



INTERREG V-A
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA

SPOLOČNE BEZ HRANÍC

Nosné konštrukcie mostov so zabetónovanými nosníkmi

NÁZOV PROJEKTU:

**Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov
v oblasti mostného stavebníctva v cezhraničnom regióne
(ITMS kód projektu 304010U647)**



VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

EDUMOS

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

Úvod

Nosné konštrukcie so zabetónovanými nosníkmi sú typickým predstaviteľom mostných konštrukcií používaných na koridorových trasách ŽSR pre premostenie malých prekážok do rozpätí 20 m. Tieto konštrukcie predstavujú v súčasnosti štandardný nosný systém používaný v našich podmienkach takmer 100 rokov, takže jeho použitie v sieti ŽSR je dostatočne overené.

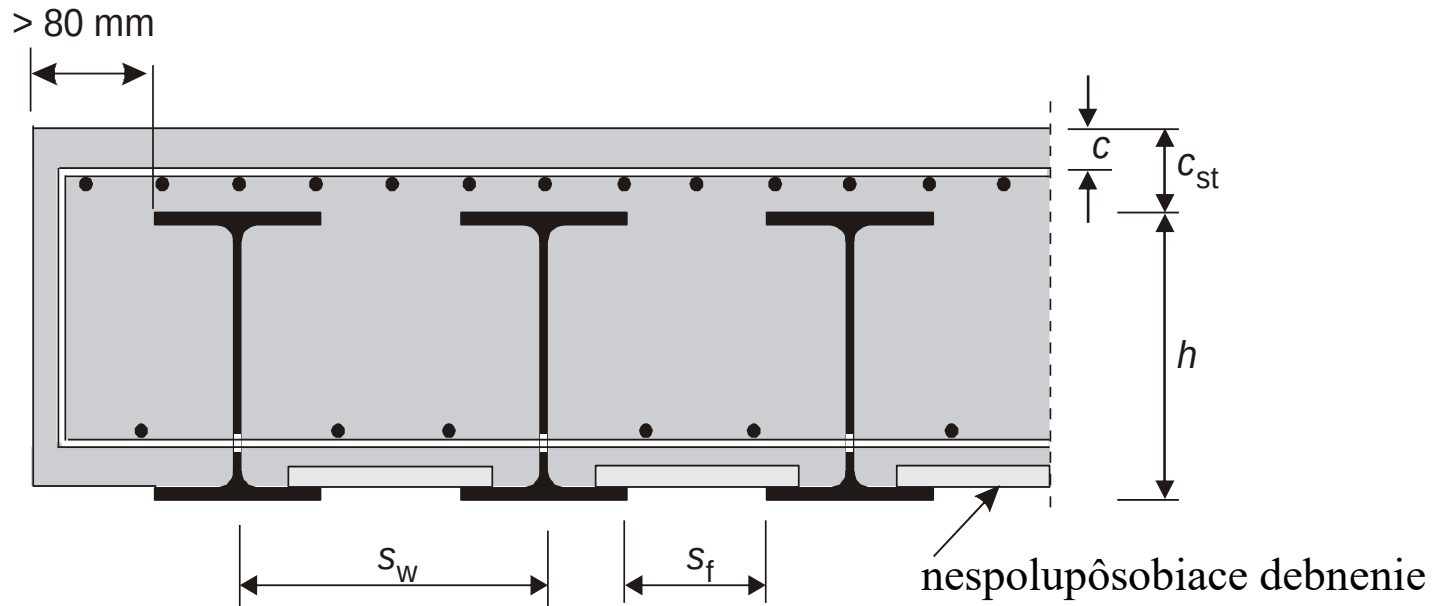
Doskové nosné konštrukcie mostov so zabetónovanými nosníkmi sa navrhujú z valcovaných alebo zváraných nosníkov profilov I. **Valcované nosníky** sa uplatňujú do výšky prierezu 600 mm v tvare HEB alebo HEA. Pri potrebe vyššieho nosníka sa volí **zváraný profil**, ktorým je možné dosiahnuť optimálnejšie využitie materiálu, najmä hornej pásnice, ktorá je pri valcovaných prierezoch nevyužitá.

Na zhotovenie nosnej konštrukcie mosta sa používa konštrukčná oceľ S275J0, S275J2, S355J0 alebo S355J2 podľa STN EN 1993-1-1 a betón kvality C 30/37 až C 35/45 vystužený betonárskou výstužou 10 505 (R), (B490) podľa STN EN 1992-1-1.

Pravidlá a odporúčania pre projektovanie:

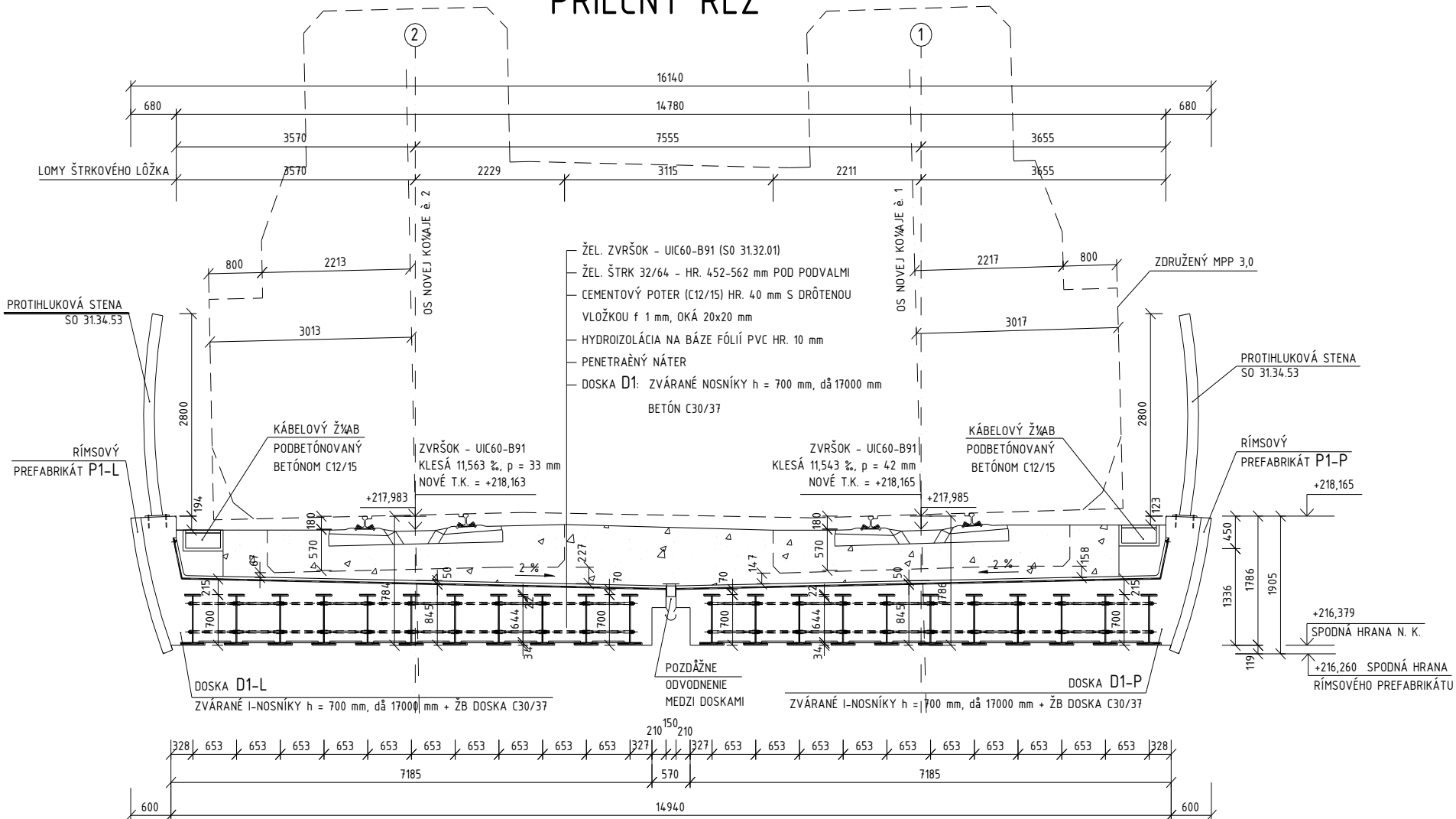
- oceľové nosníky nie sú zakrivené v rovine;
- šikmosť θ nemá byť väčšia ako 30° ;
- nominálna výška h oceľových nosníkov je v rozsahu 210 - 1100 mm;
- rozstup stien s_w oceľových nosníkov nemá prekročiť menšiu z hodnôt $h/3 + 600$ mm a 750 mm, kde h je nominálna výška oceľového nosníka v mm;
- krytie c_{st} nad oceľovými nosníkmi vyhovuje podmienkam:
$$c_{st} \geq 70 \text{ mm}, \quad c_{st} \leq 150 \text{ mm}, \quad c_{st} \leq h/3, \quad c_{st} \leq x_{pl} - t_f$$
- krytie zo strany zabetónovanej oceľovej pásnice ≥ 80 mm;
- svetlá vzdialenosť s_f medzi hornými pásnicami oceľových nosníkov nie je menšia ako 150 mm, aby sa umožnilo liatie a hutnenie betónu;
- podhlady spodných pásnic nosníkov nie sú zabetónované;
- povrch oceľových nosníkov sa má zbaviť hrdze; podhlad, horné povrchy a hrany spodnej pásnice oceľových nosníkov sa majú chrániť proti korózii;
- otvory v stenách oceľových nosníkov mostov pozemných komunikácií a železničných mostov majú byť vŕtané;
- použije sa betón s normálnou objemovou hmotnosťou

