

Kontaktujte nás

Ing. Jiří Chalabala

jednatel

+420 602 531 526

chalabala@peem.cz

Čajkovského 35, Brno, 61600, Česká republika

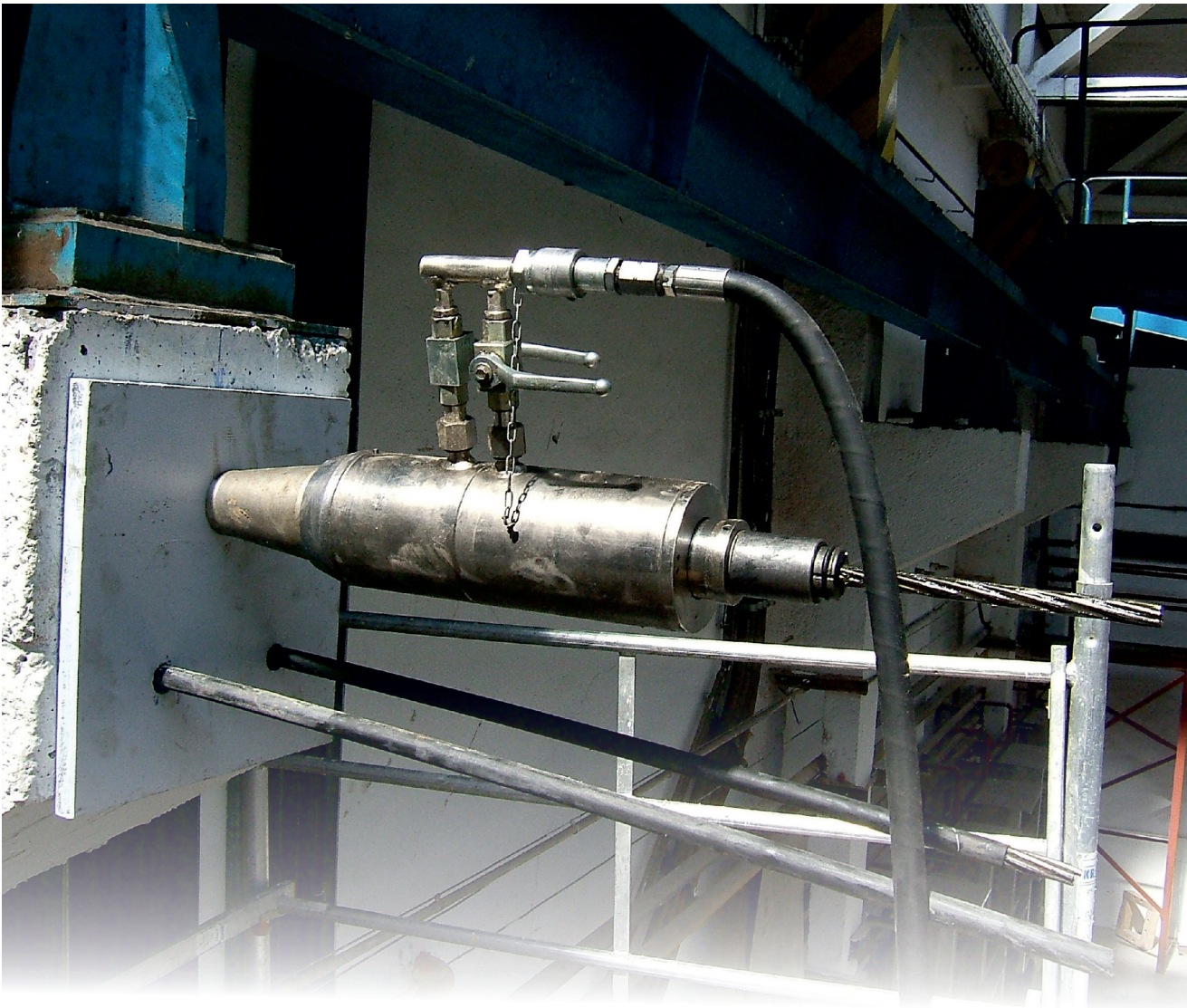
+420 549 249 068

www.peem.cz



Od záměru po realizaci

Od záměru po realizaci
SPECIÁLNÍ STATIKA



Obsah

1. Kdo jsme a co děláme	3
2. Předpínání konstrukcí	4
3. Způsoby řešení jednotlivých konstrukčních prvků	6
4. Případy aplikací	11
5. Jak to děláme	35
6. Kontakty	37

1. Kdo jsme a co děláme

Naše společnost **PEEM, spol. s r. o.**, vznikla v roce 1992, původně jako sdružení projektantů. V březnu 1993 se stala právnickou osobou, tento statut trvá doposud. Původní název firmy PEM (projekty, engineering, management) byl změněn v červenci 2002 na PEEM. Důvodem byl stejný název rakouské firmy, který byl již dříve zaregistrován v Evropském registru názvů.

Od svého založení jsme se řadu let věnovali téměř výhradně projektování, a to pro výrobu stavebních hmot, cementárny, vápenky, ale také pro další těžké průmyslové provozy (slévárny, energetiku) a navazovali tak na svoji předchozí praxi v Keramoprojektu Brno. Ve svých projektech jsme se vždy snažili nalézt nová, netradiční a neotřelá řešení, která by znamenala posun kupředu.

Rok 2006 se pro naši společnost stal přelomovým momentem. Na základě požadavku trhu na komplexní službu jsme naše dosavadní poslání úplně změnili a přizpůsobili organizaci a chod společnosti tomu, aby plně korespondovala s novým mottem "**Od záměru k realizaci**". Proto jsme k projekci přidali i realizaci, kdy jsme na její podporu zařídili výrobní halu a sestavili tým pracovníků, kteří přeměňují projektovou dokumentaci ve výrobě a u zákazníka na hmotnou skutečnost. Tím poskytujeme zákazníkovi komplexní službu na klíč. Každý nový problém je pro nás výzvou k nalezení co nejlepšího řešení. Vždy nabízíme ucelenou službu od posouzení investičního záměru, přes jednotlivé stupně projektové dokumentace, dodávky, realizace, montáž až po uvedení do provozu.

Tradičně působíme na projektech modernizace nebo oprav v těžkém průmyslu, máme i strojní zakázkovou výrobu. Avšak stále častěji se věnujeme aplikacím speciálních statických prací, což představuje zejména efektivní zesilování stávajících betonových a ocelových, ale i zděných nebo kamenných konstrukcí pomocí dodatečně vneseného předepnutí pomocí ocelových lan z ušlechtilých ocelí. Zde je nám velkou oporou spolupráce s Fakultou stavební, VUT Brno, Ústavem betonových a zděných konstrukcí, jmenovitě pak s doc. Ing. Ladislavem Klusáčkem, CSc.

Náš první katalog, věnovaný této problematice jsme vydali v roce 2009. Od té doby jsme urazili velký kus cesty, našli nová užití této metody, realizovali řadu nových případů. Proto jsme se rozhodli katalog statických prací přepracovat, doplnit a vydat znovu. Azde Vám jej předkládáme.

V Brně dne 08.01.2016

Ing. Jiří Chalabala

majitel společnosti a jednatel

2. Předpínání konstrukcí

Předpjatý beton je stavební technologie, která řeší problém nízké pevnosti betonu v tahu.

Vlastností betonu jako konstrukčního materiálu je poměrně vysoká pevnost – odolnost v tlaku. Zato odolnost v prostém tahu, resp. v tahu za ohybu je výrazně nižší. Tuto nevýhodu lze eliminovat nebo až odstranit pomocí předepnutí.

Podstata předpjatého betonu vychází z teorie železového betonu, kdy ocelová výztuž přenáší tahová a beton tlaková napětí, která jsou výsledkem působení vnějšího zatížení. Zatímco působení výztuže v klasickém železobetonovém průřezu je pasivní a navržená výztuž jen vzdoruje tahům, které byly vyvolány vnějším zatížením, u předpjatého betonu spočívá výhoda v možnosti aktivně změnit rozdělení vnitřních sil po délce prvku.

Předepnutí se realizuje pomocí vložení a napnutí ocelové, případně uhlíkové výztuže. Do stavební konstrukce tak zavádíme zcela nový zatěžovací stav, jímž nahrazujeme účinky předpětí vnějším ekvivalentním zatížením. Díky tomuto řešení v součtu napětí od všech zatěžovacích stavů v zatížené konstrukci nevzniká významný tah, ale jen menší či větší tlak.

Předpjatý beton se pak dělí na dvě skupiny a to :

- předem předpjatý – předepnutí se vnáší před zatuhnutím a zatvrdnutím, kotví se soudržností, soudržnost je podmínkou realizace
- **dodatečně předpjatý – předpětí se realizuje na stávající konstrukční prvek dodatečně a kotví se pomocí kotevního zařízení**

Naše společnost, PEEM, spol. s r.o. pracuje s návrhy a realizací dodatečného předpětí.

Dodatečné předpínání konstrukcí (v angličtině post-tensioning) má více než šedesátiletou tradici, ale přesto stále ještě není zcela úplně běžnou metodou, zejména pro některé aplikace. V každém případě však přináší celou řadu uživatelských výhod. Předpínání umožňuje zvýšit únosnost stavebních konstrukcí, zachovat, prodloužit, obnovit jejich životnost a tím i jejich funkci, a to také u porušených stavebních objektů. Předpínání má své místo i u navrhování nových konstrukcí, kdy se tak výrazně ovlivní nejen architektura stavby, ale z hlediska poměru hmotnosti a ceny vůči únosnosti konstrukce i její užitná hodnota. Tím, že lze pomocí předpínání sanovat staré konstrukce a výrazně vylehčit nové, je možné velmi významně snížit investiční náklady. Dalším benefitem je úspora spousty neobnovitelných zdrojů jako příspěvek ke zlepšení životního prostředí, zejména ke snížení emisí skleníkových plynů.

Úprava vnitřní napjatosti, resp. silových poměrů v již existující konstrukci je – kromě změny statického schématu – možná pouze zavedením nové silové soustavy. A právě dodatečné předpětí je tím elegantním a efektivním způsobem, jak tohoto dosáhnout. **Základním principem metody je, že pomocí vhodně trasovaného předpínacího lana můžeme zatížení (napjatost) přenést z jednoho místa konstrukce do jiného vhodnějšího. Vnesením tlakového napětí se tak sníží nebo eliminuje nepříznivé napětí v tahu, které vzniká při zatížení konstrukce.**

Postupy předpínání je možno nekonečně modifikovat, neboť ohebné lano umožňuje trasování podle potřeb a možností konstrukce. Kromě zesilování konstrukcí lze odstraňovat části betonových konstrukcí a tyto nahradit podporou z prostorově vedeného lana. Například lze zvyšovat užitný rozpon konstrukcí vynecháním sloupů a jejich nahrazením lanovým systémem.

Předpínací výztuž může být vedena po povrchu zpevňovaného prvku, ale mimo průmysl je samozřejmou snahou veškerá lana zabudovat - skryt do vlastní konstrukce, aby nerušila interiér nebo fasádu objektu.

V dalším textu se nejprve podíváme, jakým způsobem řešit jednotlivé konstrukční prvky a poté se budeme podrobně věnovat četným možnostem aplikace dodatečného předpětí.



