

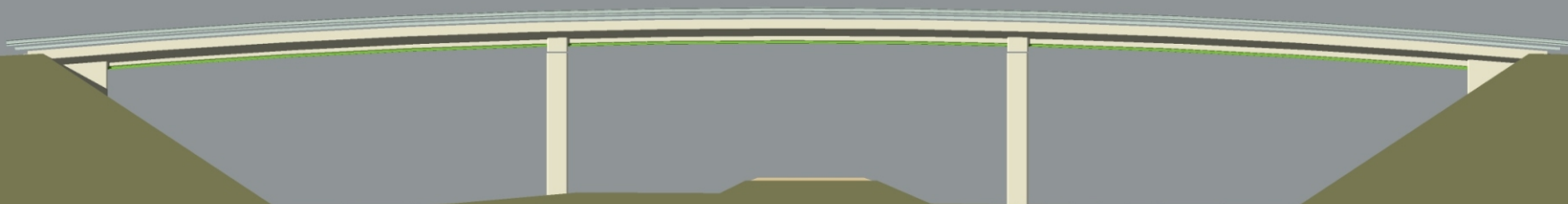
PRECOBEAM

European concept for small span bridges

*static
behavior*

*statické
pôsobenie*

*theory, analysis
Vladimír Budinský SSK*



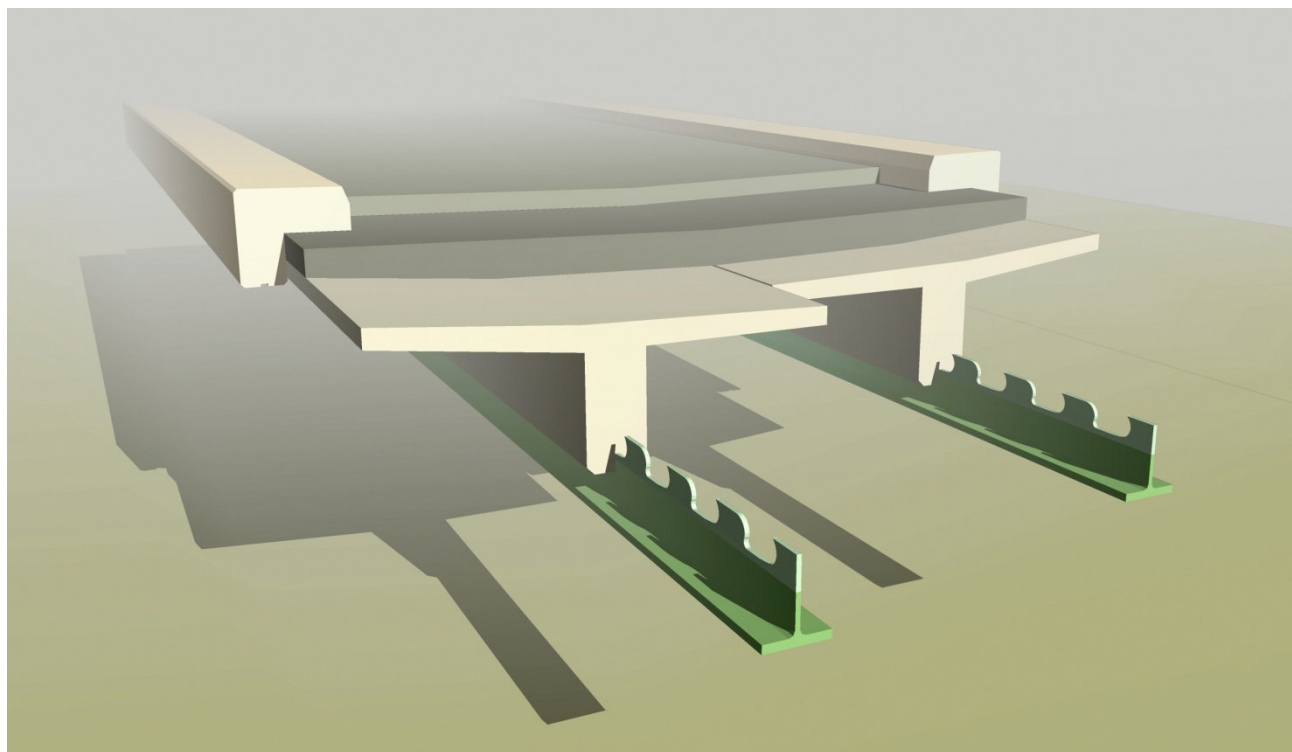
KEYWORDS : bridge, computation, calculation, structural analysis, precobeam, composite steel and concrete structures, dowel, spriahnutý most, statický výpočet, SSK

ÚVOD (Introduction)

V roku 2003 bol spustený projekt s názvom „Precobeam“, sponzorovaný Európskou úniou. Cieľom projektu bolo vyvinúť odolné prefabrikované konštrukčné riešenie pre mosty stredného až krátkého rozpätia, ktoré by bolo cenovo konkurencieschopné k iným materiálovým variantom a sústavám, a zároveň spĺňalo kritériá pre zrýchlenú výstavbu.

Základ pre tieto úvahy poskytol doterajší vývoj prefabrikovaných a poloprefabrikovaných predpätých betónových nosníkov, zabetónovaných ocelových nosníkov, ako aj spriahnutých ocelobetónových mostov, špeciálne VFT–Träger (SSF Ingenieure AG). Výsledkom tejto práce bolo inovatívne konštrukčné riešenie, ktoré nahrádza ocelový nosník tvaru „I“ len samostatnou spodnou prírubou v tvare obráteného „T“, pričom málo využitá horná príruha nosníka, ktorá bola určená viacmenej na rozmiestnenie spriahovacích trňov, úplne odpadá. Hornú tlačенú časť nosníka tvorí klasický železobetónový prierez tvaru „T“, ktorý je v záverečnej fáze výstavby zmonolitnený monolitickou doskou.

Hlavná inovácia riešenia spočíva v rozpoleení valcovaného profilu tvaru „I“ alebo „H“ plazmovým rezaním (plošné delenie materiálu CNC plazmou) v tvare zazubenia rôzneho tvaru. Spojenie medzi betónom a ocelou zabezpečuje unikátny tvar rezu ocelového profilu. Tvar rezu je symetrický (väčšinou v strede), aby sa ekonomicky využili obe polovice.

