
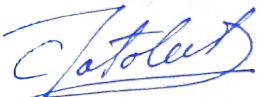


2/1-1.5.1 НАСЛОВНА СТРАНА

	2/1-1.5 Мост на км 0+749,71
Инвеститор:	„Инфраструктура железнице Србије“ а.д. Немањина 6, Београд
Објекат:	Модернизација, реконструкција и изградња пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), деоница пруге Нови Сад - Суботица - државна граница (Келебија), у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач,, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци
Врста техничке документације:	ИДП Идејни пројекат
Назив и ознака дела пројекта:	2/1-1.5 Мост на км 0+749,71
За грађење / извођење радова:	Нова градња и реконструкција
Пројектант:	Саобраћајни институт ЦИП, д.о.о Немањина 6/ IV, Београд 351-02-02009/2017-07
Одговорно лице пројектанта:	Генерални директор: Милутин Игњатовић, дипл.инж
Потпис:	
Одговорни пројектант:	Слободан Јаћовић, дипл.инж. грађ.
Број лиценце:	лиценца бр.310 J408 10
Потпис:	
Број дела пројекта:	2017-728-КОН-2/1-1.5
Место и датум:	Београд, јул 2020.

2/1-1.5.2. САДРЖАЈ

2/1-1.5.1.	Насловна страна
2/1-1.5.2.	Садржај
2/1-1.5.3.	Решење о одређивању одговорног пројектанта
2/1-1.5.4.	Изјава одговорног пројектанта
2/1-1.5.5.	Текстуална документација
2/1-1.5.5.1	Технички извештај
2/1-1.5.6.	Нумеричка документација
2/1-1.5.6.1	Статички прорачун
2/1-1.5.6.2	Предмер и предрачун
2/1-1.5.7.	Графичка документација
2/1-1.5.7.1	Општа диспозиција 1
2/1-1.5.7.2	Општа диспозиција 2
2/1-1.5.7.3	Диспозиција постојећег моста 1
2/1-1.5.7.4	Диспозиција постојећег моста 2


2/1-1.5.3. РЕШЕЊЕ О ОДРЕЂИВАЊУ ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу члана 128 Закона о планирању и изградњи ("Службени гласник РС", бр. 72/09, 81/09 - исправка, 64/10 - УС, 24/11, 121/12, 42/13 - УС, 50/2013 - УС, 98/2013 - УС, 132/14, 145/14, 83/2018, 31/2019 и 37/2019 -др.закон и 9/2020) и одредби Правилника о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације према класи и намени објекта ("Службени гласник РС" бр 73/2019) као:

ОДГОВОРНИ ПРОЈЕКТАНТ

за израду **2/1-1.5 Мост на км 0+749,71**, који је део ИДП - Идејног пројекта Модернизација, реконструкција и изградња пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), деоница пруге Нови Сад - Суботица - државна граница (Келебија), у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Мали Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, одређује се:

Слободан Јаховић, дипл. инж. грађ. _____ 310 J408 10

Пројектант:	САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП д.о.о., Београд Немањина 6/IV 351-02-02009/2017-07
Одговорно лице/заступник:	Генерални директор: Милутин Игњатовић, дипл.инж.
Потпис:	
Број техничке документације:	2017 - 728
Место и датум:	Београд, јул 2020.год.

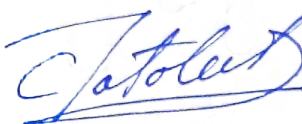
2/1-1.5.4. ИЗЈАВА ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА ПРОЈЕКТА

Одговорни пројектант пројекта **2/1-1.5 Мост на км 0+749,71**, који је део ИДП - Идејног пројекта Модернизација, реконструкција и изградња пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), деоница пруге Нови Сад - Суботица - државна граница (Келебија), у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Мали Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град

Слободан Јаћовић, дипл. инж. грађ.

ИЗЈАВЉУЈЕМ

1. да је пројекат израђен у складу са Законом о планирању и изградњи, прописима, стандардима и нормативима из области изградње објеката и правилима струке;
2. да је пројекат у свему у складу са начинима за обезбеђење испуњења основних захтева за објекат прописаних елаборатима и студијама

Одговорни пројектант ИДП:	Слободан Јаћовић, дипл.инж. грађ
Број лиценце:	310 J408 10
Потпис:	
Број техничке документације:	2017 - 728
Место и датум:	Београд, јул 2020.год.

**2/1-1.5.5 ТЕКСТУАЛНА
ДОКУМЕНТАЦИЈА**

2/1-1.5.5.1 Технички опис

ТЕХНИЧКИ ОПИС

ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ

МОДЕРНИЗАЦИЈА ЖЕЛЕЗНИЧКЕ ПРУГЕ БЕОГРАД – СУБОИТЦА – ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИА) ДЕОНИЦА: НОВИ САД – СУБОТИЦА – ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИА)

ПРОЈЕКАТ ЖЕЛЕЗНИЧКОГ МОСТА на стационачи км 0+749,71

1. УВОД

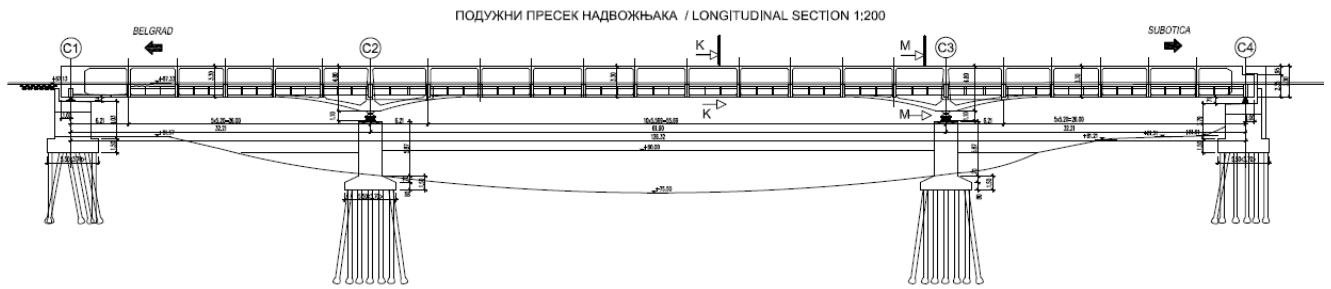
На постојећој траси двосмерне пруге Нови Сад – Суботица (Мађарска граница), која је пројектована за брзину од 100 km/h, пројектован је нови мост на стационачи км 0+749,71 мерено по десном колосеку.

Подлоге за пројектовање су:

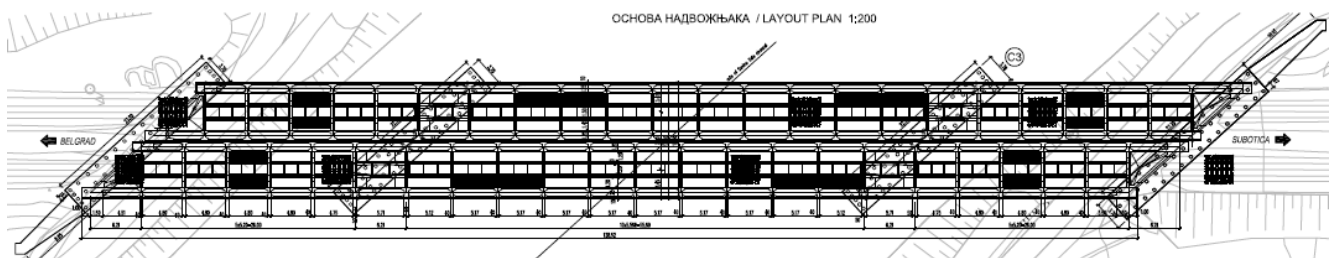
- Пројектни задатак
- ПРАВИЛНИК о техничким условима и одржавању доњег строја железничких пруга- "Службени гласник РС", бр. 39 од 15. априла 2016, 74 од 2. септембра 2016.
- Релевантни Еврокод стандарди са одговарајућим Националним прилозима
- Richtlinie 836 - Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten
- Richtlinie 804 - Eisenbahnbrücken (und sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instand halten
- Design for optimal performance of high-speed railway bridges by enhanced monitoring systems (DETAILS) A. Braconi, A. Osta, P. Cama, N. Blasi, A. Mordini, H. Wenzel, Chellini, F. Lippi, W. Salvatore, T. Rauert, B. Hoffmeister, M. Brehm, V. Zabel, W. Hoopah, R. Willms, F. Schroter, B. Peeters, M. Kahsin, K. Liu, G. De Roeck: European Commission, Final report, Directorate-General for Research and Innovation 2014
- Геотехничко испитивање локалног тла
- Остали релевантни подаци

Пројектом је предвиђен нови железнички мост који је потребно израдити на стационачи км 0+749,71 постојеће двоколосечне пруге Нови Сад – Суботица (Мађарска граница) која прелази преко канала Савино село. Нови мост се изграђује на месту старог, постојећег моста. Базична анализа носивости постојећег моста је дата овим пројектом, а такође је Диспозиција постојећег моста приказана у делу Графичка документација, цртеж 2017-728-КОН-2/1-1.5.7.3.

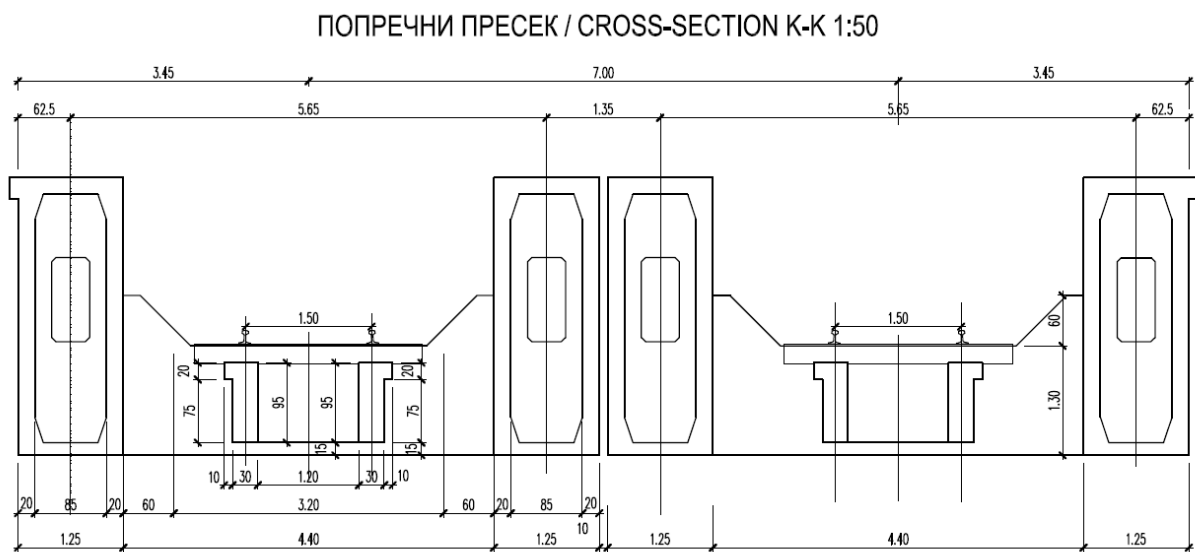
Подужни пресек постојећег моста:



Основа постојећег моста:



Карактеристични попречни пресек постојећег моста:



Пројектом је предвиђено да се предметна конструкција у потпуности сруши и сагради нов мост из следећих разлога:

- Статичком анализом у овом пројекту је добијено да постојећи мост не може задовољити оштре захтеве носивости и употребљивости захтеване Еврокод стандардима;
- Реално су очекиване појаве деградације бетона и корозије каблова за утезање;
- Током инспекције на лицу места утврђено је да опште стање конструкције није задовољавајуће узевши у обзир концепцију моста и одржавање у току радног века. Животни век моста (преко > 100 година) се не може гарантовати и након мера санације, узевши у обзир тренутно стање конструкције након 56 година коришћења;

- Оптерећење постојећих стубова је могуће смањити или одржати у досадашњим границама једино усвајањем измене типа колосека, тј. усвајањем колосека без туцаничке призме. Мост је фундиран на Франки шиповима пречника 40cm за које је такође очекивано да су претрпели одређену деградацију. Из ових разлога је одлучено да се не задрже стубови постојећег моста ;
- Предметни Пројектни задатак ову конструкцију третира на исти начин као и нове објекте на прузи, што, уз употребу Евронорми и пуним теретним железничким оптерећењем представља неостварив ниво за конструкције старије од 50 година. Мост је израђен од преднапрегнутог бетона, са непознатим стањем каблова за преднапрезање унутар конструкције моста, са концепцијом која је неповољна са аспекта динамичког оптерећења услед будућег тешког железничког саобраћаја.
- Што се тиче одржавања будуће пруге и других фактора употребљивости, прелаз на засторску пругу био би повољнији од задржавања отвореног колосека који је тренутно на мосту. Мостови са отвореним колосеком представљају напуштено решење за железничке мостове и масовно се врши њихова реконструкција у затворени тип, или потпуна замена конструкције.

На мосту постоје две железничке линије са међусобним размаком од 4,75m.

Железничке линије имају подужни успон од 0.45% од почетне тачке и пад од 1.00% према крају вијадукта са конкавном вертикалном кривином ($R_v=5000$ m).

Оса железничке траке на мосту је права, као што је и оса канала права.

Угао укрштања железничке осе – осе канала износи $42,12^\circ$.

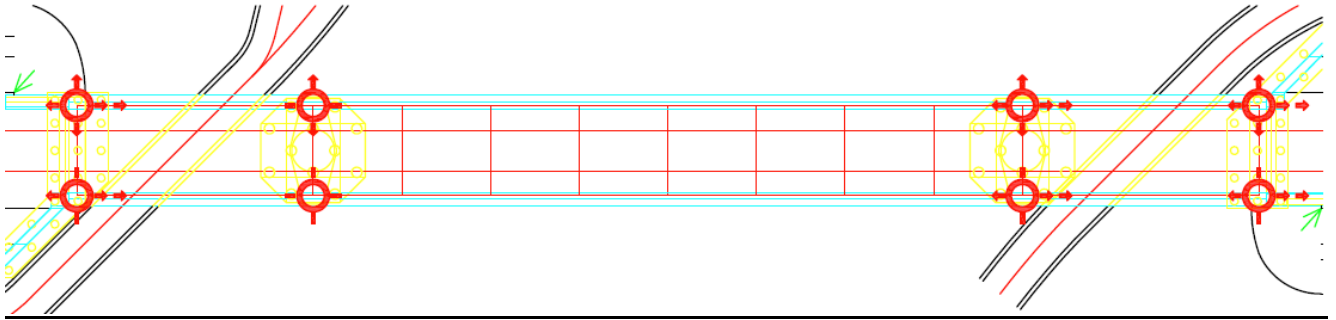
Просечна надморска висина тла око почетног опорца: ~82.30 м

Просечна надморска висина тла око крајњег опорца: ~83.00 м

2. ДИСПОЗИЦИЈА

Диспозиционо решење моста је усвојено као тро-распонска, континуална челична конструкција са решеткастим носачем у средњем, главном распону. Предвиђена су покретна лежишта на стубовима С1, С3, С4 и једно непокретно лежиште на стубу С2. Пројектовани су додатни уређаји за пријем хоризонталних сила (shock transmitting units-STU) за пријем сила кочења и сеизмике, а што ће имати такође повољан утицај на интеракцију колосека и конструкције моста.

Шема лежишта:



Распонска расподела је следећа:

27,60 + 82,80 + 27,60 м

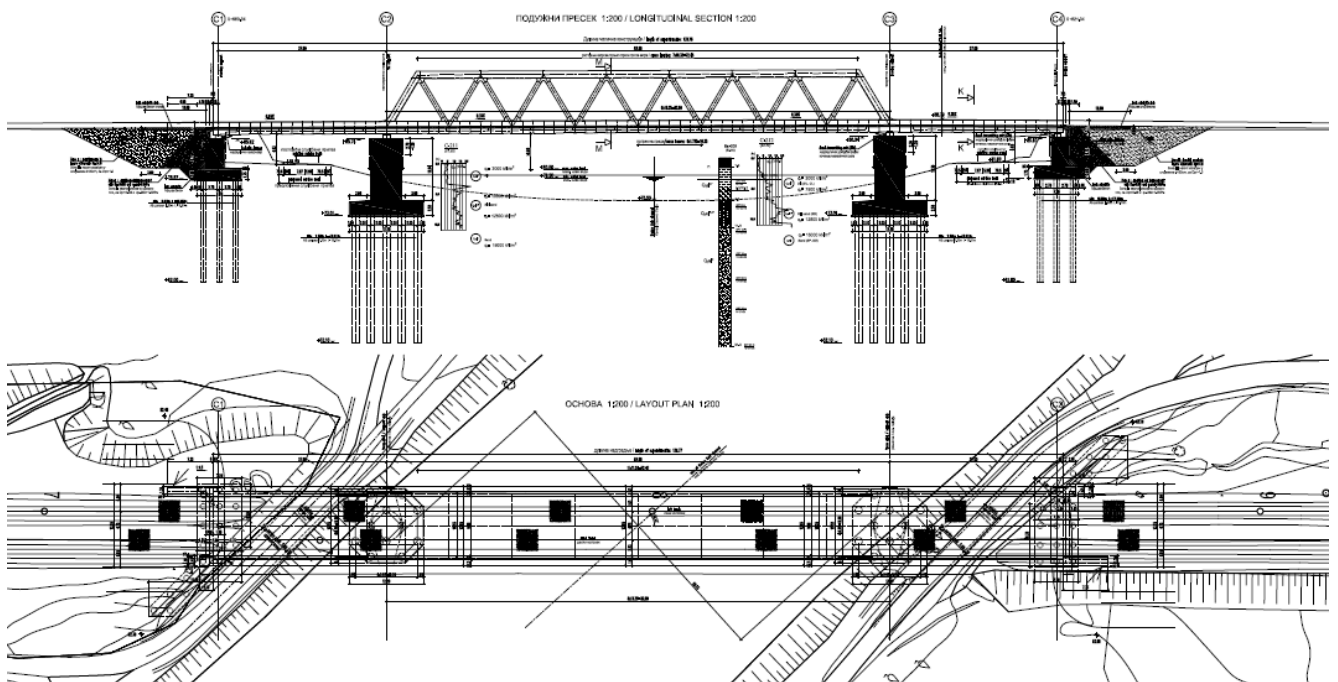
Челична конструкција моста је ослоњена на армиране бетонске стубове. Укупна дужина конструкције моста износи 139,76м.

Подаци за навигациони профил (Локацијски услови):

10.1. Канал Нови Сад- Савино Село је плован за пловила носивости 1000 т на месту укрштаја са пругом на стационажи км 6+950 и има следеће карактеристике:

- Минималан водостај 79.20 мм
- Максимални водостај 80.50 мм
- Радни водостај од 79.50 до 79.70 мм
- Ширина пловног пута 27.70 м
- Ширина 50 -70м
- Пројектована кота дна ≈ 75.50 мм
- Пројектован пад нивелете дна канала 0,023‰

Диспозиција новопроектваног моста:



Главни носачи су у виду два решеткаста носача у средњем распону, као и продужени доњи појас решеткастог носача у бочним распонима, који носе на савијање у првом и задњем пољу. На горње фланше попречних носача се ослања АБ плоча, спрегнута можданицима, изведена на лицу места. На АБ коловозну плочу се постављају колосеци у туцаничком застору.

Железнички саобраћај се одвија између главних носача у ширини од 9,85m за две железничке трасе (са > 2,50m сигурносног размака од конструктивних елемената), 2x0,70m размака за ширину главних носача моста и 2x0,75m за сервисне стазе са обе стране. Постоје додатна 2x0,15m парапета изван заштитних ограда.

Надморска висина пруге десног колосека на железничкој линији Нови Сад – Суботица код раскрснице канала износи 88,86m, а макс. ниво воде у каналу на истом месту износи 80,50m.

3. КОНСТРУКЦИЈА

Размак оса између два главна челична носача износи 10,55m. Доњи и горњи појас решетке је паралелан, са статичком висином од 8,65m.

Попречни пресеци доњег и горњег појаса, као и продужени део доњег појаса у бочним распонима, састоје се од заварених кутијастих профила. Доњи појас је висине 2,00m док је горњи појас висине 1,20m. Размак вертикала горњег спрега против ветра износи 10,35m. Попречни пресеци дијагоналних елемената горњег спрега против ветра су 'I' профили висине 600mm и формирају дупле рамове типа К. Порталне ригле су заварени кутијасте профили висине 1200mm. Попречни пресеци дијагонала решеткастог носача су заварени 'H' профили висине 700mm. АБ бетонска плоча се ослања на попречне носаче који су на размаку од 1725mm. Висина челичног попречног носача износи 750mm. Челична конструкција моста је израђена од класе челика S355J2.

Дебљина АБ плоче износи 30-36cm на коју се ослањају колосеци у туцаничком застору. АБ плоча има двоводни попречни пад од 1,50% ка средини моста. АБ плоча је марке бетона С35/45, класе изложености ХС4, ХФ1, V-II, армирана арматуром В500-В. Са обе стране моста се налазе конзоле за ношење ревизионих стаза у челичној изради. Помоћни конструктивни елементи -, конзолне ревизионе стазе и ограде – челика класе S235JR.

Конструкција обалног стуба је дебљине 300cm и ширине 12,55m. Наглавнице висине 2,00m преносе оптерећења на 20 шипова пречника Ø 900 mm, са међусобним размаком од 2,70m. Бочни крилни зидови су дебљине од 60cm, коси крилни зидови дебљине 1,00m конструисани су са обе стране обалног стуба. Коси крилни зидови се ослањају на исту наглавну конструкцију као и стуб-опорац моста. Горњи ниво крилних зидова је у равни са косином насипа.

Бочни крилни зидови су дебљине од 60cm са конзолном пешачком стазом. На крајњим стубовима се налазе квадери. Парапет обалног стуба је дебљине 60 cm. Коловозна плоча моста је у истом нивоу са горњом плочом парапета и прелазном зоном која је у свему према Ril836.

Водоотпорне дилатационе справе су постављене између коловозне плоче и конзоле парапета са пројектованом дилатацијом од $\pm 20\text{mm}$ код стуба С1 и $\pm 65\text{mm}$ код стуба С4 са детаљима који су у складу са Ril804

Попречни пресек речних стубова је кружног облика пречника $D = 500\text{cm}$. Овакав попречни пресек је изабран с обзиром на угао укрштања железничком моста и канала испод моста. Наглавнице висине 2,5m преносе сва оптерећења на дванаест шипова пречника $\varnothing 1200\text{ mm}$, расподељени у четири реда и четири колоне (4x4), са међусобним размаком од 3,60 м. На стуб се ослања попречна греда ширине 5,40 - 2,40 м са дужином од 12,55 м.

Обални стубови су од класе бетона С30/37, класе изложености ХС4, ХФ1, V-II, армиране класом арматуром В500-В.

4. РАЗНИ РАДОВИ

На припремљену бетонску површину под падом се поставити хидроизолација на бази битумена. Хидроизолација са одговарајућим детаљима на мосту се изводи у складу са смерницама немачких железница Ril 804. Преко хидроизолације се излива заштита хидроизолације од ливеног асфалта дебљине 5cm и подтуцаничка простирка дебљине 25mm на бази полиуретана.

Након изградње крајњих стубова, извести ивични елемент код конзола крилних зидова са обе стране траса како би се формирала основа за застор. Ивице застора су на размаку од 2.50m од паралелне осе железничке траке. Између две железничке линије се пројектује сервисна стаза и кабловски вод.

Хидроизолација бетонских површина које су у контакту са земљом се врши помоћу једног премаза хладним битуменом и два премаза топлог битумена. Пре премазивања слојевима све површине морају бити очишћене и припремљене. Бетонске површине које су изложене ваздуху биће обложене хидрофобним премазом ради заштите од корозије која настаје услед дејства воде и соли.

Корозивна заштита челичне конструкције моста треба да се обезбеди системом заштите за најмање 25 година животног века. Припрема челичне површине мора бити Sa21/2 у складу са

ISO 8501-1. Челичне површине са хидроизолацијом унутар застора треба да су обложене термичким цинком у четири слоја и најмање додатна три слоја фарбе.

Да би се избегле мале дебљине слоја и додатни физички рад, нанети само боје које се могу наносити у једном слоју дебљине најмање 100 μm сувог слоја. Адхезија премаза треба да буде већа од 2.5 МПа. За избор система корозивне заштите све спољашње површине челичне конструкције моста треба класификовати као високо изложене корозији (класа изложености С5, у складу са ISO 12944-5).

Прелаз између мостовске конструкције и насипа железничке пруге ће се извести преко шљунчане прелазне зоне која је позиционирана испод прелазне плоче од мршаваг бетона. Ови радови морају бити обављени у складу са смерницама „Richtlinie 836“.

У овој фази пројекта нису предвиђене шинске дилатације изнад обалног стуба С04. Анализу интеракције колосека и конструкције моста је потребно спровести у даљим фазама пројекта, након усвајања коначне конфигурације моста. Узевши јако повољан утицај STU који су пројектовани на месту стуба С4, чиме су подужна померања за дејство кочења и сеизмике сведена на нулу, реално је очекивати да је могуће избећи употребу шинских дилатација.

Атмосферска вода која пролази кроз застор се сакупља са обе стране коловозне плоче моста ка унутра где су позиционирани сливници са детаљима у складу са Ril 804. Сливници се постављају дуж конструкције моста са међусобним размаку од 5,25m. Кроз одводне канале се атмосферска вода улива у уздужну одводну цев која се води испод средње линије АБ плоче. Ова цев пролази кроз попречне носаче и усмерава воду ка обалним стубовима.

5. ФУНДАМЕНТ

Геотехничка бушења и тестирања статичке пенетрације (СРТ) су предвиђена ради испитивања земљишта у делу са галеријом. Попречни пресеци бушења и СРТ дијаграми су унети у цртеж диспозиције.

С обзиром на прорачунато оптерећење од надвожњака и на резултате геотехничких испитивања, предвиђено је да темељи конструкције буду на бушеним шиповима. Предвиђени су шипови пречника $\varnothing 1.20$ м и $\varnothing 0.90$ м и наглавне греде са арматуром В500-В. Темељи су изграђени од бетона С25/30, класе изложености ХС2., V-II.

Код речних стубова максимална номинална сила у шипу пречника $\varnothing 1.20$ м износи 7531 kN, а код обалних стубова-опорца у шипу пречника $\varnothing 0.90$ м износи 3919 kN, што је мање од капацитета носивости шипова по стандарду „EN 1997-1“ и „EN 1997-2“.

Основни подаци темеља приказани у табели:

Бр. Осло нца	Доња кота нагла внице	Пречн ик шипа	Кота основе шипа	Дижин а шипа	Бр. Шипо ва
C1	78.87	0.90	62.00	16.87	20
C2	73.01	1,20	52.10	19.91	12
C3	73.01	1.20	52.10	19.91	12
C4	79.19	0.90	62.00	17.19	20

6. СТАТИЧКИ ПРОРАЧУН

Статички прорачун је спроведен коришћењем програмског пакета "Mathcad 15", "Axis VM 13 - InterCAD Kft.", и SAP2000.

За прорачун стубова и фундамента, мост је третиран као тродимензионални модел састављен од горњег строја (као што је приказано моделом у статичком прорачуну), стубова, наглавка и шипова. Веза између горњег строја и обалних стубова изведена је као зглобна. Шипови су круто везани за наглавке. Њихово померање је спречено помоћу еластичних потпора у хоризонталној равни, са крутостима срачунатих према геотехничким испитивањима.

За прорачун горњег строја, рамовски елементи и спрегнута горња плоча је третирана као тродимензионални модел. Затезе главног носача су третирано као гредни елементи. Попречни носачи спрегнуте конструкције су ребрасти елементи, а плоча је третирана као мембрана са ортотропним параметрима, предпостављајући појаву подужних пукотина.

Анализа оптерећења у статичком прорачуну је урађена у складу са важећим Eurocode стандардима. Идејним пројектом су разматрана следећа оптерећења:

- Сопствена тежина горњег строја;
- додатно стално оптерећење (елементи пешачке стазе, заштитних ограда, ограда пешачких стаза, хидроизолација, застора од асфалт бетона, ...);
- Скупљање и течење бетона;
Утицај скупљања бетонске конструкције одређен је према стандарду „EN 1992-1-1“.
Узета у обзир само за спрегнуте елементе..
- Саобраћајно оптерећење је усвојено према „EN 1991-2 Traffic loads on bridges“, поглавље 6.

Вертикална оптерећења:

- шеме оптерећења LM71 и SW2;
- Корисно оптерећење на сервисним стазама, $q_{fk}=5.0 \text{ kN/m}^2$

Хоризонтална оптерећења:

- дејство бочног удара;
 - дејства услед трења у кочења возила;
 - активни притисак тла на опорац
- Температурни утицаји;
Прорачун оптерећења услед дејства температуре је спроведен у складу са стандардом „EN 1991-1-5 Thermal actions”. Равномерна температурна промена у оси штапа износи $\Delta T_{N.con}=38^\circ\text{C}$ и $\Delta T_{N.exp}=41^\circ\text{C}$ под претпоставком да је $T_0=10^\circ\text{C}$ почетна температура. Као резултат, температурна промена од и 51°C је усвојена за прорачун лежајева и дилатационих спојева. Компоненте температурне промене су такође узете у обзир током пројектовања горњег строја.
 - Оптерећење ветром је срачунато у складу са стандардом „EN 1991-1-4 Wind Actions”. Разматрана су дејства ветра на мост хправцу, и ветар на мост са и без саобраћајног оптерећења.

Од инцидентних оптерећења прорачуном у идејном пројекту су обухваћене:

- Од инцидентних оптерећења прорачуном у идејном пројекту су обухваћене:
Сеизмичке силе у складу са стандардима “EN 1998-1 и 1998-2”. Према карти сеизмичког хазарда за макс хор. убрзање на тлу типа А, са вероватноћом превазилажења 10% у 50 година, за повратни период од 475год, изражено у јединицама гравитационог убрзања g , Републичког сеизмолошког завода, предметни мост спада у зону сеизмичности 0,05 g .

Исклизнуће воза није обухваћено идејним пројектом.

Контроле конструкције према Еврокод 0 (Анекс А2)

Докази деформација и вибрација за железничке мостове

Овде ће бити побројани сви докази деформација и вибрација које су захтеване стандардом SRPS EN 1990-Додатак А2, као и који докази нису спроведени за ову фазу пројекта.

Захтеване контроле:

- вертикалних убрзања коловозне конструкције моста (контрола нестабилности застора А2.4.4.2.1)-**није контролисано (континуални носач)**;
- угиб коловозне конструкције моста, према Делу А2.4.4.2.3;
- одизање на лежиштима;
- угиб коловозне конструкције моста иза лежишта, према Делу А2.4.4.2.3 и EN 1991-2 6.5.4.5(2);
- увртање коловозне конструкције моста, према Делу А2.4.4.2.2;
- ротација крајева коловозне конструкције и релативна укупна ротација између суседних коловозних конструкција, према EN 1991-2 6.5.4 и А2.4.4.2.3 (2);
- уздужно померање крајева коловозне конструкције;
- хоризонтални попречни угиб;
- хоризонтална ротација коловозне конструкције моста;
- прву фреквенцију слободних бочних вибрација.

Критеријуми безбедности у сабраћају (реф. SRPS EN 1990:2012, члан А 2.4.4.2)

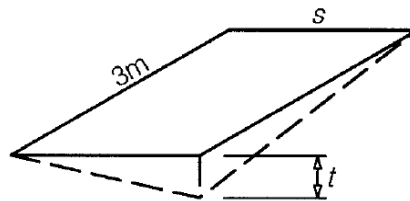
Вертикална убрзања коловозне конструкције моста (реф. SRPS EN 1990:2012, члан А 2.4.4.2.1)

На предметном мосту није потребно урадити динамички прорачун.

Увртање коловозне плоче (реф. SRPS EN 1990:2012, члан А 2.4.4.2.2)

Увртање коловозне табле се приказује преко вертикалног угиба једне тачке шина на дужини колосека од 3m.

Дефиниција увртања коловозне табле:



$s = 1.435 \text{ m}$ -Размак између шина

Табела А2.7 — Граничне вредности за увртање коловозне конструкције моста

Опсег брзине V (km/h)	Максимално увртање t (mm/3m)
$V \leq 120$	$t \leq t_1$
$120 < V \leq 200$	$t \leq t_2$
$V > 200$	$t \leq t_3$

НАПОМЕНА Вредности за t могу да се дефинишу у националном прилогу. Препоручене вредности за скуп t су:

$$t_1 = 4,5$$

$$t_2 = 3,0$$

$$t_3 = 1,5$$

Вредности за пруге са различитом ширином колосека могу да се дефинишу у националном прилогу.

Максималне вредности увртања износи: $t_2 = 3.0 \text{ mm}$ ($120 \text{ km/h} < V \leq 200 \text{ km/h}$)

Вертикална деформација коловозне конструкције моста (реф. SRPS EN 1990:2012, члан А 2.4.4.2.3)

Вертикална деформација коловозне табле се контролише преко:

- вертикалног угиба конструкције (SRPS EN 1990:2002, члан А2.4.4.2.3 (1), SRPS EN 1990/NA:2012, члан 2.2.29);

Највећи угиб мерен дуж било ког колосека услед дејства железничког саобраћаја:

$$\delta < \frac{L}{800}, \text{ са оптерећењем на само једном колосеку}$$

Као додатни услов за вертикалне угибе користе се и смернице немачких железница, швајцарског стандарда SIA 260 и смерница Европске комисије које су наведне под 3. у Делу 2.1.1., које за случај када није потребно опсежно одржавање колосека, захтевају да максимални угиби не смеју прећи границе дате табелом:

Table 8.12. Permissible vertical deflections to avoid excessive track maintenance

$V < 80 \text{ km/h}$	$\delta_{\text{stat}} \leq L/800$ Note: Due to what is said above, namely that the maximum total deflection measured along any track due to rail traffic actions should not exceed $L/600$, please note that 600 multiplied with 1.33 gives approximately 800.
$80 \leq V \leq 200 \text{ km/h}$	$\delta_{\text{stat}} \leq L/(1.5V - 400)$ Note: The upper limit $L/2600$ for 200 km/h is the permissible deflection which DB (Deutsche Bundesbahn – German railways) has taken following many years of designing bridges for high-speed lines in Germany, a value which gave satisfaction.
$V > 200 \text{ km/h}$	$\delta_{\text{dyn}} \leq \text{value given by the dynamic study, but } \delta_{\text{stat}} \leq L/2600$

$$\delta_{\text{stat}} < \frac{L}{2600}$$

Извод из швајцарског стандарда SIA 260:

Tableau 12: Limites de service pour les ponts-rails à voie normale

État-limite	Conséquences des effets des actions		
	irréversibles	réversibles	réversibles
	Cas de charge		
	rare (20)	fréquent (21)	quasi permanent (22)
Aptitude au fonctionnement ³⁾ – Flèches – $v \leq 80$ ⁵⁾ – $80 \leq v \leq 200$ ⁵⁾ – Gauche de la voie – $v \leq 120$ ⁵⁾ – $v > 120$ ⁵⁾ – Déplacement vertical relatif de l'extrémité du tablier derrière la culée – $v \leq 160$ ⁵⁾ – $v > 160$ ⁵⁾		$w \leq l/800$ ⁴⁾ $w \leq l/(15v-400)$ ^{4) 3)} $\leq 1,0 \text{ mrad/m}$ ⁴⁾ $\leq 0,7 \text{ mrad/m}$ ⁴⁾ $\leq 3 \text{ mm}$ ⁴⁾ $\leq 2 \text{ mm}$ ⁴⁾	
Aspect			$w \leq l/700$ ^{1) 2)}
¹⁾ Flèche après déduction d'une éventuelle contreflèche. Les effets à long terme dus au retrait, à la relaxation ou au fluage doivent être pris en considération. ²⁾ Flèche due aux actions, en particulier aux actions à long terme, après le montage de l'équipement technique principal. ³⁾ Valeurs indicatives pour les voies ballastées; les limites de service pour les voies sans ballast seront fixées en accord avec l'autorité de surveillance. ⁴⁾ Déformation due au modèle de charge 1, le cas échéant au modèle de charge 2 (jusqu'à deux voies chargées, valeurs caractéristiques y compris le coefficient dynamique). ⁵⁾ v en km/h.			
Les déformations doivent être déterminées selon les normes SIA 262 à 266. Des écarts par rapport aux limites de service peuvent être fixés en accord avec l'autorité de surveillance. Ils doivent être indiqués dans la convention d'utilisation. Des exigences réduites sont envisageables spécialement pour les éléments de construction secondaires et pour des tronçons particuliers avec voies de raccordement ou avec voies à plusieurs rails.			

– ротације (нагиба) крајева коловозне плоче:

2.2.31 Тачка А2.4.4.2.3(3)

Максималан угао ротације коловозне конструкције, мерен у оси колосека, од деловања карактеристичних вредности LM71 (помноженог са Φ и α) или деловања разлике температуре ΔT_M , не сме да прекорачи следеће граничне вредности (видети слику А2.2 у SRPS EN 1990:2012):

а) за једноколосечне мостове:

$6,5 \times 10^{-3} \text{ rad}$ на прелазу са моста на насип (θ_1, θ_3),

$10 \times 10^{-3} \text{ rad}$ између две суседне мостовске конструкције (θ_1, θ_2);

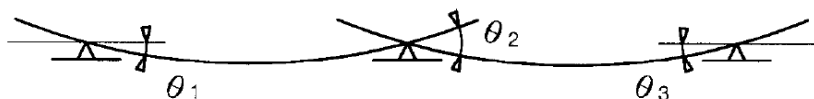
б) за вишеколосечне мостове:

$3,5 \times 10^{-3} \text{ rad}$ на прелазу са моста на насип (θ_1, θ_3),

$5 \times 10^{-3} \text{ rad}$ између две суседне мостовске конструкције (θ_1, θ_2).

НАПОМЕНА 1 Код вишеколосечних мостова ротација се рачуна са саобраћајним оптерећењем на једном колосеку.

НАПОМЕНА 2 Релевантна институција може да прошири проверу максималног угла ротације услед истовременог дејства саобраћајног оптерећења и температурне разлике.



- допуштена померања на месту дилатација ($\delta_H = 10\text{ mm}$ -не узимајући у обзир садејство конструкције и колосека; $\delta_V = 2.00\text{ mm}$ -брзина саобраћаја већа од 160 km/h ; EN 1991-2, 6.5.4.5.2.).

Попречна деформација и вибрације коловоза (реф. SRPS EN 1990:2012, члан А 2.4.4.2.4)

Попречна деформација коловоза се ограничава преко:

- максимале хоризонталне ротације коловоза на његовим крајевима око вертикалне осе ($\alpha_{2,\max} = 0.002$, $120\text{ km/h} < V \leq 200\text{ km/h}$; EN 1990 Annex 2 (A2.4.4.2.4));
- максималне промене радијуса кривине колосека (срачунату као $r = \frac{L^2}{8\delta_h}$) ($r_5 = 9500\text{ m}$; $120\text{ km/h} < V \leq 200\text{ km/h}$; EN 1990 Annex 2 (A2.4.4.2.4));

Фреквенција првог тона осциловања за попречне вибрације не треба да буде мања од $f_{h0} = 1.2\text{ Hz}$.

Уздужно померање коловозне конструкције моста (реф. SRPS EN 1990:2012, члан А 2.4.4.2.5)

$\delta_{B,\max} [\text{mm}] = 5\text{ mm}$ -за континуално заварене шине (SRPS EN 1991-2:2012, члан 6.5.4.5.2)

Где је δ_B -релативно подужно померање између две суседне коловозне табле или између коловозне табле и опорца.

7. ОПШТЕ НАПОМЕНЕ

Употребљени материјали:

Рачунске класе бетона:

Коловозна плоча	C 35/45, XC4, XF1, V-II
Ивични венац	C 35/45, XC4, XF3, V-II, M-200
Квадери	C 40/50, XC4, XF1, V-II
АБ стубови и зидови	C 30/37, XC4, XF1, V-II
Наглавице и шипови	C 30/37, XC2, V-II
Мршав бетон	C 12/15 и C 16/20, X0
Арматура В 500В	
Конструктивни челик:	
Челична конструкција	S355J2
Челична пешачка конст.	S235JR

јул 2020 , Београд

ОДГОВОРНИ ПРОЈЕКТАНТ



Слободан Јаковић, дипл. грађ. инж.

Бр. лиценце: 310 J408 10

2/1-1.5.6.1 СТАТИЧКИ ПРОРАЧУН

**СТАТИЧКИ ПРОРАЧУН
СТУБОВА И ФУНДАМЕНТА**

Садржај

I УЛАЗНИ ПОДАЦИ ЗА СТАТИЧКИ ПРОРАЧУН

1. ЛИСТА СТАНДАРДА И ПРОПИСА

2. ОПШТЕ

3. КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА

4. АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА

4.1 СТАЛНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ, СОПСТВЕНА ТЕЖИНА

4.1.1 ВЕРТИКАЛНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

4.1.2 ХОРИЗОНТАЛНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

4.2 СТАЛНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ, ТЕЧЕЊЕ И СКУПЉАЊЕ

4.3 САОБРАЋАЈНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

4.3.1 САОБРАЋАЈНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ ОД ЖЕЛЕЗНИЧКОГ САОБРАЋАЈА

4.3.1.1 ВЕРТИКАЛНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

4.3.1.2 ХОРИЗОНТАЛНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

4.4 ТЕМПЕРАТУРНИ УТИЦАЈИ

4.5 СЕИЗМИКА

5. КОМБИНАЦИЈЕ ОПТЕРЕЋЕЊА

5.1 ГРАНИЧНА СТАЊА НОСИВОСТИ

5.2 ИНЦИДЕНТНЕ И СЕИЗМИЧКЕ КОМБИНАЦИЈЕ

5.3 ГРАНИЧНА СТАЊА УПОТРЕБЉИВОСТИ

5.4 ВРЕДНОСТИ КОЕФИЦИЈЕНАТА ЗА КОМБИНАЦИЈУ

II ПРОРАЧУН КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНАТА

1. ПРИМЕЊЕНИ СОФТВЕРСКИ ПАКЕТ-AXIS VM

2. ПРОРАЧУН ТЕМЕЉНЕ НАГЛАВИЦЕ

2.1 ПРЕСЕЧНЕ СИЛЕ

2.2 АРМИРАЊЕ

III РЕАКЦИЈЕ ОСЛОНАЦА

I. УЛАЗНИ ПОДАЦИ ЗА СТАТИЧКИ ПРОРАЧУН

1. ЛИСТА СТАНДАРДА И ПРОПИСА

Следећи стандарди ће бити употребљени за статички прорачун:

ЕВРОКОД 0 (EN 1990) – Основе прорачуна конструкција

ЕВРОКОД 1 (EN 1991) – Дејства на конструкције

ЕВРОКОД 2 (EN 1992) – Пројектовање бетонскиџ конструкција

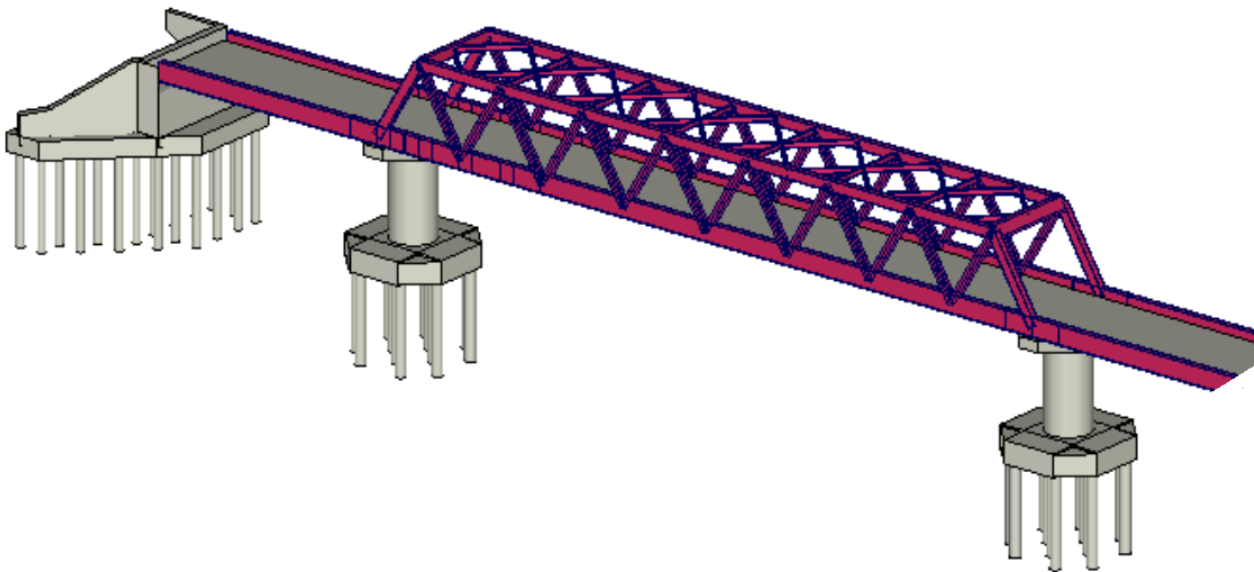
ЕВРОКОД Е 7 (EN 1997) – Геотехничко пројектовање

ЕВРОКОД Е 8 (EN 1998) – Пројектовање сеизмички отпорних конструкција

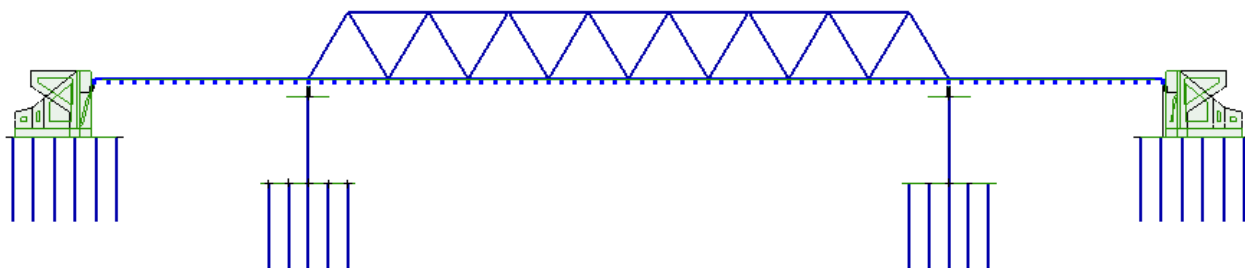
Уз горе наведене стандарде, сви српски национални анекси и промене су меродавни.

2. ОПШТЕ

Интегрални модел конструкције је моделиран је употребом софтвера коначних елемената – AXIS VM и Sap 2000. Модел представља конструкцију у коначном стању. У моделу коначних елемената, сви стубови су моделирани као површински.

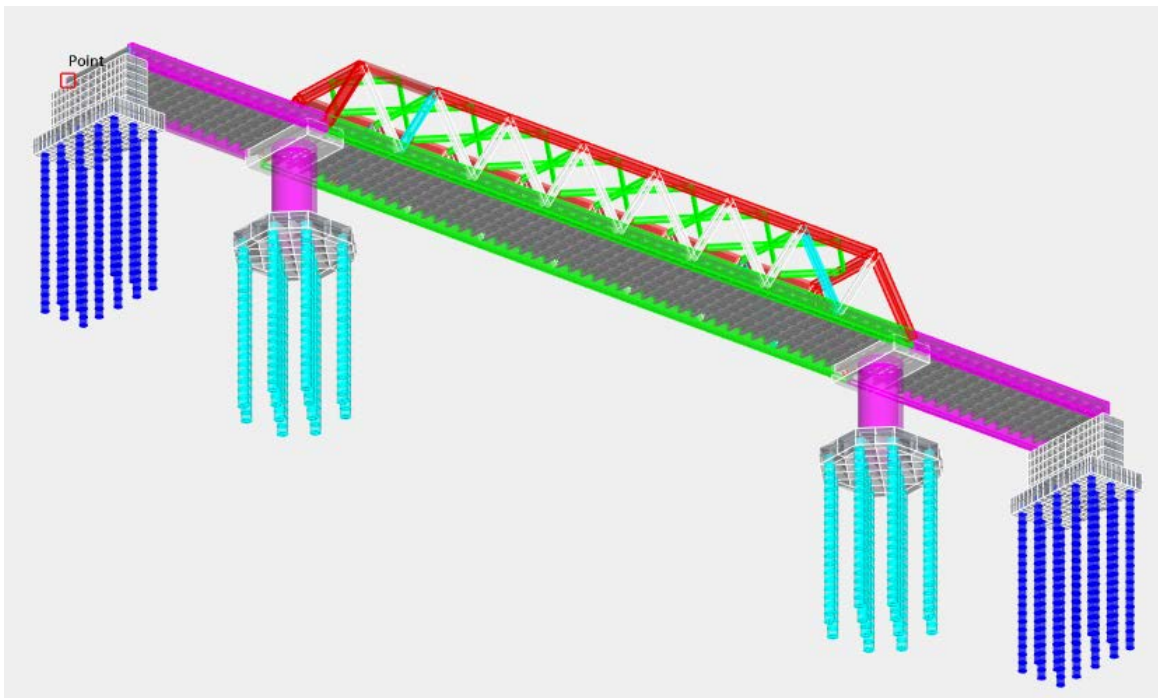
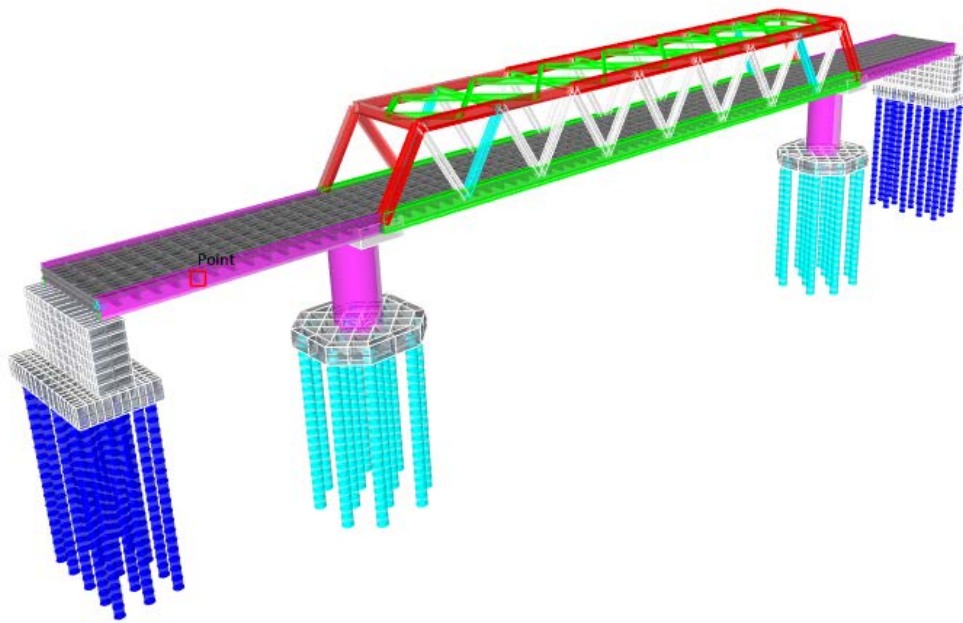


3D поглед

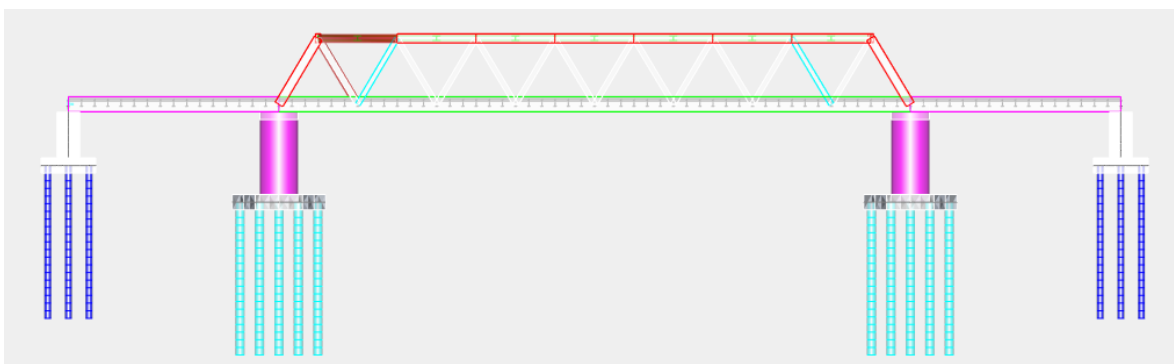


2D бочни поглед

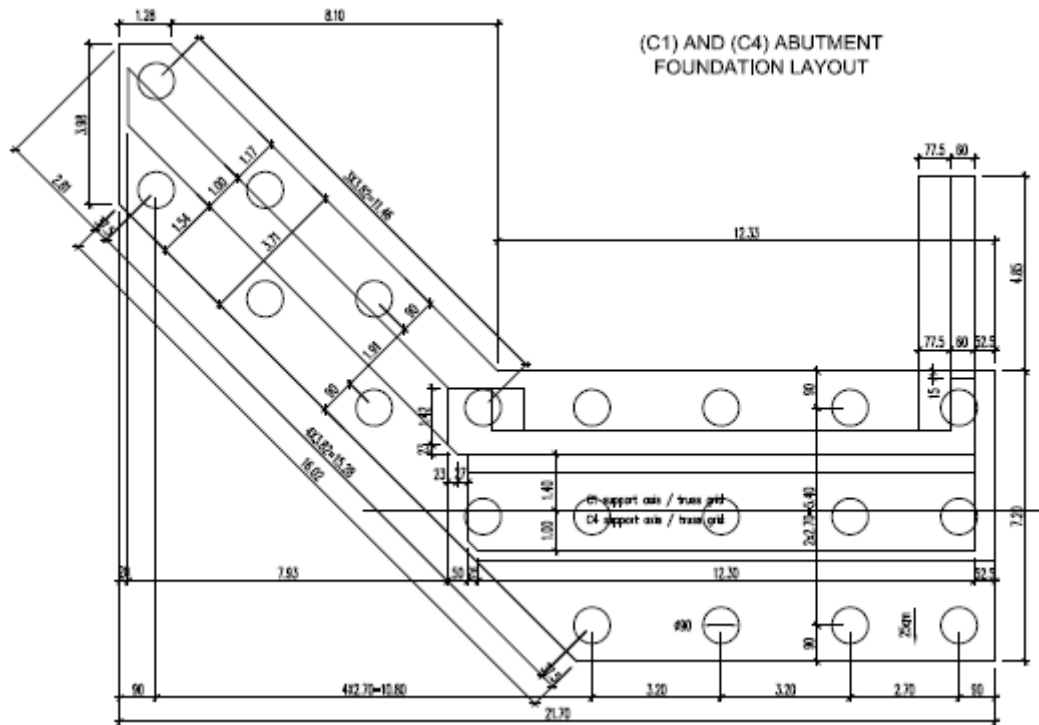
Контролни модел формиран у програмском пакету SAP2000:



3D поглед

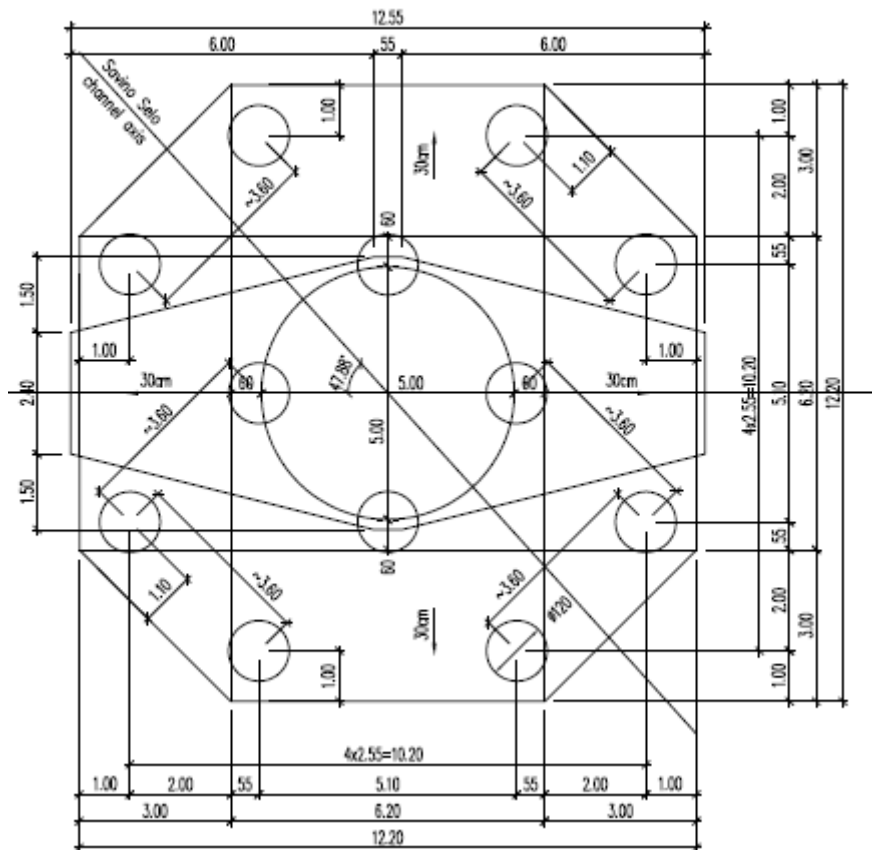


2D бочни поглед

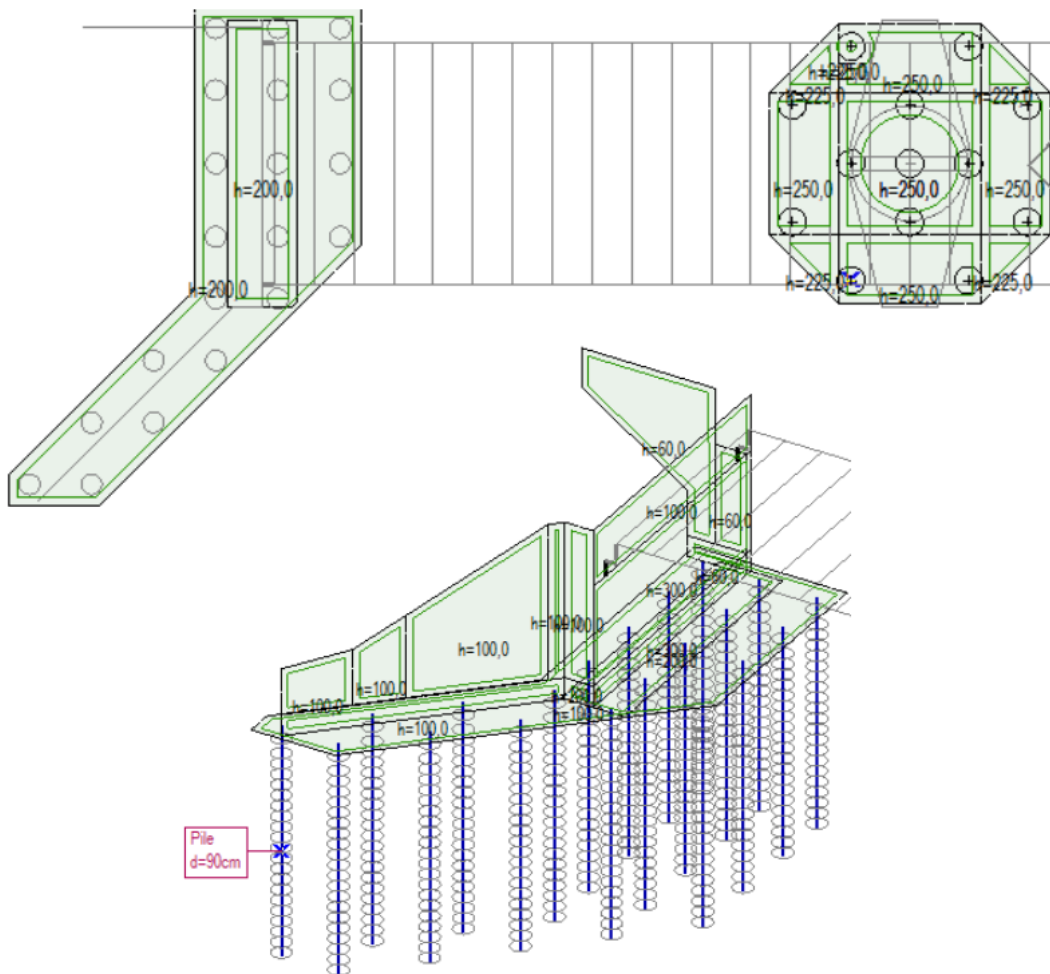


Основа темеља – обални стубови

(C2) AND (C3) PIER FOUNDATION LAYOUT



Основа темеља – речни стуб



Дебљина елемената – обални стуб, речни стуб

3. КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА

3.1. Бетон

У складу са EN 1992-1-1, EN 1992-2 као и EN 206.

АБ стубови и потпорни зидови	C 30/37, XC4, XF1, V-II
Наглавне конструкције и шипови	C 30/37, XC4, XF1, V-II

3.2. Арматура

У складу са EN 1992-1-1, EN 1992-2 као и EN 10080.

Арматура В 500В

4. АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА

4.1. СТАЛНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ, сопствена тежина

Сопствена тежина конструктивних елемената, застора, насипа и осталих материјала присутних у виду сталног оптерећења бити ће прорачунати и складу са Анексом А у EN 1991-1-1.

4.1.1. Вертикално оптерећење

Стално оптерећење конструкције је срачунато у складу са номиналним димензијама, као и са средњим вредностима јединичних маса, дефинисаним следећим запреминским тежинама:

- Армирани бетон:	$\gamma = 25.00 \text{ kN} / \text{m}^3$
- Конструктивна арматура:	$\gamma = 78.50 \text{ kN} / \text{m}^3$
- Асфалт:	$\gamma = 24.00 \text{ kN} / \text{m}^3$
- Цементна стабилизација:	$\gamma = 20.00 \text{ kN} / \text{m}^3$
- Насип:	$\gamma = 20.00 \text{ kN} / \text{m}^3$
- Застор:	$\gamma = 20.00 \text{ kN} / \text{m}^3$

Железнице:

- Шине:	$2.00 \text{ kN} / \text{m}$
- Електрична опрема:	$1.00 \text{ kN} / \text{m}$
- Прагови:	$3.68 \text{ kN} / 0.6 \text{ m} = 6.13 \text{ kN} / \text{m}$
- Ширином од 3.00 m	$3.04 \text{ kN} / \text{m}^2$ (одузета запремина застора $\rightarrow 1.24 \text{ kN} / \text{m}^2$)

- Застор:	$0.55 \text{ m} \times 20.00 \text{ kN} / \text{m}^3 = 11.0 \text{ kN} / \text{m}^2$
- Будуће стално оптерећење:	$0.10 \text{ m} \times 20.00 \text{ kN} / \text{m}^3 = 2.0 \text{ kN} / \text{m}^2$
- Заштитни слој:	$0.05 \text{ m} \times 24.00 \text{ kN} / \text{m}^3 = 1.2 \text{ kN} / \text{m}^2$
- Изолација:	$2 \times 0.01 \text{ m} \times 16.00 \text{ kN} / \text{m}^3 = 0.32 \text{ kN} / \text{m}^2$
- Слој бетона за пад:	min.: $0.03 \text{ m} \times 24 \text{ kN} / \text{m}^3 = 0.72 \text{ kN} / \text{m}^2$ max.: $0.64 \text{ m} \times 24 \text{ kN} / \text{m}^3 = 15.36 \text{ kN} / \text{m}^2$

$$\text{мин.} : 15.24 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\text{макс.} : 29.88 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$54.72 \text{ kN} / \text{m}$$

Инсталације, разно:

- Челичне помоћне ограде:	$0.50 \text{ kN} / \text{m}$
---------------------------	------------------------------

4.1.2. ХОРИЗОНТАЛНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

Притисак тла

Геотехнички параметри за оптерећење од притиска тла на конструкцију:

- Запреминска тежина насипа $\gamma = 20.00 \text{ kN/m}^3$
- Угао унутрашњег трења земљишта $\varphi = 30^\circ$
- Адхезија $a = 0 \text{ kN/m}^2$

За израчунавање хоризонталног и вертикалног активног/пасивног притиска тла као и притиска тла у миру, употребљени су следећи параметри:

- Коefицијент притиска земљишта у миру $K_0 = 1 - \sin\varphi = 0.500$
- Коefицијент активног притиска земљишта $K_a = \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)^2 = 0.333$
- Коefицијент пасивног притиска земљишта $K_p = \tan\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)^2 = 3.000$

4.2. СТАЛНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ, течење и скупљање

Утицаји течења и скупљања узета су у обзир у складу са EN 1992-2 и базирани су на следећим параметрима:

- Релативна влажност окружења: RH = 75%
- Цемент уобичајеног очвршћавања
- Карактеристике попречног пресека $h_0 = A_c/U$ (аутоматски генерисано)
- $t_{\infty} = 30.000$ дана

4.3. ПРОМЕНЉИВО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

4.3.1. Саобраћајна оптерећења на железничком мосту

Коефицијент класификације

Коефицијент класификације оптерећења: $\alpha = 1.00$

Конструкција је пројектована тако да има капацитет носивости за већи коефицијент класификације оптерећења ($\alpha=1.21$) него што је то прописано Пројектним задатком, што је у складу са Националним додатком стандарда SRPS EN 1991-2.

Динамички фактор

Усваја се динамички фактор који повећава статичко оптерећење модела оптерећења 71, SW/0 и SW/2 и зависи од степена одржавања железничког колосека.