3. Způsoby řešení jednotlivých konstrukčních prvků

Předpínání konstrukcí má širokou oblast využití, jednotlivé příklady budou popisovány dále. Nejčastější použití je však u železobetonových konstrukčních skeletových systémů, kde se jeho využití k rekonstrukcím a zesilování přímo nabízí. U těchto systémů se v zásadě opakují tyto konstrukční prvky:

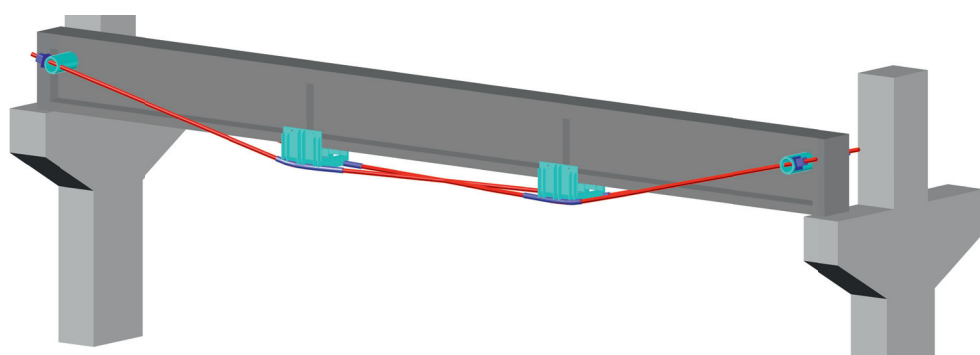
- průvlak / plnostěnný vazník
- příhradový vazník
- konzola
- sloup
- základ železobetonového sloupu

V následujícím textu si přiblížíme jejich zesílení pomocí vnesení dodatečného předpětí.

3.1. Železobetonový průvlak, plnostěnný vazník

V obou případech se jedná o podélné konstrukční prvky, tím jsou si hodně podobné a přestože mají v systému konstrukce každý svoje specifické uplatnění, jejich řešení zesílení bude shodné.

Řešení zesílení průvlaku nachází uplatnění u rekonstrukcí průmyslových monolitických hal při únosnosti jeřábové dráhy, což bývá poměrně častým požadavkem. Ta je limitována nosností více prvků, železobetonového průvlaku a železobetonového sloupu, resp. konzoly. Zesílení plnostěnného vazníku nachází uplatnění při zesílení střešní konstrukce.



Řešení zesílení vazníku/průvlaku předepnutím

Únosnost železobetonového průvlaku nebo plnostěnného vazníku zvýšíme povrchovým vedením předpínacího lana. Ve svých třetinách je pak nosník podepřen ocelovým deviátorem, přes který se dodatečně předepnuté lano vede. Tím se stane nosník únosnější až o 200 % a je také prodloužena jeho životnost.

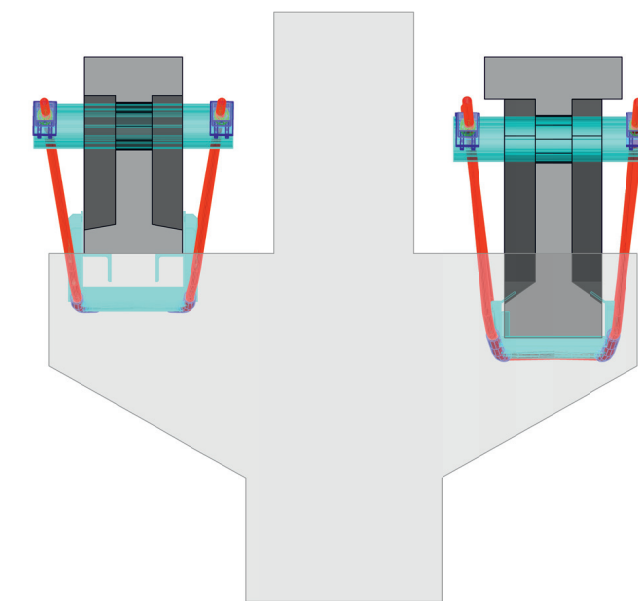
3.2. Příhradový vazník

Často využívaným prvkem halových systémů budovaných ve 20. století je mimo jiné železobetonový příhradový vazník. Jedná se o konstrukci sestávající ze spodního pásu, horního pásu, diagonál a svislic. V tehdejší ČSSR byla masivním zaváděním prefabrikace vyvinuta celá řada těchto konstrukcí. Vazníky byly navrhovány pro několik rozpětí halových komplexů. S tím souvisí i možné členění na jednotlivé montážní segmenty. Zvláště u vazníků větších rozpětí byla vyvinuta spínaná konstrukce z několika částí, kdy na stavbu byly dovezeny zvlášť jednotlivé segmenty a teprve zde došlo k jejich zkompletování sesazením jednotlivých dílů k sobě a dodatečným předepnutím. Rozdíly je ale možné nalézt i v samotném provedení horního pásu vazníku. Vyráběly se vazníky sedlové (se zalomeným horním pásem) ale také pultové (s horním pásem přímým). Odlišné bývá i členění diagonál a svislic.

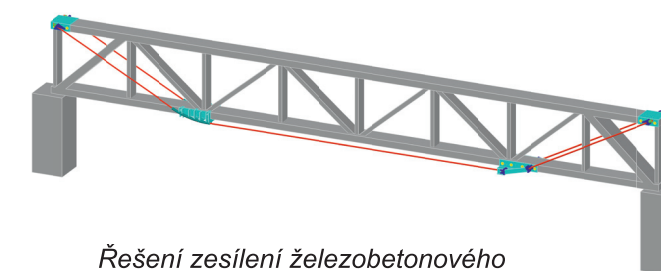
S rostoucími požadavky na zatížení těchto prvků, ať už v souvislosti s dodatečně montovaným technologickým zařízením na střechy hal (vzduchotechnické jednotky, klimatizační jednotky apod.) nebo s potřebou dodatečně zavěsit na vazníky manipulační prvky, např. jeřábovou dráhu, se často setkáváme s tím, že tyto prvky nejsou schopny tato přídatná zatížení přenést.

Jedním z nejslabších míst bývá spodní pás vazníku, kdy dodatečným zatížením dochází k odčerpání tlakové rezervy ve spárách mezi segmenty, ze kterých jsou tyto vazníky sestaveny. Aby nemuselo dojít ke kompletní výměně střešní nosné konstrukce, nabízí se možnost zesílení formou dodatečného předpětí. Nejjednodušším způsobem, jak zesílit pouze spodní pás vazníku jsou přímá lana vedená podél střednice spodního pásu. Při vhodném návrhu předpínací síly je pak možné zvýšit užžitnou kapacitu únosnosti vazníku dle požadavků zákazníka.

Alternativní možností zesílení je trasování předpínacích jednotek afinně vůči průběhu ohybových momentů od stálých respektive proměnných složek běžného zatížení. Tím dojde k podobnému efektu, jako v případě klasických plnostěnných prvků. Možností jak správně a efektivně navrhnout zesílení těchto prvků je celá řada a vždy záleží na konkrétních představách provozovatele hal o jejím budoucím využití



Zesílení vazníku/průvlaku předepnutím v řezu



Řešení zesílení železobetonového příhradového vazníku předepnutím

3.3. Konzola železobetonového sloupu

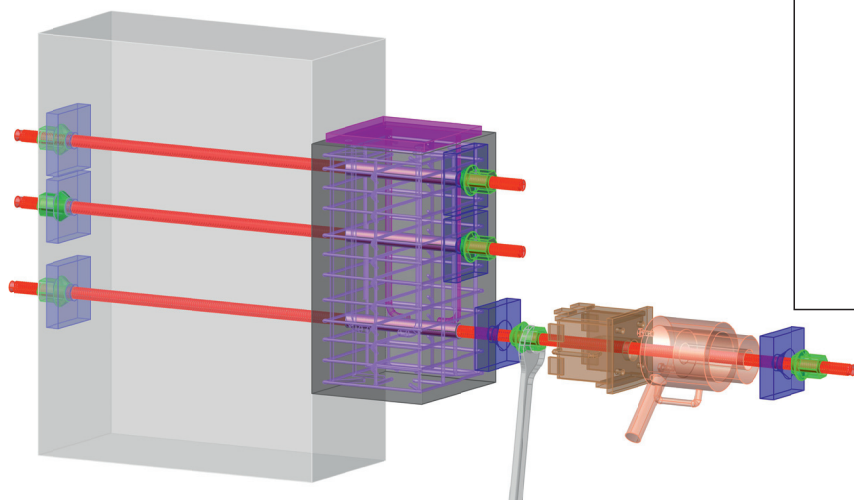
Krátká železobetonová konzola je extrémně namáhaný konstrukční prvek, který přenáší poměrně velkou vertikální sílu, působící na malém rameni dále do dřívku sloupu. Pro únosnost krátkých železobetonových konzol je rozhodující únosnost pomyslného horizontálního táhla, nacházejícího se pod horním povrchem konzoly. Odčerpáním části tahového namáhání v táhle pomocí nově navržené rovnovážné soustavy sil lze docílit výrazného zvýšení únosnosti konzoly jako celku, oddálení vzniku trhlin a tím zvýšení životnosti konstrukce.

Konstrukční řešení běžně používané naší společností vychází z vytvoření náhradních kabelových kanálků, zhotovených dodatečně vyvrtáním diamantovou technologií, do kterých jsou následně osazena lana k předepnutí. Většinou využívá tři krátkých lan vedených náhradními předvrtanými kanálky horizontálně v betonu konzol. Horní lana jsou soustředěna do jednoho kanálku. V některých případech je vhodné a praktické předpínat pouze jedním kabelem ze svislé plochy konzoly. Konkrétní návrh předpětí je dán geometrickým uspořádáním dané konzoly, množstvím a druhem betonářské výztuže, pevnostní třídou betonu.

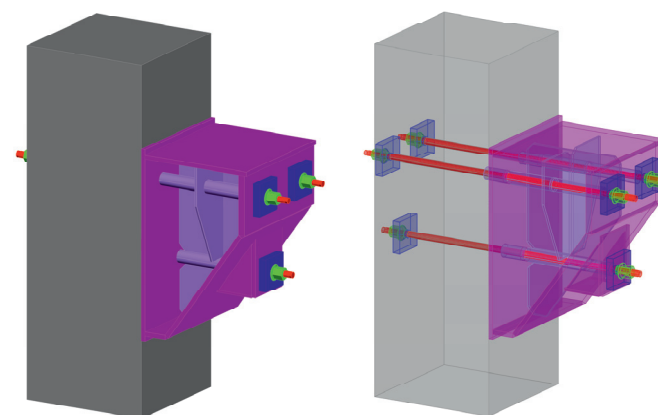
Příčné sepnutí konzoly buď zcela nebo částečně vyloučí vznik tahových sil a zvýší nosnost konzoly až o 500% při současném prodloužení její životnosti. Způsob napnutí krátkého lana je technické know-how firmy PEEM.

Naše společnost je držitelem Evropského patentu na „Zesílení železobetonové konzoly pomocí dodatečného předpětí“.

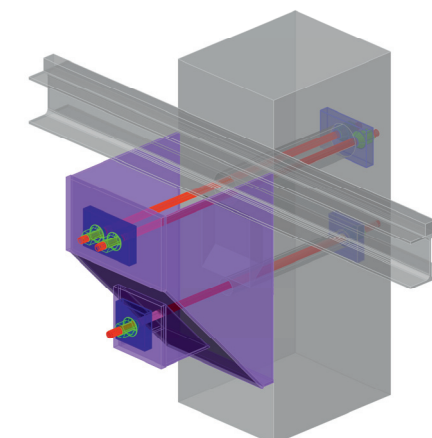
Řešení zesílení železobetonové konzoly předepnutím pomocí lana



8 Nová železobetonová konzola připnutá pomocí předepínacích tyčí



Nová ocelová konzola připnutá pomocí předpínacích tyčí

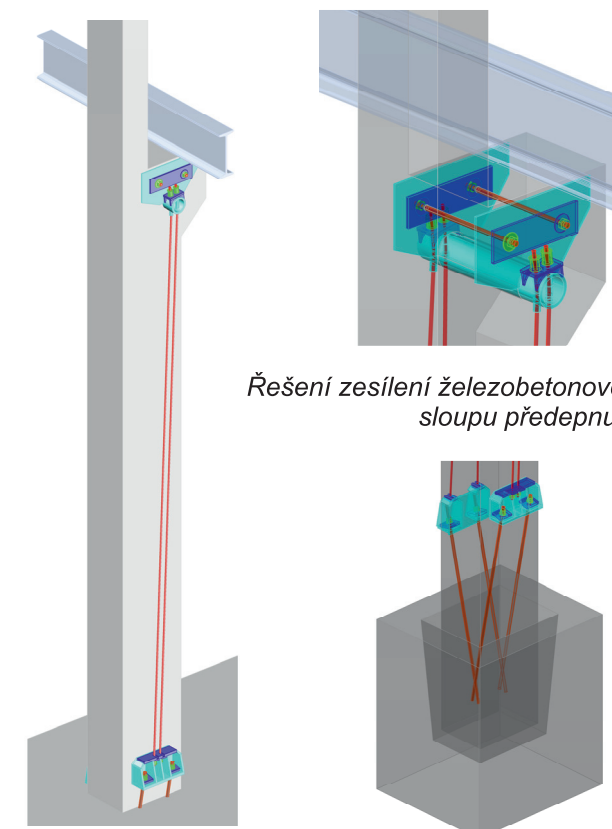


Nová ocelová-betonová konzola připnutá pomocí předepínacích tyčí

3.4. Železobetonový sloup

Zejména u halových konstrukcí, osazených mostovými jeřáby je železobetonový sloup namáhán velkými vodorovnými silami vyvolanými např. přícením a brzděním jeřábu. Tento silový účinek vyvolává mimo jiné velké ohybové namáhání v patě sloupu. Při určitých návrhových situacích bývá průřez sloupu namáhán na jedné straně tlakem, na druhé tahem, který betonový sloup není schopen přenést. Vnesením nové svislé tlakové síly do sloupu dojde k vyloučení nepříznivého tahového namáhání, takže kritický průřez je trvale tlačěn po celé své výšce. Z hlediska statického posouzení se jedná o vhodnou konfiguraci osově normálové síly vzhledem k dané velikosti ohybového momentu. Výsledkem je umístění zatěžovacího bodu N+M uvnitř interakčního diagramu, které signalizuje, že daný průřez vyhoví.