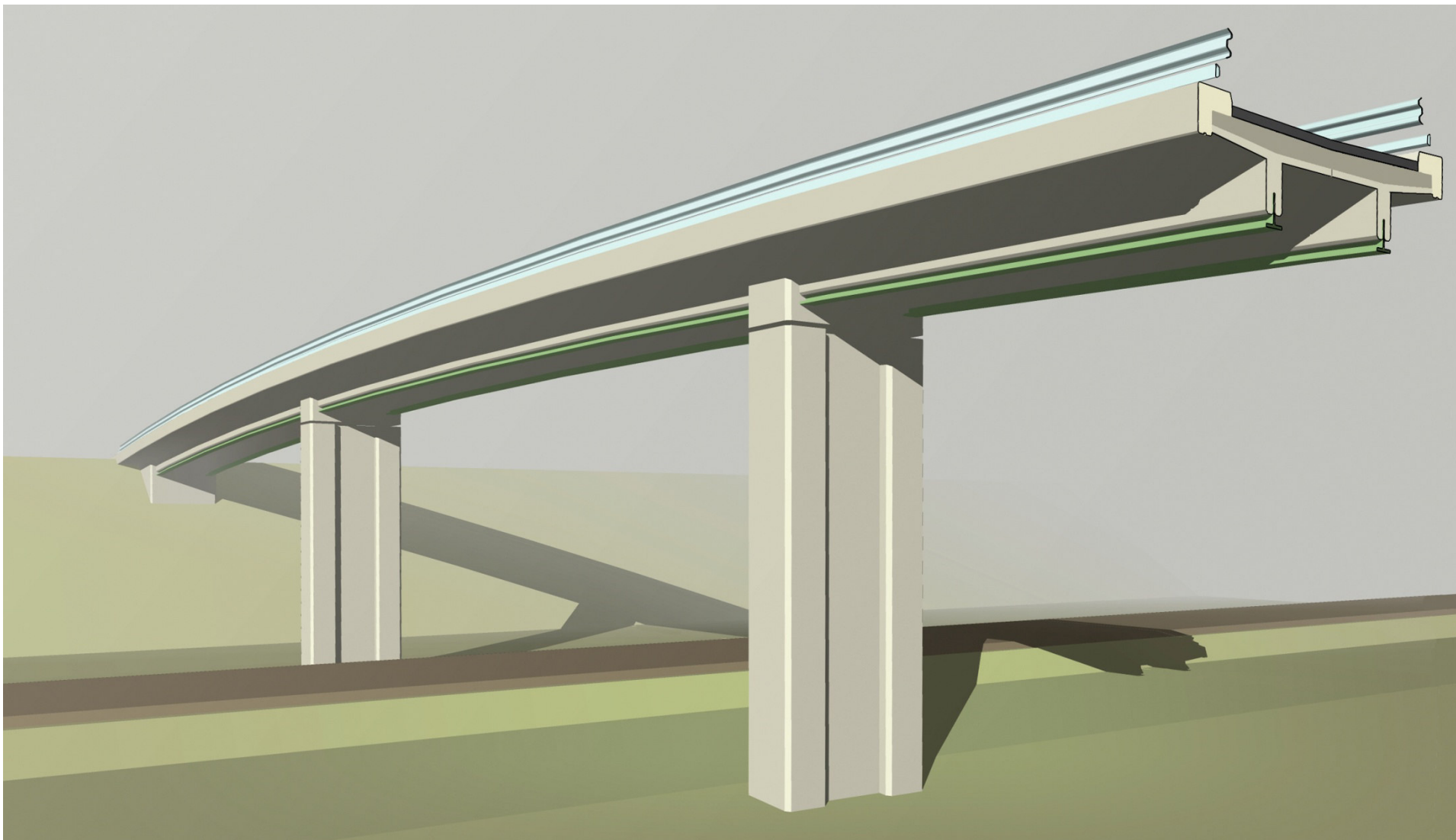


Šmykové spojenie medzi betónom a ocelou prešlo historickým vývojom. Jeho začiatky sa datujú až do roku 1903, keď boli podané prvé patenty, rôzne riešenia boli navrhnuté Júliusom Kahnom. Prvé navarené trne sa objavujú v roku 1956, ale hromadne sa rozšírili až v 80–tych rokoch dvadsiateho storočia. Doteraz sú najrozšírenejším druhom šmykového spojenia v spriahnutých nosníkoch. Prvé štúdie perforovaných lišt z plochej ocele uskutočnil v roku 1987 Fritz Leonhardt (*Perfobond–Leiste*) a tieto boli aj prakticky realizované na moste.

Na prelome tisícročia sa začali objavovať ekonomické riešenia kontinuálnych tzv. „korunných záchytiak“, (*Dowel, Verbunddübel*), ktoré sú použité aj v tomto článku. Hlavne po spustení projektu *Precobeam* sa rozšírili početné teoretické a experimentálne štúdie, ktorých cieľom je dostať korunné záchytky do systému Eurokódov.

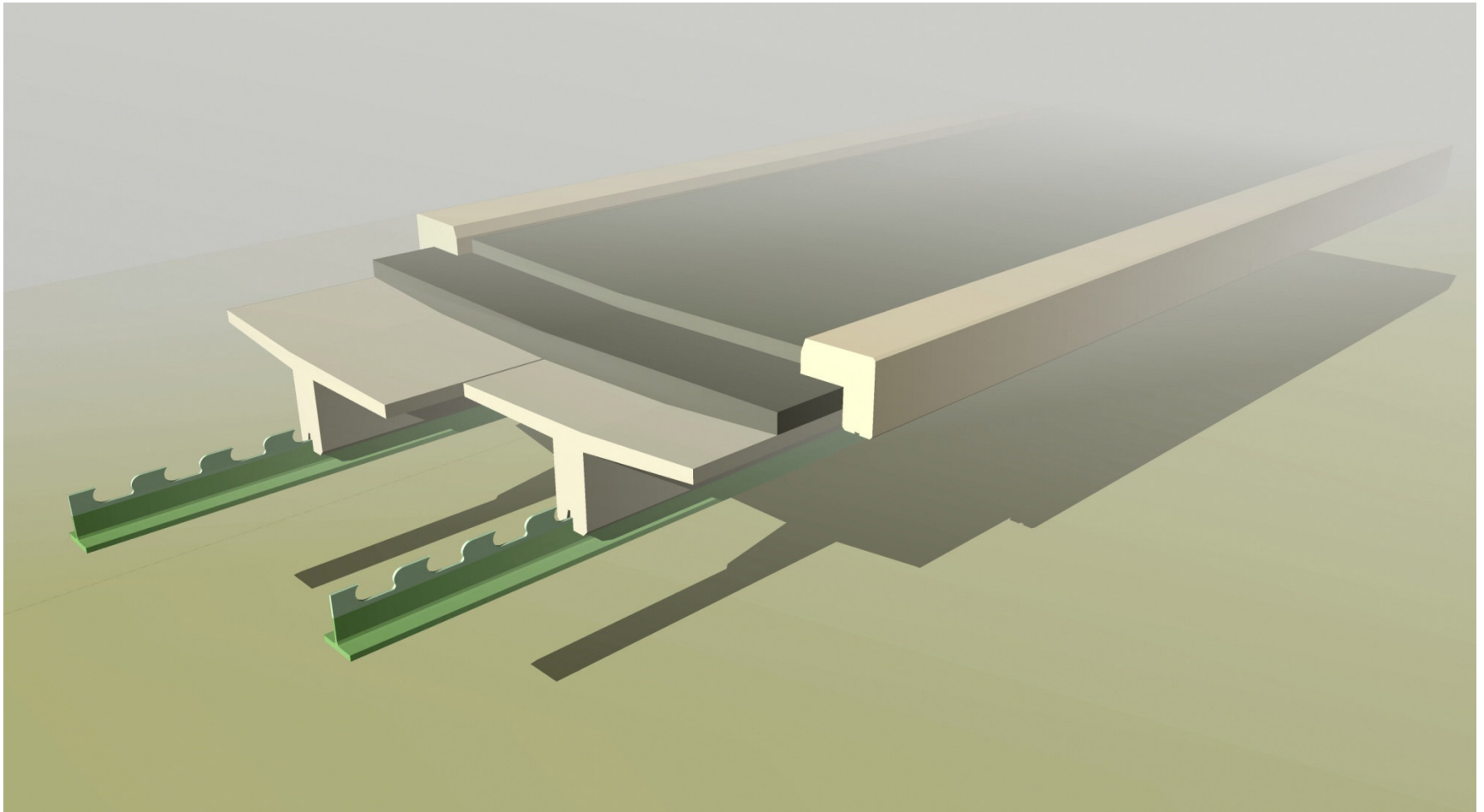
Konkrétne projekty, zaoberajúce sa vývojom nosníka, sú RFCS Precobeam, RFCS Precobeam+, RFCS Ecobridge, FOSTA. (Skratky : RFCS – *The Research Fund for Coal and Steel*, FOSTA – *Forschung für Stahlanwendung*). Medzi štáty, v ktorých sú najviac rozvíjané aj realizačné projekty, patrí Nemecko, Francúzsko, Rakúsko, Poľsko, Švédsko a Belgicko.

Tento článok sa zaoberá niektorými aspektami výpočtu nosníka typu *precobeam – mono*, ktorý sa skladá z jedného úpalku ocelového valcovaného profilu tvaru obráteného „T“, ktorý je spolu s hornou betónovou časťou súčasťou kompaktného prefabrikátu. Okrem tohto typu existuje aj druhý základný typ *precobeam – duo*, ktorý je tvorený dvojicou úpalkov. Samonosný prefabrikát sa ukladá na stavbe na koncové podpery bez medziláhlého podoprenia, čím odpadá stavba lešenia aj debnenia pre dodatočnú monolitickú dosku.