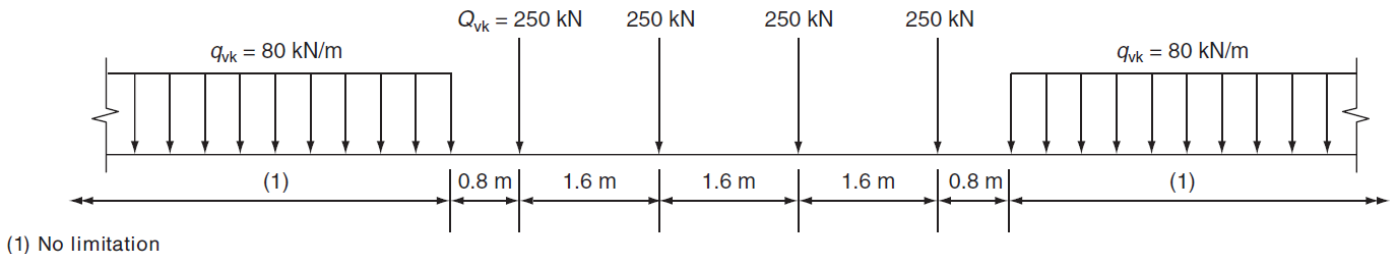
- За пажљиво одржавање колосека $1.00 \leq \Phi_2 = \frac{1.44}{\sqrt{L_\Phi - 0.2}} + 0.82 \leq 1.67$

- За стандардно државање колосека $1.00 \leq \Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\Phi - 0.2}} + 0.73 \leq 2.00$

4.3.1.1. Вертикално оптерећење

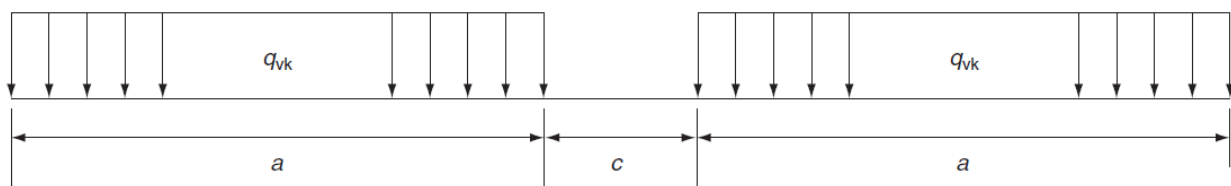
Модел оптерећења 71 (LM71)

LM71 представља шему вертикалног оптерећења којом се моделира нормални железнички саобраћај. Распоред оптерећења као и карактеристичне вредности за вертикална оптерећења су :



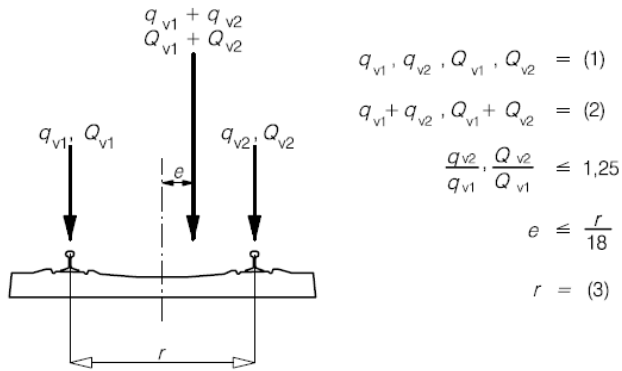
$$q_{LM71q} = 80 \text{ kN/m} / 6.40 \text{ m} = 26.6 \text{ kN/m}^2 \quad q_{LM71Q} = (4 \cdot 250 \text{ kN} / 6.40 \text{ m}) / 3.00 \text{ m} = 52 \text{ kN/m}^2$$

Модел оптерећења SW/0 и SW/2



Load model	q_{vk} (kN/m)	a (m)	c (m)
SW/0	133	15.0	5.3
SW/2	150	25.0	7.0

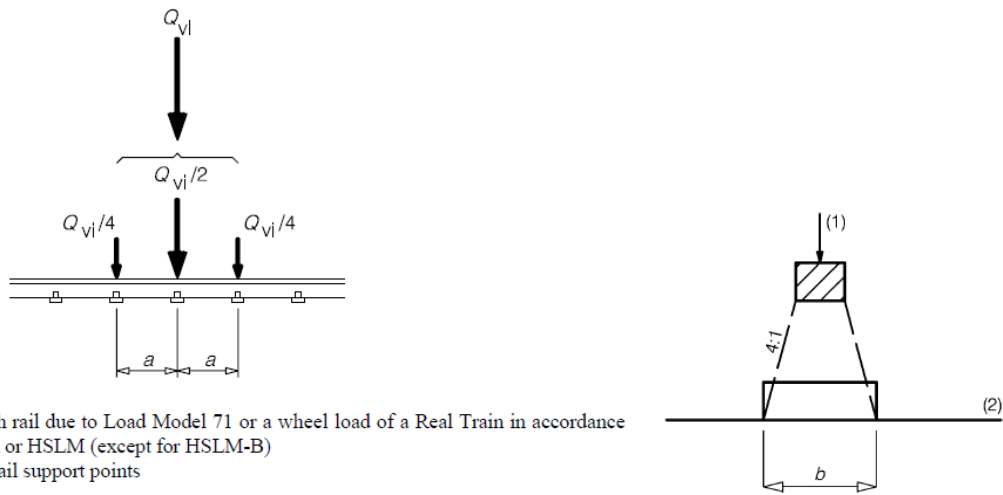
Ексцентрицитет вертикалних оптерећења (Модел оптерећења 71 и SW/0)



Key

- (1) Uniformly distributed load and point loads on each rail as appropriate
- (2) LM 71 (and SW/0 where required)
- (3) Transverse distance between wheel loads

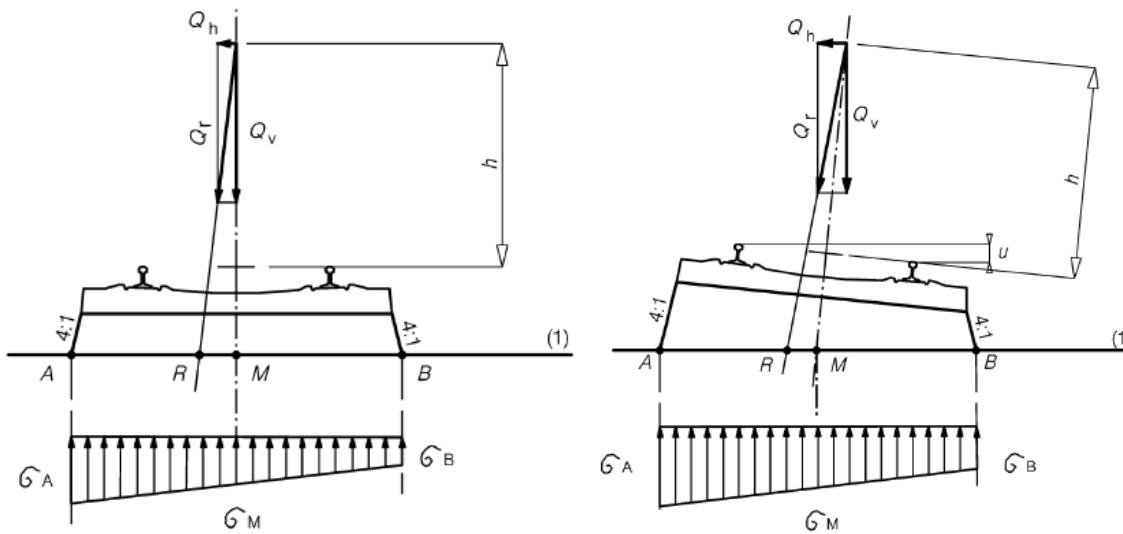
Подужна прерасподела покретног оптерећења по шинама, праговима и застору.



Key

- Q_{vi} is the point force on each rail due to Load Model 71 or a wheel load of a Real Train in accordance with 6.3.5, Fatigue Train or HSLM (except for HSLM-B)
- a is the distance between rail support points

Попречна дистрибуција утицаја по праговима и по застору.



4.3.1.2. Хоризонтално оптерећење

Центрифугалне силе

Када је железнички колосек у кривини у целом или делиминичном дужином моста, центрифугалну силу је потребно узети у обзир.

Центрифугалне силе требале би се предпоставити да делују у хоризонталном правцу, на висини од 1.80 m изнад ГИШ-а.

Карактеристична вредност центрифугалне силе – EN1991-2; (6.17 and 6.18)

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \times r} (f \times Q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f \times Q_{vk}) \quad q_{tk} = \frac{v^2}{g \times r} (f \times q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f \times q_{vk})$$

Дејство бочног удара

Дејство бочног удара се мора усвојити као концентрисана хоризонтално сила, у нивоу ГИШ-а, нормално на осу колосека. Мора се применити на праве, а такође и на колосеке у кривини:

$$Q_{sk} = 100 \text{ kN}$$

Утицаји услед покретања и кочења

Сила покретања и кочења делују на горњој површини колосека у подужном правцу шина. Мора се узети у обзир као једнакорасподељена дејство по одговарајућој утицајној дужини $L_{a, b}$ покретања и кочења на конструктивном елементу.

Смер дејства силе покретања и кочења мора узети у обзир дозвољене смерове путања на свакој посебној

траци. Карактеристичне вредности силе покретања и кочења:

Сила покретања: $Q_{lak} = 33 \text{ kN/m}$ $Q_{lak} \times L_{a,b} (m) \leq 1000 \text{ kN}$ за модел опт. 71, SW/0 као и SW/2 and HSLM

Сила кочења: $Q_{lbk} = 20 \text{ kN/m}$ $Q_{lbk} \times L_{a,b} (m) \leq 6000 \text{ kN}$ за модел опт. 71, SW/0 као и HSLM

$Q_{ibk} = 35 \text{ kN/m}$ за модел опт. SW/2

Саобраћајна оптерећења на насип иза потпорних и крилних зидова

LM71

$$q_k = 52 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{q,k} = 0.500 \cdot 52 \text{ kN/m}^2 = 26 \text{ kN/m}^2$$

SW/2

$$q_k = 50 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{q,k} = 0.500 \cdot 50 \text{ kN/m}^2 = 25 \text{ kN/m}^2$$

4.4. ТЕМПЕРАТУРНИ УТИЦАЈИ

ДЕЈСТВО ТЕМПЕРАТУРЕ

Униформна температурна промена дефинисана у складу са EN 1991-1-5:

$$T_{min} = -27.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{max} = +35.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{ref} = +10 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{N,con} = 38 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{N,exp} = 41 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Температурна разлика (линеарна) у складу са EN 1991-1-5

$$\Delta T_{M,heat} = 15 \cdot 0.6 = 9.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{M,cool} = 8 \cdot 1.0 = 8.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Комбинација температурне промене и темп. разлике:

$$\Delta T_M + 0.35 \cdot \Delta T_N \quad \text{или} \quad 0.75 \cdot \Delta T_M + \Delta T_N$$

4.5 Сеизмика



$$a_{gr,II} = 0.1 \text{ g}$$

Усвојена је вредност фактора значаја од 1,30 која одговара Класи значаја III према SRPS EN 1998-1:

$$\gamma_I = 1.30 \quad a_{g,II} = 0.13 \text{ g}$$

Тип темељног тла: C

Слика 4.5.1 Улазни параметри за одређивање еластичног спектра Типа 1

Ground type	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,15	0,4	2,0
B	1,2	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,4	0,15	0,5	2,0

S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
1.15	0.2	0.6	2

Формула за прорачун ордината еластичног спектра Типа 1:

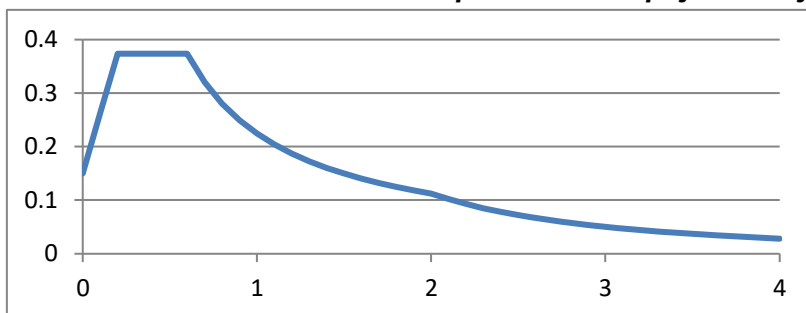
$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_g \cdot S \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2.5 - 1) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \left[\frac{T_C}{T} \right]$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right]$$

Слика 4.5.2 Еластични спектар Типа 1 на пројектној локацији



Формула за прорачун ордината пројектног спектра Типа 1:

$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_g \cdot S \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2.5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right]$$

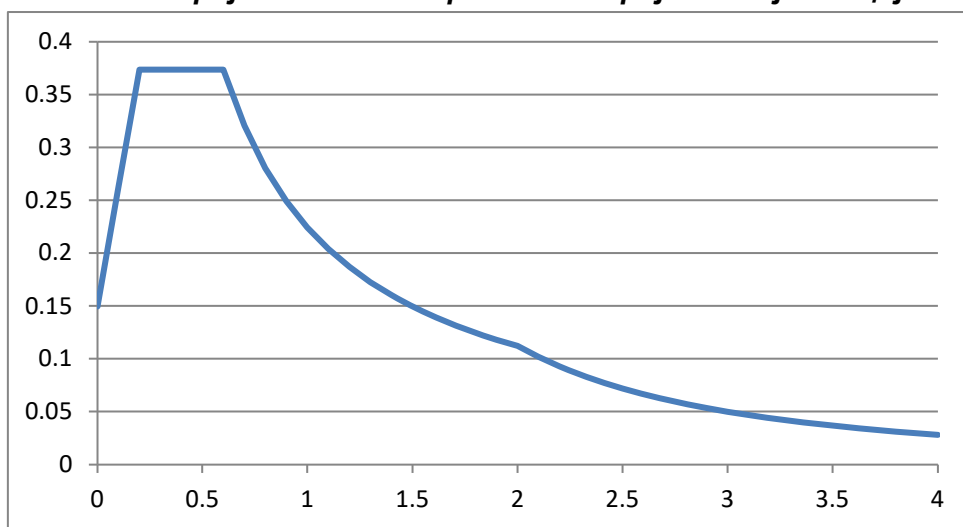
$q = 1$
еластични одговор конст.

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q}$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) \left\{ \begin{array}{l} = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta a_g \end{array} \right.$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_e(T) \left\{ \begin{array}{l} = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta a_g \end{array} \right.$$

Слика 4.5.3 Пројектни спектар Тип 1 на пројектној локацији



5. КОМБИНАЦИЈЕ ОПТЕРЕЋЕЊА

Комбинације оптерећења су у складу са Анекс 2 у EN 1990.

5.1. Гранично стање носивости

Рачунске вредности дејстава за EQU (Set A):

Статичка равнотежа за саобраћајне и пешачке мостове биће проверена према следећим комбинацијама оптерећења:

- $Y_{G,\square} \cdot G + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ где је G повољно
- $Y_{G,inf} \cdot G + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ где G није повољно

За сталне прорачунске ситуације, предлажу се следеће вредности за γ :

- $Y_{G,\square} = 1,05$
- $Y_{G,inf} = 0,95$
- $\gamma_Q = 1,45$ – За железничка оптерећења, где је неповољно. 0 за повољно.
- $\gamma_Q = 1,35$ – За друмска и пешачка дејства, где је неповољно. 0 за повољно.
- $\gamma_Q = 1,50$ – За сва остала дејства ради константних услова, где је неповољно. 0 за повољно.
- $\gamma_P = \zeta$ препоручене вредности дефинисани у одговарајућим еврокодovima

Рачунске вредности дејстава за STR/GEO (Set B):

Прорачун конструктивних елемената биће доказан употребом следећих комбинација оптерећења.

- $Y_{G,\square} \cdot G + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ где је G повољно
- $Y_{G,inf} \cdot G + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ где G није повољно

Следеће вредности за γ су предложене:

- $Y_{G,\square} = 1,35$
Ова вредност обухвата: сопствену тежину конструктивних и не-конструктивних елемената, застора, тла, подземне воде и слободне воде, привремена оптерећења, итд.
- $Y_{G,inf} = 1,00$
- $\gamma_Q = 1,45$ – Када Q представља неповољна дејства као резултат железничког саобраћаја, 0 за повољно.
- $\gamma_Q = 1,35$ – Када Q представља неповољна дејства као резултат коловозног или пешачког саобраћаја, 0 за повољно.
- $\gamma_Q = 1,50$ – За остала саобраћајна оптерећења и друга променљива дејства. Ова вредност се употребљава за: променљив хоризонтални притисак тла, подземну воду, слободну воду и застор, притисак земљишта услед саобраћајног оптерећења, саобраћајно аеродинамичко дејство, дејство ветра и топлотно дејство, итд.
- $\gamma_P = \zeta$ предложене вредности дефинисане у одговарајућем Еврокоду.

Рачунске вредности дејстава за STR/GEO (Set C):

Носивост тла ће се проверавати употребом следњих комбинација оптерећења:

- $Y_{G, \square} \cdot G + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ где је G повољно
- $Y_{G, inf} \cdot G + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ где G није повољно

Препоручене вредности коефицијената γ је:

- $Y_{G, \square} = 1,00$
- $Y_{G, inf} = 1,00$
- $\gamma_Q = 1,15$ – За друмска и пешачка оптерећења, где су неповољна, 0 за повољно.
- $\gamma_Q = 1,30$ – За променљив хоризонтални притисак тла, подземну воду, слободну воду и застор, притисак земљишта услед саобраћајног оптерећења, 0 за повољно.
- $\gamma_Q = 1,30$ – За сва остала неповољна дејства, 0 за повољно.
- $\gamma_P = \dot{\gamma}$ предложене вредности дефинисане у одговарајућем Еврокоду.

5.2. Инцидентна и сеизмичка дејства

Рачунске вредности за инцидентна дејстава:

- $G + P + A_d + (\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}) + \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ or
- $G + P + A_d + (\psi_{2,1} \cdot Q_{k,1}) + \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$
- Променљиво дејство Q бити ће 0 где је повољно

Рачунске вредности сеизмичких дејстава:

- $G + A_{Ed} + \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$ where $A_{Ed} = \gamma_I \cdot A_{Ek}$
- Променљиво дејство Q бити ће 0 где је повољно
- Предложене вредности за $\gamma = 1,00$ за сва не-сеизмичка дејства.

5.3. Гранично стање употребљивости

- Карактеристично: $G + P + Q_{k,1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$
- Често: $G + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$
- Квази-стално: $G + P + \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1} + \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$

5.4. Вредности ψ фактора

 Препоручене вредности ψ фактора за железничке мостове (у складу са EN 1990: 2002/A1, табела A2.3)

Railway bridges - Partial and combination factors						
Action			$Y_{Q,sup}$	ψ_0	ψ_1	ψ_2^a
LM71	Vertical forces	LM71	1.45	0.80	b	0
	Centrifugal forces	Q_{tk}		0.80	b	0
	Noising force	Q_{sk}		1.00	0.80	0
	Horizontal earth pressure due to traffic load surcharge			0.80	b	0
	Aerodynamic effects	$q_{1,k}$		0.80	0.50	0
SW/2	Vertical forces	SW/2	1.20	0	1.00	0
	Centrifugal forces	Q_{tk}	1.20	0	1.00	0
	Noising force	Q_{sk}	1.20	1.00	0.80	0
	Horizontal earth pressure due to traffic load surcharge		1.45	0.80	b	0
	Aerodynamic effects	$q_{1,k}$	1.20	0.80	0.50	0
Non-public footpath loads			1.50	0.80	0.50	0
Wind forces		F_{wk}	1.50	0.75	0.50	0
Thermal actions ^c		T_k	1.50	0.60	0.60	0.50
Construction loads		Q_c	1.50	1.00	-	1.00

^a If deformation is being considered for persistent and transient design situations, ψ_2 should be taken equal to 1.00 for rail traffic actions. For seismic design situations, see Table 8.9 of this Designers' Guide (EN 1990: 2002/A1, Table A2.5).

^b 0.8 if 1 track only is loaded; 0.7 if 2 tracks are simultaneously loaded; 0.6 if 3 or more tracks are simultaneously loaded.

^c See EN 1991-1-5.

Одређивање случајева оптерећења за железнички саобраћај (каракт. вредности вишекомпонентна дејства) (у складу са EN 1991-2, табела 6.11)

Number of tracks on structure	Groups of loads		Vertical forces			Horizontal forces			Comment				
	Reference: sections of this Guide	Reference: EN 1991-2	6.7.2/6.7.3	6.7.3	6.7.4	6.9.3	6.9.1	6.9.2					
1	2	≥ 3	Number of tracks loaded	Load group ⁽⁸⁾	Loaded track	LM71 ⁽¹⁾ SW/0 ^{(1),(2)} HSLM ^{(6),(7)}	SW/2 ^{(1),(3)}	Unloaded train	Traction, braking ⁽¹⁾	Centrifugal force ⁽¹⁾	Nosing force ⁽¹⁾		
1	1	1	1	gr 11	T ₁	I			I ⁽⁵⁾	0.5 ⁽⁵⁾	0.5 ⁽⁵⁾	Max. vertical 1 with max. longitudinal	
			1	gr 12	T ₁	I			0.5 ⁽⁵⁾	I ⁽⁵⁾	I ⁽⁵⁾	Max. vertical 2 with max. transverse	
			1	gr 13	T ₁	I ⁽⁴⁾			I	0.5 ⁽⁵⁾	0.5 ⁽⁵⁾	Max. longitudinal	
			1	gr 14	T ₁	I ⁽⁴⁾			0.5 ⁽⁵⁾	I	I	Max. lateral	
			1	gr 15	T ₁				I		I ⁽⁵⁾	I ⁽⁵⁾	Lateral stability with "unloaded train"
	1	1	1	1	gr 16	T ₁		I		I ⁽⁵⁾	0.5 ⁽⁵⁾	0.5 ⁽⁵⁾	SW/2 with max. longitudinal
				1	gr 17	T ₁		I		0.5 ⁽⁵⁾	I ⁽⁵⁾	I ⁽⁵⁾	SW/2 with max. transverse
		2	2	2	gr 21	T ₁	I			I ⁽⁵⁾	0.5 ⁽⁵⁾	0.5 ⁽⁵⁾	Max. vertical 1 with max longitudinal
				2	gr 22	T ₁	I			0.5 ⁽⁵⁾	I ⁽⁵⁾	I ⁽⁵⁾	Max. vertical 2 with max. transverse
	2	2	2	2	gr 23	T ₁	I ⁽⁴⁾			I	0.5 ⁽⁵⁾	0.5 ⁽⁵⁾	Max. longitudinal
				2	gr 24	T ₁	I ⁽⁴⁾			0.5 ⁽⁵⁾	I	I	Max. lateral
				2	gr 26	T ₁	I	I		I ⁽⁵⁾	0.5 ⁽⁵⁾	0.5 ⁽⁵⁾	SW/2 with max. longitudinal
	2	2	2	2	gr 27	T ₁	I	I		0.5 ⁽⁵⁾	I ⁽⁵⁾	I ⁽⁵⁾	SW/2 with max. transverse
				2	gr 27	T ₂	I			0.5 ⁽⁵⁾	I ⁽⁵⁾	I ⁽⁵⁾	SW/2 with max. transverse
	≥ 3	≥ 3	≥ 3	gr 31	T ₁		0.75			0.75 ⁽⁵⁾	0.75 ⁽⁵⁾	0.75 ⁽⁵⁾	Additional load case

(1) All relevant factors (α , Φ , f , ...) have to be taken into account.

(2) SW/0 has only to be taken into account for continuous span bridges.

(3) SW/2 needs to be taken into account only if it is stipulated for the line.

(4) Factor may be reduced to 0.5 if favourable effect; it cannot be zero.


(5) In favourable cases these non-dominant values have to be taken equal to zero.


(6) HSLM and real trains where required in accordance with EN 1991-2, 6.4.4 and 6.4.6.1.1.


(7) If a dynamic analysis is required in accordance with EN 1991-2, 6.4.4 see also 6.4.6.5(3) and 6.4.6.1.2.

(8) See also EN 1990: 2002/A1, Table A.2.3.³

 Dominant component action as appropriate

 to be considered in designing a structure supporting one track (Load Groups 11–17)

 to be considered in designing a structure supporting two tracks (Load Groups 11–27 except 15). Each of the two tracks have to be considered as either T₁ (Track 1) or T₂ (Track 2)

 to be considered in designing a structure supporting three or more tracks; (Load Groups 11 to 31 except 15). Any one track has to be taken as T₁, any other track as T₂ with all other tracks unloaded. In addition the Load Group 31 has to be considered as an additional load case where all unfavourable lengths of track T₁ are loaded.

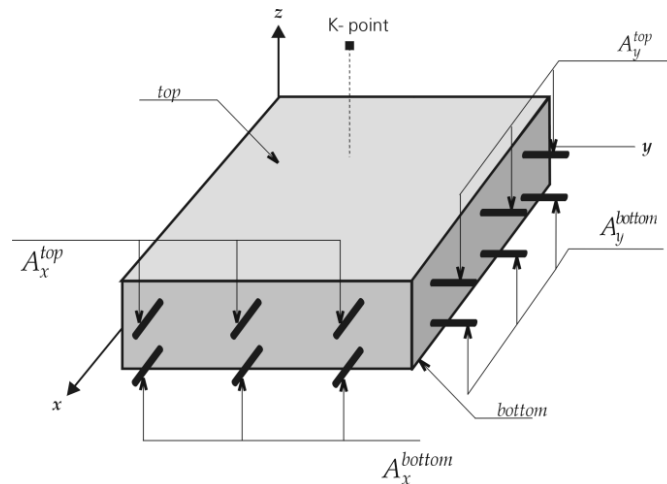
II. АНАЛИЗА КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНАТА

1. Примењен софтвер коначних елемената – AXIS VM

Конструкција је моделирана употребом софтвера коначних елемената – AXIS VM. Моделирана је интегрална конструкција моста.

Општи параметри армирања и прорачун потребне арматуре – модул RC1

Опште армирање је срачунато у складу са Евркодом 2. Правци армирања су исти са и локални смеровима x,y координата.



Резултујући компоненти

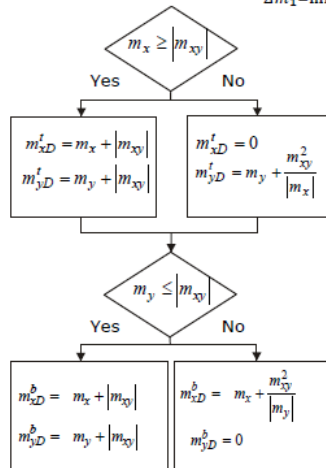
- mxD, myD,
- pxD, pyD: рачунска дејства
- axb: рачунска површина армирања доњег појаса у 'x' правцу
- aуб: рачунска површина армирања доњег појаса у 'y' правцу
- axt: рачунска површина армирања горњег појаса у 'x' правцу
- ayt: рачунска површина армирања горњег појаса у 'y' правцу

Минимална дебљина заштитног слоја: Софтвер одређује минималну горњу и доњу дебљину заштитног слоја у складу са класом изложености по важећем стандарду.

Прорачун ортогоналне x/y арматуре по Еврокоду 2

If m_x, m_y, m_{xy} are the internal forces at a point, then the nominal moment strengths are as follows:

The moment optimum is: $\Delta m_2 = 0$
 $\Delta m_1 = \min! \quad m_x \geq m_y$



Софтвер одређује потребну затезну и притиснуту арматуру.

Следеће вредности су представљене као резултати: $a_{xb}, a_{xt}, a_{yb}, a_{yt}$.

Представљају прорачунату арматуру горњег и доњег појаса у 'x' и 'y' правцу.

Локалне координате система коначних елемената у 3D моделу.

Боје: **x** = црвено, **y** = жуто, **z** = зелено.



Узети у обзир минималну површину армирања

Софтвер одређује потребну минималну површину армирања горњег и доњег појаса у складу са важечим стандардима. Ако је прорачуната количина армирања мања од ових вредности, усвајоти минималну површину армирања.

Униформне боје су представљене за количину армирања.

$$\emptyset 32/20 \text{ cm} + \emptyset 32/20 \text{ cm} \rightarrow 8042 \text{ mm}^2$$

$$\emptyset 25/20 \text{ cm} + \emptyset 32/20 \text{ cm} \rightarrow 6476 \text{ mm}^2$$

$$\emptyset 25/20 \text{ cm} + \emptyset 25/20 \text{ cm} \rightarrow 4909 \text{ mm}^2$$

$$\emptyset 20/20 \text{ cm} + \emptyset 25/20 \text{ cm} \rightarrow 4025 \text{ mm}^2$$

$$\emptyset 20/20 \text{ cm} + \emptyset 20/20 \text{ cm} \rightarrow 3142 \text{ mm}^2$$

$$\emptyset 16/20 \text{ cm} + \emptyset 20/20 \text{ cm} \rightarrow 2576 \text{ mm}^2$$

$$\emptyset 25/20 \text{ cm} \rightarrow 2454 \text{ mm}^2$$

$$\emptyset 16/20 \text{ cm} + \emptyset 16/20 \text{ cm} \rightarrow 2010 \text{ mm}^2$$

$$\emptyset 20/20 \text{ cm} \rightarrow 1571 \text{ mm}^2$$

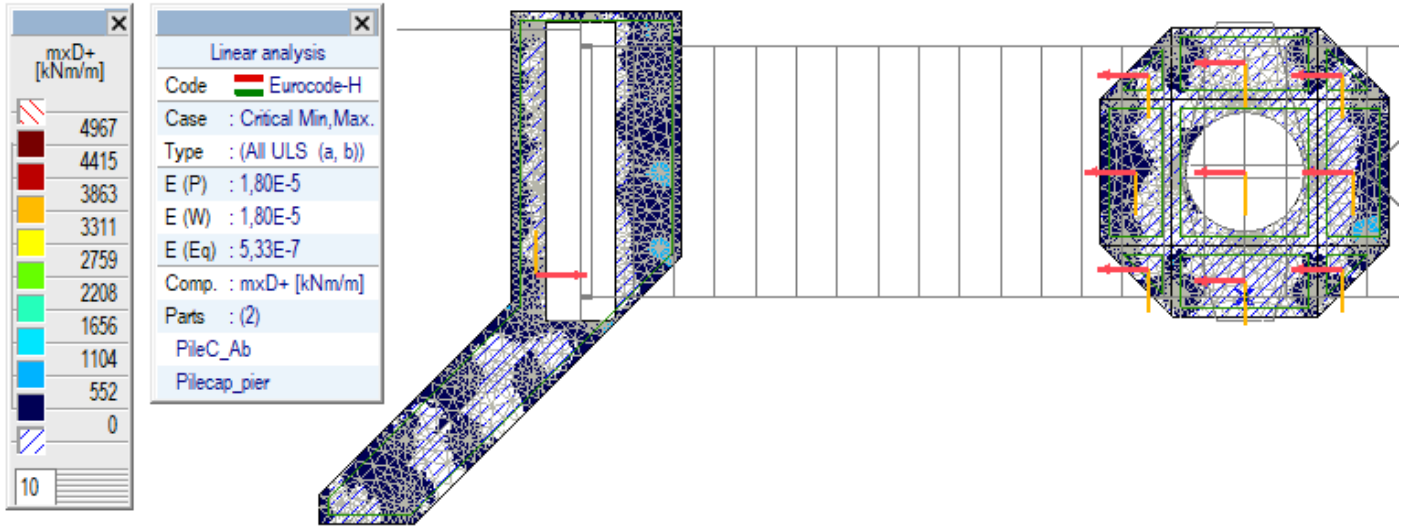
$$\emptyset 16/20 \text{ cm} \rightarrow 1005 \text{ mm}^2$$

$$\emptyset 12/20 \text{ cm} \rightarrow 565 \text{ mm}^2$$

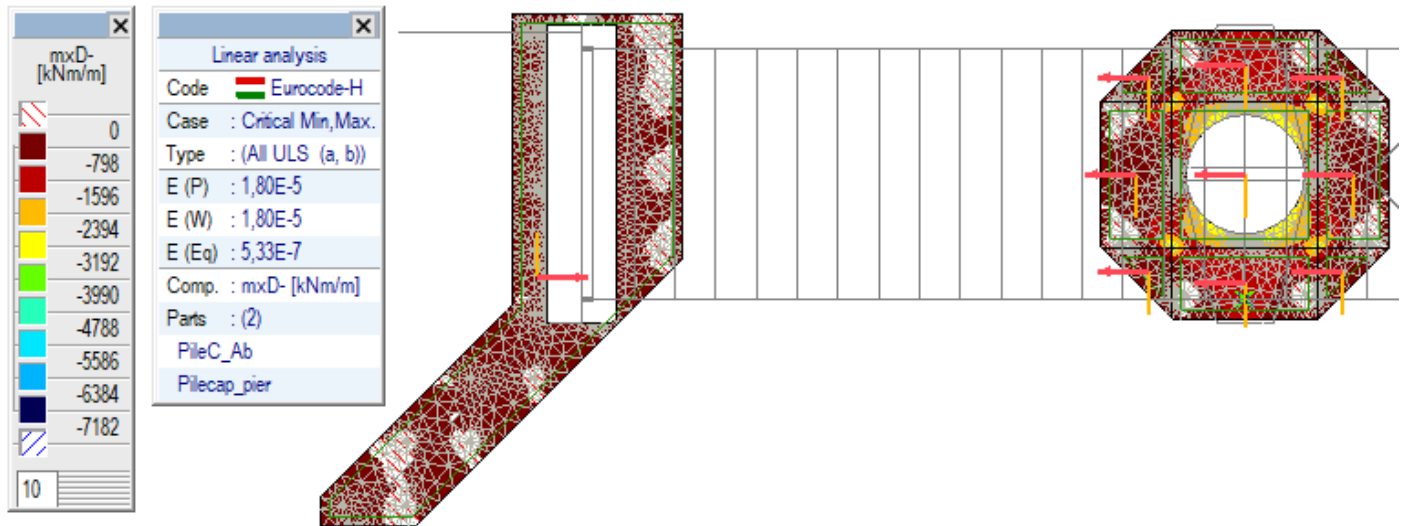
2. АНАЛИЗА ЕЛЕМЕНАТА НАГЛАВНЕ КОНСТРИКЦИЈЕ ШИПОВА

2.1. ПРЕСЕЧНЕ СИЛЕ И МОМЕНТИ

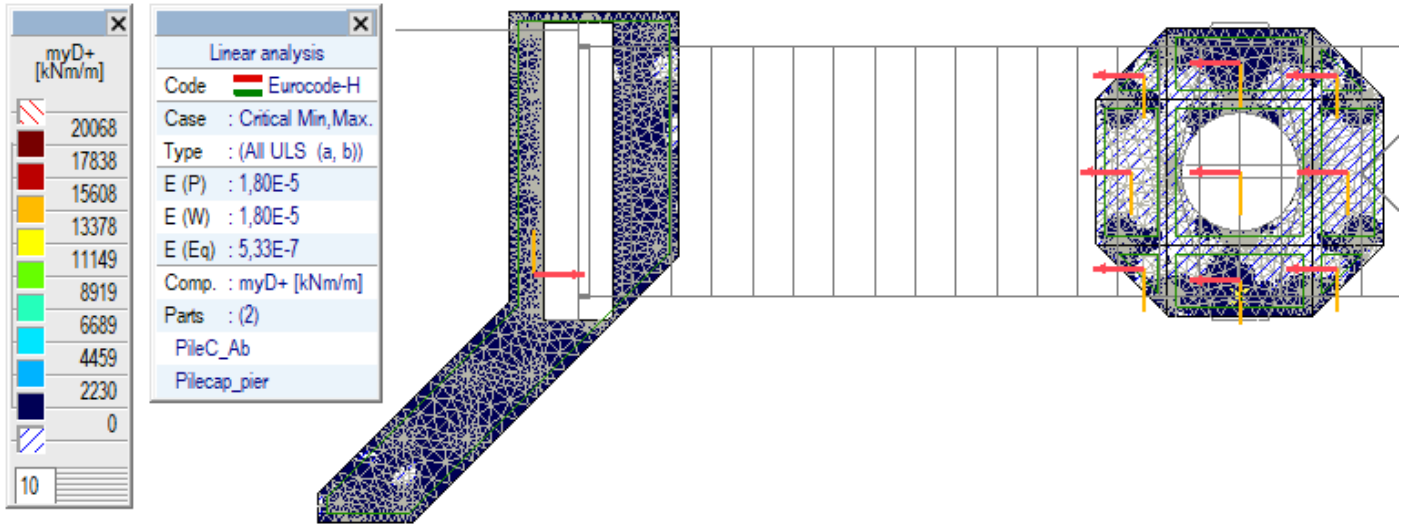
Скице испод представљају једну половину конструкције као резултат осне симетрије.



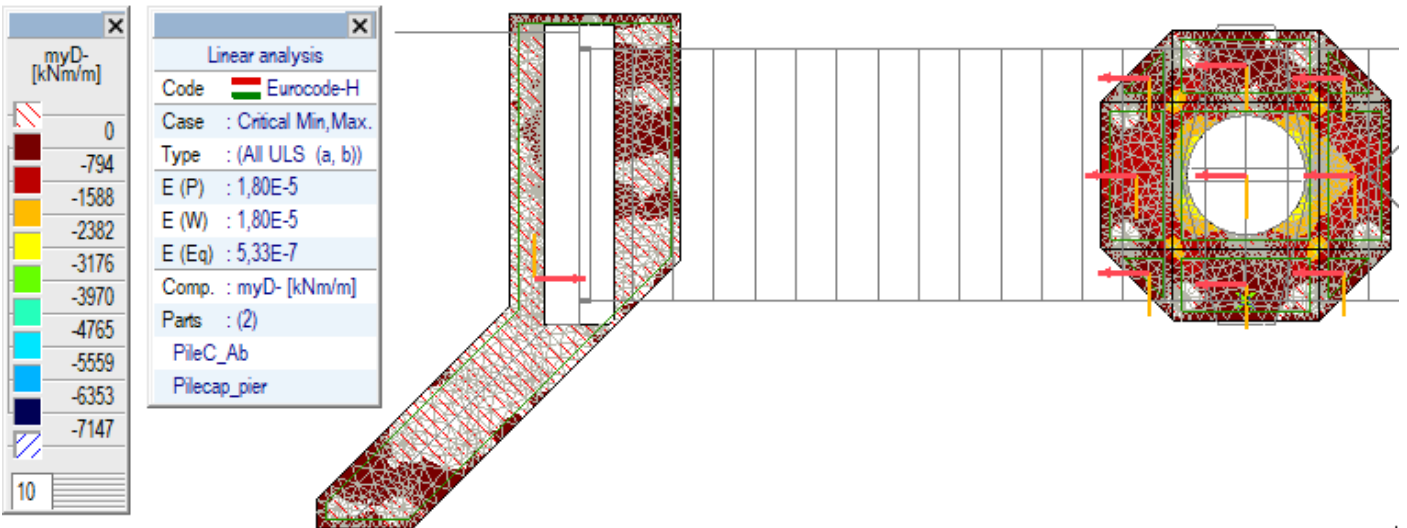
Наглавна конст., Линеарно,(Auto) Крит. Мах., mxD+, Isosurfaces 2D, Горњи поглед



Наглавна конст., Линеарно,(Auto) Крит. Мин., mxD-, Isosurfaces 2D, Горњи поглед



Наглавна конст., Линеарно,(Auto) Крит. Max., myD+, Isosurfaces 2D, Горњи поглед



Наглавна конст., Линеарно,(Auto) Крит. Мин., myD-, Isosurfaces 2D, Горњи поглед

Максималне вредности момената савијања су локална на наглавној конструкцији. Максималне вредности су резултат концентрација у моделу коначних елемената.

2.2. КОЛИЧИНА АРМАТУРЕ

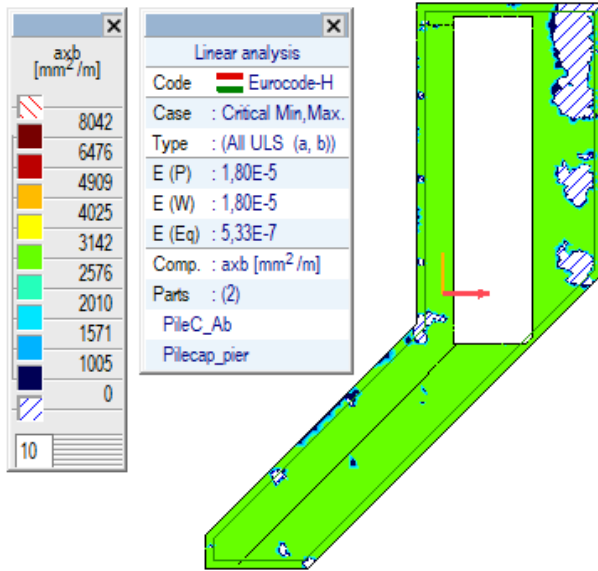
При прорачуну потребне количине арматуре, максимална дозвољена ширина пукотина је узета у обзир.

Дебљина елемента код обалног стуба: 175- 200см.

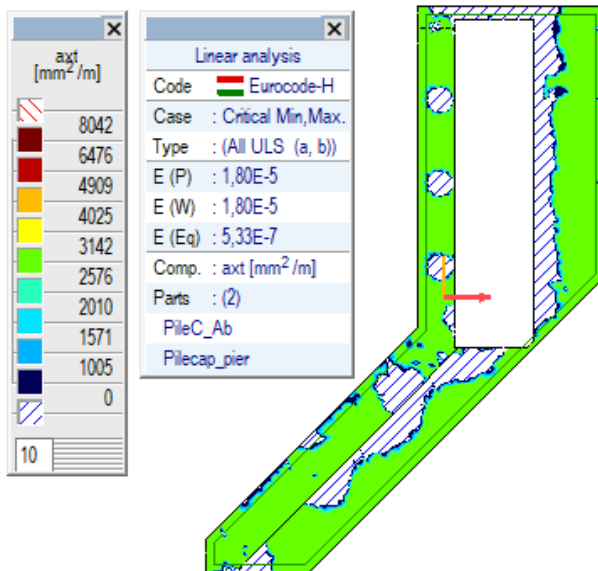
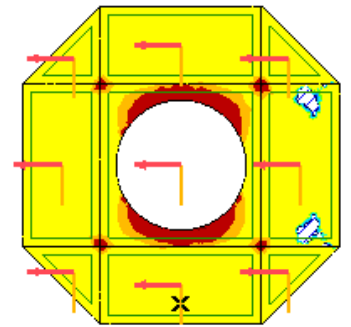
Дебљина елемента код речног стуба: 225-250см.

Конструктивни елементи су адекватни за ГСН и ГСУ са предложеном количином армирања. Ограничење ширине пукотине за ГСУ је 0.3mm.

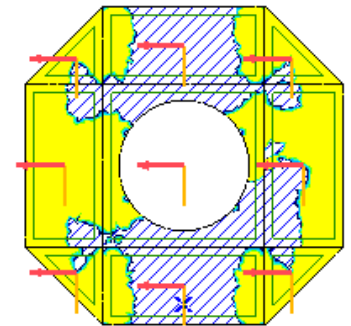
Количина армирања

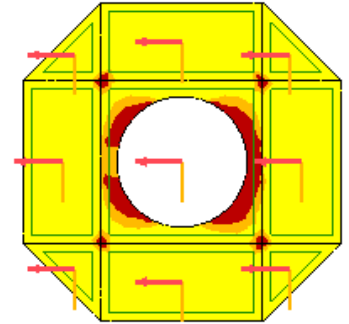
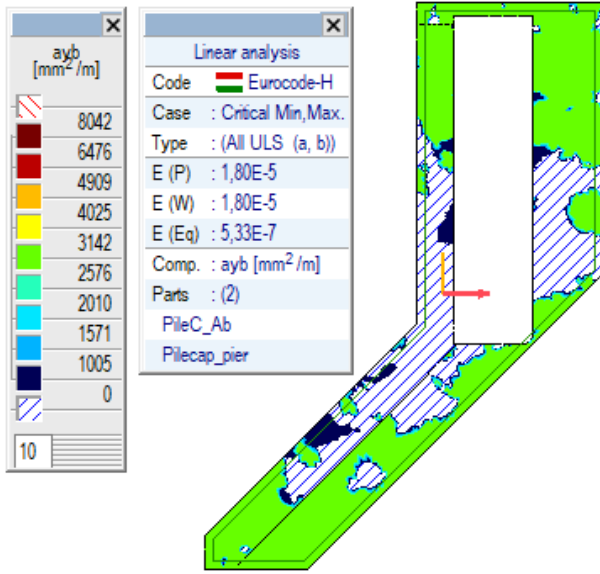


Наглавна конст., Лиенарно,(Auto) Крм., axb, Isosurfaces 2D, Горњи поглед

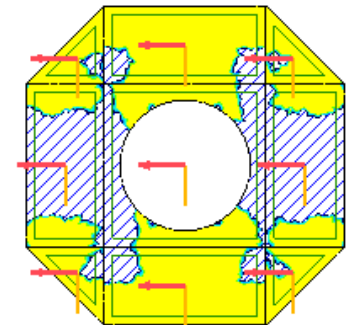
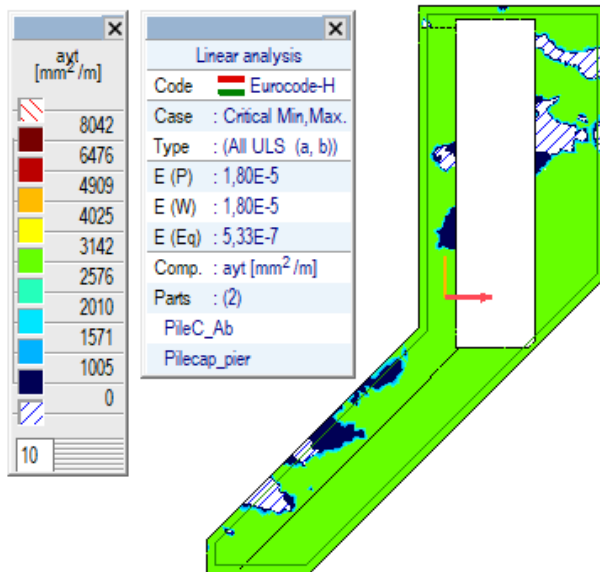


Наглавна конст., Лиенарно,(Auto) Крм., axt, Isosurfaces 2D, Горњи поглед





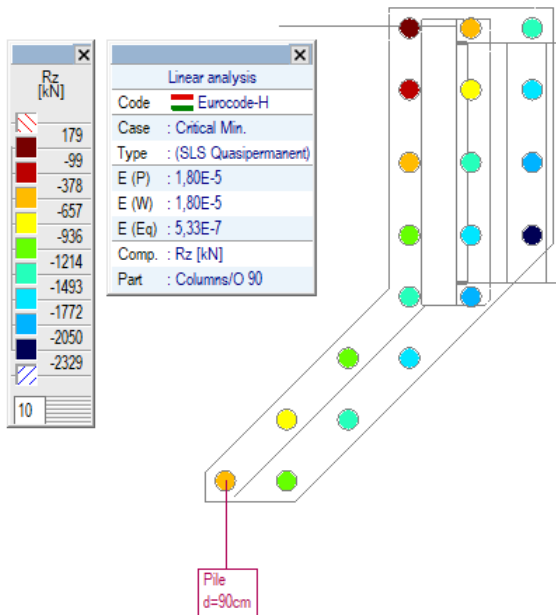
Наглавна конст., Линеарно,(Auto) Критично, ayb, Isosurfaces 2D, Горњи поглед



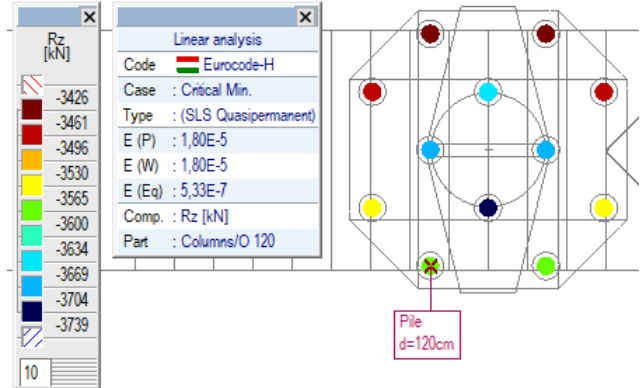
Наглавна конст., Линеарно,(Auto) Крит., ayt, Isosurfaces 2D, Горњи поглед

III. РЕАКЦИЈЕ ОСЛОНАЦА

Напон у нивоу темеља за ГСУ квази-сталну комбинацију оптерећења (у складу са табелом EN 1990:2011 табела A2.4. 6.10)

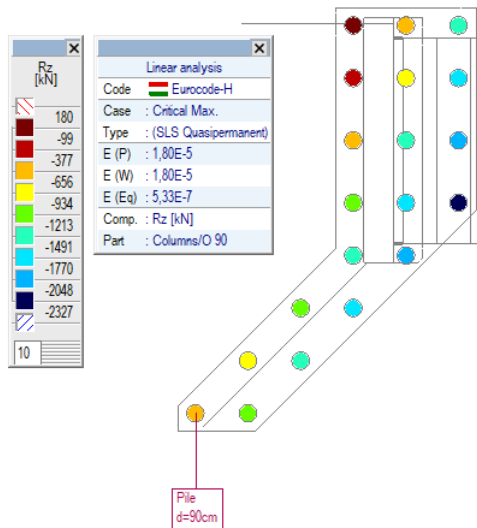


Потпорна конст.

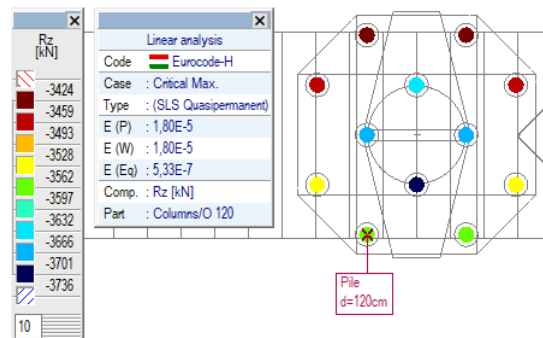


Стуб

Шип, Линеарно,(ГСУ Квази-стално) Крит. мин., Rz (зглобни осл.), Isosurfaces 2D, Горњи поглед



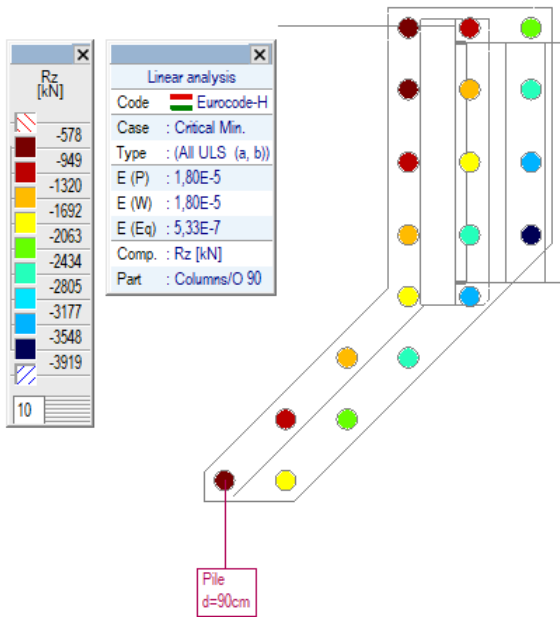
Потпорна конст.



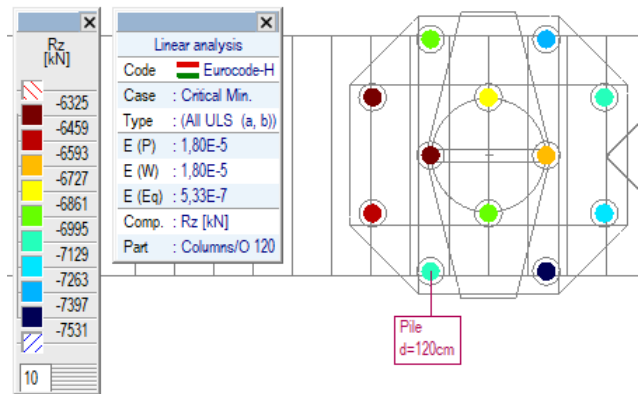
Стуб

Шип, Линеарно,(ГСУ Квази-стално) Крит. мин., Rz (зглобни осл.), Isosurfaces 2D, Горњи поглед

Напон у шиповима за ГСН комбинацију оптерећења (у складу са табелом EN 1990:2011 табела А2.4, 6.10)

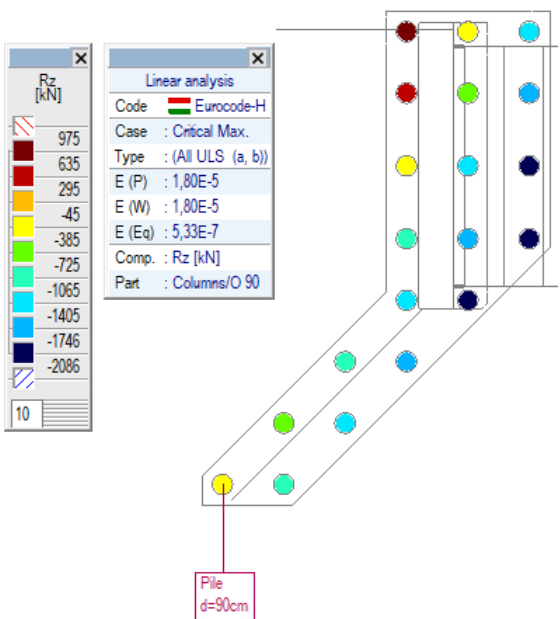


Потпорна конст.

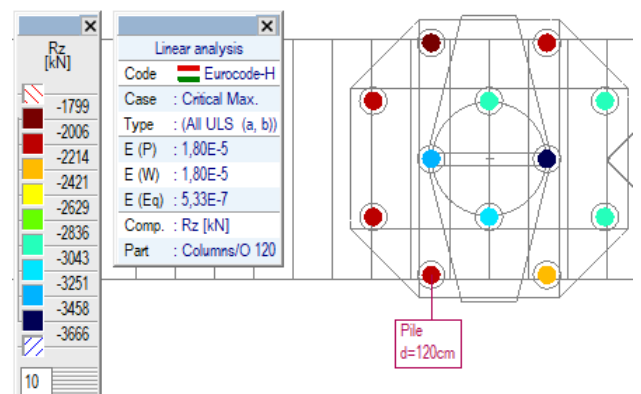


Стуб

Шип, Линеарно,(Auto) Критично Мин., Rz (зглобни осл.), Isosurfaces 2D, Горњи поглед



Потпорна конст.



Стуб

Шип, Линеарно,(Auto) Крит. Мах., Rz (зглобни осл.), Isosurfaces 2D, Горњи поглед

Отпорност шипова у ситнозрном тлу

Недренирана отпорност на смицање се може израчунати из СРТ-а према Лунне ет ал., (1997):

$$c_{u,i} = q_{c,i} / N_k$$

Крајњи отпор базе шипа се може израчунати узимањем у обзир технологије уградње, податке пробних оптерећења шипова као и предлоге националних стандарда, са следећом јендачином:

$$q_{b,cal} = 0.6 \cdot \mu_b \cdot q_{c,k}$$

$q_{c,k}$ Карактеристична тачка СРТ отпорности која се може сматрати као просечна вредност отпорности зоне од $1,5 \cdot D$ изнад основе шипа до $3,0 \cdot D$ испод основе шипа.

μ_b Фактор отпорности основе у зависности од технологије.

За крајњи отпор омотача шипа развијена је следећа квадратна једначина узимајући у обзир националне стандарде дозвољавајући различите технологије уградње шипова:

$$q_{s,cal,i} = 1.2 \cdot \mu_s \cdot \sqrt{q_{c,i}}$$

μ_s фактор отпора омотача у зависности од технологије уградње

$c_{u,i} > 500$ kPa недренирана отпорност на смицање се може узети у обзир тек након утврђених истраживања,

$q_{b,cal} > 2.5$ MPa може се употребити тек након утврђених пробних оптерећења шипова,

$q_{b,max} \leq 4$ MPa за чврсте глине и $q_{b,max} \leq 8$ MPa за високо преконсолидоване глине или узети у обзир глинени камен

		μ_b	μ_s	q_{max} [kPa]
Потискајући шипови	Побијени префабриковани бетонски шипови	1,00	1,05	85
	Побијање челичне цеви затвореног дна, бетонирање на лицу места	1,00	0,80	70
	Побијање челичне цеви затвореног дна, sukcesивно извлачење цеви уз додавање бетона	1,00	1,10	90
	Бушени шипови без челичне цеви	0,90	1,25	100
Замењујући шипови	СФА шипови	0,90	1,00	80
	Бушени шипови	0,80	1,00	80
	Бушени шипови са челичном заштитом	0,80	1,00	80

Отпорност шипова за крупнозрно тло

Прорачун носивости базе шипа заснован је на методи предложеној у ЕС 7-2, са новим фактором редукције:

$$q_{b,cal} = \lambda_b \cdot \alpha_b \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{q_{c,Im} + q_{c,IIIm}}{2} + q_{c,IIIIm} \right)$$

α_b Фактор отпорности основе шипа

λ_b Фактор редукције за узимање у обзир методе Де Руитер и Берингер (Ван Тол. 1993 И Феллинус, 2006) који је занемарен у ЕС 7-2

За носивост омотача је такође употребљена квадратна формула:

$$q_{s,cal,i} = \alpha_{sq} \cdot \sqrt{q_{c,i}}$$

α_{sq} фактор отпорности омотача, зависно од технологиј

$q_b > 5.0$ MPa се може употребити искључиво у случају потврђеног пробног оптерећења

$q_{b,max} \leq 15$ MPa за сва случаја

Веома опрезан приступ је потребан за процену отпорности основе СФА шипова у песку ради вадненачке везе или потенцијала ликвифакције, јер се стање тла може оједном детериорирати током формирања.

		μ_b	μ_s	q_{max} [kPa]
Потискајући шипови	Побијени префабриковани бетонски шипови	1,00	0,90	150
	Побијање челичне цеви затвореног дна, бетонирање на лицу места	1,00	0,75	120
	Побијање челичне цеви затвореног дна, sukcesивно извлачење цеви уз додавање бетона	1,00	1,10	160
	Бушени шипови без челичне цеви	0,80	0,75	160
Замењујући шипови	СФА шипови	0,70	0,55	120
	Бушени шипови	0,50	0,55	100
	Бушени шипови са челичном заштитом	0,50	0,45	80

Прорачун у складу са С-212 за мост В0816К (С1 ослонац)		Парцијални факт.		Факт. отп. осн.		Факт. отп. омо.		Макс. отп. омо.	
		осн.	омо.	Ф	Г	Ф	Г	Ф	Г
Побијени префабр. бетонски шипови	1	1.10	1.10	1.00	1.00	1.05	0.90	85	150
Побијање челичне цеви затвореног дна, бетонирање на лицу места	2	1.25	1.10	1.00	1.00	0.80	0.75	70	120
Побијање челичне цеви затвореног дна, сукцесивно извлачење цеви уз додавање бетона	3	1.25	1.10	1.00	1.00	1.10	1.10	90	160
Бушени шипови без челичне цеви	4	1.25	1.10	0.90	0.80	1.25	0.75	100	160
СФА шипови	5	1.20	1.10	0.90	0.70	1.00	0.55	80	120
Бушени шипови	6	1.25	1.10	0.80	0.50	1.00	0.55	80	100
Бушени шипови са челичном зашт.	7	1.25	1.10	0.80	0.50	1.00	0.45	80	80
Предвиђени тип шипа:	7	1.25	1.10	0.80	0.50	1.00	0.45	80	80

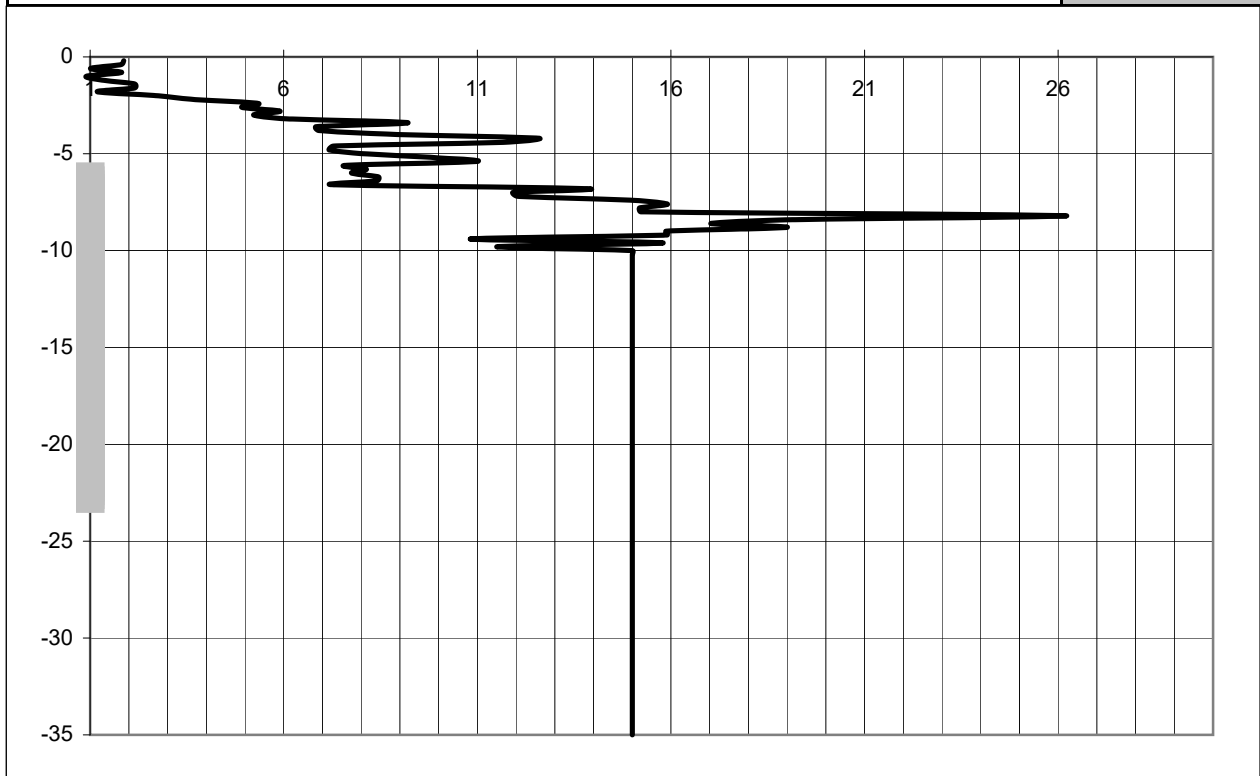
Пречник шипа (m)	0.90
Кота наглавка шипова (m)	78.87
Кота основе шипа (m)	62.00
Конусни фактор (Nk)	15.5
Фактор редукције наглавка (lb)	0.60
Критична кота основе шипа (m)	61.20
Дужина шипа (m)	16.87

$R_{s.cal}$ [kN]	$q_{c.k.m}$ [MPa]	$q_{c.I}$ [MPa]	$q_{c.II}$ [MPa]	$q_{c.III}$ [MPa]	$R_{b.cal}$ [kN]
2682	15.0	15.0	15.0	15.0	2861
	$q_{b.cal}$ [MPa]	7.20	Фино тло		
		4.50	Грубо тло		
Врста тла на коти основе шипа (Ф / Г)					Г

$R_{s.k} =$ 2438 kN	ξ_{appl}	1.00	1	2	3	4	5	7	10
$R_{b.k} =$ 2289 kN	ξ_{mean}	1.40	1.40	1.35	1.33	1.31	1.29	1.27	1.25
$R_{c.d} =$ 4727 kN	ξ_{min}	1.40	1.40	1.27	1.23	1.20	1.15	1.12	1.08

Обавезно пробно оптерећење шипова ради осигурања високе отпорности базе шипа као и смањења корелационог коефицијента на $\xi=1,00$ (ДА / НЕ)

ДА



Прорачун у складу са С-212 за мост В0816К (С2-3 ослонац)		Парцијални факт.		Факт. отп. осн.		Факт. отп. омо.		Макс. отп. омо.	
		осн.	омо.	Ф	Г	Ф	Г	Ф	Г
Побијени префабр. бетонски шипови	1	1.10	1.10	1.00	1.00	1.05	0.90	85	150
Побијање челичне цеви затвореног дна, бетонирање на лицу места	2	1.25	1.10	1.00	1.00	0.80	0.75	70	120
Побијање челичне цеви затвореног дна, сукцесивно извлачење цеви уз додавање бетона	3	1.25	1.10	1.00	1.00	1.10	1.10	90	160
Бушени шипови без челичне цеви	4	1.25	1.10	0.90	0.80	1.25	0.75	100	160
СФА шипови	5	1.20	1.10	0.90	0.70	1.00	0.55	80	120
Бушени шипови	6	1.25	1.10	0.80	0.50	1.00	0.55	80	100
Бушени шипови са челичном зашт.	7	1.25	1.10	0.80	0.50	1.00	0.45	80	80
Предвиђени тип шипа:	7	1.25	1.10	0.80	0.50	1.00	0.45	80	80

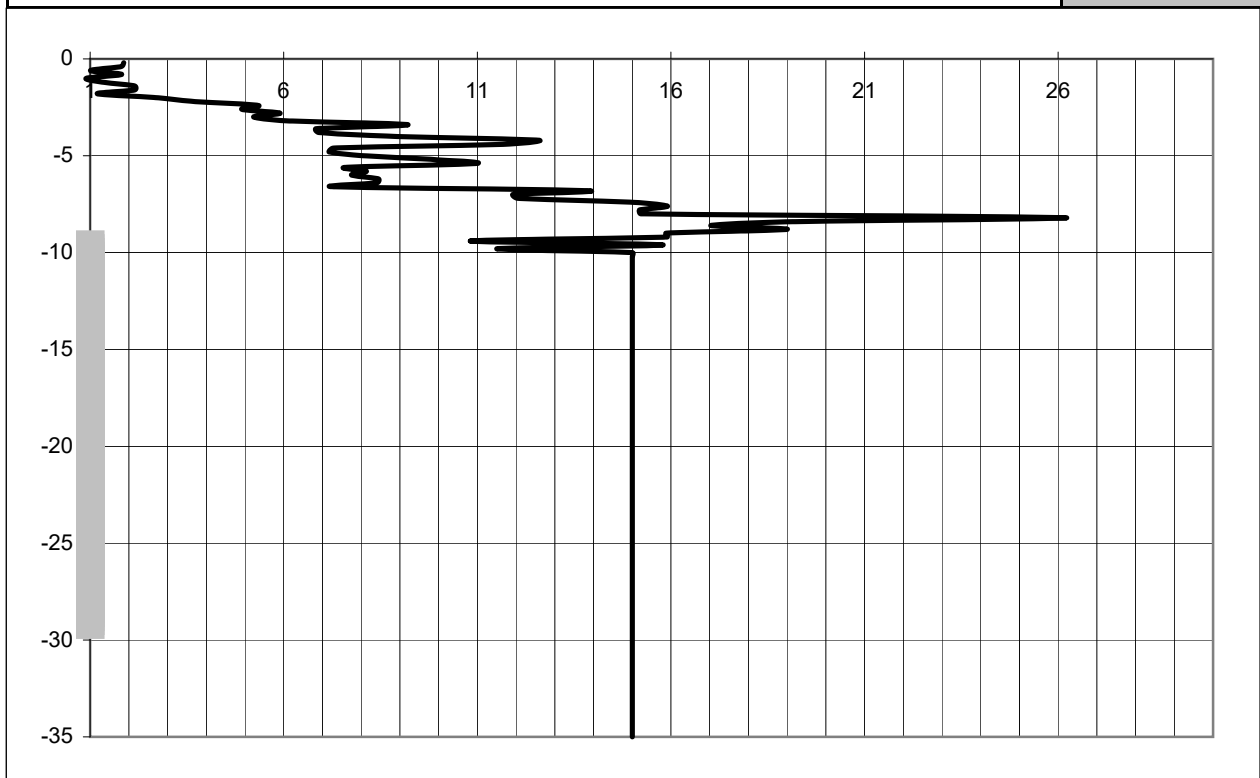
Пречник шипа (m)	1.20
Кота наглавка шипова (m)	73.01
Кота основе шипа (m)	53.10
Конусни фактор (Nk)	15.5
Фактор редукције наглавка (lb)	0.60
Критична кота основе шипа (m)	52.10
Дужина шипа (m)	19.91

