STATICKÝ VÝPOČET
(MOSTU PO STAVEBNÍ ÚDRŽBĚ)

1. Identifikační údaje mostu

Stavba	**Most ev.č. M6 přes Hážovický potok v obci Vigantice**
Katastrální obec	Vigantice
Okres	Vsetín
Kraj	Zlínský
Druh stavby	údržba
Přemosťovaná překážka	vodoteč
Stupeň dokumentace	DSP+PDPS

Investor a správce: **Obec Vigantice**
Vigantice 203, 75661 Rožnov pod Radhoštěm

Název, adresa: **RUŠAR MOSTY s.r.o.**
Majdalenky 19, 638 00 Brno
IČO 293 62 393
e-mail: info@rusar.cz
telefon / fax: 545 222 037

Zodpovědný projektant: **Ing. Jaromír Rušar**
autorizovaný inženýr ČKAIT 1000264 v oboru
Mosty a inženýrské konstrukce
mobil: 602 791 886

Obsah

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE MOSTU 1
2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTĚ (PODLE ČSN 73 6200 A ČSN 73 6220) 2
3. LITERATURA 4
4. PŘÍČNÝ ŘEZ 5
5. PODÉLNÝ ŘEZ 6
6. PŮDORYS 7
7. CÍL STATICKÉHO VÝPOČTU, MECHANICKÝ MODEL KONSTRUKCE 8
8. VYUŽITELNÝ MOMENT 9
9. ZATÍŽITELNOST 10
10. ZÁVĚR 11

2. Základní údaje o mostě (podle ČSN 73 6200 a ČSN 73 6220)

Charakteristika mostu	Most o jednom poli, jehož nosnou konstrukci tvoří monolitická trámová deska vyztužená ocelovými nosníky I 200. Spodní stavba je kamenná tížní. Založení mostu je provedeno pomocí základových patek. Nosníky jsou na opěrách uložené přímo na betonové úložné prahy. Na mostě je osazeno zábradlí se svislou výplní a integrovanou obrubou. Vozovku na mostě je tvořena přímopojížděnou mostovkou. Na mostě nejsou osazeny mostní závěry, římsy a ani odvodňovače.
Délka přemostění	6,41 m
Délka mostu	13,75 m
Délka nosné konstrukce	8,81 m
Rozpětí jednotlivých polí	7,01 m
Světlost mostního otvoru	6,41 m (šikmá)
Šikmost mostu	levá – 80,61 gradů
Volná šířka mostu	4,50 m
Šířka mezi zvýšenými obrubami	3,50 m
Šířka mostu	5,20 m
Výška mostu nad terénem	4,37 m
Stavební výška	0,70 m
Plocha nosné konstrukce mostu	5,20 × 8,81 = 45,81 m²
Zatížení mostu	ČSN 73 6222
Důležitá upozornění	rok postavení mostu neznámý

a) Popis mostu

Předmětem projektové dokumentace je údržba mostu přes Hážovický potok v obci Vigantice na katastrálním území Vigantice. Most se nachází místní komunikaci. Komunikace spojuje centrum obce s nemovitostmi, poli a lesy. Staničení komunikace jde od silnice III/4867 směrem k lesům. Stavba stojí v intravilánu obce Vigantice. Komunikace i most jsou v majetku obce Vigantice. Správu majetku provádí obec. Most přemosťuje vodní tok, v majetku České republiky a ve správě státního podniku Povodí Moravy.

Popis stávajícího mostu: Jedná se o most o jednom poli. Nosnou konstrukci tvoří monolitická trámová deska s tuhou výztuží z 5 ks železobetonových trámů a desky. Koncové části nad opěrami jsou monolitické. Objekt je obrazem své doby tj. období 1. republiky až druhé světové války. Délka přemostění je 6,41 m, kolmá světlost 6,21 m, rozpětí pole je 7,00 m. Šikmost mostu je levá 80,61 gradů. Konstrukční výška trámů je 0,22 m, šířka trámů 0,09 až 0,29 m, v trámech jsou zabetonovány ocelové I 200. Délku nosné konstrukce odhadujeme

