

Peter Paulík

TECHNOLÓGIE VÝSTAVBY BETÓNOVÝCH MOSTOV

Časť 4: technológia pevnej a výsuvnej skruže

Bratislava, 2024

TECHNOLÓGIE VÝSTAVBY BETÓNOVÝCH MOSTOV

Časť 4: technológia pevnej a výsuvnej skruže

V knihe sú popísané technológie výstavby betónových mostov technológiou pevnej a výsuvnej skruže. Okrem popisu jednotlivých technologických častí sa kniha venuje aj základnému koncepčnému návrhu mostov stavanými s použitím skruží a možnostiam rôznych modifikácií tejto technológie. Časť knihy je venovaná aj špecifickým problémom pri statickom návrhu takýchto mostov v štádiách výstavby a užívania.

Predkladaná publikácia je určená predovšetkým poslucháčom stavebných fakúlt, projektantom, realizátorom a stavebným dozorum, ktorý v nej nájdu historické, ako aj najnovšie informácie z oblasti projektovania a zhotovovania betónových mostov technológiou letmej montáže a montáže po poliach.

©doc. Ing. Peter Paulík, PhD.

Recenzenti:

prof. Ing. Jaroslav Halvoník, PhD.

prof. Ing. Martin Moravčík, PhD.

prof. Ing. Vladimír Benko, PhD.

Ing. Richard Púček

Ing. Martin Chrappa

Vydalo vydavateľstvo IRIS – Vydavateľstvo a tlač, s.r.o. v roku 2024.

Pozn.:

Slovenská komora stavebných inžinierov nenesie žiadnu zodpovednosť za obsah tejto publikácie.

Rozsah: 81 strán, 5,7 autorských hárkov, 112 obrázkov, 1. vydanie, náklad 100 výtlačkov a elektronická verzia v PDF.

ISBN 978-80-8200-141-2

Publikácia bola vydaná s finančným príspevkom Slovenskej komory stavebných inžinierov.



Vydanie knihy podporili aj firmy:

Doprastav



OBSAH:

Predslov	4
1. História betónových mostov zhotovených technológiou pevnej a výsuvnej skruže na Slovensku	5
2. Výhody a nevýhody technológie pevnej a výsuvnej skruže	15
3. Základný princíp výstavby betónových mostov s použitím pevnej a výsuvnej skruže... ..	16
3.1 Pevná skruž	16
3.2 Výsuvná skruž	20
4. Predbežný návrh geometrie priečneho a pozdĺžneho rezu	25
5. Statické riešenie mostov stavaných technológiou pevnej a výsuvnej skruže	30
Výstavba s využitím pevnej skruže – jednofázová betonáž celého mosta	30
6. Technologické časti a výstavba mostov s využitím pevných a výsuvných skruží	39
7. Najnovší trend vývoja technológie výsuvných skruží	72
8. Záver	75
9. Použitá literatúra	78
10. Použité symboly a značky	80
11. Vecný register	81

Predslov

Technológie výstavby mostov patria medzi najrýchlejšie sa vyvíjajúce odvetvia stavebníctva, ktoré dokážu vo veľmi krátkej dobe implementovať najnovšie poznatky z rôznych oblastí, ako sú informačné systémy, výsledky výskumu a vývoja, ako aj dostupné stavebné materiály. Dôvodom je snaha zhotoviteľov byť konkurencieschopný v prostredí, kde je jednak tlak na čo možno najnižšie ceny (čo však býva často aj kontraproduktívne) a jednak na rýchlosť výstavby. Voľbou vhodnej technológie výstavby mosta, resp. jej vhodnou modifikáciou, sa dajú ušetriť nemalé finančné prostriedky, resp. čas na výstavbu. Preto by mal každý mostár poznať rôzne možnosti výstavby mostov, vedieť zhodnotiť ich výhody a nevýhody a nakoniec zvoliť najvhodnejší spôsob stavby mosta v danom geografickom, finančnom a časovom priestore.

Kniha venovaná technológii výstavby betónových mostov s využitím pevných a výsuvných skruží je štvrtou knihou z pripravovanej série o technológiách stavby mostov, pričom si dala za cieľ prezentovať najnovšie poznatky z tejto oblasti. Kniha je predovšetkým určená pre študentov, ale aj projektantom, zhotoviteľom a stavebným dozorom.

Autor čerpal informácie z historických a najnovších kníh a odborných článkov venujúcich sa danej problematike, ako aj z osobných skúseností a návštev stavenísk. Množstvo nových fotiek v knihe je z autorovho archívu, z mostov, ktoré sa na Slovensku postavili týmito technológiami za posledných 19 rokov (2005 – 2024).

V knihe sú v rámci textov aj tzv. QR kódy s odkazmi na autorove videá, resp. doplnkové informácie, pre lepšie pochopenie niektorých technologických častí.

Každý diel knihy je venovaný niektorému z odborníkov z oblasti stavby betónových mostov na Slovensku, ktorých autor osobne poznal. Tretí diel vzdáva poctu **doc. Ing. Ľubomírovi Bolhovi, PhD.**, ktorý vchoval v rámci Stavebnej fakulty STU v Bratislave viacerých významných mostárov a bol aj mojim učiteľom. Okrem iného sa podieľal aj na príprave projektu prípojných estakád Prístavného mosta v Bratislave, kde sa prvý krát použila technológia výsuvnej skruže na Slovensku.



Viac o doc. Ing. Ľubomírovi Bolhovi PhD.:



V Bratislave, február 2024

Peter Paulík

1. História betónových mostov zhotovených technológiou pevnej a výsuvnej skruže na Slovensku.

1.1 Pevná skruž

Technológia pevnej skruže je najstaršou metódou výstavby betónových mostov a bola použitá v rámci prvých aplikácií prostého betónu na výstavbu klenieb. Drevené debnenie sa používa dodnes, najmä pre mosty najkratších rozpätí, ale v niektorých prípadoch, ako to bude prezentované na ďalších stranách knihy, aj pre dlhšie, viac-poľové mosty a to najmä vďaka jednoduchosti tejto metódy výstavby. Používa sa tiež pre zložitejšie tvary mostov, ktoré vyplývajú napr. z architektonickej požiadavky.

Pre ilustráciu sú na úvod uvedené aspoň nasledovné 2 príklady aplikácie tejto technológie.

Krásno nad Kysucou

Nie je úplne jednoznačné, kedy sa na území Slovenska použil prvýkrát betón na výstavbu mostov a teda, kedy sa prvýkrát použila aj klasická skruž.

Avšak jedným z prvých a zároveň dodnes zachovaných mostov zo železobetónu, je most v Krásne nad Kysucou typu Monier z roku 1891. Most bol postavený na základe patentu kúpeného firmou Wayss, s využitím klasickej drevenej skruže. Svetlosť oblúkov je 16,45 m s premennou hrúbkou klenby (klenba je hrubšia pri podperách, avšak pri bočnom pohľade je táto zmena hrúbky zakrytá bočnými stenkami). Most bol zrekonštruovaný v roku 2014, kedy bol zároveň zosilnený druhou nadbetónovanou klenbou a je jedným z najstarších dodnes fungujúcich mostov tohto typu v Európe.



Obr. 1 Najstarší zachovaný železobetónový most na Slovensku z roku 1891 v Krásne nad Kysucou (fotka z roku 2011, pred rekonštrukciou mosta, po viac ako 120 rokoch prevádzky).



Obr. 2 Fotka z výstavby podobného mosta z rovnakého obdobia.

Komárno [1]

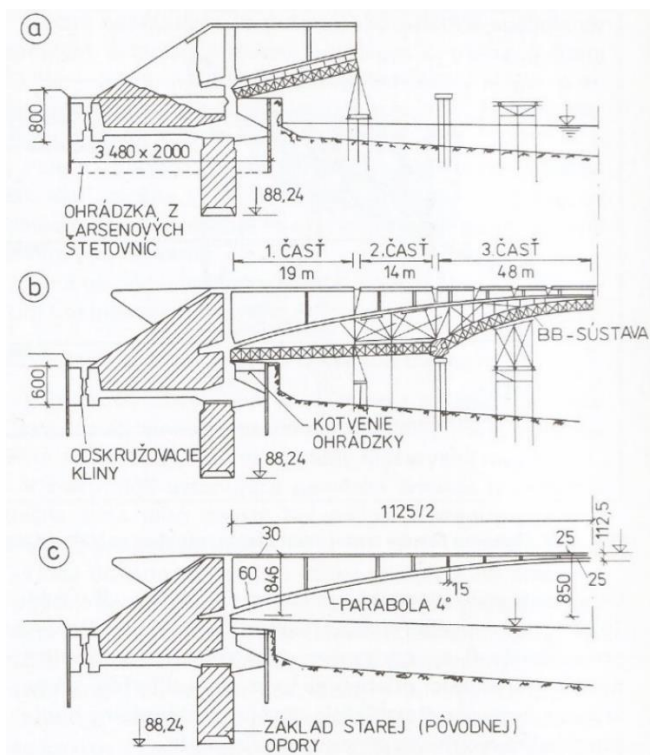
Za významný míľnik pri výstavbe betónových mostov s využitím skruže môžeme považovať výstavbu železobetónového oblúkového mosta v Komárne, v rokoch 1951 – 1955, so svetlosťou oblúka 112 m. Pri jeho výstavbe sa použili viaceré modifikácie a fázovanie výstavby tak, aby sa eliminovalo sadanie a deformácie skruže počas betonáže. Tento most sa po dokončení, v roku 1955, stal rekordným mostom z titulu tzv. „smelosti oblúka“, ktorý sa definuje a druhá mocnina rozpätia predelená vzopätím oblúka ($s_o = L_{eff}^2 / f$). Most v Komárne dosahuje smelosť oblúka až 1489 m, čím prekonal dovtedajší rekord podobného mosta v Talianku - Ponte Risorgimento (svetlosť: 100 m, smelosť oblúka 1000 m).



Obr. 3 Oblúkový betónový most v Komárne (foto – 2011)

Aj keď postup výstavby mosta uvažoval aj s konsolidáciou podlažia za oporami, jej aktiváciou pomocou hydraulických valcov (lisov), po dokončení mosta došlo k ďalším deformáciám zeminy od horizontálnych síl v päte oblúka. To malo za následok postupný pokles vrcholu

klenby (až 75 cm) a k nutnému návrhu zosilnenia mosta (projekt zosilnenia bol vypracovaný v roku 2022).



Obr. 4 Schéma výstavby betónového oblúkoveho mosta v Komárne na pevnej skruži [1].

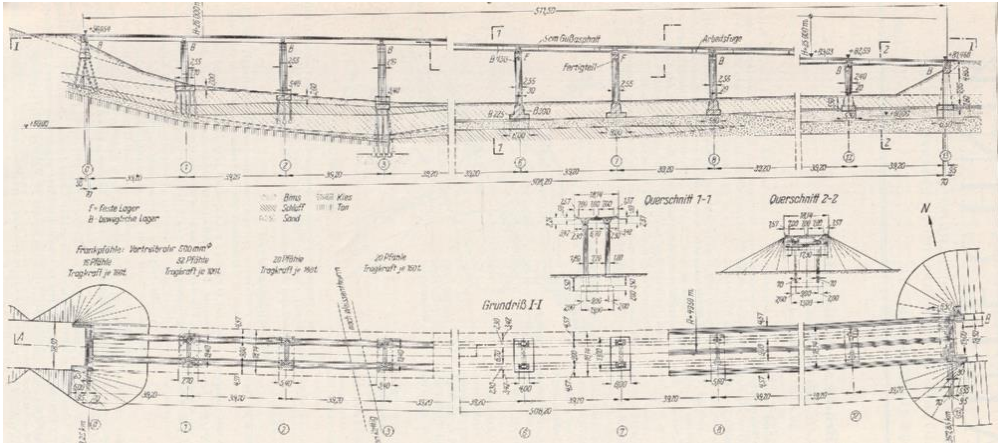
Na Slovensku sa pomocou pevnej skruže postavili tisíce mostov rôznej dĺžky, rozpätí a výšky nad terénom. Avšak už žiadna ďalšia aplikácia tejto technológie nebola taká komplikovaná, ako v prípade mosta v Komárne. Pri ďalších mostoch sa jednalo už viac-menej o štandardné riešenia skruže pre rôzne komplikované geometrie.

Neexistuje hádam žiadny diaľničný, alebo cestný úsek pri ktorom by sa táto najjednoduchšia a zároveň najviac variabilná technológia nebola použila.