Vnesením tlakové síly do stávajícího málo zatíženého, ale ohýbaného sloupu dojde k výraznému zvýšení jeho nosnosti až o 200 %. Přitom nedojde k přetížení základů.



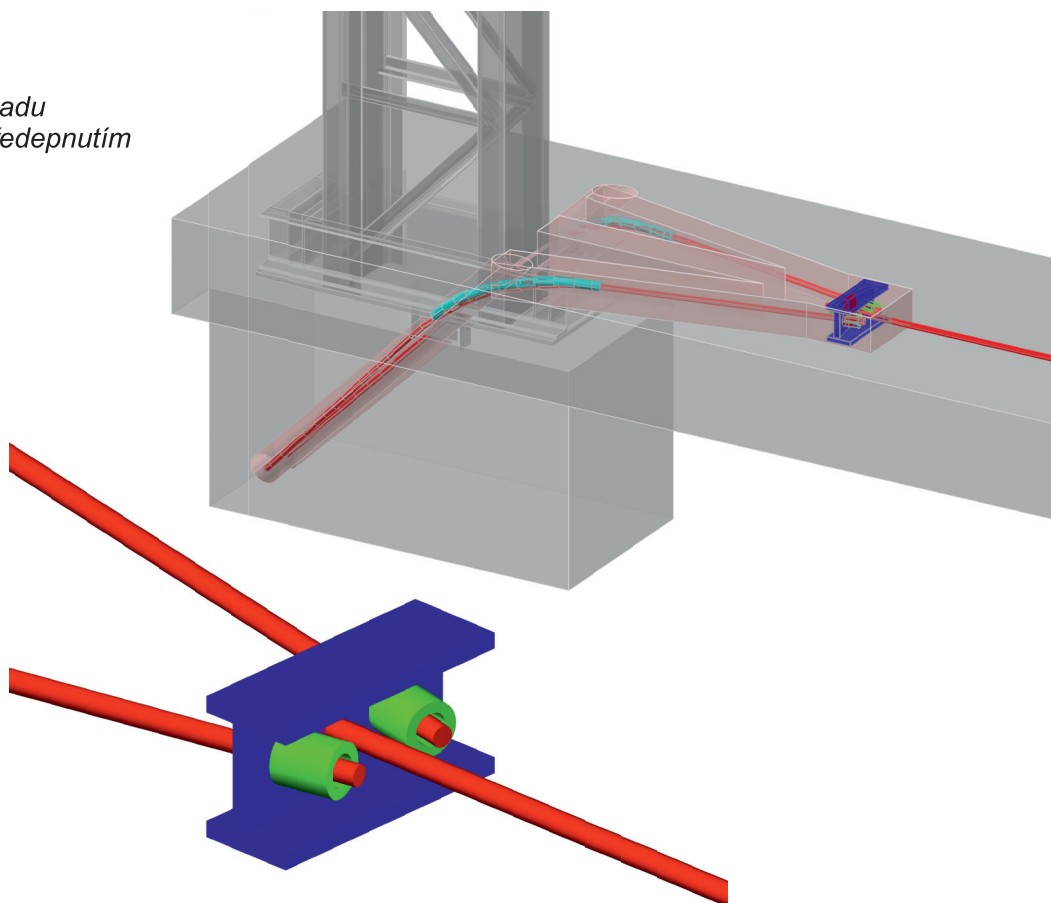
Řešení zesílení železobetonového sloupu předepnutím

3.5. Základ sloupu

Jak posílit průvlak/vazník, sloup a konzolu jsme již ukázali. Základ sloupu se většinou zesilovat nemusí. Vyskytly se však případy, kdy to bylo nutné. Na tomto místě uvádíme způsob zesílení základu sloupu jeřábové dráhy.

Nerovnoměrně namáhanou základovou patku lze stabilizovat pomocí vhodně tvarovaného, dodatečně předepnutého lana. Tímto způsobem je zatížení od patky rovnoměrněji rozloženo do podloží patky, což vede ke zvýšení únosnosti.

Řešení zesílení základu
ocelového sloupu předepnutím



Kombinace zesílení výše uvedených konstrukčních prvků pak představuje ucelený soubor, kterým je možné sanovat starší haly železobetonového skeletového systému s mimořádně nízkou investicí a v podstatě za provozu, bez přerušení výroby.

4. Případy aplikací

4.1. Zesílení stropního / střešního vazníku

Na betonovém stropním vazníku výrobní haly byly při prohlídce zaznamenány ohybové i smykové trhliny. Střešní konstrukce výrobní haly navržená v souladu s dříve platnými ČSN byla podrobena statickému přepočtu dle současně platných ČSN EN. Přepočtem bylo zjištěno, že střešní konstrukce nevyhoví účinkům zatížení, stanovených na základě ČSN EN.

Problém

Nejen v České republice, ale v celé EU se u průmyslových objektů – hal hojně používá systém železobetonových montovaných hal s prefabrikovanými prvky. Železobetonové sloupy jsou spojeny průvlaky, na nichž jsou osazeny prefabrikované vazníky. Při pravidelné kontrole konstrukce podle plánu kontrol jsou zjištěny ve vazníku různé široké trhliny. V některých případech jsou trhliny tak široké, že částečně obnažují betonářskou výztuž v konstrukci.

Podobný problém nastává v případech, kdy je konstrukce na přání zákazníka prověřena statickým přepočtem haly např. při změně zatížení vazníků, spojených s instalací výrobního zařízení nebo jen z důvodu požadavku pojišťovny a výpočet ukáže, že konstrukce na dané účinky zatížení nevyhoví.

Příčina problému

Neustálým tlakem na snížení prodejní ceny a následně nákladů, což bylo v posledních deseti letech ve stavebnictví zvláště patrné, mohlo dojít k produkci málo únosných prefabrikátů. U prefabrikovaných vazníků to může být použitím betonu nižší kvality, než udává výrobní nebo projektová dokumentace. Častou chybou je nesprávné množství či umístění betonářské výztuže, která bývá rozmístěna nepravidelně nebo úplně chybí. Výsledkem pak je, že vazník nemá únosnost takovou, pro kterou byl navržen. Jiným zdrojem problémů může být požadavek na co nejrychlejší výstavbu. Dílce jsou na stavbě vystaveny zatížení ještě před očekávaným dozráním betonu, což má za následek vznik deformací v důsledku dotvarování konstrukce.

V případě stavby haly před rokem 2010 mohl projektant – statik k návrhu železobetonových konstrukcí použít národní normu ČSN 731201 Navrhování betonových konstrukcí, od roku 2010 je nutné použít sjednocenou evropskou normu, tzv. eurokód. Výsledek statického výpočtu je jiný. V řadě případů nastává paradoxní situace, kdy prvek, navržený podle původní normy nyní nevyhoví. Toto není chybou v projektu či realizaci, je to způsobeno zavedením jiné metodiky.

Řešení

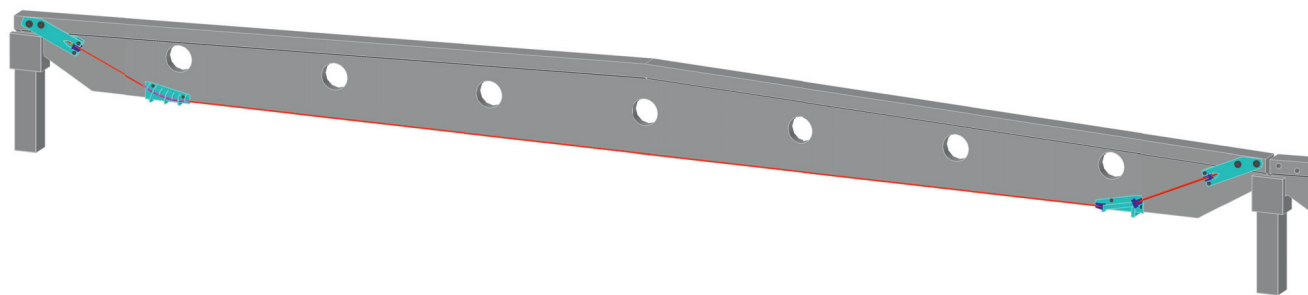
Řešením nemusí být instalace přidavných sloupů, které zaberou výrobní nebo skladovací prostory a překážejí, o výkopových pracích a betonování za provozu haly, které jsou s jejich založením spojené se ani nemusíme zmiňovat. Elegantním a chytrým řešením je zesílení vazníků jejich předepnutím, tj. vnesením síly, která působí proti zatížení a problémy eliminuje. Předepnutí je realizováno předpínacím lanem Monostrand, které je vedeno po vazníku a natrasováno pomocí deviátorů. Oba konce lan jsou pak zakotvena na krajích vazníku pomocí kotev. V těchto místech se lano předepíná, tj. pomocí hydrauliky se vnáší potřebná předpínací síla.

Případová studie

Výrobní hala v elektrotechnickém průmyslu

Významný výrobce elektronických komponent pro automotive při pravidelné prohlídce konstrukcí zjistil praskliny na střešních vaznících haly. Ty nebyly statikem vyhodnoceny jako kritické. Nedlouho poté si vzhledem k požadavku na navýšení pojistného plnění z důvodu vysoké investice do strojního výrobního zařízení pojišťovna vyžádala statický výpočet na zatížení střechy výrobní haly. Výpočet byl vypracován podle eurokódů a únosnost vazníků byla prokázána jako nevyhovující. V kombinaci tohoto problému s poškozením vazníků trhlínkami se provozovatel rozhodl pro zesílení stropních vazníků pomocí vnesení dodatečného předpětí.

Komplikací bylo značné množství sítí – elektro, topení, technologická média atd., která byla instalována na vaznících a která v řadě případů bránila v trase lanům nebo instalaci deviátorů. To se podařilo vyřešit pomocí dočasných nebo trvalých přeložek, některé rozvody byly odstraněny úplně, protože již nebyly funkční. Komplikací také bylo vedení vazníků pod sádkartonovým podhledem nebo jejich zakapotování sádkartonovými deskami. Lana – kabely Monostrand byla vedena po spodní hraně vazníků. Cca v polovině vazníku byl instalován středový distančník, který usměrňuje polohu/trasu lana. Na spodní straně vazníků u obou konců byly instalovány deviátory, které mění trasu lana směrem k horním koncům vazníků. Zde pak byly v místech podpor vazníků instalovány koncové kotevní úpony. Předpínací lana byla kotvena na obou stranách vazníků a napnuta na sílu 200 kN. Veškeré deviátory a úpony byly opatřeny protipožární nátěrem s požadavkem požární odolností 60 minut. Lana byla z důvodu požární odolnosti obalena protipožární izolací s Al povrchem.