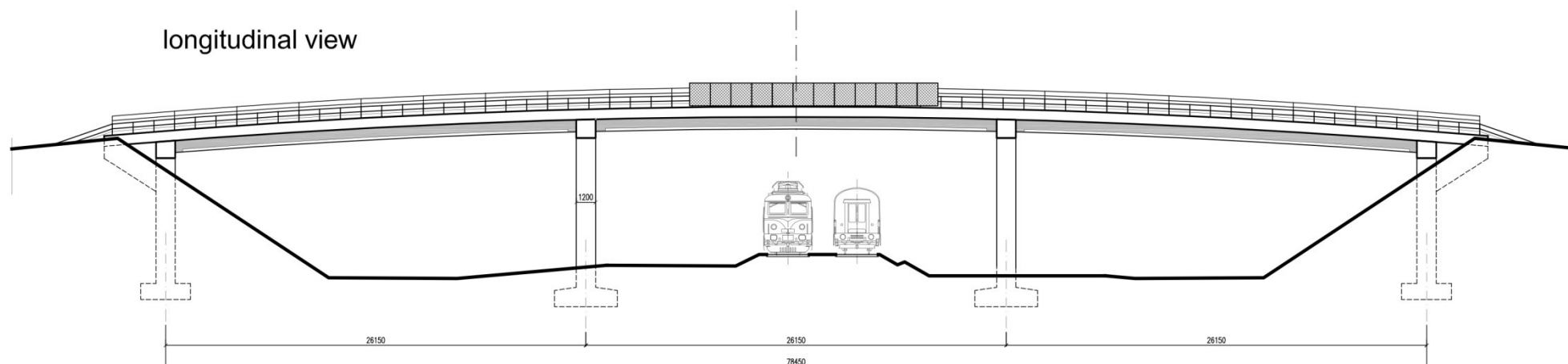
POUŽITIE A VLASTNOSTI NOSNÍKA

Tradičné časté riešenia mostov v prevedení dvojice vysokých zvarovaných „I“ nosníkov prestávajú byť efektívne v rozponoch pod 30 m. Tu potom ovládli trh predpäté betónové prefabrikáty, ak stále uvažujeme riešenie bez medzilahých podpier pri výstavbe. Pri menších rozponoch sú však betónové prefabrikáty stále pomerne vysoké a ťažké. Tieto nevýhody sa snažia prekonať nosníky typu precobeam. Sú ľahké a majú výhodný pomer únosnosti pri plasticitnom posúdení, kde sa maximalizuje rameno vnútorných síl výstrednou polohou ocelového „T“ nosníka, ktorý nepotrebuje krytie výstuže. Výstavba je rýchla a efektívna, s minimálnymi nárokmi na preluky. Vzhľadom k nízkej výške poskytujú maximálny priestor pod mostom a znižujú požiadavky na zdvihnutie nivelety príľahých dopravných úsekov.



VÝPOČET NOSNÍKA PRECOBEAM

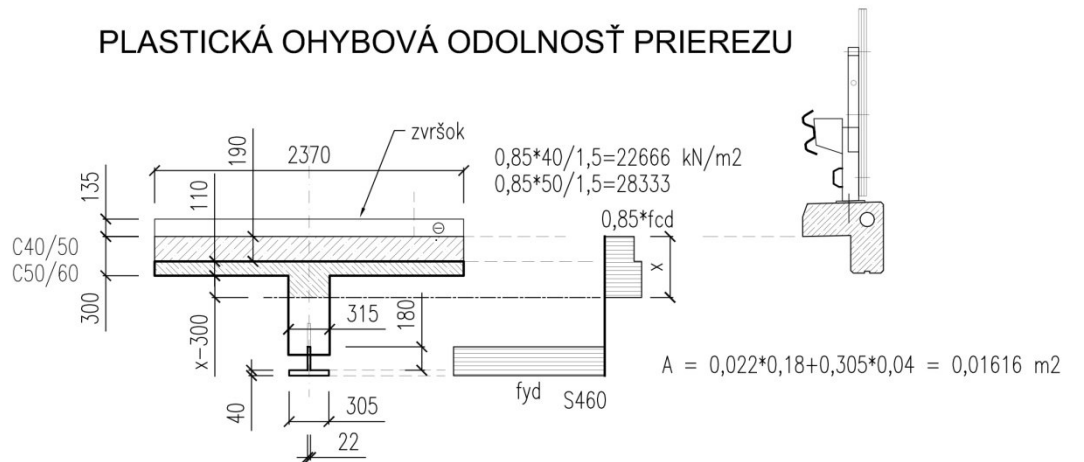
Na ukážku niektorých veľmi zjednodušených prepočtov sme si vybrali realizovaný trojpoľový most ponad železničnú trať pri *Vigaune* v Rakúsku (*Vigaun bridge*), obsiahnutý na obrázkoch v tomto dokumente. Posudzovaný bol len jeden rez v strede krajného poľa. Keďže sme nemali k dispozícii podrobné konštrukčné výkresy, niektoré údaje sú len domyslené. Týka sa to napr. betonárskej výstuže, geologických podmienok, požiadavkách investora na zaťažiteľnosť mosta a pod. Most môže primárne slúžiť pre chodcov a cyklistov, ale vzhľadom na šírku mosta medzi zvodidlami – 4 m, môže tadiaľ prejsť aj nákladné auto. Nosnosť mosta nie je obmedzená nijakou značkou, takže sme vlastne počítali, aké zaťaženie vydrží v zmysle zaťažovacej normy EN pre mosty.



Identifikačné údaje mosta :

Investor:	Österreichische Bundesbahnen, Büro Linz
Dodávateľ:	Angerlehner, Pucking
Projektant :	SSF Ingenieure AG – Schmitt Stumpf Frühauf und Partner, München
Výroba oceľovej konštrukcie :	ArcelorMittal, Luxemburg
Prefabrikáty – <i>VFT-WIB-Träger</i> :	Röss Bau GmbH, Ingolstadt
Doba výstavby :	8 mesiacov
Koniec výstavby :	október 2008
Celkové náklady :	1030 € / m ²
Rozpon :	3x 26,15 m
Prejazdová šírka :	4,00 m
Typ mosta :	integrováný
Korunné záchytky (tvar) :	fin shape – tvar plutvy

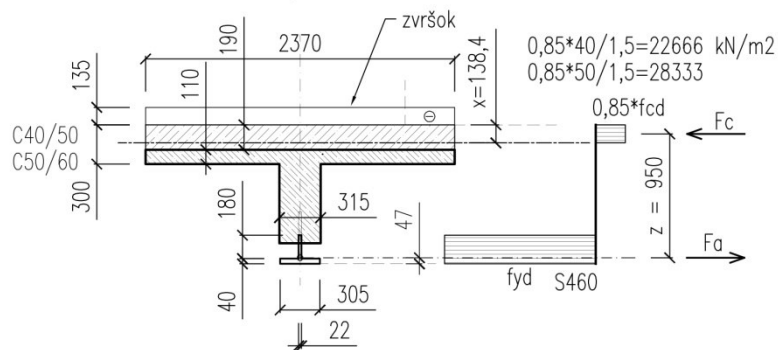
PLASTICKÁ OHYBOVÁ ODOLNOSŤ PRIEREZU



$$A = 0,022 \cdot 0,18 + 0,305 \cdot 0,04 = 0,01616 \text{ m}^2$$

výpočet neutrálnej osi
silová podmienka $F_c = F_a$
 $2,37 \cdot 0,19 \cdot 22666 + 2,37 \cdot 0,11 \cdot 28333 + 0,315 \cdot 28333 \cdot (x - 0,3) = (0,022 \cdot 0,18 + 0,305 \cdot 0,04) \cdot 460000$
 $10206,5 + 7386,4 + 8924,9 \cdot x - 8499,9 = 7433,6$
 $8924,9 \cdot x = -1659,4$
 $x = -0,186 \text{ m} \rightarrow$ neutrálna os neprechádza stojinou

opravný výpočet – n. os neprechádza stojinou :
 $F_c = F_a \rightarrow x \cdot 2,37 \cdot 22666 = 7433,6$
 $x = 0,1384 \text{ m}$

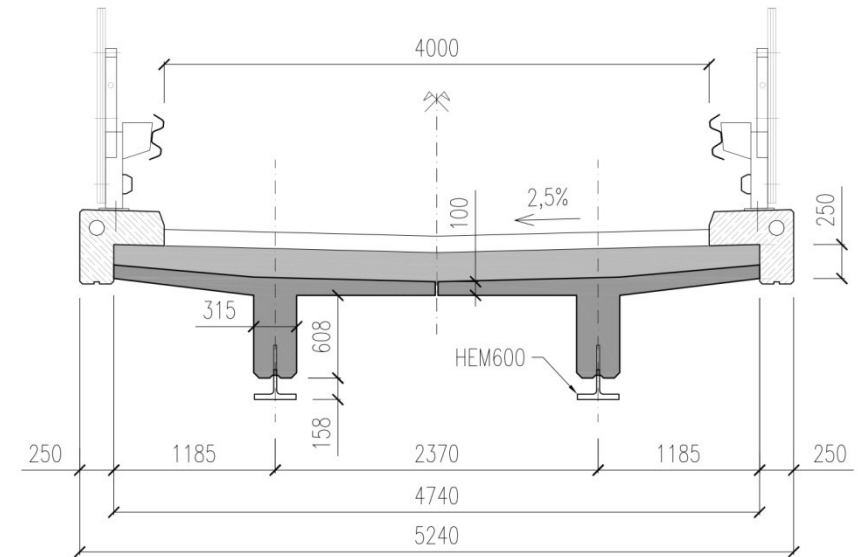


$$M_{Rd,pl} = F_a \cdot z = 7433,6 \cdot 0,95 = 7063 \text{ kNm} > 5577 = M_{Ed} \text{ (ULS)}$$