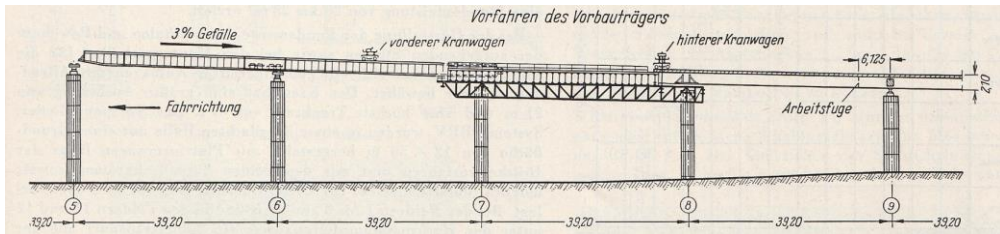
1.2 Výsuvná skruž.

Technológia výstavby betónových mostov výsuvnou skružou bola vyvinutá v 60-tych rokoch 20. storočia v Európe. Prvým mostom postaveným touto technológiou bol most Kettiger Hangbrücke v Nemecku, dokončený v roku 1961 (max. rozpätie 39,2 m, dl. mosta 511,5 m).

Na presun samotného debnenia sa používal podporný trám dlhší ako dvojnásobok najväčšieho rozpätia (dl. 81,4 m), po ktorom sa na vozíkoch presúvala koňštrukcia debnenia do ďalšieho záberu (obr. 6). Koňštrukcia debnenia bola v zadnej časti podvesená na krátku konzolu už hotovej časti mosta.



Obr. 5 Most Kettiger Hangbrücke – schéma mosta [6].



Obr. 6 Schéma výsvunvej skruže použité na stavbu mosta Kettiger Hangbrücke [6].



Obr. 7 Fotka z výstavby mosta Kettiger Hangbrücke [6].

Prehľad vybraných mostov stavaných výsuvnou skružou na Slovensku.

Výstavbe mostov na Slovensku, okrem technológie pevnej skruže, dominovali od 50. rokov 20. storočia najmä technológia tyčových prefabrikátov, segmentové konštrukcie stavané letnou montážou a letmá betonáž. Z tohto dôvodu sa technológie, akými sú vysúvanie (1. diel knihy) a výsuvná skruž, presadzovali len veľmi pomaly.

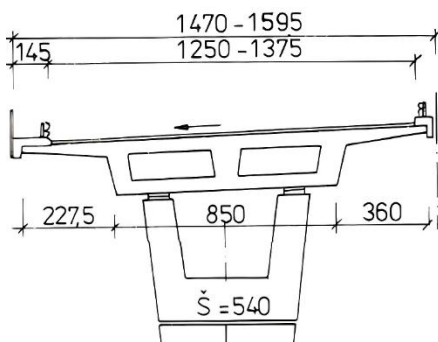
Estakády Prístavného mosta v Bratislave [1], [2]

Výsuvná skruž bola na Slovensku prvý krát použitá pri výstavbe prípojných estakád mosta Hrdinov Dukly (dnes Prístavný most), stavaných v rokoch 1980 – 1985 v Bratislave. Podrobný popis tejto technológie je v kapitole 6.5.



Obr. 8 Výstavba predpolí mosta Hrdinov Dukly (dnes Prístavný most) [1].

Celkovo boli touto výsuvnou skružou postavené 4 prípojnú estakády s celkovým počtom polí 77 a s max. rozpätím 41 metrov. Najskôr sa stavali diaľničné estakády na pravom brehu Dunaja (dl. 362 m a 368 m) a následne na ľavom brehu (dl. 563 m a 476 m).



Obr. 9 Priečný rez predpolí mosta Hrdinov Dukly (dnes Prístavný most) [1].

Následne rozvoj tejto technológie stagnoval, resp. boli preferované iné technológie pre viacpoľové mosty, ktoré boli v tom čase už na vyššom stupni vývoja (najmä technológia letmej montáže a technológia tyčových prefabrikátov).

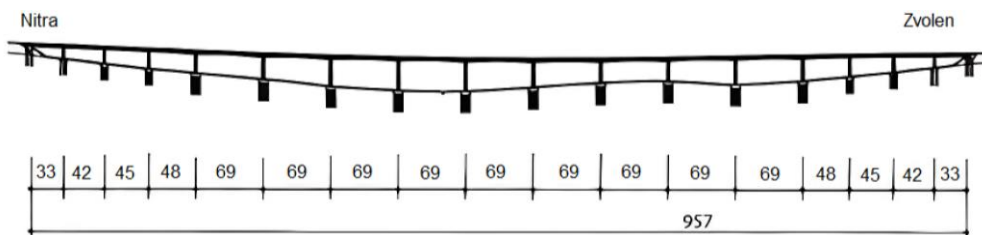
Most na R1 pri Nitre [7].

Za ďalší míľnik pre túto technológiu na Slovensku môžeme považovať až nasadenie veľkej výsuvnej skruže s horným trámom pri výstavbe rýchlostnej cesty R1 pri Nitre, úsek Selenec – Beladice, v roku 2009. Most dĺžky 957 metrov s maximálnym rozpätím 69 metrov bol stavaný na plný diaľničný profil, pričom najskôr sa výsuvnou skružou zhotovila komora mosta, na ktorú sa následne osadili prefabrikované vzpery a dobetónovali konzoly priečného rezu. Priečny rez má premennú výšku od 2,6 metra v strede rozpätia po 4,0 metra nad podperami.

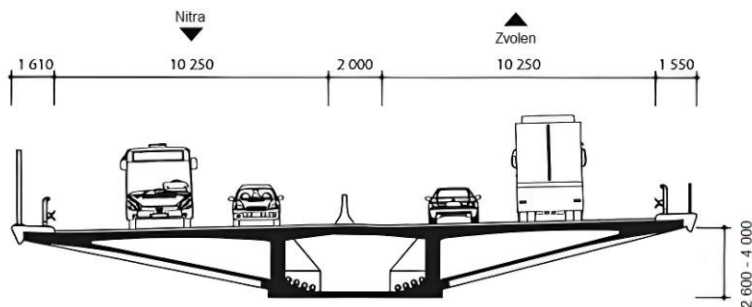
Pri tomto moste bola použitá nová výsuvná skruž s horným trámom s počítačom regulovanou silou v spodnej pásnici skruže, podľa jej reálnych deformácií. Táto technológia umožnila nárast rozpätí pre mosty stavané výsuvnou skružou na viac ako 70 metrov. Skruž bola dovezená z Portugalska na približne 80 kamiónoch a jednalo sa o jednu z prvých aplikácií tohto druhu výsuvných skruží na svete.



Obr. 10 Výstavba mosta na rýchlostnej ceste R1 pri Nitre (2010) [7].



Obr. 11 Schéma mosta v pozdĺžnom reze [7].



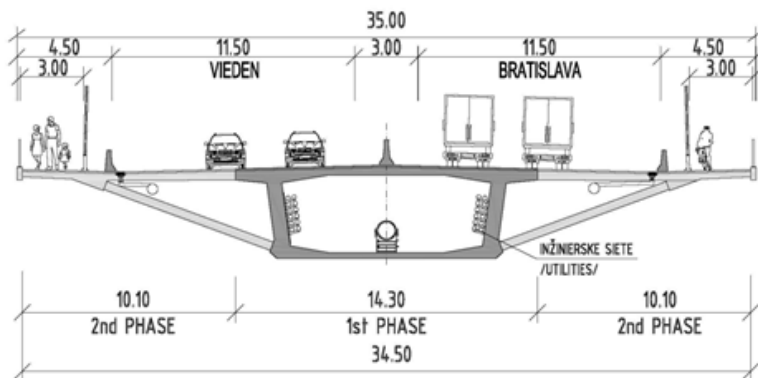
Obr. 12 Schéma mosta v priečnom reze [7].

Estakády na obchvate Bratislavy, diaľnica D4 [8, 12]

Jednou z najvýznamnejších aplikácií výsuvnej skruže na Slovensku, ale aj vo svetovom meradle, bola výstavba estakád vedúcich na mosty premostujúce rieku Dunaj a veslársku dráhu, ktoré boli budované technológiou letmej betonáže (pozri 2. diel knihy). Pre tieto prípojné estakády s max. rozpätím poľa 70 metrov a dĺžky 780,5 (pravostranná estakáda) a 1252,5 metrov (ľavostranná estakáda) sa opätovne použila výsuvná skruž z Portugalska, ktorá sa od svojej prvej aplikácie na výstavbe rýchlostnej ceste R1, pri Nitre, osvedčila aj na viacerých ďalších úsekoch diaľnic. Priečný rez tvorený komorou konštantnej výšky 4,3 metra bol vyhotovený v dvoch fázach. Hlavná časť komory bola betónovaná s využitím výsuvnej skruže a následne sa využil betónovací vozík na osádzanie vzpier a betonáž konzol priečného rezu. Šírka priečného rezu stavaného výsuvnou skružou bola 14,3 metra a celková šírka priečného rezu po dokončení konzol je 35 metrov.



Obr. 13 Výstavba ľavo-brežnej estakády (D4 – Bratislava, 2019).



Obr. 14 Schéma priečného rezu mosta [12].

Železničná estakáda ponad Nosickú priehradu [9], [13], [15]

Na Slovensku sa prvý krát použila výsvnná skruž pri výstavbe železničného mosta až v roku 2020 pri výstavbe estakády ponad Nosickú priehradu, na železničnom úseku medzi Púchovom a Považskou Bystricou. Jednalo sa o 12 poľový most s max. rozpätím 51,5 m a dĺžkou 591,6 m. Na výstavbu sa použila výsvnná skruž s dolným trámom (okrem prvého poľa ponad štátnu cestu, kde sa použila technológia letmej betonáže – pozri 2. diel knihy).

Most je okrem iného špecifický aj tým, že sa jedná o prvý železničný most Slovenska typu extradossed. Most má zároveň elektro-izolované predpínacie káble a spolu s ďalším neďalekým železničným mostom stavaným letmou betonážou, sa jedná o prvé dva mosty SR s týmto typom predpínacích káblov. Most bol nominovaný na ocenenie *fib* v roku 2022 a v roku 2023 získal cenu Stavba roka v rámci ocenenia výstavby železničného úseku Púchov - Žilina.



Obr. 15 Výstavba mosta cez Nosickú priehradu (2019).

1.1 Prehľad ďalších vybraných mostov stavaných výsuvnou skružou na Slovensku.

Základné informácie o mostoch stavaných výsuvnou skružou je možné nájsť najmä v časopise Inžinierske stavby, ako aj v rámci Národných správ Československého a neskôr Slovenského národného komitétu *fib*, ktoré vychádzali od roku 1970 ako špeciálne číslo časopisu Inžinierske stavby.

Tab. 1 Základné parametre vybraných mostov na Slovensku stavaných technológiou výsuvnej skruže [1], [2], [7] - [18].

Rok dokončenia stavby, cestný / železničný, komora / trám	Úsek	Dĺžka mosta (osi uloženia na oporách), dilatačný celok	Max. rozpätie L, dilat. celok	Výška prierezu nad podperou H1	Výška prierezu v strede poľa H2	Pomer H1/L	Pomer H2/L
		(m)	(m)	(m)	(m)	-	-
1985, C, K	Prípojné estakády Prístavného mosta	368 a 362 -P 563 a 476 -L	41,0	3,5	3,5	1/21	1/21
2009, C, T	D1 Mengusovce - Jánovce	421	37,5	2,2	2,2	1/17	1/17
2011, C, K ¹	R1 – Selenec - Beladice	957	69,0	4,0	2,6	1/17	1/27
2015, C, K ¹	D1 Jánovce - Jablonov	412,1 a 364,6	65,0	4,0	2,6	1/16	1/25
2017, C, T	D3 Strážov – Brodno (TC2 a TC4)	378 - TC2 417 - TC4	42 - TC2 44, -TC4	3,0	3,0	1/15	1/15
2019, C, T	D1 Budimír - Bidovce	547	38,0	2,0	2,0	1/19	1/19
2020, C, K	D1 Hričovské Podhr. – Lietavská Lúčka	610	58,5	3,0	3,0	1/20	1/20
2021, C, K ¹	D4 - Bratislava	780,5 – C 1252,5 - F	67,5 – C 70,0 - F	4,3	4,3	1/16	1/16
2021, Ž, K	Nosická priehrada	591,6	51,5	3,2	3,2	1/16	1/16
2025, C, T	D1 Hubová - Ivachnová	392	41,0	2,4	2,4	1/17	1/17
2026 ² , C, K ¹	R2 Kriváň – Lovinobaňa obj. 209	680	70,0	3,5	3,5	1/20	1/20

¹ - finálny priečny rez po dobetónovaní konzol na plný profil diaľnice

²- plánovaný dátum dokončenia

2. Výhody a nevýhody technológie pevnej a výsuvnej skruže.

Pevná skruž je vhodná na akúkoľvek geometriu mosta v priečnom a pozdĺžnom reze. Jediným významným limitom je výška konštrukcie nad terénom (do cca 30 m), prístupnosť terénu pod mostom a únosnosť podlažia pod skružou. Používa sa zväčša pre rozpätia 2 – 60 m.