na 7,61 m. Deska má tloušťku cca 0,15 m. Stavební výška je 0,66 m, úložná stejná. Volná šířka mostu mezi zábradlími je 4,74 m, šíře pojížděné komunikace je 3,50 m. Chodníky na mostě nejsou. Nosníky jsou na opěrách uloženy přes asfaltovou lepenku na úložné prahy. Spodní stavbu tvoří 2 opěry, které jsou z kamenného řádkové zdiva, úložné prahy jsou železobetonové nebo jen z prostého betonu, křídla rovnoběžná mírně šikmá masivní kamenná. Založení mostu je plošné na betonových základech. Mostní závěry most nemá. Zpevnění vozovky na mostě je ve stejné šíři jako na předmostích. Na mostě i mimo je živičná vozovka s povrchem z asfaltobetonu. Most nemá klasické římsy nebo obrubníky. Mostovka byla na krajích zvednutá do „říms“. Izolace je vanová z asfaltové lepenky ukončená fabionem pod ozub římsy. Zábradlí je ocelové z trubek ø60, silničního typu bez svislé výplně, výška je cca 1,1 m. Odvodňovače na mostě nejsou. Příčný sklon vozovky na mostě je jednostranný cca 1,1%, mostovka je cca bez příčného spádu. Podélný sklon je proměnný od 2,8 do 5,0 %. Nosná konstrukce je v mírnějším podélném spádu cca 1,1%. Před mostem i za mostem je komunikace vedena bez obrub a chodníků. V zemi jsou uloženy kabely TKR a SEK. Vzduchem vede VO a TKR. Ne mostě nejsou osazeny žádné inženýrské sítě.

Jednou z hlavních závad je nefunkčnost izolace. To způsobuje zatékání a plošné zamáčení nosné konstrukce, a tím také degradaci nosných železobetonů a tuhé výztuže. Toto zatékání může vést k nekontrolovatelné korozi výztuže nosníků a ke ztrátě únosnosti. Dále je závadou nedostatečné krytí betonářské výztuže desky. Kamenné zdivo opěr a křídel má vyluhované a vydrolené spárování do hloubky až 200 mm. Zábradlí je nenormové a zdeformované. Stav mostu odpovídá stáří více jak 80 let a dobově používaným materiálům a technologiím. V závěrech hlavní prohlídky mostu, která byla provedena v říjnu 2011 Ing. Jaromírem Rušarem a Zdeňkem Dykem, je stavební stav spodní stavby ohodnocen V – špatný, stav nosné konstrukce ohodnocen stupněm VI – velmi špatný.

Popis údržby mostu: Z výše uvedených důvodů přistoupil vlastní k a správce mostu obec Vigantice k zadání tohoto projektu. Projektovaná údržba řeší projevené závady mostu a upravuje stavební stav mostu (spodní stavba, nosná konstrukce, mostní svršek a vybavení mostu) tak, aby ho bylo možno dále bezpečně používat. Během návrhu byla zkoumána možnost provedení nové nosné konstrukce místo sanace té stávající. Po provedení statického výpočtu a zvážení požadavku investora na co nejkratší dobu uzavírky mostu jsme zavrhli možnost provedení nové nosné konstrukce a pokračovali v návrh sanace stávající nosné konstrukce. Údržba mostu bude prováděna v první fázi za vyloučeného provozu na mostě. Po dokončení nové vozovky, bude provoz obnoven a sanace bude dál probíhat za provozu na mostě.

Zábory pozemků jsou pouze dočasné. V obvodu staveniště jsou vedeny podzemní i nadzemní inženýrské sítě. Dotčená bude žádná inženýrská síť.