$R_{s.cal}$ [kN]	$q_{c.k.m}$ [MPa]	$q_{c.I}$ [MPa]	$q_{c.II}$ [MPa]	$q_{c.III}$ [MPa]	$R_{b.cal}$ [kN]
4108	15.0	15.0	15.0	15.0	5087
	$q_{b.cal}$ [MPa]	7.20	Фино тло		
		4.50	Грубо тло		
Врста тла на коти основе шипа (Ф / Г)					Г

$R_{s.k} = 3734$ kN	ξ_{appl}	1.00	1	2	3	4	5	7	10
$R_{b.k} = 4069$ kN	ξ_{mean}	1.40	1.40	1.35	1.33	1.31	1.29	1.27	1.25
$R_{c.d} = 7804$ kN	ξ_{min}		1.40	1.27	1.23	1.20	1.15	1.12	1.08

Обавезно пробно оптерећење шипова ради осигурања високе отпорности базе шипа као и смањења корелационог коефицијента на $\xi=1,00$ (ДА / НЕ)

ДА



Прорачун у складу са С-212 за мост В0816К (С4 ослонац)		Парцијални факт.		Факт. отп. осн.		Факт. отп. омо.		Макс. отп. омо.	
		осн.	омо.	Ф	Г	Ф	Г	Ф	Г
Побијени префабр. бетонски шипови	1	1.10	1.10	1.00	1.00	1.05	0.90	85	150
Побијање челичне цеви затвореног дна, бетонирање на лицу места	2	1.25	1.10	1.00	1.00	0.80	0.75	70	120
Побијање челичне цеви затвореног дна, сукцесивно извлачење цеви уз додавање бетона	3	1.25	1.10	1.00	1.00	1.10	1.10	90	160
Бушени шипови без челичне цеви	4	1.25	1.10	0.90	0.80	1.25	0.75	100	160
СФА шипови	5	1.20	1.10	0.90	0.70	1.00	0.55	80	120
Бушени шипови	6	1.25	1.10	0.80	0.50	1.00	0.55	80	100
Бушени шипови са челичном зашт.	7	1.25	1.10	0.80	0.50	1.00	0.45	80	80
Предвиђени тип шипа:	7	1.25	1.10	0.80	0.50	1.00	0.45	80	80

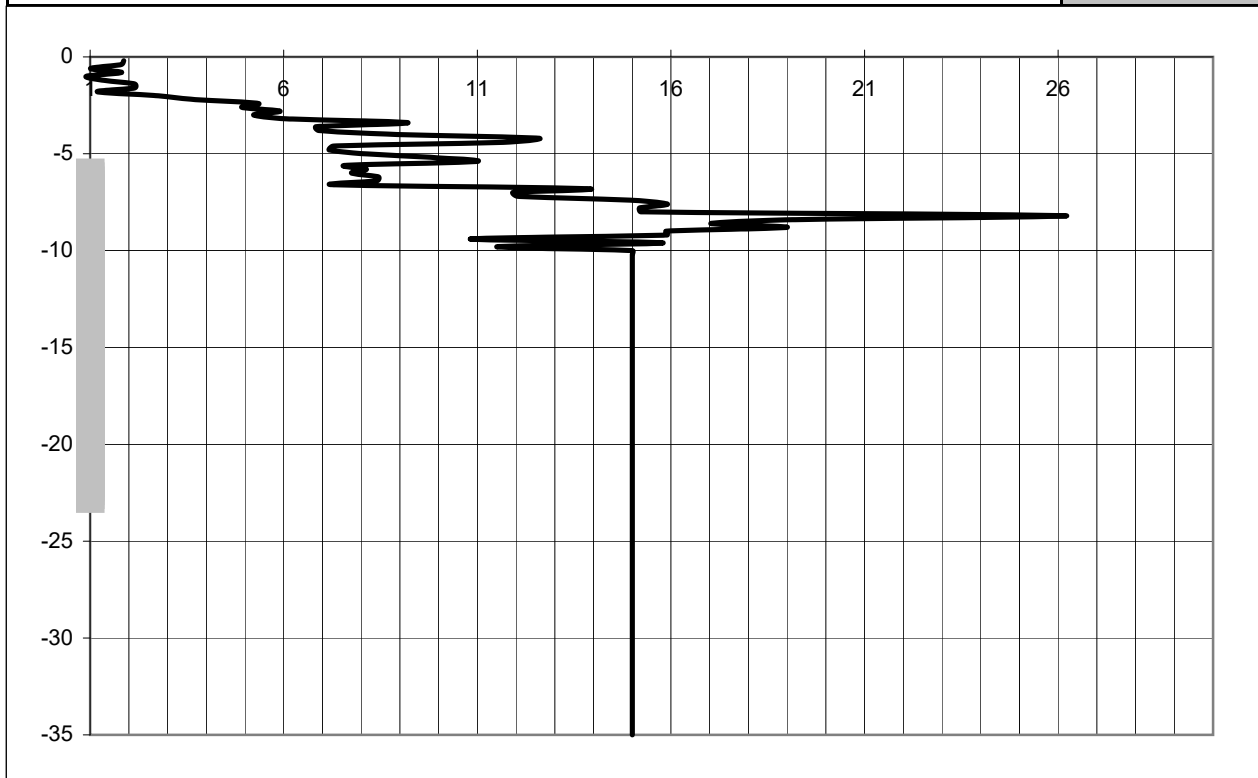
Пречник шипа (m)	0.90
Кота наглавка шипова (m)	79.19
Кота основе шипа (m)	62.00
Конусни фактор (Nk)	15.5
Фактор редукције наглавка (lb)	0.60
Критична кота основе шипа (m)	61.20
Дужина шипа (m)	17.19

$R_{s.cal}$ [kN]	$q_{c.k.m}$ [MPa]	$q_{c.I}$ [MPa]	$q_{c.II}$ [MPa]	$q_{c.III}$ [MPa]	$R_{b.cal}$ [kN]
2727	15.0	15.0	15.0	15.0	2861
	$q_{b.cal}$ [MPa]	7.20	Фино тло		
		4.50	Грубо тло		
Врста тла на коти основе шипа (Ф / Г)					Г

$R_{s.k} =$ 2479 kN	ξ_{appl}	1.00	1	2	3	4	5	7	10
$R_{b.k} =$ 2289 kN	ξ_{mean}	1.40	1.40	1.35	1.33	1.31	1.29	1.27	1.25
$R_{c.d} =$ 4768 kN	ξ_{min}		1.40	1.27	1.23	1.20	1.15	1.12	1.08

Обавезно пробно оптерећење шипова ради осигурања високе отпорности базе шипа као и смањења корелационог коефицијента на $\xi=1,00$ (ДА / НЕ)

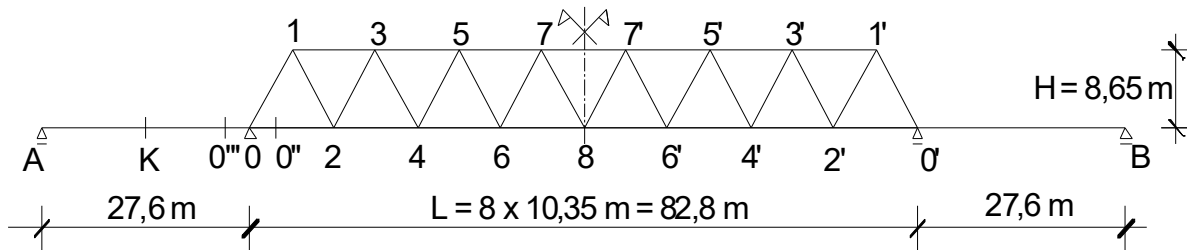
ДА



**СТАТИЧКИ ПРОРАЧУН
КОНСТРУКЦИЈЕ МОСТА**

САДРЖАЈ

- 1.0. Улазни подаци
 - 1.1. Основни параметри
 - 1.2. Примењени стандарди
 - 1.3. Карактеристике материјала и фактори сигурности
 - 1.4. Оптерећења
 - 1.4.1. Стално оптерећење
 - 1.4.2. Саобраћајно оптерећење
 - 1.4.2.1. Тип возила за ГСН и замор
 - 1.4.2.2. Динамички фактор
 - 1.4.2.3. Динамички фактор за попречни носач
 - 1.4.2.4. Хоризонталне силе услед дејства саобраћаја
 - 1.4.2.5. Дејства на службеним стазама
 - 1.4.3. Дејство ветра
 - 1.4.4. Температурна дејства
 - 1.4.5. Скупљање
- 2.0. Прорачун попречног носача
 - 2.1. Конструктивни модел за анализу, попречни пресек, мерне јединице
 - 2.2. Оптерећења
 - 2.3. Гранично стање носивости (ГСН)
 - 2.3.1. Контрола нормалних напона (стално + променљиво оптерећење)
 - 2.3.2. Класификација попречног пресека
 - 2.3.3. Смицање
 - 2.4. Замор (Модел оптерећења 71 са динамичким фактором)
 - 2.5. Прорачун можданика
- 3.0. Прорачун АБ плоче
 - 3.1. Улазни подаци
 - 3.2. Гранично стање носивости
 - 3.2.1. Затезање и савијање
 - 3.Н Гранично стање употребљивости
 - 3.Н1. Провера прслина
- 4.0. Прорачун главног носача
 - 4.1. Улазни подаци
 - 4.2. Прорачун штапова решетке
 - 4.2.1. Прорачун горњег појаса
 - 4.2.2. Прорачун дијагоналних штапова
 - 4.2.3. Прорачун доњег појаса
 - 4.2.4. Прорачун споја гредног носача и решеткастог носача
 - 4.3. Прорачун гредног носача
 - 4.3.1. Прорачун гредног носача на средини распона - тип "К"
 - 4.3.2. Провера дела А-0
 - 4.4. Замор
 - 4.5. Угиб
- 5.0. Прорачун испуне горњег спрега против ветра

1.0. Улазни подаци
1.1. Основни параметри

Типови возила: SW0, LM71 и SW2

 Год. саобраћај [10^6t/track] = 40 $\alpha = 1.21$ (Фактор класификације оптерећења)

 Распон решеткиаког носача: $L := 82.8 \text{ m}$

 Распон гредног дела моста: $L_{PG} := 27.6 \text{ m}$

 Распон попречног носача: $L_e := 10.55 \text{ m}$

 Растојање попречних носача: $a := 1.725 \cdot \text{m}$
1.2. Примењени стандарди
EN 1990: Еврокод: Основе пројектовања конструкција - АНЕКС 2

EN 1991-1-1: Еврокод 1: Дејства на конструкције. Део 1-1: Општа дејства - Запреминска тежина, сопствена тежина, корисна оптерећења за зграде - Национални прилог

EN 1991-1-4: Еврокод 1: Дејства на конст.: Део 1-4: Општа дејства - Дејство ветра

EN 1991-1-5: Еврокод 1: Дејства на конст.: Део 1-5: Општа дејства - Топлотна дејства

EN 1991-1-6: Еврокод 1: Дејства на конст.: Део 1-6: Општа дејства - Дејства током извођења

EN 1991-2: Еврокод 1: Дејства на конст.: Део 2: Саобраћајно оптерећење на мостовима

EN 1993-1-1: Еврокод 3: Пројектовање челичних конструкција: Део 1-1: Општа правила за зграде

EN 1993-1-5: Еврокод 3: Пројектовање челичних конструкција: Део 1-5: Пуни лимени елементи

EN 1993-1-9: Еврокод 3: Пројектовање челичних конструкција: Део 1-9: Замор.

EN 1993-2: Еврокод 3: Пројектовање челичних конструкција: Део 2: Челични мостови

EN 1994-1-1: Еврокод 4: Пројектовање спрегнутих конструкција од челика и бетона
Део 1-1: Општа правила и правила за зграде.

EN 1994-2: Еврокод 4: Пројектовање спрегнутих конструкција од челика и бетона.
Део 2: Општа правила и правила за мостове

1.3. Карактеристике материјала и фактори сигурности
Конструктивни челик:

 Попречни носач: $\gamma_{M0} := 1.0$ $\gamma_{M1} := 1.1$ $\gamma_{M2} := 1.25$
S 355 $f_{y355} := 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $f_u := 360 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$ $f_{yd} := 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $E := 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ N} \div \text{mm}^2}{f_y}} \quad \varepsilon = 0.814 \quad \lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \lambda_1 = 76.409$$

Главни носач

$$S\ 355 \quad f_{y355} := 355 \frac{N}{mm^2} \quad f_u := 360 \frac{N}{mm^2} \quad f_{yd.355} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad f_{yd.355} = 355 MPa \quad E := 210000 \frac{N}{mm^2}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235N \div mm^2}{f_{y355}}} \quad \varepsilon = 0.814 \quad \lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y.355}}} \quad \lambda_1 = 76.409$$

$$f_{yS355.40mm} := 33.5 \cdot \frac{kN}{cm^2} \quad f_{u0.40mm} := 49.0 \frac{kN}{cm^2} \quad \varepsilon_{40mm} := \sqrt{\frac{235N \div mm^2}{f_{yS355.40mm}}} \quad \varepsilon_{40mm} = 0.838$$

$$\lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y355}}} \quad \lambda_1 = 76.409$$

$$\lambda_{1.40mm} := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{yS355.40mm}}} \quad \lambda_{1.40mm} = 78.657$$

Арматура

$\gamma_s := 1.15$

 Горe $\phi 16/150$

 Доле $\phi 16/150$

$$S500 \quad f_{y.s} := 500 \frac{N}{mm^2} \quad f_{sd} := \frac{f_{y.s}}{\gamma_s} \quad f_{sd} = 434.783 \frac{N}{mm^2} \quad E_s := 200000 \frac{N}{mm^2}$$

Бетон:

C35/45

$\gamma_c := 1.5$

$$f_{ck} := 35 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad f_{cd} := \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{cd} = 23.333 \frac{N}{mm^2} \quad f_{cm} := 43 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad f_{ctm} := 3.2 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad E_{cm} := 34000 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Завртњи

$$\text{Челик: } S275 \quad f_{y275} := 275 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad f_u := 430 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Сигурносни/парцијални фактори

$$\gamma_G := 1.35 \quad \gamma_j := 1.45 \quad \gamma_{M0} := 1.0 \quad \gamma_{M1} := 1.10 \quad \gamma_c = 1.5 \quad \gamma_{M2} := 1.25 \quad \gamma_v := 1.25$$

1.4. Оптерећења

1.4.1. Стално оптерећење

- Сопствена тежина разматраног елемента

- Застор (нпр. гранит, гнајс)

- Бетонска плоча (30 cm)

- Прагови 2,8 kN

$$\text{Дужина прагова } L_{\text{праг}} := 2.8m$$

- Шина + опрема 2,0 kN/m

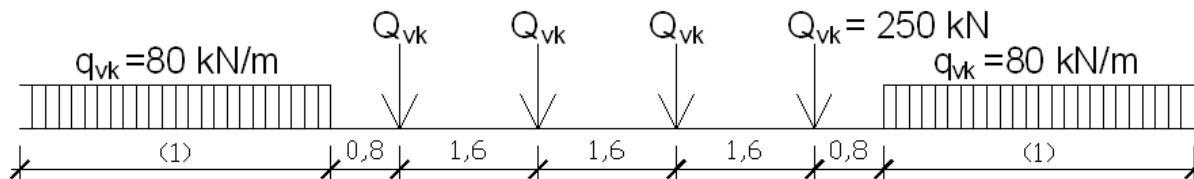
- Разно 1,0 kN/m

- Службене стазе 1,5 kN/m

1.4.2 Саобраћајно оптерећење

1.4.2.1. Тип возила за ГСН, замор

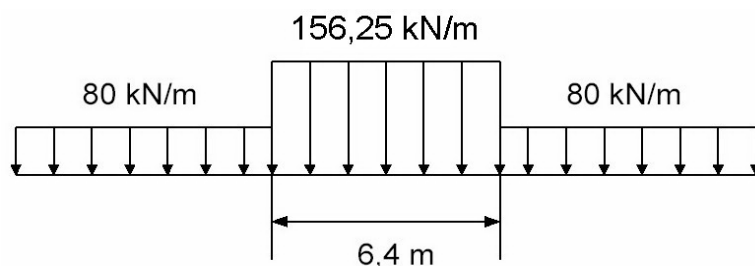
$$q_{vk} := 80 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad Q_{vk} := 250 \text{ kN} \quad (\text{тежина осовине возила})$$



(1) Није ограничено

Извор: EN1991-2. Замор 6.1

Модел оптерећења 71



Модел оптерећења 71 поједностављено

$$\frac{250 \text{ kN}}{1.6 \text{ m}} = 156.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Парцијални фактори:

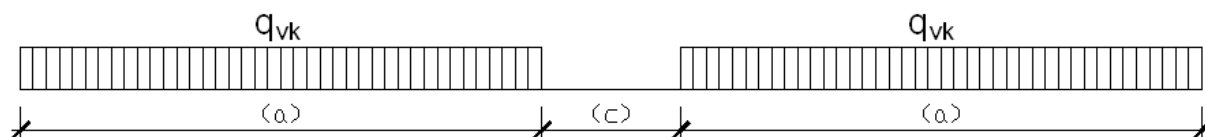
$$\gamma_{LM71} := 1.45 \quad (\gamma_{SW2} := 1.20)$$

$$\gamma_{SW0} := 1.45$$

$$q_{\text{вoз}71} := 156.25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{a}{L_{\text{пpаг}}} \quad q_{\text{вoз}71} = 96.261 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{LM71.Ed} := \gamma_{LM71} \cdot \alpha \cdot q_{\text{вoз}71} \quad q_{LM71.Ed} = 139.579 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

SW0 и SW2 - Извор EN 1991-2. Ставка 6.2 и табела 6.1.



Модел оптерећења SW0 и SW2

Модел опт.	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

$$q_{\text{вoз}} := 133 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{a}{L_{\text{пpаг}}} \quad q_{\text{вoз}} = 81.938 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad q_{SW0.Ed} := \gamma_{SW0} \cdot \alpha \cdot q_{\text{вoз}} \quad q_{SW0.Ed} = 118.809 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

1.4.2.2. Фактор амплификације

$$\alpha = 1.21$$

1.4.2.3. Динамички фактор за попречни носач

 Одређене дужине L_{Φ}

Конструктивни елемент	Одређене дужине L_{Φ}
Плоча (оба правца)	растојање попречних носача (3 пута)
Попречни носачи	Двострука дужина попречног носача
Крај попречног носача	3,6 m ^{a)}
Прости главни носачи	Распон у правцу главног носача

^{a)} Препоручује се применити Φ_3

Извор: EN 1991-2:2003. Табела 6.

$$L_e = 10.55 \text{ m} \quad L_{\Phi} := 2 \cdot L_e \quad L_{\Phi} = 21.1 \text{ m}$$

$$\Phi_3 := \frac{2.16}{\sqrt{\frac{L_{\Phi}}{\text{m}} - 0.2}} + 0.73 \quad \Phi_3 = 1.222 \quad \Phi := \Phi_3$$

 Φ_3 за траку са стандардним одржавањем. Извор: EN1991-2. 6.4.5.2

 Услов_је := ако ($1 < \Phi_3 \leq 2.0$, "Задовољено!", "Није задовољено!") Услов_је = "Задовољен!"

$$q_{\text{ВозLM71.Ed}} := \alpha \cdot \Phi \cdot q_{\text{LM71.Ed}} \quad q_{\text{ВозLM71.Ed}} = 170.515 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_{\text{Воз.Ed}} := \alpha \cdot \Phi \cdot q_{\text{SW0.Ed}} \quad q_{\text{Воз.Ed}} = 145.142 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

1.4.2.4. Хоризонталне силе услед дејства саобраћаја
Сила бочног удара

 Карактеристичну вредност силе бочног удара је потребно усвојити као $Q_{sk} = 100 \text{ kN}$, на ГИШ-у, управно на осу колосека. Применити на оба колосека.

Дејства услед покретања и кочења

EN 1991-2, 6.5.2, Једначина 6.20, 6.21, 6.22.

$$L := 82.8 \text{ m} \quad L_{\text{SW0}} := 30 \text{ m} \quad L_{\text{SW2}} := 50 \text{ m}$$

$$F_{\text{покр.LM71}} := \begin{cases} 33 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L & \text{if } 33 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L \leq 1000 \text{ kN} \\ 1000 \text{ kN} & \end{cases} \quad F_{\text{трење.LM71}} = 1000 \text{ kN}$$

$$F_{\text{покр.SW0}} := \begin{cases} 33 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L_{\text{SW0}} & \text{if } 33 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L_{\text{SW0}} \leq 1000 \text{ kN} \\ 1000 \text{ kN} & \end{cases} \quad F_{\text{трење.SW0}} = 990 \text{ kN}$$

$$F_{\text{покр.SW2}} := \begin{cases} 33 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L_{\text{SW2}} & \text{if } 33 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L_{\text{SW2}} \leq 1000 \text{ kN} \\ 1000 \text{ kN} & \end{cases} \quad F_{\text{трење.SW2}} = 1000 \text{ kN}$$

$$F_{\text{кочење.LM71}} := \begin{cases} 20 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L & \text{if } 20 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L \leq 6000 \text{kN} \\ 6000 \text{kN} & \end{cases} \quad F_{\text{кочење.LM71}} = 1656 \text{kN}$$

$$F_{\text{кочење.SW0}} := \begin{cases} 20 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L_{\text{SW0}} & \text{if } 20 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L_{\text{SW0}} \leq 6000 \text{kN} \\ 6000 \text{kN} & \end{cases} \quad F_{\text{кочење.SW0}} = 600 \text{kN}$$

$$F_{\text{кочење_SW2}} := \begin{cases} 35 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L_{\text{SW2}} & \text{if } 35 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L_{\text{SW2}} \leq 6000 \text{kN} \\ 6000 \text{kN} & \end{cases} \quad F_{\text{кочење_SW2}} = 1750 \text{kN}$$

1.4.2.5. Дејства на службеним стазама

"Пешачка, бицикличка и генерална оптерећења потребно је представити са једнакорасподељеним оптерећењем $q_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$. За прорачун локалних елемената узети у обзир једно концентрисано оптерећење $Q_k = 2,0 \text{ kN}$ на квадратној површини са страницом од 200 mm ." (EN 1991-2, 6.3.7.)

1.4.3. Дејство ветра

$$\gamma_{\text{wind}} := 1.5$$

Укупна висина моста: $d_{\text{tot}} := 10.3 \cdot \text{m}$ Укупна ширина моста: $b := 13.0 \text{ m}$

$$v_{b.0} := 28 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad c_{\text{dir}} := 1.0 \quad c_{\text{season}} := 1.0 \quad \rho_{\text{air}} := 1.25 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad z_e := 18 \text{ m}$$

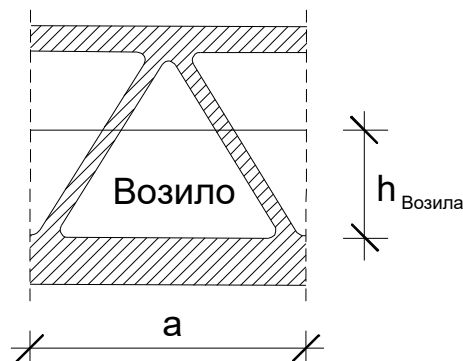
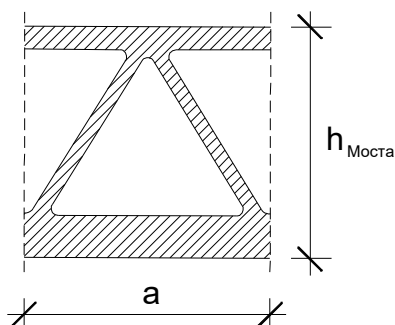
$$v_b := c_{\text{dir}} \cdot c_{\text{сезона}} \cdot v_{b.0} \quad v_b = 28 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Препоручене вредности фактора силе 'C' за мостове

b/d_{tot}	$z_e \leq 20 \text{ m}$	$z_e = 50 \text{ m}$
$\leq 0,5$	6,70	8,30
$\geq 4,0$	3,60	4,50

$$\text{Однос} := \frac{b}{d_{\text{tot}}} \quad \text{Однос} = 1.262 \quad C := \text{interp}\left(\left(0.5 \ 4.0\right)^T, \left(6.70 \ 3.60\right)^T, \text{однос}\right) \quad C = 6.025$$

$$w_k := \frac{1}{2} \cdot \rho_{\text{air}} \cdot v_b^2 \cdot C \quad w_k = 2.952 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$



Неоптерећен мост

$$h_{\text{МОСТ}} = 10.3 \text{ m}$$

$$A_{\text{МОСТ}} = 77.604 \text{ m}^2$$

$$\text{Wind}_{\text{МОСТ}} := \frac{A_{\text{МОСТ}}}{L \div 6} \cdot w_k$$

$$\text{Wind}_{\text{МОСТ}} = 16.602 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Возило на мосту

$$h_{\text{ВОЗИЛО}} := 4.0 \text{ m}$$

$$A_{\text{ВОЗИЛО}} := \frac{L}{6} \cdot h_{\text{ВОЗИЛО}} \quad A_{\text{ВОЗИЛО}} = 55.2 \text{ m}^2$$

$$\text{Wind}_{\text{ВОЗИЛО}} := \frac{A_{\text{ВОЗИЛО}}}{L \div 6} \cdot w_k$$

$$\text{Wind}_{\text{ВОЗИЛО}} = 11.809 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Дејство ветра на горњи појас АБ плоче:

$$h := h_{\text{МОСТ}} - 110 \text{ cm} \quad h = 9.2 \text{ m} \quad h_1 := 3.8 \text{ m}$$

$$H_1 := \text{Wind}_{\text{ВОЗИЛО}} + \text{Wind}_{\text{МОСТ}} \cdot \frac{h_1}{h} \quad H_1 = 18.666 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Дејство ветра на спрегове

$$H_2 := \text{Ветар}_{\text{МОСТ}} \cdot \frac{h - h_1}{h} \quad H_2 = 9.745 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

1.4.4. Температурне разлике

$\Delta T = \pm 10^\circ \text{C}$ температурна разлика између АБ плоче и челичног попречног носача је узета у обзир

1.4.5. Скупљање

$$\varepsilon_{\text{Sh}} := 0.00048$$

$$\alpha_T := 0.000012 \cdot \frac{1}{^\circ \text{C}}$$

$$\gamma_{\text{Sh}} := 1.0$$

$$\gamma_{\text{Sh}} := 0$$

Непожељно

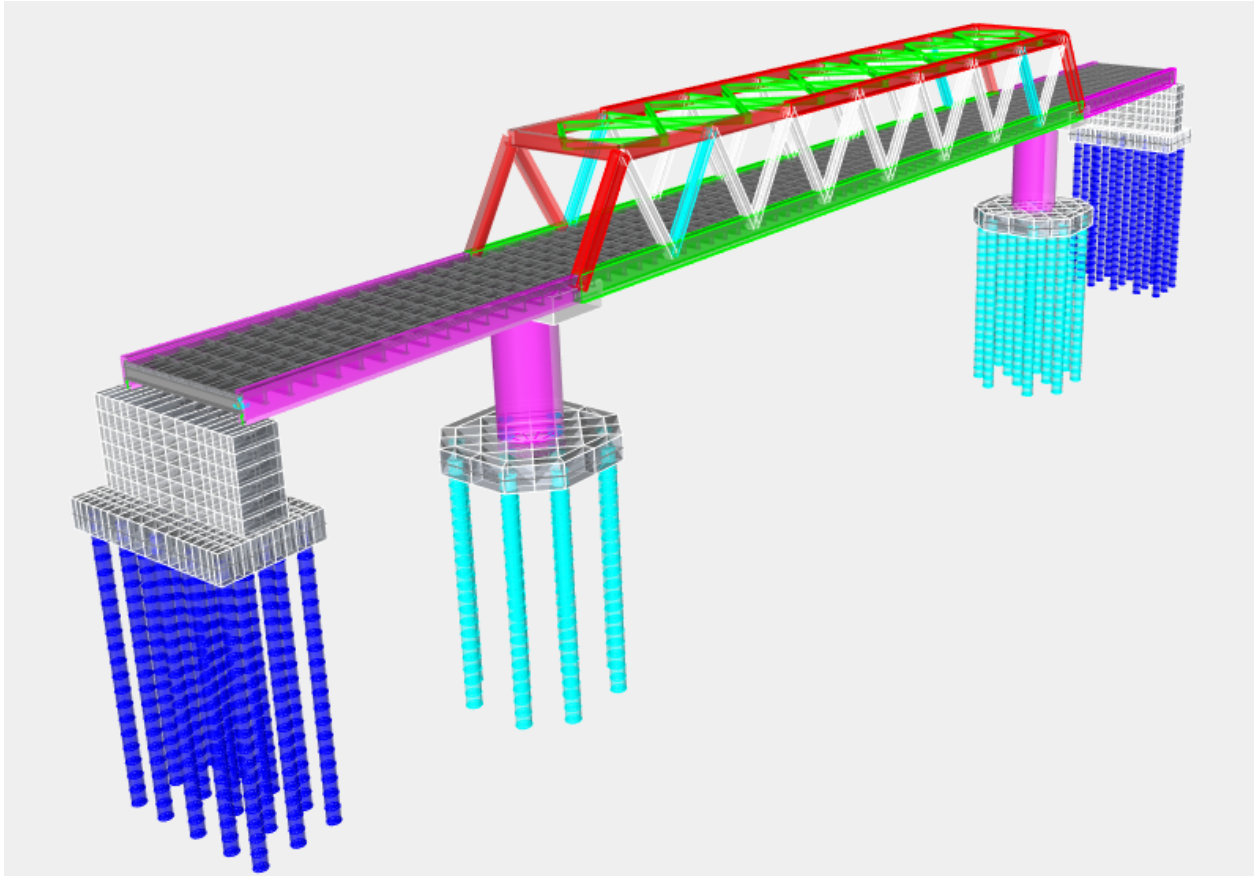
Скупљање је узето у обзир као резултат температурне

$$\Delta T := \frac{\varepsilon_{\text{Sh}}}{\alpha_T} \quad \Delta T = 40^\circ \text{C}$$

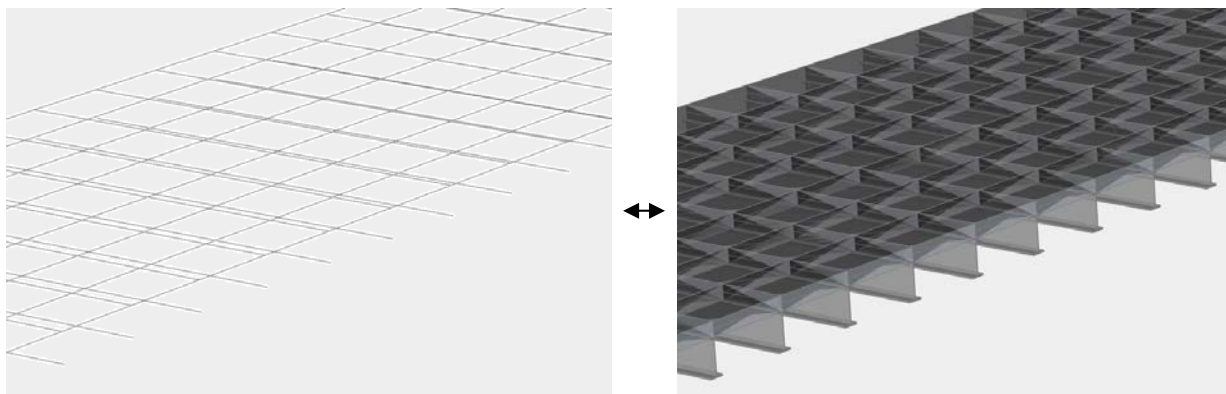
2. Прорачун попречног носача

2.1. Опште

Прорачун попречних носача је извршен из интегралног модела конструкције урађеног у програмском пакету SAP2000:

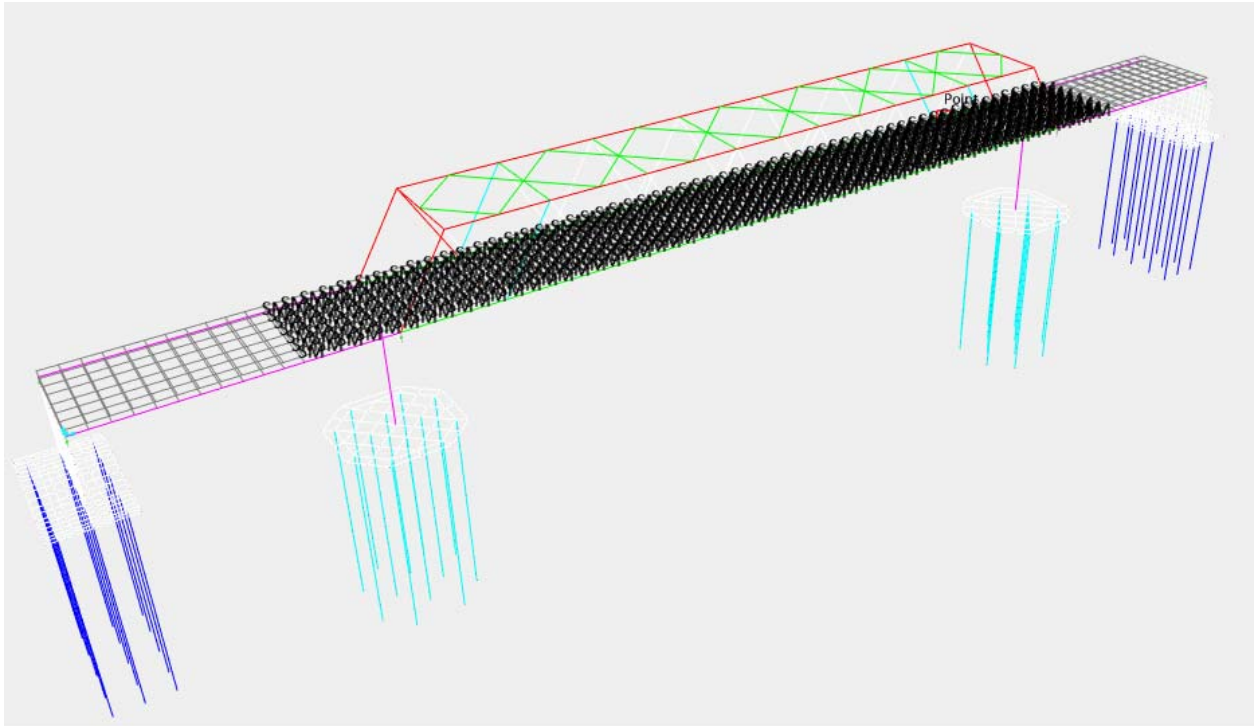


Коловозна плоча је моделирана тако да је бетонска плоча постављена на висини од 600mm изнад тежишта попречних носача, а чворови једног и другог елемента су повезани крутим везама (constrain) које омогућавају да се целокупан систем понаша као спрегнути. Како су конструктивни елементи растављени, статички утицаји се могу прочитати са сваког елемента понаособ, без употребе идеализованог попречног пресека.

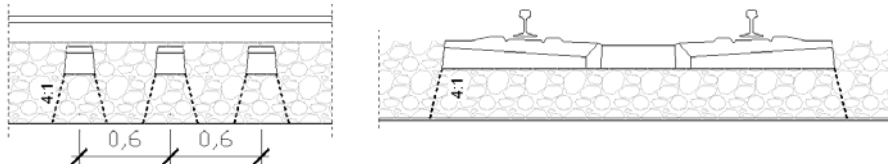


Приликом моделирања коловозне плоче узета је у обзир испуцалост бетонске плоче услед затезања тако што је редукована њена аксијална подужна крутост на 10% у зонама изражених напона затезања.

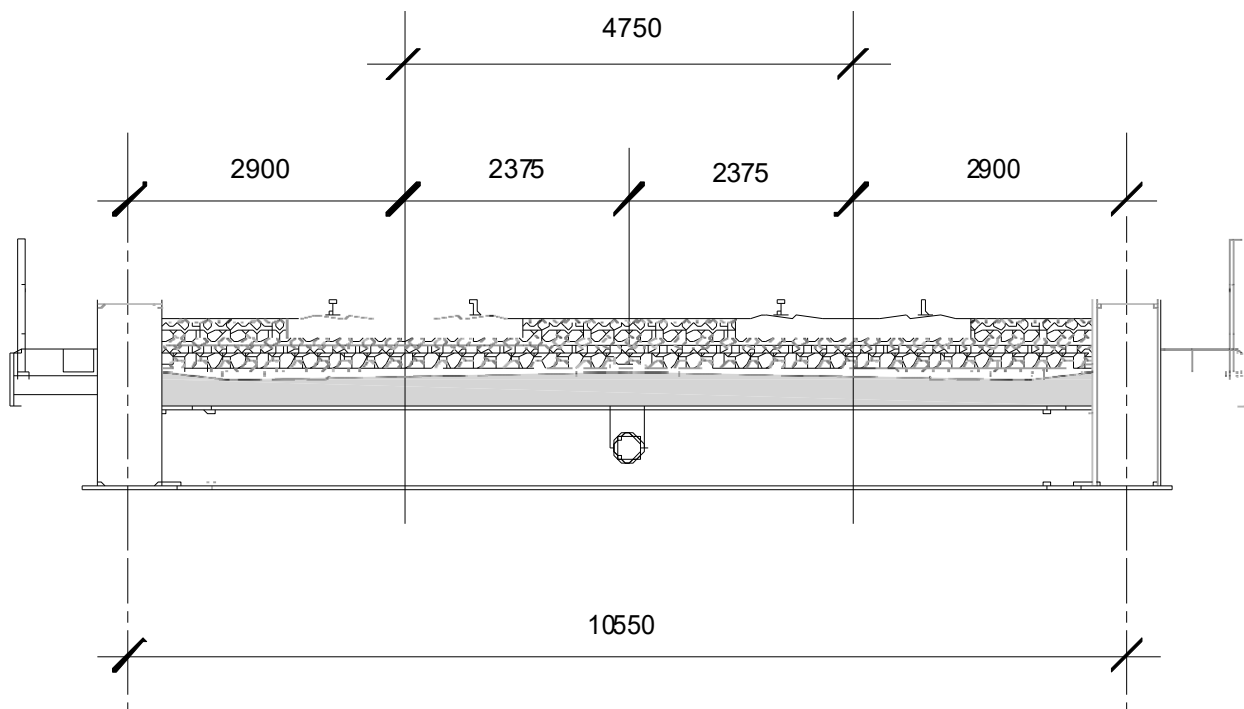
Зоне редуковане подужне крутости:



Расподела саобраћајног оптерећења (4:1)



Расподела оптерећења (4:1)

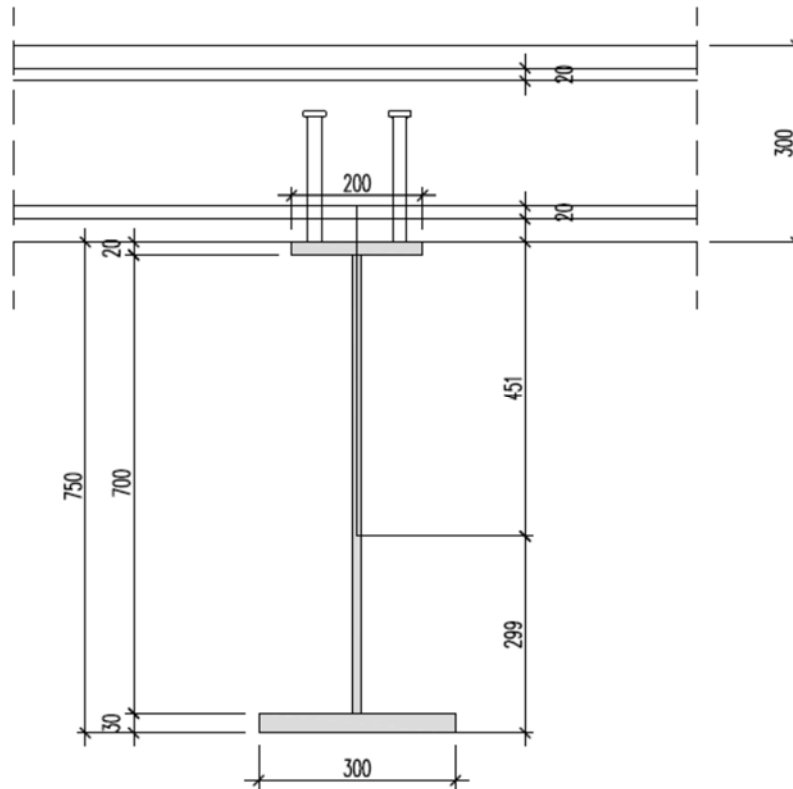


Растојање између поп. носача: $a := 1725\text{mm}$ $L_e = 10150\text{mm}$ за поп. носач

$L_e = 10.55\text{m}$

Попречни пресек

Усвојени пресек попречног носача:



Section Name

Section Notes [Modify/Show Notes...](#)

Display Color

Dimensions

Outside height (t3)	<input type="text" value="750."/>
Top flange width (t2)	<input type="text" value="200."/>
Top flange thickness (tf)	<input type="text" value="20."/>
Web thickness (tw)	<input type="text" value="14."/>
Bottom flange width (t2b)	<input type="text" value="300."/>
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="30."/>

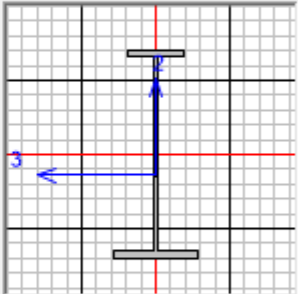
Material

+ S355 v

Property Modifiers

[Set Modifiers...](#)

Section



Properties

[Section Properties...](#)

[Time Dependent Properties...](#)

Геометријске карактеристике:

Section Name		Cross girder	
Properties			
Cross-section (axial) area	228.	Section modulus about 3 axis	4366.8413
Moment of Inertia about 3 axis	196910.07	Section modulus about 2 axis	539.956
Moment of Inertia about 2 axis	8099.34	Plastic modulus about 3 axis	5993.5714
Product of Inertia about 2-3	0.	Plastic modulus about 2 axis	909.3
Shear area in 2 direction	105.	Radius of Gyration about 3 axis	29.3878
Shear area in 3 direction	108.3333	Radius of Gyration about 2 axis	5.9602
Torsional constant	366.1833	Shear Center Eccentricity (x3)	0.

2.2. Статички утицаји

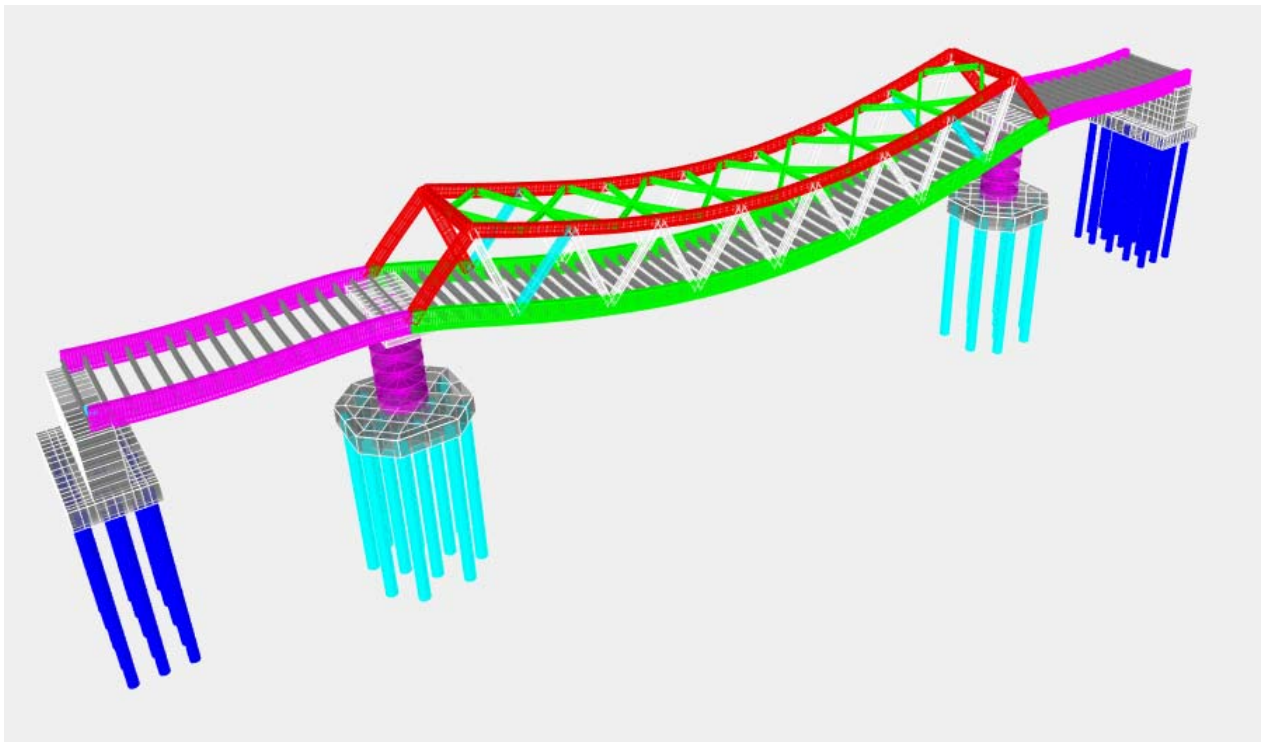
Стално оптерећење

$$\gamma_G := 1.35$$

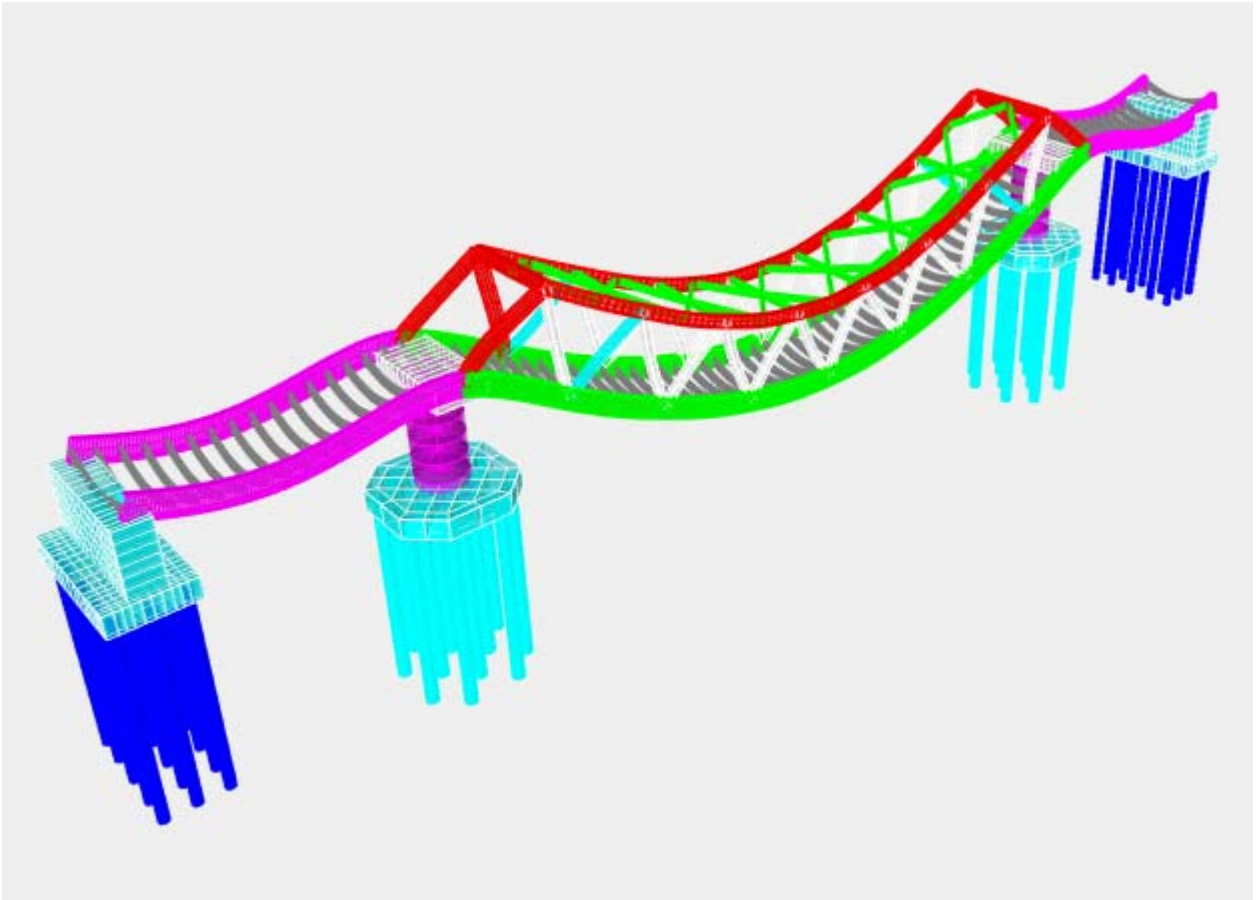
Приликом прорачуна утицаја од сталног оптерећења вођено је рачуна о фазности градње и реолошким својствима бетона.

Тако је наношење сталног оптерећења подељено у следеће фазе:

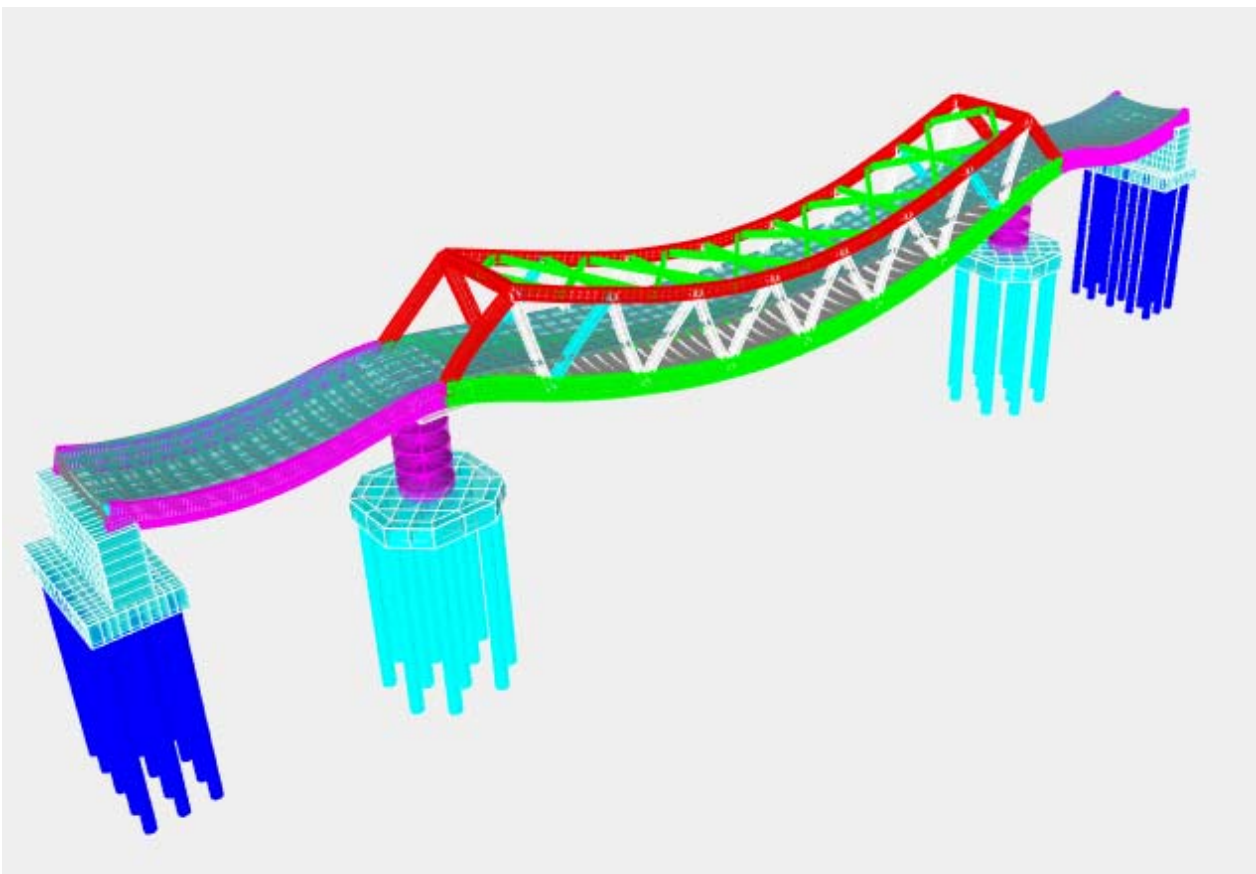
1. Монтирана челична конструкција



2. Бетонска плоча се лије на лицу места, целу тежину прима челична конструкција

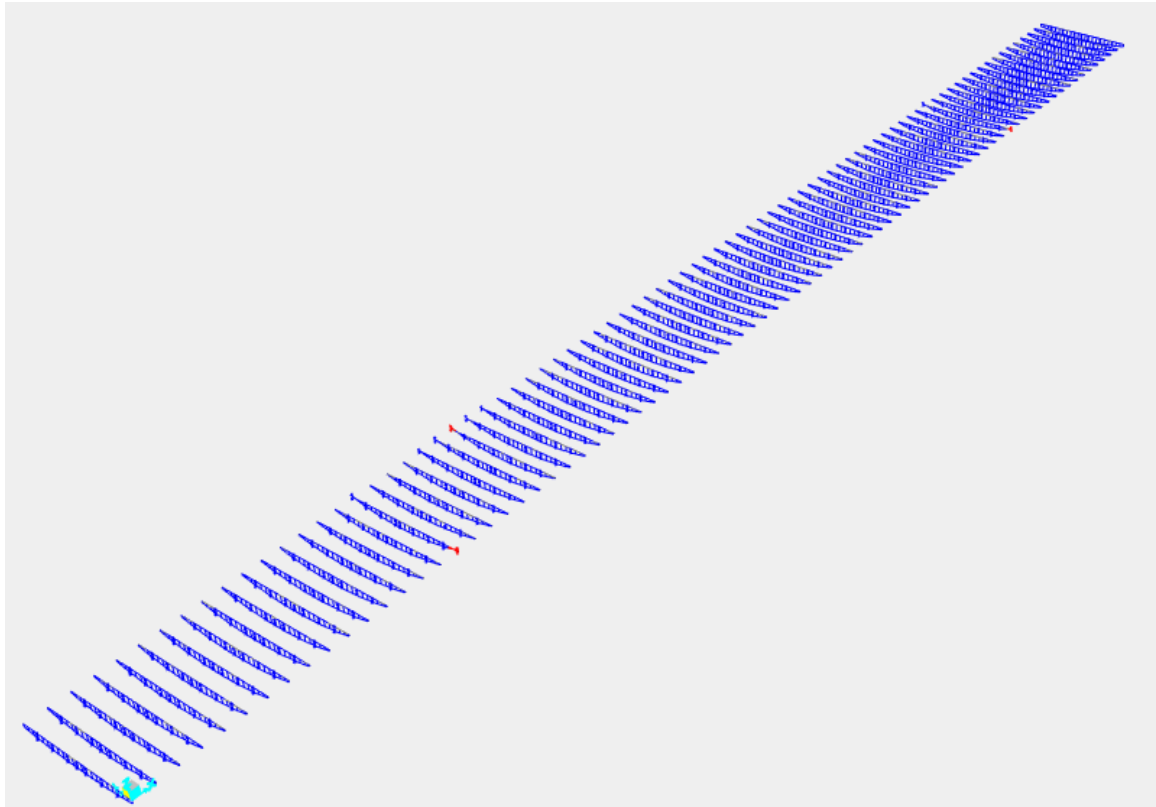


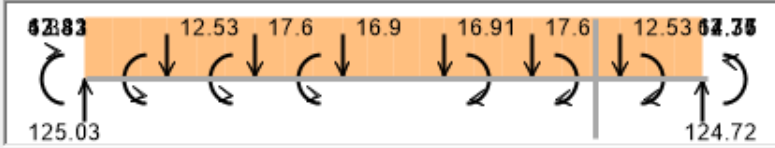
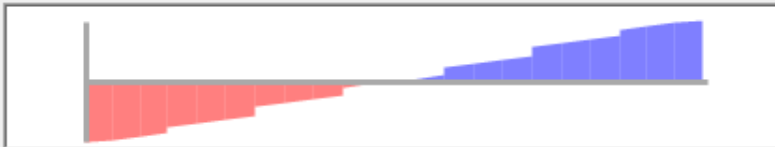
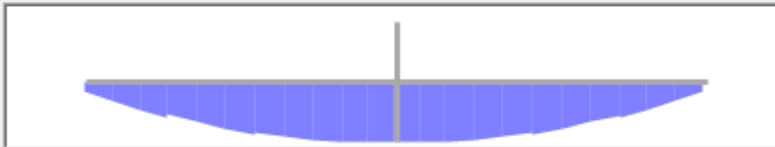
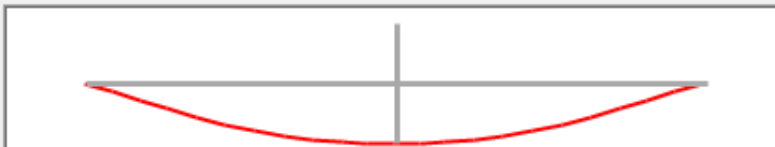
3. Након очвршћавања бетона наносе се остала додатна стала оптерећења (туцаник, колосеци...).
Коначно стање ($t=\infty$)



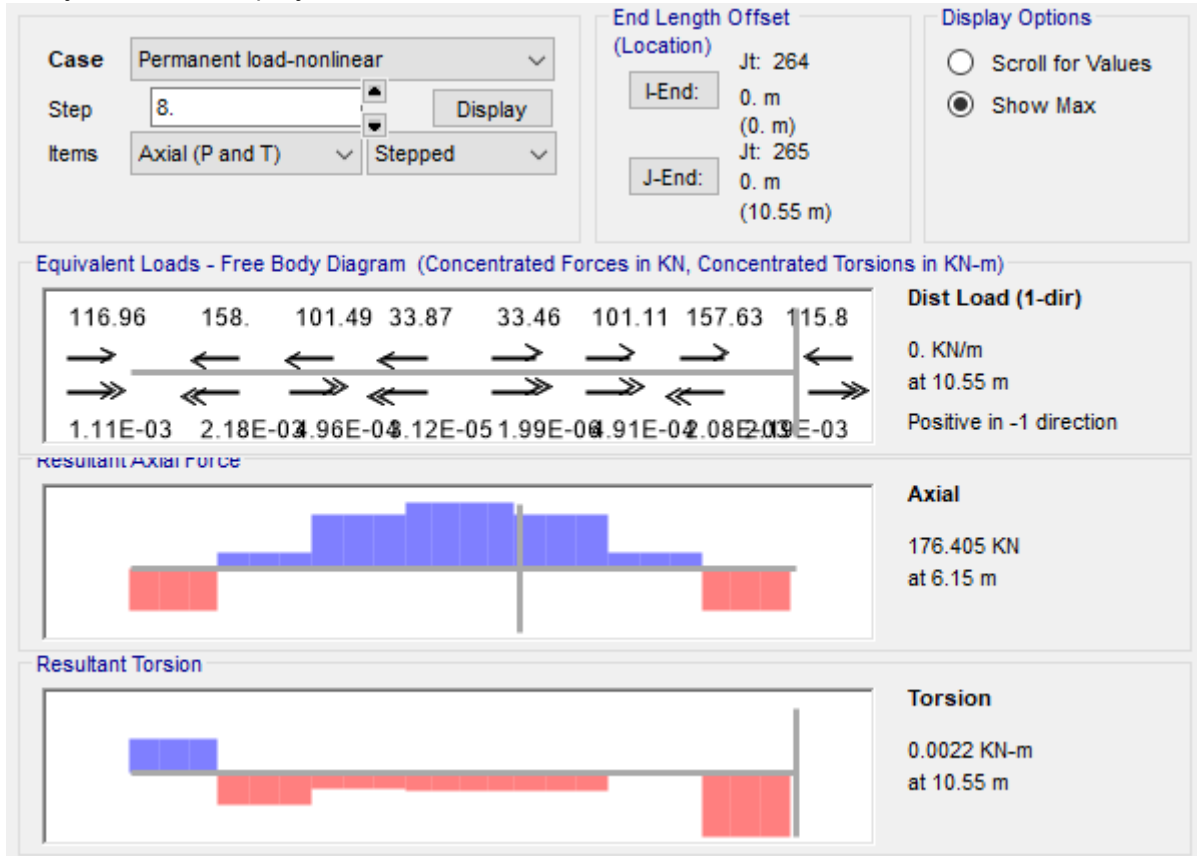
Пресечне силе

Момент савијања M33 и трансверзална сила V22



Case Permanent load-nonlinear Step 8. Display Items Major (V2 and M3) Stepped	End Length Offset (Location) I-End: 0. m (0. m) Jt: 264 J-End: 0. m (10.55 m) Jt: 265	Display Options <input type="radio"/> Scroll for Values <input checked="" type="radio"/> Show Max
Equivalent Loads - Free Body Diagram (Concentrated Forces in KN, Concentrated Moments in KN-m)		
		Dist Load (2-dir) 14.75 KN/m at 8.65 m Positive in -2 direction
Resultant Shear 		Shear V2 -125.026 KN at 0. m
Resultant Moment 		Moment M3 377.8009 KN-m at 5.275 m
Deflections 		Deflection (2-dir) 0.01147 m at 5.275 m Positive in -2 direction
<input type="radio"/> Absolute <input type="radio"/> Relative to Beam Minimum <input checked="" type="radio"/> Relative to Beam Ends		

Аксијалне силе и торзија:

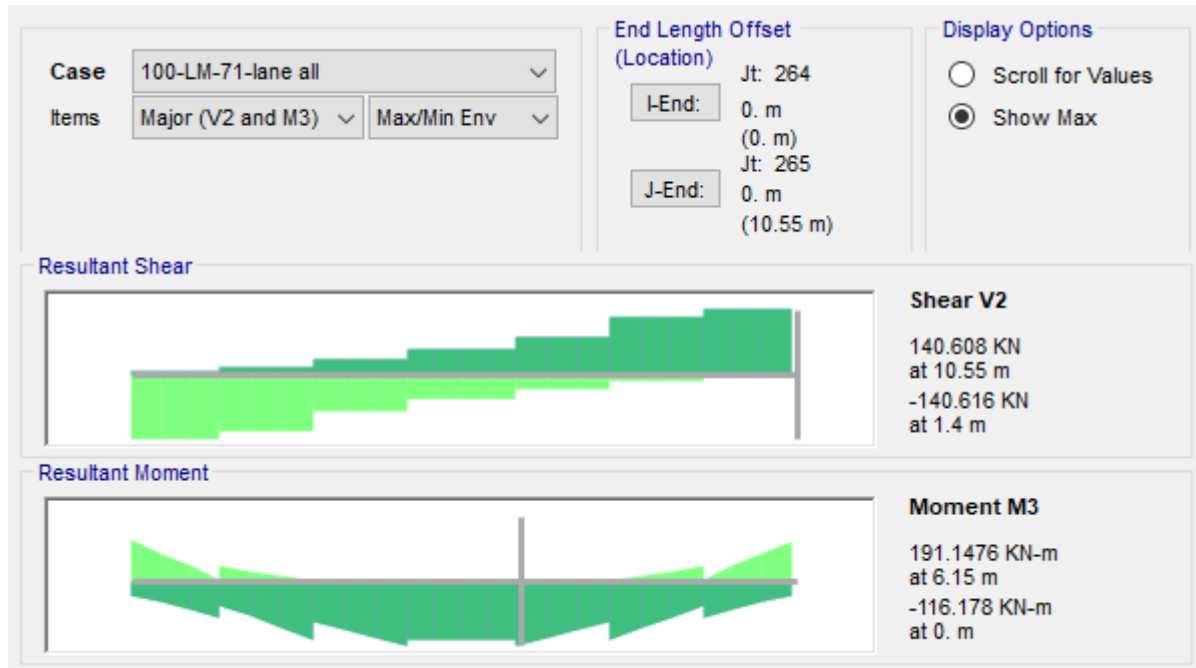


Напони у попречном носачу:

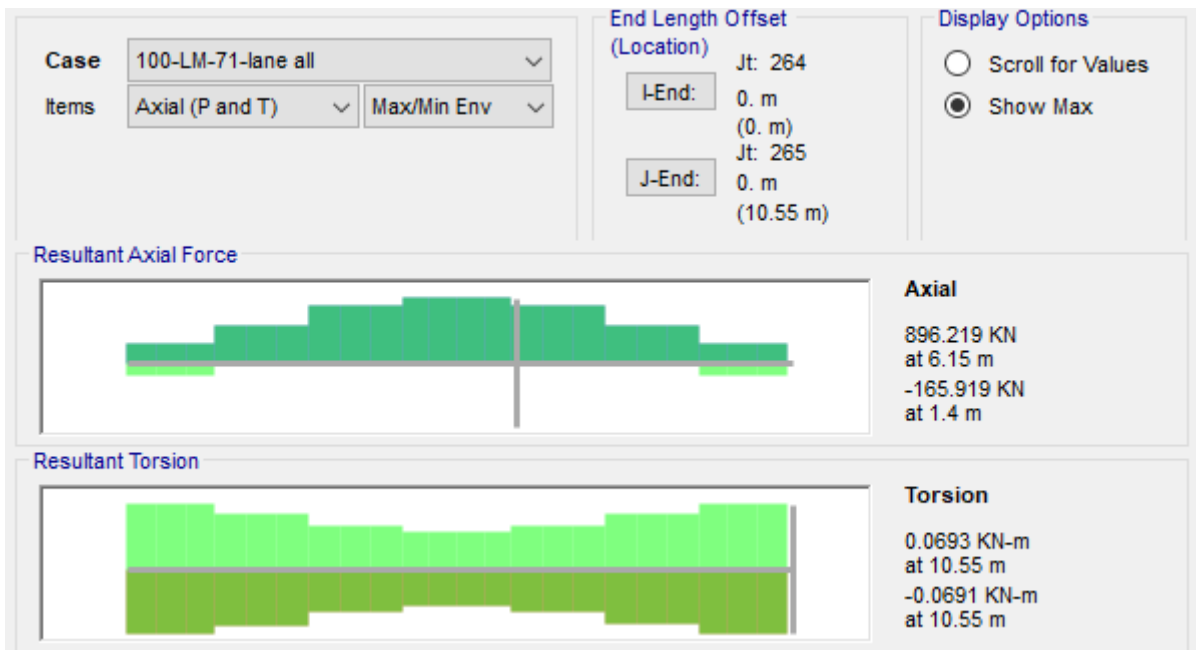


Покретно оптерећење (меродавна је шема LM71)

Момент савијања M33 и трансверзална сила V22



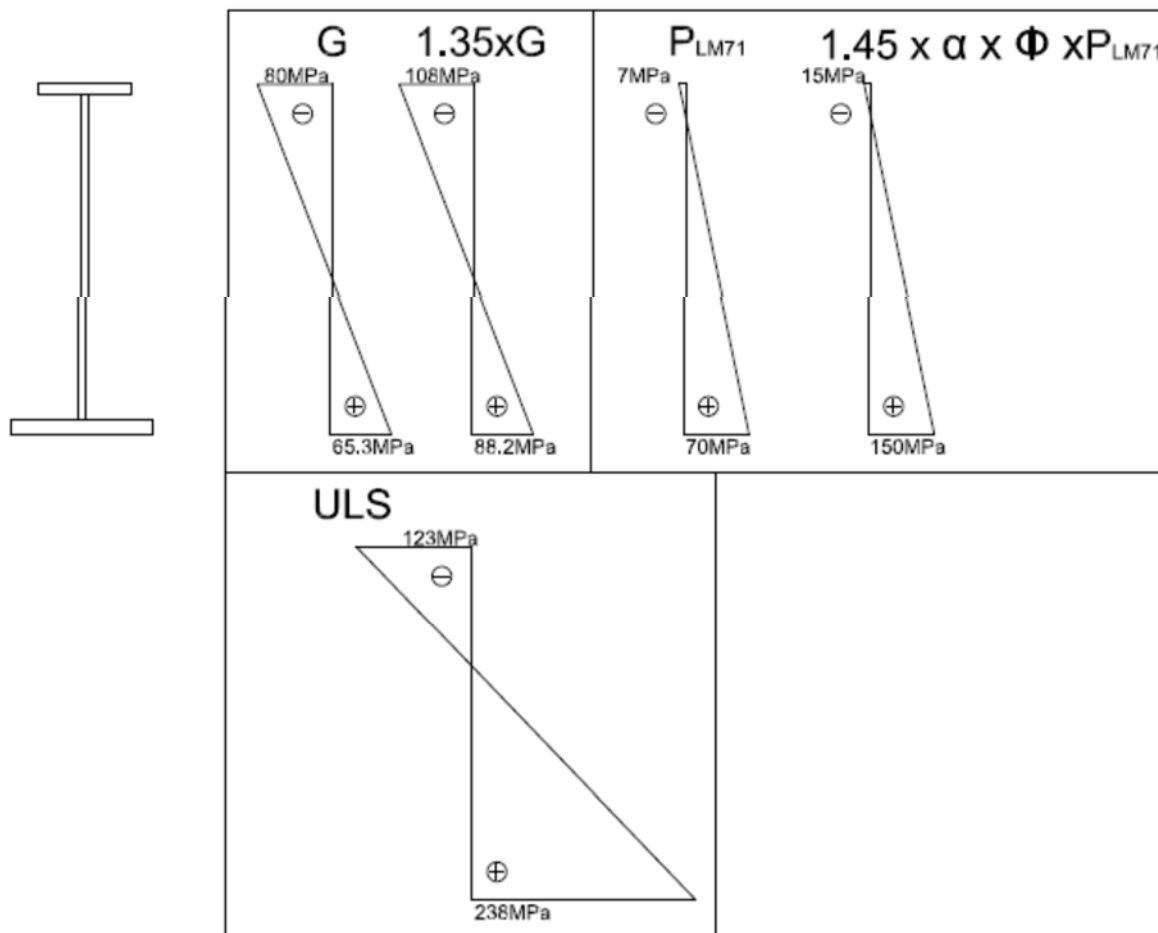
Аксијална сила N и момент торзије T



2.3. Гранична стања носивости (ГСН)

2.3.1. Контрола нормалног напона (стално + покретно оптерећење)

Структура напона у челичном делу попречног носача:



Коментар: Срачуната вредност меродавног напона за Гранична Стања Носивости даје искоришћење од 70% у односу на носивост челичног материјала. Ова резерва је добра полазна основа за даље фазе пројекта где ће носач бити преконтролисан на све комбинације оптерећења, укључујући и инцидентна дејства, што ће засигурно дати нешто већу вредност.

