

ODBORNÉ POSOUZENÍ TECHNICKÉHO STAVU
LIBEŇSKÉHO MOSTU
31.08.2016

Objednatel : Ministerstvo kultury ČR
Název stavby : Libeňský most v Praze
Účel : Řízení o prohlášení souboru staveb za kulturní památku

Toto odborné posouzení bylo vypracováno na základě objednávky č. MK 50419/2016 OPP ze dne 4.8.2016 a zadání č.j. 50398/2016 OPP ze dne 4. 8. 2016. Je zaměřeno statické a funkční posouzení souboru mostních objektů "Libeňský most" na základě aktuálních znalostí výsledků provedených prohlídek, zkoušek a expertních posouzení a dále požadavků platných technických norem. Odborné posouzení navazuje na expertní posouzení vypracované Ing. Milanem Kalným za Českou betonářskou společnost dne 14.12.2004.

Přehled podkladů:

1. Dochovaná část původní projektové dokumentace
2. Mostní list
3. Protokol z Hlavní prohlídky mostu, TSK Praha
4. Studie k posouzení stavu a únosnosti, PÚDIS 1980
5. Zatížitelnost a provizorní podepření kloubu rámu K, PÚDIS 1983
6. Libeňský most, PD oprav, PÚDIS 1980,1983
7. Pražské mosty – J. Fischer, O. Fišer, Academia 1985
8. Diagnostický průzkum mostu ASR, Pontex 2000
9. Diagnostický průzkum mostu, Pontex 2001
10. Statický výpočet zatížitelnosti, Pontex 2003
11. Návrh rekonstrukce Libeňského mostu, Pragoprojekt, 2004
12. Dokumentace pro stavební povolení a zadání stavby "Rekonstrukce souboru mostních objektů ulice Libeňský most v Praze 7 a 8", Pragoprojekt, 2006
13. Diagnostika most X 656 Pontex 1992 „DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM MOSTU „U LODĚNICE“ V PRAZE 8 – LIBNNI, ev. č. 6 - 944a“
14. ROK 1995 – HLAVNÍ PROHLÍDKY – 1995 LIBEŇSKÝ MOST V-009, PONTEX Diagnostika Pontex 2001 Most V-009 přes Vltavu „LIBEŇSKÝ MOST V PRAZE - V 009 DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM“
15. C2_Komplexní zpráva „LIBEŇSKÝ MOST, PRAHA 7 A 8, Č. AKCE 999984, ŠÍŘKA 21 M, PROVEDENÍ DIAGNOSTIKY MOSTU A POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI SO 2001 – MOST PŘES VLTAVU, MONITOROVÁNÍ OBLOUKOVÝCH PASŮ, KOMPLEXNÍ ZPRÁVA“
16. Diagnostika Pontex 2010 Příloha D Doplnková diagnostika „LIBEŇSKÝ MOST, PRAHA 7 A 8, Č. AKCE 999984, ŠÍŘKA 21 M, PROVEDENÍ DIAGNOSTIKY MOSTU A POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI SO 2001 – MOST PŘES VLTAVU, DOPLŇUJÍCÍ DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM“
17. Diagnostika Pontex 2010 Příloha E Injektáže „LIBEŇSKÝ MOST, PRAHA 7 A 8, Č. AKCE 999984, ŠÍŘKA 21 M, PROVEDENÍ DIAGNOSTIKY MOSTU A POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI SO 2001 – MOST PŘES VLTAVU OVĚŘENÍ ÚČINNOSTI INJEKTÁŽÍ NA REFERENČNÍCH PLOCHÁCH“
18. Diagnostika Pontex 2010 Příloha G Závěry „LIBEŇSKÝ MOST, PRAHA 7 A 8, Č. AKCE 999984, ŠÍŘKA 21 M, PROVEDENÍ DIAGNOSTIKY MOSTU A POSOUZENÍ ÚNOSNOSTI SO 2001 – MOST PŘES VLTAVU, Závěry statického posouzení a diagnostického průzkumu“