3. Literatura

ČSN EN 1990 (73 0002)	Zásady navrhování konstrukcí (2004)
ČSN EN 1991-1-1 (73 0035)	Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb (2004)
ČSN EN 1991-1-5 (73 0035)	Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou (2005)
ČSN EN 1991-2 (73 6203)	Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou (2005) + ČSN EN 1991-2 změna Z3 (1992)
ČSN EN 1992-1-1 (73 1201)	Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby (2006)
ČSN EN 1992-2 (73 6208)	Navrhování betonových konstrukcí - Část 2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady (2007)
ČSN EN 1997-1 (73 1000)	Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla (2006)
ČSN ISO 13822 (73 0038)	Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí (2005)
ČSN 73 6201	Projektování mostních objektů (2008)
ČSN 73 6221	Prohlídky mostů pozemních komunikací (2011)
ČSN 73 6222	Zatížitelnost mostů pozemních komunikací (2013)
TP 224	Ověřování existujících betonových mostů pozemních komunikací (2010)
TP 200	STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI MOSTŮ PK navržených podle norem a předpisů platných před účinností EN (2009)

Novák, Hořejší – Statické tabulky pro stavební praxi

Janda, Kleisner, Zvara – Betonové mosty (celostátní učebnice)

Klimeš, Zůda – Betonové mosty (celostátní učebnice)

Sečkář – Betonové mosty (skriptum VUT)

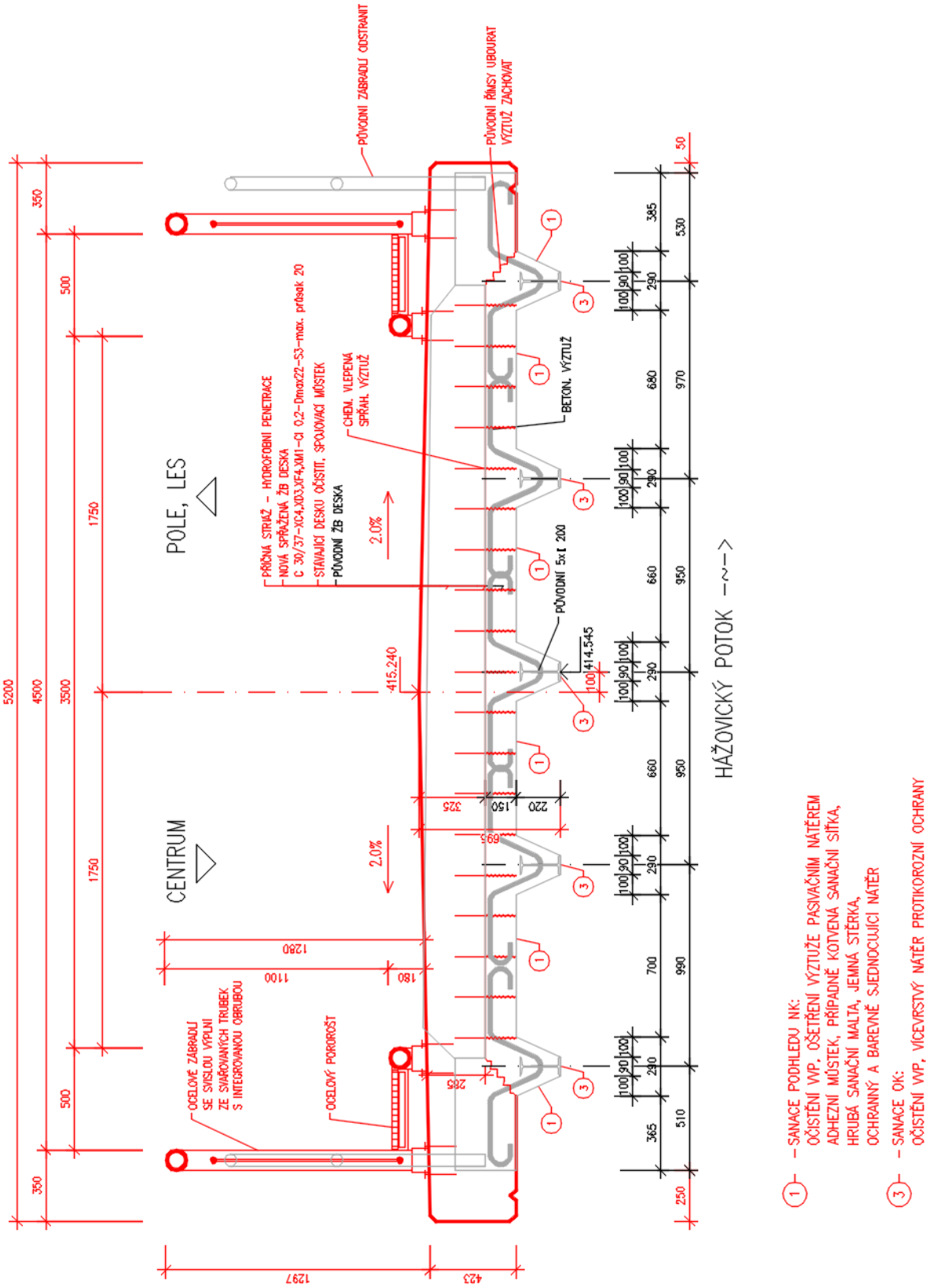
Dopravoprojekt Bratislava – Typizační směrnice příslušenství mostů