Plachta:	18180
Stav:	1997
Výročný kód:	X: 198223 --- 198560
T: 20167	--- 20367
TRMBA:	X: 198417
Y: 20214	
Monetárny referenčný bod:	X: 111643832302
Y: 20214	
Špeciálny moment:	XY: 63614411842252
Publikovaný referenčný bod:	X: 28214
Y: 198467	
Hlavné momenty o X-Y smery z 18180:	
□ 49402875 posth [1,0]	
□ 94730137 posth [0,1]	

173
47
ťažisko

cross section



Ďalej sme vo výpočte vynechali celý rad posúdení (napr. vietor, únava, seizmické účinky, deformácie a pod.) a kombinácií (napr. SLS, mimoriadne). Zamerali sme sa na vlastnú hmotnosť mosta a zaťaženie účinkami dopravy v návrhovej kombinácii MSÚ (ULS) pre zaťažovací model LM1, a to v rozhodujúcom stredovom priereze. Všetky výpočty prebiehali v zmysle Eurokódov, a to jednak v zaťaženiach a jednak v materiálových vlastnostiach prvkov.

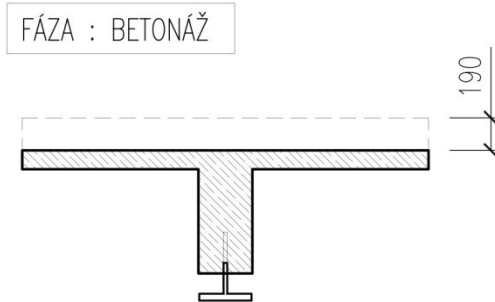
Tvar prierezu z priečného rezu (viď. hore) sme aproximovali na jednoduchší prierez (viď. náčrty vľavo). Najprv sme posúdili **plastickú ohybovú odolnosť prierezu** v strede krajného rozpätia.

Potom sme posudzovali **pružnú ohybovú odolnosť prierezu**, ktorá je v tomto prípade o niečo zložitejšia, lebo treba uvážiť fázy výstavby.

Zaťaženie mosta nám vyšlo podľa EN [4] všeobecne pre LM1 pre $\alpha_{Q1}=0,9$, $\alpha_{Q1}=0,9$, s výnimkou vozidla v prvom pruhu 400 kN (namiesto 600 kN).

Následne sme previedli výpočet ekvivalentného predpätého betónového mosta s podobnými podmienkami, s rovnakou výškou rezu a bez montážnych podpier.

PRUŽNÁ OHYBOVÁ ODOLNOSŤ PRIEREZU elastic stress



$$E_{cm} = 37 \text{ GPa} \quad (\text{C50/60})$$

$$E_a = 210 \text{ GPa}$$

$$n = 5,68$$

Zaťaženie :

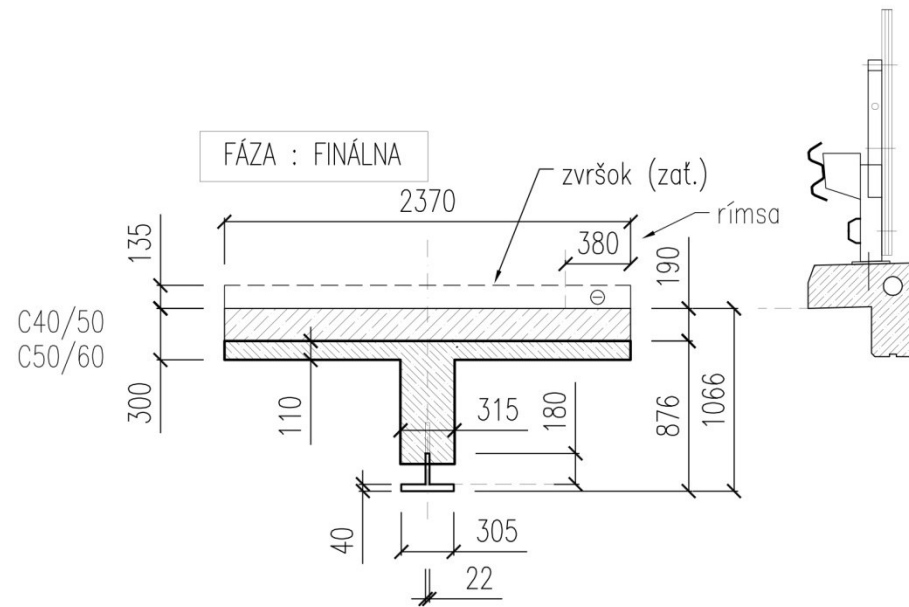
$$1/2 \text{ HEM600} \quad 1,425 \text{ kN/m}$$

$$\text{betón VFT} \quad 0,453 \cdot 25 \text{ kN/m}^3 \quad 11,32 \text{ kN/m}$$

$$\text{betón sprisahujúcej dosky} \quad 0,190 \cdot 2,37 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 \quad 11,26 \text{ kN/m}$$

spolu charakteristické	24,0 kN/m
návrhové *1,35	32,4 kN/m

$$M_{ED}^{prefa} = 26,15^2 \cdot 32,4 / 8 = 2769 \text{ kNm}$$



$$E_{cm} = 35 \text{ GPa} \quad (\text{C40/50})$$

$$E_a = 210 \text{ GPa}$$

$$n = 6$$

$$A_i = 1152 \text{ cm}^2 \quad \text{stĺp } A = 14400 \text{ cm}^2$$

$$J_i = 1,17 \text{ e}6 \text{ cm}^4$$

Zaťaženia :

$$\text{vlastná} \quad 0,903 \text{ m}^2 \cdot 25 = 22,6 \text{ kN/m} \rightarrow \text{ fáza BETONÁŽ}$$

$$\text{zvršok} \quad 1,99 \cdot 0,135 \cdot 23 = 6,18 \text{ kN/m}$$

$$\text{rímša} \quad 0,226 \cdot 25 = 5,65 \text{ kN/m}$$

$$\text{zábradlové zvodidlo} \quad 1 \text{ kN/m}$$

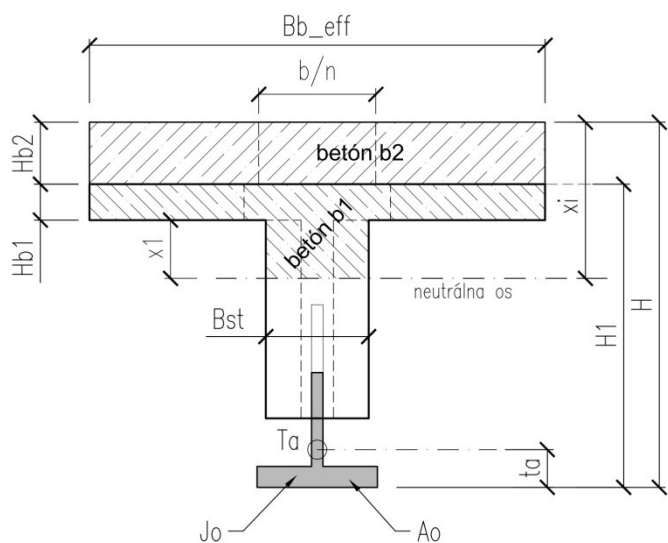
celkom stále	12,83 kN/m	charakteristické hodnoty
--------------	------------	--------------------------

náhodilé – chodci	$1,99 \cdot 5,0 = 9,95 \text{ kN/m}$	UDL	$1,99 \cdot 8,1 = 16,11 \text{ kN/m}$
náhodilé – obslužné vozidlo	$120 / 2 = 60 \text{ kN}$	TS	$400 \cdot 0,9 / 2 = 180 \text{ kN}$

V ďalšom je uvedený postup výpočtu momentu únosnosti prierezu tvaru „T“ pri pružnom pôsobení a pri plnom šmykovom spojení ocelevej a betónovej časti. Na rozdiel od plasticitného výpočtu je pri pružnom pôsobení nutné zohľadňovať postup vnášania zaťaženia do spriahnutého prierezu, ako aj vlastnosti betónu v jednotlivých fázach výstavby. V tomto prípade je tento elastický výpočet pracnejší, ako výpočet pri plasticom pôsobení a to z týchto dôvodov : Treba nájsť polohu elastickej neutrálnej osi, ktorá závisí od veľkosti tlačenej betónovej plochy, ktorá dopredu nie je známa. Pri priereze tvaru „T“ môže táto viesť buď v stojine alebo v prírubu betónovej časti. Pokiaľ vedie os cez prírubu, je výpočet o niečo jednoduchší. V ďalšom bude rozvedený postup, keď os vedie cez stojinu a navyše betón dobetonávky bude rozdielnej triedy, ako betón prefabrikátu. Tento postup je treba opakovať pre rozdielne vlastnosti betónu v čase, ktoré budeme vyjadrovať iným modulom pružnosti betónu.