19. Posouzení stavu soumostí I. etapa 05 2013 „Libeňský most přes Vltavu v Praze, Posouzení stavu pro Libeňské soumostí 1. etapa prací“
20. Posouzení stavu soumostí II. etapa a závěrečná zpráva 05 2013 „POSOUZENÍ STAVU MOSTŮ LIBEŇSKÉHO SOUMOSTÍ 2. ETAPA, ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA“
21. Mimořádné prohlídky mostů Pontex 05 2013 (posouzeno a zhodnoceno v [19])
 - a. MPM_V-009 „Most V - 009 Libeňský (obj. č. 6 - 995)“
 - b. MPM_X-652 „Most X - 652 U Libeň. přístavu (obj.č. 6 - 994d)“
 - c. MPM_X-653 „Most X - 653 U Autodružstva (Libeň. most) (obj.č. 6 - 994c)“
 - d. MPM_X-654 „Most X - 654 U Bazaru (Libeň. most) (obj. č. 6 - 994b)“
 - e. MPM_X-655 „Most X - 655 Voctářova (Libeň. most) (obj. č. 6 - 994)“
 - f. MPM_X-656 „Most X - 656 U Loděnice (Libeň. most) (obj. č. 6 - 994a)“
22. Expertní zpráva: LIBEŇSKÝ MOST, PRAHA 7 a 8, Č.A. 999 984, Analýza a posouzení stavu soumostí a možností oprav či výstavby nového mostu na základě předložených diagnostických prohlídek a projektové dokumentace, Kloknerův ústav ČVUT, 2015
23. Expertní zpráva: LIBEŇSKÝ MOST, PRAHA 7 a 8, Inundační most X-656 – klenba KL 6 a přilehlé rámové konstrukce, Kloknerův ústav ČVUT, 2016
24. „Studie posouzení účinku rekonstrukce Libeňského mostu na odtokové poměry za povodní“, DHI a.s., 2016

Popis konstrukcí

Most se nachází na hranici Prahy 7 - Holešovice a Prahy 8 -Libeň. Převádí městskou komunikaci Dělnická přes Vltavu, obslužné komunikace a prostory Českých přístavů a.s. a koleje vlečky ČD. Šířka komunikace na mostě je 14,5 m (jízdni pruhy + tramvajová trať), oboustranné chodníky mají šíři 3.25 m. Kryt vozovky je tvořen asfaltovým betonem, chodníky mají povrch z LA, tramvajové těleso je z BKV panelů.

Přemostění bylo dokončeno v roce 1928. Jde o účelovou a úspornou dopravní stavbu, odpovídající tehdejšími standardům. Ačkoli nosné konstrukce dalších mostů ze stejné doby se navrhovaly ze železobetonu, pro nosné klenby Libeňského mostu byl navržen nevyztužený prostý beton. Na přípravě a realizaci se podíleli významní inženýři a architekti Ing. Mencl, Ing. Dr. Dašek, Arch. Janák. Realizaci zajistili mj. firmy Ing. Hlava a Dr. Kratochvíl, dokončení Ing. Dr. Skorkovský. Původně jednotné tvarování viditelných částí mostu ve stylu kubismu (klenby, pilíře, parapetní zdi, zábradlí, schodiště) bylo značně narušeno pozdějšími úpravami, dodatečně přidanými konstrukcemi a opravami. Inženýrské konstrukce odpovídají běžnému stavu navrhování v době stavby mostu a na současném stavu se částečně podepsala i snaha o maximálně úsporný původní návrh pro výstavbu mostu, někdy i za cenu snížené kvality materiálů. Během provozu mostu byla zajištěna v našich podmínkách obvyklá předepsaná údržba, která zejména po vydání územního rozhodnutí a stavebního povolení na nový most dále pokračovala se snahou nevynakládat neúčelně finanční prostředky na menší opravy před chystanou velkou opravou rozšířeného soumostí. Některé části mostních konstrukcí jsou na konci své fyzické životnosti a vzhledem k degradaci materiálů a navrženým konstrukčním detailům prakticky nelze provést zesílení konstrukcí na zatížitelnost požadovanou dnes platnými ČSN a technickými předpisy. Stav nosných prvků je velmi špatný a místy se blíží havarijnímu stavu s dopadem na bezpečnost dopravy a veřejnost pod mostem. Stav mostu byl dále zhoršen povodněmi, zejména mimořádnou povodní v roce 2002.

Členění objektu (dle [6]):

část A	2 pole rámové roštové konstrukce s převislým koncem upraveným pro uložení navazující části I-VI, rozpětí 5.86 + 8.00 + 1.91 m, šikmost je 90 °. Za opěrou 1 je provedeno rozšíření pro křižovatku.
--------	--