Majdůch – Pomůcka pro určování zatížitelnosti starších mostů

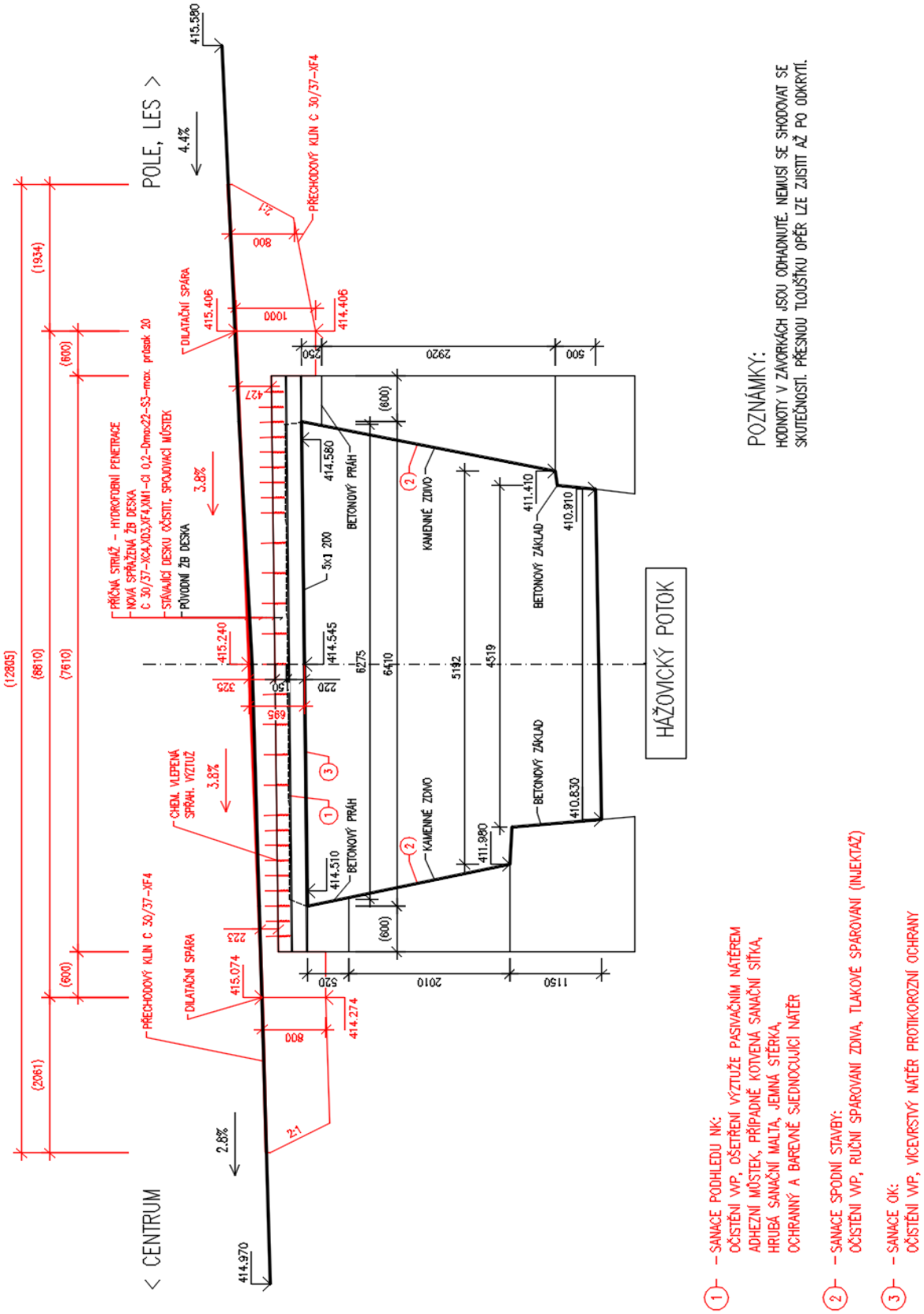
Sborník – Spřažené konstrukce beton-beton, Praha 17.října 1995