Celý postup je určitou zjednodušenou idealizáciou, aby sa tieto výpočty vôbec dali realizovať v rozumnom čase a pre praktické účely. Je uvedený postup pre kladný moment a za predpokladu, že vplyv tlačenej výstuže sa zanedbáva. Ťahaná výstuž sa tiež zanedbáva vzhľadom na ocelový profil, ktorý je umiestnený v maximálnej excentricite, pričom sa jeho medza kľzu bližšie betonárskej výstuži. Ťahaná výstuž zvykne mať pri kladnom momente len konštrukčný charakter. Dosiahnuté napätie betónu v hornom vlákne nesmie presiahnuť hodnotu návrhovej pevnosti v tlaku $f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$ alebo návrhovú pevnosť oceli v ťahu $f_{yd} = f_y / \gamma_a$ v spodnom vlákne. S únosnosťou betónu v ťahu sa neuvažuje.

Pri výpočtoch sa pracuje s ideálnym prierezom, keď všetky betónové časti prierezu sú prevedené na ocelový prierez pomocou pomeru $n = E_o / E_{cm}$, časové materiálové charakteristiky sa zavedú ako $E_{cm} / (1 + \psi_L * \varphi_t)$, potom $n = E_o (1 + \psi_L * \varphi_t) / E_{cm}$. Súčiniteľom n sa delí príslušná šírka betónovej časti. Súčinitele ψ_L a φ_t sú uvedené v EN 1992-1-1. Kvôli zjednodušeniu sa zvykne uvažovať $n = 1$ pre krátkodobé a $n = 3$ pre dlhodobé zaťaženie. Vzhľadom na neznámu plochu tlačenej betónovej oblasti vedie výpočet na kvadratickú rovnicu, pričom sa uplatní len súčtové znamienko „+“ pred diskriminantom.



$$n_i = E_o * (1 + \psi_{Li} * \varphi_{ti}) / E_{cmi} \quad Ab2 = Hb2 * Bb_eff / n2 \quad Ab1a = Hb1 * Bb_eff / n1 \quad Ab1b = x1 * BS$$

$$BS = Bst / n1 \quad Ai = Ao + Ab2 + Ab1a + x1 * BS \quad H = H1 + Hb2 \quad xi = x1 + Hb1 + Hb2$$

$$ST = Ao + Ab2 + Ab1a \quad VY = Hb1 + Hb2$$

Neznámu $x1$ určíme z rovnosti statických momentov plôch k hornej hrane prierezu

$$Ai * xi = Ab2 * Hb2 / 2 + Ab1a * (Hb2 + Hb1 / 2) + Ao * (H - ta) + x1 * BS * (Hb1 + Hb2 + x1 / 2)$$

$$PLO = Ab2 * Hb2 / 2 + Ab1a * (Hb2 + Hb1 / 2) + Ao * (H - ta) \rightarrow \text{kvôli redukcii viacčlenov}$$

$$(ST + x1 * BS) * (x1 + VY) = PLO + x1 * BS * (VY + x1 / 2)$$

$$ST * x1 + ST * VY + x1^2 * BS + x1 * BS * VY = PLO + x1 * BS * VY + x1^2 * BS / 2$$

$$x1^2 * BS / 2 + x1 * ST + ST * VY - PLO = 0 \rightarrow \text{kvadratická rovnica}$$

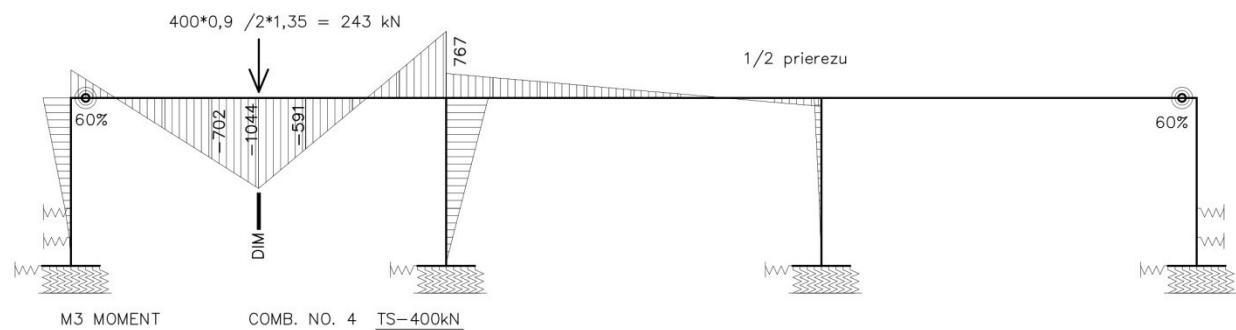
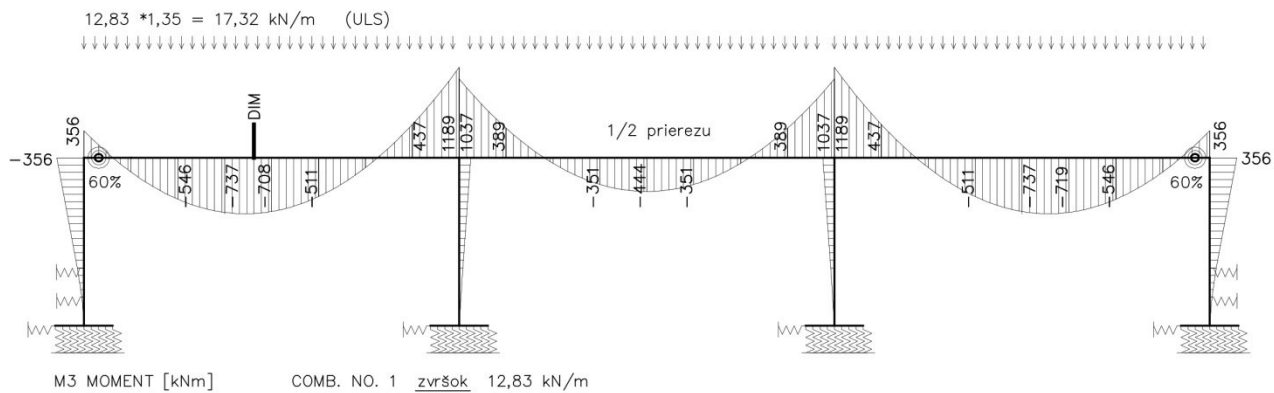
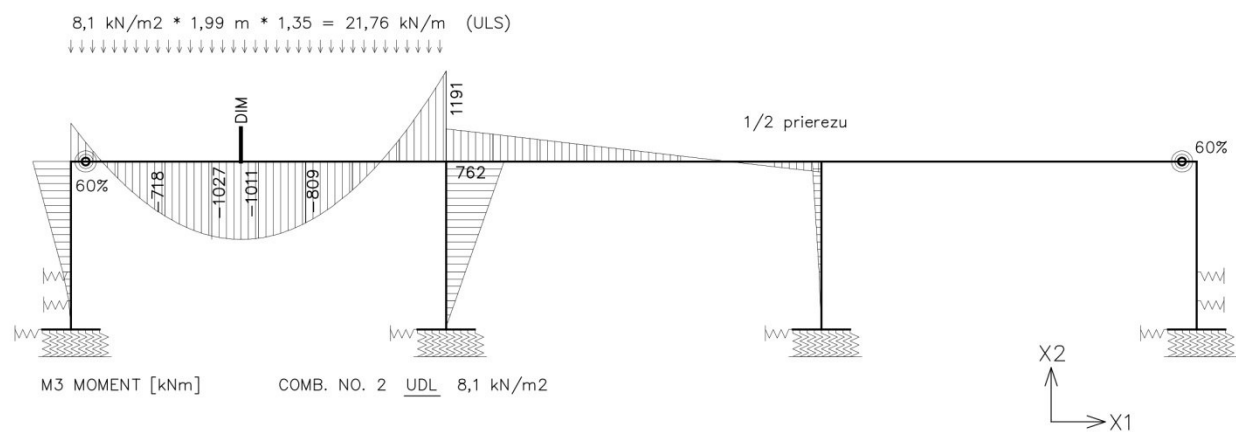
$$\uparrow a \quad \uparrow b \quad \uparrow c \rightarrow \text{koeficienty kvadratickej rovnice}$$

$$x1 = [-ST + (ST^2 - 4 * (BS / 2) * (ST * VY - PLO))^{1/2}] / BS \rightarrow \text{riešenie kvadratickej rovnice}$$

$$xi = x1 + Hb1 + Hb2$$

Ideálny moment zotrvačnosti vzhľadom na neutrálnu os bude :

$$Ji = BS * x1^3 / 3 + Ab1a * (x1 + Hb1 / 2)^2 + Bb_eff / n1 * Hb1^3 / 12 + Ab2 * (xi - Hb2 / 2)^2 + Bb_eff / n2 * Hb2^3 / 12 + Jo + Ao * (H - xi - ta)^2$$