část I-VI	1 pole rámové roštové konstrukce se dvěma převislými konci uloženými na kloubech sousedních částí rozpětí 8.54 + 14.62 + 8.54 m (vzhledem k měnící se šikmosti je rozpětí trámů proměnné, střední šikmost je cca 80 °.
část D	3 pole rámové roštové konstrukce s převislým koncem upraveným pro uložení části I-VI, konstrukce je uložena na masivní základové patce klenbového pole rozpětí 1.91 + 7.21 + 5.10 + 3.69 m. Konstrukce je rozdělena podélnými dilatačními spárami na 3 samostatné části, šikmost je cca 71 °. Krajní části tvoří konstrukce schodišť.
část KL 1-5	5 polí, trojkloubové klenbové pole z prostého betonu rozpětí 28.0 + 38.5 + 42.8 + 42.8 + 38.5 m, šikmost je cca 71 °.
část B	3 pole rámové roštové konstrukce uložené na masivní základové patce klenbového pole rozpětí 4.10 + 5.70 + 6.50 m. Konstrukce je rozdělena podélnými dilatačními spárami na 3 samostatné části, šikmost je cca 71 °. Krajní části tvoří konstrukce schodišť.
část C	1 pole rámové roštové konstrukce navazující na část B rozpětí 13.7 m. Konstrukce je rozdělena podélnými dilatačními spárami na 3 samostatné části, šikmost je cca 71 °.
část E-F	2 pole spojitě rámové roštové konstrukce rozpětí 2x 13.2 m s vnitřní kyvnou stojkou, šikmost je 90 °.
část G	1 pole, přesypaná železobetonová klenba o rozpětí cca 6.2 m, šikmost je 90°.
část H	1 pole rámové roštové konstrukce rozpětí cca 13.4 m, šikmost je 90 °.
část K	4 pole rámové roštové konstrukce, část K1 tvoří 3 pole o rozpětí 11.68+6.65+6.35 m s převislým koncem upraveným pro uložení navazující klenbovém objektu KL6, šikmost je cca 82 °.
část KL 6	1 pole, trojkloubové klenbová konstrukce z prostého betonu rozpětí cca 45.2 m, šikmost je cca 82 °.
část L	2 pole rámové roštové konstrukce s převislým koncem upraveným pro uložení
část M-N	2 pole rámové roštové konstrukce, uložení převislé části M je na kloubech sousední části L, rozpětí 13.45 + 12.90 m , šikmost je cca 82 °.
část O	1 pole 19.5 m, typové nosníky I.

Rámové rošty:

Nosnou konstrukci tvoří monolitické rošty s trámy monoliticky spojenými se sloupy pilířů a betonovaných vcelku s deskou mostovky. V místě styku sloupů a trámů jsou provedeny mohutné náběhy. Rošty jsou zpravidla vyztuženy kromě podporových příčníků též mezipodporovými příčnými v poli (počet je různý podle délky pole).

Počet trámů v příčném řezu je různý - od 6 ks á 3,7 m v části A až po 10 ks á 2,15 m trámů v části C. Výška trámů je od 0,6 m do cca 1,0 m. Deska mostovky má dle PD tloušťky od 0,22 do 0,24 m.

Založení konstrukcí je plošné, na betonové odstupňované základové patky.

Klenbové části:

Nosnou konstrukci oblouků tvoří monolitické betonové segmenty z prostého betonu s vloženými železobetonovými klouby.

Klenbové konstrukce jsou v příčném řezu dělené na 4 segmenty o šířce 4,85 m. Tloušťka segmentů je proměnná - cca 0,9 – 1,1 m. Klenby je řešeny jako tříkloubové oblouky, 2 klouby jsou umístěny vždy na zárodcích cca 3 m od líce pilířů, 1 kloub je ve vrcholu. Před patními klouby je na horním líci provedena zídka, která zabraňuje zatékání do kloubu a zároveň usměrňuje vodu do odvodňovače umístěného před zídkou.

Založení je plošné, betonové odstupňované základové patky tvořící spolu s dříky pilířů rámových konstrukcí a se zárodky klenby jeden celek.

Popis stavu objektu:

Podrobný popis stavu objektu je popsán v podkladech [3], [8], [9] a [21].

Hlavní závadou mostu je zatékání do konstrukce roštů i kleneb.

Na klenbových konstrukcích dochází vlivem zatékání k postupnému vymývání a rozkladu cementové matrice betonu. Tento jev je ještě výrazně umocněn nerovnoměrnou kvalitou míry ztuhnutí betonu. Dalším aspektem podporující postupné narušování konstrukce je působení mrazu. Pevnost betonu oblouků v tlaku je pouze C 16/20 (lokálně i nižší), modul pružnosti 22 GPa. Průměrná nasákavost je 3,80%. Při zkouškách na mrazuvzdornost nastává úplný rozpad většiny vzorků. Zkoušky injektovatelnosti betonu oblouků prokázaly, že není reálné dosáhnout zlepšení parametrů stávajícího betonu (zvýšení pevnosti a odolnosti proti mrazu).