Každý vazník měl délku 24 m. Takových vazníků bylo rekonstruováno celkem 17 ks, z toho 3 ks v prostoru galvanovny, kde byla z důvodu zvýšení odolnosti výztuže proti korozi ještě dobetonována hlava vazníků s pomocí vysokopevnostní rychletuhnoucí malty Groutex.



Výhody zvoleného řešení

- práce probíhaly postupně prakticky bez dopadu na provoz, jen s případným malým omezením vždy v konkrétním místě (vyklizení prostoru pod místem aplikace)
- příznivé náklady na opravu
- emise prachu, hluku, nebo vznik odpadů byla minimální
- jednoduchost řešení
- oprava trvalého charakteru
- zvýšení únosnosti vazníku
- snížení průhybů

Další případy – reference

- zesílení stropů hal pomocí uhlíkové tkaniny ve Smurfit Kappa Czech

4.2. Zesílení / rekonstrukce jeřábové dráhy

Z důvodu úmyslu manipulace s těžšími břemeny je nutné nahradit starý mostový jeřáb novým s vyšší nosností

Starý mostový jeřáb dosloužil a je potřeba provést výměnu

Při revizi jeřábu byl zjištěn havarijní stav jeřábové dráhy

Na nosných konzolách jeřábové dráhy byly zjištěny trhliny

Při výměně mostového jeřábu byl proveden statický přepočet únosnosti jeřábové dráhy podle eurokódů s nevyhovujícím výsledkem

Problém

Mladá strojírenská společnost koupí pro své podnikání starší průmyslový areál, jehož součástí jsou výrobní haly se železobetonovými konstrukcemi a vestavěnými jeřábovými dráhami. Jeřábové dráhy jsou vybaveny mostovými jeřáby o nižší nosnosti, než je uvažovaná hmotnost výrobků v podnikatelském záměru. Výměna mostového jeřábu se jeví jako jednoduchá operace. Při zpracování statického posudku však vyjde najevo, že jeřábová dráha nemá pro manipulaci s těžšími břemeny dostatečnou únosnost.

Při změně výrobního sortimentu je nutné vyřešit manipulaci s podstatně těžšími břemeny. Stávající mostový jeřáb nemá dostatečnou nosnost.

Příčina problému

Velmi častým typem výrobní haly je hala se železobetonovým konstrukčním systémem s vestavěnou jeřábovou dráhou s mostovým jeřábem. Takových hal bylo postaveno jen v bývalém ČSSR ve 2. polovině minulého století řádově ne desítky, ale stovky. Výrobky z produkce v nich byly menší z důvodu manipulačních a přepravních možností, nebyly požadavky na logistická nebo globální řešení. Jeřábové dráhy byly dimenzovány na podstatně menší nosnosti jeřábů, než je nyní požadováno.

Jinou příčinou je, pokud je z důvodu extrémního dlouhodobého užívání nebo přetěžování a z důvodu nekvality při realizaci konstrukce již natolik opotřeбенá, že vykazuje závažné statické poruchy a nemá tedy dostatečnou únosnost.

Řešení

Řešením je zesílení konstrukčních prvků jeřábové dráhy pomocí vnesení dodatečného předpětí. Jedná se o železobetonový průvlak mezi sloupy, konzoly. V některých případech je nutné ještě zesílení sloupu nebo i základů. Předepnutí se provede pomocí lan Monostrand a deviátorů, lana se ukotví pomocí kotev. Lana jsou vedena po povrchu průvlaků. Zesílení konzol může být provedeno alternativně pomocí předpínacích tyčí.

Případová studie

1. Výrobní hala v těžkém strojírenství

Významný strojírenský výrobce, nadnárodní společnost provozuje svůj závod v objektech původního výrobce, kterého v 90. letech minulého století koupila. Jedná se o haly, tvořené železobetonovým konstrukčním systémem s vestavěnými jeřábovými dráhami. Společnost se orientuje na dodávky kompletních strojů do celého světa, dodávky mají často vysokou hmotnost. Proto v rámci modernizace výroby provedla postupnou výměnu mostových jeřábů za únosnější. To se neobešlo bez zesílení jeřábových drah a souvisejících konstrukčních prvků. Rekonstruovány byly prakticky všechny haly komplexu.

U jeřábové dráhy to představovalo zesílit železobetonové průvlaky, které se předepnuly pomocí lan Monostrand, ukotvených na obou koncích. Lana byla trasována pomocí deviátorů, které se nacházejí v třetinách rozpětí nosníku. Druhým zesilovaným prvkem byly konzoly, na kterých jsou průvlaky uloženy. Konzoly byly provrtány a předepnuty pomocí trojice krátkých lan.

2. Výrobní hala pro slévárenství

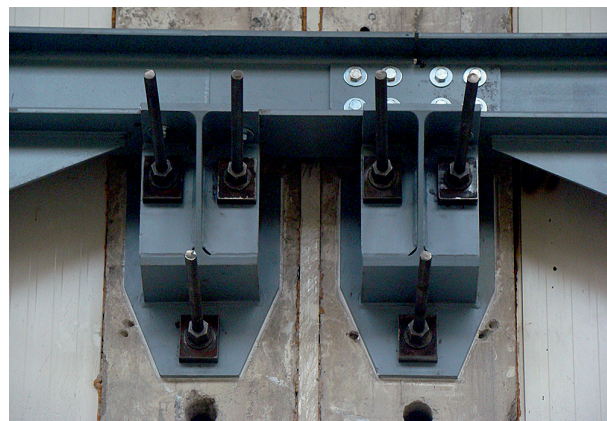
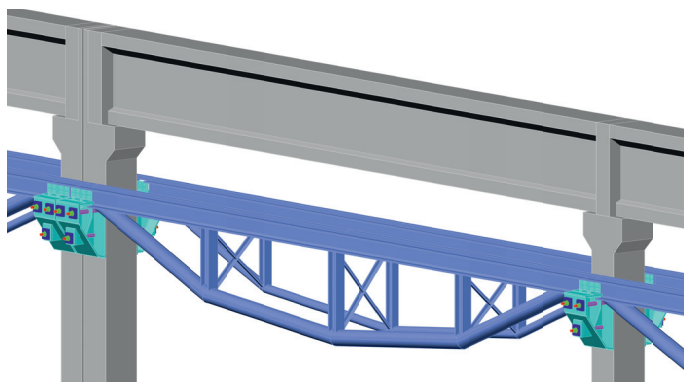
Jiným příkladem je zahraniční výrobce přesného tlakového lití hliníku, který pro svůj nový závod využil starších hal v areálu, který původně sloužil k opravám autobusů. I zde se jednalo o železobetonový konstrukční systém. Haly původně sloužily ke skladování a byly vybaveny jeřábovými dráhami.

Stávající halový komplex sestával z prefabrikovaných železobetonových dílců. Svislé nosné konstrukce – sloupy měly v podélném směru rozpon 12 m a v příčném směru 18 m. Sloupy měly obdélníkový průřez 500x600 mm. Na krátkých konzolách sloupů byly uloženy v podélném směru průvlaky výšky cca 1200 mm. Na spodním pase vazníků byly zavěšeny jeřábové dráhy s nosností 3,6 t.

Tento stav byl pro novou výrobu nevyhovující, bylo zapotřebí vybavit dvě lodi halového komplexu jeřábovými dráhami o nosnosti 20 t. V původním návrhu, vypracovaném třetí stranou bylo uvažováno s radikální rekonstrukcí, tj. s výstavbou zcela nové vestavby, která měla nezávisle podporovat nosníky jeřábových drah uvnitř stávajícího železobetonového skeletu, který by pro tyto účely nebyl využit. Součástí tohoto řešení bylo rovněž zcela nové založení nových sloupů vestavby pomocí základových patek.

Po provedení stavebního průzkumu bylo naší společností nabídnuto výrazné zjednodušení řešení, tj. stavba nových jeřábových drah v původních výrobních halách s maximálním využitím stávajících konstrukcí bez nutnosti nové vestavby. Řešení spočívalo ve vybudování krátkých ocelových konzol na stávající železobetonové sloupy 500x600 mm. Tyto krátké konzoly byly následně připnuty pomocí vysokopevnostních ocelových tyčí DYWIDAG mezi kluzu $f_{yk} = 1050$ MPa. Realizovaným předpětím se stala krátká konzola součástí nosného systému haly. Konzoly byly navrženy typově stejné pro obě lodi (tj. pro dva mostové jeřáby po 20 t).

Původní nosníky jeřábových drah nemohly být v tomto případě využity a tak byly nahrazeny novými příhradovými



Výhody zvolených řešení

- velmi výrazná úspora investičních nákladů
- práce probíhaly postupně prakticky bez dopadu na provoz, jen s případným malým omezením vždy v konkrétním místě
- bez emisí, prachu, odpadů
- jednoduché a elegantní řešení
- rekonstrukce trvalého charakteru

Další případy – reference

- jeřábová dráha Sokolovská uhelná
- jeřábová dráha SIEMENS Drásov – celkem 5 x
- jeřábová dráha KOVOLIT Modřice

4.3. Náhrada části nebo celého nosného prvku konstrukce

Železobetonový nosný sloup vadí v uvolněném prostoru k instalaci nové výrobní linky

Železobetonový průvlak pod stropem vadí instalaci technologie

Problém

Po změně dispozice v původní výrobní hale tvoří překážku v uvolněném prostoru původní nosný konstrukční prvek - sloup, vazník, průvlak. Uvolněný prostor není možno plně využít, přestože stávající konstrukční prvek tvoří jen zanedbatelnou výměru z celkové plochy.

Instalaci nové technologické linky stojí v cestě konstrukční prvek, který nelze žádným způsobem obejít.

Příčina problému

Modelová situace vzniká v souvislosti s rekonstrukcí výrobní haly, s její revitalizací nebo s jejím určením pro jiné účely, častým případem je instalace nové technologie nebo její modifikace či doplnění.

Řešení

Řešením je odstranění překážky – konstrukčního prvku a pomocí vnesení dodatečného předepnutí vytvoření tlakového zatížení, kterým se ruší původní síla od zatížení (např. od střešní konstrukce). U překážejícího (Vierendelova) sloupu je vhodným trasováním předpínací výztuže původní svislá síla v části sloupu přenesena do dvou sousedních sloupů, u kterých se již nepředpokládá, že budou zatíženy stávající jeřábovou dráhou. V případě vybourání části průvlaku pod stropem je tato část nahrazena dvojicí lan, která jsou předepnuta a jejich kotvení se ukryje do stropní konstrukce.

Případová studie

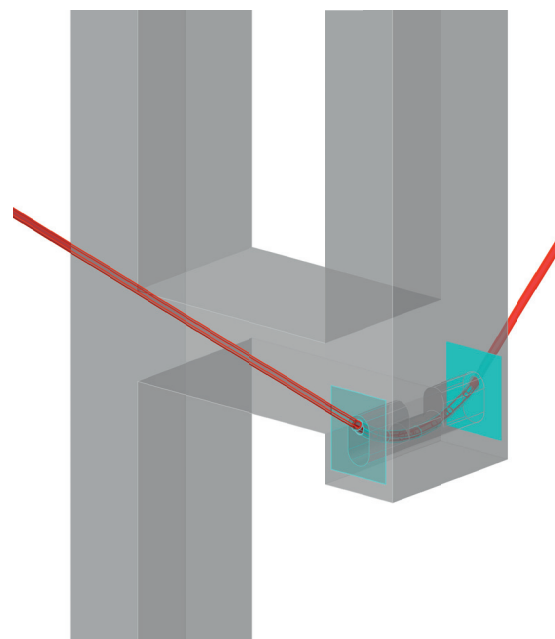
Výrobní hala ve výrobě kartonáže

Při výměně technologické linky na výrobu kartonáže za novou s větším výkonem nastal problém s řešením kolize obslužného chodníku linky a stávajícího železobetonového (tzv. Irelandova) sloupu výrobní haly. Řešení spočívalo ve vyřezání části sloupu na podchodzí výšku a jeho statické zajištění. Železo-betonový sloup byl provizorně podepřen a dvě jeho pole směrem do haly byly odřezány včetně vnitřních příček. Zatížení od sloupu bylo potom formou vzpěry a táhla vneseno do sousedních sloupů.