2.3.2. Класификација поп. пресека

Ребро изложено савијању

$$h_w = 700 \text{ mm}$$

$$t_w = 14 \text{ mm}$$

$$\text{Класа_ребра} := \begin{cases} 1 & \text{ако } \frac{c_{\text{ребро}}}{t_w} \leq 72\varepsilon \\ 2 & \text{ако } 72\varepsilon \leq \frac{c_{\text{ребро}}}{t_w} \leq 83\varepsilon \\ 3 & \text{ако } 83\varepsilon \leq \frac{c_{\text{ребро}}}{t_w} \leq 124\varepsilon \\ 4 & \text{друго} \end{cases}$$

$$\text{Класа_ребра} = 1$$

(Извор: EN 1993-1-1: 2005. Табела 5.2)

Горња фланша изложена притиску

$$b_{f1} = 200 \text{ mm}$$

$$t_{f1} = 20 \text{ mm}$$

$$c_{tf} = 100 \text{ mm}$$

$$t_{f1} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Класа_горње_фланше} = 1$$

Класа попречног пресека

$$\text{Класа_попречног_носача} := \max(\text{Класа_ребра}, \text{Класа_горње_фланше}, \text{Класа_доње_фланше})$$

$$\text{Класа_попречног_носача} = 1$$

2.3.3. Смицање

$$V_{Ed,max} = 410 \text{ kN}$$

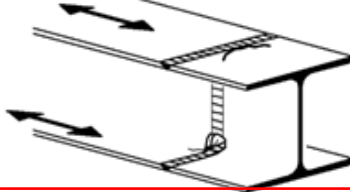
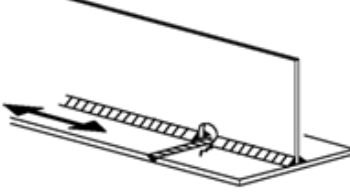
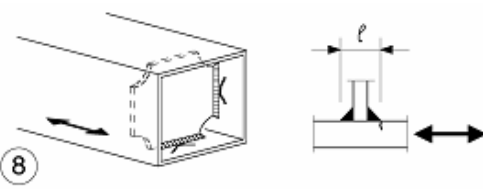
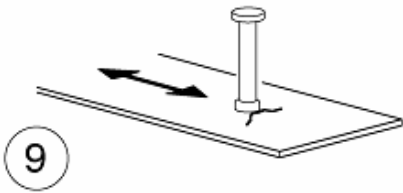
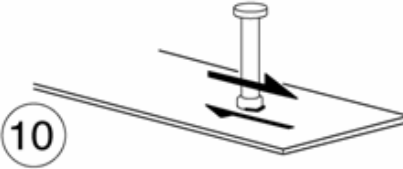
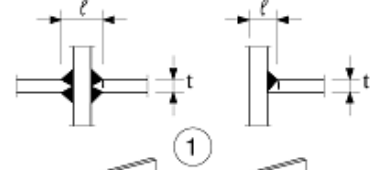

$$S_{x,max} = 3060 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{Rd,max} := \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} > \tau_{Ed,max} := \frac{V_{Ed,max} \cdot S_{x,max}}{I_{pop} \cdot t_w} \quad \tau_{Ed,max} = 45.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Смичући_напон_поп._носача := ако $\tau_{Ed,max} < \tau_{Rd,max}$ "Задовољава!" ; "Не задовољава!")

Смичући_напон_поп._носача = "Задовољава!"

2.4. Замор материјала (Модел оптерећења71, помножени са Φ_2)

Category	Constructional detail		Requirements
	Representation	Description	
80		Full cross-section butt welds of rolled sections with cope holes.	The height of the weld convexity to be not greater than 10% of the weld width, with smooth transition to the plate surface.
71		Longitudinal butt weld, fillet weld or intermittent weld with a cope hole height not greater than 60 mm.	$\Delta\sigma$ based on direct stress in flange.
71	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>50. mm < / ≤80 mm</p> </div> <div>  </div> </div>	8) Diaphragm of box girders welded to the flange or the web. May not be possible for small hollow sections.	$\Delta\sigma$ to be calculated using principal stresses if the stiffener terminates in the web, see left side.
80		The effect of welded shear studs on base material.	
see EN 1994-2 (90 m=8)		Welded stud shear connectors: (10) For composite application	$\Delta\tau$ to be calculated from the nominal cross section of the stud.
80	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>k 50 mm</p> </div> <div style="margin-right: 10px;"> <p>all t [mm]</p> </div> <div>  </div> </div>	Cruciform and Tee joints: 1) Toe failure in full penetration butt welds and all partial penetration joints.	1) Inspected and found free from discontinuities and misalignments outside the tolerances of EN 1090.
71	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>50. mm< / ≤80 mm</p> </div> <div>  </div> </div>		

Source: EN 1993-1-9: 2005 Table 8.1- Table 8.5

Извор: EN 1993-1-9: 2005 Табела 8.1- Табела 8.5.

Фактори λ

L - распон попречног носача

Фактор λ_1 за железнички саобраћај

L [m]	λ_1
0,5	1,60
1,0	1,60
1,5	1,60
2,0	1,46
2,5	1,38
3,0	1,35
3,5	1,17

L [m]	λ_1
4,0	1,07
4,5	1,02
5,0	1,03
6,0	1,03
7,0	0,97
8,0	0,92
9,0	0,88

L [m]	λ_1
10,0	0,85
12,5	0,82
15,0	0,76
17,5	0,70
20,0	0,67
25,0	0,66
30,0	0,65

L [m]	λ_1
35,0	0,64
40,0	0,64
45,0	0,64
50,0	0,63
60,0	0,63
70,0	0,62
80,0	0,61

Фактор λ_2

Саобраћај/год. [10^6 t / трака]	5	10	15	20	25	30	35	40	50
λ_2	0,72	0,83	0,90	0,96	1,00	1,04	1,07	1,10	1,15

Фактор λ_3

Животни век [год.]	50	60	70	80	90	100	120
λ_3	0,87	0,790	0,93	0,96	0,98	1,00	1,04

Factor λ_4

$\Delta \sigma_1 / \Delta \sigma_{1+2}$	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50
λ_4	1,00	0,91	0,84	0,77	0,72	0,71

$\Delta \sigma_1$ је опсег напона у делу провере напона услед модела опт. 71 на траци;
 $\Delta \sigma_1 / \Delta \sigma_{1+2}$ је опсег напона на истом делу услед модела опт. 71 у складу са EN 1991-2 на једној од две траке.

НАПОМЕНА табела је валидна ако је $\Delta \sigma_1$ и $\Delta \sigma_{1+2}$ истог предзнака.

Извор: EN 1993-2. Табела 9.3, Табела 9.5 and Табеа 9.6.

$$L_e = 10.55 \text{ m} \quad L_\Phi = 21.1 \text{ m} \quad \gamma_{Ff} := 1.00 \quad \gamma_{Mf} = 1.35 \quad \sigma_{c,1} = 71 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Phi_2 := \frac{1.44}{\sqrt{\frac{L_\Phi}{\text{m}} - 0.2}} + 0.82 \quad \Phi_2 = 1.148 \quad 1.00 < \Phi_2 < 1.67 \quad \text{OK!}$$

Φ_2 за пажљиво одржавање колосеке. Извор: EN1991-2. 6.4.5.2

Наставак доње фланше попречног носача - "категорија 71"

$$\Delta \sigma_p = 15 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{LM71})$$

$$\lambda_1 = 1.17 \quad (3.45 \text{ m утицајна дужина})$$

$$\lambda_2 := 1.1 \quad (\text{Годишњи саобраћај } 40 \cdot 10^6 \text{ t})$$

$$\lambda_3 := 1.0 \quad (\text{Пројектни век } 100 \text{ година})$$

$$\lambda_4 := 1 \quad (\text{Две траке, приближна вредност})$$

$$\lambda_{\max.1} := \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \quad \lambda_{\max.1} = 1.30$$

$$\text{Утицај} := \lambda \cdot \Phi_2 \gamma_{Ff} \Delta \sigma_{p.1} \quad \text{Утицај} = 22.43 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Отпорност} := \frac{\Delta \sigma_{c.1}}{\gamma_{Mf}} \quad \text{Отпорност} = 53 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Искоршћеност :} \quad \frac{\text{Утицај}}{\text{Отпор}} = 50\%$$

Замор_носача_средина_распона := ако (Утицај < Отпорност , "Задовоља!" , "Не задовољава!")

Замор_носача_средина_распона = "Задовољава!"

2.5. Прорачун можданика
Рачунска отпорност смичиће везе

МОЖДАНИК

$$h_{\text{stud}} := 95 \cdot \text{mm} \quad (\text{Укупна дужина})$$

$$d_{\text{stud}} := 22 \cdot \text{mm} \quad (\text{пречник можданика, макс. 22 mm})$$

$$f_u = 430 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{чврстоћа основног материјала, S275})$$

$$\gamma_v := 1.25 \quad (\text{Фактор сигурности})$$

$$E_{\text{cm}} = 34000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (\text{Модул еластичности бетона})$$

$$P_{\text{Rd.1}} := \frac{0.8 \cdot f_u \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_{\text{заврт.}}^2}{4} \right)}{\gamma_v} \quad P_{\text{Rd.1}} = 104.613 \text{ kN}$$

$$\alpha := \begin{cases} \left[0.2 \cdot \left(\frac{h_{\text{stud.}}}{d_{\text{stud.}}} + 1 \right) \right] & \text{if } 3 \leq \frac{h_{\text{stud.}}}{d_{\text{stud.}}} < 4 \\ 1 & \text{if } \frac{h_{\text{stud.}}}{d_{\text{stud.}}} > 4 \end{cases} \quad \alpha = 1$$

$$P_{\text{Rd.2}} := \frac{0.29 \cdot \alpha \cdot d_{\text{stud.}}^2}{\gamma_v} \cdot \sqrt{f_{\text{ck}} \cdot E_{\text{cm}}} \quad P_{\text{Rd.2}} = 122.492 \text{ kN}$$

$$P_{\text{Rd}} := \min \left(\begin{pmatrix} P_{\text{Rd.1}} \\ P_{\text{Rd.2}} \end{pmatrix} \right) \quad P_{\text{Rd}} = 104.613 \text{ kN}$$

Прорачун трансверзалне силе између тачака максималних момеманта савијања и простог ослонаца (половина распона)
Дужина смицања (Пластичан приступ)

$$N_{\text{cf.1}} := \frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_{\text{M0}}} \quad N_{\text{cf.1}} = 7764.4 \text{ kN} \quad \text{Нормална сила пластичности - челик}$$

$$A_c := b_{\text{eff}} \cdot h_c \quad A_c = 5250 \text{ cm}^2$$

$$N_{\text{cf.2}} := \frac{0.85}{\gamma_c} \cdot A_c \cdot f_{\text{ck}} \quad N_{\text{cf.2}} = 10412.5 \text{ kN} \quad \text{Нормална сила пластичности - АБ плоча}$$

Трансверзална сила:

$$V_L := \min \left(\begin{matrix} N_{cf.1} \\ N_{cf.2} \end{matrix} \right)$$

$$V_L = 7764.4 \text{ kN}$$

$$\frac{L_e}{2 \cdot 0.11 \text{ m}} = 47.955$$

Број можданика:

$$N_{\text{poz.max.V}} := \frac{V_L}{P_{Rd}}$$

$$N_{\text{poz.max.V}} = 74.22 \quad N_{\text{poz.max.applied.V}} := \text{ceil}(N_{\text{poz.max.V}})$$

$$N_{\text{poz.max.applied.V}} = 75$$

Конструктивна правила

$$W_{pl.y} := 8316.6 \cdot \text{cm}^3$$

$$M_{\text{pla.Rd}} := \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$M_{\text{pla.Rd}} = 1954.401 \text{ kNm} \quad \text{Челик}$$

$$M_{\text{pl.Rd}} = 5721.003 \text{ kNm} \quad \text{Спрегнут пресек}$$

Равномерна_расподела_можданика=ако ($M_{\text{pl.Rd}} \leq 2.5 \cdot M_{\text{pla.Rd}}$, "Задовољава!" , "Не задовољава!")

Равномерна_расподела_мождан. = " Не задовољава. Потребна еластична анализа!"

Мин. размак можданика: $5 \cdot d_{\text{заврт.}} = 110 \text{ mm}$

Прорачун трансверзалне силе

Улазни подаци: $V_{\text{Ed.max}} = 686.308 \text{ kN}$ $V_{\text{Ed}} = 330.142 \text{ kN}$ $b_{\text{eff}} = 1.75 \text{ m}$ Статички момент

$$S_{y0} := \frac{A_c}{n_0} \cdot a_{c0}$$

$$S_{y0} = 14924.399 \text{ cm}^3$$

$$S_{yt} := \frac{A_c}{n_t} \cdot a_{c0}$$

$$S_{yt} = 3979.84 \text{ cm}^3$$

Прорачун трансверзалне силе

Ослонац

$$v_{L0} := \frac{S_{y0} \cdot V_{\text{Ed.max}}}{I_{i,0}}$$

$$v_{L0} = 7.933 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

$$v_{Lt} := \frac{S_{y0} \cdot V_{\text{Ed.max}}}{I_{i,t}}$$

$$v_{Lt} = 12.235 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

Поп. пресек

$$v_{L0t} := \frac{S_{y0} \cdot V_{\text{Ed.Track}}}{I_{i,0}}$$

$$v_{L0t} = 3.816 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

$$v_{Ltt} := \frac{S_{y0} \cdot V_{\text{Ed.Track}}}{I_{i,t}}$$

$$v_{Ltt} = 5.886 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$$

Трансверзална сила услед промене температуре :

$$\alpha_T := 0.000012 \cdot \frac{1}{\text{K}} \quad \Delta T := 10 \cdot \text{K} \quad \varepsilon_{\text{temp}} := \alpha_T \cdot \Delta T \quad \varepsilon_{\text{temp}} = 0.00012$$

$$V_{\text{L.Ed.Темп.}} := \varepsilon_{\text{temp}} \cdot E_{\text{cm}} \cdot A_c \cdot \frac{a_{\text{c0}}}{a} \cdot \frac{I_a + \frac{I_c}{n_0}}{I_{i,0}} \quad V_{\text{L.Ed.Темп.}} = 59.08 \text{ kN}$$

Правоугаони облик Т силе услед температурне промене (EN 1994-2, израз: 6.6.2.4)

$$v_{\text{L.Ed.Темп.}} := \frac{V_{\text{L.Ed.Темп.}}}{b_{\text{eff}}} \quad v_{\text{L.Ed.Темп.}} = 0.338 \frac{\text{kN}}{\text{cm}} \quad (\text{Занемарљиво})$$

Трансверзална сила услед скупљања греде :

$$\varepsilon_{\text{sh}} := 0.0004$$

$$V_{\text{L.Ed.Sh}} := \varepsilon_{\text{sh}} \cdot E_{\text{cm}} \cdot A_c \cdot \frac{a_{\text{ct}}}{a} \cdot \frac{I_a + \frac{I_c}{n_0}}{I_{i,0}} \quad V_{\text{L.Ed.Sh}} = 417.26 \text{ kN}$$

Правоугаони облик Т силе услед температурне промене (EN 1994-2, израз 6.6.2.4)

$$v_{\text{L.Ed.Sh}} := \frac{V_{\text{L.Ed.Sh}}}{b_{\text{eff}}} \quad v_{\text{L.Ed.Sh}} = 2.384 \frac{\text{kN}}{\text{cm}} \quad \text{Супротан смер. Занемарљиво.}$$

Распоред можданика лево од ослонца

$$n_1 := 2 \quad e_{L1} := 150 \text{ mm} \quad v_{\text{Rd1}} := \frac{n_1 \cdot P_{\text{Rd}}}{e_{L1}} \quad v_{\text{Rd1}} = 13.948 \frac{\text{kN}}{\text{cm}} \quad 10 \cdot e_{L1} = 1500 \text{ mm}$$

$$n_2 := 2 \quad e_{L2} := 200 \text{ mm} \quad v_{\text{Rd2}} := \frac{n_2 \cdot P_{\text{Rd}}}{e_{L2}} \quad v_{\text{Rd2}} = 10.461 \frac{\text{kN}}{\text{cm}} \quad 10 \cdot e_{L2} = 2000 \text{ mm}$$

$$n_3 := 2 \quad e_{L3} := 300 \text{ mm} \quad v_{\text{Rd3}} := \frac{n_3 \cdot P_{\text{Rd}}}{e_{L3}} \quad v_{\text{Rd3}} = 6.974 \frac{\text{kN}}{\text{cm}} \quad 8 \cdot e_{L3} = 2400 \text{ mm}$$

20 ком

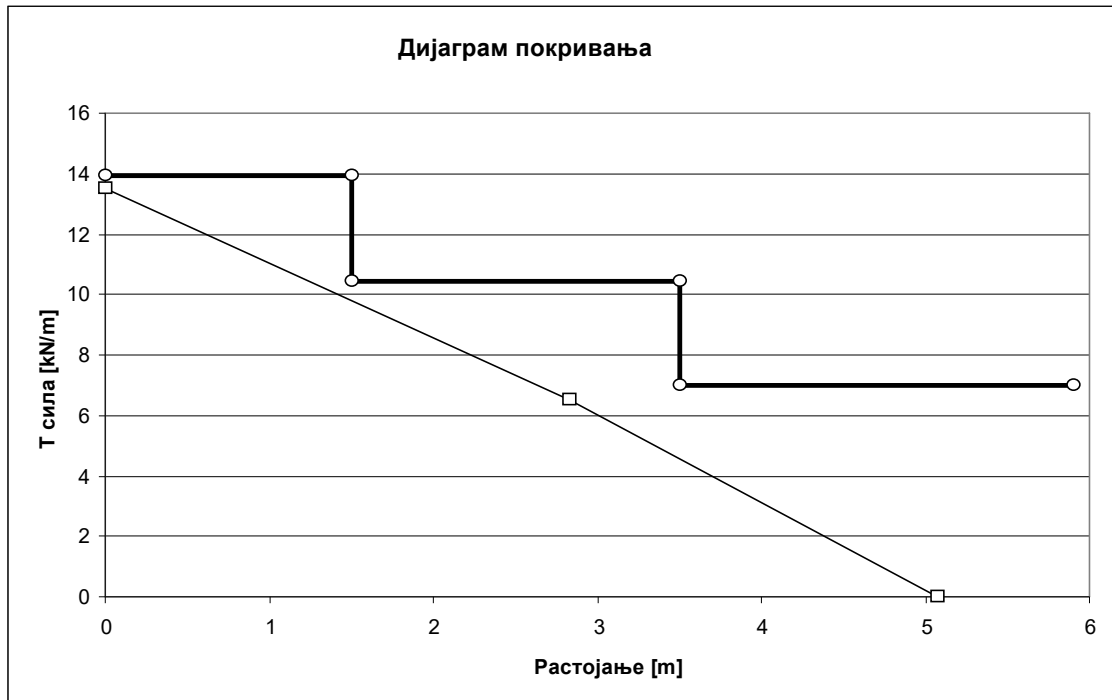
20 ком

16 ком

10 * 2 ком $\phi 22/150$ mm

10 * 2 ком $\phi 22/200$ mm

8 * 2 ком $\phi 22/300$ mm



Еластичан метода:

Σ Заврт. := 56 / половина распона (Утицај попречне греде)

Завртњи, еластична приступ

$N_{\text{roz.max. примењено. V}} = 75$ / половина распона

Применити 90 (3*30) комада мoжданика за половину распона. Повећан број завртља узима у обзир утицај деформације (подизање) АБ бетонске плоче. Минималан размак је 110 mm.

3.0. Прорачун АБ плоче

3.1. Улазни подаци

Парцијални фактори:

$$\gamma_c := 1.50 \quad \gamma_s := 1.15$$

Узимајући у обзир време трајања оптерећења, смањујемо вредност затезне чврстоће бетона као и чврстоћу бетона на притисак.

$$\alpha_{cc} := 0.85 \quad \alpha_{ct} := 1.00$$

Арматура (EN 10080)

$$\gamma_s := 1.15$$

B500B(B60.50)

Карактеристична затезна чврстоћа арматуре:

$$f_{s.tk} = 600 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Карактеристична вредност границе развлачења:

$$f_{s.yk} = 500 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Рачунска вредност границе развлачења:

$$f_{s.yd} = 435 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Рачунска вредност модула еластичности челика:

$$E_s = 200 \cdot \frac{kN}{mm^2}$$

Карактеристична вредност дилатације арматуре при макс оптерећењу:

$$\epsilon_{s.uk} = 18.0\%$$



Бетон - АБ плоча (EN 1992 и EN 206)

C35/45

Секантни модул еластичност:

$$E_{cm} = 34.1 \cdot \frac{kN}{mm^2}$$

Ефективни модул еластичности:

$$E_{c,eff} = 13.3 \cdot \frac{kN}{mm^2}$$

Mean value of axial tensile strength of concrete

$$f_{ctm} = 3.2 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Средња вредност чврстоће бет.на притисак:

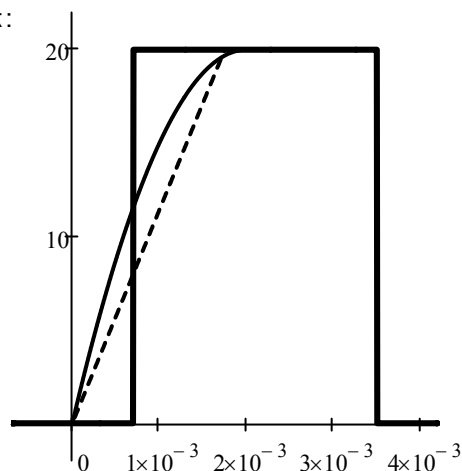
$$f_{cm} = 43.00 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Каракт. чврстоћа на притисак након 28 ана:

$$f_{ck} = 35.0 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Рачунска вредност чврстоће на притисак:

$$f_{cd} = 19.8 \cdot \frac{N}{mm^2}$$



Рачунска вредност аксијалног напрезања:

Фактор пропорцијалности бетона за правоугаони облик расподеле напона:

$$c = 0.80$$

$$f_{ctd} = 1.5 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Геометријски подаци АБ плоче:

$$h := 30\text{cm}$$

$$b := 1.00\text{m}$$

Арматура:

$$\phi_{s,b} := 16\text{mm}$$

$$t_{s,b} := 15\text{cm}$$

$$c_{s,b} := 35\text{mm}$$

$$\phi_{s,t} := 16\text{mm}$$

$$t_{s,t} := 15\text{cm}$$

$$c_{s,t} := 35\text{mm}$$

$$A_{s,\text{доле}} := \frac{1}{4} \cdot \frac{b}{t_{s,b}} \cdot \phi_{s,b}^2 \pi$$

$$A_{s,\text{горе}} := \frac{1}{4} \cdot \frac{b}{t_{s,t}} \cdot \phi_{s,t}^2 \pi$$

$$u_b := c_{s,b} + 0.5 \cdot \phi_{s,b} + 10\text{mm}$$

$$u_t := c_{s,t} + 0.5 \cdot \phi_{s,t} + 10\text{mm}$$

$$d_{\text{eff}} := h - u_b \quad d_{\text{eff}} = 24.70 \cdot \text{cm}$$

$$A_c := h \cdot b \quad A_c = 3000 \cdot \text{cm}^2$$

3.2. Гранично стање носивости

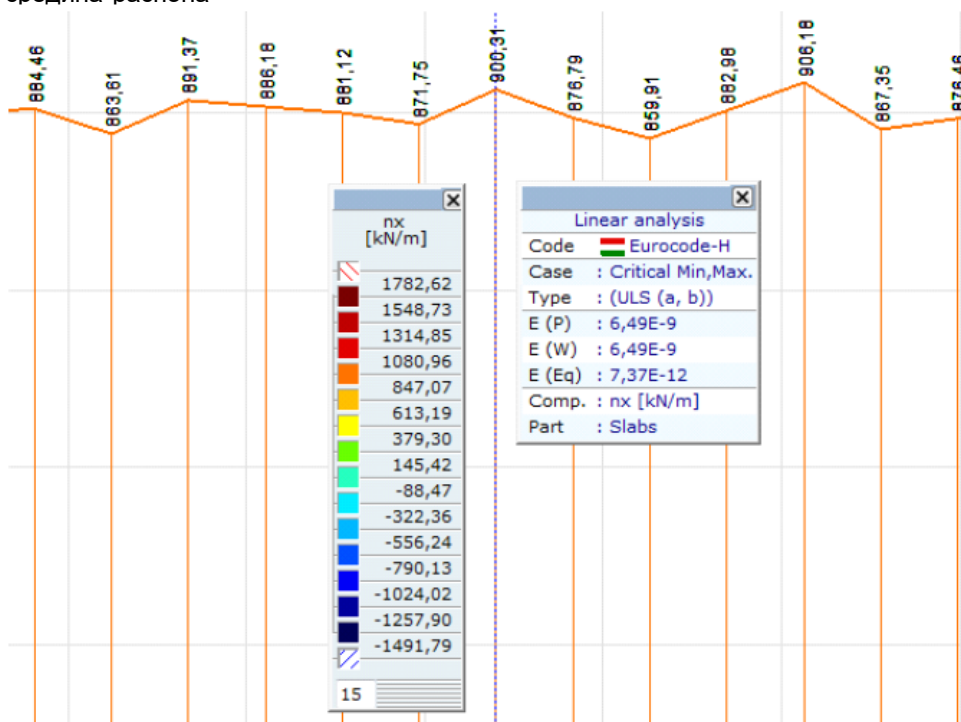
3.2.1. Затезање и савијање

Напон затезања прекорачује грануцу $f_{ct,m}$. Дакле, појављувају се прслине у АБ плочи.

Унутрашње силе и моменти услед анализе прслина

Подужни поп. пресек носача - средина распона

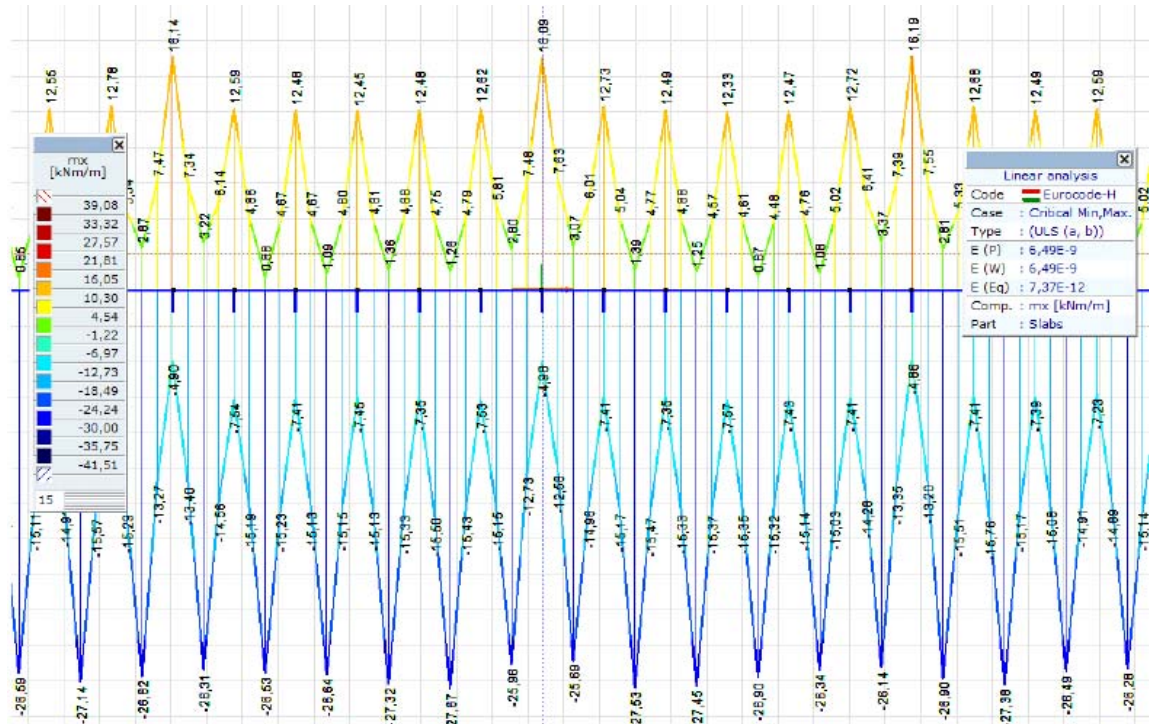
ГСН: Nx [kN] - Анализа прслина



Унутрашње силе и моменти услед анализе прслина

Подужни поп. пресек носача -
средина распона

ГСН комбинација: Mx [kNm] - Анализа прслина



Унутрашње силе
за проверу-ГСН :

$$M_{Ed} := 18.1 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} := 900 \text{ kN}$$

Отпорни мом. савијања за ГСН проверу:

Притиснута површина:

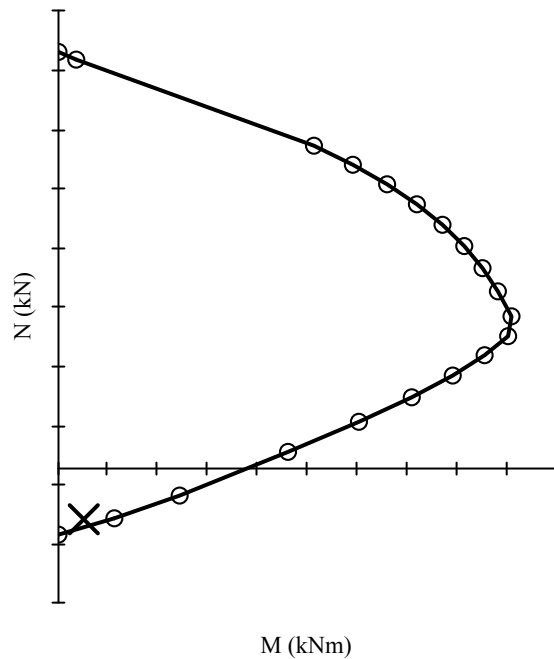
$$x_c = 1.3 \text{ cm}$$

Релативно обртање поп. пресека:

$$\kappa_c = 0.2091 \cdot \frac{1}{\text{m}}$$

$$M_{Ed} = 18.1 \cdot \text{kNm} \quad \ll \quad M_H = 38.1 \cdot \text{kNm}$$

Задовољава!



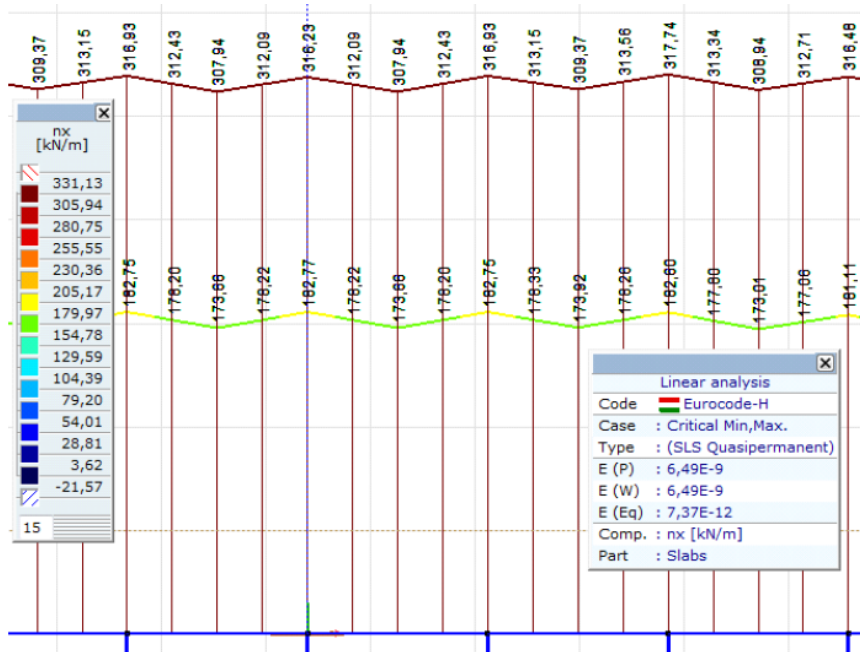
3.3. Гранично стање употребљивости

3.3.1 Провера прслина

Унутрашње силе и моменти услед провере пукотина

Подужни поп. пресек носача -
средина распона

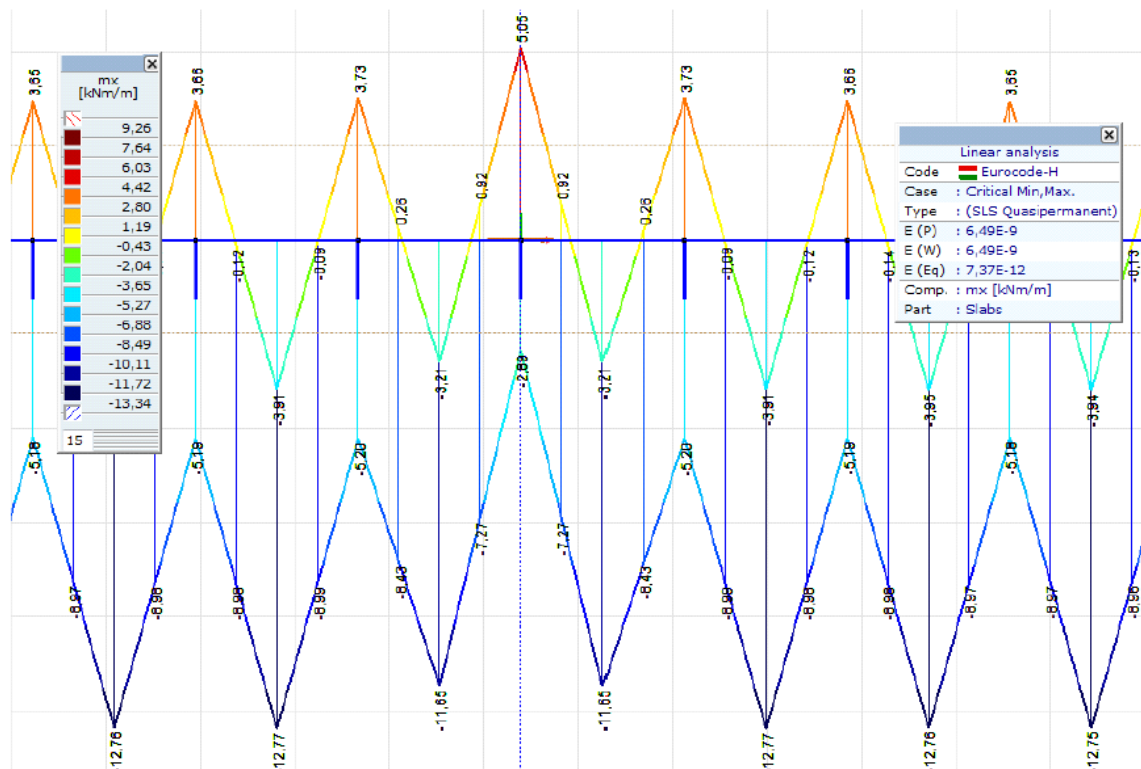
ГСУ комбинација: Nx [kN] - Провера пукотина



Унутрашње силе и моменти услед провере прслина

Подужни поп. пресек носача -
средина распона

ГСУ комбинација: Mx [kNm] - Провера прслина



Унутрашње силе за
ГСУ - провера:

$$M_{QP} := 6.1 \text{ kNm}$$

$$N_{QP} := 308 \text{ kN}$$

Резултати провере:

Притиснута висина пресека: $x_{II} = -32.5 \cdot \text{cm}$

Релативно обртање пресека: $\kappa_{II} = 0.0012 \cdot \frac{1}{\text{m}}$

$$\varepsilon_{c, \text{горе}} = 0.039 \cdot \% \quad \varepsilon_{c, \text{доле}} = 0.076 \cdot \%$$

$$\varepsilon_{s, \text{горе}} = 0.046 \cdot \% \quad \varepsilon_{s, \text{доле}} = 0.069 \cdot \%$$

$$\sigma_{s, \text{горе}} = 91.43 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{s, \text{доле}} = 138.35 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Ширина прслина $k_t := 0.40 \quad k_1 = 0.80$

$$k_2 := \frac{\max(\varepsilon_{c, \text{top}}, \varepsilon_{c, \text{доле}}) + \min(\varepsilon_{c, \text{top}}, \varepsilon_{c, \text{доле}})}{2 \cdot \max(\varepsilon_{c, \text{горе}}, \varepsilon_{c, \text{доле}})}$$

$$\varepsilon_{sm, cm}(\sigma_s, \rho_{eff}) := \max \left[\frac{|\sigma_s| - k_t \cdot \frac{f_{ctm}}{\rho_{eff}} \cdot \left(1 + \frac{E_s \cdot \rho_{eff}}{E_{cm}} \right)}{E_s}, 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \right]$$

$$h_{c, \text{eff, горе}} := 2 \cdot u_t \quad h_{c, \text{eff, доле}} := 2 \cdot u_b$$

$$\rho_{eff, \text{горе}} := \frac{A_{s, \text{горе}}}{b \cdot h_{c, \text{eff, горе}}} \quad \rho_{eff, \text{доле}} := \frac{A_{s, \text{доле}}}{b \cdot h_{c, \text{eff, доле}}}$$

$$\varepsilon_{sm, cm, \text{горе}} := \varepsilon_{sm, cm}(\sigma_{s, \text{горе}}, \rho_{eff, \text{горе}})$$

$$\varepsilon_{sm, cm, \text{доле}} := \varepsilon_{sm, cm}(\sigma_{s, \text{доле}}, \rho_{eff, \text{доле}})$$

$$s_{r, \text{max, горе}} := 3.40 \cdot u_t + 0.425 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{\phi_{s, t}}{\rho_{eff, \text{горе}}}$$

$$s_{r, \text{max, доле}} := 3.40 \cdot u_b + 0.425 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{\phi_{s, b}}{\rho_{eff, \text{доле}}}$$

$$w_k := \max(s_{r, \text{max, горе}} \cdot \varepsilon_{sm, cm, \text{горе}}, s_{r, \text{max, доле}} \cdot \varepsilon_{sm, cm, \text{доле}})$$

$$w_k = 0.210 \cdot \text{mm} \quad \sim \quad w_{eng} := 0.200 \text{ mm} \quad \text{Задовољава!}$$

4.0. Прорачун главног носача
4.1. Улазни подаци

 Распон жел. моста: . $L := 63\text{m}$ Фактор класификације опт. $\alpha_1 := 1.21$

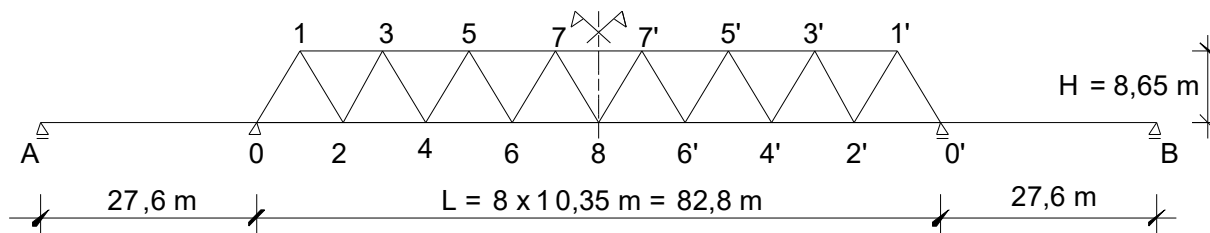
Материјал: Конструктивни челик S355

$$f_{yS355} := 35.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad f_{u0} := 51.0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \varepsilon := \sqrt{\frac{235\text{N} \div \text{mm}^2}{f_{yS355}}} \quad \varepsilon = 0.81 \quad E := 210000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yS355.40\text{mm}} := 33.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad f_{u0.40\text{mm}} := 49.0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \quad \varepsilon_{40\text{mm}} := \sqrt{\frac{235\text{N} \div \text{mm}^2}{f_{yS355.40\text{mm}}}} \quad \varepsilon_{40\text{mm}} = 0.84$$

$$\lambda_1 := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{yS355}}} \quad \lambda_1 = 76.41 \quad \gamma_G := 1.35 \quad \gamma_j := 1.45 \quad \gamma_{M0} := 1.0 \quad \gamma_{M1} := 1.10 \quad \gamma_{M2} := 1.25$$

$$\lambda_{1.40\text{mm}} := \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{yS355.40\text{mm}}}} \quad \lambda_{1.40\text{mm}} = 78.66 \quad (\text{Дебљина већа од } 40\text{ mm})$$


 Двоструки број поља доњег појаса решеткастог носача: $n := 16$ $L := 83.0\text{m}$

 Размак чворова доњег појаса, подељен са два: $a := \frac{L}{n}$ $a = 5.19\text{m}$ $2 \cdot a = 10.38\text{m}$

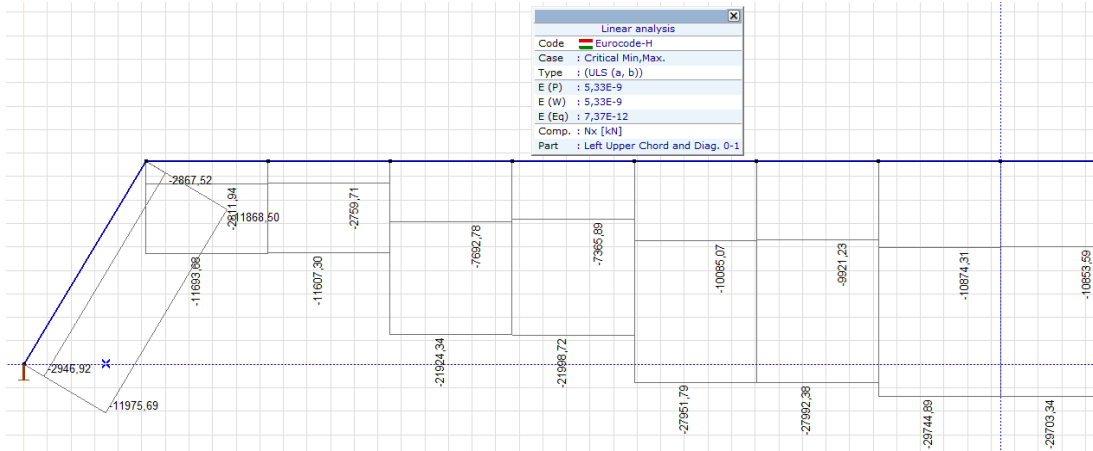
 Висина моста: $H := 8.5\text{m}$

 Углови дијагонала: $\beta := \text{atan}\left(\frac{H}{a}\right)$ $\beta = 58.6^\circ$

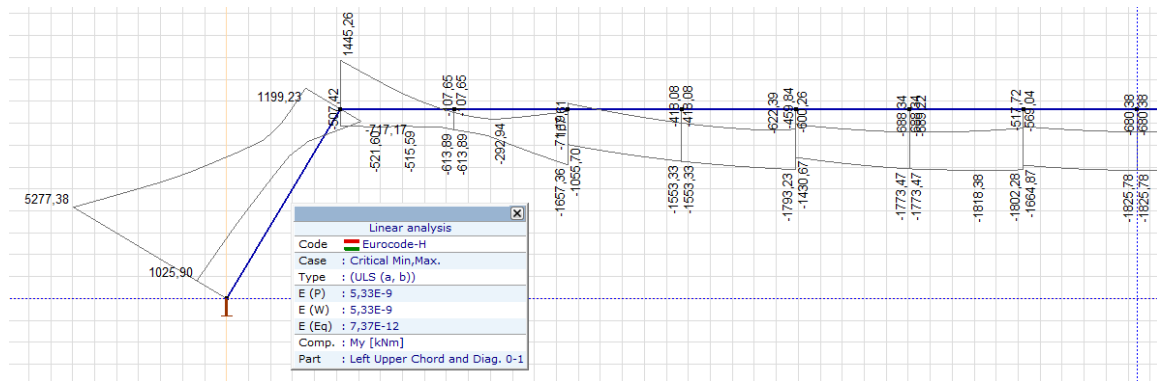
 Дужина дијагонала: $l_0 := \frac{H}{\sin(\beta)}$ $l_0 = 9.96\text{m}$

4.2. Прорачун штапова решетке

4.2.1. Прорачун горњег појаса



Леви, горњи појас. Нормална сила N_x

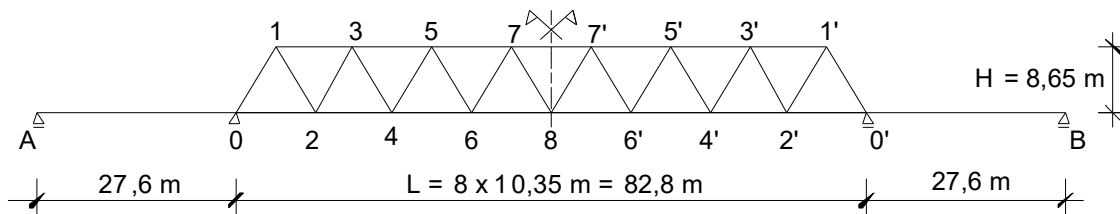


Леви, горњи појас. Момент M_x

Прорачун горњег појаса (7-7')

$$S_{77.Ed} := -29703.6 \cdot \text{kN} \quad M_{y77.Ed} := -1708 \text{ kNm} \quad M_{z77.Ed} := -1169.6 \text{ kNm}$$

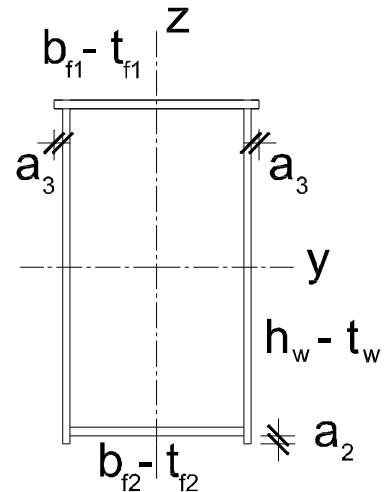
$$V_{y77.Ed} := -451.5 \text{ kN} \quad V_{z77.Ed} := 5.23 \text{ kN}$$



Димензије поп. пресека

 Горња фланша : $b_{f1} = 750 \text{ mm}$ $t_{f1} = 40 \text{ mm}$

 Ребро: $h_w = 1160 \text{ mm}$ $t_w = 30 \text{ mm}$

 Доња фланша: $b_{f2} = 640 \text{ mm}$ $t_{f2} = 40 \text{ mm}$
 $a_2 := 25 \text{ mm}$ $a_3 := 25 \text{ mm}$

Карактеристике поп. пресека

Горњи појас (7-7')

 $A = 1252 \text{ cm}^2$ $A_{\text{eff}} = 1195.13 \text{ cm}^2$ $I_y = 2579129.47 \text{ cm}^4$ $I_z = 1009614.33 \text{ cm}^4$ $i_y = 45.39 \text{ cm}$ $i_z = 28.4 \text{ cm}$
 $W_y = 44040.78 \text{ cm}^3$ $W_z = 31550.45 \text{ cm}^3$ $W_{y.w.\text{top}} = 47269.44 \text{ cm}^3$ $W_{y.w.\text{bot}} = 44903.08 \text{ cm}^3$

Додатни момент услед ексцентричности око централне осе је занемарен.

Класификација поп. пресека

Горњи појас (7-7')

Класа_ребра= 4 Класа_горње_фланше=1 Класа_доње_фланше = 1

Класификација поп. пресека

Класа_елемента_77 := max(Класа_ребра, Горња_фланша, Доња_фланша)

Класа_елемента_77 = 4

Притисак:

Горњи појас (7-7')

 $S_{77.Ed} = -29703.6 \text{ kN}$
 $f_{yS355} = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ $\gamma_{M0} = 1$
 $\sigma_{77.Ed} := \frac{S_{77.Ed}}{A_{\text{eff}}}$ $\sigma_{77.Ed} = -248.54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

 Макс_притисак_елем._77 := ако ($|\sigma_{77.Ed}| < f_{yS355} \div \gamma_{M0}$, "Зад.!", "Не зад.!")

Искорштеност :

Макс_притисак_елем._77 = "Задовољава!"

 $\frac{|\sigma_{77.Ed}|}{f_{yS355} \div \gamma_{M0}} = 70\%$
**узевши у обзир фактор клас. опт. 1.21,
искоришћеност је 85%**

Извијање

Извор: EN 1993-1-1, Израз: 6.3.1.3, Једначина (6.51)

$$v_y := 1 \quad v_z := 0.5$$

$$L_0 := \frac{L}{6} \quad L_0 = 13.83 \text{ m} \quad \lambda_{55.y} := \frac{v_y \cdot L_0 \cdot \sqrt{\frac{A_{\text{eff}}}{A}}}{i_y} \quad \lambda_{55.z} := \frac{v_z \cdot L_0 \cdot \sqrt{\frac{A_{\text{eff}}}{A}}}{i_z}$$

$$\lambda_1 = 76.41 \quad \lambda_{55.y} = 29.78 \quad \lambda_{55.z} = 23.8 \quad f_{yS355} = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_{\text{max}} := \max(\lambda_{55.y}, \lambda_{55.z}) \quad \lambda_B := \frac{\lambda_{\text{max}}}{\lambda_1} \quad \lambda_B = 0.39$$

Крива b: $\alpha_f := 0.34$

$$\Phi_f := \frac{1 + \alpha_f (\lambda_B - 0.2) + \lambda_B^2}{2} \quad \chi_B := \frac{1}{\Phi_f + \sqrt{\Phi_f^2 - \lambda_B^2}} \quad \chi_B = 0.93$$

$$S_{77.Ed} = -29703.6 \text{ kN}$$

$$N_{b.Rd} := \frac{\chi_B \cdot A_{\text{eff}} \cdot f_{yS355}}{\gamma_{M1}} \quad N_{b.Rd} = 35875.42 \text{ kN} \quad \text{Искоршћеност :}$$

$$\text{Извијање_елем_77} := \text{ако} (S_{77.Ed} \geq N_{b.Rd}, \text{"Зад!"}, \text{"Не зад!"}) \quad \frac{|S_{77.Ed}|}{N_{b.Rd}} = 83\%$$

Извијање_елем_77 = "Задовољава!" **са фак. клас. опт. 1.21, искоришћеност је 99%**

Притисак, савијање и смицање горњег појаса (Штап 7-7')

$$S_{77.Ed} = -29703.6 \text{ kN} \quad M_{y77.Ed} = -1708 \text{ kNm} \quad M_{z77.Ed} = -1169.6 \text{ kNm}$$

$$A = 1252 \text{ cm}^2 \quad V_{y77.Ed} = -451.5 \text{ kN} \quad V_{z77.Ed} = 5.23 \text{ kN}$$

Резултати:
Метода смањеног напона

Интеракц_Н_М_Т := if($\sigma'_{N_M_T_77.Горња_фланша} \leq 1$, "Задовољава!", "Не задовољава!") Горња фланша

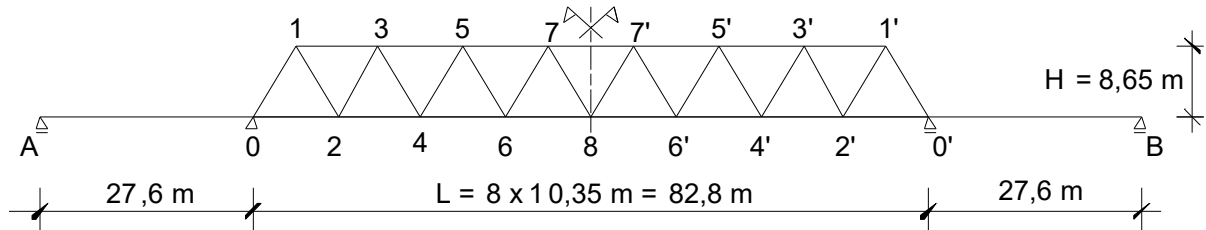
Интеракц_Н_М_Т = "Задовољава!"

$\sigma'_{N_M_T_77.Горња_фланша} = 94.29\%$ Горњи појас (7-7')

Интеракц_Н_М_Т_Горњи_појас_ребра := if($\sigma'_{N_M_V_77.ребро} < 1$, "Задовољава!", "Не задовољава!")

Интеракц_Н_М_Т_Горњи_појас_ребра = "Задовољава!"

$\sigma'_{N_M_T_77.ребро} = 92.54\%$

Прорачун горњег појаса (5-7)


$$S_{57.Ed} := -27992.4 \cdot \text{kN} \quad M_{y57.Ed} := -1685.2 \cdot \text{kNm}$$

$$M_{z57.Ed} := -1103.3 \cdot \text{kNm} \quad V_{y57.Ed} := 444.9 \cdot \text{kN}$$

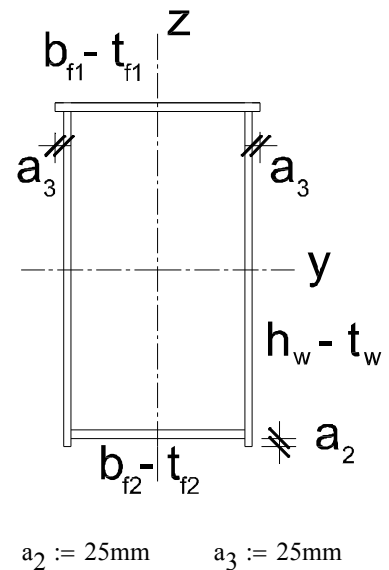
$$V_{z57.Ed} := -17.57 \cdot \text{kN}$$

Димензије поп. пресека

Горња фланша: $b_{f1} = 750 \text{ mm}$ $t_{f1} = 40 \text{ mm}$

Ребро: $h_w = 1160 \text{ mm}$ $t_w = 30 \text{ mm}$

Доња фланша: $b_{f2} = 640 \text{ mm}$ $t_{f2} = 40 \text{ mm}$


Карактеристике поп. пресека

Горњи појас (5-7)

$$A = 1252 \text{ cm}^2 \quad A_{\text{eff}} = 1195.13 \text{ cm}^2 \quad I_y = 2579129.47 \text{ cm}^4 \quad I_z = 1009614.33 \text{ cm}^4 \quad i_y = 45.39 \text{ cm} \quad i_z = 28.4 \text{ cm}$$

$$W_y = 44040.78 \text{ cm}^3 \quad W_z = 31550.45 \text{ cm}^3 \quad W_{y.w.\text{top}} = 47269.44 \text{ cm}^3 \quad W_{y.w.\text{bot}} = 44903.08 \text{ cm}^3$$

Додатни момент услед ексцентричности око централне осе је занемарен.

Класификација поп. пресека

Горњи појас (5-7)

$$\text{Клас_ребра} = 4 \quad \text{Класа_горње_фланше} = 1 \quad \text{Класа_доње_фланше} = 1$$

Класа попречног пресека

$$\text{Класа_штапа}_{57} := \max(\text{Класа_ребра}, \text{Класа_горње_фланше}, \text{Класа_доње_фланше})$$

$$\text{Класа_штапа}_{57} = 4$$

Притисак:

Горњи појас (5-7)

$$S_{57.Ed} = -27992.4 \text{ kN}$$

$$f_{yS355} = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_{M0} = 1$$

$$\sigma_{57.Ed} := \frac{S_{57.Ed}}{A_{eff}} \quad \sigma_{57.Ed} = -234.22 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

 Макс_притисак_штапа_57_je := ако ($|\sigma_{57.Ed}| < f_{yS355} \div \gamma_{M0}$, "Зад.!", "Не зад.!")

Искорштеност:

Макс_притисак_штапа_57_je = "Задовољавајуће!"

$$\frac{|\sigma_{57.Ed}|}{f_{yS355} \div \gamma_{M0}} = 66\%$$

Извијање

Извор: EN 1993-1-1, израз: 6.3.1.3, једначина (6.51)

$$v_y := 1$$

$$v_z := 0.5$$

$$L_0 := \frac{L}{6}$$

$$L_0 = 13.83 \text{ m}$$

$$\lambda_{55.y} := \frac{v_y \cdot L_0 \cdot \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}}{i_y}$$

$$\lambda_{55.z} := \frac{v_z \cdot L_0 \cdot \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}}{i_z}$$

$$\lambda_1 = 76.41$$

$$\lambda_{55.y} = 29.78$$

$$\lambda_{55.z} = 23.8$$

$$f_{yS355} = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_{max} := \max(\lambda_{55.y}, \lambda_{55.z})$$

$$\lambda_B := \frac{\lambda_{max}}{\lambda_1}$$

$$\lambda_B = 0.39$$

Крива b: $\alpha_f := 0.34$

$$\Phi_f := \frac{1 + \alpha_f (\lambda_B - 0.2) + \lambda_B^2}{2}$$

$$\chi_B := \frac{1}{\Phi_f + \sqrt{\Phi_f^2 - \lambda_B^2}}$$

$$\chi_B = 0.93$$

$$S_{57.Ed} = -27992.4 \text{ kN}$$

Искорштеност:

$$N_{b.Rd} := \frac{\chi_B \cdot A_{eff} \cdot f_{yS355}}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b.Rd} = 35875.42 \text{ kN}$$

$$\frac{|S_{57.Ed}|}{N_{b.Rd}} = 78\%$$

 Извијање_штапа_57 = ако ($|S_{57.Ed}| < N_{b.Rd}$, "Зад.!", "Не зад.!")

Извијање_штапа_57 = "Задовољава!"

Притисак, савијање и смицање горњег појаса (Штапа 5-7)

$$S_{57.Ed} = -27992.4 \text{ kN}$$

$$M_{y57.Ed} = -1685.2 \text{ kNm}$$

$$M_{z57.Ed} = -1103.3 \text{ kNm}$$

$$A = 1252 \text{ cm}^2$$

Резултати: Метода смањеног напона

Интеракц_{N_M_T} := (σ'_{N_M_V_5.7.Горња_фланша} < 1, "Зад!", "Не зад.!") Горња фланша

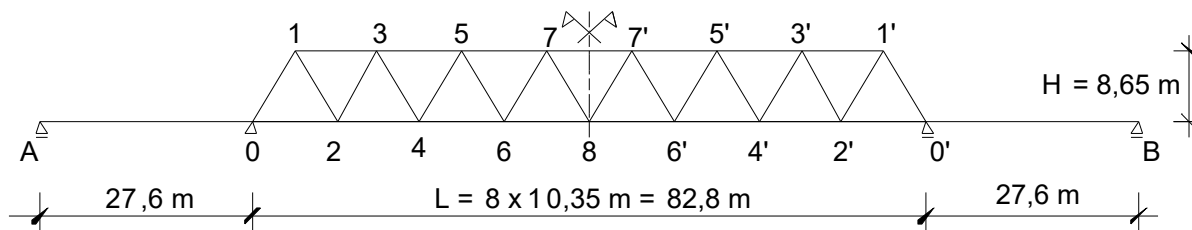
Интеракц_{N_M_T} = "Задовољава!"

σ'_{N_M_V_5.7.горња.фланша} = 49.43% Горњи појас (5-7)

Интеракц_{N_M_T_Горњи_појас_ребра} := (σ'_{N_M_V_57.ребро} < 1, "Зад.!", "Не зад.!")

Интеракц_{N_M_T_Горњи_појас_фланше} = "Задовољава!"

σ'_{N_M_T_57.Ребро} = 83.2%



Прорачун горњег појаса (3-5)

S_{35.Ed} := -21999kN M_{y35.Ed} := -1483.6kNm

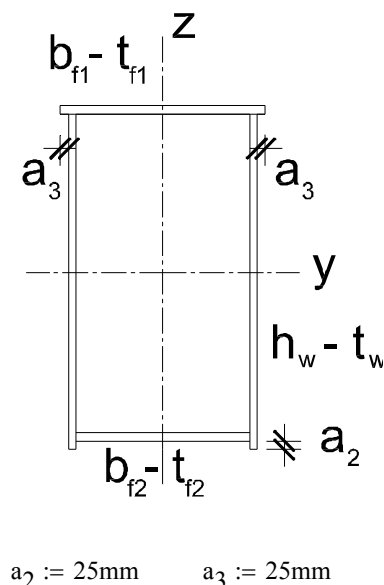
M_{z35.Ed} := -862.1kNm V_{y35.Ed} := -361.2kN V_{z35.Ed} := -63.26·kN

Димензије поп. пресека

Горња фланша: b_{f1} = 750 mm t_{f1} = 40 mm

Ребро: h_w = 1160 mm t_w = 30 mm

Доња фланша: b_{f2} = 640 mm t_{f2} = 40 mm



a₂ := 25mm a₃ := 25mm

Карактеристике поп. пресека

Горњи појас (3-5)

A = 1252 cm² A_{eff} = 1195.13 cm² I_y = 2579129.47 cm⁴ I_z = 1009614.33 cm⁴ i_y = 45.39 cm i_z = 28.4 cm

W_y = 44040.78 cm³ W_z = 26923.05 cm³ W_{y.w.top} = 47269.44 cm³ W_{y.w.bot} = 44903.08 cm³

Додатни момент услед ексцентричности око централе осе је занемарен.

Класификација поп. пресек

Горњи појас (3-5)

$$\text{Класа_ребра} = 4 \quad \text{Класа_горње_фланш} = 1 \quad \text{Класа_доње_фланше} = 1$$

Класификација поп. пресека

$$\text{Класа_штапа_35} := \max(\text{Класа_ребра}, \text{Горња_фланша}, \text{Доња_фланша})$$

$$\text{Класа_штапа_35} = 4$$

Притисак:

$$S_{35.Ed} = -21999 \text{ kN}$$

$$f_{yS355} = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_{M0} = 1$$

$$\sigma_{35.Ed} := \frac{S_{35.Ed}}{A_{eff}}$$

$$\sigma_{35.Ed} = -184.07 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Горњи појас(3-5)

 Макс_притисак_штапа_35 := ако $(|\sigma_{35.Ed}| < f_{yS355} \div \gamma_{M0}, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"})$ Искорштеност:

Макс_притисак_штапа_35 = "Задовољава!"

$$\frac{|\sigma_{35.Ed}|}{f_{yS355} \div \gamma_{M0}} = 52\%$$

Извијање

Извор: EN 1993-1-1 Израз: 6.3.1.3, Једначина (6.51)

$$v := 1 \quad L_0 := \frac{L}{6} \quad L_0 = 13.83 \text{ m} \quad \lambda_{55.y} := \frac{v_y \cdot L_0 \cdot \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}}{i_y} \quad \lambda_{55.z} := \frac{v_z \cdot L_0 \cdot \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}}{i_z} \quad \lambda_1 = 76.41$$

$$v_z = 0.5 \quad \lambda_{55.y} = 29.78 \quad \lambda_{55.z} = 23.8 \quad f_{yS355} = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_{max} := \max(\lambda_{55.y}, \lambda_{55.z})$$

$$\lambda_B := \frac{\lambda_{max}}{\lambda_1} \quad \lambda_B = 0.39$$

Крива b: $\alpha_f := 0.34$

$$\Phi_f := \frac{1 + \alpha_f(\lambda_B - 0.2) + \lambda_B^2}{2}$$

$$\chi_B := \frac{1}{\Phi_f + \sqrt{\Phi_f^2 - \lambda_B^2}} \quad \chi_B = 0.93$$

$$S_{35.Ed} = -21999 \text{ kN}$$

Искорштеност:

$$N_{b.Rd} := \frac{\chi_B \cdot A_{eff} \cdot f_{yS355}}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b.Rd} = 35875.42 \text{ kN}$$

$$\frac{|S_{35.Ed}|}{N_{b.Rd}} = 61\%$$

 Извијање_штапа_35 (:= $S_{35.Ed} < N_{b.Rd}$, "Зад.!", "Не зад.!")