Na roštových konstrukcích je v místech zatékání beton hloubkově zdegradovaný, místy je odpadlá krycí vrstva výztuže a obnažená výztuž koroduje. V rámci diagnostického průzkumu bylo prokázáno i kontaminace ionty Cl.

Beton konstrukcí schodišť je vlivem silného zatékání silně degradovaný, obnažená výztuž koroduje s výrazným oslabením, místy je již výztuž zcela přezlá.

Posouzení zatížitelnosti

Posouzení bylo provedeno podrobným statickým výpočtem a je doloženo v [10] a [18]. Pro dále uvedené výsledky je nutné zohlednit stavební stav, skutečná zatížitelnost je proto nižší.

Statický výpočet vychází zejména ze zachované části původní dokumentace. Při vlastním výpočtu bylo zohledněno prostorové chování konstrukce, příznivější roštový roznos zatížení, než jaký byl uvažován v původním výpočtu. Pro normální zatížitelnost v kombinaci se zatížením tramvajovým provozem je ovšem únosnost konstrukce nedostatečná. Zásadní příčinou je nízké zatížení, na které byla konstrukce navržena a výrazný nárůst zatížení tramvajovým provozem ve smyslu platné ČSN 73 6203 s poměrně vysokým dynamickým součinitelem. V praxi to znamená, že únosnost nosné konstrukce je od stálého zatížení a zatížení tramvajovými vozidly z většiny, popř. zcela vyčerpána a nezbyvá dostatečná únosnost konstrukce pro zatížení silničními vozidly. Na tuto skutečnost bylo již upozorněno i ve statickém přepočtu z r. 1980 – v tehdejší době ovšem nebyla ČSN 73 6203 platná a proto bylo v tehdejším přepočtu uvažováno původní nižší zatížení.

Zatížitelnost a únosnost mostu byly stanoveny v r. 2002 na zjednodušeném i prostorovém modelu. Bylo zjištěno, že most nevyhovuje na zatížení tramvají dle tehdy platných předpisů. Uvažovány byly proto skutečné tramvaje v předepsaném režimu (podélné odstupy, na jedné nosné konstrukci se nesmějí potkat 2 tramvaje) a stanovena zbytková zatížitelnost pro vozidla. V r. 2010 byla provedena zatěžovací zkouška vč. řady doplňujících měření pro ověření chování mostu. Z výsledků vyplynulo, že 4 klenbové pásy v příčném směru působí prakticky samostatně, a zatížitelnost byla upravena.

Zatížitelnost rámové konstrukce:

Únosnost rozhodujících průřezů je zcela vyčerpána účinky stálého zatížení a zatížením tramvajovým provozem, další zatížení silničními vozidly není přípustné.

Zatížitelnost klenbové konstrukce:

Normová zatížitelnost vozidly při současném provozu tramvají je maximálně 6 t.

S ohledem na výsledky výpočtu je zřejmé, že konstrukce nevyhovuje pro zatížení dle ČSN 73 6203 pro zatěžovací třídu A ani B a vzhledem k typu konstrukce a stavu narušení je zřejmé, že ani rozsáhlou opravou nebude možno těchto hodnot zatížitelnosti dosáhnout. Mostní konstrukce je navržena poměrně rovnoměrně, ovšem na zatěžovací schéma platné v době návrhu, tj. cca před 88 lety.

Případné zesílení by znamenalo zesilovat naprostou většinu průřezů, což je zcela neproveditelné a ekonomicky mimořádně nákladné. V podstatě by se jednalo o repliky konstrukcí z materiálů vyšší pevnosti a řádně vyztužených.

ZÁVĚR

Rámové konstrukce:

Ze zjištěných hodnot zatížitelnosti je zřejmé, že rámové konstrukce jsou z hlediska únosnosti navrženy poměrně rovnoměrně ve všech svých průřezech. Zjištěné hodnoty zatížitelnosti odpovídají stáří konstrukce s ohledem na tehdy platné zatěžovací předpisy.

Ze způsobu provedení návrhu a zejména vyztužení je zřejmé, že na projektu spolupracovalo více projektantů. Jednotlivé konstrukce jsou odlišné nejen co do počtu trámů, ale liší se i konstrukčním provedením – např. některé jsou podélně rozděleny dilatačními spárami na samostatné celky. Rozdílné jsou i používané průměry výztuže a styl vyztužování.

Z hlediska zatížitelnosti budou rozhodující rámy typy A – I-VI – D, B – C, K – N, tj. objekty které přímo navazují na klenbová pole. Rámy samostatných mostních objektů E – F a H byly navrženy s větší rezervou a vykazují mírně vyšší hodnoty zatížitelnosti.