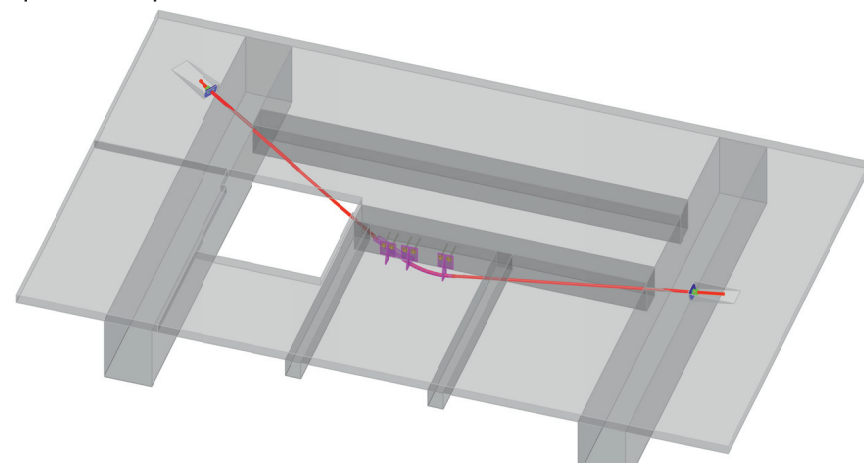
Původní zachovaný Vierendelův sloup

Zkrácený a zesílený Vierendelův sloup



Výhody zvoleného řešení

- odstranění „nepřekonatelné“ překážky pomocí jednoduchého řešení
- levné řešení
- realizace jen s minimem emisí, prachu, odpadů
- oprava trvalého charakteru



Další případy - reference

- průchod technologie středem střešního vazníku/průvlaku – Povážská cementárna Ladce (SK)

4.4. Snížení průhybu stávajícího mostového jeřábu a zvýšení jeho nosnosti

*Mostovka staršího mostového jeřábu vykazuje průhyb
U stávajícího mostového jeřábu je potřeba zvýšit únosnost*

Problém

Z důvodu intenzivního a dlouhodobého užívání trvalého těžkého mostového drapákového jeřábu u něj došlo nad- měrného průhybu jeho mostovek.

Příčina problému

Denodenní intenzivní užívání jeřábu na hranici únosnosti, malá rezerva při jeho dimenzování.

Řešení

Pomocí předepnutých lan dojde k navrácení mostovky (mostovek) směrem k původnímu tvaru tak, aby celkový průhyb plně zatížené mostovky (mostovek) vyhověl příslušným ČSN. Předpínací lana se ke stávající mostovce přichytí pomocí ocelových kotevních prvků a kotev. Lana se vedou po spodní straně mostovky a uprostřed rozpětí mostovky jeřábu dochází k diskrétnímu zlomu lana. Napnutím lan přes tento zlom vzniká svislá síla mířící vzhůru, čímž je mostovka zatížena opačnými silami, než je tomu v případě zatížení vlastní tíhou či břemenem. Vlastnímu provedení předepnutí předchází podrobný statický výpočet a výrobní příprava formou podrobné výrobní dokumentace.

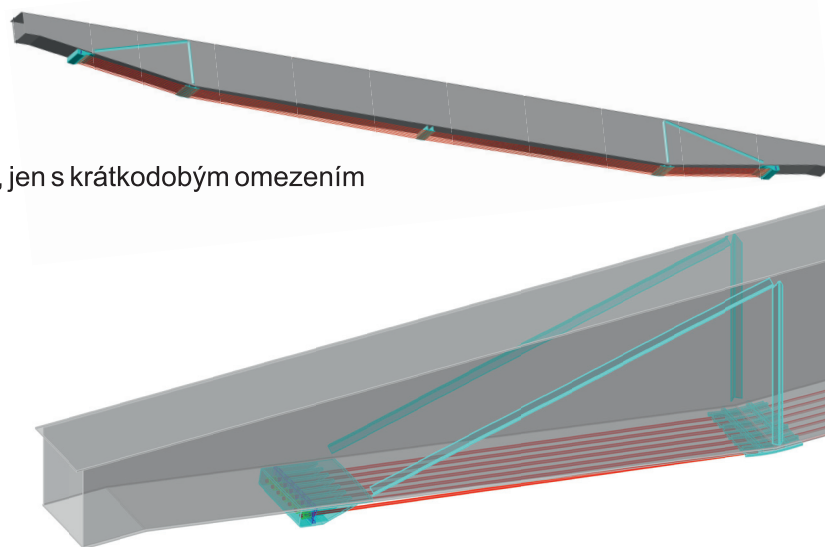
Případová studie

Skladovací hala v průmyslu cementu

Předmětem rekonstrukce byl ocelový mostový jeřáb s rozpětím 25,0 m o nosnosti 12,5 t, tvořený dvěma komorovými nosníky. Vlivem dlouhodobého provozu byl jeřáb trvale prohnut o 50 mm. Celková deformace při plném zatížení dosahovala více než 70 mm, což je téměř trojnásobek (!) hodnoty přípustné dle ČSN 73 1401. Na oba nosníky jeřábu byly osazeny kotevní bloky, deviátory a lana a následně byly oba nosníky podle předem připraveného schématu předepnuty pomocí vnesené síly ve velikosti 200 kN pro každé lano. Oprava byla provedena bez demontáže jeřábu v krátkém čase s pomocí 14 ks lan. Předepnutí bylo provedeno nízkopokluzovou technologií, která umožňuje maximálně využít kapacitu přepínacích lan. Vzhledem k unikátnosti technického řešení byla během předpínání průběžně sledována a vyhodnocována deformace obou nosníků jeřábové dráhy pomocí dvou indukčních tenzometrů napojeným na počítač. Postup napínání byl průběžně aktualizován dle údajů, zobrazených na monitoru.

Výhody zvoleného řešení

- prakticky bez dopadu na provoz, jen s krátkodobým omezením
- radikální minimalizace investice
- bez emisí, prachu, odpadů
- jednoduchost řešení
- oprava trvalého charakteru
- zvýšení únosnosti mostovek
- zvýšení užité hodnoty jeřábu



4.5. Opravy masivních základů

U cementového mlýna dochází k rychlému opotřebení u součástí, které by měly vydržet výrazně delší dobu

U turboexhaustoru byly zaznamenány vibrace, stroj musí být provozován jen s nižšími otáčkami - na nižší výkon

U kovacího lisu je patrná trhлина u základů, která se za provozu otevírá a přivírá

Definice problému

V těžkém průmyslu (úpravnictví nerostných surovin, výroba stavebních hmot, výroba oceli, zpracování kovů, apod.) se používají mohutné výrobní stroje nebo agregáty o hmotnostech desítek nebo dokonce stovek tun. Ty se při výrobním procesu pohybují a vyvozují tak mimo značných statických účinků i velké dynamické účinky. Konkrétně se jedná o drtiče, třídiče, mlýny, sušárny, rotační pece, lisy, ventilátory a další. Pokud u takového stroje dojde k poruše základu, znamená to vždy výrazný a někdy i těžko diagnostikovatelný problém. Projeví se třeba vibracemi, povolováním kotevních šroubů, výrazně větším opotřebením pohybujících se součástí stroje, nebo i jinak. Pokud se detekce závady nedaří a když i přes pečlivou a pravidelnou údržbu nebo po generální opravě, výměně součástí, problém vyvstane opět, je nutno hledat příčinu právě v základu stroje.

Příčina problému

Mohutný výrobní stroj vždy představuje investici na desítky let. Často má za sebou již 30, 40 nebo i více let provozu a je na hranici své životnosti. V takovém případě se může jednat i o únavu materiálu nebo o kombinaci více vlivů. Na počátku problému může stát projekční chyba při výpočtu a navrhování nebo při realizaci. Zde se často setkáváme hlavně s technologickou nekázní, spojenou s nedostatečným nebo neodborným dozorem při výstavbě.

U staveb budovaných v 60. - 70. letech minulého století je častým problémem nedostatečné vyztužení základu. Není obvykle respektována skutečnost, že se jedná o dynamicky namáhanou stavební konstrukci, která vyžaduje prostorové uspořádání betonářské výztuže. Specifickou problematikou bývá nekvalitní ošetření pracovních spár před dalším krokem betonáže. Díky členitosti velkých základových bloků bývá těchto pracovních spár navrženo po výšce hned několik. Pokud není pracovní spára řádně ošetřena před dalším krokem betonáže a pokud není v konstrukci navrženo dostatečné množství betonářské výztuže, která prostupuje skrz tuto spáru, výrazně stoupá riziko oddělení základu právě touto spárou. Oddělením základu mnohdy diametrálně klesne schopnost základu pohlcovat dynamické účinky vyvozené strojem.

Častým problémem bývá horizontálně odlomený základ, většinou v úrovni paty kotevních šroubů, může však dojít k jeho vertikálnímu prasknutí z důvodu sesednutí jedné jeho části, časté jsou poruchy kotvení strojů.

Řešení

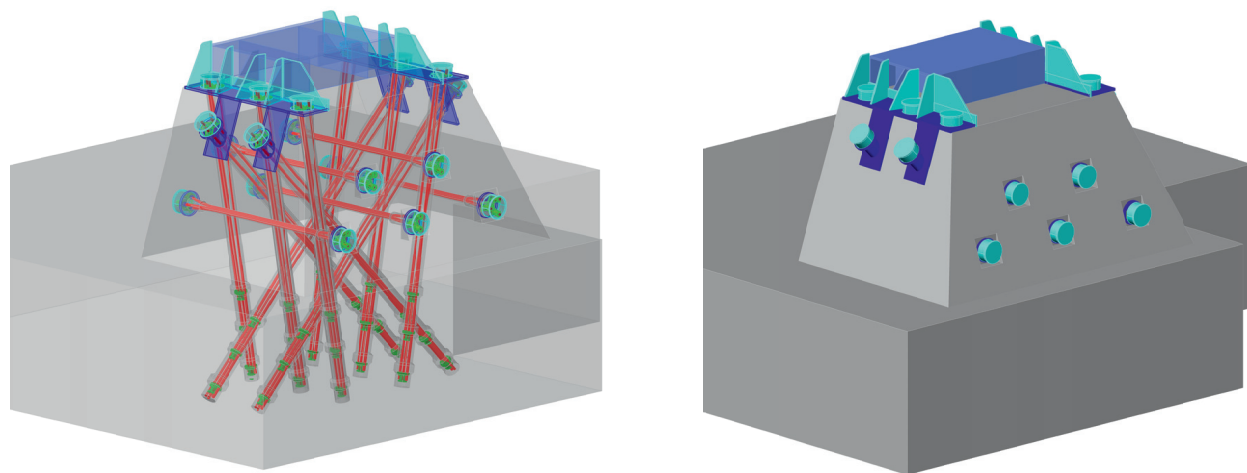
Naším řešením (pokud je to ještě vůbec možné) není kompletní demolice a výstavba nového základu. To totiž znamená vždy velkou investici a zejména odstávku a výpadek produkce. Naše řešení je výrazně jednodušší a s minimálním dopadem na provoz zařízení. Po provedení stavebního průzkumu a diagnostice je nutné zajistit nové sepnutí prasklých částí základu. To je provedeno „sešitím“ nebo lépe „sepnutím“ uvolněných částí betonu pomocí ocelových lan, která budou následně předeprnuta. Vhodně trasovanou předpínací výztuží a velikostí předpínací síly pak budou oddělené části betonu spojeny dostatečným tlakem, takže obě odlomené části betonu budou znovu dynamicky spolupůsobit. Tím dojde k tomu, že betonový blok se opět začne chovat jako jeden spojitý funkční celek. Nebude docházet k tahovému namáhání betonu, se kterým se beton obecně špatně vyrovnává, ale naopak beton bude vystaven trvalému nízkému tlaku. Deformace betonu se tak budou odehrávat pouze v pružné oblasti materiálu.