Bechyně - Betonové mosty trámové a rámové (Technický průvodce), 1954

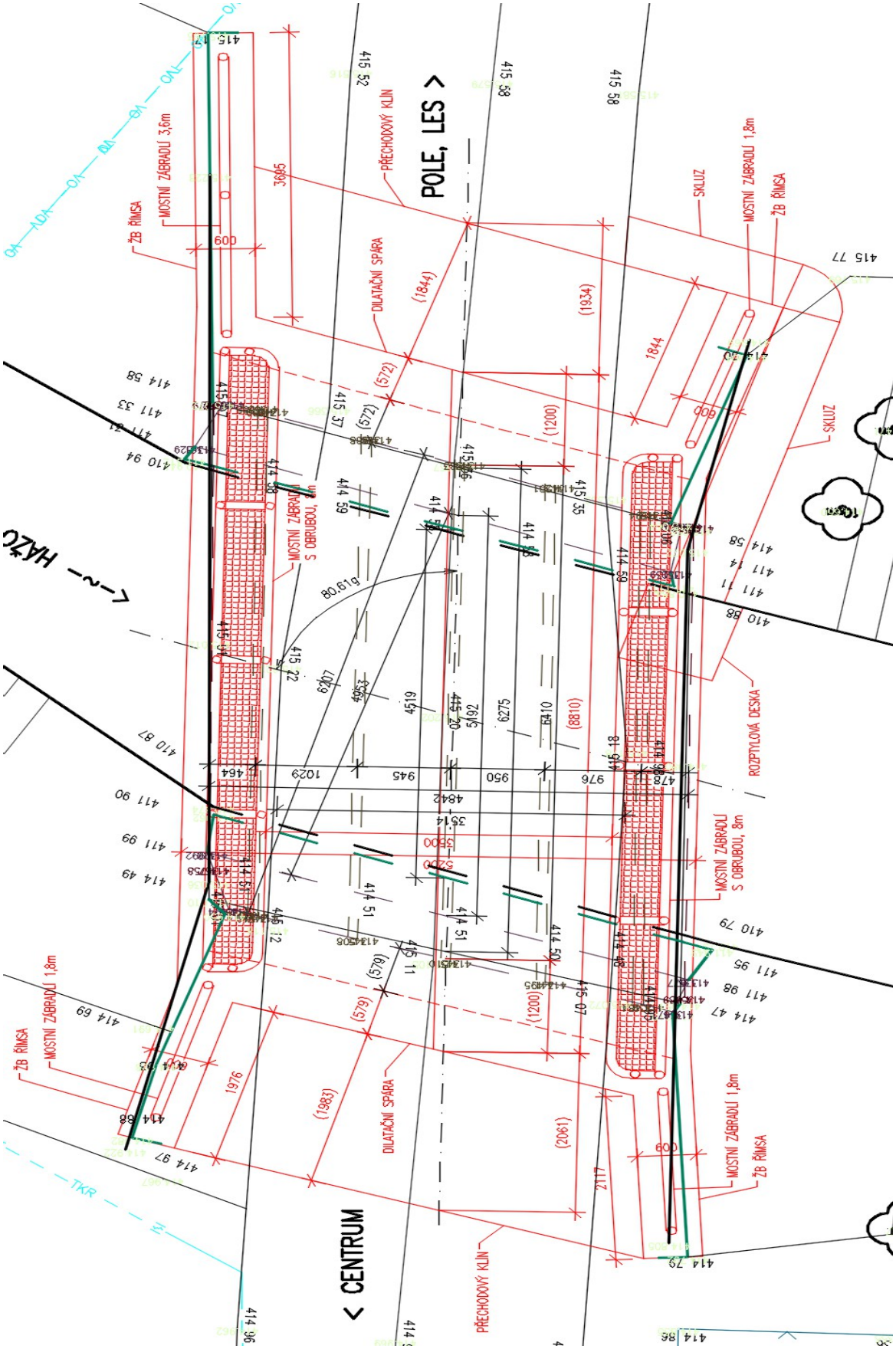
4. Příčný řez


POLE, LES
CENTRUM
HÁŽOVICKÝ POTOK
PŮVODNÍ ZÁBRADLÍ ODSTRANIT
PŮVODNÍ ŘÍMSY UBOURAT VÝZTUŽ ZACHOVAT
PŘÍČNÁ STRIÁŽ – HYDROFOBNÍ PENETRACE
NOVÁ SPŘAŽENÁ ŽB DESKA
C 30/37-XC4,XD3,XF4,XM1-Cl 0,2-Dmax22-S3-max. průsak 20
STÁVAJÍCÍ DESKU OČISTIT, SPOJOVACÍ MŮSTEK
PŮVODNÍ ŽB DESKA
CHEM. VLEPENÁ SPŘAH. VÝZTUŽ
BETON. VÝZTUŽ
PŮVODNÍ 5x I 200
OCELOVÉ ZÁBRADLÍ SE SVISLOU VÝPLNÍ ZE SVAŘOVANÝCH TRUBEK S INTEGROVANOU OBRUBOU
OCELOVÝ POROROŠT
2.0%
415.240
414.545
1297
423
5200
4500
3500
1750
500
350
1280
1100
180
325
150
220
695
285
385
530
290
680
970
660
950
700
990
365
510
250
50
1 – SANACE PODHLEDU NK:
OČISTĚNÍ VVP, OŠETŘENÍ VÝZTUŽE PASIVAČNÍM NÁTĚREM
ADHEZNÍ MŮSTEK, PŘÍPADNĚ KOTVENÁ SANAČNÍ SÍŤKA,
HRUBÁ SANAČNÍ MALTA, JEMNÁ STĚRKA,
OCHRANNÝ A BAREVNĚ SJEDNOCUJÍCÍ NÁTĚR
3 – SANACE OK:
OČISTĚNÍ VVP, VÍCEVRSTVÝ NÁTĚR PROTIKOROZNÍ OCHRANY

5. Podélný řez



6. Půdorys


POLE, LES >
< CENTRUM
PŘECHODOVÝ KLÍN
DILATAČNÍ SPÁRA
MOSTNÍ ZÁBRADLÍ 3,6m
MOSTNÍ ZÁBRADLÍ 1,8m
MOSTNÍ ZÁBRADLÍ S OBRUBOU, 8m