Klenbové konstrukce:

Klenbové konstrukce vykazují o něco vyšší zatížitelnosti než rámové konstrukce. Konstrukce jsou navrženy rovnoměrně – jistý negativní vliv sehrává uložení rámových roštových konstrukcí za kloubem kleneb. Z výpočtů je zřejmé, že u těchto oblouků s malým vzepětím má velký vliv tvar střednice a způsob zatěžování. Při případné opravě nebo demolici je nutné zohlednit všechny možné nepříznivé vlivy výstavy, např. nerovnoměrné zatížení při odtěžování nadnáspy apod.

Podmínky pro opravu:

Most je funkční dopravní stavba a musí splňovat normami předepsané požadavky. V provozu i při výstavbě nesní dojít k nepřiměřenému riziku havárie s a ohrožení veřejnosti.

Při stávajícím prostorovém uspořádání nelze ani po rekonstrukci mostu uvažovat se zatížitelností vyhovující zatěžovací třídě „B“ dle ČSN 73 6203.

Návrhem opravy již nelze dosáhnout dostatečného zvýšení zbytkové životnosti mostu. Statickým výpočtem bylo prokázáno, že i po opravě by bylo nutno zachovat stávající omezení dopravy a výhledově i uzavřít most pro tramvajovou dopravu.

Jedinou smysluplnou formou opravy je kompletní replika nosných konstrukcí provedených ze současných materiálů a řádně vyztužených.

Na základě výše uvedeného je nutno jasně deklarovat následující:

- 1) Most má nedostatečnou únosnost, nevyhovuje na zatížení provozem tramvají dle normy, limit pro silniční vozidla byl snížen na 6 t.
- 2) Stáří mostu je 88 let a jeho životnost a spolehlivost jsou prakticky vyčerpány,
- 3) Zbytková životnost betonů je velice nízká, nelze ji jednoznačně stanovit, materiál naprosto nevyhovuje požadavkům platných ČSN a EN pro mostní konstrukce.
- 4) Současný provoz na mostě je i přes dopravní omezení vysokým rizikem pro správce mostu, který ponese odpovědnost v případě havárie.
- 5) Protože se jedná o konstrukci z prostého betonu, může k havárii dojít náhle v důsledku křehkého lomu a kolaps mostu nemusí být predikován žádnými indiciemi (nadměrné deformace, trhliny a další).
- 6) Most omezuje tramvajovou dopravu nejen na mostě, ale i v navazujících úsecích,
- 7) Pouhá sanace stávajících oblouků neřeší základní problémy konstrukce ani z hlediska životnosti, ani z hlediska únosnosti, sanace. Sanace by znamenala pouze krátkodobé vizuální "vylepšení" vzhledu, je finančně nákladná, staticky nic neřeší.
- 8) Opravu mostu lze realizovat pouze výměnou hlavních nosných prvků, je nutno použít jiné materiály a detaily podle současných předpisů, vnější vzhled a původní tvarosloví lze zachovat, ale šlo by většinou o repliku. Pro dynamicky namáhané mostní konstrukce (tramvajový provoz) se v současnosti nesmí navrhovat nosné konstrukce z prostého betonu.
- 9) Lze předpokládat, že náklady na rekonstrukci mostu, při které by došlo k replikám původních nosných konstrukcí s obnovou původního tvarosloví, by byly srovnatelné se snesením nosných konstrukcí a výměnou kleneb s rozšířeným prostorovým uspořádáním. Pilíře lze opravit a ponechat i pro rozšířený most.
- 10) Most je v havarijním stavu již řadu let a rekonstrukci již nelze odkládat. Nedělat nic a odkládat rozhodnutí je ta nejhorší varianta, lze očekávat uzavření mostu pro tramvajovou dopravu.

Poznámka:

- 1) *Toto posouzení se vůbec nezabývá otázkou dopravního využití mostu, tj. zda má most být široký 21 či 26 m, či zda je zvolené technické řešení rekonstrukce mostu přes Vltavu, na které bylo vydáno stavební povolení, optimální či nikoliv.*
- 2) *Dále neřeší otázku zvýšené hladiny Vltavy v oblasti Karlína a Starého Města při mimořádné povodni, pokud by se nezajistil zvýšený průtok Vltavy pod inundačním mostem v souladu s postupně realizovaným protipovodňovým opatřením v Praze [24].*

V Praze dne 31.8.2016




Ing. Milan Kalný
Autorizovaný inženýr
pro mosty a inženýrské konstrukce