Výhody pevnej skruže:

- vhodná na akúkoľvek geometriu mosta,
- jednoduchá technológia,
- jednoduchá modifikácia a využiteľnosť pre rôzne ďalšie mosty,
- pri krátkych mostoch je možná nefázovaná výstavba z čoho vyplývajú optimálnejšie rozmery konštrukcie a vedenie predpínacích káblov,
- výstavba neovplyvňuje tvar spodnej stavby.

Nevýhody pevnej skruže:

- terén pod mostom musí byť prístupný,
- terén musí byť dostatočne únosný a je nutná úprava terénu,
- vysoká prácnosť,
- pomalá rýchlosť výstavby v porovnaní s inými technológiami,
- preklopenie prekážok je limitované únosnosťou hlavných nosníkov skruže,
- limitom je aj výška mosta nad terénom.

Výsuvná skruž sa požíva pre viacpoľové mosty, pričom technológia je vhodná najmä pre rozpätia 30 až 70 metrov, pričom teoretický limit je až 80 – 90 m pri využití technológie OPS (Organic Prestressing System – pozri kapitolu 7).

Výhody výsuvnej skruže:

- jednoducho sa dá prispôbiť aj pôdorysne zakrivenej geometrii mosta (avšak polomery smerových oblúkov nesmú byť príliš malé – podľa výrobcu skruže),
- nezávislosť na teréne pod mostom,
- vysoká rýchlosť výstavby (až 70 – 80 m / 2 týždne),
- pozitívne statické pôsobenie pri fázovanej výstavbe,
- prekonsolidácia podlažia tiažou skruže,
- dobrý prístup do výroby po už hotovom moste,
- malý počet pracovných škár v porovnaní so segmentovými mostami,
- výstavba zvršku môže prebiehať len pár polí za budovanou časťou.

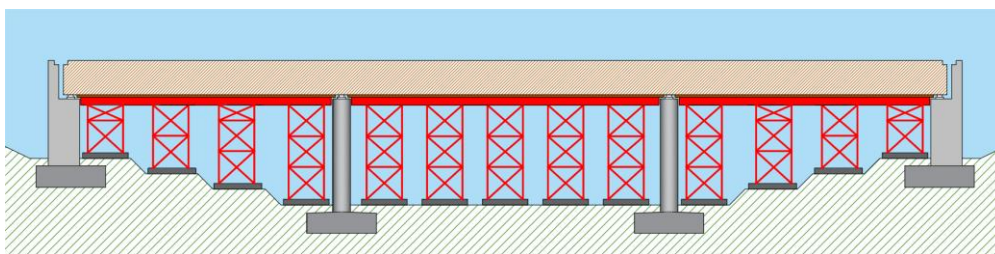
Nevýhody výsuvnej skruže:

- pomerne vysoká nadobúdacia cena,
- nutné úpravy pilierov na osadenie oceľových podporných priečnikov,
- vysoké náklady na prepravu a montáž skruže,
- možné obmedzenie existujúcimi objektmi tesne pod, resp. nad budovaným mostom (podľa druhu skruže),

3. Základný princíp výstavby betónových mostov s použitím pevnej a výsuvnej skruže.

3.1 Pevná skruž

Technológia pevnej skruže je najstaršou a zároveň najjednoduchšou technológiou pre výstavbu betónových mostov. Jej princíp spočíva v zhotovení podpernej konštrukcie pre uloženie debnenia, v rámci ktorého následne prebieha vystužovanie a betonáž jednotlivých častí hornej stavby. Podperná skruž sa ukladá na upravený terén s dostatočnou únosnosťou na pokrytie zaťaženia od vlastnej tiaže skruže, výstuže a čerstvého betónu. Podložie musí vyhovieť aj na definované limitné hodnoty sadania počas inštalácie skruže, betonáže, až po odskrúženie betónovanej časti konštrukcie.



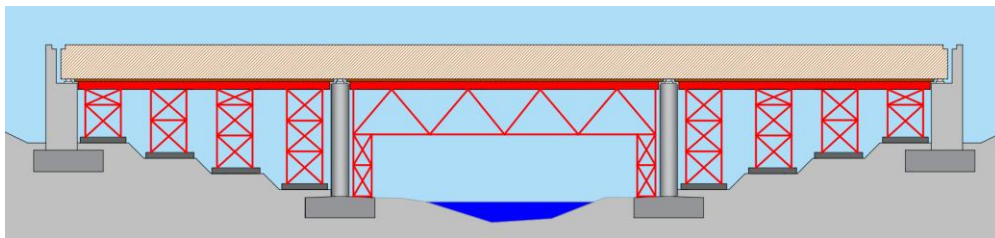
Obr. 18 Výstavba mosta pomocou pevnej skruže.



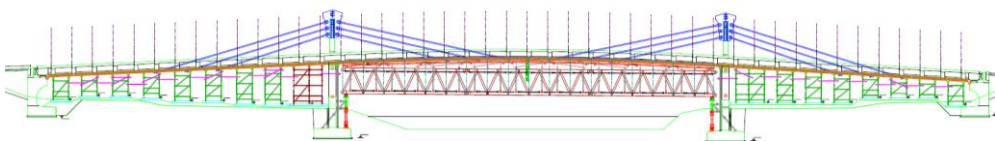
Obr. 19 Výstavba mostov pomocou pevnej skruže (Považská Bystrica, 2009).

Pre kratšie mosty (1 až 3. polové) prebieha betonáž v jednom zábere po celej dĺžke mosta (obr. 18, 20 a 23).

V prípade, že priestor pod mostom nie je vhodný na stavbu podperných veží, napr. nad vodným tokom, je možné prekážku premostiť podpernou oceľovou konštrukciou (štandardne max. do cca 40 metrov, obr. 20, 21 a 22). Podobne v prípade, keď priestor pod mostom musí ostať voľný, napr. v prípade stavby mosta ponad cestu, je možné zabezpečiť gabarit oceľovými nosníkmi (obr. 25). V oboch prípadoch je potrebné počítať s väčším zaťažením na skruž v miestach podopretia nosníkov preklenujúcich danú prekážku.



Obr. 20 Schéma skruže v prípade stavby mosta ponad rieku.



Obr. 21 Realizačná schéma skruže lávky pre peších v Topolčanoch (vodný tok je premostený oceľovou priehradovou konštrukciou).

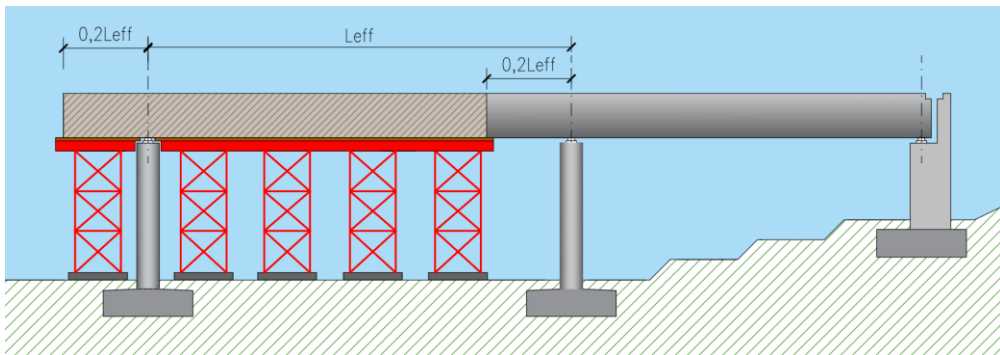


Obr. 22 Výstavba lávky pre peších v Topolčanoch (max. rozpätie lávky 38m, 2020).



Obr. 23 Podperná skruž pre debnenie lávky ponad potok (Holíč, 2023)

V prípade, že most má viac ako 3 polia, sa zväčša volí betonáž po poliach, s pracovnou škárou v mieste nulových ohybových momentov od vlastnej tiaže konštrukcie v definitívnom štádiu (vo vzdialenosti približne $0,2 \sim 0,25 L_{eff}$ od osi podpery – obr. 24 a obr. 25).

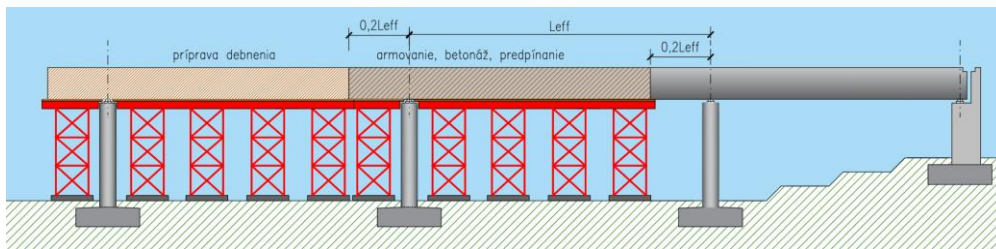


Obr. 24 Výstavba mostov pomocou pevnej skruže- fázovaná výstavba pre viacpol'ové mosty



Obr. 25 Výstavba mostov pomocou pevnej skruže (premostenie cesty oceľovými nosníkmi)

Pre urýchlenie výstavby sa často už počas armovania, betonáže a predpínania jedného záberu, pripravuje už debnenie ďalšieho záberu (obr. 26 a obr. 27).

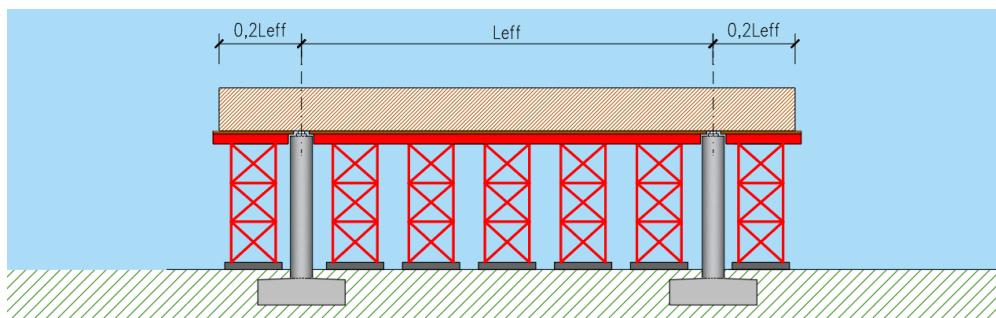


Obr. 26 Výstavba mostov pomocou pevnej skruže (predpríprava debnenia v ďalšom poli)



Obr. 27 Výstavba mostov pomocou pevnej skruže (predpríprava debnenia v ďalšom poli)

V prípade niektorých okolností výstavby, je možné betonáž začať aj od stredu mosta smerom k oporám (obr. 28 a obr. 29), čím sa ale strácajú niektoré výhody popísané v predošlom odstavci.



Obr. 28 Výstavba mosta od stredu smerom k oporám



Obr. 29 Výstavba mosta v smere od stredu k oporám (Svrčinovec, 2015)

3.2 Výsuvná skruž

Výsuvná skruž sa používa pre viacpoľové konštrukcie. Základný princíp spočíva v skruži, ktorá je prispôbena a vybavená hydraulickým systémom na jej presun do ďalšieho betonážneho záberu. V prevažnej väčšine je skruž podopretá počas presunu pomocnými krátkymi konzolami kotvenými do pilierov, resp. priamo na pilieroch. Rozlišujeme dve základné druhy výsuvných skruží:

- Výsuvná skruž s horným trámom - hlavný nosný trám, resp. trámy, skruže sú umiestnené nad budovanou konštrukciou a debnenie je na ňom podvesené.
- Výsuvná skruž s dolným trámom - hlavné nosné trámy sú umiestnené pod budovanou konštrukciou mosta a debnenie je na ňom podopreté.