Извијање_штапа_35 = "Задовољава!"

Горњи појас (3-5)

Притисак, савијање и смицање горњег појаса (Штап 3-5)

Горњи појас (3-5)

Метода смањеног напона.

$$\text{Интеракц_N_M_T} := \left(\sigma'_{N_M_T_3.5.\text{горња_фланша}} < 1 \text{ "Зад.!", "Не зад.!"} \right)$$

Интеракц_N_M_T = "Задовољава!"

(Горњи појас ребра)

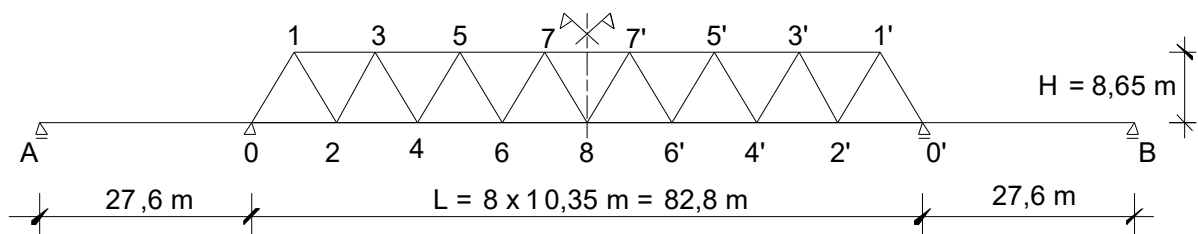
$$\sigma'_{N_M_T_3.5.\text{Горња_појас}} = 55.96\%$$

$$\text{Интеракц_N_M_T_Ребро} := \left(\sigma'_{N_M_V_35.\text{ребро}} < 1, \text{"Зад.!", "Не зад.!"} \right)$$

Интеракц_N_M_T_Ребро = "Задовољава!"

(Горњи појас ребра)

$$\sigma'_{N_M_V_35.\text{ребро}} = 54.98\%$$


Прорачун горњег појаса (1-3)

$$S_{13.Ed} := -11607.3 \cdot \text{kN} \quad M_{y13.Ed} := -296.5 \text{ kNm}$$

$$M_{z13.Ed} := 531.9 \text{ kNm} \quad V_{y13.Ed} := -231.2 \text{ kN}$$

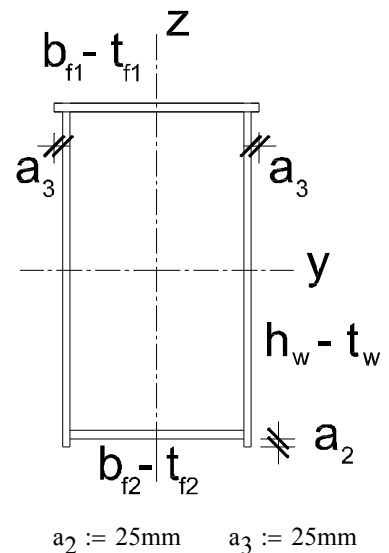
$$V_{z13.Ed} := -280 \text{ kN}$$

Димензије поп. пресека

Горњи појас: $b_{f1} = 750 \text{ mm} \quad t_{f1} = 40 \text{ mm}$

Ребро: $h_w = 1160 \text{ mm} \quad t_w = 30 \text{ mm}$

Доњи појас: $b_{f2} = 640 \text{ mm} \quad t_{f2} = 40 \text{ mm}$


Класификација поп. пресека

Горња фланша (1-3)

$$\text{Класа_ребра} = 4 \quad \text{Класа_горње_фланше} = 1 \quad \text{Класа_доња_фланше} = 1$$

Класа поп. пресека

Класа_штапа_13 := макс (Web_class_is, Класа_горње_фланше, Класа_доње_фалнње)

Класа_ребра_13 = 4

Горњи појас (1-3)

Карактеристике поп. пресека

$$A = 1252 \text{ cm}^2 \quad A_{\text{eff}} = 1195.13 \text{ cm}^2 \quad I_y = 2579129.47 \text{ cm}^4 \quad I_z = 1009614.33 \text{ cm}^4 \quad i_y = 45.39 \text{ cm} \quad i_z = 28.4 \text{ cm}$$

$$W_y = 44040.78 \text{ cm}^3 \quad W_z = 31550.45 \text{ cm}^3 \quad W_{y.w.top} = 47269.44 \text{ cm}^3 \quad W_{y.w.bot} = 44903.08 \text{ cm}^3$$

Додатни момент услед ексцентричности око централне осе је занемарен.

Притисак:

Горњи појас (1-3)

$$S_{13.Ed} = -11607.3 \text{ kN} \quad M_{y13.Ed} = -296.5 \text{ kNm} \quad M_{z13.Ed} = 531.9 \text{ kNm}$$

$$A = 1252 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{13.Ed} := \frac{S_{13.Ed}}{A_{\text{eff}}} \quad \sigma_{13.Ed} = -97.12 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Горњи појас (1-3)

Макс_притисак_штапа_13 := $\left(|\sigma_{13.Ed}| < f_y S355 \div \gamma_{M0}, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"} \right)$ Искорштеност :

Макс_притисак_штапа_13 = "Задовољава!" $\frac{|\sigma_{13.Ed}|}{f_y S355 \div \gamma_{M0}} = 27\%$

Извијање

Извор: EN 1993-1-1 Израз: 6.3.1.3, Једначина (6.51)

$$v_y = 1 \quad L_0 := \frac{L}{6} \quad L_0 = 13.83 \text{ m} \quad \lambda_{13.y} := \frac{v_y \cdot L_0 \cdot \sqrt{\frac{A_{\text{eff}}}{A}}}{i_y} \quad \lambda_{13.z} := \frac{v_z \cdot L_0 \cdot \sqrt{\frac{A_{\text{eff}}}{A}}}{i_z} \quad \lambda_1 = 76.41$$

$$v_z = 0.5 \quad \lambda_{13.y} = 29.78 \quad \lambda_{13.z} = 23.8 \quad f_y S355 = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_{\text{max}} := \max(\lambda_{13.y}, \lambda_{13.z}) \quad \lambda_B := \frac{\lambda_{\text{max}}}{\lambda_1} \quad \lambda_B = 0.39 \quad \text{Горњи појас (1-3)}$$

Крива b: $\alpha_f := 0.34$

$$\Phi_f := \frac{1 + \alpha_f (\lambda_B - 0.2) + \lambda_B^2}{2} \quad \chi_B := \frac{1}{\Phi_f + \sqrt{\Phi_f^2 - \lambda_B^2}} \quad \chi_B = 0.93$$

$$S_{13.Ed} = -11607.3 \text{ kN}$$

$$N_{b.Rd} := \frac{\chi_B \cdot A_{eff} \cdot f_{yS355}}{\gamma_{M1}} \quad N_{b.Rd} = 35875.42 \text{ kN}$$

Горњи појас (1-3)

Искорштеност :

$$\text{Извијање_штапа_13} \left(= S_{13.Ed} < N_{b.Rd} \text{ , "Зад.!" , "Не зад.!" } \right)$$

$$\frac{|S_{13.Ed}|}{N_{b.Rd}} = 32\%$$

Извијање_штапа_13 = "Задовољава!"

Притисак, савијање и смицање горњег појаса (Штапа 1-3)

Метода смањеног напона.

$$\text{Интеракц_N_M_T_Горњи_појас} := \left(\sigma'_{N_M_V_13_Горња_фланша} < 1, \text{"Зад.!" , "Не зад.!"} \right)$$

Интеракц_N_M_T_Горњи_појас = "Задовољава!" (Горњи појас ребра)

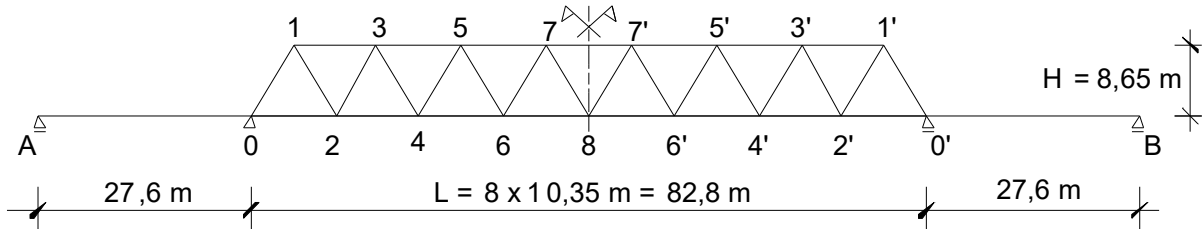
$$\sigma'_{N_M_V_13_Горњи_појас} = 10.24\%$$

$$\text{Интеракц_N_M_T_Горњи_појас} := \left(\sigma'_{N_M_V_13_Web} < 1, \text{"Зад.!" , "Не зад.!"} \right)$$

Интеракц_N_M_T_Горњи_појас = "Задовољава!" (Горњи појас ребра)

$$\sigma'_{N_M_T_13_Ребро} = 10.28\%$$

4.2.2. Прорачун дијагонала



Прорачун дијагонала (0-1)

$$S_{01.Ed} := -11976 \cdot \text{kN} \quad M_{y01.Ed} := 1900.4 \text{ kNm} \quad M_{z01.Ed} := 1576.8 \text{ kNm}$$

$$V_{y01.Ed} := 237.7 \cdot \text{kN} \quad V_{z01.Ed} := -103.3 \text{ kN}$$

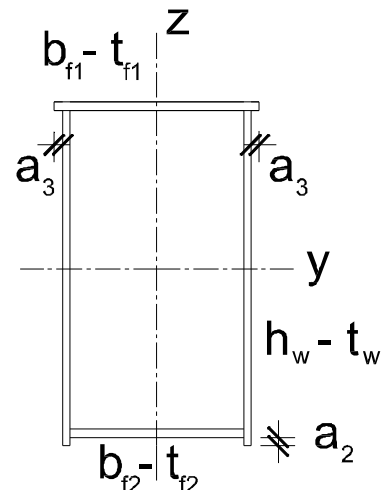
Димензије поп. пресека

Горњи појас: $b_{f1} = 750 \text{ mm} \quad t_{f1} = 40 \text{ mm}$

Ребро: $h_w = 1160 \text{ mm} \quad t_w = 30 \text{ mm}$

Доњи појас: $b_{f2} = 640 \text{ mm} \quad t_{f2} = 40 \text{ mm}$

$a_2 := 25 \text{ mm} \quad a_3 := 25 \text{ mm}$



Карактеристике поп. пресека

Дијагонала (0-1)

$$A = 1252 \text{ cm}^2 \quad A_{\text{eff}} = 1195.1 \text{ cm}^2 \quad I_y = 2579129.47 \text{ cm}^4$$

$$I_z = 1009614.33 \text{ cm}^4 \quad i_y = 45.39 \text{ cm} \quad i_z = 28.4 \text{ cm}$$

$$W_y = 44040.78 \text{ cm}^3 \quad W_z = 16433.14 \text{ cm}^3 \quad W_{y.w.top} = 47269.44 \text{ cm}^3 \quad W_{y.w.bot} = 44903.08 \text{ cm}^3$$

Додатни момент услед ексцентрицитета око централне осе је занемарен.

Класификација поп. пресека

Дијагонала (0-1)

$$\text{Класа_ребра} = 4 \quad \text{Класа_горњег појаса} = 1 \quad \text{Класа_доње фланше} = 1$$

Class of cross-section

$$\text{Класа_штапа_01} := \max(\text{Класа_ребра}, \text{Горња_фланша}, \text{Доња_фланша})$$

$$\text{Класа_штапа_01} = 4$$

Притисак:

$$S_{01.Ed} = -11976 \text{ kN} \quad M_{y01.Ed} = 1900.4 \text{ kNm} \quad M_{z01.Ed} = 1576.8 \text{ m kN}$$

$$\sigma_{01.Ed} := \frac{S_{01.Ed}}{A_{\text{eff}}} \quad \sigma_{01.Ed} = -100.21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Дијагонала (0-1)}$$

$$\text{Макс_притисак_штапа_01} := \left(|\sigma_{01.Ed}| < f_{yS355} \div \gamma_{M0}, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"} \right) \quad \text{Искорштеност:}$$

$$\text{Макс_притисак_штапа_01} = \text{"Задовољава!"} \quad \frac{|\sigma_{01.Ed}|}{f_{yS355} \div \gamma_{M0}} = 28\%$$

Извијање

Извор: EN 1993-1-1 Израз: 6.3.1.3, Једначина: (6.51)

$$v_y := 1 \quad l_0 = 9.96 \text{ m} \quad \lambda_{13.y} := \frac{v_y \cdot l_0 \cdot \sqrt{\frac{A_{\text{eff}}}{A}}}{i_y} \quad \lambda_{13.z} := \frac{v_z \cdot l_0 \cdot \sqrt{\frac{A_{\text{eff}}}{A}}}{i_z} \quad \lambda_1 = 76.41$$

$$v_z := 0.9$$

$$\lambda_{13.y} = 29.78 \quad \lambda_{13.z} = 23.8 \quad f_{yS355} = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_{\text{max}} := \max(\lambda_{13.y}, \lambda_{13.z})$$

$$\lambda_B := \frac{\lambda_{\text{max}}}{\lambda_1} \quad \lambda_B = 0.39$$

Дијагнала (0-1)

$$\text{Крива b: } \alpha_f := 0.34$$

$$\Phi_f := \frac{1 + \alpha_f (\lambda_B - 0.2) + \lambda_B^2}{2}$$

$$\chi_B := \frac{1}{\Phi_f + \sqrt{\Phi_f^2 - \lambda_B^2}}$$

$$\chi_B = 0.93$$

$$S_{01.Ed} := -11976 \text{ kN}$$

Дијагонала (0-1)

$$N_{b.Rd} := \frac{\chi_B \cdot A_{eff} \cdot f_{yS355}}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b.Rd} = 35875.42 \text{ kN}$$

Искоршћеност :

$$\text{Извијање_дијагонале_01} \left(=: S_{13.Ed} < N_{b.Rd}, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"} \right)$$

$$\frac{|S_{13.Ed}|}{N_{b.Rd}} = 32\%$$

$$\text{Извијање_дијагонале_01} = \text{"Задовољава!"}$$

Притисак, савијање и смицање дијагонале (0-1)

Метода смањеног напона.

$$\text{Интеракц_N_M_T_Горњи_појас} := \left(\sigma'_{N_M_T_01_Горња_фланша} < 1, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"} \right)$$

$$\text{Интеракц_N_M_T_Горњи_појас} = \text{"Задовољава!"}$$

(Горња фланша)

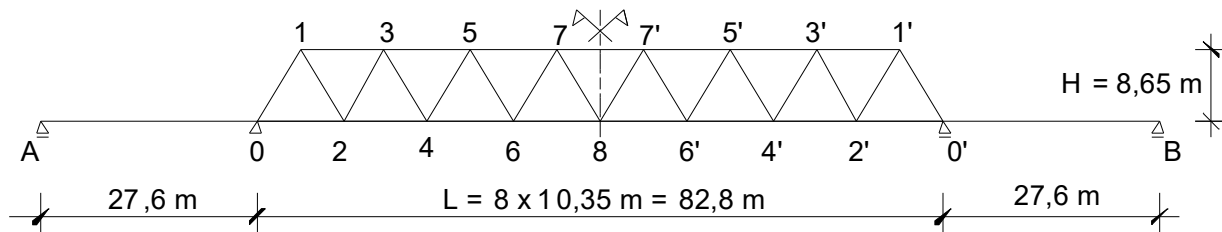
$$\sigma'_{N_M_T_01_Горњи_појас} = 52.93\%$$

$$\text{Интеракц_N_M_T_Горњи_појас_ребра} := \left(\sigma'_{N_M_V_01_ребро} < 1, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"} \right)$$

$$\text{Интеракц_N_M_T_Горњи_појас_ребра} = \text{"Задовољава!"}$$

(Горњи појас ребра)

$$\sigma'_{N_M_T_01_Ребро} = 52.57\%$$



Прорачун дијагонале (1-2)

$$S_{12.Ed} := 11273 \cdot \text{kN} \quad M_{y12.Ed} := -255.3 \cdot \text{kNm} \quad M_{z12.Ed} := 515.1 \cdot \text{kNm}$$

$$V_{y12.Ed} := -149.3 \text{ kN} \quad V_{z12.Ed} := -47.16 \text{ kN}$$

Димензије поп. пресека

Горња фланша:

Ребро:

Доња фланша:

$$t_{f1} = 25 \text{ mm}$$

$$t_w = 16 \text{ mm}$$

$$t_{f2} = 25 \text{ mm}$$

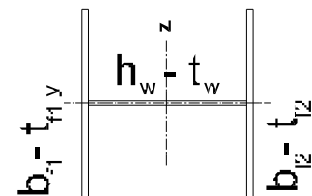
Дебљина

$$b_{f1} = 700 \text{ mm}$$

$$h_w = 650 \text{ mm}$$

$$b_{f2} = 700 \text{ mm}$$

Дужина



Карактеристике поп. пресека

Дијагонала 1-2

$$A = 454 \text{ cm}^2 \quad I_y = 142938.85 \text{ cm}^4 \quad I_z = 435470.8 \text{ cm}^4 \quad i_y = 17.74 \text{ cm} \quad i_z = 30.97 \text{ cm}$$

$$W_y = 4083.97 \text{ cm}^3 \quad W_z = 12442.02 \text{ cm}^3$$

Класификација дијагонале (1-2)

Дијагонала 1-2

Класа поп. пресека

Класа_ребра = 4 Класа_горње_фланше = 4 Класа_доња_фланша = 4

Класа_елемента = 4

Класа_дијагонале := макс (Web_class_is, Горња_фланша, Доња_фланша)

Класа_дијагонале = 4

Дијагонала 1-2 је затегнута
Затезање (дијагонал 1-2):

$$S_{12.Ed} = 11273 \text{ kN} \quad M_{y12.Ed} = -255.3 \text{ kNm} \quad M_{z12.Ed} = 515.1 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{12.Ed} := \frac{S_{12.Ed}}{A} \quad \sigma_{12.Ed} = 248.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{yS355} = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_{M0} = 1$$

 Макс_притисак_штапа_12 := $(\sigma_{12.Ed} < f_{yS355} \div \gamma_{M0}, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"})$ Искорштеност :

$$\text{Макс_притисак_штапа_12} = \text{"Задовољава!"} \quad \frac{\sigma_{12.Ed}}{f_{yS355} \div \gamma_{M0}} = 70\%$$

Затезање и савијање (дијагонала 1-2):

$$S_{12.Ed} = 11273 \text{ kN} \quad M_{y12.Ed} = -255.3 \text{ kNm} \quad M_{z12.Ed} = 515.1 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{12.Ed} := \frac{S_{12.Ed}}{A} + \frac{-M_{z12.Ed}}{W_z} \quad \sigma_{12.Ed} = 206.9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Дијагонала 1-2

$$t_{f1} = 25 \text{ mm}$$

 $N_M_штап_12 := (\sigma_{12.Ed} < f_{yS355} \div \gamma_{M0}, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"})$

Искорштеност :

 $N_M_штп_12 = \text{"Задовољава!"}$

$$\frac{\sigma_{12.Ed}}{f_{yS355} \div \gamma_{M0}} = 58\%$$

Прорачун дијагонале (2-3)

$$S_{23.Ed} := -10618 \cdot \text{kN} \quad M_{y23.Ed} := -387.9 \cdot \text{kNm} \quad M_{z23.Ed} := 332.8 \cdot \text{kNm} \quad V_{y23.Ed} := 37.7 \cdot \text{kN}$$

Димензије поп. пресека

$$V_{z23.Ed} := 61.46 \text{ kN}$$

Горња фланша:

Ребро:

Доња фланша:

$$t_{f1} = 30 \text{ mm}$$

$$t_w = 16 \text{ mm}$$

$$t_{f2} = 30 \text{ mm}$$

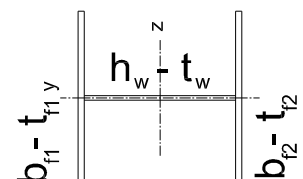
Дебљина

$$b_{f1} = 700 \text{ mm}$$

$$h_w = 640 \text{ mm}$$

$$b_{f2} = 700 \text{ mm}$$

Дужина



Карактеристике поп. пресека

$$A = 522.4 \text{ cm}^2 \quad A_{\text{eff}} = 490.2 \text{ cm}^2 \quad I_y = 171521.85 \text{ cm}^4 \quad I_z = 506612.5 \text{ cm}^4 \quad i_y = 18.12 \text{ cm} \quad i_z = 31.14 \text{ cm}$$

$$W_y = 4900.62 \text{ cm}^3 \quad W_z = 14474.64 \text{ cm}^3$$

Класификација дијагонала

Дијагонала (2-3)

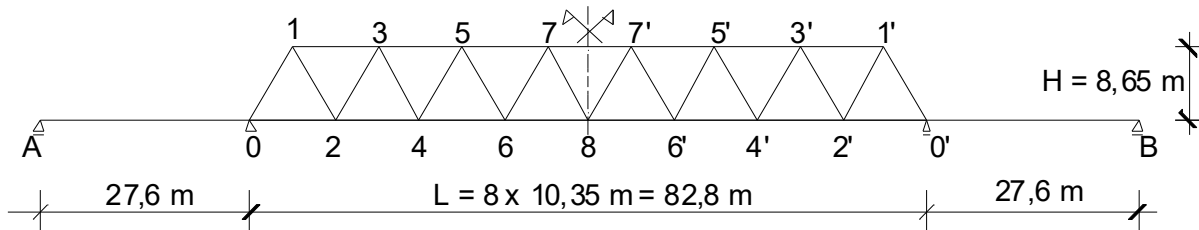
Класа поп. пресека

Класа_ребра = 4

Класа_фланше = 3

Класа_штапа_23 := макс (Класа_ребра, Класа_фланше)

Класа_штапа_23 = 4


Притисак (Штап 2-3):

Дијагонала (2-3)

$$S_{23.Ed} = -10644.3 \text{ kN} \quad M_{y23.Ed} = -388.7 \text{ kNm} \quad M_{z23.Ed} = 288.04 \text{ kNm}$$

$$V_{y23.Ed} := 29.7 \text{ kN}$$

$$\sigma_{23.Ed} := \frac{S_{23.Ed}}{A_{\text{eff}}} \quad \sigma_{23.Ed} = -217.13 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$V_{z23.Ed} := 61.5 \text{ kN}$$

$$\text{Макс_притисак_штапа_23} := \left(|\sigma_{23.Ed}| < f_{yS355} \div \gamma_{M0}, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"} \right)$$

Искорштеност :

$$\text{Макс_притисак_штапа_23} = \text{"Задовољава!"}$$

$$\frac{|\sigma_{23.Ed}|}{f_{yS355} \div \gamma_{M0}} = 61\%$$

Извијање

Дијагонала (2-3)

$$v_y := 0.9 \quad v_z := 1.0 \quad l_0 = 9.96 \text{ m}$$

Извор: EN 1993-1-1 Израз: 6.3.1.3, Јендачина: (6.51)

$$\lambda_{23.y} := \frac{v_y \cdot l_0 \cdot \sqrt{\frac{A_{\text{eff}}}{A}}}{i_y} \quad \lambda_{23.y} = 47.91 \quad \lambda_{23.z} := \frac{v_z \cdot l_0 \cdot \sqrt{\frac{A_{\text{eff}}}{A}}}{i_z} \quad \lambda_{23.z} = 30.98 \quad \lambda_1 = 76.41$$

$$\lambda_{\text{max}} := \max(\lambda_{23.y}, \lambda_{23.z}) \quad \lambda_B := \frac{\lambda_{\text{max}}}{\lambda_1} \quad \lambda_B = 0.63$$

Крива с: $\alpha_f := 0.49$

$$\Phi_f := \frac{1 + \alpha_f (\lambda_B - 0.2) + \lambda_B^2}{2} \quad \chi_B := \frac{1}{\Phi_f + \sqrt{\Phi_f^2 - \lambda_B^2}} \quad \chi_B = 0.77$$

$$S_{23.Ed} = -10644.3 \text{ kN}$$

Искорштеност:

$$N_{b.Rd} := \frac{\chi_B \cdot A_{\text{eff}} \cdot f_{yS355}}{\gamma_{M1}} \quad N_{b.Rd} = 12169.85 \text{ kN}$$

$$\frac{|S_{23.Ed}|}{N_{b.Rd}} = 87\%$$

 Извијање_штапа_23 (=: $S_{23.Ed} < N_{b.Rd}$, "Зад.!" , "Не зад.!")

Дијагонала (2-3)

Buckling_of_Bar_23_is = "Safe!"

Притисак + савијање поп. пресека класа 3

Дијагонала (2-3)

$$S_{23.Ed} = -10644.3 \text{ kN} \quad M_{y23.Ed} = -388.7 \text{ kNm} \quad M_{z23.Ed} = 288.04 \text{ kNm}$$

$$V_{y23.Ed} := 29.7 \text{ kN}$$

$$\sigma_{N.M.Ed} := \frac{S_{23.Ed}}{A} + \frac{M_{y23.Ed}}{W_y} \quad \sigma_{N.M.Ed} = -283.07 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$V_{z23.Ed} := 61.5 \text{ kN}$$

$$\sigma_{N.M.Rd} := \frac{f_{yS355}}{\gamma_{M1}} \quad \sigma_{N.M.Rd} = 322.73 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Искорштеност:

$$\frac{|\sigma_{N.M.Ed}|}{\sigma_{N.M.Rd}} = 87.71\%$$

 Притисак_савијање := ($|\sigma_{N.M.Ed}| < \sigma_{N.M.Rd}$, "Зад.!" , "Не зад.!")

Притисак_савијање = "Задовољава!"

Притисак, савијање и смицање дијагонале (2-3)

Метода смањеног напона.

Фланша

$$\text{Интеракц}_N_M_T_{\text{Фланша}} := \left(\sigma'_{N_M_V_{23}}.Web < 1, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"} \right)$$

$$\text{Интеракц}_N_M_T_{\text{Фланша}} = \text{"Зад.!"}$$

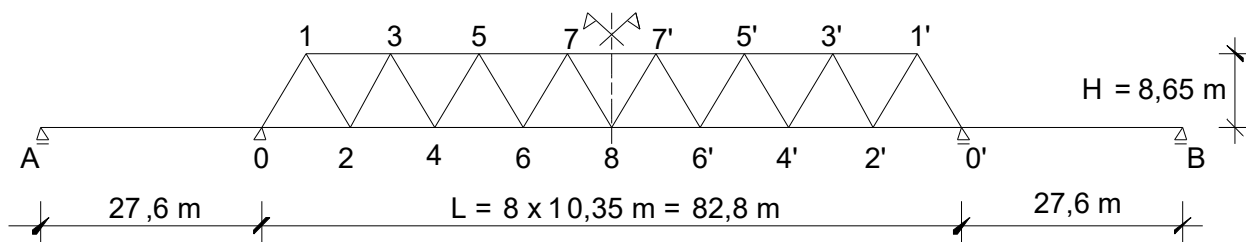
$$\sigma'_{N_M_T_{23}}.Фланша = 76.94\%$$

Ребро

$$\text{Интеракц}_N_M_T_{\text{Ребро}_\text{горњи}_\text{појас}} := \left(\sigma'_{N_M_V_{23}}.Web < 1, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"} \right)$$

$$\text{Интеракц}_N_M_T_{\text{Ребро}_\text{горњи}_\text{појас}} = \text{"Задовољава!"}$$

$$\sigma'_{N_M_T_{23}}.Ребро = 47.32\%$$

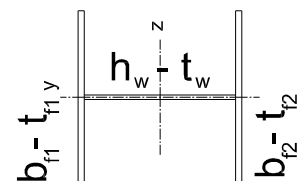

Прорачун дијагонале (3-4)

$$S_{34.Ed} := 10591 \text{ kN} \quad M_{y34.Ed} := -274 \cdot \text{kNm} \quad M_{z34.Ed} := 207.6 \text{ kNm} \quad V_{y34.Ed} := -79.2 \cdot \text{kN}$$

$$V_{z34.Ed} := -39.1 \text{ kN}$$

Димензије поп. пресека

Горња фланша:	Ребро:	Доња фланша:	
$t_{f1} = 25 \text{ mm}$	$t_w = 16 \text{ mm}$	$t_{f2} = 25 \text{ mm}$	Дебљина
$b_{f1} = 700 \text{ mm}$	$h_w = 650 \text{ mm}$	$b_{f2} = 700 \text{ mm}$	Дужина


Класификација поп. пресека дијагонала

Дијагонала (3-4)

Затегнут елемент, класификација попречног пресека није потребна.

Карактеристике поп. пресека

$$A = 454 \text{ cm}^2 \quad I_y = 142938.85 \text{ cm}^4 \quad I_z = 435470.8 \text{ cm}^4 \quad i_y = 17.74 \text{ cm} \quad i_z = 30.97 \text{ cm}$$

$$W_y = 4083.97 \text{ cm}^3 \quad W_z = 12442.02 \text{ cm}^3$$

Затезање (штап 3-4):

Дијагонала (3-4)

$$S_{34.Ed} = 10591 \text{ kN} \quad M_{y34.Ed} = -274 \text{ kNm} \quad M_{z34.Ed} = 207.6 \text{ kNm} \quad V_{y34.Ed} = -79.2 \text{ kN}$$

$$\sigma_{34.Ed} := \frac{S_{34.Ed}}{A} \quad \sigma_{34.Ed} = 233.28 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad V_{z34.Ed} = -39.1 \text{ kN}$$

Искорштеност :

$$\text{Макс_затезање_штап_34} := \left(|\sigma_{34.Ed}| < f_y S355 \div \gamma_{M0}, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"} \right) \frac{|\sigma_{34.Ed}|}{f_y S355 \div \gamma_{M0}} = 66\%$$

Макс_затезање_штап_34 = "Задовољава!"

Дијагонала (3-4)

Затезање + савијање

$$S_{34.Ed} = 10591 \text{ kN} \quad M_{y34.Ed} = -274 \text{ kNm} \quad M_{z34.Ed} = 207.6 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{34.N.M.Ed.1} := \frac{S_{34.Ed}}{A} + \frac{-M_{y34.Ed}}{W_y} \quad \sigma_{34.N.M.Ed.1} = 300.37 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{34.N.M.Ed.2} := \frac{S_{34.Ed}}{A} + \frac{M_{z34.Ed}}{W_{z.web}} \quad \sigma_{34.N.M.Ed.2} = 248.78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

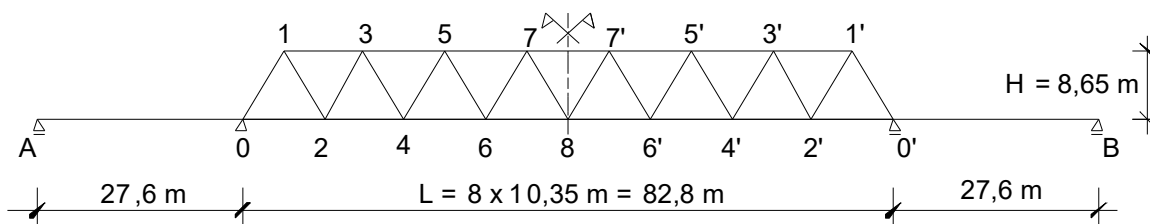
$$\sigma_{34.N.M.Ed} := \max(\sigma_{34.N.M.Ed.1}, \sigma_{34.N.M.Ed.2}) \quad \sigma_{34.N.M.Ed} = 300.37 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Искорштеност :}$$

$$\sigma_{N.M.Rd} := \frac{f_y S355}{\gamma_{M1}} \quad \sigma_{N.M.Rd} = 322.73 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \frac{|\sigma_{34.N.M.Ed}|}{\sigma_{N.M.Rd}} = 93.07\%$$

Прорачун дијагонала (4-5)

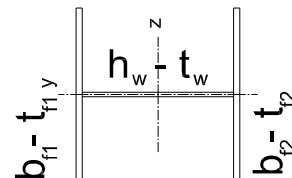
$$S_{45.Ed} := -6947.3 \text{ kN} \quad M_{y45.Ed} := -261.1 \text{ kNm} \quad M_{z45.Ed} := 565.63 \text{ kNm} \quad V_{y45.Ed} := 59.02 \text{ kN}$$

$$V_{z45.Ed} := 35.9 \text{ kN}$$



Димензије поп. пресека

Горња фланша:	Ребро:	Доња фланша:	Дебљина
$t_{f1} = 25 \text{ mm}$	$t_w = 16 \text{ mm}$	$t_{f2} = 25 \text{ mm}$	
$b_{f1} = 700 \text{ mm}$	$h_w = 650 \text{ mm}$	$b_{f2} = 700 \text{ mm}$	Дужина


Класификација поп. пресека дијагонале

Класа поп. пресека

Дијагонала (4-5)

Класа_ребра = 4 Класа_фланше = 4

Класа_дијагонале_45 := max (Класа_ребра, Класа_фланше)

Класа_дијагонале_45 = 4

Карактеристике попречног пресека

Дијагонала (4-5)

$$A = 454 \text{ cm}^2 \quad A_{\text{eff}} = 399.3 \text{ cm}^2 \quad I_y = 142938.85 \text{ cm}^4 \quad I_z = 435470.8 \text{ cm}^4 \quad i_y = 17.74 \text{ cm}$$

$$i_z = 30.97 \text{ cm} \quad W_y = 4083.97 \text{ cm}^3 \quad W_z = 12442.02 \text{ cm}^3$$

Притисак (штапа 4-5):

$$S_{45.Ed} = -6947.3 \text{ kN} \quad M_{y45.Ed} = -261.1 \text{ kNm} \quad M_{z45.Ed} = 565.63 \text{ kNm} \quad V_{y45.Ed} = 59.02 \text{ kN}$$

$$\sigma_{45.Ed} := \frac{S_{45.Ed}}{A} \quad \sigma_{45.Ed} = -153.02 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad V_{z45.Ed} = 35.9 \text{ kN}$$

 Макс_притисак_штапа_45 := ($|\sigma_{45.Ed}| < f_{yS355} \div \gamma_{M0}$, "Safe!", "Not safe!") Искорштеност:

$$\text{Макс_притисак_штапа_45} = \text{"Задовољава!"} \quad \frac{|\sigma_{45.Ed}|}{f_{yS355} \div \gamma_{M0}} = 43\%$$

Извијање

$$v_y := 0.9 \quad v_z := 1.0 \quad l_0 = 9.96 \text{ m} \quad \text{Дијагонала (4-5)}$$

$$\lambda_{23.y} := \frac{v_y \cdot l_0 \cdot \sqrt{\frac{A_{\text{eff}}}{A}}}{i_y} \quad \lambda_{23.y} = 47.37 \quad \lambda_{23.z} := \frac{v_z \cdot l_0 \cdot \sqrt{\frac{A_{\text{eff}}}{A}}}{i_z} \quad \lambda_{23.z} = 30.15 \quad f_{yS355} = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_1 = 76.41$$

$$\lambda_{\max} := \max(\lambda_{23.y}, \lambda_{23.z})$$

$$\lambda_B := \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_1}$$

$$\lambda_B = 0.62$$

Дијагонала (4-5)

Крива с: $\alpha_f := 0.49$

$$\Phi_f := \frac{1 + \alpha_f(\lambda_B - 0.2) + \lambda_B^2}{2}$$

$$\chi_B := \frac{1}{\Phi_f + \sqrt{\Phi_f^2 - \lambda_B^2}}$$

$$\chi_B = 0.77$$

$$S_{45.Ed} = -6947.3 \text{ kN}$$

Искорштеност:

$$N_{b.Rd} := \frac{\chi_B \cdot A \cdot f_{yS355}}{\gamma_{M1}}$$

$$N_{b.Rd} = 11333.62 \text{ kN}$$

$$\frac{|S_{45.Ed}|}{N_{b.Rd}} = 61\%$$

 Извијање_штапа_45 (=: $S_{23}|_{Ed} < N_{b.Rd}$, "Зад.!" , "Не зад.!")

Извијање_штапа_45 = "Задовољава!"

Притисак, савијање и смицање дијагонале (4-5)

Дијагонала (4-5)

Метода смањеног напона.

Фланша

 Интеракц_Н_М_Т_Фланша := ($\sigma'_{N_M_V_45.Фланша} < 1$, "Зад.!" , "Не зад.!")

Интеракц_Н_М_В_Фланша = "Зад.!"

$$\sigma'_{N_M_V_45.Фланша} = 45.2\%$$

Ребро

 Интеракц_Н_М_Т_Горњи_појас_ребра := if $\sigma' (N_M_V_23.Web < 1$, "Safe!" , "Not Safe!")

Интеракц_Н_М_Т_Горњи_појас_ребра = "Задовољава!"

$$\sigma'_{N_M_V_45.Ребро} = 36.69\%$$

Прорачун дијагонале (5-6)

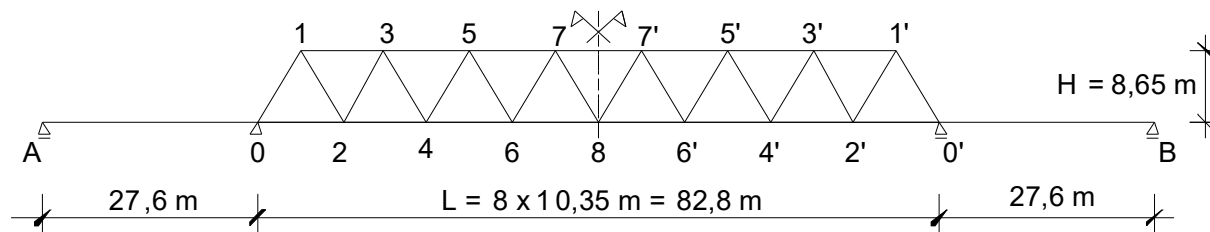
$$S_{56.Ed} := 6717.8 \text{ kN}$$

$$M_{y56.Ed} := -173.5 \text{ kNm}$$

$$M_{z56.Ed} := 158 \text{ kNm}$$

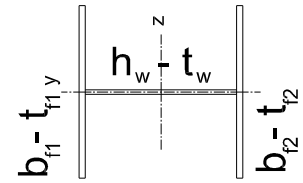
$$V_{y56.Ed} := -70.2 \text{ kN}$$

$$V_{z56.Ed} := -18.1 \text{ kN}$$



Димензије поп. пресека

Горња фланша:	Ребро:	Доња фланша:	
$t_{f1} := 20\text{mm}$	$t_w := 16\text{mm}$	$t_{f2} := 20\text{mm}$	Дебљина
$b_{f1} := 600\text{mm}$	$h_w := 510\text{mm}$	$b_{f2} := 600\text{mm}$	Дужина


Класификација попречног пресека дијагонале

Дијагонала (5-6)

Штап је притиснут, класификација попречног пресека је непотребна.

Карактеристике попречног пресека

$$A = 321.6\text{cm}^2 \quad I_y = 72017.41\text{cm}^4 \quad I_z = 435470.8\text{cm}^4 \quad i_y = 14.96\text{cm} \quad i_z = 36.8\text{cm}$$

$$W_y = 2400.58\text{cm}^3 \quad W_z = 15835.3\text{cm}^3 \quad \text{Дијагонала (5-6)}$$

Притисак (Штапа 5-6):

$$S_{56.Ed} = 6717.8\text{kN} \quad M_{y56.Ed} = -173.5\text{kNm} \quad M_{z56.Ed} = 158\text{kNm} \quad V_{y56.Ed} = -70.2\text{kN}$$

$$\sigma_{56.Ed} := \frac{S_{56.Ed}}{A} \quad \sigma_{56.Ed} = 208.89 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad V_{z56.Ed} = -18.1\text{kN}$$

$$\text{Макс_притисак_штапа_56} := \left(|\sigma_{56.Ed}| < f_{yS355} \div \gamma_{M0}, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"} \right)$$

$$\text{Макс_притисак_штапа_56} = \text{"Зад.!"}$$

Искорштеност:

$$\frac{|\sigma_{56.Ed}|}{f_{yS355} \div \gamma_{M0}} = 59\%$$

Притисак + савијање (Шатп 5-6)

$$S_{56.Ed} = 6717.8\text{kN} \quad M_{y56.Ed} = -173.5\text{kNm} \quad M_{z56.Ed} = 158\text{kNm}$$

$$\sigma_{N.M.Ed.1} := \frac{S_{56.Ed}}{A} + \frac{-M_{y56.Ed}}{W_y} \quad \sigma_{N.M.Ed.1} = 281.16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{Дијагонала (5-6)}$$

$$\sigma_{N.M.Ed.2} := \frac{S_{56.Ed}}{A} + \frac{M_{z56.Ed}}{W_{z.web}} \quad \sigma_{N.M.Ed.2} = 218.14 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{N.M.Ed} := \max(\sigma_{N.M.Ed.1}, \sigma_{N.M.Ed.2}) \quad \sigma_{N.M.Ed} = 281.16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{N.M.Rd} := \frac{f_{yS355}}{\gamma_{M1}} \quad \sigma_{N.M.Rd} = 322.73 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

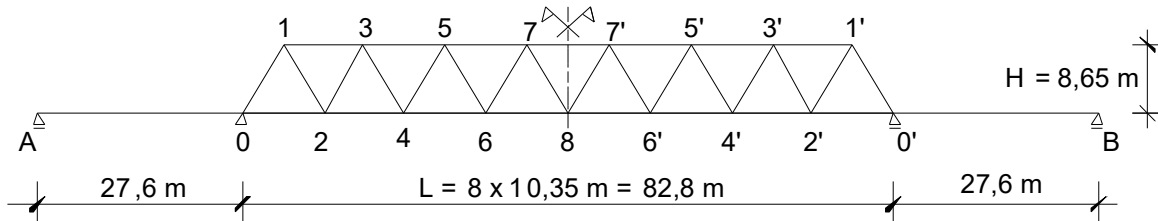
Дијагонала (5-6)

Искориштеност :

Притисак_и_савијање := $\left(\left| \sigma_{N.M.Ed} \right| < \sigma_{N.M.Rd}, "Зад.!", "Не зад.!" \right)$

$$\frac{\left| \sigma_{N.M.Ed} \right|}{\sigma_{N.M.Rd}} = 87.12\%$$

Притисак_и_савијање = "Задовољава!"



Прорачун дијагонале (6-7)

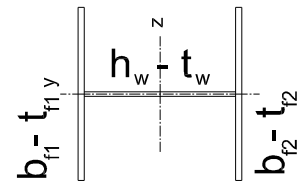
Прорачун (6-7)

$S_{67.Ed} := -3381\text{kN}$ $M_{y67.Ed} := -146.2\text{kNm}$ $M_{z67.Ed} := 257.8\text{kNm}$ $V_{y67.Ed} := 26.1\text{kN}$

Димензије поп. пресека

$V_{z67.Ed} := 12.8\text{kN}$

Горња фланша:	Ребро:	Доња фланша:	
$t_{f1} = 25\text{ mm}$	$t_w = 16\text{ mm}$	$t_{f2} = 25\text{ mm}$	Дебљина
$b_{f1} = 700\text{ mm}$	$h_w = 650\text{ mm}$	$b_{f2} = 700\text{ mm}$	Дужина



Класификација попречног пресека дијагонале

Класа попречног пресека

Дијагонала (6-7)

Класа_ребра = 4 Класа_горње_фланше = 4

Класа_дијагонале_67 := макс (Класа_ребра, Класа_фланше)

Класа_дијагонале = 4

Карактеристике поп. пресека

Дијагонала (6-7)

$A = 454\text{ cm}^2$ $A_{eff} = 399.3\text{ cm}^2$ $I_y = 142938.85\text{ cm}^4$

$I_z = 435470.8\text{ cm}^4$ $i_y = 17.74\text{ cm}$ $i_z = 30.97\text{ cm}$

$W_y = 4083.97\text{ cm}^3$ $W_z = 12442.02\text{ cm}^3$

Притисак (штап 6-7):

$$S_{67.Ed} = -3381 \text{ kN} \quad M_{y67.Ed} = -146.2 \text{ kNm} \quad M_{z67.Ed} = 257.8 \text{ kNm} \quad V_{y67.Ed} = 26.1 \text{ kN}$$

$$\sigma_{67.Ed} := \frac{S_{67.Ed}}{A_{eff}} \quad \sigma_{67.Ed} = -84.68 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad V_{z67.Ed} = 12.8 \text{ kN}$$

Макс_притисак_штапа_67 := ($|\sigma_{67.Ed}| < f_{yS355} \div \gamma_{M0}$, "Зад.!", "Не зад.!") Употребљивост:

Макс_притисак_штапа_67 = "Safe!" $\frac{|\sigma_{67.Ed}|}{f_{yS355} \div \gamma_{M0}} = 24\%$

Извијање

$$v_y := 0.9 \quad v_z := 1.0 \quad l_0 = 9.96 \text{ m} \quad \text{Дијагонале (6-7)}$$

$$\lambda_{23.y} := \frac{v_y \cdot l_0 \cdot \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}}{i_y} \quad \lambda_{23.y} = 47.37 \quad \lambda_{23.z} := \frac{v_z \cdot l_0 \cdot \sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}}{i_z} \quad \lambda_{23.z} = 30.15 \quad f_{yS355} = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_{max} := \max(\lambda_{23.y}, \lambda_{23.z}) \quad \lambda_B := \frac{\lambda_{max}}{\lambda_1} \quad \lambda_B = 0.62 \quad \text{Крива с: } \alpha_f := 0.49$$

$$\Phi_f := \frac{1 + \alpha_f (\lambda_B - 0.2) + \lambda_B^2}{2} \quad \chi_B := \frac{1}{\Phi_f + \sqrt{\Phi_f^2 - \lambda_B^2}} \quad \chi_B = 0.77$$

$$S_{67.Ed} = -3381 \text{ kN} \quad \text{Употребљивост:}$$

$$N_{b.Rd} := \frac{\chi_B \cdot A \cdot f_{yS355}}{\gamma_{M1}} \quad N_{b.Rd} = 11333.62 \text{ kN} \quad \frac{|S_{67.Ed}|}{N_{b.Rd}} = 30\%$$

Извијање_штапа_67 (:= $S_{67.Ed} < N_{b.Rd}$, "Зад.!", "Не зад.!") Дојагонала (6-7)

Извијање_штапа_67: = "Задовољава!"

Притисак, савијање и смицање дијагонале (6-7)

Дијагонала (6-7)

Метода смањеног напона.

Фланша

Интеракц_Н_М_Т_Фланша := ($\sigma'_{N_M_V_67.Web} < 1$, "Зад.!", "Не зад.!")

Интеракц_Н_М_Т_Фланша = "Задовољава!"

$\sigma'_{N_M_T_67.Фланша} = 11.67\%$

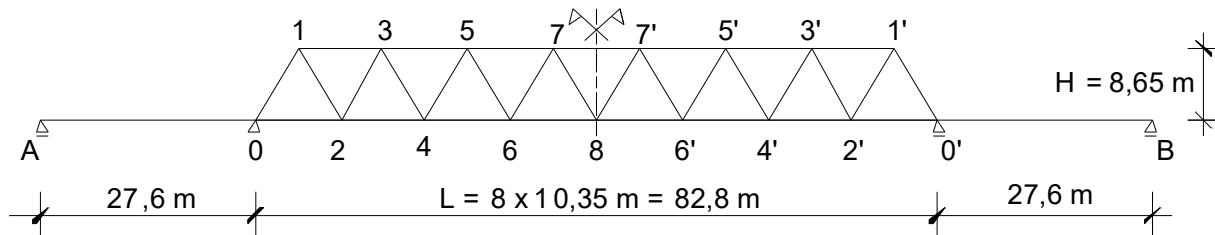
Ребро

Дијагонале (6-7)

Интеракц_{N_M_T_Ребро_горњи_појас} := $(\sigma'_{N_M_V_67.Ребро} < 1, "Зад.!", "Не зад.!")$
 Interaction_{N_M_V_Top_Fibre_of_web_panel} = "Safe!"

$\sigma'_{N_M_T_67.Ребро} = 8.45\%$

Прорачун дијагонале (7-8)

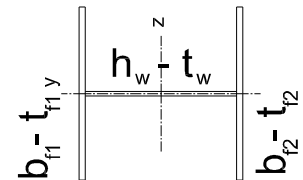


$S_{67.Ed} := 3153.3\text{kN}$ $M_{y67.Ed} := -67.95\text{kNm}$ $M_{z67.Ed} := 131.14\text{kNm}$ Дијагонале (7-8)

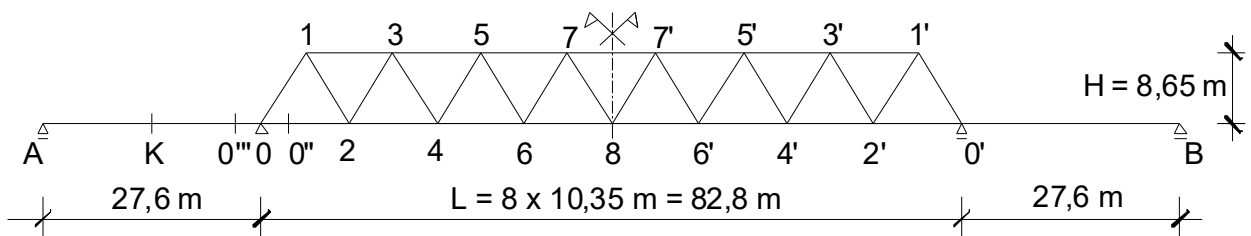
$V_{y67.Ed} := -62.9\text{kN}$ $V_{z67.Ed} := 2.53\text{kN}$

Димензије поп. пресека

Горња фланша :	Ребро:	Доња фланша :	
$t_{f1} = 25\text{ mm}$	$t_w = 16\text{ mm}$	$t_{f2} = 25\text{ mm}$	Дебљина
$b_{f1} = 700\text{ mm}$	$h_w = 650\text{ mm}$	$b_{f2} = 700\text{ mm}$	Дужина



Затегнут елемент. Задовољава услове!

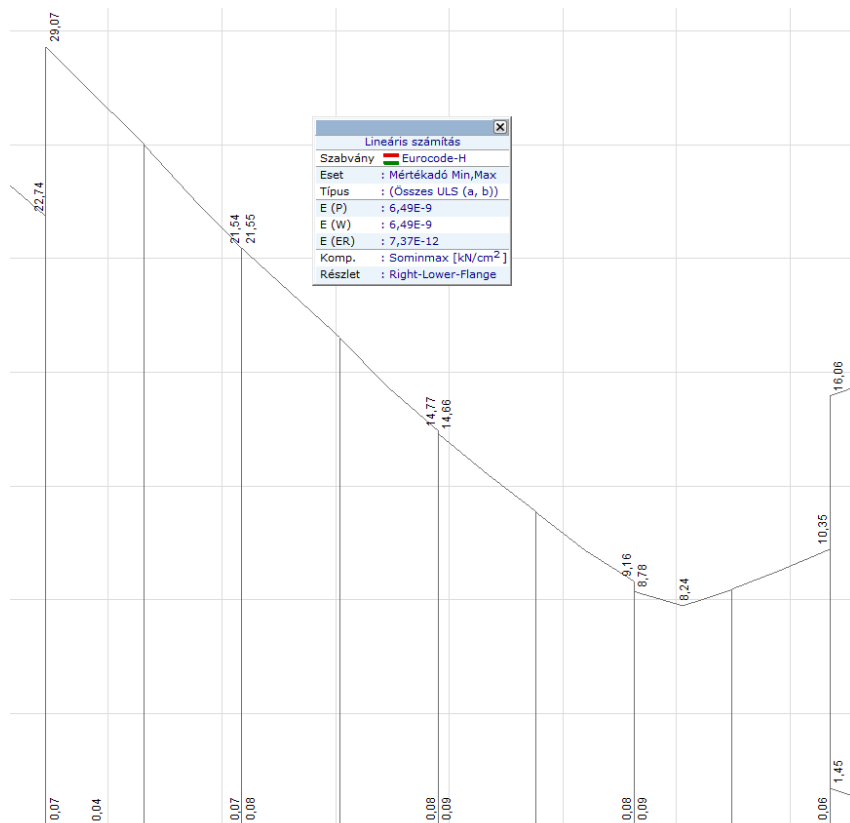


4.2.3. Прорачун доњег појаса

Штапови 0"- 2, 2 - 4, 4 - 6, 6 - 8.

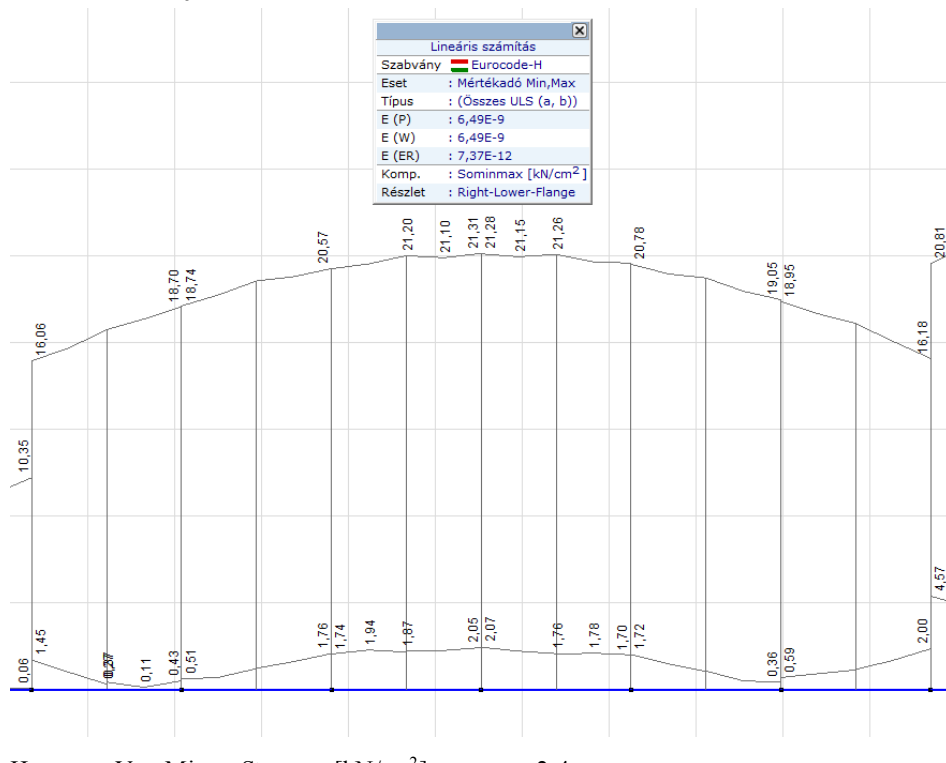
Напони доњег појаса - Von Mises

ГСН комбинације - напони

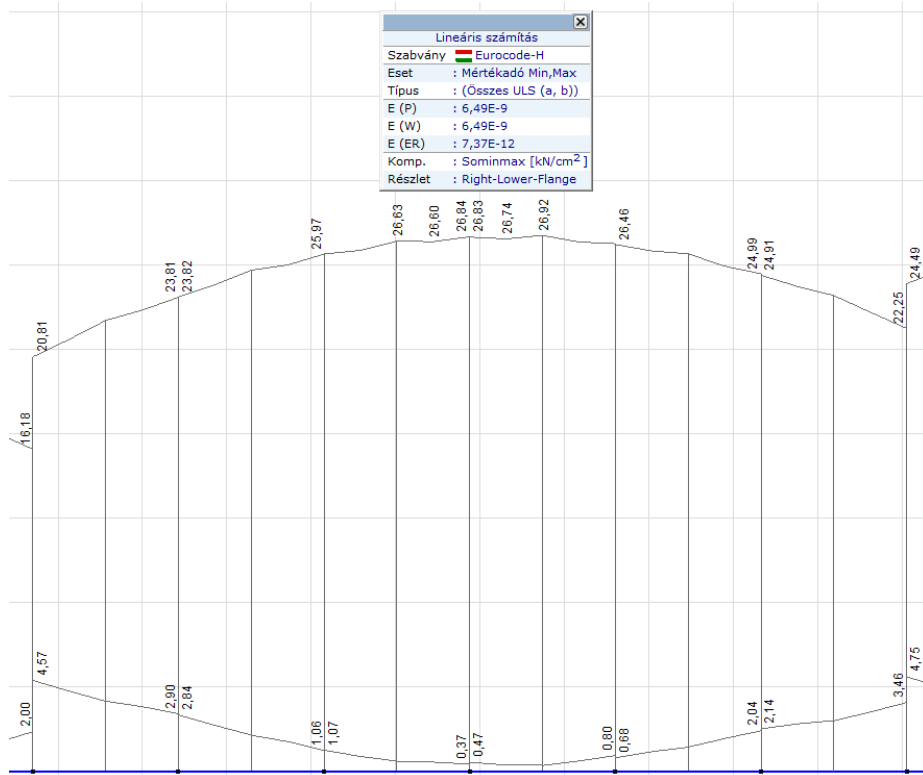


Напони - Von Mises σ_0 [kN/cm²] штапови 0"-2

ГСН комбинација - напони

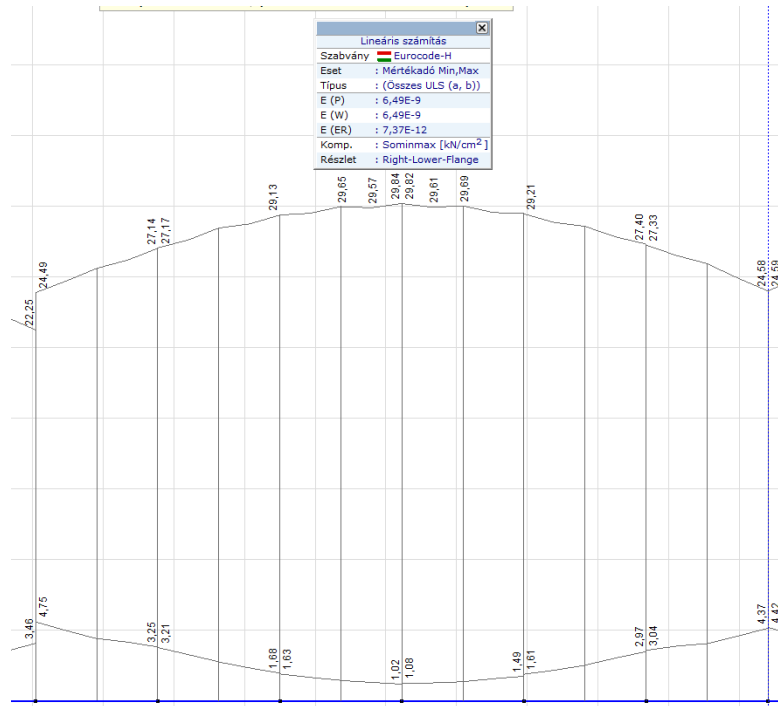


ГСН комбинација - напони



Напони - Von Miseses σ_0 [kN/cm²] штапови 4-6

ГСН комбинација - напони

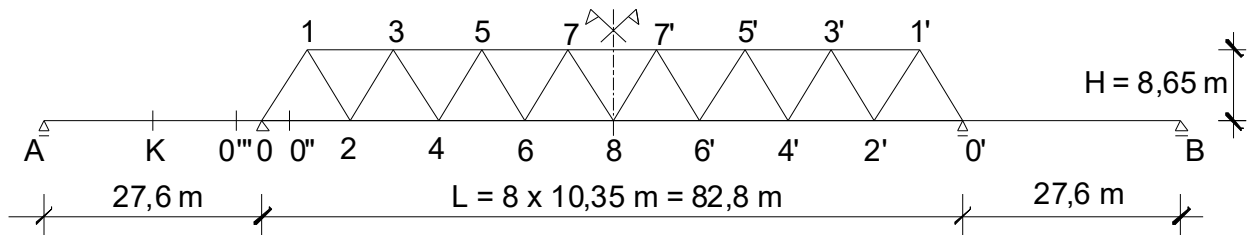


Напони - Von Miseses σ_0 [kN/cm²] штапови 6-8

Штапови: 0"- 2, 2 - 4, 4 - 6, 6 - 8.

Пошто су напони по методи Von Mises испод дозвољених граница $\frac{f_{yS355}}{\gamma_{M0}} = 355 \frac{N}{mm^2}$, штапови доњег појаса (0'' - 8) задовољавају услове.

Провера доњих фланши 6-8

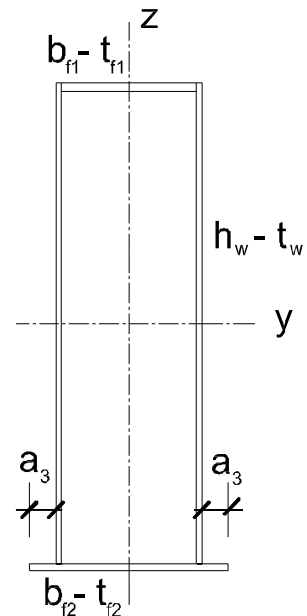


$$S_{68.Ed} := 32361 \text{ kN} \quad M_{y68.Ed} := 4069 \cdot \text{kNm}$$

$$M_{z68.Ed} := 145.7 \text{ kNm} \quad V_{y68.Ed} := 8.28 \text{ kN} \quad V_{z68.Ed} := 1024.4 \cdot \text{kN}$$

Димензије поп. пресека

Горња фланша:	Ребро:	Доња фланша:	
$t_{f1} = 40 \text{ mm}$	$t_w = 25 \text{ mm}$	$t_{f2} = 30 \text{ mm}$	Thickness
$b_{f1} = 650 \text{ mm}$	$h_w = 1970 \text{ mm}$	$b_{f2} = 1000 \text{ mm}$	Дужина
		$a_3 = 150 \text{ mm}$	



Скицирани поп. пресек је примењен за следеће штапове: 0''- 2, 2 - 4, 4 - 6, 6 - 8.

Карактеристике поп. пресека

$$A = 1545 \text{ cm}^2 \quad I_y = 8591724.8 \text{ cm}^4 \quad I_z = 1464031.25 \text{ cm}^4 \quad i_y = 74.57 \text{ cm} \quad i_z = 30.78 \text{ cm}$$

$$A_{f,доле} := A \quad A_{f,доле} = 1545 \text{ cm}^2 \quad \text{(затезање)}$$

$$\text{Опорни момент} \quad W_{y,горе} = 84499.35 \text{ cm}^3 \quad W_{y,доле} = 87383.54 \text{ cm}^3$$

Класификација поп. пресека

$$\text{Класа_ребра} = 4 \quad \text{Класа_горње_флаше} = 3 \quad \text{Класа_доње_фланше} = 3$$

Доњи појас 6-8

Класа поп. пресека

Класа_штапова_24 := (Web_Class_is, Горња_фланша, Доња_ фланша))

Класа_штапова_24 = 4 (Затегнут штап)

Затезање, савијање и смицање

$$S_{68.Ed} = 31304 \text{ kN} \quad M_{y68.Ed} = 4069 \text{ kNm} \quad M_{z68.Ed} = 145.7 \text{ kNm} \quad V_{z68.Ed} = 1024.4 \text{ kN}$$

$$\sigma_{x.Ed} := \frac{S_{68.Ed}}{A} + \frac{-M_{y68.Ed}}{W_{y.bottom}} + \frac{M_{z68.Ed}}{W_z} \quad \tau_w := V_{z68.Ed} \div (2 \cdot h_w \cdot t_w)$$

$$\sigma_{x.Ed} = 159.53 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \tau_w = 10.4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

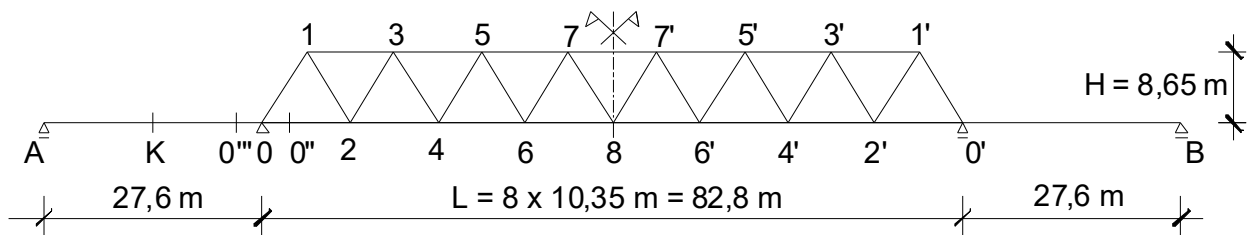
EN 1993-1-1 :2009 (6.2.1). Једначина 6.1.

$$\sigma_{Miseses_1} := \left(\frac{\sigma_{x.Ed}}{\frac{f_{yS355}}{\gamma_{M0}}} \right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau_w}{\frac{f_{yS355}}{\gamma_{M0}}} \right)^2 \quad \sigma_{Miseses_1} = 0.2$$

Доњи појас 6-8

 Услов_1 := (σ_{Miseses_1} < 1, "Зад.!", "Не зад.!")

Услов_1 = "Задовољава!"

4.2.4. Прорачун споја профилног гредног носача и решеткастог носача

Макс. М - N - T

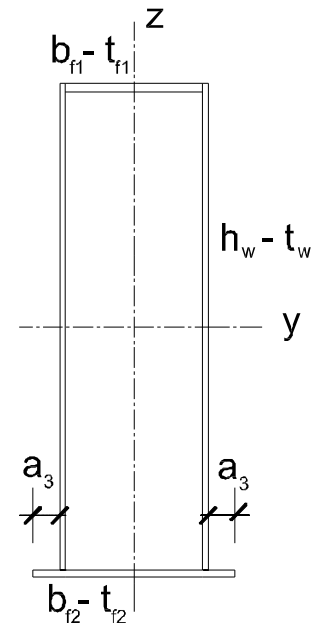
$$S_{00.Ed} := 247.2 \cdot \text{kN} \quad M_{y00.Ed} := 38263.6 \cdot \text{kNm} \quad M_{z00.Ed} := -389.6 \cdot \text{kNm}$$

$$V_{y00.Ed} := 163.54 \cdot \text{kN} \quad V_{z00.Ed} := -5592 \cdot \text{kN}$$

спој профлиног гредног носача и решеткастог носача (0''' - 0 - 0''')

Димензије поп. пресека

Горња фланша:	Ребро:	Доња фланша:	Дебљина
$t_{f1} = 40 \text{ mm}$	$t_w = 30 \text{ mm}$	$t_{f2} = 50 \text{ mm}$	
$b_{f1} = 640 \text{ mm}$	$h_w = 1970 \text{ mm}$	$b_{f2} = 1000 \text{ mm}$	Дужина
		$a_3 = 150 \text{ mm}$	



Димензије поп. пресека

$$A = 1938 \text{ cm}^2 \quad I_y = 10965144.5 \text{ cm}^4 \quad I_z = 1831434 \text{ cm}^4 \quad i_y = 75.22 \text{ cm} \quad i_z = 30.74 \text{ cm}$$

$$A_{f, \text{доле}} := A \quad A_{f, \text{доле}} = 1938 \text{ cm}^2$$

$$\text{Отпорни момент} \quad W_{y, \text{горе}} = 98068.89 \text{ cm}^3 \quad W_{y, \text{доле}} = 121579.12 \text{ cm}^3$$

$$W_z = 52326.69 \text{ cm}^3 \quad W_{z, \text{унутрашње}} = 57232.31 \text{ cm}^3$$

Класификација поп. пресека

$$\text{Класа_ребра_савијање_пртисак} = 3 \quad \text{Класа_ребра_притисак} = 4$$

$$\text{Класа_горња_фланша} = 1 \quad \text{Класа_доње_фланше} = 1$$

Класа поп. пресека

$$\text{Клас_штапа_00} := (\text{Web_class_is}, \text{Класа_горње_класе}, \text{Класа_доње_фланше})$$

$$\text{Класа_штапа_00} = 4$$

Доњи појас (0-0)

Савијање + притисак!