Výpočet momentov na rámovej sústave (ULS)

Precobeam - Pružná únosnosť spriahnutého ocelebetónového prierezu

Symetrický prierez. Namáhanie kladným momentom.

Elastic stress.

2023

© SSK

VSTUPNÉ ÚDAJE

Hb1 výška betónovej príruby b1 [mm]	110
Hb2 výška betónovej príruby b2 [mm]	0
Bb_eff šírka bet. časti [mm]	2370
Bst šírka betónovej stojiny [mm]	315
Ao plocha ocel. prierezu [cm2]	161,60
Jo oceľový nosník [cm4]	4,85E+03
ta ťažisko ocel. prierezu odspodu [mm]	47
H1 výška prefabrikátu [mm]	876
$n_1 = E_o * t_1 / Ecm_1$ t1=(1+ ν_1 , ρ t) t1 \approx 1+3 3-dlhod.	5,68
$n_2 = E_o * t_2 / Ecm_2$ t2=(1+ ν_1 , ρ t) t2 \approx 1+3 3-dlhod.	5,68
MEd [kNm]	2769

Ai [cm2]	697,13
xi [cm]	24,80
Ji [cm4]	7,31E+05
Wdi [cm3]	11638
Whi [cm3]	29463

sigma_d ocel' [Mpa]	237,94
sigma_h betón [Mpa]	-16,55

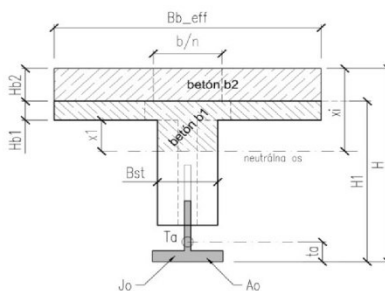
CHYBOVÉ HLÁSENIA

PRECOBEAM Vigaun

Betonáž na PREFE

POMOCNÉ HODNOTY

H [m]	0,876	stvo [m2]	0,06206
Ab2 [m2]	0	VY [m]	0,11
Ab1a [m2]	0,045898	PLO [m2]	0,01592
Bx [m]	0,055458		
x1,1 [m]	0,138037	x1,2 [m]	-2,27408



Precobeam - Pružná únosnosť spriahnutého ocelebetónového prierezu

Symetrický prierez. Namáhanie kladným momentom.

Elastic stress.

2023

© SSK

VSTUPNÉ ÚDAJE

Hb1 výška betónovej príruby b1 [mm]	110
Hb2 výška betónovej príruby b2 [mm]	190
Bb_eff šírka bet. časti [mm]	2370
Bst šírka betónovej stojiny [mm]	315
Ao plocha ocel. prierezu [cm2]	161,60
Jo oceľový nosník [cm4]	4,85E+03
ta ťažisko ocel. prierezu odspodu [mm]	47
H1 výška prefabrikátu [mm]	876
$n_1 = E_o * t_1 / Ecm_1$ t1=(1+ ν_1 , ρ t) t1 \approx 1+3 3-dlhod.	17,58
$n_2 = E_o * t_2 / Ecm_2$ t2=(1+ ν_1 , ρ t) t2 \approx 1+3 3-dlhod.	18,00
MEd [kNm]	737

Ai [cm2]	577,93
xi [cm]	39,97
Ji [cm4]	7,80E+05
Wdi [cm3]	11703
Whi [cm3]	19506

sigma_d ocel' [Mpa]	62,97
sigma_h betón [Mpa]	-2,10

CHYBOVÉ HLÁSENIA

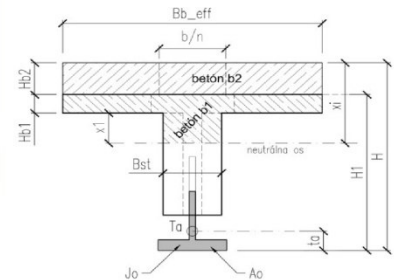
VSTUPNÉ ÚDAJE

Hb1 výška betónovej príruby b1 [mm]	110
Hb2 výška betónovej príruby b2 [mm]	190
Bb_eff šírka bet. časti [mm]	2370
Bst šírka betónovej stojiny [mm]	315
Ao plocha ocel. prierezu [cm2]	161,60
Jo oceľový nosník [cm4]	4,85E+03
ta ťažisko ocel. prierezu odspodu [mm]	47
H1 výška prefabrikátu [mm]	876
$n_1 = E_o * t_1 / Ecm_1$ t1=(1+ ν_1 , ρ t) t1 \approx 1+3 3-dlhod.	17,58
$n_2 = E_o * t_2 / Ecm_2$ t2=(1+ ν_1 , ρ t) t2 \approx 1+3 3-dlhod.	18,00
MEd [kNm]	737

Ai [cm2]	577,93
xi [cm]	39,97
Ji [cm4]	7,80E+05
Wdi [cm3]	11703
Whi [cm3]	19506

sigma_d ocel' [Mpa]	62,97
sigma_h betón [Mpa]	-2,10

CHYBOVÉ HLÁSENIA



Precobeam - Pružná únosnosť spriahnutého oceľobetónového prierezu

Symetrický prierez. Namáhanie kladným momentom.

Elastic stress.

Neutrálna os je v hornej prírubke

2023

© SSK

VSTUPNÉ ÚDAJE

H _b výška betónovej príruby [mm]	300
B _{b_eff} šírka bet. časti [mm]	2370
A _o plocha oceľového prierezu [cm ²]	161,60
J _o oceľový nosník [cm ⁴]	4,85E+03
t _a ťažisko oceľ.prierezu odspodu [mm]	47
H výška prierezu [mm]	1066
n=E _o *t/Ecm t=(1+ψ _{l,pt}) t≈1+3 3-dlhodobé	6,00
M _{Ed} [kNm]	1044

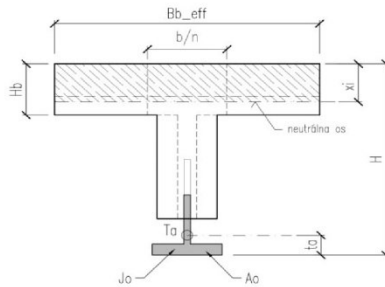
A _i [cm ²]	1151,96
x _i [cm]	25,07
J _i [cm ⁴]	1,17E+06
W _{di} [cm ³]	14304
W _{hi} [cm ³]	46514

sigma_d oceľ [Mpa]	72,98
sigma_h betón [Mpa]	-3,74

CHYBOVÉ HLÁSENIA

PRECOBEAM Vigaun
TS = 400 kN
krátkodobé zaťaženie

POMOCNÉ HODNOTY



Precobeam - Pružná únosnosť spriahnutého oceľobetónového prierezu

Symetrický prierez. Namáhanie kladným momentom.

Elastic stress.