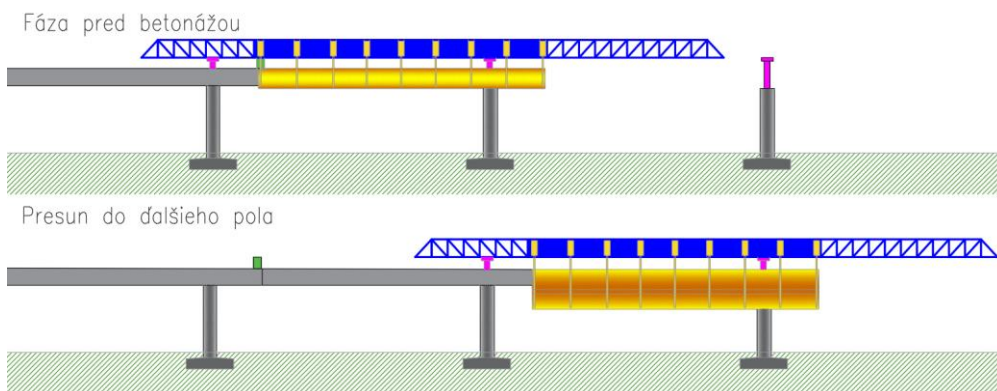
Most sa stavia, podobne ako v prípade viacpoľových mostov stavanými technológiou pevnej skruže po poliach, s pracovnou škárou v miestach nulových ohybových momentov od vlastnej tiaže v definitívnom štádiu ($0,2 \sim 0,25 L_{eff}$ od osi podpory). Výsuvné skruže sú spravidla počas betonáže podopreté v prednej časti na pilieri a v zadnej časti na konzole už hotového mosta. Takéto riešenie zabezpečuje, okrem výhody pre statiku a trvanlivosť mosta, aj nasledovné výhody pre samotnú výsuvnú skruž:

- Priaznivejšie prerozdelenie ohybových momentov na hlavných trámoch výsuvnej skruže (nosník s previslým koncom). Takéto riešenie výrazne redukuje najmä priehyb skruže počas betonáže a umožňuje preklenúť väčšie rozpätia aj s menšími rozmermi nosných prvkov výsuvnej skruže.
- Spojitosť deformácií výsuvnej skruže s už hotovou časťou mosta – nevzniká zlom v geometrii mosta vplyvom zdeformovania skruže od tiaže čerstvého betónu.

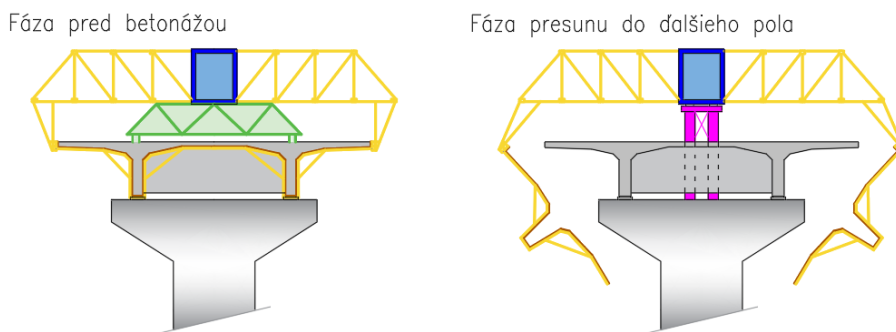
Vlastná tíž debnenia, ktorá zaťažuje samotné nosné trámy skruže, často presahuje 20% z hmotnosti armatúry a čerstvého betónu. Celková tiaž skruže je približne 50% tiaže betónu.

Výsuvná skruž s horným trámom

Výsuvná skruž môže mať jeden, alebo viacej hlavných nosných trámov, ktoré sú umiestnené nad budovanou nosnou konštrukciou mosta. Samotné debnenie je podvesené na hlavnom tráme / trámoch. Presun je realizovaný po roztvorení skruže (ovládané hydraulicky) tak, aby pri presune jednotlivé časti obišli hlavicu piliera.



Obr. 30 Schéma princípu výsuvnej skruže s horným trámom vo fáze pred betonážou (schéma bez pomocných závesov) a vo fáze presunu do ďalšieho pola.



Obr. 31 Schéma princípu výsuvnej skruže s horným trámom vo fáze pred betonážou a vo fáze presunu do ďalšieho pola

Dĺžka hlavného trámu / trámov skruže, vrátane predného a zadného výsuvného nosa používaných pri presune skruže je približne 2 násobok najväčšieho rozpätia, čo zabezpečuje je podopretie v každej fáze výsuvu skruže.

Podrobnejší popis presunu skruže je v kapitole 6.2.



Obr. 32 Výsuvná skruž s horným trámom – presun do ďalšieho záberu (ScS)

Výhody výsuvných skruží s horným trámom:

- Priestor pod mostom obmedzujú počas výstavby len čiastočne (dôležité pri premostovaní cestných a železničných trás, prípadne iných prekážok).
- Možné prekrytie výrobné.
- Väčšia adaptabilita na rôzne priečne rezy a geometriu (pôdorysné zakrivenie môže mať menšie polomery ako v prípade skruží s dolným trámom).
- Minimálny vplyv na tvar pilierov.
- Nie sú potrebné kolesové žeriavy, keďže súčasťou skruží sú aj žeriavové dráhy.

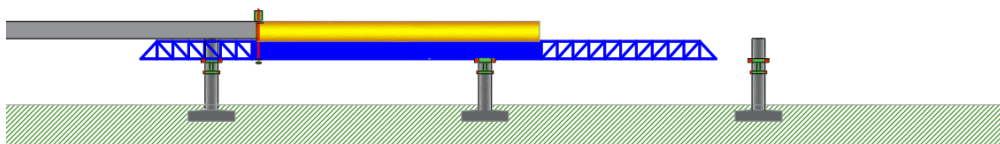
Nevýhody výsuvných skruží s horným trámom:

- Potreba podopretia skruže nad pilierom – nutné vynechať kapsy, možný konflikt s polohou ložísk (možné eliminovať prefabrikáciou zárodku, čo zároveň urýchľuje výstavbu).
- Vkladanie predviazaných armokošov je obmedzený najmä geometriou koncového priečnika skruže.
- Závesy skruže prechádzajú cez betónovanú časť mosta.
- Účinky vetra na skruž a následne na NK mosta sú väčšie ako v prípade výsuvnej skruže s dolným trámom.
- Možný konflikt napr. s vedením drôtov vysokého napätia nad mostom, alebo pri mimoúrovňových križovatkách s iným mostom.

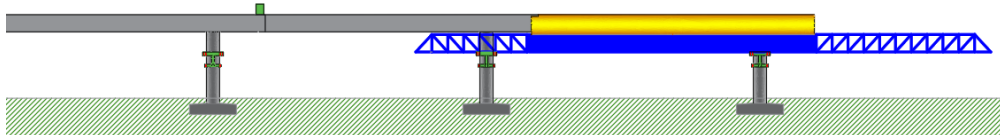
Výsuvná skruž s dolným trámom

Výsuvná skruž má spravidla dva nosné trámy umiestnené pod budovanou nosnou konštrukciou mosta. Debnenie je následne podporené na hlavných trámoch. Presun do ďalšieho záberu je realizovaný odsunutím hlavných trámov nabok tak, aby pri presune debnenie nekolidovalo s pilierom.

Fáza pred betonážou

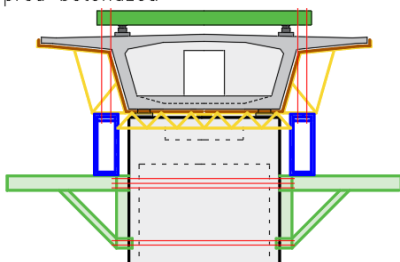


Presun do ďalšieho poľa

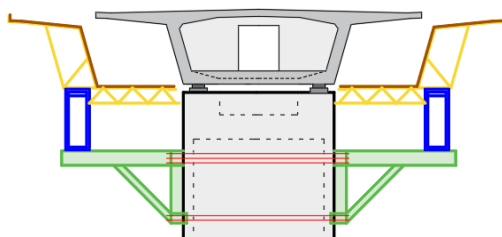


Obr. 33 Schéma princípu výsuvnej skruže s dolným trámom vo fáze pred betonážou a vo fáze presunu do ďalšieho poľa.

Fáza pred betonážou



Fáza presunu do ďalšieho poľa



Obr. 34 Schéma princípu výsuvnej skruže s dolným trámom vo fáze pred betonážou a vo fáze presunu do ďalšieho poľa



Obr. 35 Výsuvná skruž s dolným trámom (Hričovské Podhradie -Lietavská Lúčka, 2015, pozn. pre názornosť - zrkadlový obraz)

Výhody výsuvných skruží s dolným trámom:

- Lacnejšie než skruže s horným trámom.
- Nie je problém s prístupom do výroby zhora.
- Väčšia adaptabilita na rôzne priečne rezy a geometriu.

Nevýhody výsuvných skruží s dolným trámom:

- Obmedzené min. polomery geometrie mosta v pôdoryse.
- Možný konflikt s preklenovanými prekážkami.
- Nutné prispôsobenie pilierov (kapsy, vybratia v hlavici – podľa požiadaviek).

Výhody výsuvných skruží voči letmej betonáži:

Moderné výsuvné skruže sú schopné prekenuť rozpätia 70 metrov a teoretický limit je niekde na úrovni 80 – 90 metrov. Tieto rozpätia boli doteraz doménou najmä letmej betonáže, avšak výsuvné skruže prinášajú viaceré výhody:

- Materiál je možné dopravovať po už hotovom moste.
- Predpätie je účinnejšie, keďže fázovanie výstavby je priaznivejšie a v konečnom dôsledku aj lacnejšie (menej káblov, kotiev, ...).
- Menší počet pracovných škár.
- Odpadá použitie žeriavov na osadenie debniacich vozíkov na vysoké piliere.
- Výsuvnou skružou je možné jeden záber dl. 80 metrov postaviť za 14 dní. Betonáž zárodka, montáž vozíkov, betonáž segmentov a zmonolitnenie zaberie pri letmej betonáži 9 až 10 týždňov (nasadenie viacerých betonážnych vozíkov môže rýchlosť výstavby letmou betonážou urýchliť, ale aj vtedy 8 poľový most vyjde časovo približne na dvojnásobný čas, nehovoriac o množstve pracovníkov, presunov materiálov, betonážach a pod.).

Výhody výsuvných skruží voči vysúvaniu:

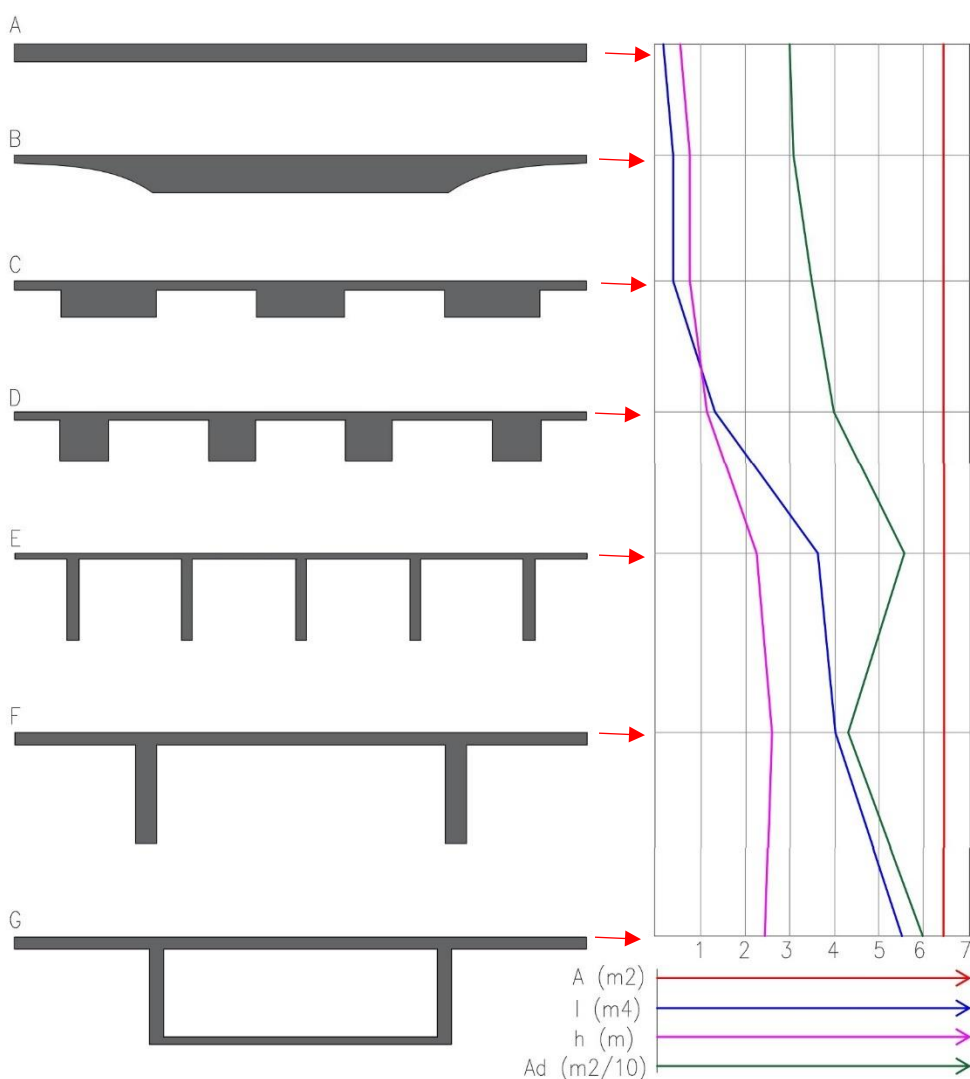
- Významnou výhodou voči vysúvaniu je najmä väčšia variabilita geometrie mosta (pôdorysné zakrivenia, nábehy výšky prierezu nad podperami, možné väčšie rozpätia bez medziľahlých dočasných pilierov).
- Optimálnejšie navrhnuté prierezy a predpätie.