- spodná vrstva priečnej výstuže prechádza cez steny ocelových nosníkov a je ukotvená za krajnými ocelovými nosníkmi na každom konci jednotlivého prúta, aby sa mohla dosiahnuť ich medza klzu v súlade s 8.4 z STN EN 1992-1-1. Používa sa rebierková výstuž v súlade s STN EN 1992-1-1, 3.2.2 a prílohou C, jej priemer nie je menší ako 16 mm a jej vzdialenosť nie je väčšia ako 300 mm.



Definícia geometrických parametrov priečného rezu mosta

PRIECNY REZ



Modelovanie

STN EN 1994-2 odporúča nasledovné výpočtové modely:

- pomocou modelu ortotropnej dosky „rozmazaním“ ocelových nosníkov,
- pomocou modelu rovinného roštu s prvkami s ohybovou a torznou tuhosťou, pričom sa môže torzná tuhosť ocelevej časti zanedbať; na stanovenie vnútorných síl v priečnom smere sa môže ohybová a torzná tuhosť priečných betónových prvkov uvažovať ako 50 % tuhosti bez vplyvu trhlín,
- všeobecnými metódami globálnej analýzy konštrukcií.

Pri globálnej analýze:

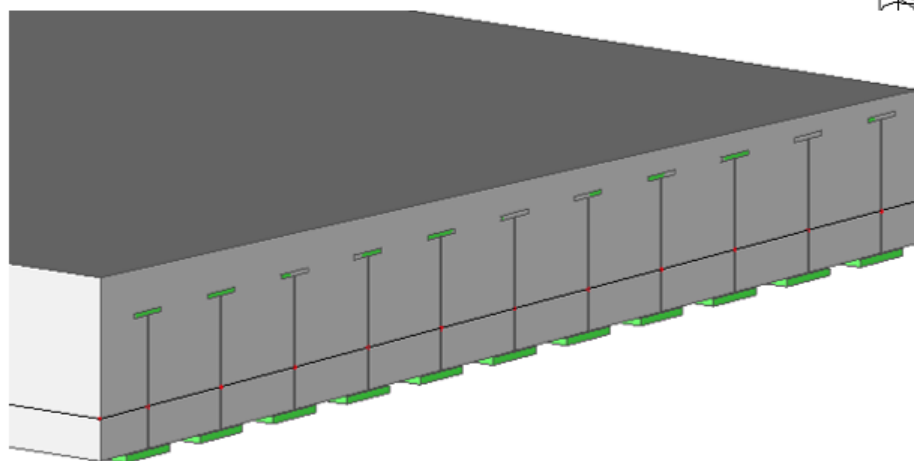
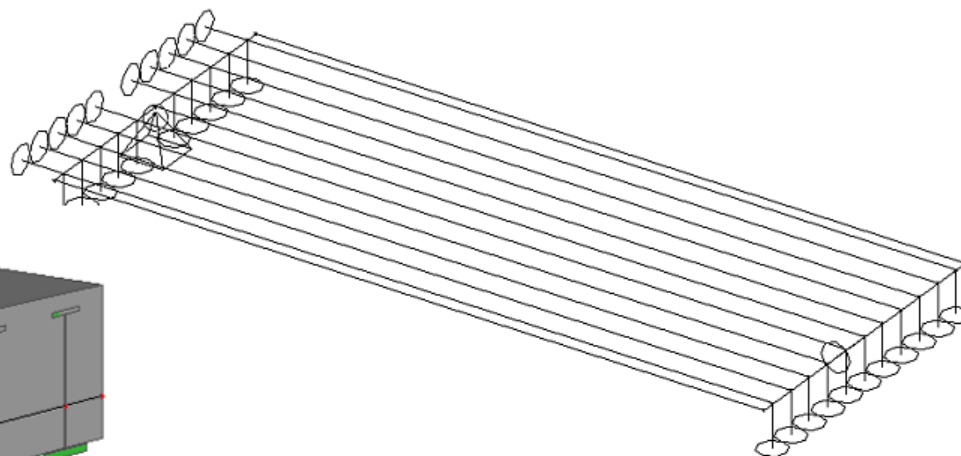
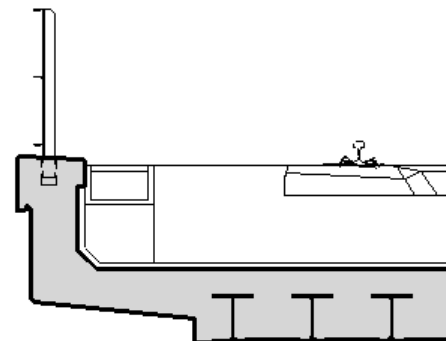
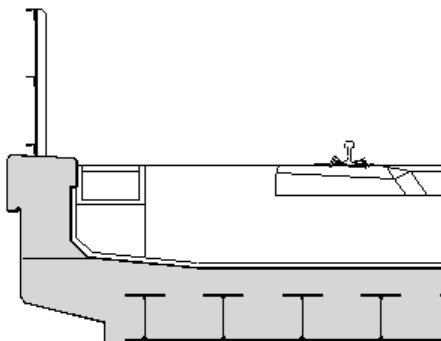
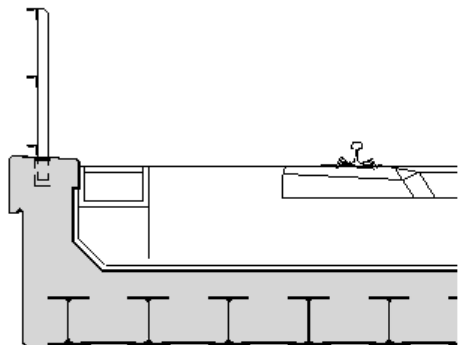
- sa vnútorné sily stanovujú pružnostnou analýzou;
- sa zanedbávajú účinky preklzu medzi betónom a ocelovými nosníkmi;
- je možné zanedbať aj vplyv trhlín v betóne;
- je potrebné zohľadňovať fázy výstavby.