Neutrálna os je v hornej prírubke

2023

© SSK

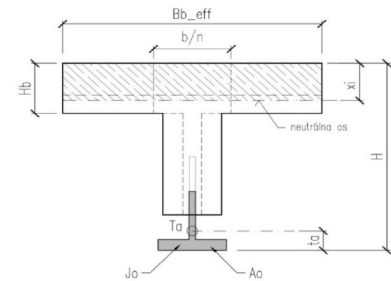
VSTUPNÉ ÚDAJE

H _b výška betónovej príruby [mm]	300
B _{b_eff} šírka bet. časti [mm]	2370
A _o plocha oceľového prierezu [cm ²]	161,60
J _o oceľový nosník [cm ⁴]	4,85E+03
t _a ťažisko oceľ.prierezu odspodu [mm]	47
H výška prierezu [mm]	1066
n=E _o *t/Ecm t=(1+ψ _{l,pt}) t≈1+3 3-dlhodobé	6,00
M _{Ed} [kNm]	1027

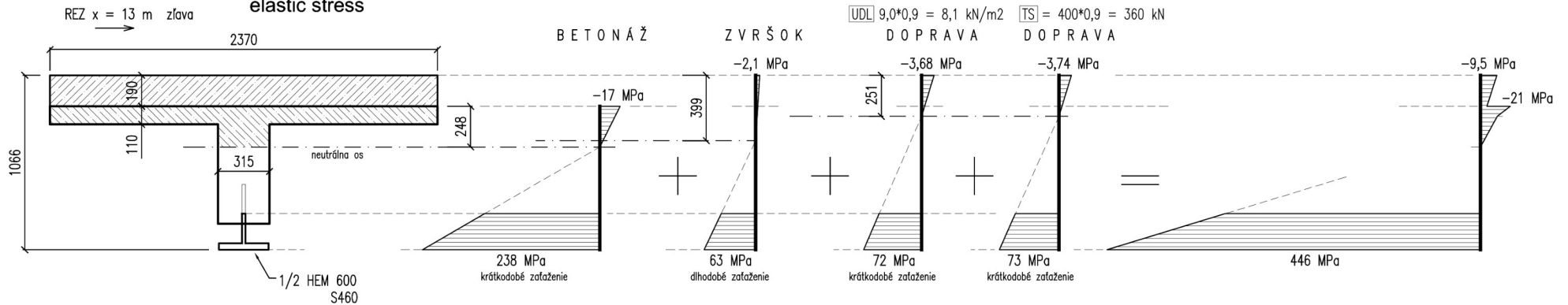
A _i [cm ²]	1151,96
x _i [cm]	25,07
J _i [cm ⁴]	1,17E+06
W _{di} [cm ³]	14304
W _{hi} [cm ³]	46514

sigma_d oceľ [Mpa]	71,80
sigma_h betón [Mpa]	-3,68

CHYBOVÉ HLÁSENIA

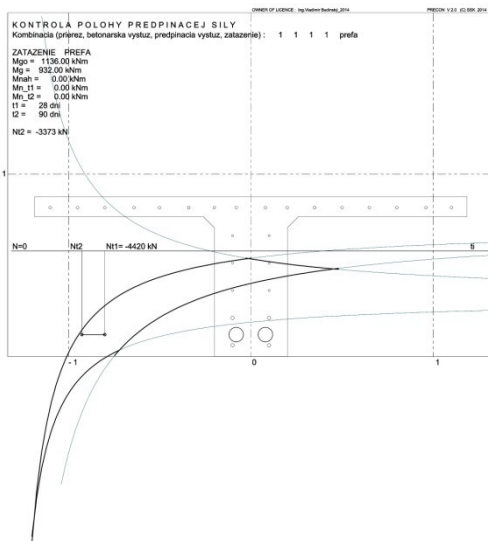
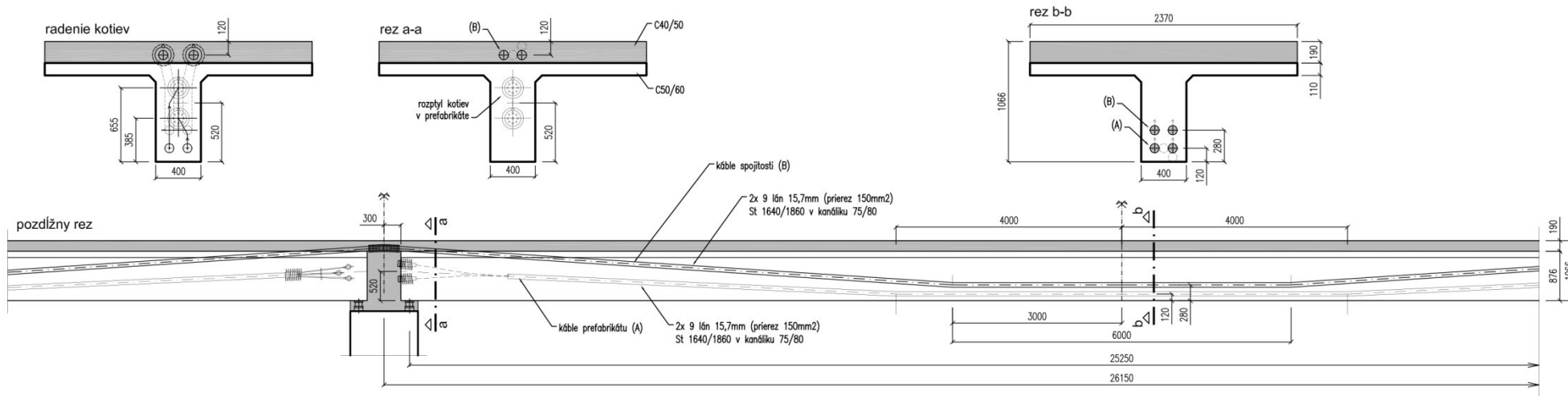


PRUŽNÁ OHYBOVÁ ODOLNOSŤ PRIEREZU
elastic stress

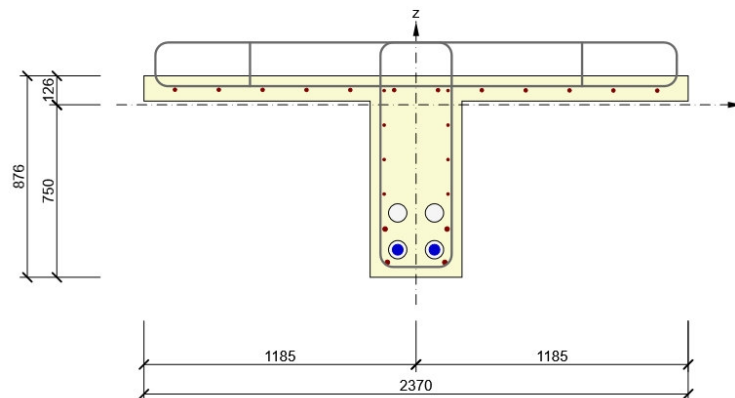


VÝPOČET VERZIE Z PREDPÄTÉHO BETÓNU

VARIANT PREDPÄTÝ BETÓN - PRINCIPIÁLNE REZY



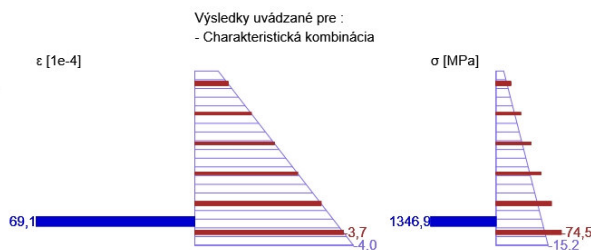
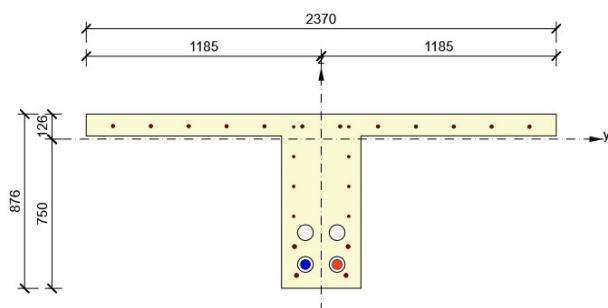
Vystužený prierez: B-B