Nevýhodou voči iným technológiám je najmä komplexnosť výsuvnej skruže, veľkosť investície do jej prenájmu, prevozu a montáže.

4. PREDBEŽNÝ NÁVRH GEOMETRIE PRIEČNEHO A POZDŽNEHO REZU

Pevná skruž umožňuje najväčšiu variabilitu pre tvar mosta spomedzi všetkých technológií. Prierezy môžu byť doskové, trámové a komorové. Pre menšie rozpätia sa používajú dosky, alt. vyľahčené dosky s postrannými konzolami. Následne trámové a pre predpäté mosty s rozpätím od cca 40 metrov sa používajú komorové prierezy.

Na obr. 36 sú vynesené rôzne tvary prierezov pri zachovaní rovnej plochy prierezu a zároveň sú vynesené: plocha prierezu (A), ktorá je konštantná pre všetky prierezy. výška prierezu (h). moment zotrvačnosti prierezu (I). plocha debnenia (A_d) na meter dĺžky mosta.



Obr. 36 Porovnanie rôznych tvarov prierezov s rovnakou prierezovou plochou.

Z porovnania prierezov je zjavné, že upravením tvaru prierezu, pri zachovaní jeho plochy, je možné výrazne zväčšiť moment zotrvačnosti prierezu. Ten zohráva hlavnú rolu pri deformácii konštrukcie, ako aj pri výpočte napätí a teda vhodnosti daného prierezu na prenesenie ohybových momentov (pre dané rozpätie a zaťaženie).

Nízke prierezy (doskové konštrukcie) majú najmenší moment zotrvačnosti, ale aj malú plochu potrebného debnenia na ich realizáciu. Sú teda vhodné pre krátke mosty, keďže debnenie a vystuženie sú jednoduché. Postupným zvyšovaním celkovej výšky prierezu (trámové mosty) stúpa moment zotrvačnosti prierezov, ale zároveň aj spotreba debnenia, zložitosť vystuženia a prácnosť.

Voľby výšky priečneho rezu pre technológiu pevnej skruže:

Železobetónový most - cestný:

- Doskový – prosté polia: (2 – 10 m), $H/L_{\text{eff}} = 1/15 \sim 1/20$ (4.1)
 - spojité bez nábehov nad podperami (10 - 20 m):
 $H/L_{\text{eff}} = 1/18 \sim 1/25$ (4.2)
 - spojité polia s nábehmi nad podperami : (10 – 20 m),
 $H/L_{\text{eff}} = 1/18 \sim 1/20$ (nad podperou) a $1/25 \sim 1/35$ (v poli) (4.3)
- Trámový – prosté polia: (7 – 15 m), $H/L_{\text{eff}} = 1/12 \sim 1/15$ (4.4)
 - spojité bez nábehov nad podperami (15 – 40 m)
 $H/L_{\text{eff}} = 1/15 \sim 1/25$ (4.5)
 - spojité s nábehmi nad podperami (15 – 40 m),
 $H/L_{\text{eff}} = 1/12 \sim 1/16$ (nad podperou) a $1/25 \sim 1/40$ (v poli) (4.6)

Železobetónový most - železničný:

- Doskový – prosté polia: (2 – 10 m), $H/L_{\text{eff}} = 1/10 \sim 1/15$ (4.7)
 - spojité polia: (10 – 20 m), $H/L_{\text{eff}} = 1/15 \sim 1/20$ (4.8)
- Trámový – prosté polia: (7 – 15 m), $H/L_{\text{eff}} = 1/8 \sim 1/12$ (4.9)

Predpätý most – cestný:

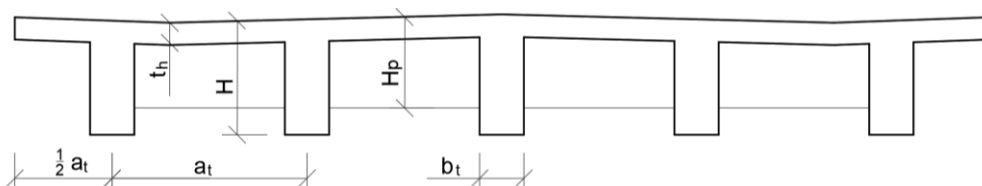
- Doskový - prosté polia: 10 – 25 m, $H/L_{\text{eff}} = 1/20 \sim 1/30$ (4.10)
 - spojité polia: 15 – 30 m, $H/L_{\text{eff}} = 1/25 \sim 1/35$ (4.11)
- Dvojtrámový: 30 – 45 m, $H/L_{\text{eff}} = 1/15 \sim 1/19$ (4.12)
- Komorový
 - priamo-pásový: 40 – 70 m, $H/L_{\text{eff}} = 1/18 \sim 1/22$ (4.13)
 - priamo-pásový na plný profil diaľnice: 40 – 70 m, $H/L_{\text{eff}} = 1/16 \sim 1/20$ (4.14)
 - s nábehmi nad piliermi: 50 – 70 m, $H/L_{\text{eff}} = 1/16 \sim 1/17$ (nad podperou) a $1/27 \sim 1/30$ (v poli) (4.15)
 - s nábehmi nad piliermi (plný profil diaľnice): 50 – 70 m,
 $H/L_{\text{eff}} = 1/15 \sim 1/17$ (nad podperou) a $1/25 \sim 1/27$ (v poli) (4.16)

Predpätý most – železničný:

- Doskový - prosté polia: 8 – 15 m, $H/L_{\text{eff}} = 1/16 \sim 1/22$ (4.17)
- spojité polia: 15 – 30 m, $H/L_{\text{eff}} = 1/20 \sim 1/30$ (4.18)
- Dvojtrámový: 25 – 35 m, $H/L_{\text{eff}} = 1/12 \sim 1/15$ (4.19)
- Komorový: 40 – 55 m, $H/L_{\text{eff}} = 1/16 \sim 1/18$ (4.20)

4.1 Návrh celkovej geometrie priečného rezu pre trámové a komorové prierezy.

Železobetónový trámový prierez.



Obr. 37 Základné označenie rozmerov trámového prierezu v priečnom reze pre železobetónový most.

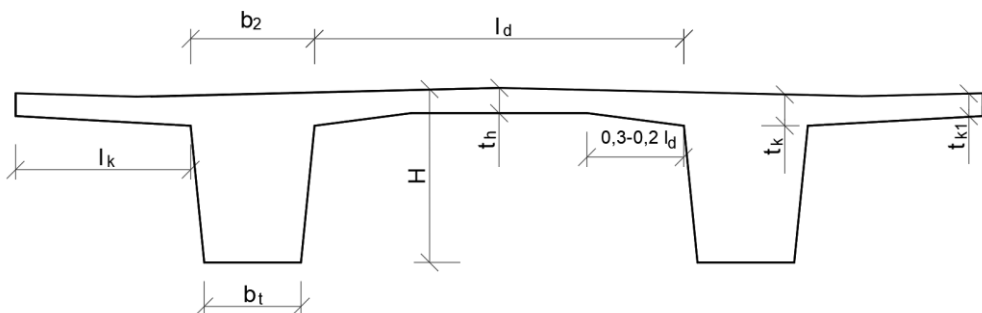
Celková výška prierezu trámového mosta podľa rozpätia je uvedená vo vzorcoch 4.4 -4.6, 4.9.

Odporúčaná hrúbka hornej dosky pre cestné mosty je:

$$t_h = 1/20 a_t \dots \dots \dots \text{min. } 200 \text{ mm} \quad (4.21)$$

Vzdialenosť trávov a_t sa volí v rozmedzí 1,5 až 3,0 m. Šírka steny trámu b_t sa volí 1/4 až 1/2 z výšky prierezu H . Výška priečnikov H_p v poli sa volí približne 3/4 z výšky prierezu H a ich vzdialenosť v pozdĺžnom smere 3 až 5 m. Hrúbka priečnikov sa volí 0,3 až 0,5 m. Výška priečnikov v nadpodperovej oblasti sa volí o 100 mm menšia ako je výška trámu (dôvodom je zabezpečiť čo najväčšiu tuhosť a zároveň umožniť jednoduché križovanie výstuže hlavného trámu a priečnika)

Predpätý dvojtrám.



Obr. 38 Základné označenie rozmerov dvojtrámového prierezu v priečnom reze pre predpätý most.

Celková výška dvojtrámového prierezu sa volí podľa vzorcov 4.12 a 4.19.

Odporúčaná hrúbka hornej dosky pre dvojtrámový prierez je:

$$t_h = \frac{1}{22} l_d \quad (4.22)$$

V konzolovej časti:

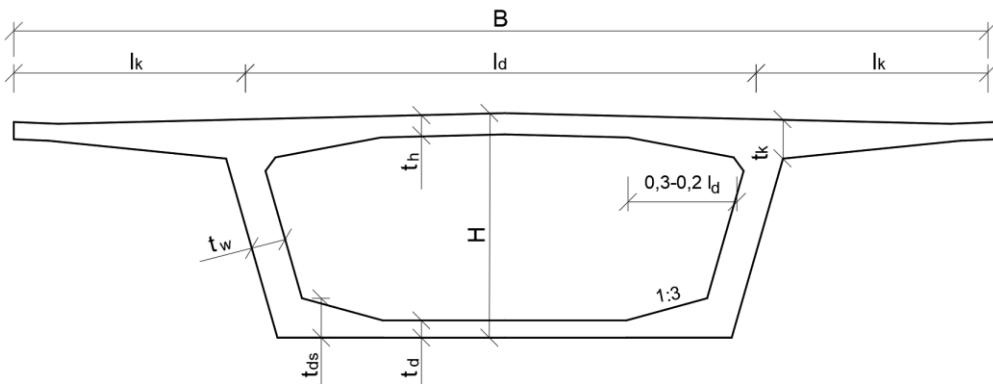
$$t_k = \left(\frac{1}{6} \sim \frac{1}{8}\right) l_k \dots \dots \dots \text{min. } 200 \text{ mm pri okraji} \quad (4.23)$$

Proporcie rozmerov v priečnom smere:

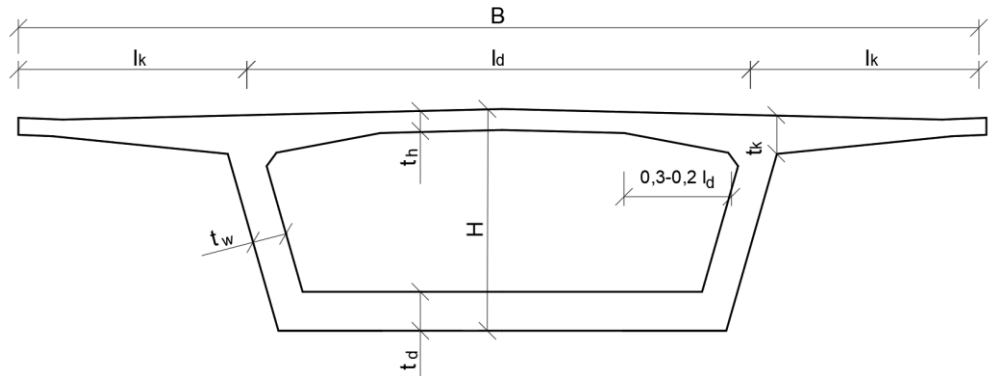
$$l_k = 0,45 \sim 0,5 l_d \quad (4.24)$$

$$b_t = 1,0 \sim 1,2 m \quad (4.25)$$

Predpätý komorový prierez.



Obr. 39 Základné označenie rozmerov komorového prierezu v priečnom reze v poli.



Obr. 40 Základné označenie rozmerov komorového prierezu v priečnom reze v blízkosti podpory pri priečniku.

Pre celkovú výšku prierezu platia vzťahy 4.13 až 4.16 a 4.20.