Případová studie

Ocelárna, Slovensko

V průběhu najíždění výrobní linky aglomerace docházelo na velkém ventilátoru ke zvýšeným vibracím a následně se oddělilo i jeho podlití a došlo k prasknutí části základového betonu.

Bylo zjištěno, že stávající základ ventilátoru vykazuje podstatné prováděcí vady. Tyto spočívaly zejména v betonování základů po částech – vrstvách, kdy ze strany realizační firmy nedošlo k potřebnému ošetření pracovní spáry a ke spojení přidávané vrstvy betonu s vrstvou podkladní. Nadzemní část základu sestávala ze tří vrstev betonu, které nebyly dostatečně propojeny. Na této nehomogenní vrstvě docházelo jednak k odrazu dynamických kmitů zpět k úložné frémě, ale také k posunu jednotlivých vrstev. Tyto vrstvy byly propojeny betonářskou výztuží, která však umožňovala deformaci v pružné oblasti oceli a byla vystavována dynamickému únavovému namáhání. Špatně provedená základová spára v úrovni zpevněné plochy umožňovala dynamický vodorovný mikroposun základu a oba základy se za frémou rozlomily na dvě samostatné části. Povrch betonu byl značně porézní, docházelo k zatékání srážkových vod do základů, k vyplavování vápenné složky pojiva a ke snížení alkality betonu, čímž byla narušena alkalická pasivita výztuže. Vznikající rez se projevovala výrazným nárůstem objemu a vyvolávala tak obdobný trhací efekt jako led.



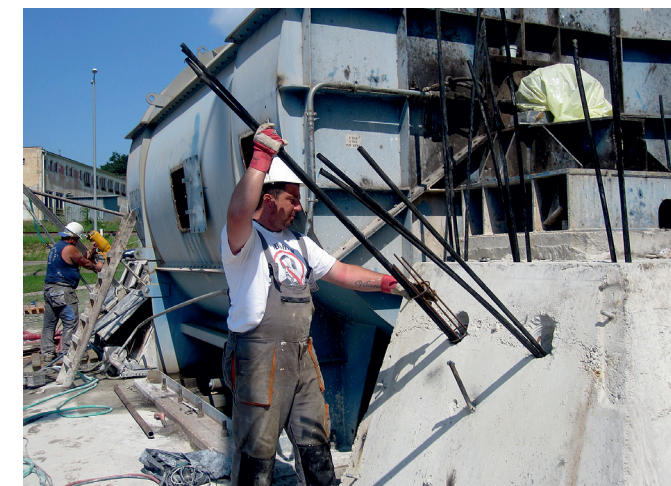
Vodorovně rozpraskaný základ byl sešit pomocí předpínacích lan. Prošití bylo provedeno tak, že ve stávajícím železobetonu byla provedena soustava šikmých a svislých vrtů. Vrtů byly ve spodní části rozšířeny formou sklípků. Do každého vrtu byla vsunuta dvojice přepínacích lan, přičemž kotevní oblast prvního lana byla při dolní základové spáře základové desky a u druhého lana v jejím středu. Vrtů byly vyplněny vysokopevnostní zálivkovou maltou. V horní části byl základ opatřen ocelovými kotevními deskami, které stlačují horní vrstvy betonu směrem ke spodní. Pomocí stažení došlo k opětovnému zmonolitnění základu, který se začal znovu chovat jako celistvý. Povrch základu byl opatřen reprofilační stěrkou pro utěsnění a uzavření otvorů v betonovém základu a na závěr hydrofobizačním nátěrem, který brání vniku srážkových vod do tělesa základu.

znamená to vždy výrazný a někdy i těžko diagnostikovatelný problém. Projeví se třeba vibracemi, povolováním kotevních šroubů, výrazně větším opotřebením pohybujících se součástí stroje, nebo i jinak. Pokud se detekce závady nedaří a když i přes pečlivou a pravidelnou údržbu nebo po generální opravě, výměně součástí, problém vyvstane opět, je nutno hledat příčinu právě v základu stroje.



Výhody zvoleného řešení

- velmi krátká odstávka zařízení
– celá oprava trvala jen 12 dní
- nízké náklady na opravu
- žádné omezení pro okolí
- jednoduchost řešení
- šetrnost vůči životnímu prostředí
- oprava trvalého charakteru



Další případy - reference

- základ cementového mlýna HOLCIM Prachovice
- jeden ze základů rotační pece HOLCIM Prachovice
- základ turboexhaustoru ARCELOR Mittal Steel Ostrava
- základ lisu KOVOLIT Modřice



4.6. Zesílení zděné klenby mostu nebo jiné zděné konstrukce

U zděného propustku nad silnicí III. třídy se rozestupuje klenba, rozvolňuje se malta ve spárách

U klenbového mostu na místní železnici nastal vlivem stárí a podcenění údržby havarijný stav

Strop starého sklepení s cihelnou klenbou hrozí zřícením

Klenby historické kolonády jsou v havarijním stavu

Problém

Vzhledem k historii zemí Střední Evropy, kdy již v 19. století probíhala poměrně masivní výstavba dopravní infrastruktury jsme zdělili zejména na místních silnicích a cestách nebo i místních železničních tratích řadu mostních objektů, které stále ještě slouží, avšak jejich stav je vlivem zubu času havarijný.

V historii byly nejčastějším stavebním materiálem cihly nebo kámen. Stropy pak byly často řešeny jako klenuté. Tyto stavby, z nichž mnohé mají historickou hodnotu, jsou za hranicí své životnosti a vyžadují generální rekonstrukci.

Příčina problému

V silničním stavitelství se klenby objevily už při zřizování cest na přelomu 18. a 19. století, v pozemním stavitelství pro budování stropů nebo jiných konstrukcí však ještě mnohem dříve. Hromadná výstavba klenbových mostů nastala v době budování železničních tratí, přibližně v první polovině 19. století. Byl použit tradiční materiál, kámen, cihelné zdivo. Pohyblivé zatížení, se kterým bylo při výstavbě uvažováno vzrostlo několikanásobně. Objekty byly vystaveny dlouholetému působení povětrnostních vlivů, v případě mostů pak i chemických vlivů – solení v zimním období. Před řadou let byla provedena řada necitlivých a neodborných zásahů k jejich opravě, což však nakonec přispělo ke zhoršení stavu. Objekt byl narušen kořenovým systémem náletové vegetace. Průběžná údržba byla nedostatečná. Most, propustek, obecně stavba je za hranicí své životnosti.

Řešení

Statické zajištění starých klenbových mostů, propustků nebo památek sepnutím předpínacími lany je efektivním, rychlým, citlivým a finančně nenáročným způsobem, jak je zachránit před zubem času a zachovat dalším generacím. Tímto způsobem lze řešit problémy s trhlinami v klenbách, vykláněním stěn a sloupů v podélném směru, poruchy základů a další závažné statické poruchy.



Velmi efektivní je použití zpevnění dodatečným předepnutím u mostních klenebních konstrukcí. Mimo podélného sepnutí klenby je možno provést také příčné předepnutí klenební mostové konstrukce a přenesení hlavního zatížení do krajových železobetonových opěr.

Výhody zvoleného řešení

- citlivá a přitom trvanlivá oprava
- předpínací lana lze skrýt do zdiva či pod fasádu
- oprava přinese radikální zvýšení nosnosti objektu
- bez emisí, prachu, odpadů
- jednoduchost řešení
- oprava dlouhodobého charakteru

4.7. Zesílení mostní železobetonové konstrukce

Havarijní stav železobetonové mostní konstrukce

Zvýšení únosnosti železobetonového silničního mostu

Problém

S měnícími se požadavky na zatížitelnost mostních konstrukcí dochází k překročení únosnosti mostovky mostu. Mosty je možno provozovat pouze s omezenou zatížitelností, což komplikuje přepravní vztahy v rámci daného regionu. Při stanovení zatížitelnosti starších mostních konstrukcí je třeba vycházet z podrobného stavebně statického průzkumu, který má za úkol detailně zmapovat stav mostní konstrukce. Vzhledem k omezenému množství zkušebních vzorků bývají pevnostní charakteristiky použitých materiálů statisticky poníženy, což dále komplikuje snahu dostat z mostní konstrukce co možná nejvyšší zatížitelnost.

Příčina problému

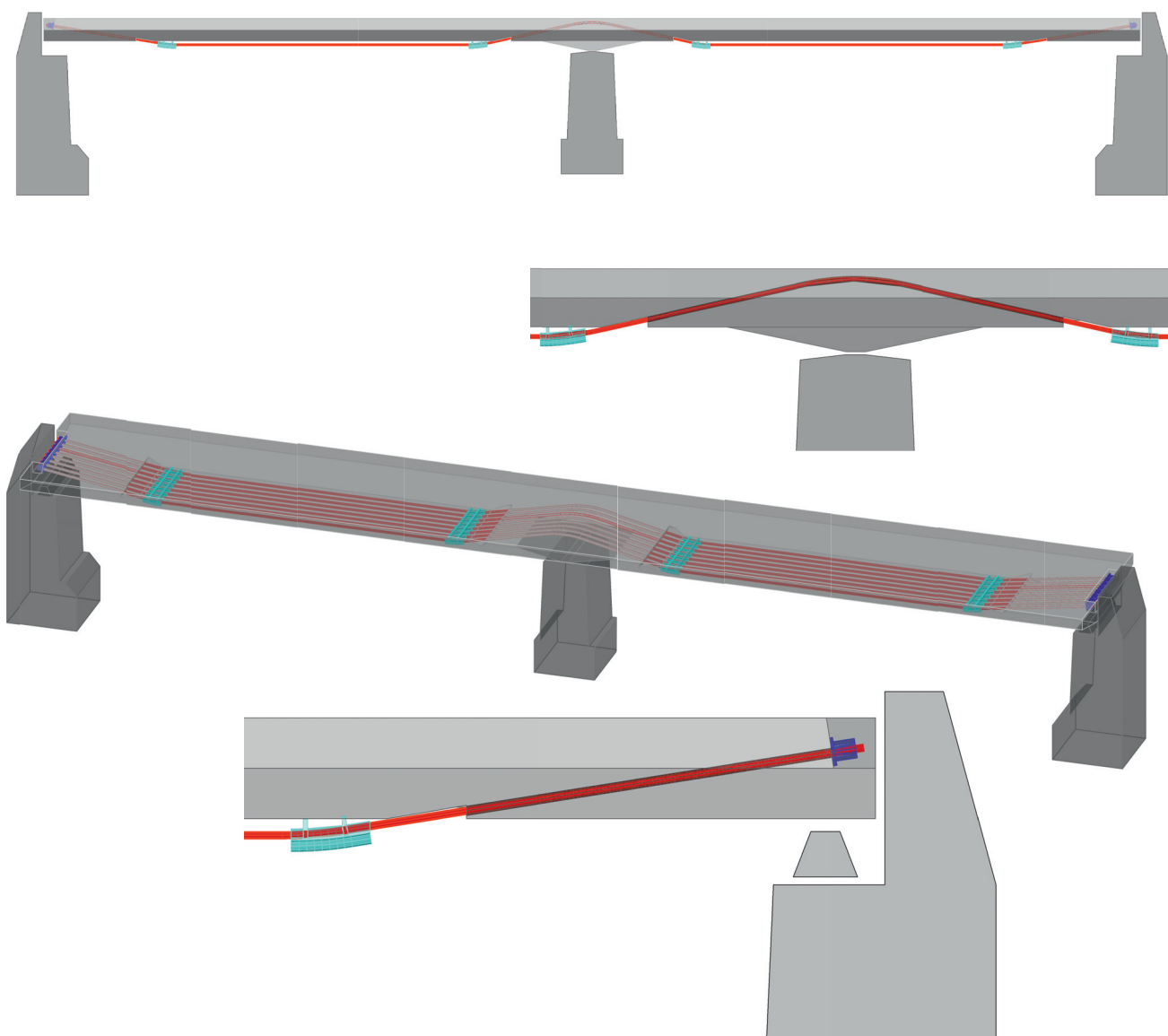
Požadavek provozovatele mostu na vyšší zatížitelnost mostní konstrukce nelze splnit z důvodu malé únosnosti mostovky. V takovém případě se obvykle volí nákladné opravy např. v podobě horní spřáhovací desky nebo se volí alternativní postupy (objízdné trasy, výstavba mostních provizorií apod.). Další příčinou problému může být nedostatečná únosnost mostní konstrukce na stávající zatížitelnost vyvolaná pouhým stárnutím mostovky.