V prvej fáze výstavby mosta, kedy sa betónuje doska, sú nosné len oceľové nosníky, ktoré môžu byť uložené priamo na ložiskách mosta bez medzil'ahlych podpier alebo sú kontinuálne podopreté skružou, prípadne diskretnými medzil'ahlymi podperami. Oceľová časť je modelovaná sústavou prútov s podopretím podľa spôsobu uloženia.

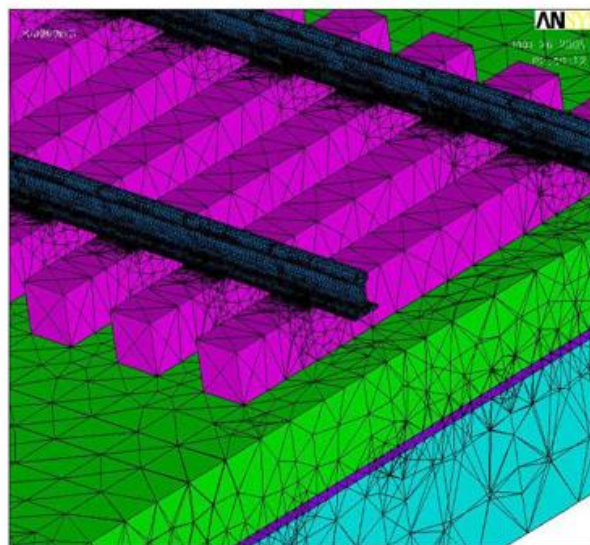
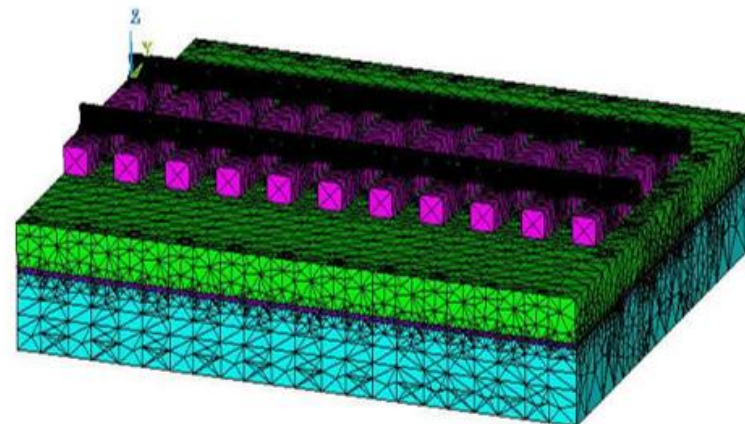
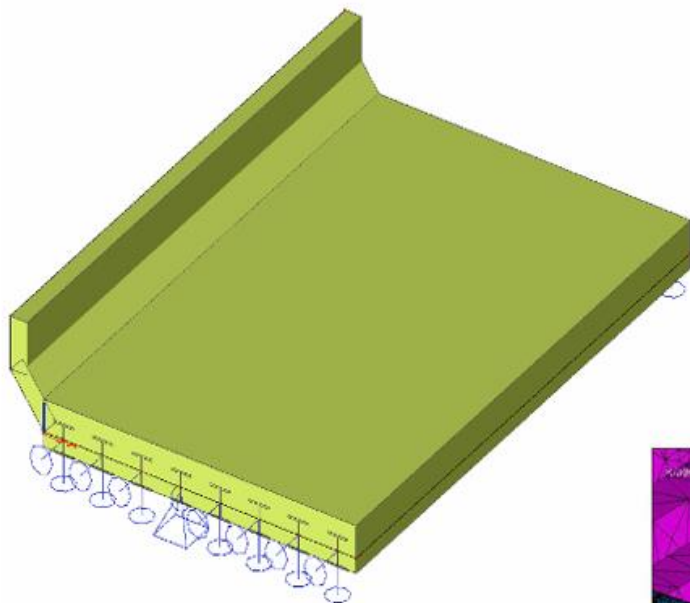
V druhej fáze výstavby, kedy je účinná aj doska spriahnutá s oceľovou časťou, sa optimálnym modelom javí **dosková konštrukcia** modelovaná plošnými prvkami vystužená oceľovými nosníkmi, ktoré sa modelujú ako prútové **rebrá** zapustené do dosky podľa ich skutočnej výškovej polohy. Taký model reaguje automaticky na možné nerovnomerné rozdelenie zaťaženia v priečnom aj pozdĺžnom smere mosta.

Modelovanie rímsových častí má zohľadniť ich skutočné pôsobenie. Ak staticky významne nespôsobia, postačí ich aproximovať iba ako zaťaženie konštrukcie. Tomu sa však musí podriaďovať aj konštrukčné riešenie, ktoré zabráni naviazaniu veľkých vnútorných síl na rímsovú časť.

... modelovanie



... modelovanie



Posúdenie

Relevantné posúdenia v medzných stavoch únosnosti:

- odolnosť spriahnutého prierezu v ohybe a šmyku;
- odolnosť železobetónovej dosky v ohybe a šmyku – priečny smer;
- únavová odolnosť ocelového nosníka, priečnej výstuže a betónu;
- odolnosť prípadného vyloženia konzolovej časti dosky/rímsy;
- odolnosť ocelového nosníka v klopení počas betonáže dosky
- odolnosť debniacich prvkov počas betonáže

Relevantné posúdenia v medzných stavoch použiteľnosti:

- obmedzenie napätí od prevádzkového zaťaženia v pružnom štádiu;
- zvislá deformácia – priehyb;
- pootočenie koncového prierezu;
- skrútenie nosnej konštrukcie;
- obmedzenie šírky trhlín;
- overenie náchylnosti k rezonancii (len pre $v > 200$ km/h)

Ohybová a šmyková odolnosť spriahnutého trámu

- pri oceľových prierezoch triedy 1 a 2 sa overuje plastická odolnosť kompozitného prierezu z hľadiska medzných stavov únosnosti a z hľadiska medzných stavov používateľnosti sa overuje pružné správanie sa prierezu pri prevádzkovom zaťažení;
- pri prierezoch triedy 3 a 4 sa z hľadiska medzných stavov únosnosti overuje pružná odolnosť kompozitného prierezu;
- pri stanovení odolnosti prierezu namáhaného ohybom sa postupuje rovnako ako pri klasických spriahnutých prierezoch;
- vplyv šmykovej sily na ohybovú odolnosť prierezu, ak sa prisudzuje len oceľovej časti kompozitného prierezu, sa zohľadňuje tiež rovnako, ako v prípade klasických spriahnutých prierezoch;
- pri výpočte pružných napätí sa majú brať do úvahy účinky dotvarovania a zmrašťovania betónu a tiež v kombinácii aj účinky náhlejšej nerovnomernej zmeny teploty;
- šmyková sila sa obyčajne prisudzuje len oceľovej stene i keď STN EN 1994-2 umožňuje zjednodušeným postupom stanoviť aj časť priečnej sily pripadajúcej v kompozitnom priereze na železobetónovú časť.