Pre zmenu výšky prierezu, v prípade nábehov výšky prierezu nad podperami, sa volí zväčša parabola $1,5^\circ$ až 2° .

Proporcie rozmerov v priečnom smere:

$$l_k = 0,45 \sim 0,5 l_d \quad (4.26)$$

max. dĺžka l_k bez vzpier je 3,0 – 3,5 m

Šírka steny komory pre cestný most sa volí zväčša min. 300 až 500 mm v nadpodperovej aj medzipodperovej oblasti. Pokiaľ stenou nejde káblový kanálik, tak šírka steny môže byť 300 mm. Ak potrebujeme stenou komory viesť 2 paralelné káblové kanáliky priemeru 100 mm, tak min. hrúbka steny je 500 mm. Druhým kritériom, ktoré musíme overiť, je potrebná šmyková odolnosť steny z hľadiska drvenia tlakovej diagonály. Tá však obyčajne nerozhoduje. Vždy je potrebné vždy dbať na to, že šírka steny musí byť dostatočná aj z hľadiska umiestnenia predpínacích káblov a ich spojok v stenách prierezu v zmysle konštrukčných zásad.

Odporúčaná hrúbka hornej dosky (t_h) komory diaľničných mostov v závislosti na jej rozpätí (a) je v rozmedzí:

$$22 < \frac{a}{t_h} < 25 \quad (4.27)$$

Odporúčaná minimálna hrúbka hornej dosky je 0,25 m.

Minimálna hrúbka spodnej dosky (t_d) je 0,20 m. Hrúbka spodnej dosky v mieste napojenia na steny (t_{ds}) je aspoň dvojnásobok hrúbky spodnej dosky v strede, pričom tento nábeh hrúbky spodnej dosky v rámci priečneho rezu sa v nadpodperových oblastiach vytratí v dôsledku potrebnej väčšej hrúbky. Keďže v mieste piliera vznikajú veľké záporné ohybové momenty namáhajúce spodnú dosku tlakovou silou, je nutné spodnú dosku komory v blízkosti pilierov výrazne zosilniť na hrúbku 0,35 – 0,5 m.

Hrúbka konzoly v mieste napojenia na steny komory je:

$$t_k = \left(\frac{1}{6} \sim \frac{1}{8}\right) l_k \quad (4.28)$$

Dĺžka krajného mostného poľa pre mosty budované pevnou, alebo výsuvnou skružou je spravidla:

$$L_k = 0,8 \cdot L \quad (4.29)$$

5. Statické riešenie mostov stavaných technológiou pevnej a výsuvnej skruže.

Výstavba s využitím pevnej skruže – jednofázová betonáž celého mosta

Tento spôsob výstavby je najjednoduchším spôsobom výstavby z titulu realizácie aj statického riešenia pre trámové a doskové mosty. Výstavba v tomto prípade neovplyvňuje statické riešenie mosta. Konštrukciu je možné navrhnuť pomerne jednoducho, bez zohľadnenia fáz výstavby.

V prípade použitia skruže pre väčšie oblúkové mosty je nutné počítať s fázou výstavby pri odskušení, akou je napr. rozopieranie klenby.

Výstavba po poliach

V prípade technológie výstavby po poliach je nutné vo výpočtoch zohľadniť aj jednotlivé fázy výstavby a rôzne montážne zaťaženia na zakladanie, piliere aj hornú stavbu.

Návrh predpätia

Predpínacie káble sa navrhujú s ohľadom na fázovanú výstavbu konštrukcie, pričom je potrebné pokryť ťahové napätia od vlastnej tiaže v štádiu výstavby a po redistribúcii vplyvom reologických zmien betónu, ako aj ďalšie montážne zaťaženia (napr. tiaž výsuvnej skruže) a všetky zaťaženia, ktoré následne pôsobia na konštrukciu v štádiu užívania. Predpätie sa navrhuje tak, aby bola v konštrukcii hornej stavby dostatočná tlaková rezerva s ohľadom na životnosť konštrukcie.

Priaznivé fázovanie konštrukcie umožňuje použitie polygonálnych káblov, ktoré sú staticky najúčinnjšie na pokrytie ťahových napätí od vlastnej tiaže konštrukcie ako aj ostatných rovnomerných zaťažení v štádiu užívania mosta.

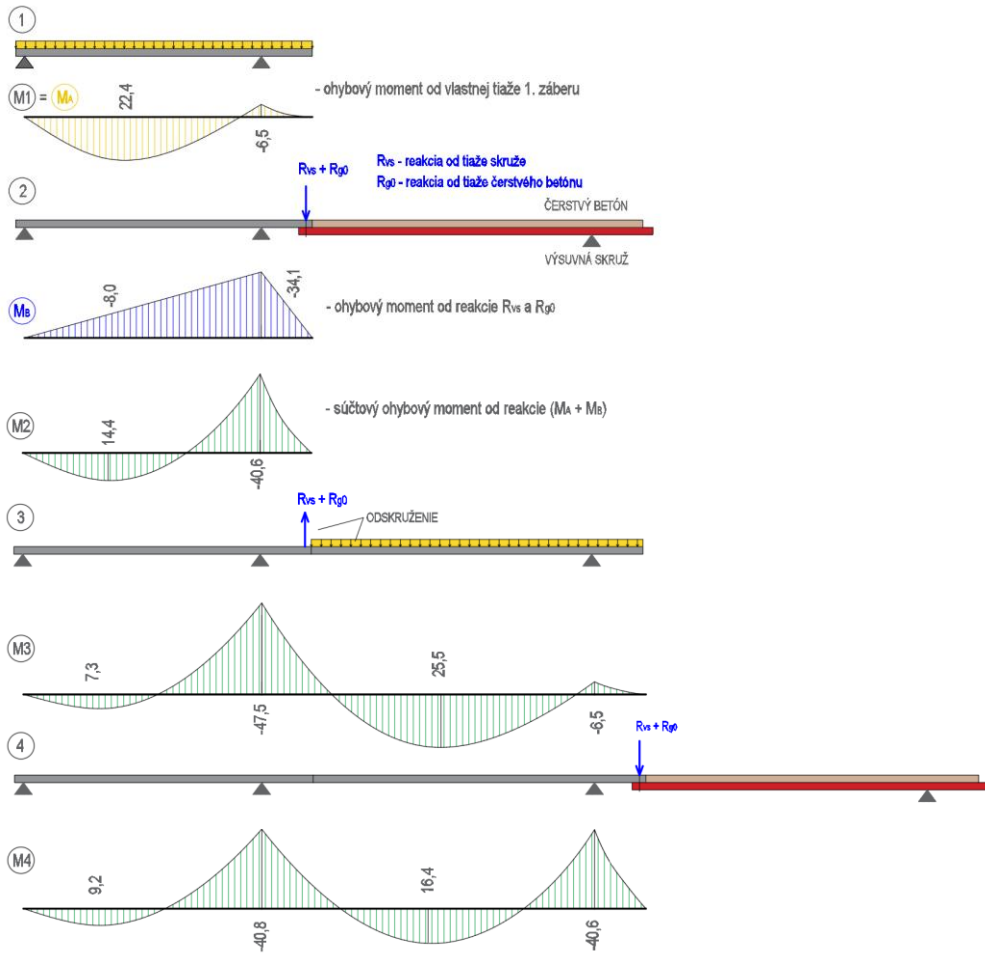
Pri analýze konštrukcie so zohľadnením fázovania sa postupuje podľa schémy na obr. 40, pričom každá ďalšia fáza sa pripočíta k predošlej fáze. Na obr. 41 sú zároveň vynesené výsledky ohybových momentov z modelového príkladu od vlastnej tiaže a tiaže výsuvnej skruže (pre názornosť bez pripočítania účinkov predpätia).

Napr., v prípade výstavby s využitím výsuvnej skruže, ohybový moment v čase dobetónovania druhého záberu získame tak, že k obrazcu ohybových momentov z prvej fázy pripočítame obrazec ohybových momentov z druhej fázy (ohybové momenty od reakcií R_{vs} a R_{g0} na konci krátkej konzoly).

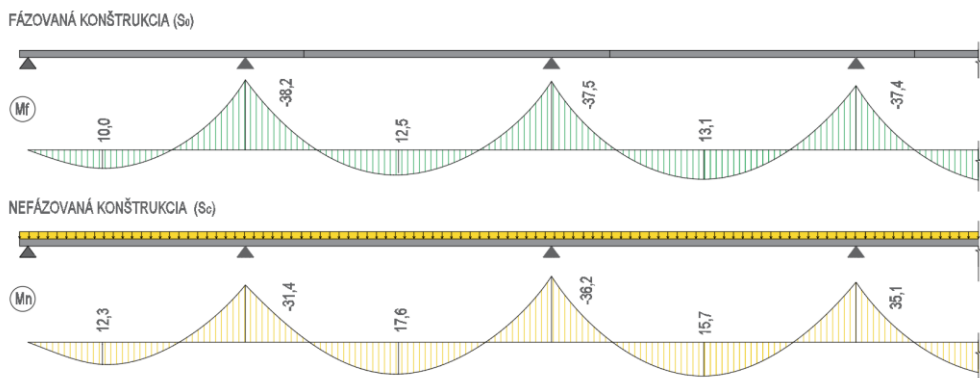
Podobne získame aj ohybové momenty v tretej fáze, pripočítaním obrazca ohybových momentov od odskrúžovacej sily na konci krátkej konzoly R_{vs} a R_{g0} (opačný smer sily ako vo fáze 2) a ohybové momenty od vlastnej tiaže v druhom, už zabetónovanom poli.

Výsledné ohybové momenty na fázovanej konštrukcii a ich porovnanie s ohybovými momentami na nefázovanej konštrukcii pre modelový príklad sú na obr. 42.

Tiaž skruže je približne 50% z tiaže betónového prierezu.



Obr. 41 Ohybové momenty pri fázovanej výstavbe výsuvnou skružou.



Obr. 42 Ohybové momenty od vlastnej tiaže pri fázovanej a nefázovanej konštrukcii (modelový príklad).

Vo väčšine praktických aplikácií, z dôvodu rozdielných účinkov dotvarovania betónu, môžeme finálny výpočet vnútorných síl na konštrukcii zjednodušiť podľa vzťahu:

$$S_{\infty} = S_0 + (S_c - S_0) \cdot \frac{\varphi(\tau_{\infty}, \tau_0) - \varphi(\tau_x, \tau_0)}{[1 + X \cdot \varphi(t_{\infty}, t_c)]} \quad (5.1)$$

Kde: S_{∞} - hodnota vnútornej sily v čase nekonečno
 S_0 - hodnota vnútornej sily na fázovanej konštrukcii
 S_c - hodnota vnútornej sily na nefázovanej konštrukcii
 t_c - vek betónu pri zmene statického systému
 t_0 - vek betónu pri nástupe zaťaženia g_0, P_k, g_{vs}
 X - koeficient stárnutia (cca 0,8)
 φ - súčiniteľ dotvarovania

Pre štandardný most, stavaný štandardnou rýchlosťou, pomocou výsuvnej skruže, je možné zjednodušiť výpočet vnútorných síl nasledovne:

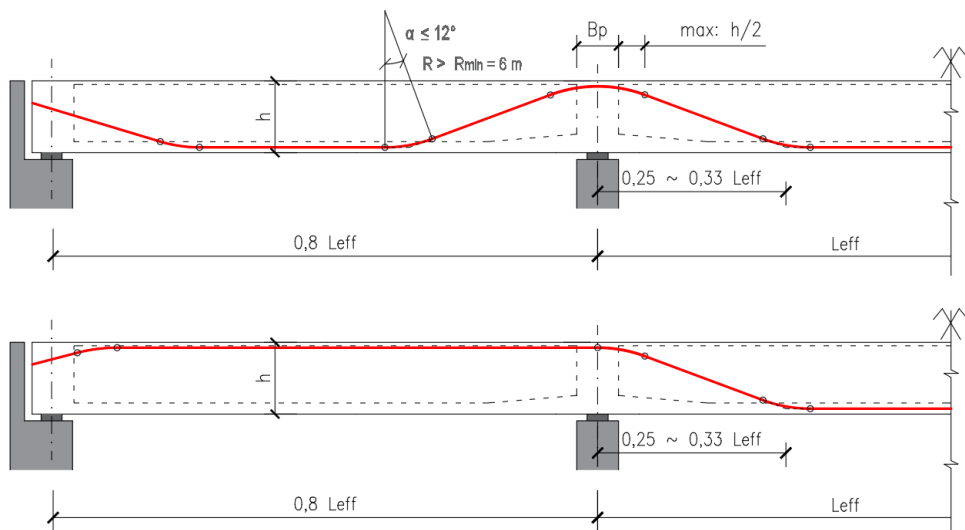
$$S_0 = 0,9 \cdot S_0 + 0,1 \cdot S_c \quad (5.2)$$

$$S_{\infty} = 0,4 \cdot S_0 + 0,6 \cdot S_c \quad (5.3)$$

V prípade výstavby mosta po poliach klasickou skružou odpadá z výpočtu fázovania bodové zaťaženie v mieste kotvenia výsuvnej skruže.