Řešení

Až neuvěřitelného efektu lze dosáhnout zesílením deskových a trámových železobetonových mostních konstrukcí metodou náhradních dodatečně vrtaných kanálků, kterými jsou lana protažena a předepnuta. Trasování lana je prováděno pomocí ocelových deviátorů, které svojí geometrií zabrání jeho poškození. Na rozdíl od lepené výztuže na povrchu konstrukce, která se aktivuje až po zatížení a tím se nespolepňuje na přenosu sil od stálého zatížení, se předpětí, vnesené do konstrukce ihned spolupodílí na přenosu sil vzniklých od stálého zatížení a výrazně zlepšuje stav, kdy konstrukce ještě není namáhána od nahodilého zatížení. Vnesení tlakových sil předpětím dochází k uzavření trhlin a tím pádem je odolnost betonové konstrukce výrazně prodloužena.

Většinu prací spojených s touto technologií lze provést bez přerušení provozu na mostu nebo jen s malým omezením. Metodu lze dobře použít u objektů, které se zdají být po statické stránce neopravitelné nebo jinak nelze dosáhnout požadované zatížitelnosti.





Výhody zvoleného řešení

- touto metodou lze zvýšit zatížitelnost o 200 až 300 % oproti jiným metodám, které se zvýšení pohybuje mezi 20 - 30 %.
- velmi nízké náklady na rekonstrukci
- s minimem emisí, prachu, odpadů
- jednoduchost řešení
- oprava trvalého charakteru

1.1. Využití dodatečného předpětí při stavbě průmyslových zásobníků a sil nebo i jen samostatných stěn

Je požadována vysoká dělící stěna, na kterou působí velké zatížení od sypkého materiálu

Při návrhu nového zásobníku/sila je požadována štíhlost stěn, spojená s velmi vysokou odolností proti explozi

U betonového zásobníku na odpadní vodu je vyžadována maximální těsnost

Řešení

V naší praxi statiků – betonářů se vždy důsledně snažíme měnit chování železobetonových konstrukcí tak, abychom co nejvíce vyloučili tahové namáhání betonu. Tento přístup lze uplatnit i při návrhu masivní železobetonové stěny sila, zásobníku, skládky apod. Klasicky řešená stěna, vyztužená měkkou betonářskou výztuží vychází velmi masivní. Proto je možné snížit hmotu stěny a tím i její tloušťku při zachování její nosnosti vnesením dodatečného předpětí.

Případová studie

1. Předpínaná železobetonová dělící stěna na skládce surovin v průmyslu cementu

Ve stávající skládce suroviny, která je obsluhována plně automaticky, bylo potřeba oddělit od sebe dva druhy suroviny pro výrobu cementu. S ohledem na velkou výšku (10,0 m) byla zvolena železobetonová úhlová stěna. Podloží stěny bylo z únosné skalní horniny. Materiál mohl stěnu zatěžovat střídavě z jedné i z druhé strany a dle svého vnitřního úhlu tření mohl převyšovat stěnu až o 1,5 m. S ohledem na manipulaci s materiálem pomocí automatického jeřábového drapáku nebylo vhodné použití ztužujících žeber. Koruna stěny byla zvolena masivní, neboť se nedal plně vyloučit náraz drapáku jeřábu do koruny stěny.

Klasicky řešená úhlová stěna vyztužená měkkou betonářskou výztuží vycházela velmi masivní. Při šířce koruny 0,60 m vycházela nutná šířka v patě 1,100 m, vyztužení 28/100. Proto jsme začali hledat způsob snížení hmoty opěrné zdi při zachování její nosnosti. Možností pro snížení tloušťky stěny bylo využití dodatečného předpětí pomocí lan Monostrand, která nepotřebují budování speciálních předpínacích kanálků. Jsou opatřena polypropylenovým pláštěm a vrstvou protikorozivního vosku či vazelíny. Tím je umožněno snadné uložení přímo do bednění mezi měkkou výztuž, dodatečné předeprnutí lana a jeho dlouhodobá ochrana proti korozi.

Stěna opěrné zdi byla řešena jako částečně předeprnutá a statický výpočet uvažoval spolupůsobení vneseného předpětí a měkké výztuže. Výsledkem byla štíhlá zeď s konstantní tloušťkou 0,60 m, přičemž od zeštíhlení stěny směrem ke koruně bylo upuštěno z provozních důvodů. Pro zakotvení lana do paty úhlové zdi jsme na základě zkoušek na ocelovém deviátoru navrhli poloměr 0,75 m, přičemž naše zkoušky prokázaly, že i takto stočené lano lze spolehlivě napnout. Sledování konstrukce po dobu 4 měsíců neprokázalo dodatečné dotvarování konstrukce vlivem relaxace předpínací výztuže. Přes malý poloměr ohybu lan se podařilo vhodným způsobem předpínání pouze z koruny stěny dostatečně efektivně vnést do konstrukce předpětí. Toto bylo doloženo měřením protažení lana při předpínání a dlouhodobě potvrzeno tenzometrickým měřením.

2. Skladovací hala v průmyslu výroby cementu

Jedná se o sklad alternativních paliv u výrobce cementu. Alternativní palivo tvoří směs drobně nadrceného papíru, textilu, plastů a je náchylné k výbuchu.

Vlastní skladovací prostor je tvořen dvěma obdélníkovými buňkami o rozměrech $b \times l \times h$ 5,0 x 23,0 x 13,2 m. Buňky jsou od sebe odděleny společnou stěnou. Při návrhu buněk je jedním z rozhodujících faktorů možnost exploze skladovaného materiálu v jedné z komor, což má za následek výrazné krátkodobé namáhání všech ohraničujících konstrukcí. Účinek rázové vlny lze částečně zmírnit vhodným návrhem protivýbuchových membrán. Přestože byly tyto membrány v hojné míře umístěny do stropní konstrukce skladu, je ohybový účinek do stěn skladu při případném výbuchu výrazný. Obvodové svislé nosné konstrukce tohoto objektu byly navrženy jako železobetonové monolitické stěny o tloušťce 30 cm. Z důvodu optimalizace únosnosti a ceny byly vysoké železobetonové stěny skladových boxů navrženy jako částečně předepnuté formou dodatečně zavedeného předepnutí.



Veškeré základové konstrukce byly provedeny před osazením lan, pro která byly do základů osazeny trubky typu Sandrik. Lana byla osazena již v průběhu stavby bednění stěn formou mrtvého kotvení. Lana byla v základových pasech stabilizována objemově rozpínavou kotevní zálivkou. Stěny přímo navazují na základové pasy a patky umístěné pod nimi. Předpínací lana byla vedena ve stěně ve dvou řadách za sebou. Celkem bylo instalováno 520 ks lan délky 16 m o celkové hmotnosti 10 tun. Po provedené betonáži a po vytvrdnutí betonu bylo možné provést předepnutí stěn. Do každého lana byla aplikována předpínací síla $P = 200$ kN (po odečtení krátkodobých ztrát). O provedeném předpětí byl pořízen protokol ke každému předpínacímu lanu se zaznamenanými údaji o síle (napětí v pístech) a zdvihu na předpínací pistolí. Kotvení lan v koruně stěny bylo realizováno prostřednictvím vnější ocelové desky tl. min. 15 mm.

Navrženým řešením bylo dosaženo omezení výrazných tahových namáhání betonových průřezů na vnějším povrchu stěn. I při použití relativně štíhlých stěn se podařilo konstrukci nadimenzovat dle platných EN1992-1 a uspořít tak nemalé množství materiálu.

Výhody zvoleného řešení

- značná úspora materiálu – betonu vyšší třídy
- vysoká únosnost stěn v ohybu
- výrazně nižší náchylnost konstrukce ke vzniku jakýchkoli trhlin a s tím související vyšší voděodolnost
- celkově vyšší životnost železobetonové konstrukce
- ekologicky příznivé řešení, úspora materiálů, jejichž výroba způsobuje emise CO₂

4.9. Dodatečně předepnuté nové ocelové konstrukce

Při návrhu nové ocelové konstrukce je požadováno netradiční, lehké a zároveň levné řešení

Řešení

Novým technickým řešením je částečně předepnutá rámová příčel s navzájem se protínajícími parabolickými pásy. Tvoří zajímavou alternativu klasických příhradových vazníků. Z hlediska stavební mechaniky se jedná o Vierendeelův nosník, jehož parabolické pásy jsou navrženy tak, aby sledovaly průběh ohybového momentu na rámové příčeli zatížené rovnoměrným spojitým zatížením. Výhodou tohoto řešení je, že normálová síla v pásu je po celé délce příčle konstantní a je afinním obrazem zmíněného ohybového momentu. Díky tomu je možné průřez pásů navrhnout konstantní, bez toho, že by materiál v krajích zůstával nevyužit. Hmotnost příčle lze takto snížit až o třetinu v porovnání s klasickým příhradovým nosníkem (ať již rovnopásým či sedlovým)

Popsané řešení je vhodné především pro haly středních a velkých rozpětí. Rozhodujícím kritériem pro návrh tohoto typu konstrukcí bývá většinou nikoliv mezní stav únosnosti, ale mezní stav použitelnosti – tedy průhyb příčle. Vzhledem k tomu, že stálá zatížení tvoří cca 30 – 50% zatížení celkového, jeví se jako velmi vhodné eliminovat jejich průhyb a snížit tak celkovou deformaci konstrukce.

Vhodným způsobem jak eliminovat průhyb od stálých zatížení může být předpětí předpínacími lany či šrouby. Nejenže se eliminuje průhyb od stálých zatížení, ale také se výrazně sníží namáhání rámové příčle. Konstrukci je pak možné navrhnout štíhlejší a lehčí.

Případová studie

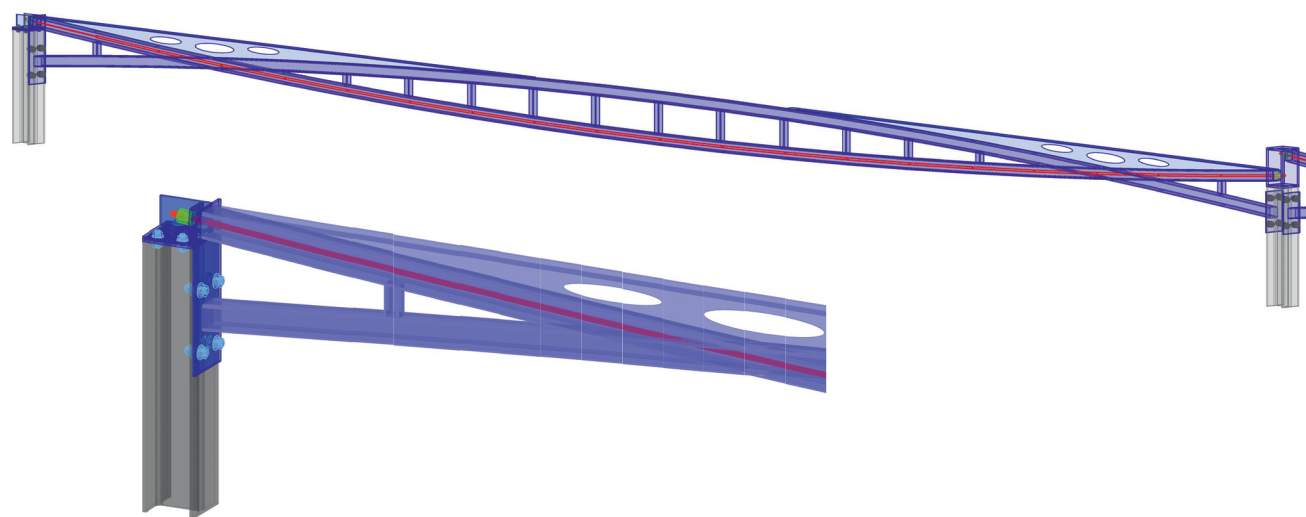
Prodejní hala (showroom) prodejce osobních automobilů

Aktivované chování konstrukcí pomocí předepnutí je možno použít i při návrhu ocelových konstrukcí. Jako příklad uvádíme klasické řešení jednoduché halové konstrukce, kde předepnutí dolní rámové halové parabolicky tvarované konstrukce umožnilo vytvořit architektonicky zajímavé a ekonomicky úsporné řešení.