Pružná ohybová odolnosť prierezu

Charakteristiky prierezu a teda aj jeho napätosť sa v čase menia v závislosti od meniaceho sa modulu pružnosti betónu. Pri dlhodobom zaťažení sa prejaví dotvarovanie betónu a betón sa správa akoby jeho modul pružnosti klesal. Podobne je tomu aj pri zmrašťovaní betónu. Túto skutočnosť zohľadníme metódou pomerov modulov podľa vzťahu

$$n_L = n_0 (1 + \psi_L \varphi_t) = \frac{E_a}{\frac{E_{cm}}{(1 + \psi_L \varphi_t)}}$$

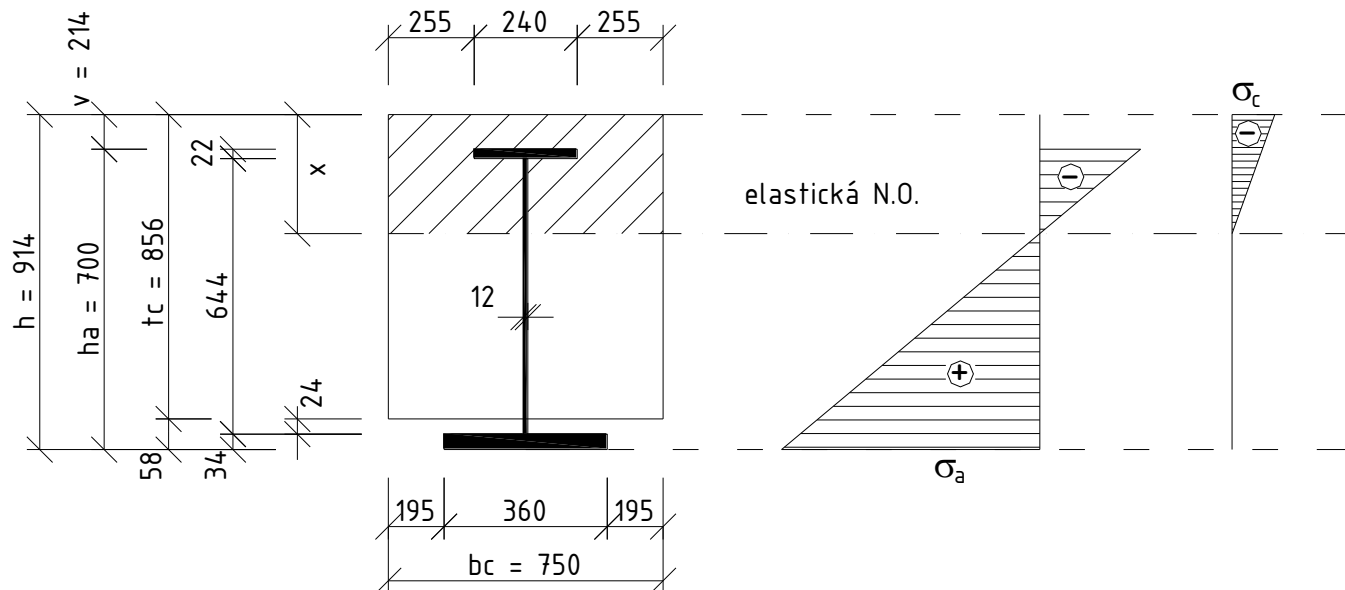
E_{cm} je sečnicový modul pružnosti betónu pri krátkodobom zaťažení;

φ_t je súčiniteľ dotvarovania $\varphi(t, t_0)$ podľa STN EN 1992-1-1v závislosti od veku t betónu v uvažovanom čase a veku t_0 betónu na začiatku pôsobenia zaťaženia;

ψ_L je násobiteľ dotvarovania v závislosti od typu zaťaženia, ktorý sa uvažuje ako 1,1 pre stále zaťaženie, 0,55 pre primárne a sekundárne účinky zmrašťovania a 1,5 pre predpätie vnesené deformáciami.

Pre polohu ťažiskovej osi a kvadratický moment plochy efektívneho prierezu platí

$$x = \frac{n_L \cdot A_a}{b_c} \cdot \left[\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b_c \cdot (h - z_{a,4})}{n_L \cdot A_a}} - 1 \right], \quad I_{eff} = \frac{b_c \cdot x^3}{3 \cdot n_L} + I_a + A_a \cdot (h - z_{a,4} - x)^2$$



Šmyková odolnosť

Šmyková odolnosť steny ocelového nosníka

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{w,red} \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}}$$

Možnosť uvažovať príspevok železobetónu (bežne sa neuvažuje), ktorý prenáša časť priečnej sily

$$V_{c,Ed} = V_{Ed} (M_{s,Rd} / M_{pl,Rd})$$

Deformácie

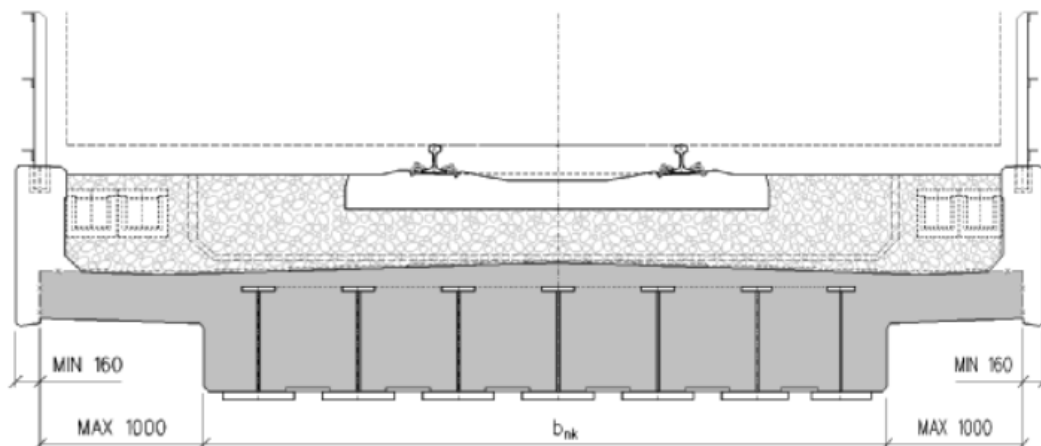
Na stanovenie priehybov a pootočení nosnej konštrukcie sa ohybová tuhosť nosnej konštrukcie so zabetónovanými nosníkmi môže brať ako

$$E_a I_{eff} = 0,5(E_a I_1 + E_a I_2)$$

kde I_1 a I_2 sú kvadratické momenty plochy spriahnutého prierezu s betónom bez vplyvu ($E_a I_1$) a s vplyvom trhlín ($E_a I_2$) namáhaného kladným ohybovým momentom.