Geometria predpínacích káblov.

Minimálny polomer v smerovom vedení káblov závisí od počtu lán v kábli, min. ale 6 metrov. Časť kábla pri kotve, resp. pri spojke, musí byť priama na dĺžke udanej výrobcom predpínacieho systému (odporúčaná hodnota: 1,5 metra) – pozri obr. 43.

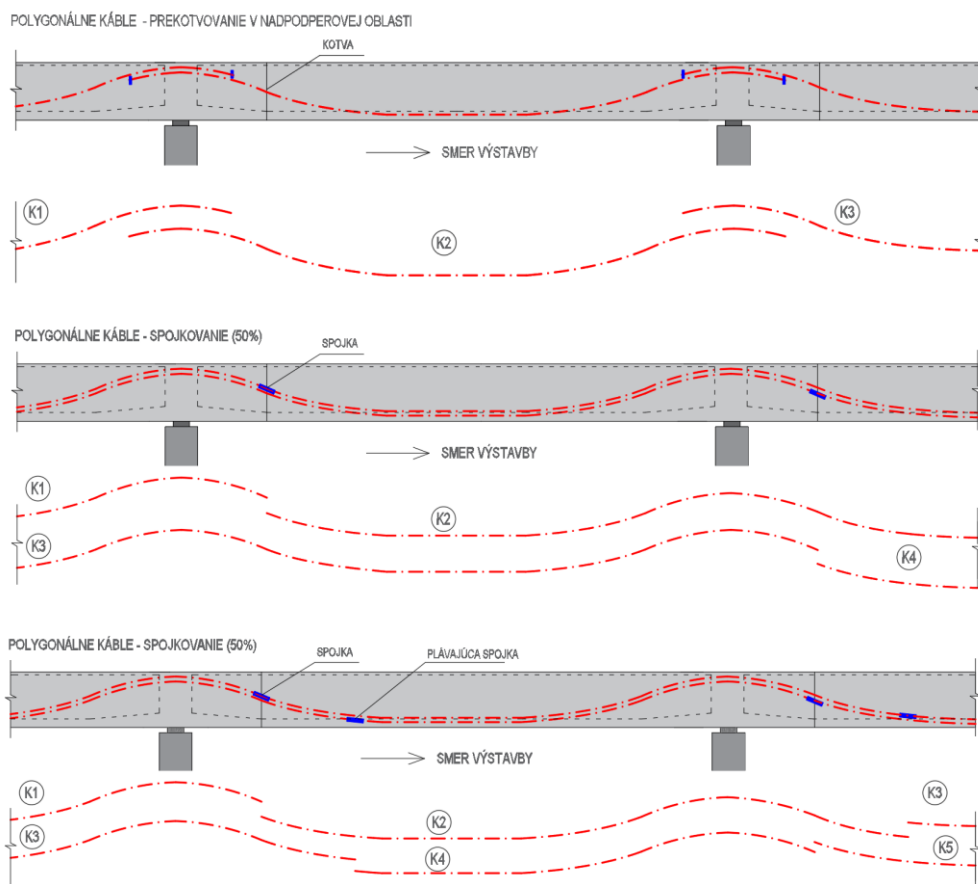


Obr. 43 Základná geometria polygonálnych káblov pre trojpoľový most.

V prípade, že polygonálne káble typu 1 (obr. 43 hore) nepostačujú na pokrytie účinkov ohybových momentov v strede stredného poľa a nad podperami, je vhodné doplniť káble s geometriou zobrazenou na obr. 43 dole. Účinky takto vedeného kábla zlepšujú stav napätosti nad podperami a v strede stredného poľa (stred krajných polí má zväčša rezervu pre takúto geometriu doplnkových káblov).

Z titulu požiadavky normy pre spjkovanie predpínacej výstuže, je potrebné zabezpečiť aby v jednom reze bolo spjkovaných maximálne 50% predpínacích káblov. V prípade výstavby mosta po poliach sa táto požiadavka zvyčajne rieši prektovovaním predpínacích káblov v blízkosti nadpodperovej oblasti, kde sú ohybové momenty od stálych zatažení približne dvojnásobné oproti ohybovým momentom v strede poľa.

V prípade použitia plávajúcich spojok, ďalšie miesto so spjkovanými káblami má byť najmenej 1,5 m od susedného miesta pre mosty s výškou prierezu do 1,5 m. Pre vyššie prierezy sa minimálna vzdialenosť miest so spjkovanými káblami rovná výške prierezu, avšak pre prierezy vyššie ako 3 m je táto vzdialenosť už fixná a to minimálne 3 m.



Obr. 44 Vedenie polygonálnych predpínacích káblov.



Obr. 45 Prekotvované káble v mieste priečnika (Hričov. Podhradie – Lietavská Lúčka, 2015).

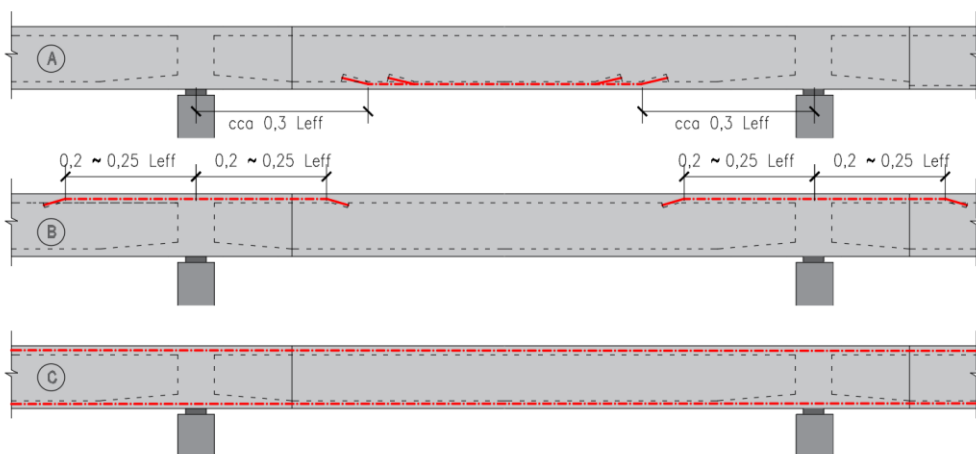


Obr. 46 Spojkovanie polovice káblov pred a po betonáži (Lahovice – Slivenec, ČR, 2009).

Výnimočne môže byť spojovaných až 67 % káblov, ale treba splniť aspoň jednu z dvoch požiadaviek:

- V pracovnej škáre je v ťahanej oblasti navrhnutá aspoň minimálna plocha betonárskej výstuže $A_{s,min}$ z požiadaviek trvanlivosti (obmedzenie šírky trhlín).
- V pracovnej škáre je zostatkové tlakové napätie minimálne 3 MPa pri charakteristickej kombinácii zaťaženia.

V prípade komorových prierezov je, v prípade potreby, možné polygonálne káble doplniť priamymi káblami v strede poľa (obr. 47 -A) a v nadpodperovej oblasti (obr. 47 -B). V prípade trámových, ale aj komorových prierezov, je možnosť doplniť aj priame káble po celej dĺžke konštrukcie (obr. 47 -C).



Obr. 47 Vedenie doplnkových priamych predpínacích káblov.

5.1 Špecifické statické problémy mostov stavaných na pevnej skruži a výsuvnou skružou.

Štíhle skruže – vzper a klopenie.

V snahe znížiť náklady na prepravu a montáž skruží sa často pristupuje k redukcii podporných prvkov, čím sa ale zároveň dostáva do popredia problematika ich nedostatočnej robustnosti. Menší počet prvkov, ako aj optimalizované prierezy minimálnych rozmerov, znamenajú menšie možnosti redistribúcie síl a tiež aj menšie rezervy na prípadné chyby pri montáži, alebo aj statickom výpočte. Pri takýchto skružiciach, na rozdiel od klasických ťažkých skruží, začína pri ich odolnosti hrať významnú rolu strata stability vzperom, alebo klopením. Nedostatočné zavetrenie niektorého prvku môže viesť k jeho strate stability a následné preťaženie ostatných prvkov k progresívnemu kolapsu celej skruže.

Ako jeden z takýchto príkladov zo Slovenska je možné uviesť zrútenie pevnej skruže počas betonáže pri výstavbe diaľnice D1 neďaleko obce Kurimany, na východe Slovenska. Tento príklad by mal slúžiť ako poučenie a výstraha pre projektantov aj zhotoviteľov.

Skruž sa zrútila v roku 2012 počas betonáže a následné vyšetrovanie príčin poukázalo na nevhodne navrhnuté zavetrenie jednej z podporných veží.



Obr. 48 Pohľad na skruž počas betonáže (ScS).

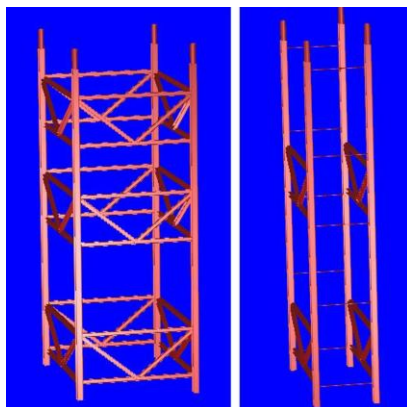


Obr. 49 Pohľad na skruž po zrútení v 2. poli (2012).

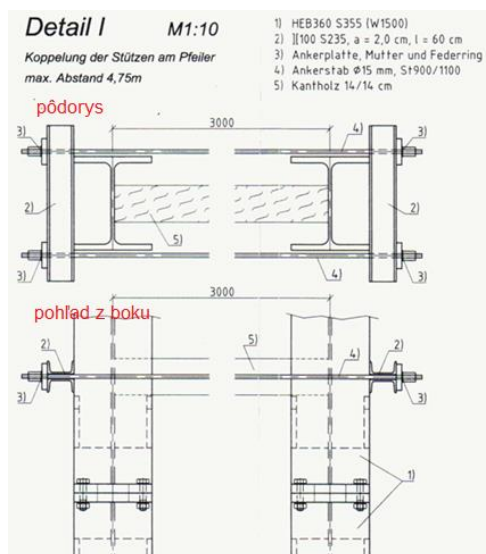
Stojky skruže použité pri Kurimanoch boli zostavené do tzv. veží so štyrmi stojkami. Kým však veže v stredoch polí boli zostavené správne zavetrenými stojkami, pri pilieroch mosta boli stojky veže v pozdĺžnom smere prepojené veľmi netypickým, nevhodným spôsobom. Takmer 20 metrov vysoké stojky nemali po výške také prvky (výstuhy), ktoré by zabezpečili zmenšenie ich vzperných dĺžok (členený prút). Zvolené riešenie by sme mohli nazvať aj provizórnym, keďže sa bežne nepoužíva. Susedné stojky boli v pozdĺžnom smere prepojené len závitovými

tyčami, ktorými sa stiahol drevený hranol medzi nimi (obr. 51). Žiaľ toto zavetrenie nemôžeme zavetrením ani nazvať – je úplne neúčinné.

Účinné zavetrenie spočíva vo vytváraní diagonál medzi stojkami aspoň v dvoch rovinách tak, ako to bolo v prípade veží umiestnenými v strede polí (obr. 50 vľavo).



Obr. 50 Schéma skruže. Vľavo - veža v strede poľa (účinné zavetrenie). Vpravo - veža pri pilieri (neúčinné zavetrenie v pozdĺžnom smere)



Obr. 51 Detail prepojenia stojok skruže pri podperách v pozdĺžnom smere. Nesprávne riešenie vytvára statický systém kĺb-kĺb a keďže absentujú diagonály, stojky v pozdĺžnom smere nie sú účinne zavetrené, ich vzperná dĺžka nie je týmto prepojením nijako redukovaná – vzperná dĺžka stojky = celková výška veže skruže.

Je potrebné si uvedomiť, že nesprávne zavetrenie stojky skruže vedie k nárastu vzpernej dĺžky, ktorá ovplyvňuje jej vzpernú odolnosť. Keďže vzperná odolnosť štíhleho prúta klesá

s druhou mocninou vzpernej dĺžky (Eulerova kritická sila – vzorec 5.1), dvojnásobná vzperná dĺžka vedie k redukcii vzpernej odolnosti na 1/4. Štvornásobná vzperná dĺžka vedie k redukcii únosnosti až na 1/16.