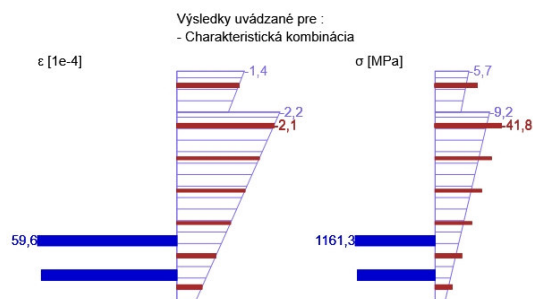
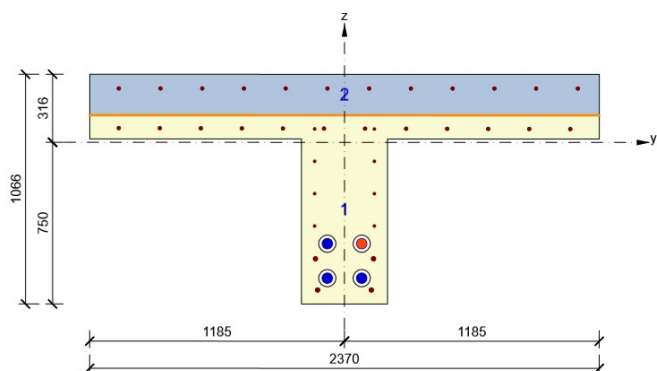
- Betón: C50/60
Vek: 15,0 d
Výstuž: (B 500B)
- 1ø16 (201mm²), Pozícia -1050, 66 mm
 - 1ø16 (201mm²), Pozícia -859, 66 mm
 - 1ø16 (201mm²), Pozícia -668, 65 mm
 - 1ø16 (201mm²), Pozícia -477, 65 mm
 - 1ø16 (201mm²), Pozícia -286, 65 mm
 - 1ø16 (201mm²), Pozícia -95, 64 mm
 - 1ø16 (201mm²), Pozícia 95, 64 mm
 - 1ø16 (201mm²), Pozícia 286, 63 mm
 - 1ø16 (201mm²), Pozícia 477, 63 mm
 - 1ø16 (201mm²), Pozícia 668, 63 mm
 - 1ø16 (201mm²), Pozícia 859, 62 mm
 - 2ø12 (226mm²), z = 62 mm
 - 1ø16 (201mm²), Pozícia 1050, 62 mm
 - 2ø12 (226mm²), z = -88 mm
 - 2ø12 (226mm²), z = -238 mm
 - 2ø12 (226mm²), z = -388 mm
 - 2ø20 (628mm²), z = -540 mm
 - 2ø20 (628mm²), z = -685 mm
- Strmene:
ø10 - 150 mm
ø10 - 150 mm
ø10 - 150 mm
ø10 - 150 mm
- Dodatočne predpäté káble: (Y1860S7-15.7)
2*9ø15,7 (1350mm²), z = -630 mm
- Káblové kanálíky:
2ø80 (10053mm²), z = -470 mm
2ø80 (10053mm²), z = -630 mm
- Krytie:
Ostatné povrchy: 30 mm

Zadanie parametrov prefabrikátu v programe Idea StatiCa ↑

← Kontrola polohy predpínacej sily na prefabrikáte programom PRECON



← Napätia vo fáze „Predpínanie prefabrikátu“
Program Idea StatiCa



Aktuálny rez ← →

Rez 2 - 13,68m Vľavo

Aktuálny extrém ← →

Koniec navrhutej životnosti (36)

Status aktuálneho extrému: ✔

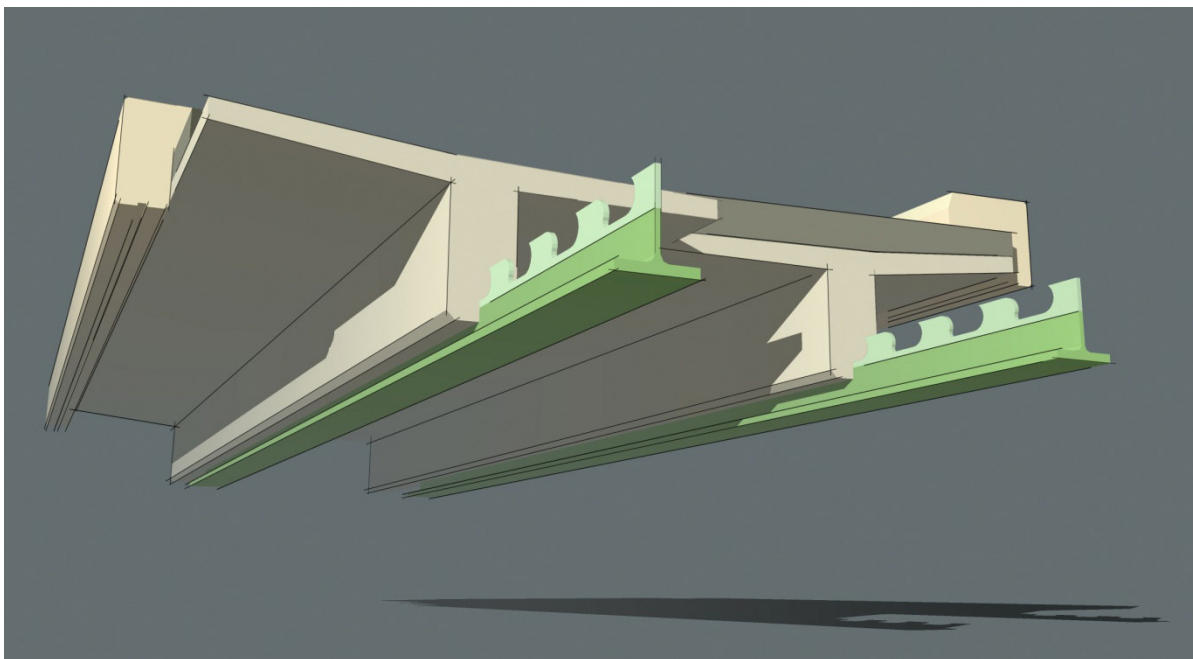
Posudok	Využitie	Status
Únosnosť N-M-M	57,9	✔
Šmyk	32,8	✔
Krútenie	0,0	✔
Interakcia	78,8	✔
Obmedzenie napätia	83,2	✔
Šírka trhliny	12,9	✔
Krehký lom	36,9	✔

↑ Napätia vo fáze „Koniec navrhovanej životnosti“

Pri verzii z predpätého betónu sme museli rozšíriť stojinu z 315 na 400 mm, aby nám vychádzali vzdialenosti medzi káblami a krytia káblov. Inak sú všetky parametre aj zaťaženia rovnaké.

ZÁVER

Mosty s nosníkmi *precobeam* sa ukazujú ako ekologické konštrukčné systémy, ktoré by mohli konkurovať zavedeným spriahnutým oceľobetónovým mostom, ako aj predpätým betónovým riešeniam, a to hlavne v stredných a malých rozpätiach. Platí to rovnako pre cestné a železničné mosty, ako aj pre cyklomosty a chodníky pre peších. Keď porovnávame cenovo vyzrojenie mosta valcovaným rozpáleným nosníkom k vyzrojeniu predpínacím systémom káblov, vychádza *precobeam* cca 7x drahšie. Avšak vyzrojenie je max. 12% ceny z celého mosta, takže potom môžu rozhodovať o celkovej cene možnosti zhotoviteľskej firmy a iné miestotvorné faktory.



Niektoré ZDROJE, použité pri tvorbe článku :

- [1] Nicoleta Popa et al. : Demonstration of economical bridge solutions based on innovative composite dowels and integrated abutments (Ecobridge), Research Fund for Coal and Steel, European Commission, 2015
- [2] Jozef Lapos, Josef Vičan, Jaroslav Odrobiňák : Navrhovanie spriahnutých betónových mostov podľa STN EN 1994–2, SKSI, 2010
- [3] STN EN 1990/A1 Zásady navrhovania konštrukcií, príloha A2 – Použitie pre mosty
- [4] STN EN 1991–2 Zaťaženie mostov dopravou
- [5] STN EN 1993–1–1 Navrhovanie ocelových konštrukcií
- [6] STN EN 1994–1–1 Navrhovanie spriahnutých ocelobetónových konštrukcií. Všeobecné pravidlá
- [7] STN EN 1994–2 Navrhovanie spriahnutých ocelobetónových konštrukcií. Všeobecné pravidlá a pravidlá pre mosty
- [8] Wojciech Lorenc, Günter Seidl, Jacques Berthelémy : The evolution of the shape of composite dowels, Studia Geotechnica et Mechanica, 2022
- [9] Riccardo Zanon et al. : An Innovative Solution for Small Span Bridges – Precobeam, Conference in Toronto - Innovative steel bridges, 2014
- [10] Vigaun bridge, www.ssf-ing.de
- [11] Francesco Profico : Analysis of the Plastic Slip Capacity of Steel-Concrete Composite Dowels ShearConnectors: Development of an Analytical Simplified Model, 2022

Všetky obrázky a prepočty v tomto príspevku sú pôvodné a nekopírované.
Pri zostavovaní článku boli použité nasledovné POČÍTAČOVÉ PROGRAMY :

STRAP, PRECON, IDEA StatiCa Concrete & Prestressing, SketchUp, AutoCad LT, Microsoft Word, Microsoft Excel, PDF Creator, IrfanView, Corel Draw