Výhody zvoleného řešení

- z architektonického hlediska se jedná o neotřelou transparentní konstrukci, která, vytváří elegantní, technicky čistý a zajímavý pohled
- tato konstrukce je až o třetinu levnější než klasické haly s příhradovými vazníky
- technicky zajímavá konstrukci s jistou vnitřní krásou, která v plné míře využívá všech pozitivních vlastností oceli a otevírá nové možnosti v navrhování ocelových konstrukcí.





4.10. Sanace skal

U pískovcové skalní stěny se objevily trhliny, stěna hrozí sesuvem

Problém

U pískovcového materiálu dochází vlivem eroze k oddělování velkých bloků od základní masy skály. Sanace takto uvolněného mnohatunového skalního masivu nalézajícího se ve velké výšce nad terénem je obtížná. Proto se zpravidla řeší tím, že takto uvolněné kamenné kvádry jsou mechanicky rozbity a strženy dolů a skalní masiv je zajištěn proti padajícímu kamení venkovní drátěnou sítí. Všechny tyto práce probíhají zpravidla horolezeckou technikou, neboť skalní masiv je jen obtížně dostupný pro bourací a vrtací techniku.

Příčina problému

Zvětrávání horniny, tektonické poruchy.

Řešení

I výše uvedený problém lze řešit pomocí vnesení dodatečného předpětí a to podobným způsobem, jak již bylo ukázáno v kapitole 3.1., Opravy masivních základů. I v těchto případech sešíváme jednotlivě uvolněné bloky horniny s pevnou základnou k sobě pomocí letmého dlouhého hlubokého vrtu, který osazujeme následně letmým kotvením předpínacího prvku lana nebo tyče, doplněného speciální silikátovou kotevní maltou.

Toto řešení lze velmi efektivně využít na stabilizaci těžko přístupných uvolněných skalních bloků, kdy za použití speciální elektrické vrtací techniky lze i tímto nářadím provést dlouhé a hluboké vrty a manipulovat s nářadím za použití pouze horolezecké techniky. Vlastní realizaci, vždy předchází inženýrsko-geologický a statický průzkum zájmové oblasti a technický návrh nejvhodnějšího řešení podložený statickým výpočtem. Předpoklady výpočtu jsou v průběhu realizace ověřovány kontrolou pevnosti kamene a dosažené vnesené síly. Dosažené výsledky je pak možno dlouhodobě sledovat pomocí osazeného monitorovacího zařízení.

Případová studie

Sanace skal u památkového objektu - hradu

Firma PEEM, spol. s r.o. dlouhodobě spolupracuje (i sponzorstvím) na obnově středověkého hradu Cimburk u Koryčan na Kyjovsku. Část hradního paláce a zejména jeho parkány se nalézají v pásmu sesuvu celého svahového masivu. Požadavek na zajištění sesouvajících se hradních zdí byl poslední impulzem pro odzkoušení postupu stabilizace uvolněných pískovcových kvádrů pomocí sešití s původním pevným skalním podložím. Vrtací práce do hloubky více jak 6 m byly prováděny pomocí lehkého elektrického nářadí, s kterým je možno manipulovat ručně. Pro vrtání byly použity jádrové vrtáky jako u strojního vrtání za využití upraveného stojanu vrtačky. Vrt byl v patě v místě kotvení rozšířen pomocí speciální frézy. Toto rozšíření

rozšíření bylo opakovaně provedeno i nad kotevní oblastí. Hmoždíkové rozšíření zajistilo přenos síly z kotevní oblasti do skalního masivu. Do vrtu vedoucího až do pevného pískovcového masivu bylo osazeno přepínací lano typu Monostrand s osazeným letmým kotvením. Kotevní oblast i s vytvořenými hmoždíky pak byla zalita expanzní záливkovou silikátovou hmotou. V horní části bylo pak přepínací lano osazeno přes jednolanovou kotvu na kotevní desku a celá kotevní oblast byla předepnuta. Postup předpínání byl sledován na manometru čerpadla přepínací pistole. Kotevní deska byla umístěna 0,5 m pod vnějším povrchem pískovce a to proto, aby velké tlakové namáhání pod kotevní deskou bylo přenášeno do již zdravého a neztvářelého pískovcového kamene. Kotevní oblast, lano a kotva byla protikorozně ošetřena a celá kotevní oblast byla zapravena speciální směsí odpovídající svým složením a barvou pískovci. Uvolněný balvan byl přišit k pevnému podloží a jeho vzhled zůstal zachován. Vlastní lano je dlouhodobě chráněno inhibitory koroze v pasivačním vosku, pak pevnou PE folií a nakonec obetonováním. Obdobným způsobem jsou proti korozi chráněny i kotevní prvky. To zajišťuje dlouhou životnost tohoto technického řešení.

Výhody zvoleného řešení

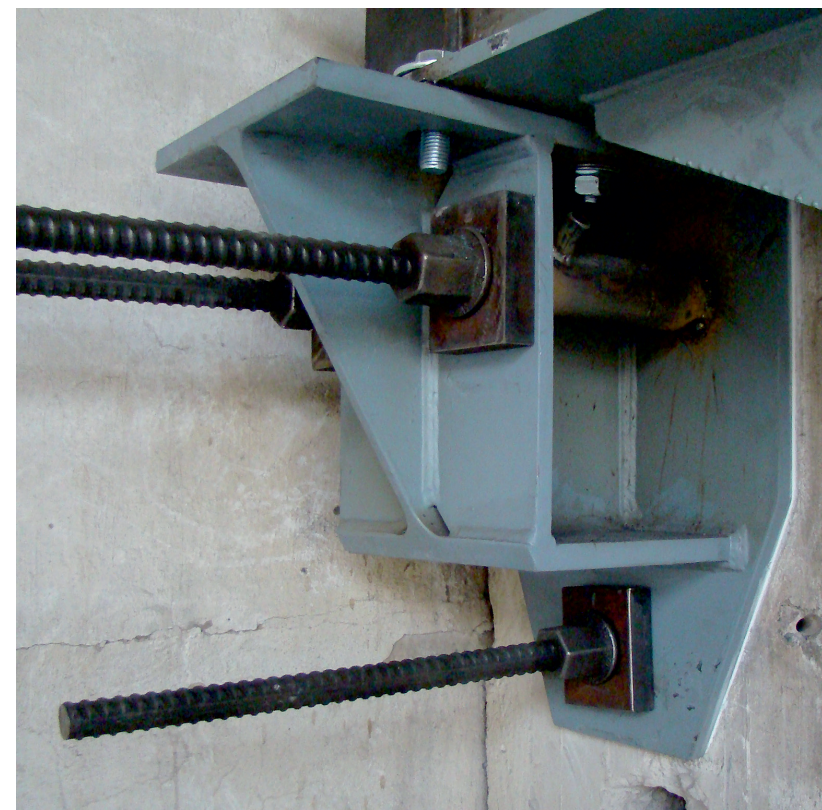
- největším přínosem je úspora investičních nákladů
- lze vrtat i v těžce přístupných prostorách pouze horolezeckou metodou
- při použití průběžného jádrového vrtáku s vylamovacím zakončením lze při vhodně zvoleném technologickém postupu provádět hluboké a dlouhé vrty
- použití ušlechtilého ocelového materiálu s vysokou efektivitou k zajištění stability
- variabilita technického řešení, které je ušité na míru statikem s odpovídající technickou přípravou



5. Jak to děláme

Vzhledem k našemu motto „Od záměru k realizaci“ chceme zákazníkovi vždy poskytnout komplexní službu tak, abychom mohli ručit nejen za realizaci, ale za nejlepší řešení, které jsme navrhli nebo pomohli s jeho návrhem. Proto v řadě případů předchází vlastnímu návrhu stavební průzkum nebo statický výpočet, který nás navede k optimálnímu řešení.

K vlastnímu zesilování pomocí vnesení dodatečného předpětí používáme prakticky výhradně předpínací systém kabelů – lan Monostrand. Jedná se o jednolanový systém bez soudržnosti, je složen z předpínacích lan převážně průměru 15,7mm (0,6“S), uložených v HDPE chrániče s mazivem. Tím je zajištěna vynikající dvoustupňová protikorozní ochrana a dochází k minimální ztrátě předpínací síly vlivem tření. Vnější průměr jedno-lanových kabelů monostrand je 20 mm. Instalace tohoto lehkého systému je mimořádně rychlá, díky jeho rozměrům ho lze použít i do velmi tenkých konstrukcí a je velice flexibilní při koordinaci s měkkou výztuží. Lana mohou být vedena skrytě v kanálcích uvnitř konstrukce (památky, obytné budovy). Tam, kde to esteticky nevede, se vedou po povrchu konstrukce (průmysl). Ke kotvení používáme často systém PAUL, pro tyče pak systém DYWIDAG. Lana se napínají pomocí předpínacích pistolí, nověji s hydraulickým agregátem.



Ajaké výhody Vám zpevnění pomocí kotevních lan přinese?

- Nejvýznamnějším přínosem je cena za realizaci v porovnání s klasickým způsobem
- Čisté řešení, montáž bez výkopových a zemních prací, bez suti a prachu
- Bez přerušení výroby a provozu
- Velmi rychlá realizace – ne měsíce, ale dny
- Žádná překážka v hele, skladu, výrobním prostoru a tím žádné snížení jeho hodnoty
- Zvýšení únosnosti v řádech ne desítek, ale stovek %
- Elegantní, estetické a trvanlivé řešení
- Zvýšení bezpečnosti práce
- Kompletní odstranění poruch zpevňovaných konstrukcí
- Staticky jasné a zaručené působení s možností ověření
- Šetrné k životnímu prostředí – minimalizace výroby a přesunu hmot, což ve svém důsledku snižuje produkci skleníkových plynů

Abyste dosáhli cíle, nepotřebujete :

- demolice, výkopy, spojené s nečistotou, prachem, provozem nákladních aut
- nákladnou projektovou dokumentaci, spojenou s projednáváním na úřadech
- výměnu nosníků, konstrukčních prvků
- nový vestavěný systém pro novou jeřábovou dráhu
- nový nosný systém sloupů a základových patek mimo stávající modulový systém
- obandážování železobetonových sloupů formou nového vnějšího nosného ocelového systému
- zesilování konzol pomocí ocelových příložek

a s tím spojené velké výdaje, které můžete ušetřit a uplatnit jinde a potřebněji.

Popsané postupy je možno nekonečně modifikovat a rozvíjet, neboť ohebné lano umožňuje trasování dle potřeb a možností konstrukce.

Těšíme se na nová zadání, výzvy a úkoly.



6. Kontakty

PEEM, spol. s r.o.

Čajkovského 35, Brno, 61600, Česká republika

Společnost je zapsána v obchodním rejstříku KS Brno. oddíl C, vložka 9308

IČ: 479 03 627

DIČ: CZ47903627

Bankovní spojení: KB Brno město, č. účtu 122302621/0100

Zastoupená: Ing. Jiřím Chalabalou, jednatelem

Telefon: +420 549 249 068, +420 602 531 526, +420 725 716 741

Fax: +420 549 249 068

E-mail: peem@peem.cz

<http://www.peem.cz>