Доњи појас 0-0

Доња фланша је изложена дејству притиска, савијања и смицања

$$S_{00, Ed} = 247.2 \text{ kN} \quad M_{y00, Ed} = 38263.6 \text{ kNm} \quad M_{y00, Ed} = 38263.6 \text{ kNm} \quad V_{y00, Ed} = 163.54 \text{ kN}$$

$$\sigma_{x.Ed} = 320.25 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_w = -55.92 \frac{N}{mm^2}$$

$$V_{z00.Ed} = -5592 \text{ kN}$$

EN 1993-1-1 :2009 (6.2.1). Једначина 6.1.

$$\sigma_{Miseses_1} := \left(\frac{\sigma_{x.Ed}}{f_{yS355}} \right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau_w}{f_{yS355}} \right)^2 \quad \sigma_{Miseses_1} = 0.89$$

$$\text{Услов}_1 := \left(\sigma_{Miseses_1} < 1, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"} \right)$$

Доњи појас 0-0

Услов_1 = "Задовољава!"

Дебљина > 40 mm:

$$t_{f2} = 50 \text{ mm}$$

$$\sigma_{Miseses_2} := \left(\frac{\sigma_{x.Ed}}{f_{yS355.40mm}} \right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau_w}{f_{yS355.40mm}} \right)^2 \quad \sigma_{Miseses_2} = 1$$

$$\text{Услов}_2 := \left(\sigma_{Miseses_2} < 1, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"} \right)$$

Доњи појас 0-0

Услов_2 = "Задовољава!"

Притисак + савијање ребра

Доњи појас (0-0)

$$S_{00.Ed} = 247.2 \text{ kN} \quad M_{y00.Ed} = 38563.6 \text{ kNm} \quad M_{z00.Ed} = -389.6 \text{ kNm} \quad V_{00.Ed} := -5575 \text{ kN}$$

$$\sigma_{x.Ed} = -308.47 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau_w = -47.31 \frac{N}{mm^2}$$

EN 1993-1-1 :2009 (6.2.1). Једначина 6.1.

$$\sigma_{Miseses_1} := \left(\frac{\sigma_{x.Ed}}{f_{yS355}} \right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau_w}{f_{yS355}} \right)^2 \quad \sigma_{Miseses_1} = 0.81$$

$$\text{Услов}_1 := \left(\sigma_{Miseses_1} < 1, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"} \right)$$

$$t_w = 30 \text{ mm}$$

Услов_1 = "Задовољава!"

Дебљина > 40 mm:

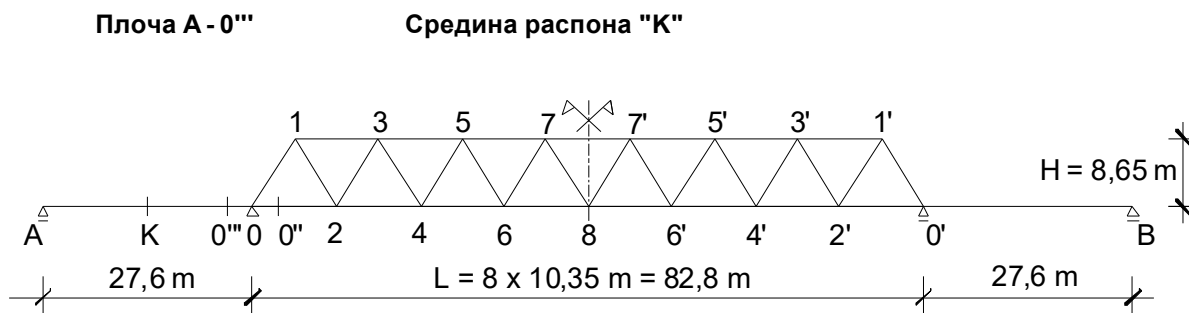
$$\sigma_{Miseses_2} := \left(\frac{\sigma_{x.Ed}}{f_{yS355.40mm}} \right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau_w}{f_{yS355.40mm}} \right)^2 \quad \sigma_{Miseses_2} = 0.91$$

$$\text{Услов}_2 := (\sigma_{\text{Miseses}_2} < 1, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"})$$

Услов₂ = "Задовољава!"

4.3. Прорачун гредног носача

4.3.1. Прорачун гредног носача на средини носача - тип "К"



$$S_{K.Ed} := -2082 \text{ kN}$$

$$M_{yK.Ed} := -18691.7 \text{ kNm}$$

$$M_{zK.Ed} := 27.9 \text{ kNm}$$

$$V_{yK.Ed} := -6.47 \text{ kN}$$

$$V_{zK.Ed} := 145.5 \text{ kN}$$

Димензије поп. пресека

Горња фланша:

Ребра:

Доња фланша:

$$t_{f1} = 40 \text{ mm}$$

$$t_w = 25 \text{ mm}$$

$$t_{f2} = 30 \text{ mm}$$

Дебљина

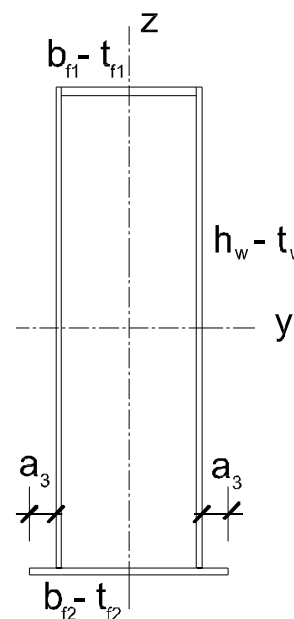
$$b_{f1} = 650 \text{ mm}$$

$$h_w = 1970 \text{ mm}$$

$$b_{f2} = 1000 \text{ mm}$$

Дужина

$$a_3 = 150 \text{ mm}$$



Сви попречни пресеци носача А-0' су истих димензија.

Карактеристике поп. пресека

Доњи појас А-0

$$A = 1545 \text{ cm}^2 \quad I_y = 8591739.36 \text{ cm}^4 \quad I_z = 1464031.25 \text{ cm}^4 \quad i_y = 74.57 \text{ cm} \quad i_z = 30.78 \text{ cm}$$

$$A_{f, \text{доле}} := A$$

$$A_{f, \text{доле}} = 1545 \text{ cm}^2$$

$$\text{Отпорни момент} \quad W_{y, \text{top}} = 84418.89 \text{ cm}^3$$

$$W_{y, \text{bottom}} = 87470.06 \text{ cm}^3$$

Класификација поп. пресека

Доњи појас А-0

$$\text{Web_Class_is} = 3 \quad \text{Top_flange_class_M_is} = 3$$

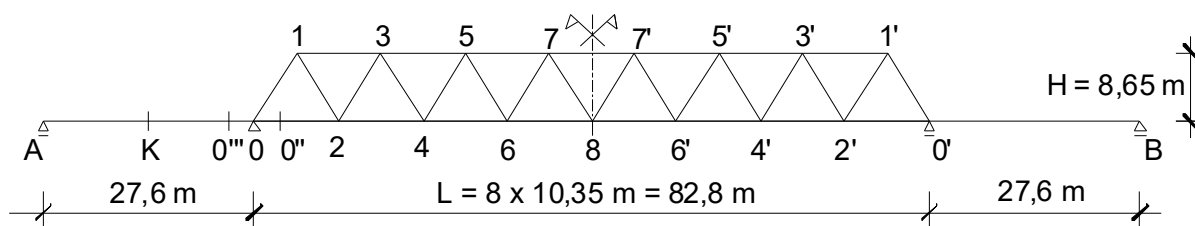
$$\text{Bottom_flange_class_M_is} = 3$$

Класа поп. пресека

Доњи појас А-0

Класа_доњег_појаса := (Web_Class_is, Горња_ фланша, Доња_ фланша)

Класа_доњег_појаса = 3



Затезање, савијање и смицање носача у средини распона (носач А-0)

$$S_{K.Ed} = -2082 \text{ kN} \quad M_{yK.Ed} = -18691.7 \text{ kNm} \quad M_{zK.Ed} = 27.9 \text{ kNm} \quad V_{zK.Ed} = 145.5 \text{ kN}$$

$$\sigma_{x.Ed} := \frac{S_{K.Ed}}{A} + \frac{M_{yK.Ed}}{W_{y.top}} + \frac{-M_{zK.Ed}}{W_z} \quad \tau_w := V_{zK.Ed} \div (2 \cdot h_w \cdot t_w)$$

$$\sigma_{x.Ed} = -235.56 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \tau_w = 1.48 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

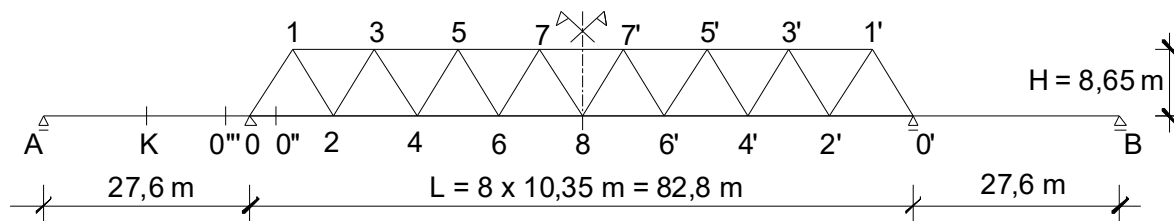
EN 1993-1-1 :2009 (6.2.1). Једначина 6.1.

$$\sigma_{Miseses_1} := \left(\frac{\sigma_{x.Ed}}{f_{yS355}} \right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau_w}{f_{yS355}} \right)^2 \quad \sigma_{Miseses_1} = 0.44$$

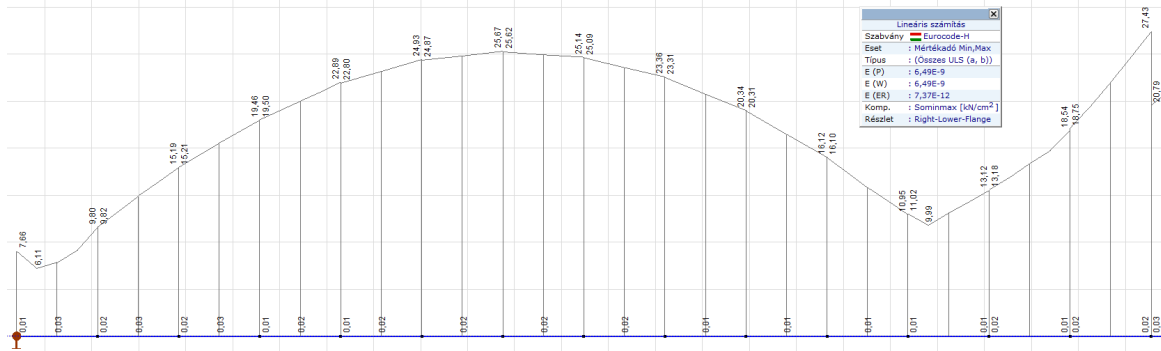
$$\text{Услов_1} := (\sigma_{Miseses_1} < 1, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"})$$

Услов_1 = "Задовољава!"

4.3.2. Провера дела А - 0



ГСН комбинација - напони



Von Miseses napioni σ_0 [kN/cm²] штап А - 0'''

Пошто су напони по методи Von Miseses испод дозвољених напона носач (А - 0''') задовољава услове.

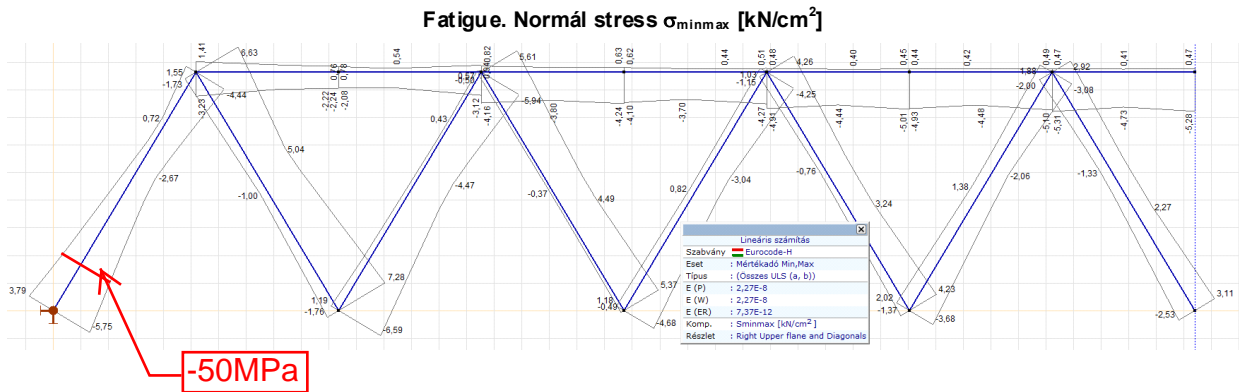
$$\frac{f_{yS355}}{\gamma_{M0}} = 355 \frac{N}{mm^2}$$

4.4. Замор

Динамички фактори

$\Phi_2 = 1$

$\Phi_3 = 1$



Дијагонала 0-1

Заварени носачи - фланша, ребро (деталј 71)

$$\Delta\sigma_{c.1} := 71 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{min} := -57.5 \cdot \frac{N}{mm^2} \qquad \sigma_{max} := 31.0 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$\Delta\sigma_{p.1} = 88.5 \frac{N}{mm^2}$$

$\gamma_{Ff} := 1.00$

$\gamma_{Mf} = 1.35 \qquad \Phi_2 = 1$

$\lambda_1 := 0.61$ (82,8 m распон)

$\lambda_2 := 1.1$ (Годишњи саобраћај 40*10⁶ t)

$\lambda_3 := 1.0$ (Животни век 100 год,)

$\lambda_4 := 1$ (Две траке, 1 - приближна вредност)

$$\lambda_{\max.1} := \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \quad \lambda_{\max.1} = 0.67$$

$$\lambda := \min(\lambda_{\max.1}, 1.4) \quad \lambda = 0.67$$

$$\text{Утицај} := \left| \lambda \cdot \Phi_2 \gamma_{FF} \Delta\sigma_{p.1} \right| \quad \text{Утицај} = 59.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Отпор} := \frac{\Delta\sigma_{c.1}}{\gamma_{Mf}} \quad \text{Отпор} = 52.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

!Долази до прекорачења на дејство замора, али узевши у обзир да је локација вара знатно изнад чвора у коме је приказан напон, па се може лако показати да је носивост адекватна.

Услов_1 := (Утицај < Отпор, "Зад.!", "Не зад.!")

Услов_1 = "Задовољава!"

Дијагонала 1-2

Аутоматско заваривање изведено је са обе стране.
Детаљ: 112.

$$\sigma_{\min} := 26.0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\max} := 72.0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Delta\sigma_{c.2} := 112 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\Delta\sigma_{p.2} := \left| \sigma_{\min} \right| + \left| \sigma_{\max} \right|$$

$$\Delta\sigma_{p.2} = 98 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Утицај} := \left| \lambda \cdot \Phi_2 \gamma_{FF} \Delta\sigma_{p.2} \right|$$

$$\text{Утицај} = 65.76 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Отпор} := \frac{\Delta\sigma_{c.2}}{\gamma_{Mf}}$$

$$\text{Носивост} = 83.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

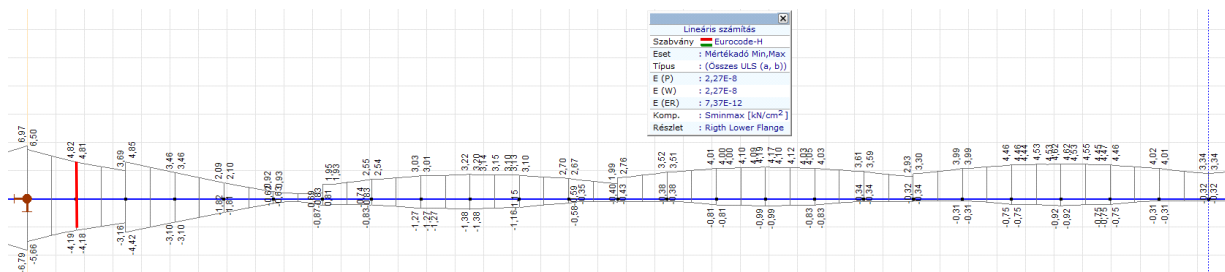
Искориштеност:

Услов_2 := (Утицај < Отпор, "Зад!", "Не зад.!")

$$\frac{\text{Утицај}}{\text{Носивост}} = 0.80$$

Услов_2 = "Задовољава!"

Замор. Доњи појас. Нормални напони $\sigma_{\min\max}$ [kN/cm²]



Заварени носачи - фланша, ребро (детаљ 71)

$$\Delta\sigma_{c.1} = 71 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\min} = -38.0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\max} = 42.0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Осноцац 0-0"

$$\Delta\sigma_{p,1} = 80.0 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Утицај} := \left| \lambda \cdot \Phi_2 \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{p,1} \right|$$

$$\text{Утицај} = 53.6 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Отпор} := \frac{\Delta\sigma_{c,2}}{\gamma_{Mf}}$$

$$\text{Отпор} = 52.6 \frac{N}{mm^2}$$

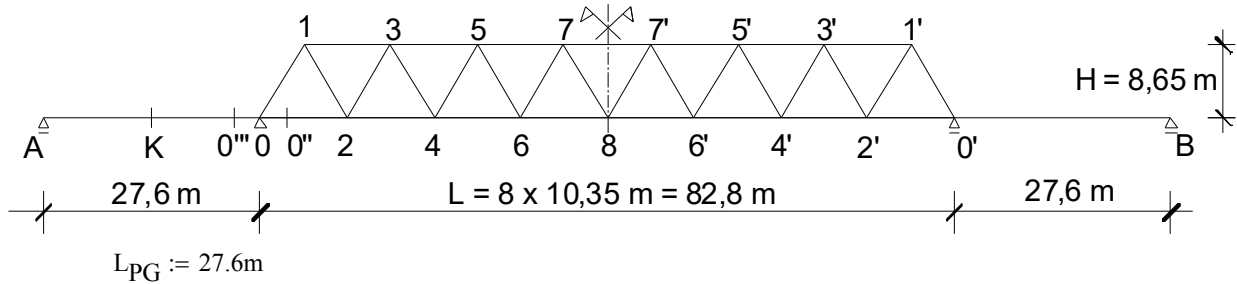
Искориштеност:

$$\text{Услов}_1 := (\text{Утицај} < \text{Отпор}, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"})$$

$$\text{Услов}_1 = \text{"Задовољава!"}$$

$$\frac{\text{Утицај}}{\text{Отпор}} \text{ са.} 1.00 \}$$

Гредни носач

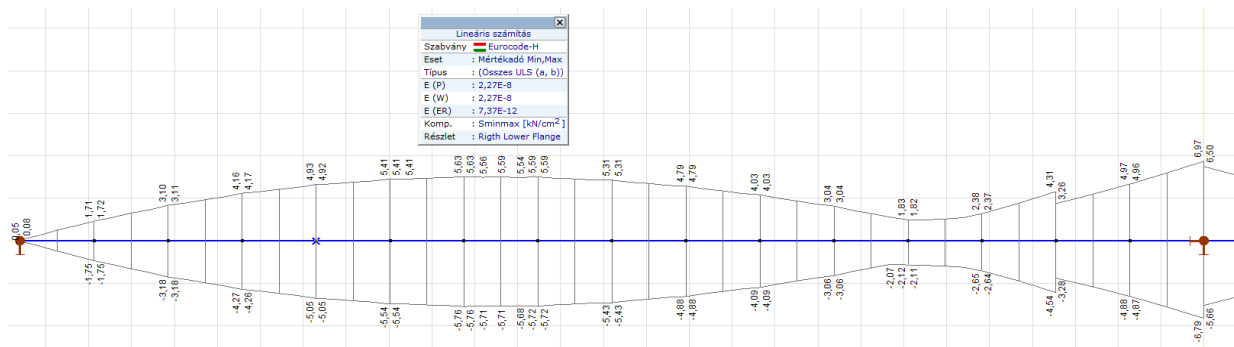


Динамички фактори

$$\Phi_2 = 1.16$$

$$\Phi_3 = 1.1$$

Замор, Плочасти носач, Нормални напони $\sigma_{\min\max}$ [kN/cm²]



$$\gamma_{Ff} := 1.00$$

$$\Phi_2 = 1.157$$

$$L_{PG} = 27.6 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = 0.655 \quad (27,6 \text{ m распон})$$

$$\lambda_2 := 1.1 \quad (\text{Годишњи саобраћај } 40 \cdot 10^6 \text{ t})$$

$$\lambda_3 := 1.0 \quad (\text{Животни век } 100 \text{ год.})$$

$$\lambda_4 := 1 \quad (\text{Две траке, } 1 - \text{приближна вредност})$$

$$\lambda_{\max.1} := \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \quad \lambda_{\max.1} = 0.72$$

$$\lambda := \min(\lambda_{\max.1}, 1.4) \quad \lambda = 0.72$$

Заварени носачи - плоча, фланша, ребро (деталј 71)

$$\Delta\sigma_{c.1} = 71 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{\min} := 0.1 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \gamma_{Mf} = 1.35 \quad \sigma_{\max} := 56.3 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$\Delta\sigma_{p.1} := |\sigma_{\min}| + |\sigma_{\max}| \quad \Delta\sigma_{p.1} = 56.4 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Утицај} := |\lambda \cdot \Phi_2 \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{p.1}| \quad \text{Утицај} = 47.02 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Отпор} := \frac{\Delta\sigma_{c.1}}{\gamma_{Mf}} \quad \text{Отпор} = 52.6 \frac{N}{mm^2}$$

Искориштеност

$$\text{Услов_PG1} := (\text{Утицај} < \text{Отпор}, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"})$$

$$\frac{\text{Утицај}}{\text{Отпор}} = 0.8$$

$$\text{Услов_PG1} = \text{"Задовољава!"}$$

Плочести носач. Аутоматско заваривање изведено је са обе стране.
 Деталј: 112.

$$\Delta\sigma_{c.2} := 112 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{\min} := 0.1 \cdot \frac{N}{mm^2} \quad \sigma_{\max} := 56.3 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$\Delta\sigma_{p.2} = 56.36 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Утицај} := |\lambda \cdot \Phi_2 \gamma_{Ff} \Delta\sigma_{p.2}| \quad \text{Утицај} = 46.99 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Отпор} := \frac{\Delta\sigma_{c.2}}{\gamma_{Mf}} \quad \text{Отпор} = 97.39 \frac{N}{mm^2}$$

Искориштеност

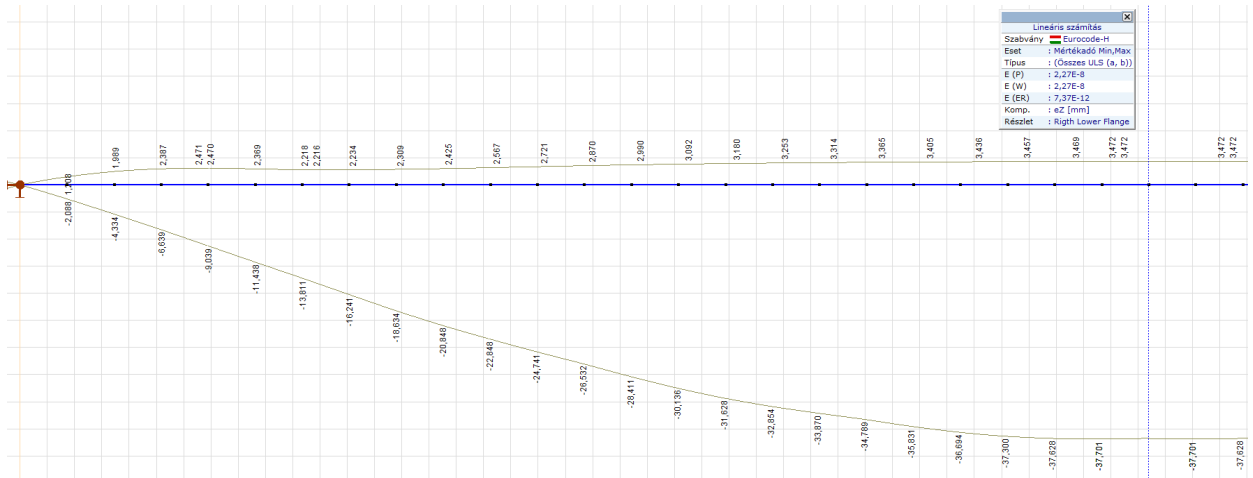
$$\text{Услов_PG} := (\text{Утицај} < \text{Отпор}, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"})$$

$$\frac{\text{Утицај}}{\text{Отпор}} = 0.48$$

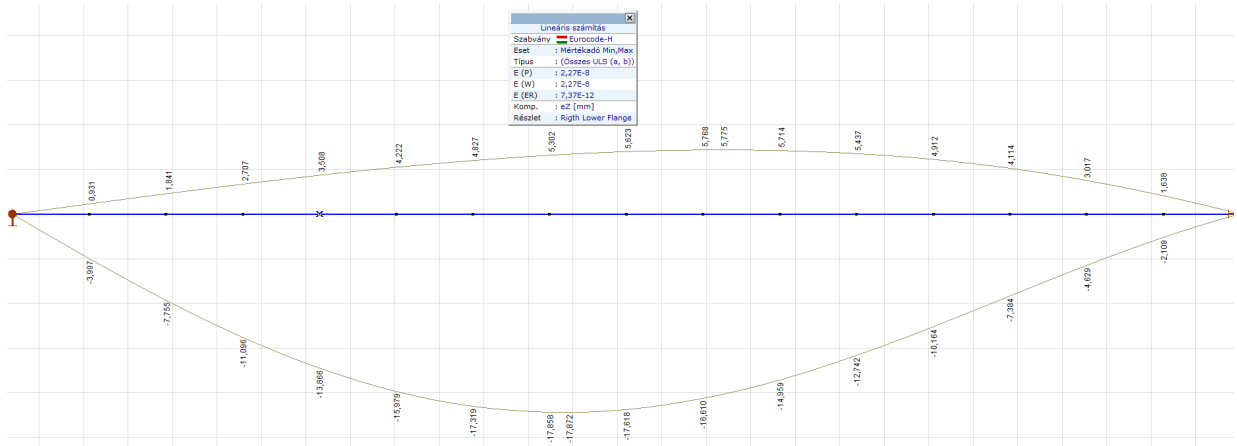
$$\text{Услов_PG} = \text{"Задовољава!"}$$

4.5. Угиб

Угиб решетке. e_z [mm]



Угиб плоче. e_z [mm]



$$L = 82.8 \text{ m} \quad e_z := 37.7 \text{ mm} \quad e_{z.\text{limit}} := \frac{L}{1100} \quad e_{z.\text{limit}} = 75.27 \text{ mm}$$

$$\text{Угиб}_{83\text{m}} := (e_z < e_{z.\text{limit}}, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"})$$

$$\text{Угиб}_{83\text{m}} = \text{"Зад.!"}$$

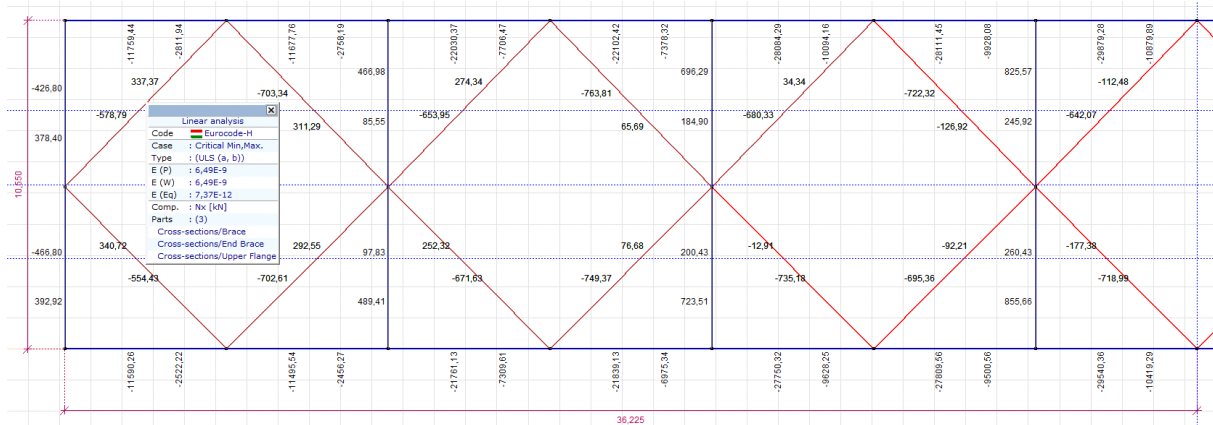
$$L_{PG} = 27.6 \text{ m} \quad e_z := 17.67 \text{ mm} \quad e_{z.\text{limit}} := \frac{L_{PG}}{1100} \quad e_{z.\text{limit}} = 25.09 \text{ mm}$$

$$\text{Угиб}_{28\text{m}} := (e_z < e_{z.\text{limit}}, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"})$$

$$\text{Угиб}_{28\text{m}} = \text{"Задовољава!"}$$

5.0. Прорачун затега горњег појаса

Спрег против ветра

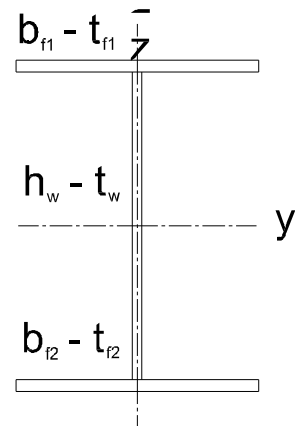


Провера дијагонале

$$N_{Ed} := -800 \text{ kN} \quad L_1 = 5.71 \text{ m}$$

Димензије поп. пресека

$$\begin{aligned} t_{f1} &= 16 \text{ mm} & t_w &= 12 \text{ mm} & t_{f2} &= 16 \text{ mm} \\ b_{f1} &= 300 \text{ mm} & h_w &= 568 \text{ mm} & b_{f2} &= 300 \text{ mm} \\ A &= 164.16 \text{ cm}^2 & i_y &= 24.71 \text{ cm} & i_z &= 6.63 \text{ cm} \end{aligned}$$



Извијање

$$v_y := 1 \quad v_z := 1 \quad L_1 = 5.71 \text{ m} \quad i_y = 24.71 \text{ cm} \quad i_z = 6.63 \text{ cm} \quad \lambda_1 = 7(1.41)$$

$$\lambda_{WB,y} := \frac{v_y \cdot L_1}{i_y} \quad \lambda_{WB,y} = 23.12 \quad \lambda_{WB,z} := \frac{v_z \cdot L_1}{i_z} \quad \lambda_{WB,z} = 86.21 \quad f_{yS355} = 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\lambda_{\max} := \max(\lambda_{WB,y}, \lambda_{WB,z}) \quad \lambda_B := \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_1} \quad \lambda_B = 1.13$$

Крива "с": $\alpha_f := 0.49$

$$\Phi_f := \frac{1 + \alpha_f (\lambda_B - 0.2) + \lambda_B^2}{2} \quad \chi_B := \frac{1}{\Phi_f + \sqrt{\Phi_f^2 - \lambda_B^2}} \quad \chi_B = 0.47$$

$$N_{Ed} = -800 \text{ kN}$$

Спрег против ветра

$$N_{b.WB.Rd} := \frac{\chi_B \cdot A \cdot f_{yS355}}{\gamma_{M1}} \quad N_{b.WB.Rd} = 2486.81 \text{ kN}$$

$$\text{Извијање_спрега} := \left(|N_{Ed}| < N_{b.WB.Rd}, \text{"Зад.!"}, \text{"Не зад.!"} \right)$$

Употребљивост

$$\frac{|N_{Ed}|}{N_{b.WB.Rd}} = 32\%$$

Извијање_спрега = "Задовољава!"

**СТАТИЧКИ ПРОРАЧУН
ПОСТОЈЕЋЕГ МОСТА**

САДРЖАЈ

1. Улазни ПОДАЦИ
 - 1.1. Опис конструкције и конструктивног система
 - 1.2. Примењени стандарди
 - 1.3. Карактеристике материјала
 - 1.3.1. Карактеристичне и просечне вредности
 - 1.3.2. Рачунске вредности
2. ОПТЕРЕЋЕЊА
 - 2.1. Стална оптерећења
 - 2.1.1. Сопствена тежина
 - 2.1.2. Скупљање
 - 2.1.3. Слегање
 - 2.1.4. Накнадно напрезање
 - 2.2. Променљива оптерећења
 - 2.2.1. Саобраћајно оптерећење
 - 2.2.1.1. Вертикално саобраћајно оптерећење
 - 2.2.1.2. Сила кочења и убрзања
 - 2.2.2. Температурни утицаји
 - 2.3. Непожељна дејства
 - 2.3.1. Сеизмички утицаји
3. КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОПРЕЧНОГ ПРЕСЕКА И КРУТОСТ
 - 3.1. Ефективни модул еластичности
4. ПРОВЕРА КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНАТА
 - 4.1. Провера граничног стања носивости
 - 4.1.1. Провера опторног момента у сталном рачунском стању
 - 4.1.2. Провера смичућег отпора и сталном рачунском стању
 - 4.1.3. Провера темељења (потпорне конструкције) у сеизмичком рачунском стању
 - 4.2. Провера граничног стања употребљивости
 - 4.2.1. Провера пукотина

1. УНОСНИ ПОДАЦИ

Статички прорачун се усредсређује на постојећи мост лоциран на каналу ДТД на стационажи 83+981 km, железничка линија Београд - Суботица и базирана је на прелиминарној анализи конструкције. Циљ ове прелиминарне анализе јесте да се потврди да ли постојећа конструкција задовољава конструктивне захтеве Еврокода.

Само један мост (са јендом железничким колосеком) је анализиран. Поменута анализа покрива горњи као и доњи строј конструкције.

Ослонци су означени словима од А до D (ослонац А је непокретан у подужном правцу). Распони су означени словима суседних ослонаца (нпр. распон ВС).

1.1. Опис конструкције и конструктивног система

Конструкција се састоји од два конструктивно независна моста (сваки носи по један колосек отвореног типа, тј. без застора и заједничке подконструкције)

Појединачни мост је непрекидна монолитна бетонска конструкција са три распона са правом подужном осом која се састоји од два Главна, правоугаона, преднапрегнута носача; размак главних носача износи 5,20 m дуж бочних распона и 5,57 m дуж главног распона.

Главни и попречни носачи су накнадно напрегнути са кабловима - (површине попречног пресека од 52 mm² за главни носач и 37 mm² за попречни носач).

Горњи строј конструкције подржавају челична лежишта (по два комада на сваком носачу). Подужно непокретна лежишта налазе се на месту једног обалног стуба; сва остала лежишта су покретна у подужном правцу. Сва лежишта су непокретна у попречном правцу. Један крај свих главних носача који су такође осиграни против одизања.

Стубови се састоје од зидова дебљине 1,85 m (за обалне стубове) и 1,70 m (за речне стубове).

Стубови су фундирани на Франки шиповима пречника 40 cm. За обалне стубове су инсталирана 52 шипа у три реда; за обалне стубове 65 шипа пет редова.

• Главни геометријски подаци

Распони: $L_{AB} := 32.21m$ $L_{BC} := 61.9m$ $L_{CD} := 32.21m$

Главни носач:

Конструктивна висина:

мин. дубина: $h_{mg.min} := 3.3 \cdot m$ (распони)

макс. дубина: $h_{mg.max} := 4.8 \cdot m$ (изнад стубова)

ширина: $b_{mg} := 1.25 \cdot m$

Главни попречни носачи:

Конструктивна висина:

мин.: $h_{mcg.min} := 1.28m$ (средишњи распон)

Макс.: $h_{mcg.max} := 1.88m$ (код главних носача)

ширина: $b_{mcg} := 0.40 \cdot m$

Носачи железничких

колосека: $h_{tg} := 0.95m$

Конструктивна висина: $b_{tg} := 0.30 \cdot m$

ширина:

Поп. носачи железничких

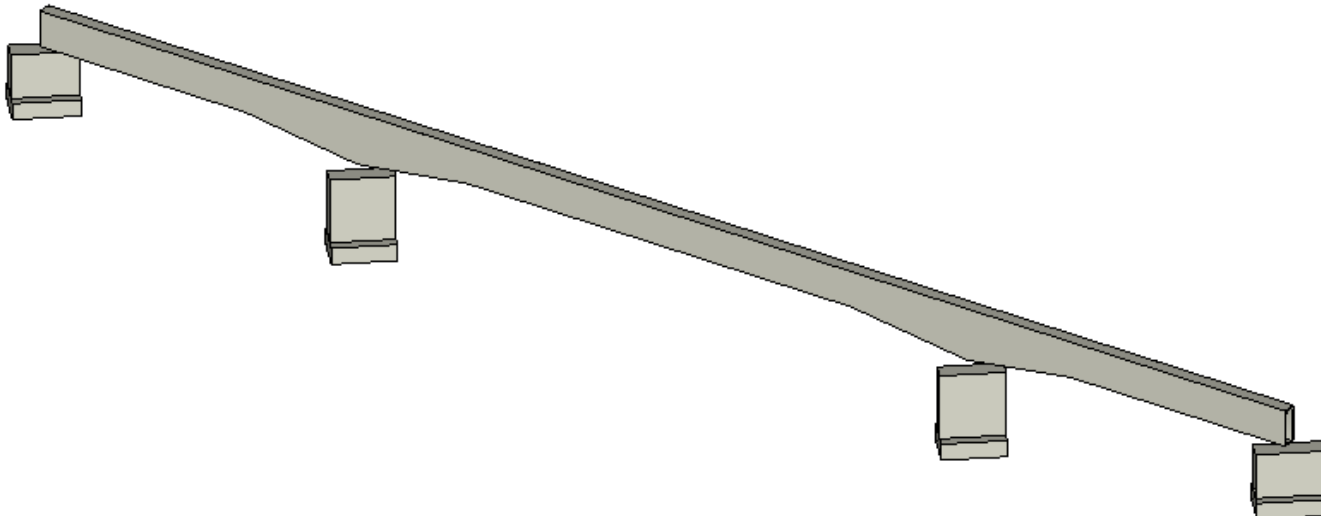
колосека: $h_{tcg} := 0.89m$

Конструктивна дубина: $b_{tcg} := 0.10 \cdot m$

ширина:

- **Конструктивни систем**

Главни носач: Три распона, континуална греда са слободном ротацијом изнад ослонаца. Монолитна (крута) веза између подужних и попречних носача (решеткисти систем).



Због подударања осе моста и осе колосека, за анализу се користи проста греда.

1.2. Примењени стандарди

EN 1991-2:2003 +AC:2010 Еврокод 1: Дејства на конструкције, Део 2: Саобраћајна оптерећења на мостовима
 EN 1992-1-1:2004 +AC:2008 +AC:2010 Еврокод 2: Пројектовање бетонских конструкција. Део 1-1: Општа правила и правила за зграде

EN 1992-2:2005 Еврокод 2: Пројектовање бетонских конструкција. Део 2: Бетонски мостови - Правила пројектовања и конструисања

EN 1998-1:2004 +AC:2009 Еврокод 8: Пројектовање сеизмички отпорних конструкција. Део 1: Општа правила, сеизмичка дејства и правила за зграде

EN 1998-2:2005 +AC:2010 +A1:2009 +A2:2011 Еврокод 8: Пројектовање сеизмички отпорних конструкција. Part 2: Мостови

1.3. Карактеристике материјала

1.3.1. Карактеристичне и просечне вредности

- **Бетон**

Горњи строј: **C35/45 (MB 500)**

Карактеристична вредност чврстоће: $f_{ck.35} := 35 \cdot \frac{N}{mm^2}$

Средња вредност чврстоће: $f_{cm.35} := f_{ck.35} + 8 \cdot \frac{N}{mm^2} = 43.0 \cdot \frac{N}{mm^2}$

Средња вредност при затезању: $f_{ctm.35} := 0.3 \cdot \left(f_{ck.35} \cdot \frac{mm^2}{N} \right)^{0.667} \cdot \frac{N}{mm^2} = 3.21 \cdot \frac{N}{mm^2}$

Доња каракт. вредност при затезању: $f_{ctk0.05.35} := 0.7 \cdot f_{ctm.35} = 2.25 \cdot \frac{N}{mm^2}$

Модул еластичности: $E_{cm.35} := 22000 \left(\frac{f_{cm.35} \cdot mm^2}{10 \cdot N} \right)^{0.3} \cdot \frac{N}{mm^2} = 34077 \cdot \frac{N}{mm^2}$

Дилатација бетона при притиску: $\epsilon_{c3.35} := 0.175\%$

Гранична дилатација бетона: $\epsilon_{cu3.35} := 0.35\%$
Доњи строј (горњи елементи): С20/25 (МВ 300)

 Карактеристична вредност чврстоће: $f_{ck.20} := 20 \cdot \frac{N}{mm^2}$

 Средња вредност чврстоће: $f_{cm.20} := f_{ck.20} + 8 \cdot \frac{N}{mm^2} = 28.0 \cdot \frac{N}{mm^2}$

 Средња вредност при затезању: $f_{ctm.20} := 0.3 \cdot \left(f_{ck.20} \cdot \frac{mm^2}{N} \right)^{0.667} \cdot \frac{N}{mm^2} = 2.21 \cdot \frac{N}{mm^2}$

 Доња каракт. вредност при затезању: $f_{ctk0.05.20} := 0.7 \cdot f_{ctm.20} = 1.55 \cdot \frac{N}{mm^2}$

 Модул еластичности: $E_{cm.20} := 22000 \left(\frac{f_{cm.20} \cdot mm^2}{10 \cdot N} \right)^{0.3} \cdot \frac{N}{mm^2} = 29962 \cdot \frac{N}{mm^2}$

 Дилатација бетона при притиску: $\epsilon_{c3.20} := 0.175\%$

 Гранична дилатација бетона: $\epsilon_{cu3.20} := 0.35\%$
Доњи строј (доњи елементи), темељ: С10/12 (МВ 160)

 Карактеристична вредност чврстоће: $f_{ck.10} := 10 \cdot \frac{N}{mm^2}$

 Средња вредност чврстоће: $f_{cm.10} := f_{ck.10} + 8 \cdot \frac{N}{mm^2} = 18.0 \cdot \frac{N}{mm^2}$

 Средња вредност при затезању: $f_{ctm.10} := 0.3 \cdot \left(f_{ck.10} \cdot \frac{mm^2}{N} \right)^{0.667} \cdot \frac{N}{mm^2} = 1.39 \cdot \frac{N}{mm^2}$

 Доња каракт. вредност при затезању: $f_{ctk0.05.10} := 0.7 \cdot f_{ctm.10} = 0.98 \cdot \frac{N}{mm^2}$

 Модул еластичности: $E_{cm.10} := 22000 \left(\frac{f_{cm.10} \cdot mm^2}{10 \cdot N} \right)^{0.3} \cdot \frac{N}{mm^2} = 26242 \cdot \frac{N}{mm^2}$

 Дилатација бетона при притиску: $\epsilon_{c3.10} := 0.175\%$

 Гранична дилатација бетона: $\epsilon_{cu3.10} := 0.35\%$
• Челик за армирање
В360 (С.52)
В240 (С.37)

 Карактеристична границе развлачења: $f_{yk.300} := 300 \cdot \frac{N}{mm^2}$
 $f_{yk.240} := 240 \cdot \frac{N}{mm^2}$

 Модул еластичности: $E_s := 200000 \cdot \frac{N}{mm^2}$
 $E_s := 200000 \cdot \frac{N}{mm^2}$

 Каракт. дилатација при макс. оптерећењу: $\epsilon_{s.uk} := 5.0\%$
 $\epsilon_{s.uk} := 5.0\%$

- **Челик за преднапрезање:**

Карактеристична затезна чврстоћа: $f_{pk} := 1600 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$

Каракт. граница течења (0,1% неповратна дилатација) $f_{p0.1k} := 0.85 \cdot f_{pk} = 1360 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$

Модул еластичности: $E_p := 200000 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$

Каракт. напрезање при макс. оптерећењу: $\epsilon_{p.uk} := 3.5\%$

Површина попречног пресека:

Главни носач (6φ5): $A_{p0.mg} := 6 \cdot \frac{5^2 \pi}{4} \text{mm}^2 = 118 \cdot \text{mm}^2$

Главни поп. носач (6φ7): $A_{p0.mcg} := 6 \cdot \frac{7^2 \pi}{4} \text{mm}^2 = 231 \cdot \text{mm}^2$

1.3.2. Рачунске вредности

- **Парцијални фактори:**

Стална и порменљива рачунска стања (сезмика):

Бетон: $\gamma_C := 1.5$

Челик за армирање и преднапрезање: $\gamma_S := 1.15$

- **Рачунске чврстоће**

Стална и порменљива рачунска стања (сезмика):

- **Бетон:**

Горњи строј: С50/60 (МВ 500)

Рач. чврстоћа при притиску: $f_{cd.35} := 0.85 \frac{f_{ck.35}}{\gamma_C} = 19.8 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$

Рач. затезна чврстоћа: $f_{ctd.35} := 1.0 \frac{f_{ctk0.05.35}}{\gamma_C} = 1.50 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$

Доњи строј (горњи елементни): С30/37 (МВ 300)

Рач. чврстоћа при притиску: $f_{cd.20} := 0.85 \frac{f_{ck.20}}{\gamma_C} = 11.3 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$

Рач. затезна чврстоћа: $f_{ctd.20} := 1.0 \frac{f_{ctk0.05.20}}{\gamma_C} = 1.03 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$

Доњи строј (доњи елементни), темељ: С16/20 (МВ160)

Рач. чврстоћа при притиску: $f_{cd.10} := 0.85 \frac{f_{ck.10}}{\gamma_C} = 5.7 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$

Рач. затезна чврстоћа: $f_{ctd.10} := 1.0 \frac{f_{ctk0.05.10}}{\gamma_C} = 0.65 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$

• Челик за армирање
B360 (C.52)
B240 (C.37)

Рач. затезна чврстоћа: $f_{yd.300} := \frac{f_{yk.300}}{\gamma_S} = 261 \cdot \frac{N}{mm^2}$

$f_{yd.240} := \frac{f_{yk.240}}{\gamma_S} = 209 \cdot \frac{N}{mm^2}$

 • Челик за преднапрезање:

Рач. затезна чврстоћа: $f_{pd} := \frac{f_{p0.1k}}{\gamma_S} = 1183 \cdot \frac{N}{mm^2}$

2. ОПТЕРЕЋЕЊА

Гранична оптерећења су узета у обзир у прелиминарној анализи.

2.1. Стална дејства

2.1.1. Сопствена тежина

 • Парцијални фактору

Провера чврстоће (STR):

 пожељна дејства: $\gamma_{G.inf} := 1.0$

 непожељна дејства: $\gamma_{G.sup} := 1.35$

 Фактор редукције за непожељна дејства: $\xi_G := 0.85$

 • Споствена тежина носећих елеманата

 Запреминска тежина (укупна површ. пресека) $\gamma_{rc} := 25 \frac{kN}{m^3}$

Главни носач:

главни распон:

$$g_{mg.m} := \left[b_{mg} \cdot h_{mg.min} - 0.85m \cdot 2.95m + 4 \frac{0.3 \cdot 0.1}{2} m^2 + \frac{(0.85m \cdot 2.95m - 0.45m \cdot 1.0m) \cdot b_{mcg}}{5.569m} \right] \cdot \gamma_{rc} = 45.6 \cdot \frac{kN}{m}$$

бочни распони:

$$g_{mg.s} := \left[b_{mg} \cdot h_{mg.min} - 0.85m \cdot 2.95m + 4 \frac{0.3 \cdot 0.1}{2} m^2 + \frac{(0.85m \cdot 2.95m - 0.45m \cdot 1.0m) \cdot b_{mcg}}{5.2m} \right] \cdot \gamma_{rc} = 45.9 \cdot \frac{kN}{m}$$

изнад стубова:

$$g_{mg.p} := \left[b_{mg} \cdot h_{mg.max} - 0.85m \cdot 4.00m + 4 \frac{0.3 \cdot 0.1}{2} m^2 + \frac{(0.85m \cdot 4.00m - 0.45m \cdot 1.0m) \cdot b_{mcg}}{0.5(5.2 + 6.21)m} \right] \cdot \gamma_{rc} = 71.7 \cdot \frac{kN}{m}$$

додатна тежина изнад ослонаца услед већих дијафрагми:

стубови:

$$\Delta G_{mg.p} := (0.85m \cdot 4.00m - 0.45m \cdot 1.0m) \cdot (0.75m - b_{mcg}) \cdot \gamma_{rc} = 25.81 \cdot kN$$

потпорне конструкције:

$$\Delta G_{mg.ab} := [0.85(0.85m \cdot 2.95m - 0.45m \cdot 1.0m)] \cdot (2.5m - b_{mcg}) \cdot \gamma_{rc} = 91.82 \cdot kN$$

Главни попречни носач:

$$g_{mcg} := \left(b_{mcg} \cdot h_{mcg.min} \cdot 2.8m + b_{mcg} \cdot \frac{h_{mcg.min} + h_{mcg.max}}{2} \cdot 2 \cdot 0.8m \right) \cdot \gamma_{rc} = 61.12 \cdot kN$$

Носач (траке):

$$g_{tg} := (b_{tg} \cdot h_{tg} + 0.1m \cdot 0.2m) \cdot \gamma_{rc} = 7.63 \cdot \frac{kN}{m}$$

Попречни носач колосека (не узимајући у обзир укрштање са главним носачима):

$$g_{tcg} := (b_{tcg} \cdot h_{tcg} \cdot 1.2m) \cdot \gamma_{rc} = 2.67 \cdot kN$$

Сопствена тежина једног попречног носача:

главни распон:

$$g_s := g_{mg.m} + \frac{0.5g_{mcg}}{5.569m} + g_{tg} + 0.5 \frac{2g_{tcg}}{5.569m} = 59.22 \cdot \frac{kN}{m}$$

бочни распон:

$$g_{s.b} := g_{mg.s} + \frac{0.5g_{mcg}}{5.2m} + g_{tg} + 0.5 \frac{2g_{tcg}}{5.2m} = 59.91 \cdot \frac{kN}{m}$$

изнад ослонаца:

$$g_p := g_{mg.p} + \frac{0.5g_{mcg}}{0.5(5.2 + 6.21)m} + g_{tg} + 0.5 \frac{2g_{tcg}}{0.5(5.2 + 6.21)m} = 85.12 \cdot \frac{kN}{m}$$

• **Сопствена тежина колосека**

Шина (један пар UIC 54): $g_{rail} := 1.1 \cdot \frac{kN}{m}$

Опрема: $g_{acc} := 0.9 \cdot \frac{kN}{m}$

Водич (парни угао + опрема): $g_{guide} := 1.0 \cdot \frac{kN}{m}$

Праг (дрво): $g_{sl} := 2.6 \cdot \frac{kN}{m}$

Опрема за одржавање: $g_{main} := 2.0 \cdot \frac{kN}{m}$

Јединична тежина траке на главном носачу:

$$g_{tr} := 0.5(g_{rail} + g_{acc} + g_{guide} + g_{sl} + g_{main}) = 3.80 \cdot \frac{kN}{m}$$

• **Притисак земљишта на обалне стубове**

Пасивни притисак на обалне стубове је узет у обзир. Утицај крилног зида није узет у обзир.

Висина обалног стуба (од горње површине насипа до нивоа темељења):

$$H_{ab} := (87.33 - 80.00)m = 7.33m$$

Насип:

висина: $H_{bf} := (87.33 - 81.80)m = 5.53m$

запреминска теж.: $\gamma_{bf} := 19 \cdot \frac{kN}{m^3}$

угао унутрашњег трења: $\varphi_{bf} := 30deg$

коэф. притиска: $K_{bf} := 1 - \sin(\varphi_{bf}) = 0.50$

Хоризонтална сила услед притиска земљишта:

$$H_{Ea} := H_{bf} \cdot \gamma_{bf} \cdot \left[\frac{H_{bf}}{2} + (H_{ab} - H_{bf}) \right] \cdot K_{bf} = 240 \cdot \frac{kN}{m}$$

Момент савијања услед притиска земљишта у ниво темељења:

$$M_{Ea} := H_{bf} \cdot \gamma_{bf} \cdot \left[\frac{H_{bf}}{2} \cdot \left[\frac{H_{bf}}{3} + (H_{ab} - H_{bf}) \right] + \frac{(H_{ab} - H_{bf})^2}{2} \right] \cdot K_{bf} = 614 \cdot \frac{\text{kNm}}{\text{m}}$$

2.1.2. Скупљање

Мостовска конструкција се у подужном правцу слободно помера на ослонцима без додатних утицаја. У попречном правцу ослонци допуштају минимално померање како би се омогућило потпуно скупљање.

Скупљање доњег строја је занемарено.

2.1.3. Слегања

За прелиминарну анализу горњег строја, претпоставља се слегање од 1.0 cm код свих ослонца које која се може догодити истовермено и не-истовермено.

Парцијални $\gamma_{Gset} := 1.2$ (за анализу под претпоставком линеарности)
фактор:

2.1.4. Накнадно напрезање

У овој прелиминарној анализи узима се у обзир само метода накнадног напрезања. Прорачунате преднапрежуће силе одговарају само једном носачу.

- **Парцијални фактори:**

За ГСН провере:

уопштено:

$$\gamma_P := 1.0$$

локалне провере (непожељно):

$$\gamma_{P.lok} := 1.2$$

За СЛС провере:

фактори за доње и горње карактеристичне вредности преднапрезања:

$$r_{k.sup} := 1.05 \quad \text{and} \quad r_{k.inf} := 0.95$$

Карактеристичне вредности преднапрезања јендаке су ефективним преднапрезањима.

- **Примењени каблови у главном носачу: 6ф5**

Двострано напрезање је примењено.

Површина поп. пресека каблова (за један носач):

Група каблова бр.7: $A_{p.c7} := 52 \cdot A_{p0.mg} = 6126 \cdot \text{mm}^2$ (ребро)

Група каблова бр.1-2: $A_{p.c1} := 3 \cdot A_{p0.mg} = 353 \cdot \text{mm}^2$ (доњи појас)

$A_{p.c2} := 3 \cdot A_{p0.mg} = 353 \cdot \text{mm}^2$ (доњи појас)

Група каблова бр.3-4: $A_{p.c3} := 5 \cdot A_{p0.mg} = 589 \cdot \text{mm}^2$ (доњи појас)

$A_{p.c4} := 5 \cdot A_{p0.mg} = 589 \cdot \text{mm}^2$ (доњи појас)

Група каблова бр.5-6: $A_{p.c5} := 5 \cdot A_{p0.mg} = 589 \cdot \text{mm}^2$ (горњи појас)

$A_{p.c6} := 5 \cdot A_{p0.mg} = 589 \cdot \text{mm}^2$ (горњи појас)

- **Геометрија каблова**

Референтни ниво: геометријска средина поп. пресека у распонима.

Ради поједностављења, еквивалентни каблови су узети као прави у бочним распонима и параболични у главном распону.

Група каблова бр.7

 Дужина: $L_{c7} := 128.8\text{m}$

Кота групе каблова од горње површине носача:

 крај: $a_A := h_{mg.min} - 130\text{cm} = 2.00\text{m}$

 изнад стубова: $a_B := 50\text{cm}$

 средишњи део распона: $a_{BC} := h_{mg.min} - 40\text{cm} = 2.90\text{m}$

ексцентрицитет каблова:

 $e_{c7.A} := a_A - 0.5h_{mg.min} = 0.35\text{m}$
 $e_{c7.B} := a_B - 0.5h_{mg.min} = -1.15\text{m}$
 $e_{c7.BC} := a_{BC} - 0.5h_{mg.min} = 1.25\text{m}$

Нагиб каблова у вертикалној равни у бочним распонима:

$$\alpha_{AB} := \text{atan}\left(\frac{a_A - a_B}{L_{AB}}\right) = 2.67\text{-deg}$$

Угиб каблова у главном распону:

$$f_{c7} := a_{BC} - a_B = 2.40\text{m}$$

Група каблова бр.1-4

Дужина:

 кабал бр.1: $L_{c1} := 18.21\text{m}$

 кабал бр.2-4: $L_{c2} := 23.78\text{m}$ $L_{c3} := L_{c2}$ $L_{c4} := L_{c2}$

ексцентрицитет каблова:

$$e_{c14} := 0.5h_{mg.min} - 8\text{cm} = 1.57\text{m}$$

група каблова бр.5-6

Дужина:

 кабал бр.5: $L_{c5} := 0.5(24.05 + 23.68)\text{m} = 23.87\text{m}$

 кабал бр.6: $L_{c6} := 0.5(13.28 + 12.91)\text{m} = 13.09\text{m}$

ексцентрицитет каблова:

$$e_{c56} := 10\text{cm} - 0.5h_{mg.min} = -1.55\text{m}$$

 • **Ефективни притисак:**
Почетно преднапрезање:

Почетно напрезање на основу података (бр.11).

група каблова бр.7:

$$\sigma_{p0.c7} := \frac{64.4\text{cm}}{L_{c7}} \cdot E_p = 1000 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

група каблова бр.1:

$$\sigma_{p0.c1} := \frac{9.1\text{cm}}{L_{c1}} \cdot E_p = 999 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

група каблова бр.2-4:

$$\sigma_{p0.c2} := \frac{11.9\text{cm}}{L_{c2}} \cdot E_p = 1001 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \sigma_{p0.c3} := \sigma_{p0.c2} \quad \sigma_{p0.c4} := \sigma_{p0.c2}$$

група каблова бр.5:

$$\sigma_{p0.c5} := \frac{11.9\text{cm}}{L_{c5}} \cdot E_p = 997 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

група каблова бр.6:

$$\sigma_{p0.c6} := \frac{6.55\text{cm}}{L_{c6}} \cdot E_p = 1000 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Почетно преднапрезање:

$$\sigma_{p0} := 1000 \frac{N}{\text{mm}^2} < 0.7f_{pk} = 1120 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Губитци преднапрезања

На основу искуства, потребно је најмање 30-40 година за кородиње каблова у бетонским конструкцијама. У прорачуну се ефекат корозије не може занемарити уколико нису извршене одговарајуће провере кородирања каблова. Дакле, ефективно напрезање смањује се за 10% поред губитака услед краткотрајних утицаја (трење, клизање, еластична деформација бетона) као и услед дуготрајних утицаја (опуштање челика, скупљање и течење бетона) за које се претпоставља (на основу искуства) вредност губитка до 30%.

Губитак напрезања: $\nu := (30 + 10)\%$

Ефективно преднапрезање

Ефективно напрезање (укључујући краткотрајне и дуготрајне губитке као и штетне утицаје корозије челика):

$$\sigma_{p.eff} := \sigma_{p0} \cdot (1 - \nu) = 600 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Ефективно напрезање:

$$\epsilon_{hat} := \frac{\sigma_{p.eff}}{E_p} = 0.30\%$$

Ефективна сила преднапрезања (за један носач):

Ефект. напрезање 7: $P_{eff.c7} := A_{p.c7} \cdot \sigma_{p.eff} = 3676 \cdot \text{kN}$

Ефект. напрезање1-2: $P_{eff.c1} := A_{p.c1} \cdot \sigma_{p.eff} = 212 \cdot \text{kN}$ $P_{eff.c2} := A_{p.c2} \cdot \sigma_{p.eff} = 212 \cdot \text{kN}$

Ефект. напрезање3-4: $P_{eff.c3} := A_{p.c3} \cdot \sigma_{p.eff} = 353 \cdot \text{kN}$ $P_{eff.c4} := A_{p.c4} \cdot \sigma_{p.eff} = 353 \cdot \text{kN}$

Ефект. напрезање5-6: $P_{eff.c5} := A_{p.c5} \cdot \sigma_{p.eff} = 353 \cdot \text{kN}$ $P_{eff.c6} := A_{p.c6} \cdot \sigma_{p.eff} = 353 \cdot \text{kN}$

- **Еквивалентно напрезање**

Еквивалентно преднапрезање је прорачунато за један носач.

група каблова бр.7

Изнад крајњих ослонаца:

хоризонтална сила: $H_{p.c7} := P_{eff.c7} \cdot \cos(\alpha_{AB}) = 3672 \cdot \text{kN}$ (притисак)

вертикална сила: $E_{p.c7.A} := P_{eff.c7} \cdot \sin(\alpha_{AB}) = 171 \cdot \text{kN}$ (на горе)

момент у реф. нивоу: $M_{p.c7.A} := -H_{p.c7} \cdot e_{c7.A} = -1285 \cdot \text{kNm}$ (горњи појас затегнут)

Изнад ослонаца:

вертикална сила: $E_{p.c7.A} := - \left(P_{eff.c7} \cdot \sin(\alpha_{AB}) + P_{eff.c7} \cdot \sin \left(\text{atan} \left(\frac{2 \cdot f_{c7}}{0.5 \cdot L_{BC}} \right) \right) \right) = -734 \cdot \text{kN}$ (downward)

Главни распон:

$$\text{вертикална ГСН сила: } u_{p.c7} := \frac{P_{\text{eff}.c7} \cdot 8f_{c7}}{L_{BC}^2} = 18.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{на горе})$$

група каблова бр.1-2

Тачка сидрења:

$$\text{хоризонтална сила: } H_{p.c1} := P_{\text{eff}.c1} = 212 \cdot \text{kN} \quad (\text{притисак})$$

$$H_{p.c2} := P_{\text{eff}.c2} = 212 \cdot \text{kN} \quad (\text{на горе})$$

$$\text{момент у реф. нивоу: } M_{p.c1} := -H_{p.c1} \cdot e_{c14} = -333 \cdot \text{kNm} \quad (\text{горњи појас затегнут})$$

$$M_{p.c2} := -H_{p.c2} \cdot e_{c14} = -333 \cdot \text{kNm} \quad (\text{горњи појас затегнут})$$

група каблова бр.3-4

Тачка сидрења:

$$\text{хоризонтална сила: } H_{p.c3} := P_{\text{eff}.c3} = 353 \cdot \text{kN} \quad (\text{притисак})$$

$$H_{p.c4} := P_{\text{eff}.c4} = 353 \cdot \text{kN} \quad (\text{притисак})$$

$$\text{момент у реф. нивоу: } M_{p.c3} := -H_{p.c3} \cdot e_{c14} = -555 \cdot \text{kNm} \quad (\text{горњи појас затегнут})$$

$$M_{p.c4} := -H_{p.c4} \cdot e_{c14} = -555 \cdot \text{kNm} \quad (\text{горњи појас затегнут})$$

група каблова бр.5-6

Тачка сидрења:

$$\text{хоризонтална сила: } H_{p.c5} := P_{\text{eff}.c5} = 353 \cdot \text{kN} \quad (\text{притисак})$$

$$H_{p.c6} := P_{\text{eff}.c6} = 353 \cdot \text{kN} \quad (\text{притисак})$$

$$\text{момент у реф. нивоу: } M_{p.c5} := -H_{p.c5} \cdot e_{c56} = 548 \cdot \text{kNm} \quad (\text{горњи појас затегнут})$$

$$M_{p.c6} := -H_{p.c6} \cdot e_{c56} = 548 \cdot \text{kNm} \quad (\text{горњи појас затегнут})$$

2.2. Променљива оптерећења

За прелиминарну анализу се у обзир узима саобраћајно оптерећење и дејство температуре.

2.2.1. Саобраћајно оптерећење

Мост је проверене за саобраћајна оптерећења LM71, SW0 и SW2. Само се силе кочења и убрзања сматрају као хоризонтална. Сходно томе, само gr11 (LM71, SW0) и gr16 (SW2) групе саобраћајних оптерећења су комбинована са не-саобраћајним утицајима.

Ексцентрицитет оптерећења LM71 и SW/0 на осу траке је занемарен.

- **Парцијални и комбиновани фактори**

Парцијални фактори за саобраћајна оптерећења:

$$\text{Оптерећења LM71 и SW0: } \gamma_Q := 1.45$$

$$\text{Оптерећење SW2: } \gamma_{Q.SW2} := 1.2$$

Фактор кориговања:

$$\text{Оптерећења LM71 и SW0: } \alpha_Q := 1.0$$

$$\text{Оптерећење SW2: } \alpha_{Q.SW2} := 1.0$$

Комбиновани фактори:

$$\text{Групе оптерећења gr11 и gr16: } \psi_{Q,0} := 0.8 \quad \psi_{Q,1} := 0.8 \quad \psi_{Q,2} := 0.0$$

2.2.1.1. Вертикална саобраћајна оптерећења

- **Модел оптерећења LM71**

Концентрисане осовинске силе (4 осовине) $Q_{vk.LM71} := 250 \cdot \text{kN}$

Једнакорасподељено оптерећење: $q_{vk.LM71} := 80 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

- **Модел оптерећења SW0**

Једнакорасподељено оптерећење: $q_{vk.SW0} := 133 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

оптерећена дужина: $a_{SW0} := 15\text{m}$

неоптерећена дужина: $c_{SW0} := 5.3\text{m}$

- **Модел оптерећења SW2**

Једнакорасподељено оптерећење: $q_{vk.SW2} := 150 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

оптерећена дужина: $a_{SW2} := 25\text{m}$

неоптерећена дужина: $c_{SW2} := 7.3\text{m}$

- **Динамчки фактор**

Укупна дужина моста:

$$L_{tot} := L_{AB} + L_{BC} + L_{CD} = 126.32 \text{ m}$$

Одређена дужина:

$$L_m := \frac{L_{tot}}{3} = 42.11 \text{ m}$$

$$L_\Phi := \max(\max(L_{AB}, L_{BC}, L_{CD}), 1.3 \cdot L_m) = 61.90 \text{ m}$$

Динамички фактор (стандардно одржавање):

$$\Phi_3 := \frac{2.16}{\sqrt{\frac{L_\Phi}{\text{m}} - 0.2}} + 0.73 = 1.01$$

2.2.1.2. Силе кочења и убрзања

Максимална вредност силе услед убрзања и кочења се примењује.