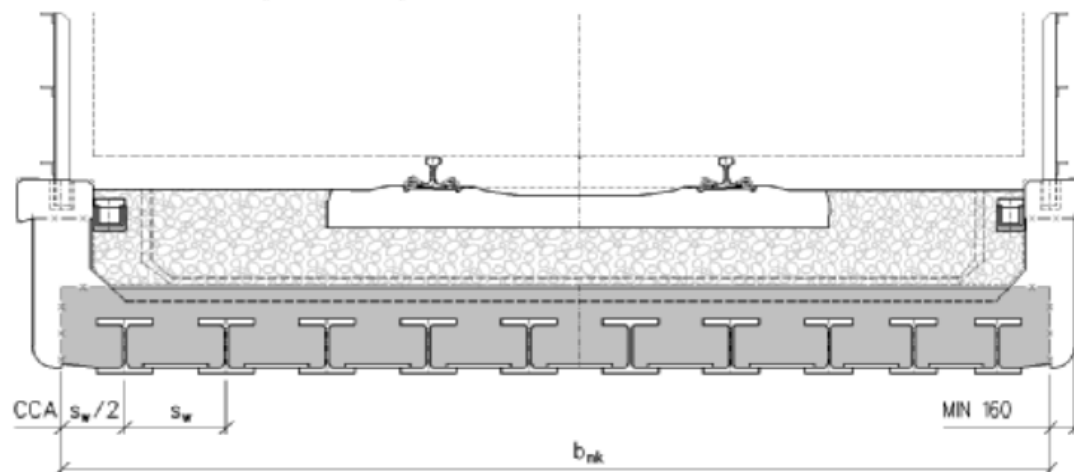
Kvadratický moment plochy I_2 sa má stanoviť s účinným prierezom oceľovej časti, betonárskej výstuže a betónovej časti v tlaku.

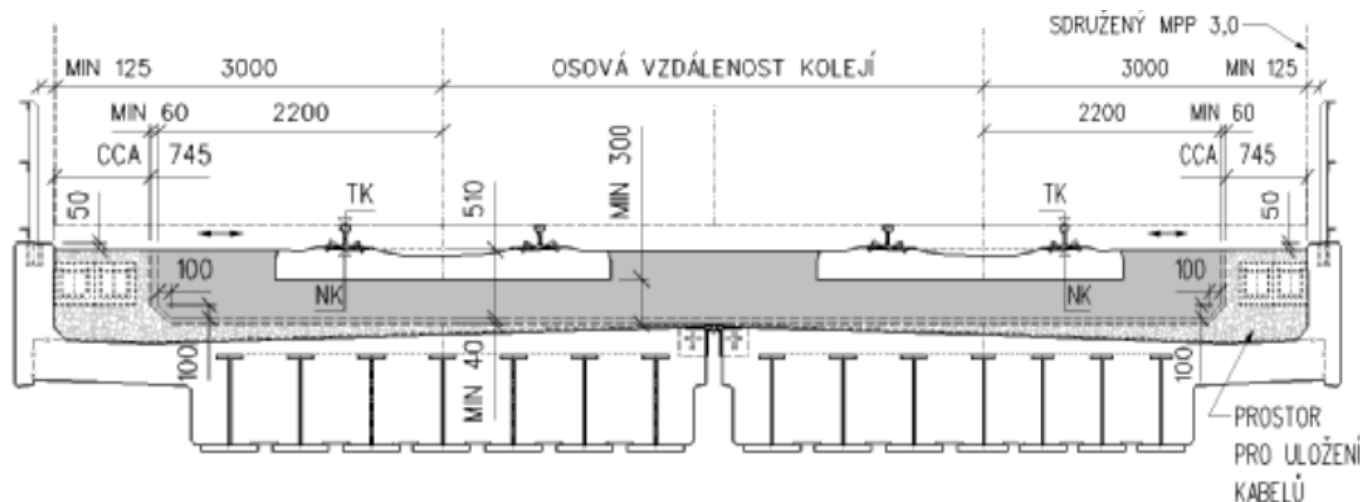
Konštrukčné riešenie



Riešenie
priečného rezu
s konzolami
(MVL511/ČD)

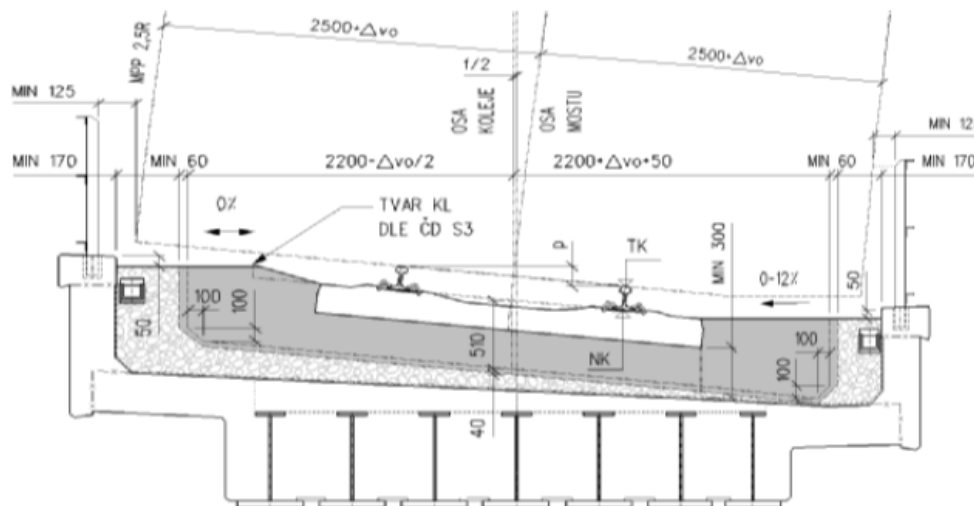
Riešenie
priečného rezu
bez konzol
(rímsa – model)
(MVL511/ČD)

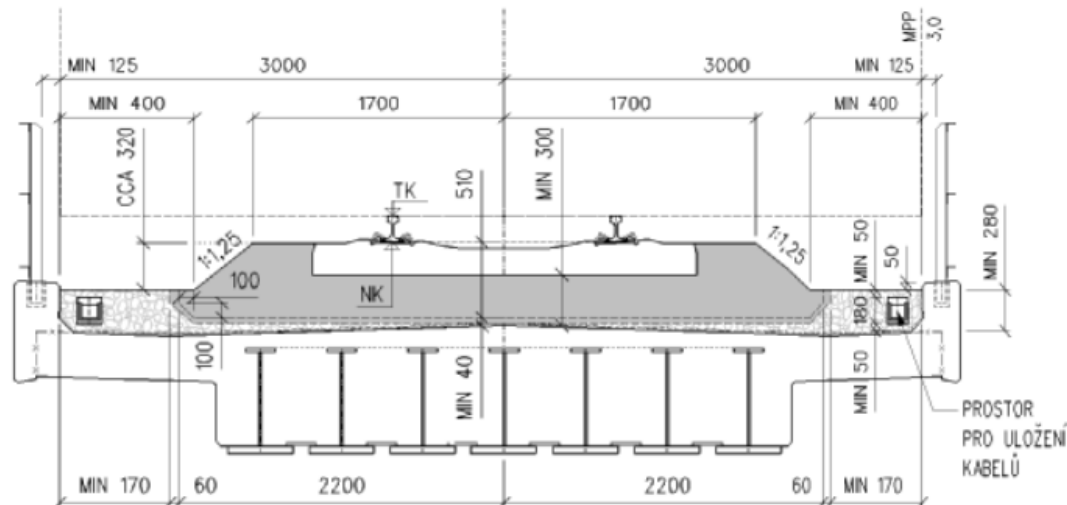




Tvar koľajového lôžka dvojkoľajnej trate v žľabe v SO - v priamej (MVL511/ČD)