ŽB ŘÍMSA
SKLUZ
ROZPTYLOVÁ DESKA
TKR

7. Cíl statického výpočtu, mechanický model konstrukce

Cílem statického výpočtu je posoudit zesílení železobetonové desky. Most bude při posudku zatěžován dle ČSN 73 6222.

Potenciálních průřezů k prověřování je na mostní konstrukci nekonečně mnoho. Zkušený statik je však schopen nebezpečná místa spolehlivě vytipovat a jejich počet určit reálný a konečný. Laická veřejnost si často plete úlohu statického výpočtu se stanovením nejmenší hmotnosti vozidla, při jehož působení most určitě spadne. Je třeba si uvědomit, že hmotnosti vozidel se stanovují s jistým stupněm bezpečnosti proti náhlému přetížení a v dovolených namáháních materiálů jsou skryty i bezpečnosti proti nevyhovění druhé skupině mezních stavů. Na druhé straně zatěžovací zkoušky starších mostů ukazují, že se na přenosu zatížení podílejí i části, jež jsou tradičně uvažovány pouze jako balast (vozovka, římsy atd.). Do podporující části průřezu se dají tyto jevy zohlednit jen v omezené míře (např. spádový beton), protože toto „spřažení“ se chová nelineárně a při jisté hladině zatížení může selhat.