Модел оптерећења LM71:

$$Q_{Ik} := \max\left(\min\left(33 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L_{tot}, 1000\text{kN}\right), \min\left(20 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot L_{tot}, 6000\text{kN}\right)\right) = 2526 \cdot \text{kN}$$

Модел оптерећења: SW0:

оптерећења дужина:

$$L_{SW0} := 2a_{SW0} + c_{SW0} = 35.30 \text{ m} < L_{tot} = 126.32 \text{ m}$$

силе кочења у убрзање:

$$Q_{Ik.SW0} := \max\left[\min\left[33 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (2a_{SW0}), 1000\text{kN}\right], \min\left[20 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (2a_{SW0}), 6000\text{kN}\right]\right] = 990 \cdot \text{kN}$$

Модел оптерећења SW/2:

оптерећења дужина:

$$L_{SW2} := 2a_{SW2} + c_{SW2} = 57.30 \text{ m} < L_{tot} = 126.32 \text{ m}$$

силе кочења у убрзање:

$$Q_{Ik.SW2} := \max \left[\min \left[33 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (2a_{SW2}), 1000 \text{ kN} \right], \min \left[35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot (2a_{SW2}), 6000 \text{ kN} \right] \right] = 1750 \cdot \text{kN}$$

2.2.2. Температурни утицаји

За прелиминарну анализу се у обзир узима вертикална компонента температуре.

- **Парцијални и комбиновани фактори**

Парцијални фактор: $\gamma_T := 1.5$

Комбиновани фактори: $\psi_{T,0} := 0.6$ $\psi_{T,1} := 0.6$ $\psi_{T,2} := 0.5$

- **Температурни подаци**

Предпостављена температура: $T_0 := 10 \text{ K}$

Максимална температура: $T_{max} := 35 \text{ K}$ (<200 mAf.)

Минимална температура: $T_{min} := -25 \text{ K}$ (<200 mAf.)

Температуре моста (3. типа):

максимална температура моста:

$$T_{e,max} := T_{max} + 2 \text{ K} = 37 \text{ K}$$

минимална температура моста:

$$T_{e,min} := T_{min} + 8 \text{ K} = -17 \text{ K}$$

- **Температурне разлике**

Површине се не узимају у обзир.

Горња површина топлија:

$$\Delta T_{M,heat} := 15 \text{ K} \cdot 0.8 = 12.0 \text{ K}$$

Доња површина топлија:

$$\Delta T_{M,cool} := 8 \text{ K} \cdot 1.1 = 8.8 \text{ K}$$

2.3. Непожељна дејства

За глобалну анализу сеизмичко дејство је узето у обзир.

2.3.1. Сеизмички утицаји

Сеизмичка анализа спроведена је у складу са Еврокодом.

Симултано дејство сеизмичких утицаја су узета у обзир у складу са следећим упутницама:

- вертикални компоненти: правило SRSS
- резултујућа хоризонтална и вертикална компонента: правило, "30%"

Као пратећи променљив утицај, део једнакорасподељеног оптерећења (q_{vk}) LM71 са $\psi_{2,1} = 0,3$ симултано је примењен са сеизмичким утицајем.

• Основни подаци

Поуздани подаци

Референтно хоризонтално убрзање: $a_{gR} := 0.1g$ (на основу сеизмичке мапе (Novi Sad) $T_{NCR}=475$ година; умерено)

Фактор важности: $\gamma_I := 1.0$ (Класа важности II; захтев без урушавања ($U_{LS_{Ed}}$))

Рачунско хоризонтално убрзање: $a_g := \gamma_I \cdot a_{gR} = 0.98 \cdot \frac{m}{s^2}$ (тип тла "А")

Фактор тла: $S_h := 1.15$ (тип тла "С", тип 1 - спектар одговора)

$S_v := 1.0$ (за вертикалан спектар одговора)

Фактори дуктилности и пригушавања:

Фактор понашања:

у хоризонталном правцу: $q_{ULS,h} := 1.5$ (in general, except foundation)

за проверу темељења: $q_{ULS,found} := 1.0$

у вертикалном правцу: $q_{ULS,v} := 1.0$

Однос пригушавања: $\xi := 0.05$

Фактор корекције: $\eta := \sqrt{\frac{10}{5 + 100\xi}}$

Примењен је тип 1 спектра одговара:

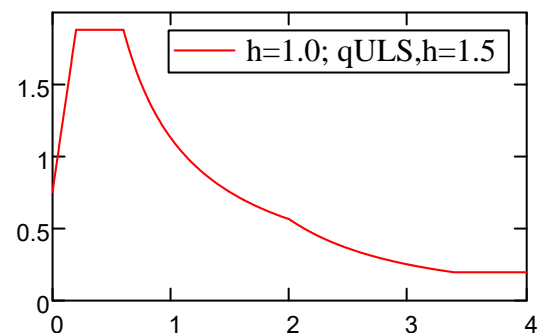
Временски периоди (тип тла "С"):

хоризонталан спектрум: $T_{Bh} := 0.2s$ $T_{Ch} := 0.6s$ $T_{Dh} := 2.0s$

вертикалан спектрум: $T_{Bv} := 0.05s$ $T_{Cv} := 0.15s$ $T_{Dv} := 1.0s$ $a_{vg} := 0.9a_g$

Хоризонтлама спектар одговора:

$$S_{hd}(\eta, q, T_h) := a_g \cdot S_h \cdot \begin{cases} \frac{2}{3} + \frac{T_h}{T_{Bh}} \cdot \left(\frac{2.5 \cdot \eta}{q} - \frac{2}{3} \right) & \text{if } 0 \leq T_h \leq T_{Bh} \\ \frac{2.5 \cdot \eta}{q} & \text{if } T_{Bh} \leq T_h \leq T_{Ch} \\ \max \left(\frac{2.5 \cdot \eta}{q} \cdot \frac{T_{Ch}}{T_h}, \frac{0.2}{S_h} \right) & \text{if } T_{Ch} \leq T_h \leq T_{Dh} \\ \max \left(\frac{2.5 \cdot \eta}{q} \cdot \frac{T_{Ch} \cdot T_{Dh}}{T_h^2}, \frac{0.2}{S_h} \right) & \text{if } T_{Dh} < T_h \end{cases}$$



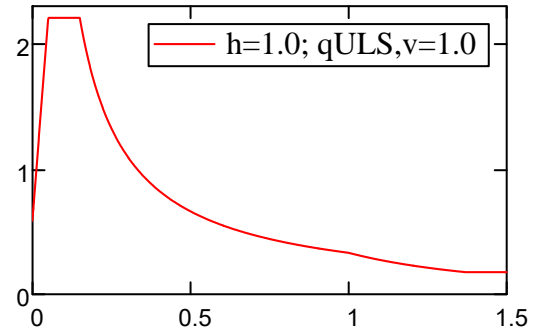
Максимално хоризонтално рачунско убрзање:

општи случај (изузев темеља): $S_{hd}(\eta, q_{ULS,h}, T_{Bh}) = 1.88 \cdot \frac{m}{s^2}$

провера темеља: $S_{hd}(\eta, q_{ULS,found}, T_{Bh}) = 2.82 \cdot \frac{m}{s^2}$

Вертикалан рачунски спектар одговора:

$$S_{vd}(\eta, q, T_v) := a_{vg} \cdot S_v \cdot \begin{cases} \frac{2}{3} + \frac{T_v}{T_{Bv}} \cdot \left(\frac{2.5 \cdot \eta}{q} - \frac{2}{3} \right) & \text{if } 0 \leq T_v \leq T_{Bv} \\ \frac{2.5 \cdot \eta}{q} & \text{if } T_{Bv} \leq T_v \leq T_{Cv} \\ \max \left(\frac{2.5 \cdot \eta}{q} \cdot \frac{T_{Cv}}{T_v}, \frac{0.2}{S_v} \right) & \text{if } T_{Cv} \leq T_v \leq T_{Dv} \\ \max \left(\frac{2.5 \cdot \eta}{q} \cdot \frac{T_{Cv} \cdot T_{Dv}}{T_v^2}, \frac{0.2}{S_v} \right) & \text{if } T_{Dv} < T_v \end{cases}$$



Максимално вертикално рачунско убрзање $S_{vd}(\eta, q_{ULS, v}, T_{Bv}) = 2.21 \cdot \frac{m}{s^2}$

3. КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОПРЕЧНОГ ПРЕСЕКА

3.1. Ефективни модул еластичности

Утицаји течења на однос крутости између челика и бетона прорачунат је за горњи строј.

- **Распон главног носача**

Спољашња површина је изложена сушењу:

$$U_{c,s} := 2(b_{mg} + h_{mg, \min}) = 9.10 \text{ m}$$

Површина попречног пресека:

$$A_{c,s} := b_{mg} \cdot h_{mg, \min} - 0.85 \text{ m} \cdot 2.95 \text{ m} + 4 \cdot \frac{0.3 \cdot 0.1}{2} \text{ m}^2 = 1.68 \cdot \text{m}^2$$

Номинална висина:

$$h_{0,s} := 2 \frac{A_{c,s}}{U_{c,s}} = 0.37 \text{ m}$$

Фактор влажности:

$$RH := 80\% \quad (\text{спољашње околности})$$

$$\varphi_{RH} := \left[1 + \frac{1 - RH}{0.1 \cdot \sqrt{\frac{h_{0,s}}{\text{mm}}}} \cdot \left(\frac{35}{f_{cm,35}} \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \right)^{0.7} \right] \cdot \left(\frac{35}{f_{cm,35}} \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \right)^{0.2} = 1.19$$

$$\beta_H := \min \left[1.5 \cdot \left[1 + (0.012 \cdot RH \cdot 100)^{18} \right] \cdot \frac{h_{0,s}}{\text{mm}} + 250 \cdot \left(\frac{35}{f_{cm,35}} \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \right)^{0.5}, 1500 \cdot \left(\frac{35}{f_{cm,35}} \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \right)^{0.5} \right] = 1044$$

Фактор чврстоће:

$$\beta_{f_{cm}} := \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm,35} \cdot \frac{\text{mm}^2}{N}}} = 2.56$$

Фактор старости (при првом оптерећењу)

$$\beta_{t0.g} := \frac{1}{0.1 + 28^{0.2}} = 0.49$$

Коефицијент течења:

$$\varphi_0 := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0.g} = 1.49$$

Временски фактор - коефицијент течења (59 год.):

$$\beta_{c.t} := \left(\frac{59 \cdot 365 - 28}{59 \cdot 365 - 28 + \beta_H} \right)^{0.3} = 0.99$$

Крајњи коефицијент течења (на основу линеарног течења):

$$\varphi_{t.s} := \beta_{c.t} \cdot \varphi_0 = 1.47$$

Ефективни модул еластичности:

$$E_{c.eff.35.s} := \frac{1.05 \cdot E_{cm.35}}{1 + \varphi_{t.s}} = 14487 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Однос крутости (везани каблови):

$$\text{краткотрајно опт.: } \alpha_{p0} := \frac{E_p}{1.05 \cdot E_{cm.35}} = 5.59$$

$$\text{дуготрајно опт.: } \alpha_{pt} := \frac{E_p}{E_{c.eff.35.s}} = 13.81$$

• **Зид Главног носача**

Спољашња површина је изложена сушењу:

$$U_{c.p} := 2(b_{mg} + h_{mg.max}) = 12.10 \text{ m}$$

Површина попречног пресека:

$$A_{c.p} := b_{mg} \cdot h_{mg.max} - 0.85m \cdot 4.00m + 4 \cdot \frac{0.3 \cdot 0.1}{2} m^2 = 2.66 \cdot m^2$$

Номинална висина:

$$h_{0.p} := 2 \frac{A_{c.p}}{U_{c.p}} = 0.44 \text{ m}$$

Фактор влажности:

$$\varphi_{RH} := \left[1 + \frac{1 - RH}{0.1 \cdot \sqrt{\frac{h_{0.p}}{mm}}} \cdot \left(\frac{35}{f_{cm.35}} \cdot \frac{N}{mm^2} \right)^{0.7} \right] \cdot \left(\frac{35}{f_{cm.35}} \cdot \frac{N}{mm^2} \right)^{0.2} = 1.18$$

$$\beta_H := \min \left[1.5 \cdot \left[1 + (0.012 \cdot RH \cdot 100)^{18} \right] \cdot \frac{h_{0.p}}{mm} + 250 \cdot \left(\frac{35}{f_{cm.35}} \cdot \frac{N}{mm^2} \right)^{0.5}, 1500 \cdot \left(\frac{35}{f_{cm.35}} \cdot \frac{N}{mm^2} \right)^{0.5} \right] = 1201$$

Фактор чврстоће:

$$\beta_{fcm} := \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm.35} \cdot \frac{mm^2}{N}}} = 2.56$$

Фактор старости (при

$$\beta_{t0.g} := \frac{1}{0.1 + 28^{0.2}} = 0.49$$

Коефицијент течења:

$$\varphi_{0.g} := \varphi_{RH} \cdot \beta_{fcm} \cdot \beta_{t0.g} = 1.47$$

Временски фактор - коефицијент течења (59 год.):

$$\beta_{c.t} := \left(\frac{59 \cdot 365 - 28}{59 \cdot 365 - 28 + \beta_H} \right)^{0.3} = 0.98$$

Крајњи коефицијент течења (на основу линеарног течења):

$$\varphi_{t.p} := \beta_{c.t} \cdot \varphi_0 = 1.45$$

Ефективни модул еластичности:

$$E_{c.eff.35.p} := \frac{1.05 \cdot E_{cm.35}}{1 + \varphi_{t.p}} = 14601 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

Однос крутости (везани каблови):

$$\text{краткотрајно опт.: } \alpha_{p0} := \frac{E_p}{1.05 \cdot E_{cm.35}} = 5.59$$

$$\text{дуготрајно опт.: } \alpha_{pt} := \frac{E_p}{E_{c.eff.35.p}} = 13.70$$

4. ПРОВЕРА КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНАТА

У прелиминарној анализи следеће провере су извршене:

А) Гранично стање носивости (ULS) - провере:

- Отпорни момент главног носача у сталном рачунском стању
- Смичући отпор главног носача у сталном рачунском стању
- Вертикалан отпор шипова у сеизмичком прорачуну

В) Гранично стање употребљивости (SLS) - провере:

- Провера пукотина (декомпресија услед квази-сталног оптерећења) главног носача у сталном рачунском стању.

Референтни ниво аксијалне силе (мерено од горње површине главног носача):

$$y_N := 0.5h_{mg.min} = 1.65 \text{ m}$$

4.1. ГСН провере

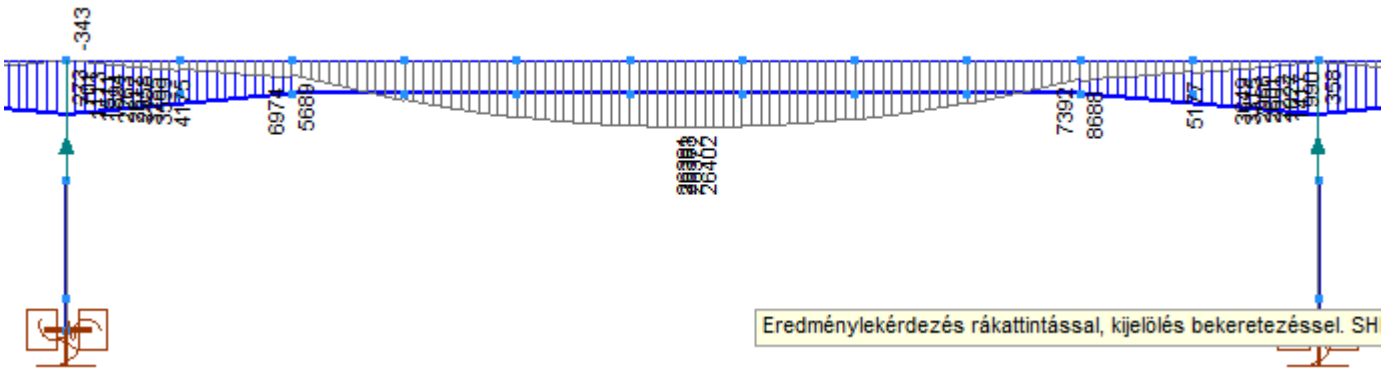
4.1.1. Провера отпорног момента у сталном рачунском стању

Отпорни момент главног носача у сталном рачунском стању је проверен у средишњем делу распона и изнад стубова.

- Унутрашње силе**

У критичним пресецима узимају се у обзир само гранични моменти савијања + резултујуће нормалне силе.

- Распон ВС (средишњи распон)



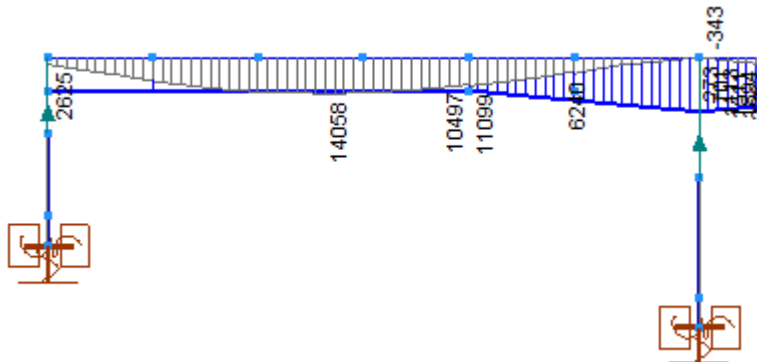
K	min. max.	Táv [m]	Csp.	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	MyV [kNm]	Mz [kNm]
Nx	min	0,928	(210)	-4796	0	-233	0	17199	17199	0
	max	0	(11)	-3217	0	326	0	14758	14758	0
My	min	0	(11)	-4024	0	164	0	-2326	-2326	0
	max	3,713	(204)	-4063	0	41	0	26402	26402	0

Рачунски момент савијања: $M_{mgBC.d} := 26402 \text{ kNm}$

Нормална сила:

$N_{mgBC.dM} := -4063 \text{ kN}$ (притисак)

- Распон АВ (средишњи распон)



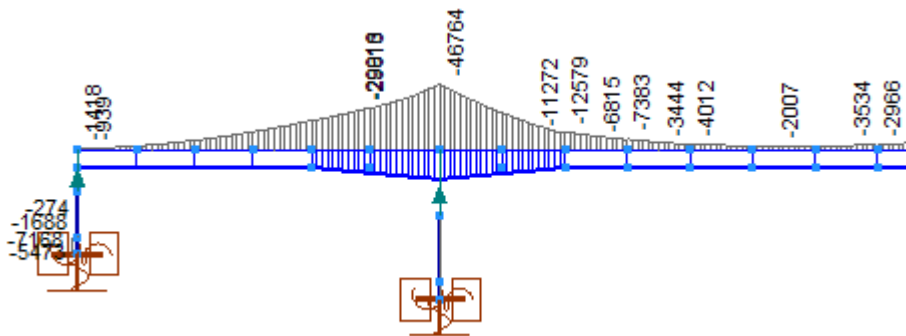
K	min. max.	Táv [m]	Csp.	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	MyV [kNm]	Mz [kNm]
Nx	min	2,364	(260)	-3677	0	-663	0	5572	5572	0
	max	0	(18)	-912	0	-436	0	4992	4992	0
My	min	5,200	(17)	-2625	0	-1353	0	-12494	-12494	0
	max	3,782	(257)	-2468	0	22	0	14058	14058	0

Рачунски момент савијања: $M_{mgAB.d} := 14058 \text{ kNm}$

Нормална сила:

$N_{mgAB.dM} := -2468 \text{ kN}$ (притисак)

- Изнад стуба В



K	min. max.	Táв [m]	Csp.	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	MyV [kNm]	Mz [kNm]
Nx	min	7,628	(89)	-4385	0	-3071	0	-10435	-10435	0
	max	0	(16)	-1513	0	-1820	0	-7650	-7650	0
My	min	11,410	(15)	-2896	0	-3795	0	-46763	-46763	0
	max	0	(16)	-2990	0	-1061	0	11099	11099	0

Рачунски момент $M_{mgB.d} := -46763\text{kNm}$
савијања:

Нормална сила: $N_{mgB.dM} := -2896\text{kN}$ (притисак)

- **Распон АВ**

Ширина пресека је у функцији дубине мерено од притиснутог појаса:

$$b_c(y) := \begin{cases} b_{mg} & \text{if } y \leq 20\text{cm} \\ \left[b_{mg} - 0.85\text{m} + 2 \cdot 0.1\text{m} - \frac{20}{30} \cdot (y - 20\text{cm}) \right] & \text{if } 20\text{cm} < y < 50\text{cm} \\ (40\text{cm}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

Ефективна дубина

затезна арматура (челик за армирање):

$$d_{s.AB} := h_{mg.min} - 0.5 \cdot 150\text{mm} - 10\text{mm} = 3215 \cdot \text{mm}$$

везани каблови:

$$d_{p.AB} := h_{mg.min} - 185\text{cm} - 10\text{mm} = 1440 \cdot \text{mm}$$

Минимална количина арматуре:

$$A_{s.min} := \max \left(0.26 \cdot \frac{f_{ctm.35}}{f_{yd.240}} \cdot h_{mg.min} \cdot 2 \cdot 20\text{cm}, 0.0015 \cdot h_{mg.min} \cdot 2 \cdot 20\text{cm} \right) = 5285 \cdot \text{mm}^2$$

Арматура:

затегнута арматура: 14 ϕ 14

$$A_{s.AB} := 14 \frac{(14\text{mm})^2 \pi}{4} = 2155 \cdot \text{mm}^2$$

везани каблови: група каблова бр.7

$$A_{p.AB} := A_{p.c7} = 6126 \cdot \text{mm}^2$$

укупна количина арматуре:

$$A_{s.AB} + A_{p.AB} = 8281 \cdot \text{mm}^2 > A_{s.min} = 5285 \cdot \text{mm}^2$$

Дубина притиснуте зоне:

$$A_{s,AB} \cdot f_{yd,240} + A_{p,AB} \cdot (f_{pd} - \sigma_{p,eff}) - N_{mgAB} \cdot d_M = f_{cd,35} \cdot \int_0^x b_c(y) dy$$

$$x = 33.92 \cdot \text{cm} \quad \text{релативна дубина:} \quad \frac{x}{d_{s,AB}} = 0.11$$

Отпорни момент:

$$M_{Rd} := -f_{cd,35} \cdot \int_0^x b_c(y) \cdot y dy + A_{s,AB} \cdot f_{yd,240} \cdot d_{s,AB} + A_{p,AB} \cdot (f_{pd} - \sigma_{p,eff}) \cdot d_{p,AB} - N_{mgAB} \cdot d_M \cdot \gamma_N$$

$$M_{Rd} = 9753 \cdot \text{kNm} < M_{mgAB,d} = 14058 \cdot \text{kNm} \quad \text{не задовољава!}$$

• **Распон ВС**

Ширина пресека је у функцији дубине мерено од притиснутог појаса:

$$b_c(y) := \begin{cases} b_{mg} & \text{if } y \leq 20\text{cm} \\ \left[b_{mg} - 0.85\text{m} + 2 \cdot 0.1\text{m} - \frac{20}{30} \cdot (y - 20\text{cm}) \right] & \text{if } 20\text{cm} < y < 50\text{cm} \\ (40\text{cm}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

Ефективна дубина

затезна арматура (челик за армирање):

$$d_{s,BC} := h_{mg,min} - 0.5 \cdot 150\text{mm} - 10\text{mm} = 3215 \cdot \text{mm}$$

везани каблови:

$$d_{p,BC,c7} := h_{mg,min} - 40\text{cm} - 10\text{mm} = 2890 \cdot \text{mm}$$

$$d_{p,BC,c14} := h_{mg,min} - 0.5 \cdot 150\text{mm} - 10\text{mm} = 3215 \cdot \text{mm}$$

Минимална количина арматуре:

$$A_{s,min} := \max \left(0.26 \cdot \frac{f_{ctm,35}}{f_{yd,240}} \cdot h_{mg,min} \cdot 2 \cdot 20\text{cm}, 0.0015 \cdot h_{mg,min} \cdot 2 \cdot 20\text{cm} \right) = 5285 \cdot \text{mm}^2$$

Арматура:

затегнута арматура: 14φ14

$$A_{s,BC} := 14 \cdot \frac{(14\text{mm})^2 \pi}{4} = 2155 \cdot \text{mm}^2$$

затегнута арматура: 14φ147+No1-4

$$A_{p,BC} := A_{p,c7} + A_{p,c1} + A_{p,c2} + A_{p,c3} + A_{p,c4} = 8011 \cdot \text{mm}^2$$

укупна количина арматуре:

$$A_{s,BC} + A_{p,BC} = 10166 \cdot \text{mm}^2 > A_{s,min} = 5285 \cdot \text{mm}^2$$

Дубина притиснуте зоне:

$$A_{s,BC} \cdot f_{yd,240} + A_{p,BC} \cdot (f_{pd} - \sigma_{p,eff}) - N_{mgBC} \cdot d_M = f_{cd,35} \cdot \int_0^x b_c(y) dy$$

$$x = 65.72 \cdot \text{cm} \quad \text{relative depth:} \quad \frac{x}{d_{s,BC}} = 0.20$$

Отпорни момент:

$$M_{Rd} := -f_{cd} \cdot 35 \cdot \int_0^x b_c(y) \cdot y \, dy + A_{s,BC} \cdot f_{yd,240} \cdot d_{s,BC} - N_{mgBC} \cdot dM \cdot \gamma_N \dots$$

$$+ A_{p,c7} \cdot (f_{pd} - \sigma_{p,eff}) \cdot d_{p,BC,c7} + (A_{p,BC} - A_{p,c7}) \cdot (f_{pd} - \sigma_{p,eff}) \cdot d_{p,BC,c14}$$

$$M_{Rd} = 19767 \cdot \text{kNm} < M_{mgBC,d} = 26402 \cdot \text{kNm} \quad \text{не задовољава!}$$

• **Изнад стуба В**

Ширина пресека је у функцији дубине мерено од притиснутог појаса:

$$b_c(y) := \begin{cases} b_{mg} & \text{if } y \leq 60\text{cm} \\ \left[b_{mg} - 0.85\text{m} + 2 \cdot 0.1\text{m} - \frac{20}{30} \cdot (y - 60\text{cm}) \right] & \text{if } 60\text{cm} < y < 90\text{cm} \\ (40\text{cm}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

Ефективна дубина

затезна арматура (челик за армирање):

$$d_{s,B} := h_{mg,max} - 0.5 \cdot 200\text{mm} - 10\text{mm} = 4690 \cdot \text{mm}$$

везани каблови:

$$d_{p,B,c7} := h_{mg,max} - 50\text{cm} - 10\text{mm} = 4290 \cdot \text{mm}$$

$$d_{p,B,c56} := h_{mg,max} - 0.5 \cdot 200\text{mm} - 10\text{mm} = 4690 \cdot \text{mm}$$

Минимална количина арматуре:

$$A_{s,min} := \max \left(0.26 \cdot \frac{f_{ctm,35}}{f_{yd,240}} \cdot h_{mg,max} \cdot 2 \cdot 20\text{cm}, 0.0015 \cdot h_{mg,max} \cdot 2 \cdot 20\text{cm} \right) = 7687 \cdot \text{mm}^2$$

Арматура:

затегнута арматура: 16φ14

$$A_{s,B} := 16 \cdot \frac{(14\text{mm})^2 \pi}{4} = 2463 \cdot \text{mm}^2$$

везани каблове: група каблова бр. No7+No5-6

$$A_{p,B} := A_{p,c7} + A_{p,c5} + A_{p,c6} = 7304 \cdot \text{mm}^2$$

укупна количина арматуре:

$$A_{s,B} + A_{p,B} = 9767 \cdot \text{mm}^2 > A_{s,min} = 7687 \cdot \text{mm}^2$$

Дубина притиснуте зоне:

$$A_{s,B} \cdot f_{yd,240} + A_{p,B} \cdot (f_{pd} - \sigma_{p,eff}) - N_{mgB} \cdot dM = f_{cd} \cdot 35 \cdot \int_0^x b_c(y) \, dy$$

$$x_B = 30.92 \cdot \text{cm} \quad \text{relative depth: } \frac{x}{d_{s,B}} = 0.04$$

Отпорни момент:

$$M_{Rd} := -f_{cd} \cdot 35 \cdot \int_0^{x_B} b_c(y) \cdot y \, dy + A_{s,B} \cdot f_{yd} \cdot 240 \cdot d_{s,B} - N_{mgB,dM} \cdot (h_{mg,max} - y_N) \dots$$

$$+ A_{p,c7} \cdot (f_{pd} - \sigma_{p,eff}) \cdot d_{p,B,c7} + (A_{p,B} - A_{p,c7}) \cdot (f_{pd} - \sigma_{p,eff}) \cdot d_{p,B,c56}$$

$$M_{Rd} = 28879 \cdot \text{kNm} < |M_{mgB,d}| = 46763 \cdot \text{kNm} \text{ не задовољава!}$$

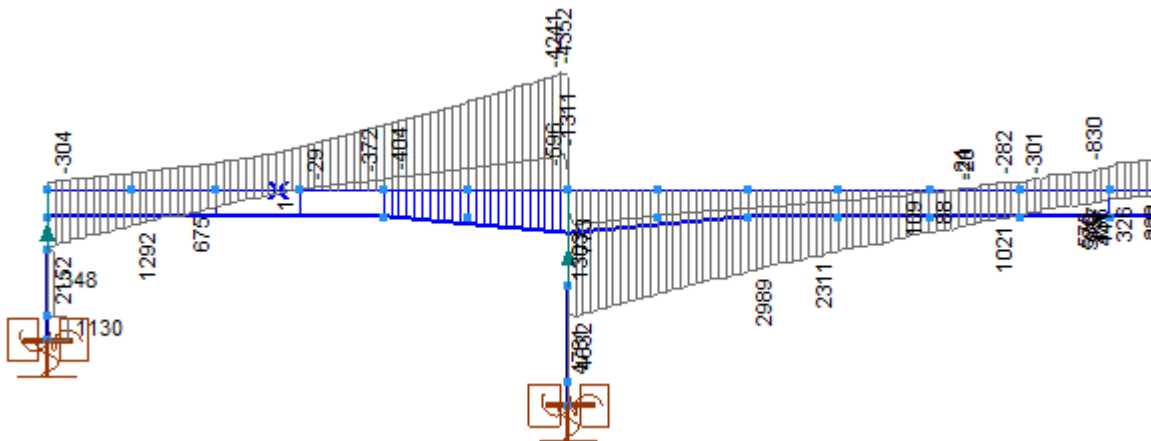
4.1.2. Провера смичућег отпора у сталном рачунском стању

Смичући отпор главног носача у сталном рачунском стању проверена је у непосредној околини ослонаца

- **Унутрашње силе**

У критичним пресецима узимају се у обзир само гранични моменти савијања + резултујуће нормалне силе.

- **Изнад стуба В**



K	min. max.	Táv [m]	Csp.	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	MyV [kNm]	Mz [kNm]
Nx	min	5,105	(125)	-4385	0	1869	0	-9913	-9913	0
Nx	max	5,569	(38)	-1918	0	3503	0	-25917	-25917	0
Vz	min	10,674	(104)	-3502	0	688	0	5800	5800	0
Vz	max	0,464	(115)	-3330	0	4781	0	-41909	-41909	0

Рачунски момент савијања: $V_{mgB,d} := 4781 \text{ kN}$

Нормална сила:

$N_{mgB,dV} := -3330 \text{ kN}$ (compression)

- **Изнад стуба В**

Укупна дебљина ребра:

$$b_w := 2 \cdot 20 \text{ cm} = 0.40 \text{ m}$$

Предпостављен нагиб каблова:

$$\theta := 22 \text{ deg} \quad \cot(\theta) = 2.48 < 2.5$$

$$z_{ave} := \frac{A_{s,B} \cdot (d_{s,B} - x_B) + A_{p,c7} \cdot (d_{p,B,c7} - x_B) + (A_{p,B} - A_{p,c7}) \cdot (d_{p,B,c56} - x_B)}{A_{s,B} + A_{p,B}} = 4.13 \text{ m}$$

Фактор редуковања притисне чврстоће (под претпоставком да је искориштеност примењене смичуће арамтура више од 80%):

$$\nu_1 := 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck.35}}{250} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{N}} \right) = 0.52$$

Просечан напон:

$$\sigma_{cp} := \frac{|N_{mgB.dV}|}{A_{c.p}} = 1.25 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Фактор напосног стања притиснутог елемента:

релативан притисак:

$$\eta_c := \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd.35}} \quad \eta_c = 0.06 \quad \text{then:} \quad \alpha_{cw} := 1.0$$

Горња граница смичућег отпота:

$$V_{Rd.max} := \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z_{ave} \cdot \nu_1 \cdot f_{cd.35} \cdot \frac{\cot(\theta)}{1 + \cot(\theta)^2} = 5872 \cdot \text{kN} > V_{mgB.d} = 4781 \cdot \text{kN} \quad \text{adequate}$$

Арамтура: 4φ10/200 узенгије

$$a_{sw} := 4 \cdot \frac{(10 \cdot \text{mm})^2 \cdot \pi}{4 \cdot 200 \text{mm}} = 1571 \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} < \frac{1}{2} \cdot \alpha_{cw} \cdot \nu_1 \cdot f_{cd.35} \cdot \frac{b_w}{f_{yd.240}} = 9808 \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \quad \text{adequate}$$

Смичући оптор:

$$V_{Rd.s} := a_{sw} \cdot z_{ave} \cdot f_{yd.240} \cdot \cot(\theta)$$

$$\boxed{V_{Rd.s} = 3351 \cdot \text{kN}} < V_{mgB.d} = 4781 \cdot \text{kN} \quad \text{не задовољава!}$$

4.1.3. Провера темељења (потпорне конструкције) у сеизмичком рачунском стању

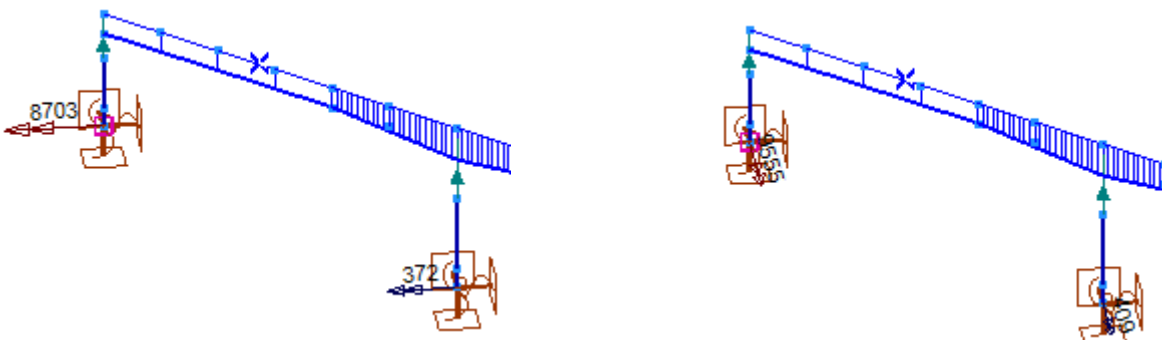
Капацитет угаоног шипа испод потпорне конст. са подужно-непокретним ослонцима се проверава у сеизмичком прорачуну.

Главни правци носача у моделу подударају се са смерима узлазног дела потпорне конструкције

Укупне реакције на потпорну конст. чине претпостављене вибрације сва четири главна носача у истој фази.

- **Реакције ослонаца потпорне конструкције**

Реакције ослонаца потпорне конст. једног главног носача не узимајући у обзир утицај насипа.



K	min. max.	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	R _r [kN]	R _{xx} [kNm]	R _{yy} [kNm]	R _{zz} [kNm]	R _{rr} [kNm]
R _x	min	-2816	1507	-1373	3477	0	8703	9555	12924
	max	-2129	1507	-1373	2948	0	8703	9555	12924
R _{yy}	min	-2667	1507	-1373	3357	0	-8703	9555	12924
	max	-2727	1507	-1373	3405	0	8703	9555	12924
R _{zz}	min	-2667	1507	-1373	3357	0	8703	-9555	12924
	max	-2727	1507	-1373	3405	0	8703	9555	12924

Рачунски момент темеља услед насипа (занемарује се притисак земљишта на крилне зидове као и саобраћајни утицај) за сва четири носача:

$$M_{Ea.Ed} := \gamma_{G.sup} \cdot M_{Ea} \cdot 23.2m = 19241 \cdot kNm$$

Укупне реакције на потпорну конструкције (сва четири носача):

Момент савијања:

У околини равни потпорне конст.: $M_{Rtot.ap.Ed} := 4 \cdot 8703kNm + M_{Ea.Ed} = 54053 \cdot kNm$

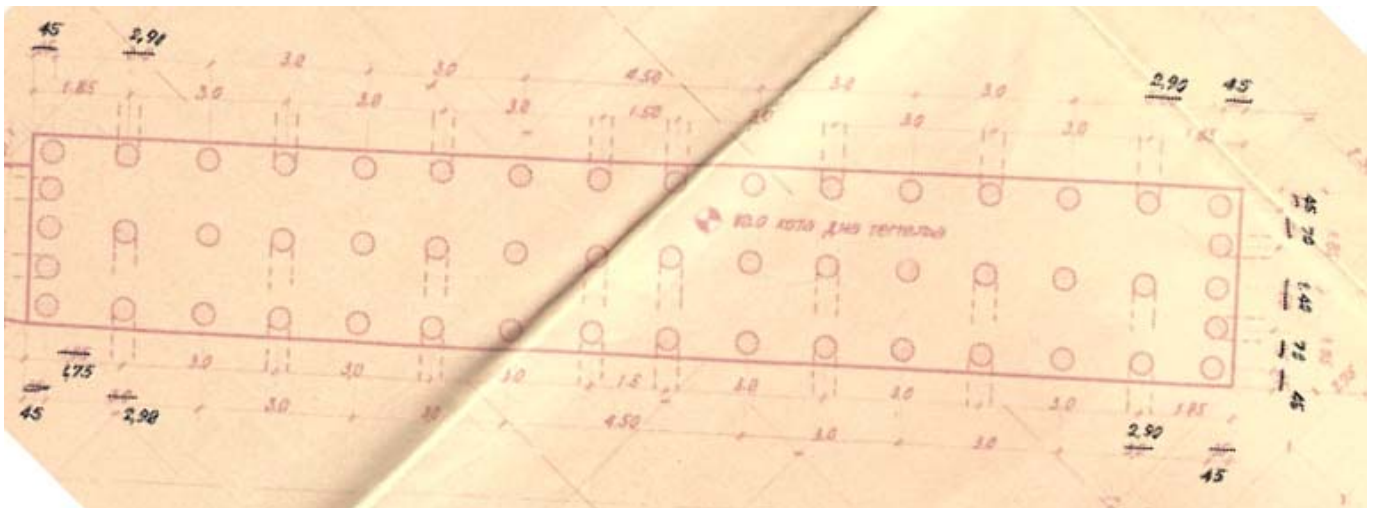
У равни потпорне конст.: $M_{RAin.Ed} := 4 \cdot 9555kNm = 38220 \cdot kNm$

Пратећа вертикална сила: $R_{A.EdM} := |4 \cdot -2727kN| = 10908 \cdot kN$ (downward)

• Распоред и отпор шипова

Примењено је 52 комада Франки шипова пречника Ф40 см.

Отпор једног шипа: $F_{p40.Rd} := 1300kN$ (на основу геотехничке анализе, видети Анекс)



Укупан број шипова: $n_p := 52$

Распоред шипова:

Савијање око равни потпорне конструкције

$$W_{pA.ap} := \frac{2 \cdot 16 \cdot (1.5m)^2 + 2 \cdot 2 \cdot (0.7m)^2}{1.5m} = 49.3 \cdot m$$

Савијање у равни потпорне конструкције

$$W_{pA.ip} := \frac{6 \cdot [(0.75m)^2 + (2.25m)^2 + (3.75m)^2 + (5.25m)^2 + (6.75m)^2 + (8.25m)^2 + (9.75m)^2] + 10 \cdot (11.15m)^2}{11.15m} = 249.2 \cdot m$$

- Вертикално оптерећење шипова**

Предпоставља се да узлазни део попторне коснструкције распоређује силе по шиповима као круто тело. Дакле, максимална вертикална сила јавља се у угаоном шипу.

Максимална вертикална сила у шипу:

$$F_{p40.Ed} := \frac{R_{A.Ed} \cdot M}{\eta_p} + \frac{M_{Rtot.ap.Ed}}{W_{pA.ap}} + \frac{M_{RAin.Ed}}{W_{pA.ip}}$$

$F_{p40.Ed} = 1459 \cdot kN > F_{p40.Rd} = 1300kN$ **не задовољава!**

4.2. Провера граничног стања употребљивости

4.2.1. Провера пукотина

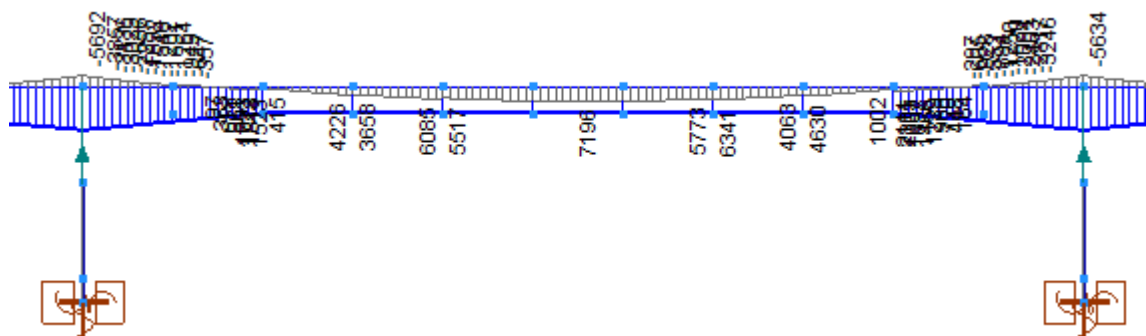
Класа изложености: XC4

Услов за проверу пукотина: декомпресија под квази-сталним деловањем (везани преднапрегнути каблови)
 Декомпресија под квази-сталним утицајем је проверена на критичним пресецима главног носача.

- Унутрашње силе**

У критичним пресецима узимају се у обзир само гранични моменти савијања + резултујуће нормалне силе.

- Распон ВС (средишњи распон)**



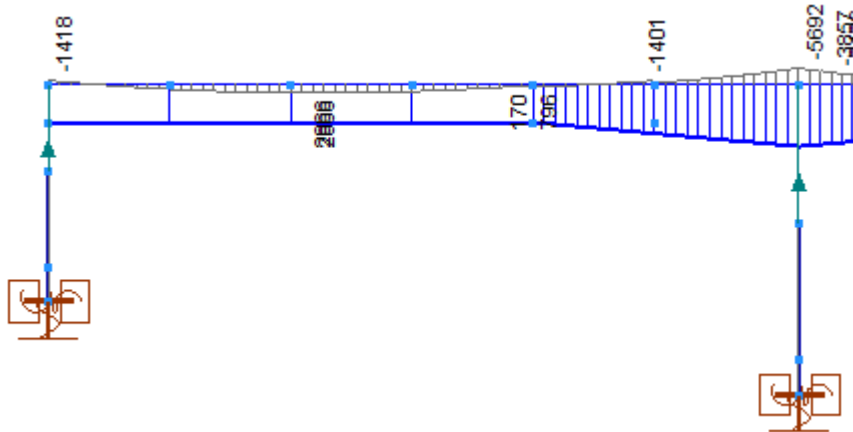
K	min. max.	Táv [m]	Csp.	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	MyV [kNm]	Mz [kNm]
Nx	min	0	(11)	-4792	0	130	0	6974	6974	0
Nx	max	0	(11)	-4792	0	130	0	6974	6974	0
My	min	0	(11)	-4792	0	130	0	2774	2774	0
My	max	3,249	(205)	-4792	0	6	0	7196	7196	0

Рачунски момент савијања: $M_{mgBC.qp} := 7196kNm$

Нормална сила:

$N_{mgBC.qpM} := -4792kN$ (притисак)

- Распон АВ (средишњи распон)



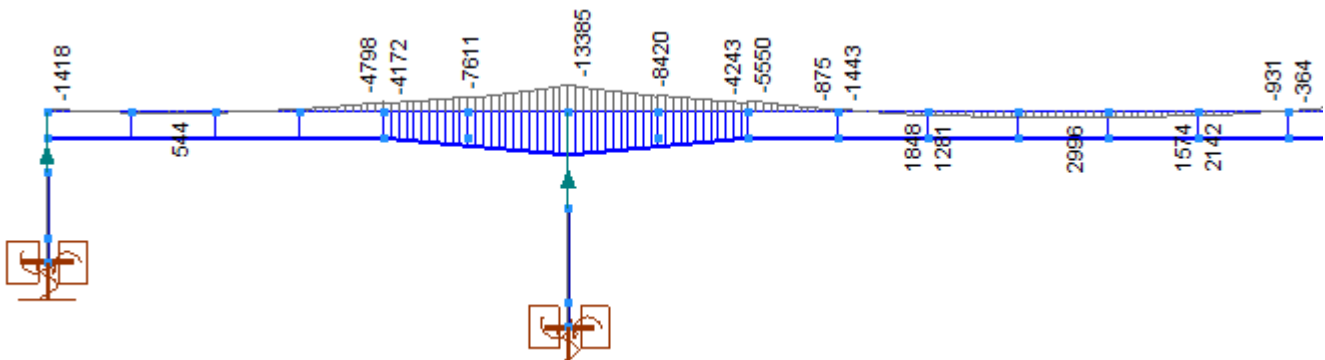
K	min. max.	Táv [m]	Csp.	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	MyV [kNm]	Mz [kNm]
Nx	min	0	(18)	-3672	0	61	0	2822	2822	0
	max	0	(18)	-3672	0	61	0	2822	2822	0
My	min	5,200	(17)	-3672	0	-479	0	-1369	-1369	0
	max	1,418	(262)	-3672	0	1	0	2866	2866	0

Рачунски момент савијања: $M_{mgAB.qp} := 2868\text{kNm}$

Нормална сила:

$N_{mgAB.qpM} := -3672\text{kN}$ (притисак)

- Изнад стуба В



K	min. max.	Táv [m]	Csp.	Nx [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Tx [kNm]	My [kNm]	MyV [kNm]	Mz [kNm]
		L=11,410								
Nx	min	5,255	(37)	-4378	0	-1204	0	-6724	-6724	0
	max	0	(16)	-4025	0	-840	0	-4172	-4172	0
My	min	11,410	(15)	-4378	0	-1580	0	-13385	-13385	0
	max	0	(16)	-4025	0	-601	0	796	796	0

Квази-сталан момент савијања: $M_{mgB.qp} := -13385\text{kNm}$

Нормална сила:

$N_{mgB.qpM} := -4378\text{kN}$ (притисак)

- Карактеристике попречног пресека**

Идеалне карактеристике попречног пресека без пукотина су употребљене за прорачун дуготрајног оптерећења.

- Средишњи распон АВ

Арамтура

Арамтурни челик се не узима у обзир.

Везани каблови за преднапрезање:

$$A_{p,AB} := A_{p,c7} = 6126 \cdot \text{mm}^2$$

ефективна дубина (од горњег дела попречног пресека):

$$d_{p,AB} := h_{mg.min} - 175\text{cm} = 1.55 \text{ m}$$

Површина попречног пресека:

$$A_{I,AB} := A_{c,s} + (\alpha_{pt} - 1) \cdot A_{p,AB} = 1.76 \cdot \text{m}^2$$

Тежиште мерено од врха пресека:

$$y_{I,AB} := \frac{\frac{b_{mg} \cdot h_{mg.min}^2}{2} + \left(4 \cdot \frac{0.3 \cdot 0.1 \text{m}^2}{2} - 0.85\text{m} \cdot 2.95\text{m} \right) \cdot \left(0.2\text{m} + \frac{2.95\text{m}}{2} \right) + (\alpha_{pt} - 1) \cdot A_{p,AB} \cdot d_{p,AB}}{A_{I,AB}} = 1.61 \text{ m}$$

Момент инерције:

$$I_{I,AB} := \left[\frac{b_{mg} \cdot h_{mg.min}^3}{12} + b_{mg} \cdot h_{mg.min} \cdot \left(\frac{h_{mg.min}}{2} - y_{I,AB} \right)^2 \right] \dots = 2.05 \cdot \text{m}^4$$

$$+ \left[\frac{0.85\text{m} \cdot (2.95\text{m})^3}{12} + 0.85\text{m} \cdot 2.95\text{m} \cdot \left(0.2\text{m} + \frac{2.95\text{m}}{2} - y_{I,AB} \right)^2 \right] \dots$$

$$+ 2 \cdot \left[\frac{(0.3\text{m})^3 \cdot 0.1\text{m}}{12} + \frac{0.3\text{m} \cdot 0.1\text{m}}{2} \cdot (y_{I,AB} - 0.2\text{m})^2 \right] \dots$$

$$+ 2 \cdot \left[\frac{(0.3\text{m})^3 \cdot 0.1\text{m}}{12} + \frac{0.3\text{m} \cdot 0.1\text{m}}{2} \cdot (0.2\text{m} + 2.95\text{m} - y_{I,AB})^2 \right] \dots$$

$$+ (\alpha_{pt} - 1) \cdot A_{p,AB} \cdot (d_{p,AB} - y_{I,AB})^2$$

Модул попречног пресека мерено од доњег појаса:

$$W_{I,AB} := \frac{I_{I,AB}}{h_{mg.min} - y_{I,AB}} = 1.22 \cdot \text{m}^3$$

- Средишњи део распона BC

Арамтура

Арамтурни челик се не узима у обзир.

Везани каблови за преднапрезање:

$$A_{p,BC} := A_{p,c7} + A_{p,c1} + A_{p,c2} + A_{p,c3} + A_{p,c4} = 8011 \cdot \text{mm}^2$$

ефективна дубина (од горњег дела попречног пресека):

$$d_{p,BC,c7} := h_{mg.min} - 40\text{cm} = 2.90 \text{ m}$$

$$d_{p,BC,c14} := h_{mg.min} - 8\text{cm} = 3.22 \text{ m}$$

Површина попречног пресека:

$$A_{I,BC} := A_{c,s} + (\alpha_{pt} - 1) \cdot A_{p,BC} = 1.78 \cdot \text{m}^2$$

Тежиште мерено од врха пресека:

$$y_{I.BC} := \frac{\frac{b_{mg} \cdot h_{mg.min}^2}{2} + \left(4 \cdot \frac{0.3 \cdot 0.1m^2}{2} - 0.85m \cdot 2.95m\right) \cdot \left(0.2m + \frac{2.95m}{2}\right) \dots}{A_{I.BC}} + (\alpha_{pt} - 1) \cdot [A_{p.c7} \cdot d_{p.BC.c7} + (A_{p.BC} - A_{p.c7}) \cdot d_{p.BC.c14}] = 1.69m$$

Момент инерције:

$$I_{I.BC} := \left[\frac{b_{mg} \cdot h_{mg.min}^3}{12} + b_{mg} \cdot h_{mg.min} \cdot \left(\frac{h_{mg.min}}{2} - y_{I.BC}\right)^2 \right] \dots = 2.23 \cdot m^4$$

$$+ \left[\frac{0.85m \cdot (2.95m)^3}{12} + 0.85m \cdot 2.95m \cdot \left(0.2m + \frac{2.95m}{2} - y_{I.BC}\right)^2 \right] \dots$$

$$+ 2 \cdot \left[\frac{(0.3m)^3 \cdot 0.1m}{12} + \frac{0.3m \cdot 0.1m}{2} \cdot (y_{I.BC} - 0.2m)^2 \right] \dots$$

$$+ 2 \cdot \left[\frac{(0.3m)^3 \cdot 0.1m}{12} + \frac{0.3m \cdot 0.1m}{2} \cdot (0.2m + 2.95m - y_{I.BC})^2 \right] \dots$$

$$+ (\alpha_{pt} - 1) \cdot [A_{p.c7} \cdot (d_{p.BC.c7} - y_{I.BC})^2 + (A_{p.BC} - A_{p.c7}) \cdot (d_{p.BC.c14} - y_{I.BC})^2]$$

Модул попречног пресека мерено од доњег појаса:

$$W_{I.BC} := \frac{I_{I.BC}}{h_{mg.min} - y_{I.BC}} = 1.39 \cdot m^3$$

- Стуб

Арамтура

Арамтурни челик се не узима у обзир.

Везани каблови за преднапрезање:

$$A_{p.B} := A_{p.c7} + A_{p.c5} + A_{p.c6} = 7304 \cdot mm^2$$

ефективна дубина (од горњег дела попречног пресека):

$$d_{p.B.c7} := 50cm = 0.50m$$

$$d_{p.B.c56} := 10cm = 0.10m$$

Површина попречног пресека:

$$A_{I.B} := A_{c.p} + (\alpha_{pt} - 1) \cdot A_{p.B} = 2.75 \cdot m^2$$

Тежиште мерено од врха пресека:

$$y_{I.B} := \frac{\frac{b_{mg} \cdot h_{mg.max}^2}{2} + \left(4 \cdot \frac{0.3 \cdot 0.1m^2}{2} - 0.85m \cdot 4.00m\right) \cdot \left(0.2m + \frac{4.00m}{2}\right) \dots}{A_{I.B}} + (\alpha_{pt} - 1) \cdot [A_{p.c7} \cdot d_{p.B.c7} + (A_{p.B} - A_{p.c7}) \cdot d_{p.B.c56}] = 2.58m$$

Момент инерције:

$$\begin{aligned}
 I_{I.B} := & \left[\frac{b_{mg} \cdot h_{mg,max}^3}{12} + b_{mg} \cdot h_{mg,max} \cdot \left(\frac{h_{mg,max}}{2} - y_{I.B} \right)^2 \right] \dots = 7.37 \cdot m^4 \\
 & + \left[\frac{0.85m \cdot (4.00m)^3}{12} + 0.85m \cdot 4.00m \cdot \left(0.2m + \frac{4.00m}{2} - y_{I.B} \right)^2 \right] \dots \\
 & + 2 \cdot \left[\frac{(0.3m)^3 \cdot 0.1m}{12} + \frac{0.3m \cdot 0.1m}{2} \cdot (y_{I.B} - 0.2m)^2 \right] \dots \\
 & + 2 \cdot \left[\frac{(0.3m)^3 \cdot 0.1m}{12} + \frac{0.3m \cdot 0.1m}{2} \cdot (0.2m + 4.00m - y_{I.B})^2 \right] \dots \\
 & + (\alpha_{pt} - 1) \cdot \left[A_{p.c7} \cdot (d_{p.B.c7} - y_{I.B})^2 + (A_{p.B} - A_{p.c7}) \cdot (d_{p.B.c56} - y_{I.B})^2 \right]
 \end{aligned}$$

Модул попречног пресека мерено од доњег појаса:

$$W_{I.B} := \frac{I_{I.B}}{y_{I.B}} = 2.86 \cdot m^3$$

- Провера декомпресије

$$y_N - y_{I.AB} = 0.04m$$

- Распон АВ

Аксијални напони бетона у притснотом (доњем) појасу:

$$\sigma_{c,min.AB} := \frac{N_{mgAB.qpM}}{A_{I.AB}} + \frac{N_{mgAB.qpM} \cdot (y_N - y_{I.AB})}{W_{I.AB}} + \frac{M_{mgAB.qp}}{W_{I.AB}} \quad \sigma_{c,min.AB} = 0.15 \cdot \frac{N}{mm^2} > 0 \quad \text{не задовољава}$$

- Распон ВС

Аксијални напони бетона у притснотом (доњем) појасу:

$$\sigma_{c,min.BC} := \frac{N_{mgBC.qpM}}{A_{I.BC}} + \frac{N_{mgBC.qpM} \cdot (y_N - y_{I.BC})}{W_{I.BC}} + \frac{M_{mgBC.qp}}{W_{I.BC}} \quad \sigma_{c,min.BC} = 2.63 \cdot \frac{N}{mm^2} > 0 \quad \text{не задовољава}$$

- Изнад стуба В

Аксијални напони бетона у притснотом (горњем) појасу:

$$\sigma_{c,min.B} := \frac{N_{mgB.qpM}}{A_{I.B}} - \frac{N_{mgB.qpM} \cdot (y_N - y_{I.B})}{W_{I.B}} - \frac{M_{mgB.qp}}{W_{I.B}} \quad \sigma_{c,min.B} = 1.67 \cdot \frac{N}{mm^2} > 0 \quad \text{не задовољава}$$

АНЕКС

Прорачун отпорности шипова

Отпорност шипова у ситнозрном тлу

Недренирана отпорност на смицање се може израчунати из СРТ-а према Лунне ет ал., (1997):

$$c_{u,i} = q_{c,i} / N_k$$

Крајњи отпор основе шипа се може израчунати узимањем у обзир технологију уградње, податке пробних оптерећења шипова као и предлоге националних стандарда, са следећом јендачином:

$$q_{b,cal} = 0.6 \cdot \mu_b \cdot q_{c,k}$$

$q_{c,k}$ Карактеристична тачка СРТ отпорности која се може сматрати као просечна вредност отпорности зоне од $1,5 \cdot D$ изнад основе шипа до $3,0 \cdot D$ испод основе шипа.

μ_b Фактор отпорности основе у зависности од технологије.

За крајњи отпор омотача шипа развијена је следећа квадратна једначина узимајући у обзир националне стандарде дозвољавајући различите технологије уградње шипова:

$$q_{s,cal,i} = 1.2 \cdot \mu_s \cdot \sqrt{q_{c,i}}$$

μ_s фактор отпора омотача у зависности од технологије уградње

$c_{u,i} > 500$ kPa недренирана отпорност на смицање се може узети у обзир тек након утврђених истраживања,

$q_{b,cal} > 2.5$ MPa може се употребити тек након утврђених пробних оптерећења шипова,

$q_{b,max} \leq 4$ MPa за чврсте глине и $q_{b,max} \leq 8$ MPa за високо преконсолидоване глине или узети у обзир глинени камен

		μ_b	μ_s	q_{max} [kPa]
Потискајући шипови	Побијени префабриковани бетонски шипови	1,00	1,05	85
	Побијање челичне цеви затвореног дна, бетонирање на лицу места	1,00	0,80	70
	Побијање челичне цеви затвореног дна, sukcesивно извлачење цеви уз додавање бетона	1,00	1,10	90
	Бушени шипови без челичне цеви	0,90	1,25	100
Замењујући шипови	СФА шипови	0,90	1,00	80
	Бушени шипови	0,80	1,00	80
	Бушени шипови са челичном заштитом	0,80	1,00	80

Отпорност шипова за крупнозрно тло

Проарачун отпорности основе шипа заснован је на методи предложеној у ЕС 7-2, са новим фактором редукције:

$$q_{b,cal} = \lambda_b \cdot \alpha_b \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{q_{c,Im} + q_{c,IIIm}}{2} + q_{c,IIIIm} \right)$$

α_b Фактор отпорности основе шипа

λ_b Фактор редукције за узимање у обзир методе Де Руитер и Берингер (Ван Тол. 1993 И Феллинус, 2006) који је занемарен у ЕС 7-2

За отпорност омотача је такође употребљена квадратна формула:

$$q_{s,cal,i} = \alpha_{sq} \cdot \sqrt{q_{c,i}}$$

α_{sq} фактор отпорности омотача, зависно од технологиј

$q_b > 5.0$ MPa се може употребити искључиво у случају потврђеног пробног оптерећења

$q_{b,max} \leq 15$ MPa за сва случаја

Веома опрезан приступ је потребан за процену отпорности основе СФА шипова у песку ради вадненачке везе или потенцијала ликвифакције, јер се стање тла може оједном детериорирати током формирања.