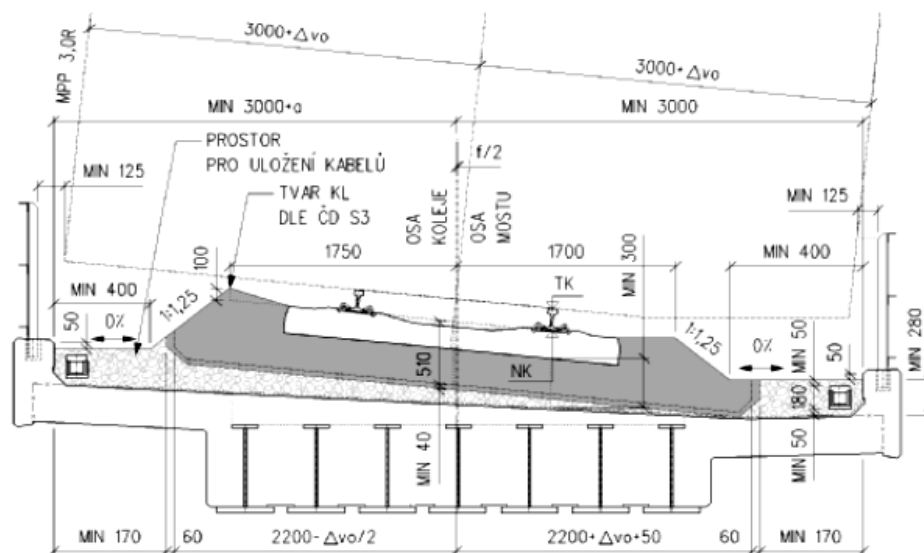
Tvar koľajového lôžka jednkoľajnej trate v žľabe v ŠT - v oblúku (MVL511/ČD)



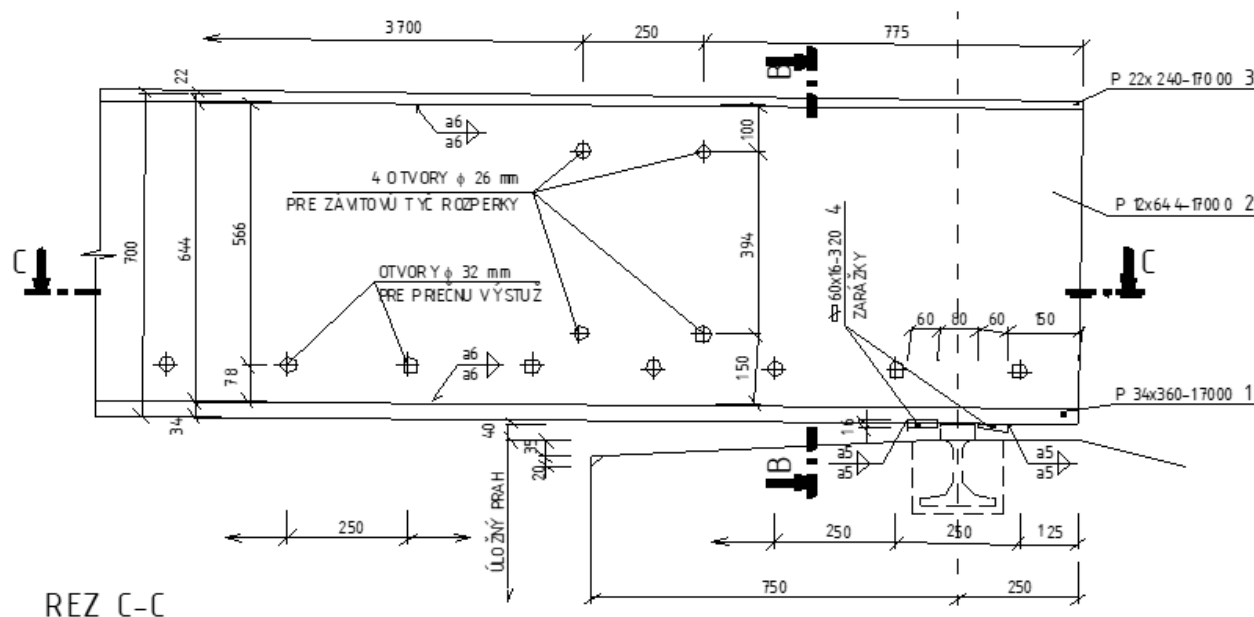


Tvar otvoreného
koľajového
lôžka v SO - v
priamej
(MVL511/ČD)

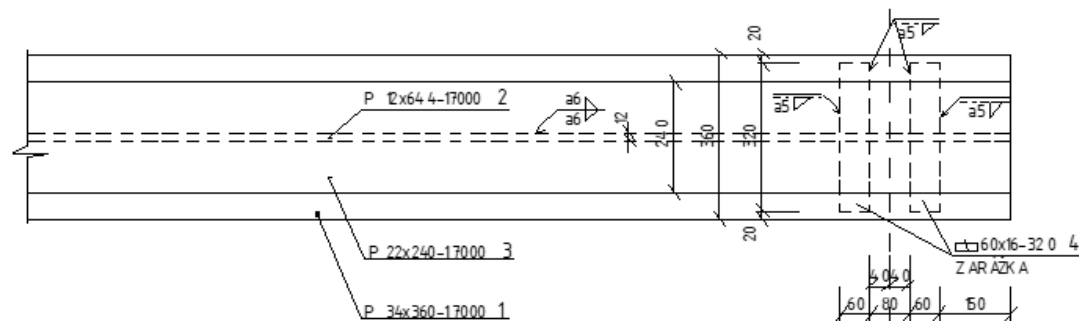
Tvar otvoreného
koľajového lôžka
v SO - v oblúku
(MVL511/ČD)