V našem případě se jedná o konstrukci složenou z monolitické železobetonové desky, tvořících prostou desku. Deska je vyztužena ocelovými nosníky I 200 uloženými do žeber šířky 90÷290 mm, výšky 220 mm. S původní deskou je spřažena nová ŽB deska z betonu C 30/37 tl. min. 180 mm.

V našem případě se jedná o monolitickou železobetonovou konstrukci, u které známe vyztužení. Výpočty (zatížitelnosti) budou provedeny dle EC 2, tedy metodou mezních stavů, a to MSÚ – 1. mezní stav. Návrhovou pevnost starších betonářských ocelí bereme z tabulek z ČSN ISO 13822 „Zásady navrhování konstrukcí-hodnocení existujících konstrukcí“, bývalá ČSN 73 0038. Vypočteme odpor konstrukce, to je návrhový moment únosnosti. Od něho odečteme ohybový moment od návrhových hodnot stálých zatížení. Rozdíl těchto momentů je tzv. „využitelný moment“, tedy momentová rezerva pro působení vozidel zatížitelnosti. Dále vypočteme ohybové momenty od působení jednotkových vozidel zatížitelnosti dle geometrických schémat ČSN 73 6222. Podělením využitelného momentu těmito dostáváme zatížitelnost mostu. Výše uvedeným způsobem získáme zatížitelnost z pohledu 1. MS, únosnosti.

Mechanickým modelem je prut řešený zásadami stavební mechaniky. Příčný roznos vzhledem ke geometrii desky je uvažován rovnoměrný na všechny nosníky desky.

Dalším důležitým předpokladem je skutečnost, zda ocelový nosník I 200 je spřažený s betonovou deskou (tuhá výztuž) nebo nespřažený a tím pádem přenáší zatížení samostatně. Z prohlídky mostu tuto skutečnost nelze ověřit, ale ani vyvrátit. Proto byl proveden porovnávací výpočet dle dobové návrhové normy. Byla v úvah vzata norma ČSN 1230 z roku 1937. Tehdy bylo pro nejnižší zatěžovací třídu určeno zatížení strojním válcem hm. 9 tun. Toto nahodilé zatížení by spolu s vlastní tíhou v konstrukci vyvozovalo nevyhovující dovolené namáhání ocelového nosníku (uvažovaného jako prostý nosník bez spolupůsobení s betonovou deskou). Tímto výpočtem bylo dokázáno, že ocelový nosník je s betonovou deskou spřažen. Dle dobové literatury jsou podobné mosty provedeny tak, že otvory ve stojce ocelového nosníku je protažena betonářská výztuž a ta je zakotvena v betonové desce. Takový průřez lze počítat jako spřažený nebo jako železobeton s tuhou výztuží.

8. Využitelný moment

rozpětí L = 7,01 m

rozteč trámů B = 0,95÷0,99 m (prům. 0,97 m)

Tíha trámů a desky

asfalt. vozovka 0,30*0,97*25 = 7,28 kN/m

ŽB deska 0,15*0,97*25 = 3,64 kN/m

ŽB trám 0,22*0,19*25 = 1,05 kN/m

ocelový trám 26,2*10/1000 = 0,262 kN/m

zábradlí 2*70*10/1000/5 = 0,28 kN/m

CELKEM q = 7,28 + 3,64 + 1,05+ 0,26 + 0,28 = 12,51 kN/m

Ohybový moment

$M_0 = 1/8*q*L^2 = 1/8*12,51*7,01^2 = 76,84$ kNm

Návrhový moment únosnosti

Vyztužený průřez tuhou vložkou I 200, fiktivní průměr d = 200 mm, krytí c = 0 mm

Výška průřezu h = 670 mm, šířka desky b = 970 mm

Parametry materiálu:

Beton C 30/37 – výpočtová pevnost v tlaku $f_{cd} = 0,85 \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,85 . \frac{30}{1,5} = \mathbf{17,0}\ \boldsymbol{MPa}$