		μ_b	μ_s	q_{max} [kPa]
Потискајући шипови	Побијени префабриковани бетонски шипови	1,00	0,90	150
	Побијање челичне цеви затвореног дна, бетонирање на лицу места	1,00	0,75	120
	Побијање челичне цеви затвореног дна, sukcesивно извлачење цеви уз додавање бетона	1,00	1,10	160
	Бушени шипови без челичне цеви	0,80	0,75	160
Замењујући шипови	СФА шипови	0,70	0,55	120
	Бушени шипови	0,50	0,55	100
	Бушени шипови са челичном заштитом	0,50	0,45	80

Прорачун у складу са С-212 за постојећи мост В0816К		Парцијални факт.		Факт. отп. осн.		Факт. отп. омо.		Макс. отп. омо.	
		осн.	омо.	Ф	Г	Ф	Г	Ф	Г
Побијени префабр. бетонски шипови	1	1.10	1.10	1.00	1.00	1.05	0.90	85	150
Побијање челичне цеви затвореног дна, бетонирање на лицу места	2	1.25	1.10	1.00	1.00	0.80	0.75	70	120
Побијање челичне цеви затвореног дна, сукцесивно извлачење цеви уз додавање бетона	3	1.25	1.10	1.00	1.00	1.10	1.10	90	160
Бушени шипови без челичне цеви	4	1.25	1.10	0.90	0.80	1.25	0.75	100	160
СФА шипови	5	1.20	1.10	0.90	0.70	1.00	0.55	80	120
Бушени шипови	6	1.25	1.10	0.80	0.50	1.00	0.55	80	100
Бушени шипови са челичном зашт.	7	1.25	1.10	0.80	0.50	1.00	0.45	80	80
Предвиђени тип шипа:	3	1.25	1.10	1.00	1.00	1.10	1.10	90	160

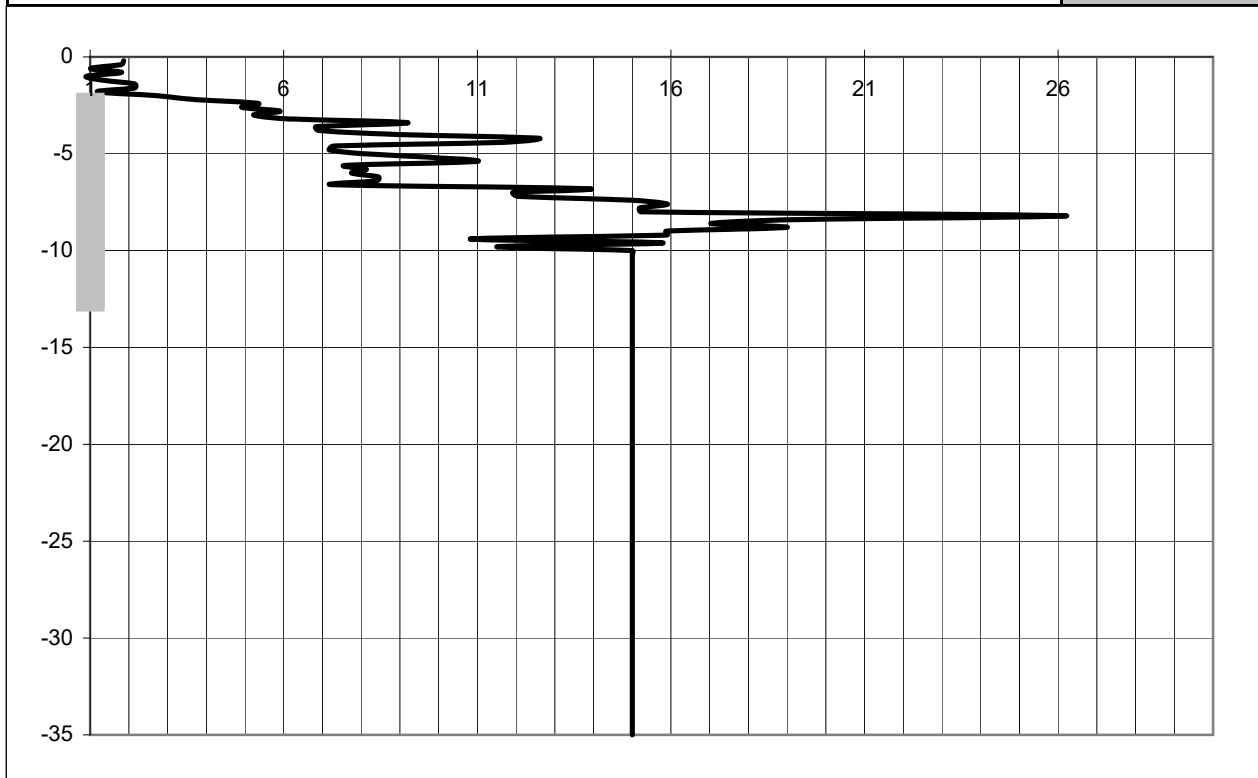
Пречник шипа (m)	0.40
Кота наглавка шипова (m)	80.00
Кота основе шипа (m)	69.90
Конусни фактор (Nk)	15.5
Фактор редукције наглавка (lb)	0.60
Критична кота основе шипа (m)	69.50
Дужина шипа (m)	10.10

R _{s.cal} [kN]	q _{c.k.m} [MPa]	q _{c.i} [MPa]	q _{c.ii} [MPa]	q _{c.iii} [MPa]	R _{b.cal} [kN]
	1450	15.0	15.0	15.0	
q _{b.cal} [MPa]		2.50	Фино тло		
		5.00	Грубо тло		
Врста тла на коти основе шипа (Ф / Г)					Г

R _{s.k} = 942 kN	ξ _{appl}	1.40	1	2	3	4	5	7	10
R _{b.k} = 359 kN	ξ _{mean}	1.40	1.40	1.35	1.33	1.31	1.29	1.27	1.25
R _{c.d} = 1300 kN	ξ _{min}	1.40	1.40	1.27	1.23	1.20	1.15	1.12	1.08

Обавезно пробно оптерећење шипова ради осигурања високе отпорности базе шипа као и смањењења корелационог коефицијента на ξ=1,00 (ДА / НЕ)

НЕ



2/1-1.5.6.2 ПРЕДМЕР И ПРЕДРАЧУН

ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ
КЊИГА 2/1-1.5
МОДЕРНИЗАЦИЈА ЖЕЛЕЗНИЧКЕ ПРУГЕ
БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ЖЕЛЕЗНИЧКИ МОСТ на km 0+749,71 (замена моста)

Бр. поз.	Опис радова	Јед. мере	Количина	Јед. цена (дин)	Цена (дин)
			А	В	АХВ

2/1-1.5.1 ПРИПРЕМНИ РАДОВИ					
	ОПШТИ И ЗАЈЕДНИЧКИ УСЛОВИ ЗА ПРИПРЕМНЕ И ПРЕТХОДНЕ РАДОВЕ Све позиције обухватају поред описа појединачних ставки сав рад и материјал који је потребан ОБРАЧУН ИЗВРШЕНИХ РАДОВА Обрачун количина стварно изведених радова извршиће се према одредбама које прописују				
2/1-1.5.1.1	Припрема градилишта.		пауш		1,000,000.00
2/1-1.5.1.2	Рушење постојеће конструкције моста и одвоз материјала до депоније према упутству надзорног инжењера.		пауш		135,000,000.00

УКУПНО ПРИПРЕМНИ РАДОВИ:					136,000,000.00
---------------------------------	--	--	--	--	-----------------------

2/1-1.5.2 ИЗВОЂЕЊЕ НВ ШИПОВА					
2/1-1.5.2.1	Извођење НВ бушених шипова од бетона С 30/37, ХС2 У цену радова је укључен сав рад на извођењу, а плаћа се готов шип по м'. Арматура се плаћа посебно.				
	Ø90 cm	m'	680.00	30,000.00	20,400,000.00
	Ø120 cm	m'	480.00	40,000.00	19,200,000.00
2/1-1.5.2.2	Израда, уградња и монтажа арматуре НВ шипова. Плаћа се по kg уграђене арматуре. В 500В	kg	174,000.00	120.00	20,880,000.00
2/1-1.5.2.3	Пробно оптерећење шипова, испитивање носивости шипова. Плаћа се паушално.		паушално		1,238,400.00

УКУПНО ИЗВОЂЕЊЕ НВ ШИПОВА:					61,718,400.00
-----------------------------------	--	--	--	--	----------------------

ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ
КЊИГА 2/1-1.5
МОДЕРНИЗАЦИЈА ЖЕЛЕЗНИЧКЕ ПРУГЕ
БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ЖЕЛЕЗНИЧКИ МОСТ на km 0+749,71 (замена моста)

Бр. поз.	Опис радова	Јед. мере	Количина	Јед. цена (дин)	Цена (дин)
			А	В	АХВ

2/1-1.5.3 ЗЕМЉАНИ РАДОВИ					
2/1-1.5.3.1	Ископ темеља у материјалу I и II категорије, са свом потешном подградом и транспортом ископаног материјала до 5 km. Плаћа се по m ³ ископаног материјала - на дубини 0-2 m - на дубини 2-4 m - на дубини 4-6 m	m ³ m ³ m ³	2,130.00 1,120.00 800.00	890.00 1,200.00 1,300.00	1,895,700.00 1,344,000.00 1,040,000.00
2/1-1.5.3.2	Додатак за копање темеља при црпљењу воде од 30 lit/min до 120 lit/min. Плаћа се по m ³ ископаног материјала	m ³	2,520.00	400.00	1,008,000.00
2/1-1.5.3.3	Радови на побијању Larsen талпи, подграђивању и разупирању ради осигурања пропуста, и/или темеља и темељних јама при ископу као и осигурања при даљем извођењу новопроектваног објекта при одвијању саобраћаја на истом. Обрачун укључује сав материјал, алат, механизацију, транспорт и рад. Плаћа се по m ² изведене подграде.		1,190.00	20,000.00	23,800,000.00
2/1-1.5.3.4	Насипање материјала / затрпавање темеља стубова, из ископа или позајмишта, у слојевима по 30 cm, земљаним материјалом, са набијањем слојева до модула стшљивости Ms=30MPa. Плаћа се по m ³ набијеног материјала	m ³	3,600.00	1,800.00	6,480,000.00
2/1-1.5.3.5	Израда клина од крупнозрног тла иза стубова моста са набијањем у слојевима, дебљине d=30cm, до вредности збијања D _{pr} ≥0,98 и q _u ≥ 1MPa. Ово тло се побољшава материјалом за везивање (цементом). Плаћа се по m ³ наб	m ³	1,600.00	3,000.00	4,800,000.00
2/1-1.5.3.6	Израда испуне од крупнозрног материјала, са набијањем у слојевима, дебљине d=30cm, до вредности збијања D _{pr} ≥1. Плаћа се по m ³ набијеног материјала.	m ³	2,400.00	3,000.00	7,200,000.00
2/1-1.5.3.7	Израда кегли, према пројекту, материјалом добијеним из усека или позајмишта са механичким набијањем у слојевима од по 30cm.	m ³	1,660.00	2,900.00	4,814,000.00

УКУПНО ЗЕМЉАНИ РАДОВИ:					52,381,700.00
-------------------------------	--	--	--	--	----------------------

ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ
КЊИГА 2/1-1.5
МОДЕРНИЗАЦИЈА ЖЕЛЕЗНИЧКЕ ПРУГЕ
БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ЖЕЛЕЗНИЧКИ МОСТ на km 0+749,71 (замена моста)

Бр. поз.	Опис радова	Јед. мере	Количина	Јед. цена (дин)	Цена (дин)
			А	В	АХВ

2/1-1.5.4	БЕТОНСКИ И АРМИРАНОБЕТОНСКИ РАДОВИ				
	Све позиције обухватају поред описа појединачних ставки и следеће заједничке услове : - Бетонски радови ће бити изведени у свему по пројекту, статичком прорачуну и важећим правилницима. Цене садрже све радне операције, утрошке материјала, помоћни алат, оплате и скеле, као и остале трошкове и зараду предузећа. - Бетон ће бити справљен, транспортован, уграђен, негован и испитиван на пробним узорцима по одредбама које прописује SRPS EN 206. - Бетон ће бити справљен од агрегата и цемента атестираних по важећим српским стандардима. --Мешање бетона мора се вршити машинским путем, а набијање вибрирањем -Арматура се плаћа посебно -Каблови се плаћају посебно -У цену бетона је урачуната оплата и скела -Плаћа се за потпуно готов посао од m ³ уграђеног бетона				
	Неармирани бетон				
2/1-1.5.4.1	Мршави бетон - изравњавајући слој, дебљине 10 см, С12/15, испод темеља стубова, крилних зидова, темељних плоча, наглавних греда, прелазних плоча од	m ³	4,770.00	12,000.00	57,240,000.00
2/1-1.5.4.2	Израда заштитног слоја хидроизолације коловозне конструкције/горње плоче пропуста од бетона МВ 20, дебљине 5 см са поцинкованом мрежом. У цену је урачуната утрошена арматура , а плаћа се по m ² заштићене површине.	m ²	1,470.00	2,550.00	3,748,500.00
	Армирано бетонске темељне конструкције				
2/1-1.5.4.3	Армирани бетон темеља стубова и темеља потпорних зидова, тракастих темеља, контра греда, плочастих темеља, јастука, наглавних С 25/30, ХС2, V-II	m ³	1,100.00	21,600.00	23,760,000.00

ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ
КЊИГА 2/1-1.5
МОДЕРНИЗАЦИЈА ЖЕЛЕЗНИЧКЕ ПРУГЕ
БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ЖЕЛЕЗНИЧКИ МОСТ на km 0+749,71 (замена моста)

Бр. поз.	Опис радова	Јед. мере	Количина	Јед. цена (дин)	Цена (дин)
			А	В	АХВ

	Стубови као ослонци распонских конструкција разних система и лежишне греде				
2/1-1.5.4.4	Тело крајњих стубова (зидова отворене) од бетона класе С 30/37, ХС4, ХФ1, V-II	m ³	360.00	27,600.00	9,936,000.00
2/1-1.5.4.5	Крила и крилни зидови крајњих стубова од бетона класе С 30/37, ХС4, ХФ1, V-II	m ³	70.00	27,600.00	1,932,000.00
2/1-1.5.4.6	Парапети, маске крајњих стубова од бетона класе С 30/37, ХС4, ХФ1, V-II	m ³	40.00	27,600.00	1,104,000.00
2/1-1.5.4.7	Тело средњих стубова од бетона класе С 30/37, ХС4, ХФ1, V-II	m ³	320.00	27,600.00	8,832,000.00
2/1-1.5.4.8	Лежишне греде и маске средњих стубова од бетона класе С 30/37, ХС4, ХФ1, V-II	m ³	300.00	30,600.00	9,180,000.00
2/1-1.5.4.9	Квадери крајњих и средњих стубова од бетона класе С 45/55, ХС4, ХФ1, V-II	m ³	10.00	30,600.00	306,000.00
	Распонска конструкција моста од армираног бетона				
2/1-1.5.4.10	Коловозна плоча од армираног бетона преко монтажних носача Бетон класе С 35/45, ХС4, ХФ1, V-II	m ³	460.00	30,600.00	14,076,000.00
2/1-1.5.4.11	Ивични венци пешачких стаза ливени на лицу места, (укључујући и ревизионе шахтове) од бетона класе С 30/37, ХС4, ХФ3, V-II, М-200	m ³	40.00	37,200.00	1,488,000.00
2/1-1.5.4.12	Прелазне плоче, од бетона С 12/15	m ³	150.00	12,000.00	1,800,000.00

УКУПНО БЕТОНСКИ РАДОВИ:					133,402,500.00
--------------------------------	--	--	--	--	-----------------------

ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ
КЊИГА 2/1-1.5
МОДЕРНИЗАЦИЈА ЖЕЛЕЗНИЧКЕ ПРУГЕ
БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ЖЕЛЕЗНИЧКИ МОСТ на km 0+749,71 (замена моста)

Бр. поз.	Опис радова	Јед. мере	Количина	Јед. цена (дин)	Цена (дин)
			А	В	АХВ

2/1-1.5.5 РАДОВИ ОД МЕТАЛА					
	Све позиције обухватају поред описа појединачних ставки и следеће заједничке услове: - Армирачки радови ће бити изведени у свему по пројекту, статичком прорачуну и важећим правилницима. Цене садрже све радне операције, утрошке материјала, помоћни алат и скеле, као и остале трошкове и зараду предузећа. - Арматуру очистити од рђе и прљавштине, исправити, исећи, савити и уградити по детаљима (арматурним нацртима) и статичком прорачуну. - За квалитет уграђене арматуре одговара извођач радова. - Јединична цена садржи и постављање подметача од челика, пластике или бетона за постизање предвиђених заштитних слојева и правилног положаја арматуре у конструкцији. Сва подеона гвожђа и узенгије ће бити чврсто везани за главну арматуру тако да не може доћи до промене положаја арматуре за време бетонирања конструкције. - У цену радова на преднапрезању урачуната је набавка свог потребног материјала (ужад, котве, пресе, заштитне цеви, подложне плочице, ињекциона маса), постављање ужади у пројектован положај, монтирање и сам процес урезања и ињектирања. - Стварно уграђена количина арматуре свих квалитета обрачунава се по кг без обзира на сложеност и пречнике шипки арматуре. - Обрачун количина извршити према табличним тежинама арматуре и ужади и дужинама из арматурних нацрта.				
2/1-1.5.5.	Набавка, чишћење, сечење, машинско савијање и монтажа арматуре према пропису, пројекту и статичким детаљима. Плаћа се по кг уграђене арматуре. Ребраста арматура В 500В	kg	427,500.00	120.00	51,300,000.00

УКУПНО АРМИРАЧКИ РАДОВИ:					51,300,000.00
---------------------------------	--	--	--	--	----------------------

ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ
КЊИГА 2/1-1.5
МОДЕРНИЗАЦИЈА ЖЕЛЕЗНИЧКЕ ПРУГЕ
БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ЖЕЛЕЗНИЧКИ МОСТ на km 0+749,71 (замена моста)

Бр. поз.	Опис радова	Јед. мере	Количина	Јед. цена (дин)	Цена (дин)
			А	В	АХВ

2/1-1.5.6	КОНСТРУКЦИЈСКИ ЧЕЛИК				
	Елементи имају своје појединачне описе као и следеће опште услове: - Израда конструкцијског челика мора бити обављена у складу са пројектом, статичким прорачуном и релевантним прописима. Цене ће покрити све активности, утрошене материјале, алате и скеле према SRPS EN 1090, Класе извођења 3 (ЕХС3), као и у општим трошковима и приходима компаније. - Са челичних профила и лимова се мора очистити рђа и прљавштина и морају бити исечени, савијени и позиционирани као што је предвиђено у цртежу израде челичних елемената и статичком прорачуну. - Извођач сноси одговорност за квалитет челичних профила и лимова. - Конструкцијски челик мора бити тестиран на узорцима који су наведени у одговарајућим техничким прописима за челичне профиле и лимове. - Цена по елементу ће такође покрити и додатне, помоћне елементе (укруте и шарке) који се користе при изградњи конструкције, конструкцијске спојеве (заварене и ушрафљене), клинове са главом и проверу заварених спојева. - Одступања изведених радова морају бити проверена у складу са кодексом норматива и стандарда у грађевинарству.				
2/1-1.5.6.1	Израда и монтажа челичне конструкције моста према SRPS EN 1090 ЕХС3. Цена ће покрити набавку материјала, израду, транспорт, подизање и антикорозивну заштиту у складу са EN ISO 12944-5, класа С5-1 . Плаћање изведених радова се врши по тони изведених конструкција.				
	Горњи строј од челика, класе S355J2/K2+N	t	898	360000.00	323,280,000.00
	Челична конструкција ревизионих стаза, класе S235JR	t	76	300000.00	22,800,000.00
2/1-1.5.6.2	газишта од лима, класа S235JR. Цена ће покрити набавку материјала, израду, транспорт, подизање и антикорозивну заштиту у складу са EN ISO 12944-5, класа С5-1 . Плаћање изведених радова се врши по тони изведених конструкција.				
		t	252	21000.00	5,292,000.00

УКУПНО КОНСТРУКЦИЈСКИ ЧЕЛИК:	351,372,000.00
-------------------------------------	-----------------------

ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ
КЊИГА 2/1-1.5
МОДЕРНИЗАЦИЈА ЖЕЛЕЗНИЧКЕ ПРУГЕ
БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ЖЕЛЕЗНИЧКИ МОСТ на km 0+749,71 (замена моста)

Бр. поз.	Опис радова	Јед. мере	Количина	Јед. цена (дин)	Цена (дин)
			А	В	АХВ

2/1-1.5.7 ИЗОЛАТЕРСКИ РАДОВИ					
	- Сви изолатерски радови морају бити изведени педантно и тачно према захтевима из пројекта, предрачуна радова и детаљима. - Употребљени материјали морају одговарати важећим стандардима и прописима, снабдени атестима овлашћене установе, проверени у употреби, трајни колико и објекат или пројектовани тако да је њихова замена могућа. - Све грешке на конструкцији морају се на одговарајући начин отклонити или санирати пре почетка доношења изолационог материјала. - У јединичну цену је урачуната набавка свог потребног материјала, алата, транспорт и израда. - Плаћа се за потпуно готов посао по m ² урађене изолације и/или заштите.				
2/1-1.5.7.1	Израда хидроизолације горње плоче у свему према Ril 804. У цену су у рачунати набавка материјала, транспорт и уградња.	m ²	1,660.00	3,000.00	4,980,000.00
2/1-1.5.7.2	Израда хидроизолације од једног хладног премаза битулитом и једног премаза врућим битуменом бетонских површина које су у контакту са земљом.	m ²	1,610.00	1,200.00	1,932,000.00
2/1-1.5.7.3	Израда заштите бетонских површина заштитним хидрофобним премазом за бетон, на бази пенетрата. Површине морају бити претходно очишћене и суве. Премазивање подразумева заштиту и импрегнацију свих видљивих бетонских површина моста које су у додиру са атмосферским утицајима.	m ²	610.00	2,000.00	1,220,000.00
2/1-1.5.7.4	Заштитни премаз бетона на пешачким стазама, степеницама и подестима, d=3-3.5 mm, формираног од 4 слоја: епокси прајмер, водоотпорни слој пур смоле, основни премаз пур смоле (полиуретан) са кварц песком (0.5-1 mm) и завршни слој пур смоле.	m ²	100.00	2,500.00	250,000.00

УКУПНО ИЗОЛАТЕРСКИ РАДОВИ:	8,382,000.00
-----------------------------------	---------------------

ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ
КЊИГА 2/1-1.5
МОДЕРНИЗАЦИЈА ЖЕЛЕЗНИЧКЕ ПРУГЕ
БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ЖЕЛЕЗНИЧКИ МОСТ на km 0+749,71 (замена моста)

Бр. поз.	Опис радова	Јед. мере	Количина	Јед. цена (дин)	Цена (дин)
			А	В	АХВ

2/1-1.5.8 ЛЕЖИШТА И ДИЛАТАЦИЈЕ					
2/1-1.5.8.1	Израда и уградња потпорних лежајева.				
	Плаћа се по комаду кревета.				
	покретна у свим правцима	ком	3	250,000.00	750,000.00
	непокретна у свим правцима	ком	1	300,000.00	300,000.00
2/1-1.5.8.2	попречно покретна	ком	1	500,000.00	500,000.00
	попречно непокретна	ком	3	500,000.00	1,500,000.00
2/1-1.5.8.2	Набавка и уградња уређаја за пријем удара (STU-Shock Transmitting Units). Плаћање по сваком уређају на месту.	ком	6	650,000.00	3,900,000.00
2/1-1.5.8.3	Израда и постављање челичне плоче са анкерима у главне носаче на местима лежишта.				
	Плаћа се по kg челика.	kg	5,600.00	250.00	1,400,000.00
2/1-1.5.8.4	Набавка и уградња дилатација у свему према Ril 804.				
	Плаћа се по m' уграђене дилатационе спојнице.				
	средња померања	m'	12.00	100,000.00	1,200,000.00
	мала померања	m'	12.00	45,000.00	540,000.00

УКУПНО ЛЕЖИШТА И ДИЛАТАЦИЈЕ:					10,090,000.00
-------------------------------------	--	--	--	--	----------------------

ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ
КЊИГА 2/1-1.5
МОДЕРНИЗАЦИЈА ЖЕЛЕЗНИЧКЕ ПРУГЕ
БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ЖЕЛЕЗНИЧКИ МОСТ на km 0+749,71 (замена моста)

Бр. поз.	Опис радова	Јед. мере	Количина	Јед. цена (дин)	Цена (дин)
			А	В	АХВ

2/1-1.5.9 ОСТАЛИ РАДОВИ					
	За све позиције наведених радова важи: * у цену је урачуната набавка свог потребног материјала, алата, механизације, транспорт, израда и монтажа према пројекту, а за комплетно завршен посао Сливници од ливеног гвожђа, набавка и уградња према пројекту. Ливене цеви за одвод воде из сливника укључујући и сав причврсни прибор.				
2/1-1.5.9.1	Постављање еластичног тепиха (простирке) за заштиту туцаничке призме, између туцаника и бетонске конструкције. У цену урачуната набавка, транспорт и уградња. Плаћа се по m ² постављене ела	m ²	2079.627	1,800.00	3,743,328.60
2/1-1.5.9.2	Израда и постављање ограде од челика S 235 JRG1. У цену је урачуната набавка материјала, израда, транспорт, монтажа, антикорозиона заштита са два основна и два завршна премаза покривном бојом, а у свему према пројекту. -цевне или од профила	kg	12,000.00	400.00	4,800,000.00
2/1-1.5.9.3	Израда заштите хидроизолације, површина, стиродур плочама дебљине 5 цм.	m ²	1,610.00	2,700.00	4,347,000.00
2/1-1.5.9.4	Испитивање готовог моста.		паушално		1,000,000.00
2/1-1.5.9.5	Фотографско снимање у току изградње моста.		паушално		100,000.00
2/1-1.5.9.6	Израда и уграђивање плоче са годином изградње моста.		паушално		10,000.00
УКУПНО ОСТАЛИ РАДОВИ:					10,257,000.00

ИДЕЈНИ ПРОЈЕКАТ
КЊИГА 2/1-1.5
МОДЕРНИЗАЦИЈА ЖЕЛЕЗНИЧКЕ ПРУГЕ
БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ЖЕЛЕЗНИЧКИ МОСТ на km 0+749,71 (замена моста)

Бр. поз.	Опис радова	Јед. мере	Количина	Јед. цена (дин)	Цена (дин)
			А	В	АХВ

ЗБИРНА РЕКАПИТУЛАЦИЈА

2/1-1.5.1	РУШЕЊЕ	136,000,000.00
2/1-1.5.2	ИЗВОЂЕЊЕ НВ ШИПОВА	61,718,400.00
2/1-1.5.3	ЗЕМЉАНИ РАДОВИ	52,381,700.00
2/1-1.5.4	БЕТОНСКИ И АРМИРАНОБЕТОНСКИ РАДОВИ	133,402,500.00
2/1-1.5.5	РАДОВИ ОД МЕТАЛА	51,300,000.00
2/1-1.5.6	КОНСТРУКЦИЈСКИ ЧЕЛИК	351,372,000.00
2/1-1.5.7	ИЗОЛАТЕРСКИ РАДОВИ	8,382,000.00
2/1-1.5.8	ЛЕЖИШТА И ДИЛАТАЦИЈЕ	10,090,000.00
2/1-1.5.9	ОСТАЛИ РАДОВИ	10,257,000.00

УКУПНО (дин): **678,903,600**

Београд, јул 2020. год.

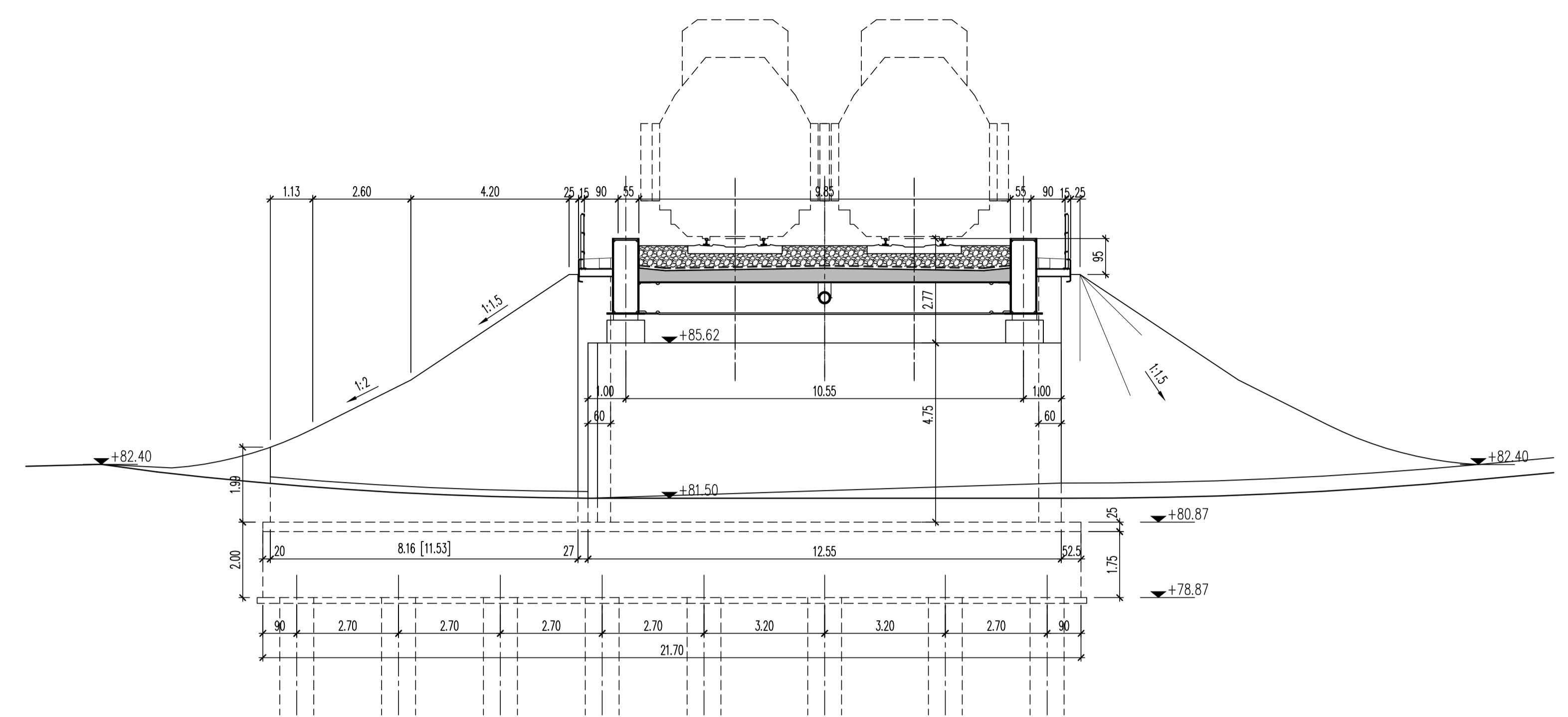


дизайнерски пројектант:

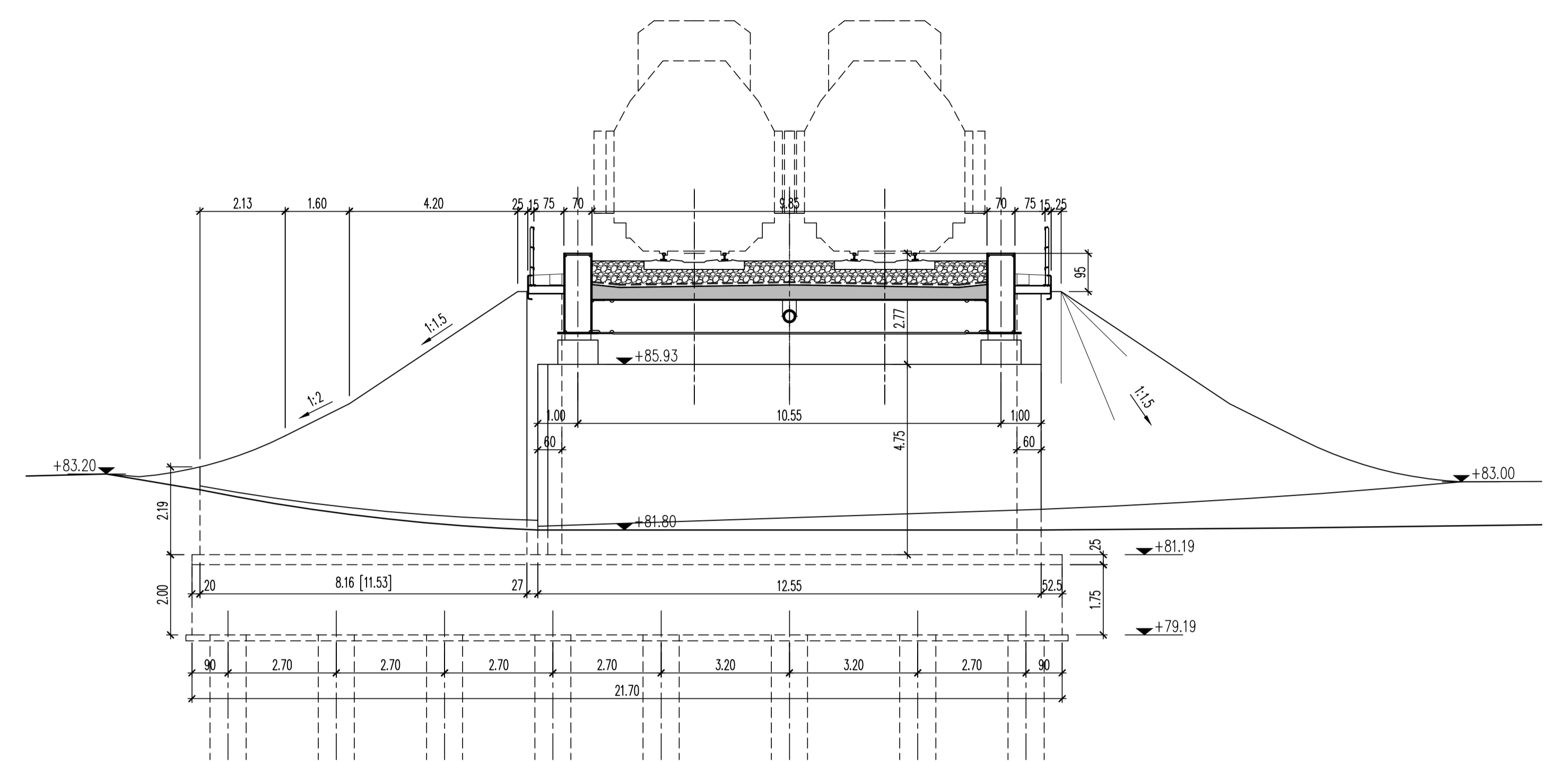
Милош Јовановић, дипл. грађ. инж.
 Контакт бр.: 310 J408 10

2/1-1.5.7. ГРАФИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА

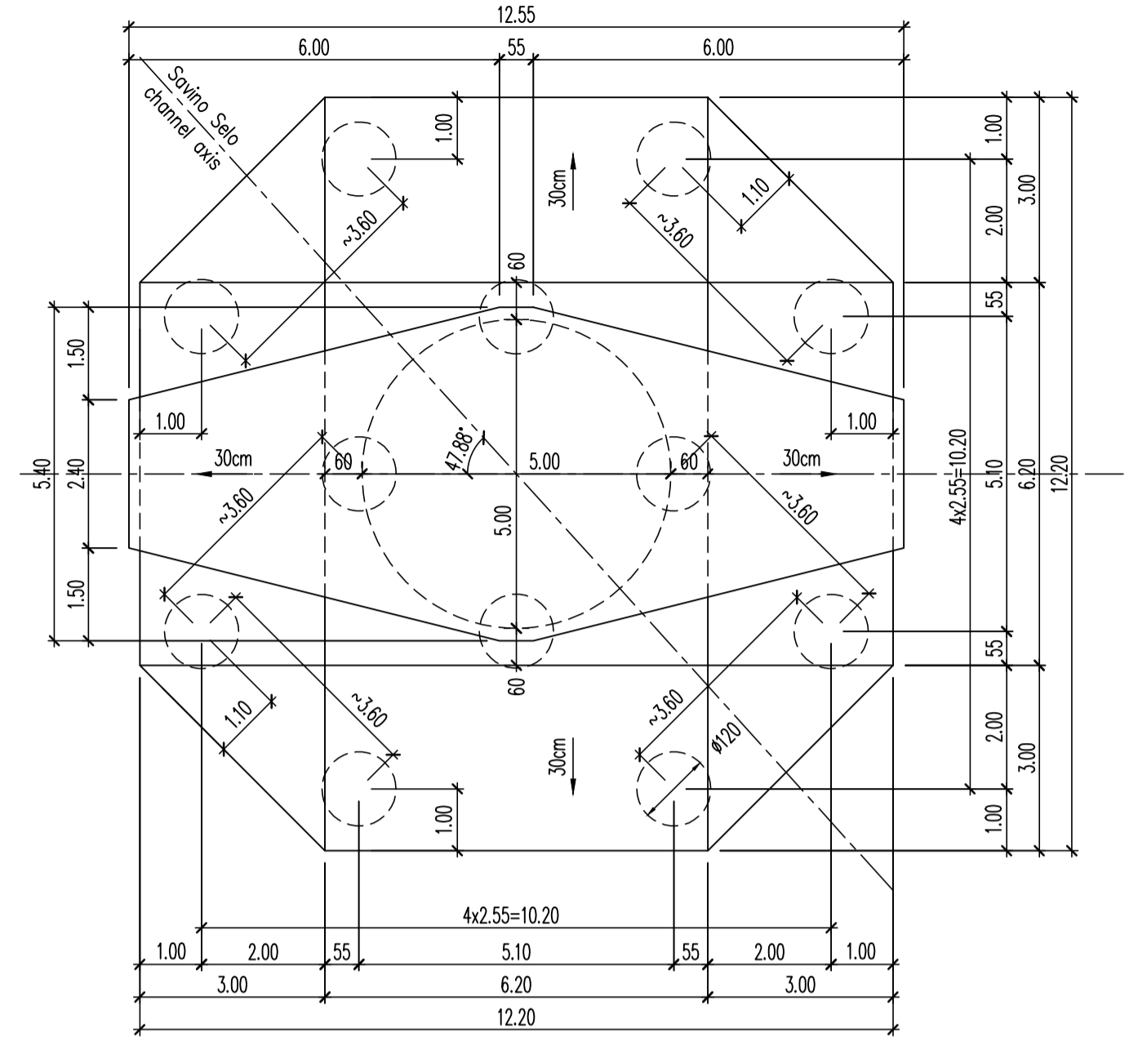
(C1) ОБАЛНИ СТУБ-ИЗГЛЕД 1:100
(C1) ABUTMENT FRONT VIEW 1:100



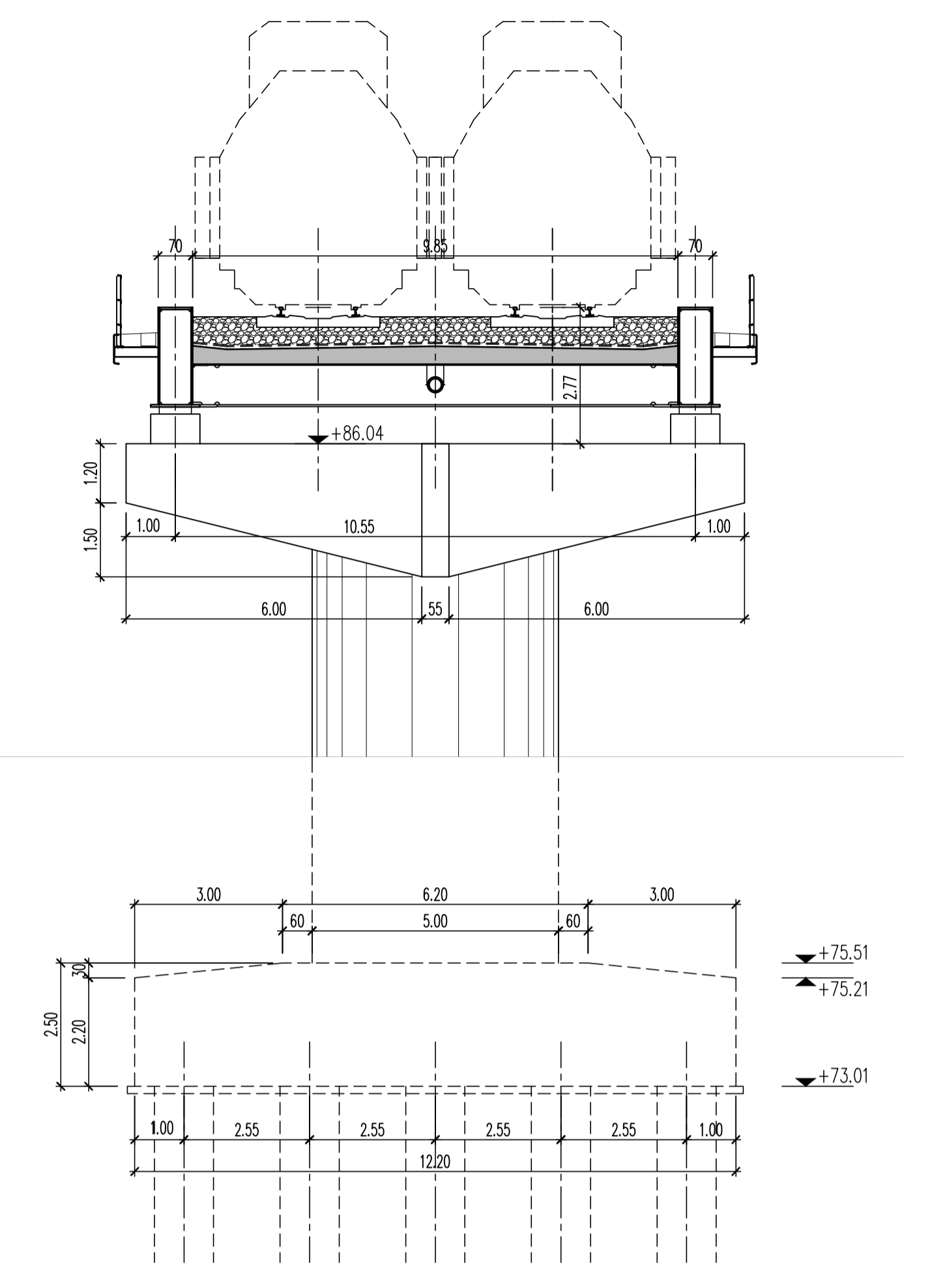
(C4) ОБАЛНИ СТУБ-ИЗГЛЕД 1:100
(C4) ABUTMENT FRONT VIEW 1:100



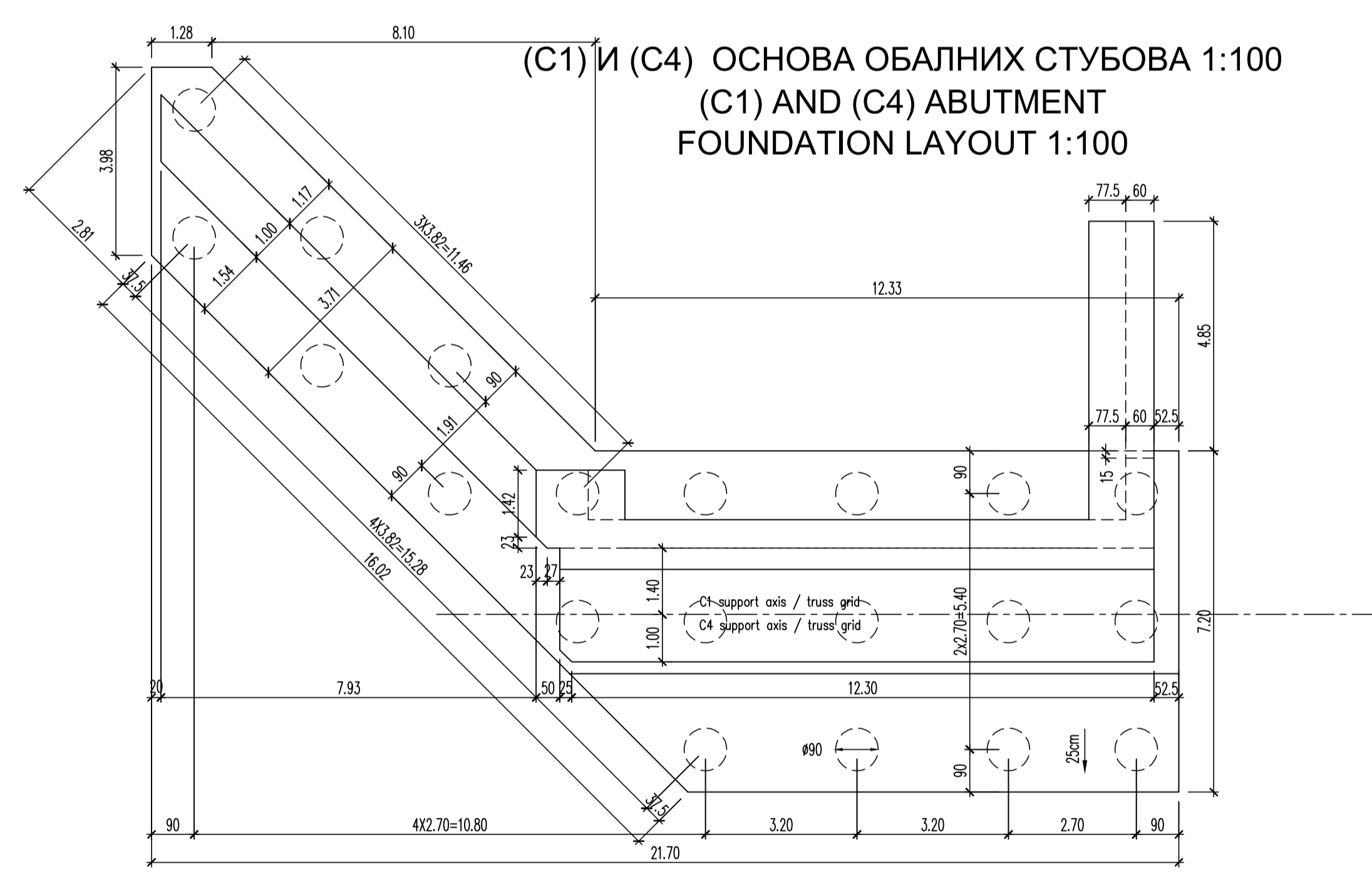
(C2) И (C3) СТУБОВИ-ОСНОВА ТЕМЕЉА 1:100
(C2) AND (C3) PIER FOUNDATION LAYOUT 1:100



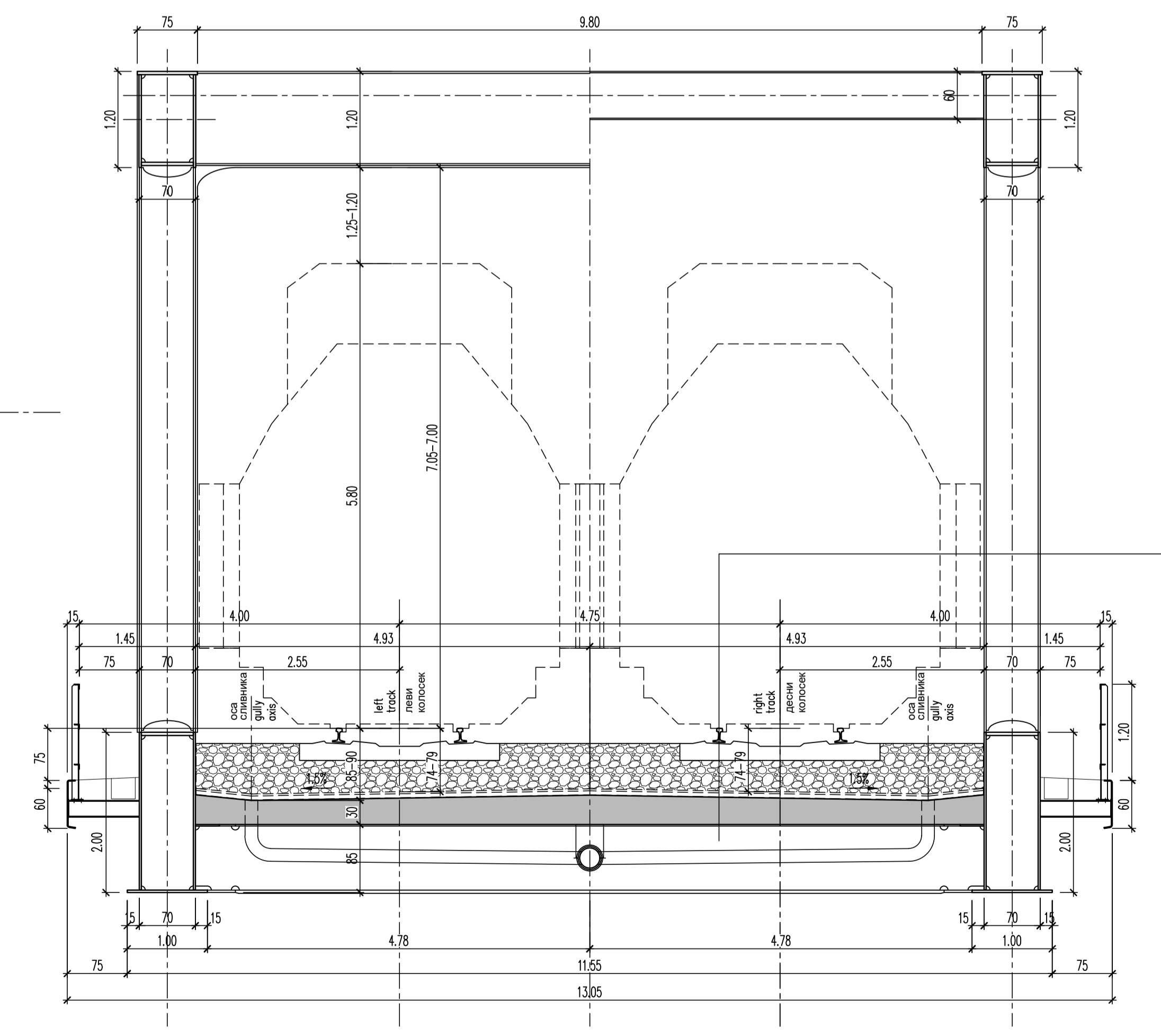
(C3) СТУБОВИ-ПРЕДЊИ ПОГЛЕД 1:100
(C3) PIER FRONT VIEW 1:100



(C1) И (C4) ОСНОВА ОБАЛНИХ СТУБОВА 1:100
(C1) AND (C4) ABUTMENT FOUNDATION LAYOUT 1:100

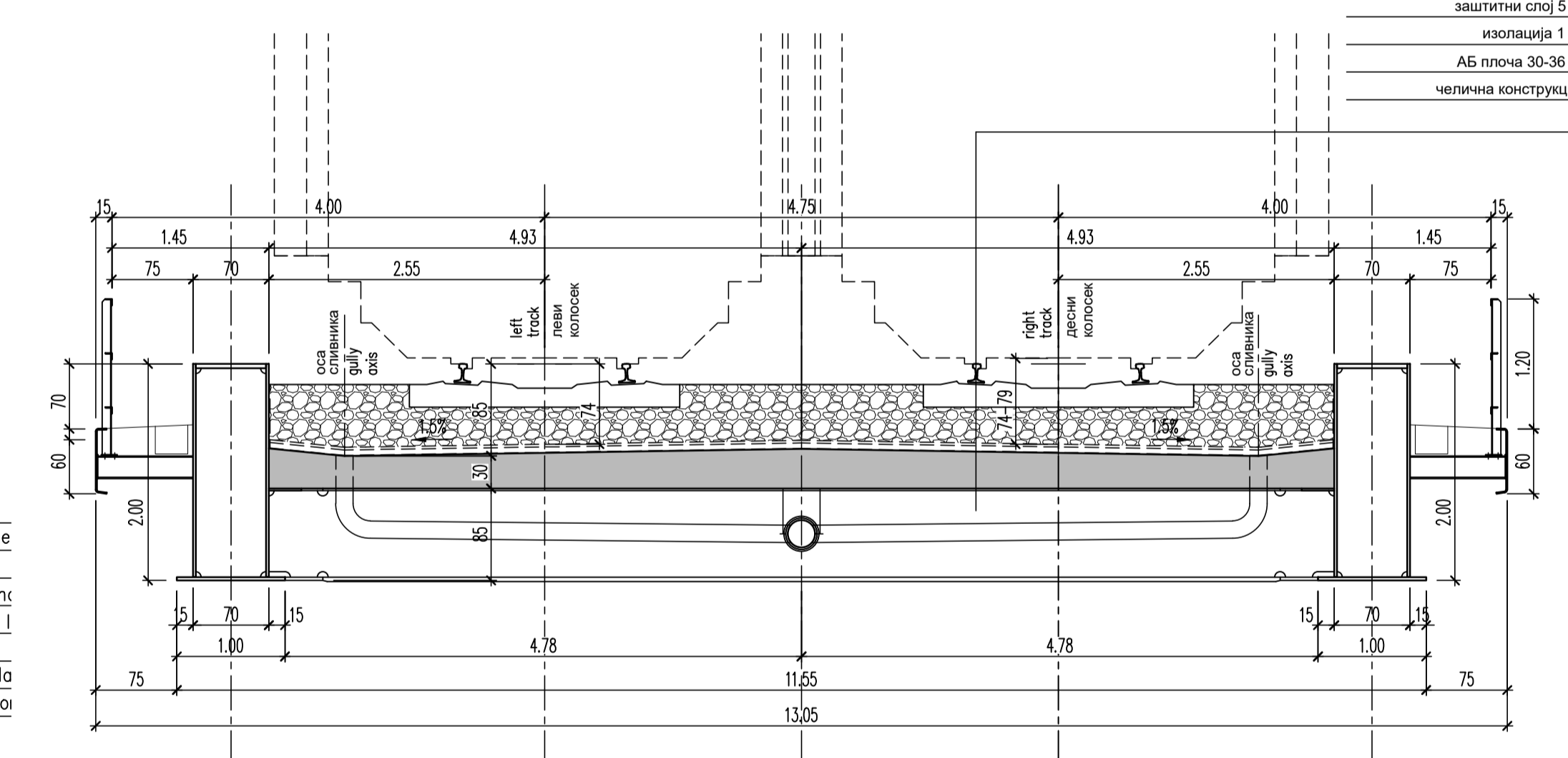


ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК М-М
M-M CROSS-SECTION 1:50



шпала	rail
префабриковани бетонски прагови	precast concrete
тишачини застор	ballast
еластични тепих 2.5 cm	2.5cm elastic mat
заштитни слој 5 cm	5cm protection layer
изолација 1 cm	isolation
AB плоча 30-36 cm	30-36cm RC slab
челична конструкција	steel construction

ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК К-К
K-K CROSS-SECTION 1:50



шпала	rail
префабриковани бетонски прагови	precast concrete
тишачини застор	ballast
еластични тепих 2.5 cm	2.5cm elastic mat
заштитни слој 5 cm	5cm protection layer
изолација 1 cm	isolation
AB плоча 30-36 cm	30-36cm RC slab
челична конструкција	steel construction

КАРАКТЕРИСТИКЕ МАТЕРИЈАЛА

Елемент	Бетон	Арматура	Заштитни слој
Коловозна плоча	C 35/45, XC4, XF1, V-II	B500B	3.5 cm
Ивични венци и пешачне стаје	C 30/37, XC4, XF3, V-II, M-200	B500B	5.0 cm
Лежачне издери	C 30/37, XC4, XF1, V-II	B500B	5.0 cm
AB стубови и отпорни зидови	C 30/37, XC4, XF1, V-II	B500B	5.0 cm
Шплови и главне греде	C 30/37, XC2, V-II	B500B	5.0 cm
Мршав бетон	C 12/15 и C 16/20, X0		
Конструкциони челик			
Челична надградња	S355J2/K2+N		
Челична конструкција тротоара	S235JR		

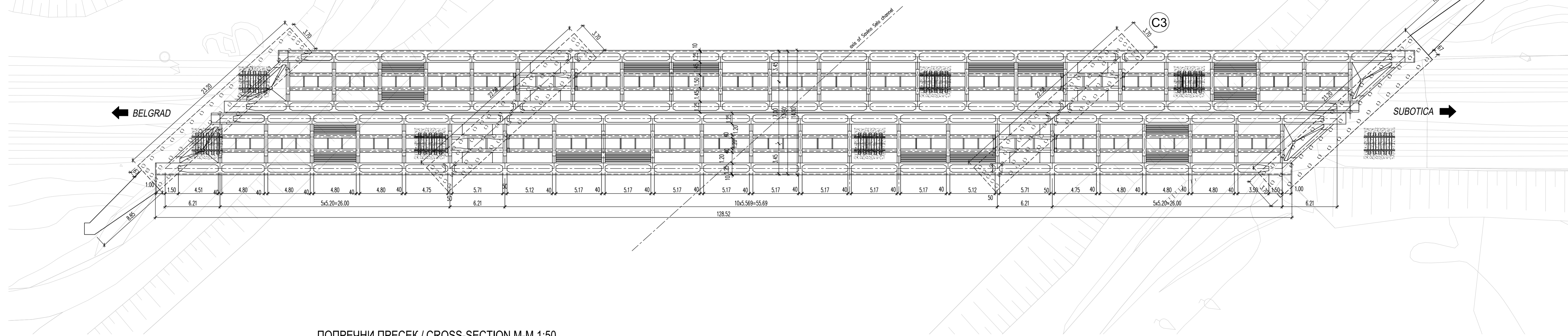
MATERIAL CHARACTERISTICS

Element	Concrete	Reinforcement	Concrete cover
Carriage slab	C 35/45, XC4, XF1, V-II	B500B	3.5 cm
Edge beam and footpath	C 30/37, XC4, XF3, V-II, M-200	B500B	5.0 cm
Bearing blocks	C 30/37, XC4, XF1, V-II	B500B	5.5 cm
RC columns and supporting walls	C 30/37, XC4, XF1, V-II	B500B	5.0 cm
Piles and pilecaps	C 30/37, XC2, V-II	B500B	5.0 cm
Lean concrete	C 12/15 or C 16/20, X0		
Structural steel			
Steel superstructure	S355J2/K2+N		
Steel structure of sidewalks	S235JR		

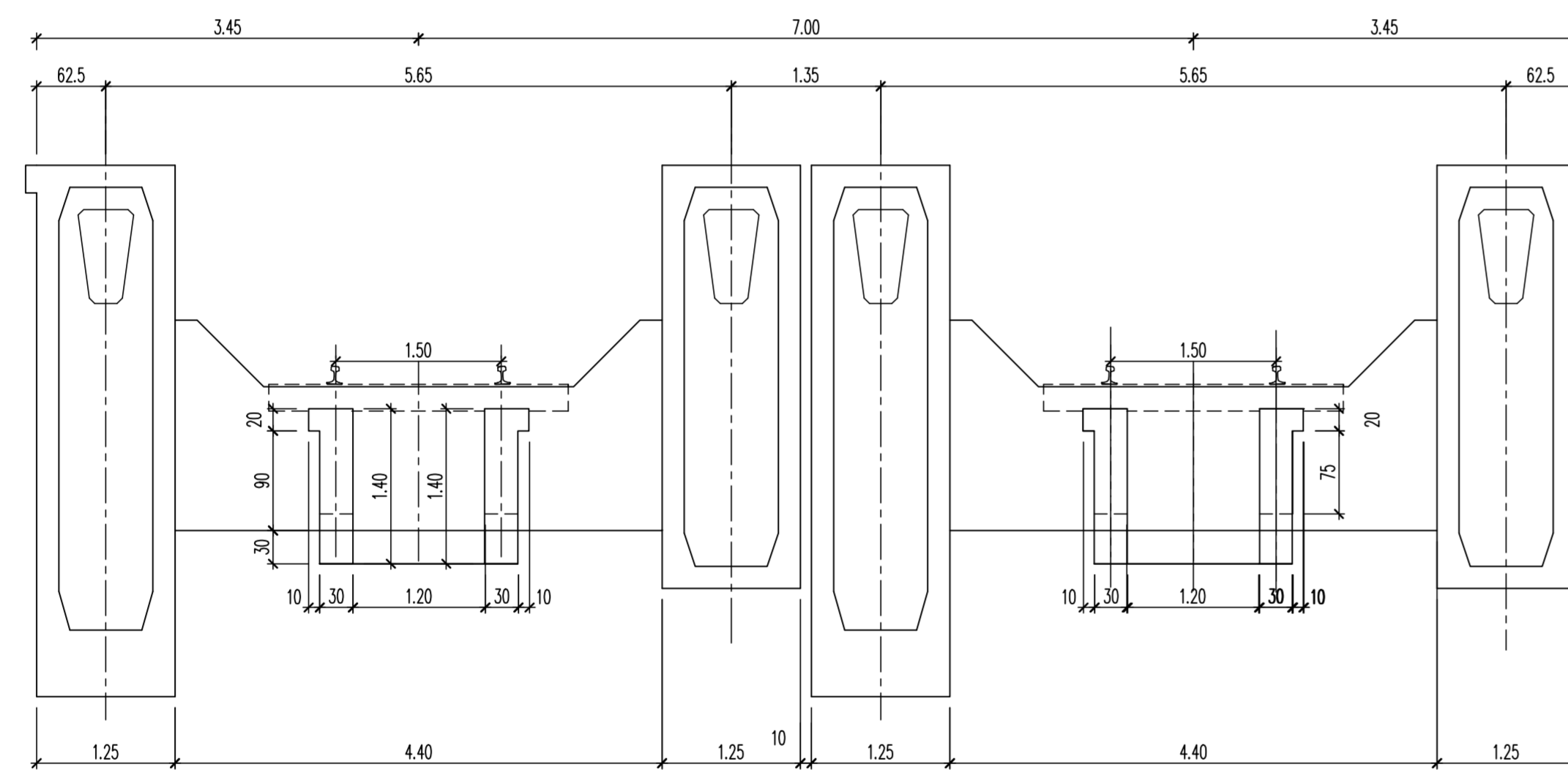


03		
02		
01		
Број/Number	Датум / Date	Опис / Description
Ревизиони блок / Revision block:		
САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП, д.о.о. INSTITUTE OF TRANSPORTATION CIP Ltd Неманјина 6; 11000 Београд, Србија Тел: 011/3618-134; Факс: 011/3618-324; веб сајт: www.sicp.co.rs		
Организациона јединица: КОНСТРУКЦИЈЕ / Organization unit: STRUCTURE DEPARTMENT		
Одговорни пројектант / Responsible designer: Слободан Јаћковић, дипл. грађ. инж. лиценца број / license No.: 310 J408 10		
Пројектант / Designer: János Szabó, Master of Science		
Унутрашња контрола / Internal control: Дјан Срејић дипл. грађ. инж.		
Главни пројектант / Chief designer: Милан Јелковић, дипл. грађ. инж.		
Руководилац организационе јединице / Manager of organization unit: Љилјана Мишковић, дипл. грађ. инж.		
Цртеж / Drawing: Општа документација 2 / General drawing 2		Размера / Scale: 1:50, 1:100
Фаза пројекта / Project phase: ИДП / PD		Датум издања / Issue date: 07.2020.
2017-728-КОП-2/1-1.5.7.2		

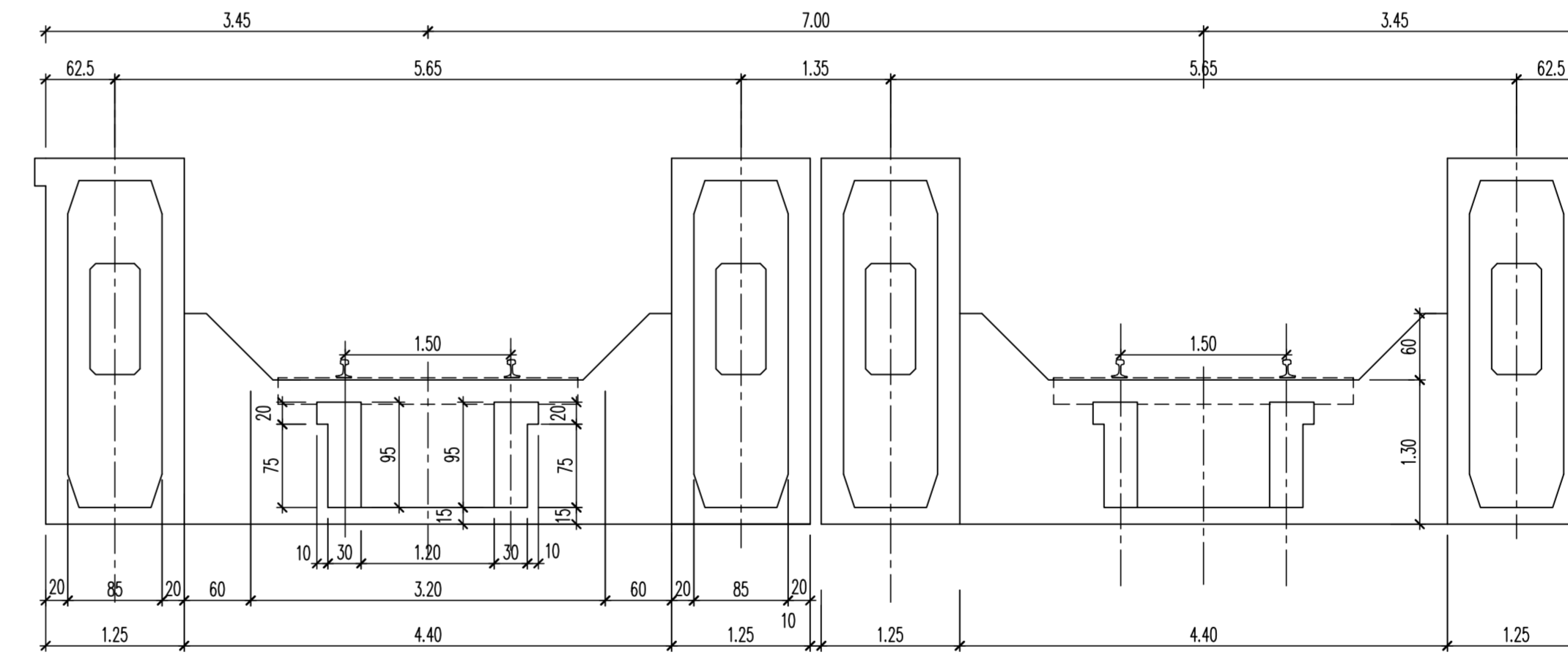
ОСНОВА МОСТА / LAYOUT PLAN 1:200



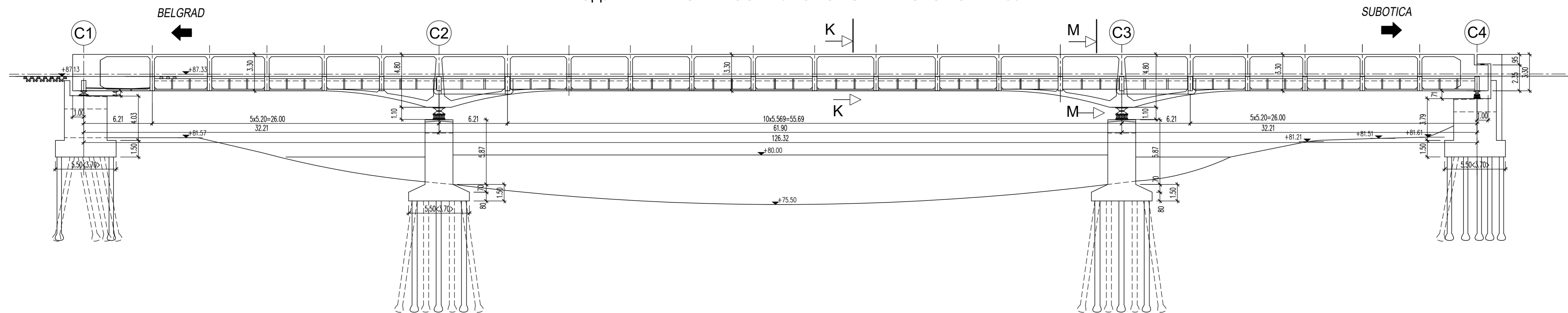
ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК / CROSS-SECTION M-M 1:50



ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК / CROSS-SECTION K-K 1:50

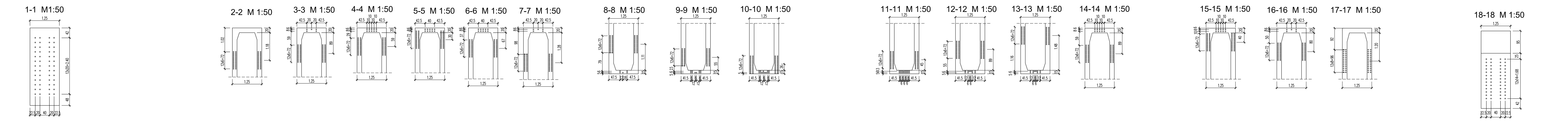
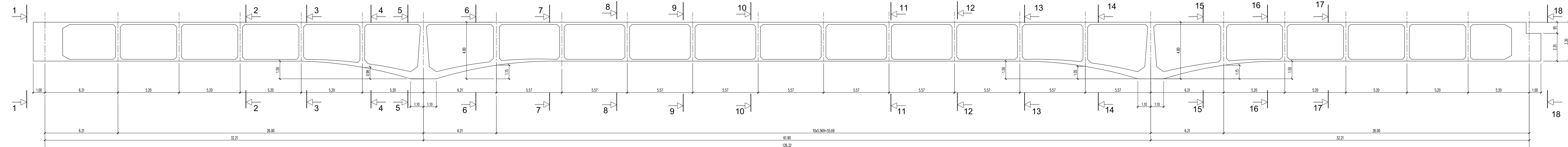


ПОДУЖНИ ПРЕСЕК МОСТА / LONGITUDINAL SECTION 1:200



03		
02		
01		
Број/Number	Датум / Date	Опис / Description
Ревизиони блок / Revision block:		
SAOBRAĆAJNI INSTITUT CIP, d.o.o. INSTITUTE OF TRANSPORTATION CIP Ltd Немањина 6; 11000 Београд; Србија Тел: 011/3618-134; Факс: 011/3618-324; web site: www.sicp.co.rs		
Организациона јединица: КОНСТРУКЦИЈЕ / Organization unit: STRUCTURE DEPARTMENT		
Одговорни пројекат: / Responsible designer:	Инвеститор пројекта: / Investor: "ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ" А.Д. / "INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA" JSC Немањина 22-26, 11000 Београд, Србија web site: www.rg.gov.rs	
Слободан Јаковић, дипл. грађ. инж.	Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре Министарство саобраћаја, државна граница (КЕЛЕРИЈА) БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕРИЈА) MODERNIZATION OF BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELERIA) Део пројекта / Part of Design:	
Пројекат: / Designer:	Објекат: / Structure: MODERNIZACIJA ŽELEZNIČKE ПРУГЕ БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕРИЈА) / MODERNIZATION OF BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELERIA) RAILWAY LINE SECTION: NOVI SADO, SUBOTICA - STATE BORDER (KELERIA).	
Јанос Сзабо, Master of Science	ПРОЈЕКАТ МОСТОВА Мост на км 0+749,71 DESIGN OF BRIDGES Bridge at km 0+749,71	
Унутрашња контрола: / Internal control:	Цртеж: / Drawing: Дислокација постојећег моста 1 / Plan of existing structure 1	
Дејан Срејић дипл. грађ. инж.	Размера: / Scale: 1:50; 1:200	
Главни пројекат: / Chief designer:	Милан Јелкић, дипл. грађ. инж.	
Руководилац организационе јединице: / Manager of organization unit:	Лђиљана Мишковић, дипл. грађ. инж.	
Базисни пројекат: / Basis project: ИДП / PD	Датум издања: / Issue date: 07.2020.	Цртеж број: / Drawing No.: 2017-728-KOH-211-1.5.7.3

ПОДУЖНИ ПРЕСЕК НАДВОЖЊАКА / LONGITUDINAL SECTION 1:100



Спецификација каблова главног носача
(1 комад)

Р' бр.	Рос кабла	Дужина у м'	Ком.	Укупна дуж у м'	Издужење у см ² за E=2x10 ⁸ kg/cm ²
1	1	18,21	3	54,63	2x4,5=9,1
2	2	23,78	3	71,34	2x5,95=11,9
3	3	23,78	5	118,90	2x5,95=11,9
4	4	23,78	5	118,90	2x5,95=11,9
5	5	24,05/23,68	5/5	120,25/118,40	2x6=12/2x5,9=11,8
6	6	13,28/12,92	5/5	66,40/64,55	2x3,3=6,6/2x6,5=13,0
7	7	128,80	5/2	6697,60	2x32,2=64,4
				Σ L=	7430,97



03		
02		
01		

Број/Number	Датум / Date	Опис / Description
-------------	--------------	--------------------

Ревизиони блок: / Revision block:

САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП, д.о.о.
INSTITUTE OF TRANSPORTATION CIP Ltd
 Немањина 6; 11000 Београд, Србија
 Тел: 011/3618-134; Факс: 011/3618-324; web site: www.sicp.co.rs

Организациона јединица: КОНСТРУКЦИЈЕ / Organization unit: STRUCTURE DEPARTMENT

Одговорни пројектант: / Responsible designer:
Слободан Јаховић, дипл. грађ. инж.
 лиценца број / license No.: 310 J408 10

Пројектант: / Designer:
Јанос Забо, Master of Science

Инвеститор пројекта: / Investor:
ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ "А.Д."
 INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA "A.D."
 Немањина 22-26; 11000 Београд, Србија
 web site: www.mgi.gov.rs

Министарство грађевинарства, саобраћаја и инфраструктуре
 Немањина 22-26; 11000 Београд, Србија
 Ministry of Construction, Transport and Infrastructure
 Немањина 22-26; Street: 11000 Belgrade, Serbia
 web site: www.mgi.gov.rs

Објекат: / Structure:
МОДЕРНИЗАЦИЈА ЖЕЛЕЗНИЧКЕ ПРУЖЕ
 MODERNIZATION OF RAILWAYS
ДЕОНИЦА НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
 SECTION NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)
 Део пројекта / Part of Design:

ПРОЈЕКАТ МОСТОВА
 DESIGN OF BRIDGES
Мост на км 0+749.71
 Bridge at km 0+749.71

Унутрашња контрола: / Internal control:
Дејан Срејић, дипл. грађ. инж.

Главни пројектант: / Chief designer:
Милан Јелкић, дипл. грађ. инж.

Руководилац организационе јединице:
 Manager of organization unit:
Љиљана Мишковић, дипл. грађ. инж.

Цртеж: / Drawing:
 Диспозиција постојећег моста 2
 Plan of existing structure 2

Размер: / Scale:
 1:50; 1:100

Фаза пројекта: / Design phase:
 ИДП / PD

Датум/date:
 07.2020

2017-728-КОН-2/1-1.5.7.4