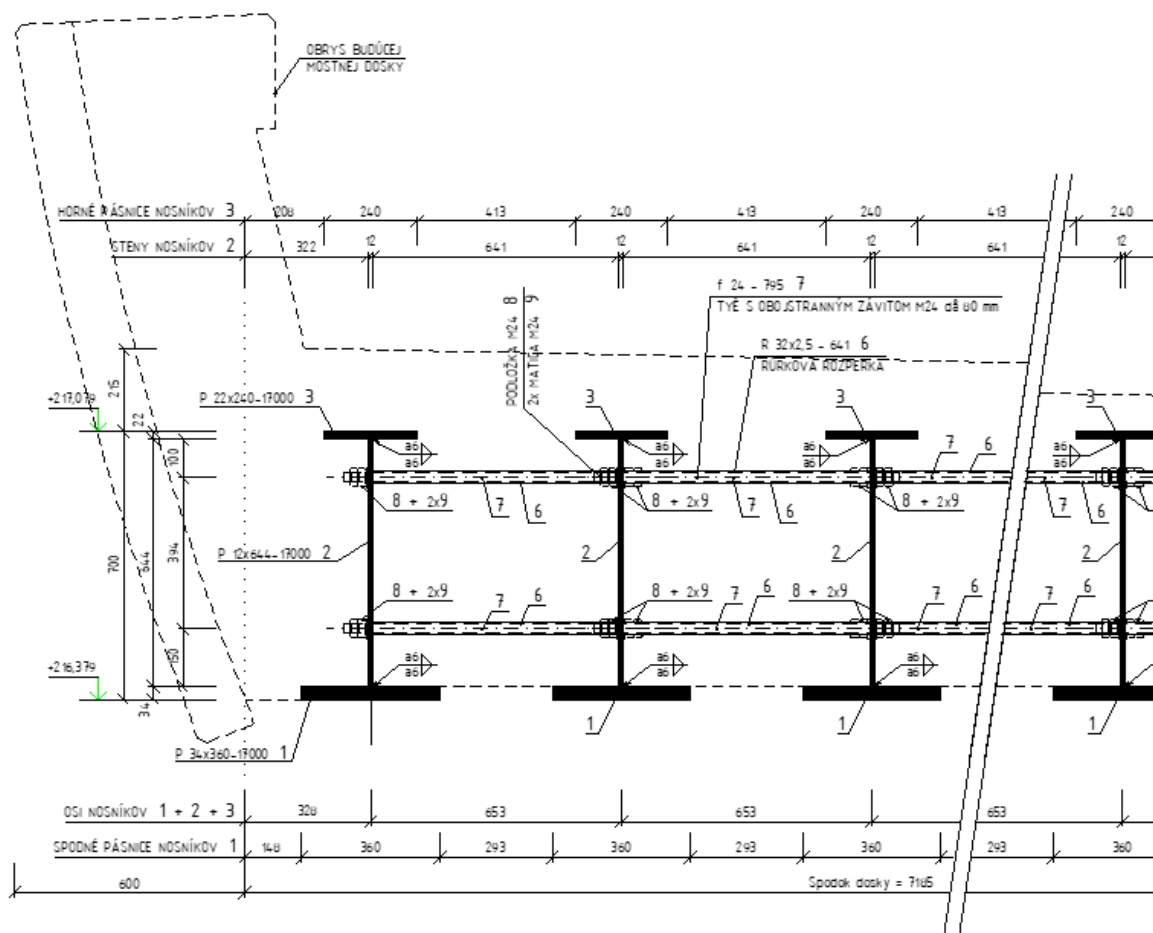


DET. 1
M 1:10
POHĽAD



Časť výkresu
oceľového
nosníka a
riešenie
uloženia na
líniovú
podperu.





Časť výkresu **oceľového nosníka** a ich zostavy

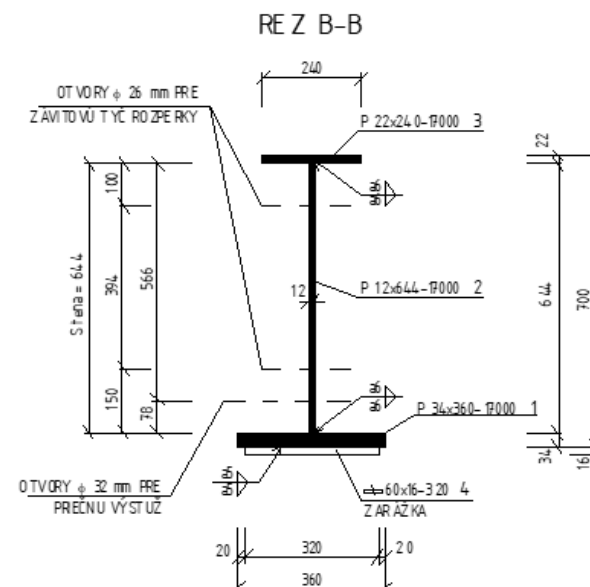
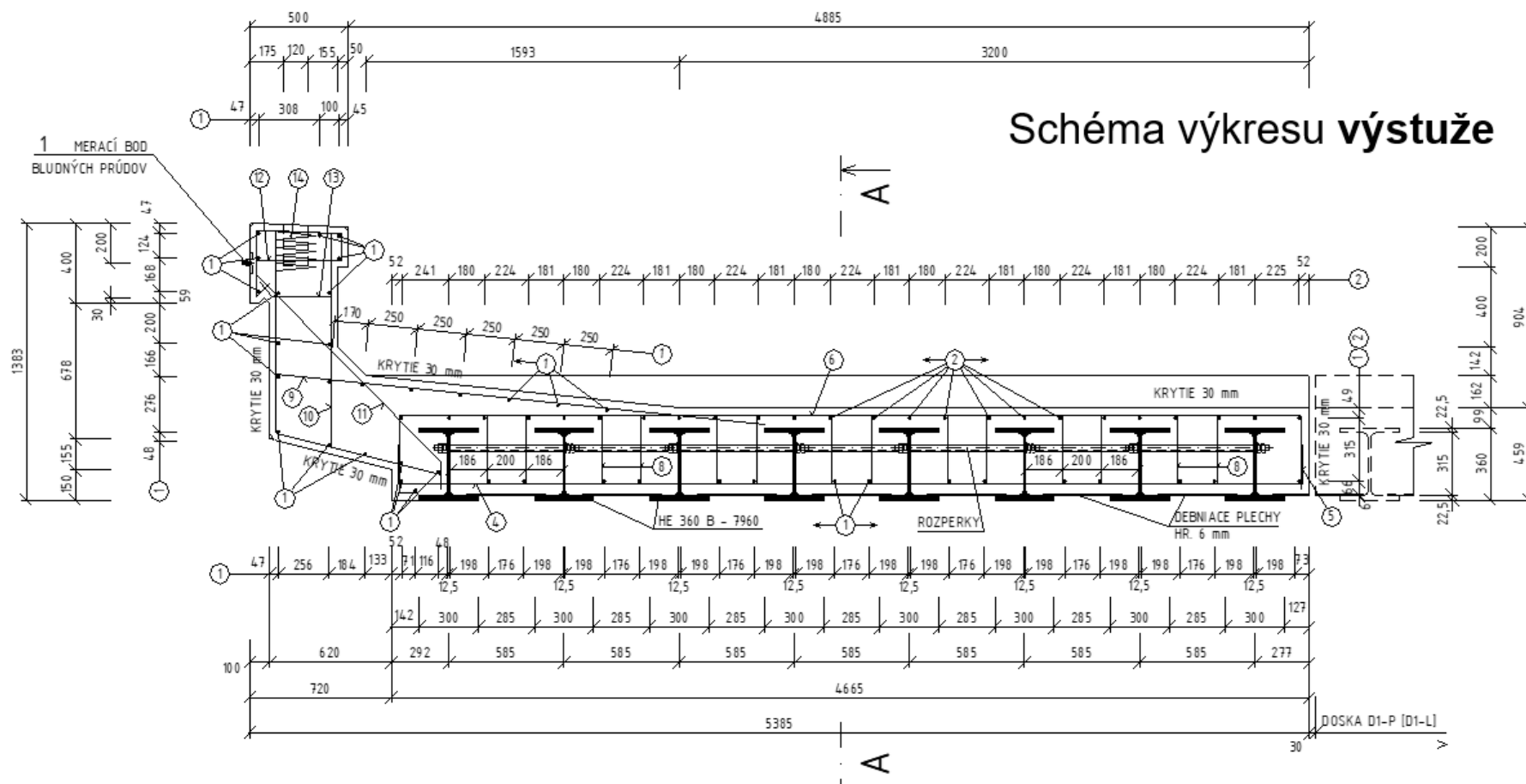
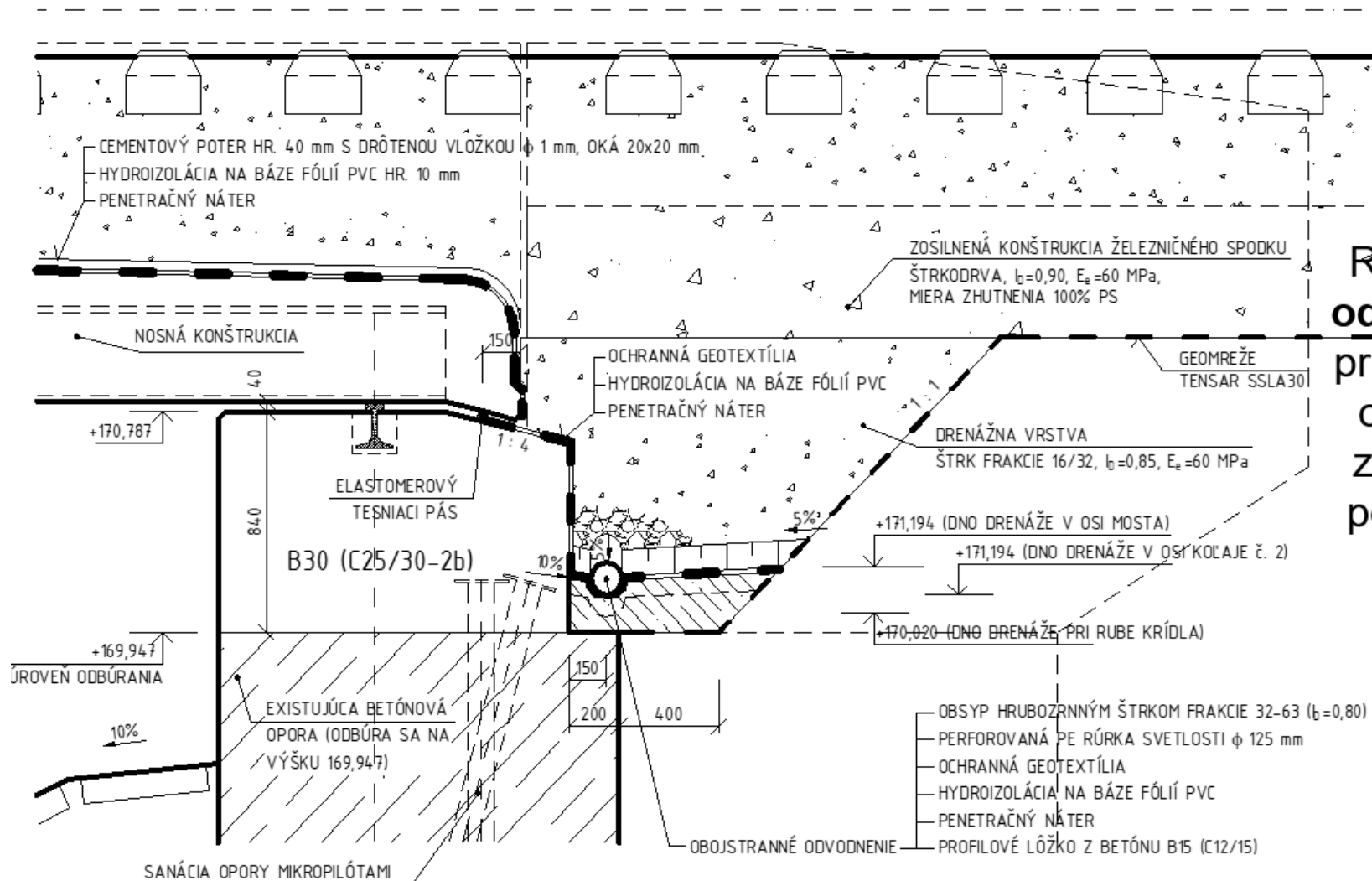