Tuhá výztuž ř. 37 – výpočtová pevnost v tahu $f_{sd} = \frac{f_{sk}}{\gamma_s} = \frac{210}{1,15} = \mathbf{182,609}\ \boldsymbol{MPa}$

Plocha výztuže A_s = 3340 mm^2

$F_s = A_s . f_{sd} = 3340*182,609/1000 = 609,91$ kN

$F_c = b.0,8.x.f_{cd} = F_s$

z toho

$x = F_s / (b.0,8.f_{cd}) = 609,91/(0,97*0,8*17,0) = 46,23$ mm

$z = h-(c+d/2)-0,4.x = 670-(0+200/2)-0,4*46,23 = 551,51$ mm

$M_c = F_c.z = 609,91*551,51/1000 =$ **336,37** kNm

Využitelný moment

$M_{využ} = Mc - \gamma_f M_0 = 336,37-1,35*76,84 = 232,64$ kNm

9. Zatížitelnost

a) Dynamický součinitel

jeden zatěžovací pruh δ_1 = 1,25

b) Normální zatížitelnost

Tlak 2-nápravy 10 tun tj. 2x50 kN ve vzdálenosti a=1,2 m od sebe se roznese na n=5 nosníků rovnoměrně.

Náhradní rovnoměrné zatížení v = 2,5 kN/m² nahrazuje tlak přední nápravy

Ohybový moment

$M_v = B*1/8*v*L^2 = 0,97*1/8*2,5*7,01^2 = 14,9$ kNm

$M_1 = F/2/n*(L-a)/2 = 100/2/5*(7,01-1,2)/2= 29,05$ kNm

Zatížitelnost

$Vn = 4/3*10*(M_{využ}-\delta_1*\gamma_f*M_v)/(\delta_1*\gamma_f*M_1) = 4/3*10*(232,64-1,25*1,35*14,9)/(1,25*1,35*29,05) = 56,44$ t

c) Výhradní zatížitelnost

lak 6-nápravy 60 tun tj. 6x100 kN ve vzdálenosti a=1,5 m od sebe se roznese na n=5 nosníků rovnoměrně.
Ohybový moment

$M_2 = (2*F*(a+b)-F*a)/n = (2*100*(1,5+1,25)-100*1,5)/5 = 80$ kNm

nebo

$M_3 = (2,5*F*L/2-F*3*a)/n = (2,5*100*7,01/2-100*3*1,5)/5 = 85,25$ kNm

Zatížitelnost

$Vr = 60*M_{využ}/(\delta_1*\gamma_f*M_3) = 60*232,64/(1,25*1,35*85,25) = 97,03$ t

d) Výjimečná zatížitelnost

Tlak 9-nápravy 90 tun tj. 9x100 kN ve vzdálenosti a=1,5 m od sebe se roznese na n=5 nosníků rovnoměrně.

Ohybový moment stejný jako u výhradní zatížitelnosti

Zatížitelnost

$Ve= 90*M_{využ}/(\delta*\gamma_f*M_3) = 90*232,64/(1,05*1,35*85) = 173,99$ t

e) Zatížitelnost na jednu nápravu

Vaj = Vn 3/8 = 56,44*3/8 = 21,17 t

Vaj = Vr / 6 = 97,03/6 = 16,17 t

10. Závěr

Výsledné hodnoty zatížitelnosti mostu:	
Normální	56 t
Výhradní	97 t
Výjimečná	174 t
Jednou nápravou	21,2 t

Tento statický výpočet stanovil zatížitelnost mostu dle ČSN 73 6222. Most po provedené údržbě bude mít normální zatížitelnost Vn větší než 26 t a výhradní zatížitelnost Vr větší než 48 t, proto nebude nutno most opatřit dopravní značkou B13 s udáním normální zatížitelnosti ani dodatkovou tabulkou E13 s udáním hmotnosti jediného vozidla na mostě. Stejně tak požadavek na min. zatížitelnost na jednu nápravu 11,5 t j splněn.

Brno, duben 2016

Vypracoval : Ing. Knobloch Tomáš

Kontroloval: Ing. Rušar Jaromír