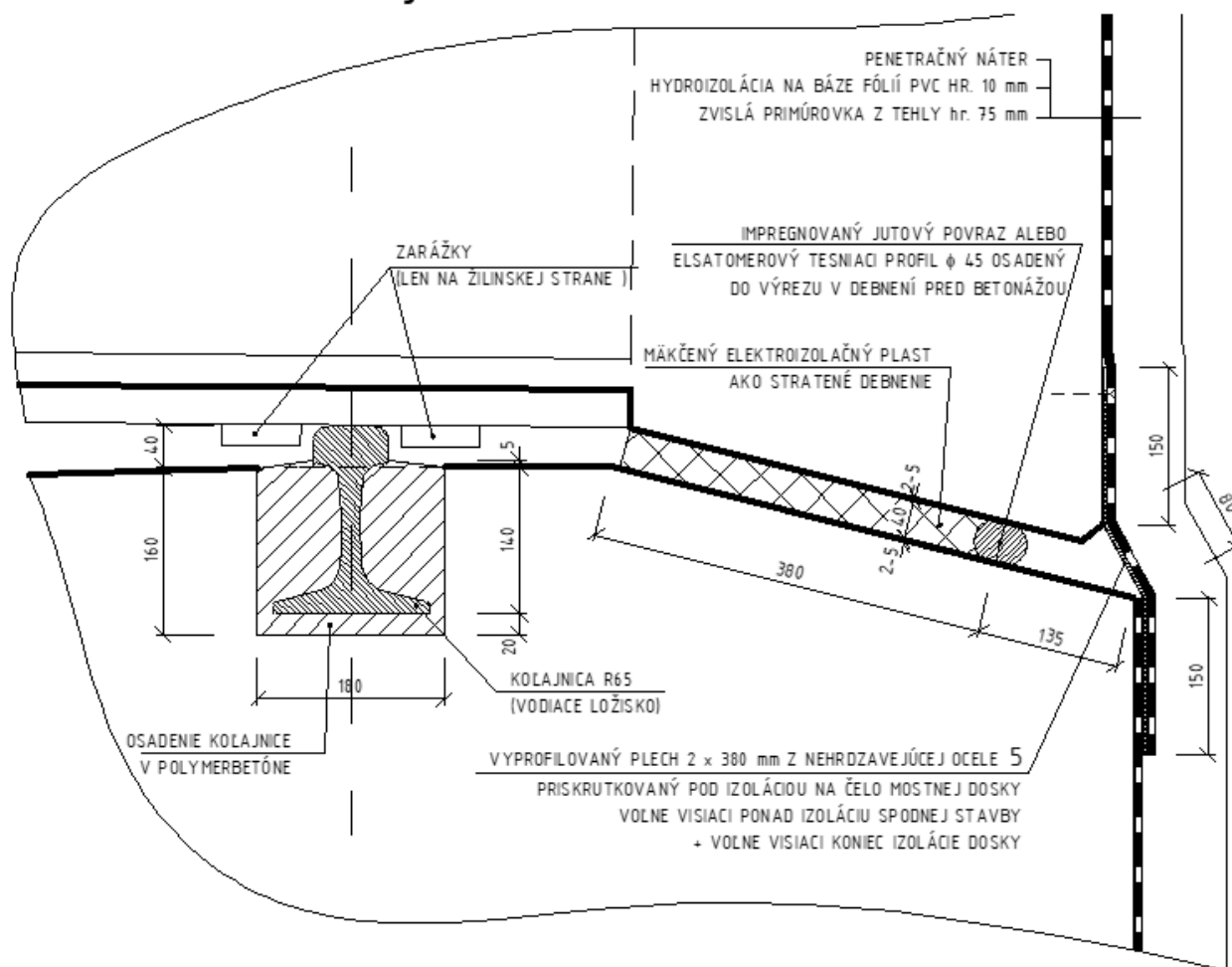
Schéma výkresu výstuže





Riešenie a odvodnenie prechodovej oblasti pri zachovaní pôvodných opôr

Schéma uloženia na koľajnicu



Výstavba