Eulerova kritická sila:

$$F_{cr} = \pi^2 \frac{EI_y}{L_{cr}^2} \quad (5.1)$$

Kde: E – modul pružnosti materiálu skruže (ocel)
 I_y – moment zotrvačnosti prierezu stojky skruže v smere y
 L_{cr} – vzperná dĺžka prúta (stojky) v smere y (vzdialenosť medzi účinnými zavetrovacími prvkami)

Je potrebné aj pri takomto orientačnom výpočte odolnosti štíhlej stojky prepočítať oba smery, keďže vzperná dĺžka, ktorá je závislá od konštrukčného usporiadania zavetrenia, sa môže výrazne líšiť v druhom smere. Taktiež moment zotrvačnosti prierezu je zväčša v dvoch na seba kolmých smeroch výrazne odlišný. Tento výpočet nenahrádza normový prepočet, avšak vie nám poskytnúť aspoň hrubý odhad nosnosti stojok skruže (výsledná, podrobne spočítaná odolnosť veľmi štíhleho prúta nebude nikdy vyššia ako hodnota Eulerovej kritickéj sily).

Pre reálne posúdenie skruže je potrebné počítať aj s excentricitami a ďalšími aspektami v zmysle platných noriem.

Namáhanie pilierov mosta počas výstavby.

Piliere mosta môžu byť počas výstavby s využitím výsuvných skruží namáhané väčšími silami ako v definitívnom štádiu užívania mosta. V prípade skruží s horným trámom sú väčšie najmä účinky vetra v čase, keď ešte nie je zabetónovaný prierez a teda osová sila v pilieroch je relatívne malá.

Pri výstavbe mostov výsuvnou skružou s dolným trámom je zase potrebné myslieť na kotvenie konzol podopierajúcich hlavné trámy skruže a na sily, ktoré v týchto miestach pôsobia počas presunu skruže a betonáže prierezu.

Do úvahy je tiež potrebné zobrať horizontálne sily vznikajúce od trenia pri presune výsuvnej skruže, ako aj horizontálne sily z rozkladu síl, v prípade pozdĺžneho sklonu mosta.

V prípade mostov v smerovom oblúku, v prípade výsuvných skruží s dvoma dolnými, alebo hornými trámami, vzniká pri presune skruže aj excentricita od zaťaženia, keďže trámy výsuvnej skruže sú rovné.

6. Technologické časti a výstavba mostov s využitím pevných a výsuvných skruží.

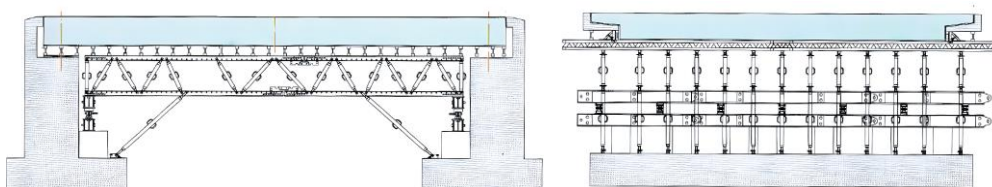
6.1 Pevné skruže

Na trhu je dnes viacero dodávateľov pevných skruží a debnení s veľmi vysokou variabilitou. Každý dodávateľ zároveň ponúka k prenajatej skruži aj výkresovú dokumentáciu pre jej montáž „šitú na mieru“ pre zákazníka.

Keďže niektoré veľké firmy majú v majetku ešte aj staršie typy podperných a debniacich systémov, využívajú sa stále aj ťažké podperné prvky typu PIŽMO. Tieto robustné konštrukcie majú však nevýhodu ich druhej prepravy a montáže a tak ich postupne vytlačujú modernejšie ľahké podperné systémy a skruže od viacerých svetových výrobcov (DOKA, PERI). Všetci väčší výrobcovia majú zároveň na svojich webstránkach kompletne katalógy, ako aj referencie rôznych projektov (obr. 52 – katalógový príklad).

Všetky systémy majú podperné veže, ktoré sú tvorené rôzne dlhými dielcami a s dielcami v dolnej časti s nastaviteľnou výškou (závit) tak, aby sa dali vykompenzovať menšie nepresnosti úložnej plochy. Podperné veže sa zväčša ukladajú na betónové panely na zhutnené únosné podlažie. Závitové prvky sú zväčša aj v hornej časti podpíer tak, aby sa nimi dala nastaviť geometria debnenia do požadovaných priečnych a pozdĺžnych sklonov.

Pri nastavovaní debnenia je potrebné myslieť aj na nadvýšenia tak, aby po deformáciách skruže bola dosiahnutá predpísaná geometria mosta. Každá skruž sa počas betonáže geodeticky sleduje, či nedochádza k poklesom skruže, alebo nakloneniam.



Obr. 52 Schéma skruže doskového mosta. Vľavo -pozdĺžny rez. Vpravo – priečny rez

Vo všeobecnosti môžeme pevné skruže rozdeliť do dvoch základných kategórií:

- Skruže so systémom podperných veží a nosníkov.
- Priestorové podperné skruže.

V prípade systémov s podpernými vežami a nosníkmi je debnenie podopreté na rozmiestnených, priestorovo stužených, samostatných vežiach, na ktorých sú uložené hlavné nosníky podopierajúce debniace dielce (obr. 48 a 53). V tomto prípade sú väčšie požiadavky na únosnosť zeminu pod vežami, keďže zaťaženie je koncentrované lokálne na tieto miesta. Nosníky môžu byť uložené aj na oceľové priečniky kotvené priamo na hlavice pilierov.



Obr. 53 Vysoko-únosné priehradové nosníky (dl. 25 – 40 m) [21]

V prípade priestorových podperných veží je konštrukcia rovnomerne celoplošne podopretá priestorovo stuženými vežami, rozmiestnenými tesne vedľa seba (obr. 27), ktoré sú v niektorých prípadoch ešte aj vzájomne zavetrené.

Pri návrhu skruže sa vychádza zo skutočnosti, že sa jedná o dočasné konštrukcie, pri ktorých je potrebné riešiť rad špecifických problémov. Patrí sem hlavne vhodná voľba materiálu, resp. typu skruže, spôsob založenia, postup montáže a demontáže, nadvýšenie a odskrúženie, ako aj postup betonáže. Je tiež potrebné rešpektovať predpísané gabarity, včas prerokovať eventuálne výnimky s príslušnými orgánmi a prípadný redukovaný gabarit vyznačiť (vrátane dopravného značenia a vyznačenia prípadných dočasných obchádzok).

Taktiež je potrebné zistiť priebeh inžinierskych sietí a analyzovať ich možný vplyv na založenie, montáž a demontáž mostnej skruže.

Realizačná dokumentácia skruže (pevnej, ale aj výsuvnej) musí obsahovať:

- spôsob založenia,
- riešenie zvislej a vodorovnej nosnej konštrukcie skruže,
- spôsob montáže a demontáže,
- spôsob odskrúženia a spôsob presunu v prípade výsuvnej skruže),
- statický výpočet,
- technologický postup betonáže alebo spôsob zaťažovania,
- ďalšie špecifické údaje, potrebné na zabezpečenie funkčnosti konštrukcie.

Založenie skruže musí spĺňať základné predpoklady, t.j. funkčnú spoľahlivosť a možnosť odstránenia. Preto sa využívajú pätky pilierov, jestvujúce spevnené plochy, a pod. Založenie v časti mimo pilierov sa vykoná na prefabrikovaných paneloch, betónových, resp. železobetónových pásoch a v priestore vodných tokov, ak je to nevyhnutné, na špeciálnych základoch zhotovených priamo vo vodnom toku. Zvlášť pozornosť je nutné venovať pri uložení pevnej skruže na vysokých násypoch alebo na miestach s nerovnomerným sadaním.

Vodorovná a zvislá nosná konštrukcia skruže musí spĺňať tieto požiadavky:

- stabilitu konštrukcie pri všetkých štádiách montáže a demontáže,
- stabilitu a funkčnosť pri všetkých štádiách zaťaženia.

V realizačnej dokumentácii skruže musia byť vyznačené polohy a veľkosti jednotlivých prvkov skruže, priestorové stuženie, výškové a smerové usporiadanie. Ďalej musia byť uvedené

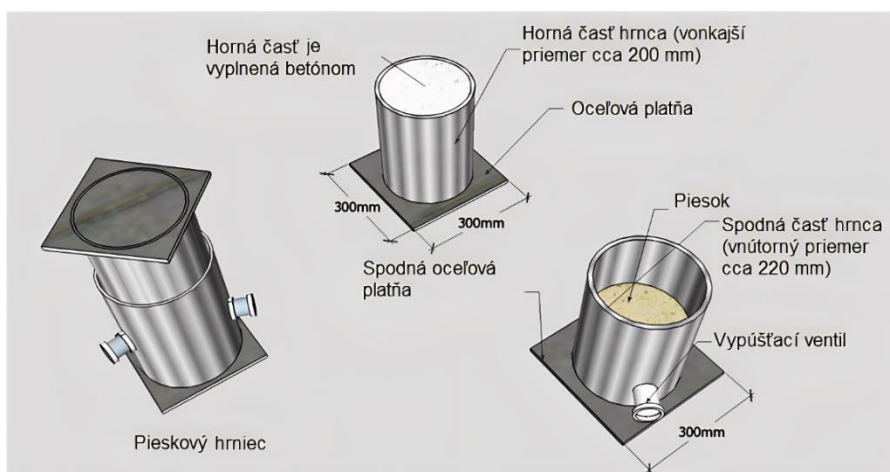
veľkosti nadvýšenia v charakteristických miestach skruže so zohľadnením sadania základov, dotlačenia prvkov, priehybu nosníkov a pod. U výškových kót musí byť uvedené či patria pre výsledný tvar mosta (t.j. bez nadvýšenia) alebo vrátane nadvýšenia.

Odskruženie.

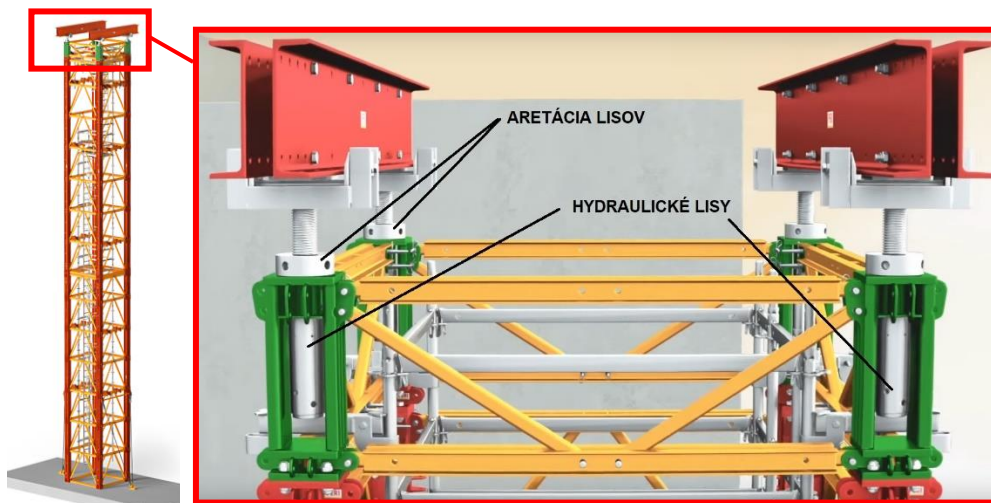
Odskruženie sa vykoná pozvoľným, rovnomerným a bezpečným spustením skruže. Veľkosť spustenia sa pohybuje spravidla medzi 50 až 150 mm. V špeciálnych prípadoch sa dá odskruženie vykonať aj iným spôsobom, napr. zdvihnutím hotovej konštrukcie pomocou hydraulických valcov, resp. rozoprením vrcholu oblúka v prípade oblúčkových mostov. Ako odskružovacie zariadenie sa použijú najmä odskružovacie kliny (obr. 54), odskružovacie stoličky, hydraulické valce (obr. 56), pieskové hrnce (obr. 55), a pod. Odskružovacie zariadenia sa umiestňujú vždy tak, aby neboli trvale pod vodou (u vodných tokov minimálne nad hladinou pri tzv. 5-ročných prietokoch a v stavebných jamách nad hladinou ustálenej podzemnej vody).



Obr. 54 Odsksružovacie kliny



Obr. 55 Schéma pieskového hrnca [19]



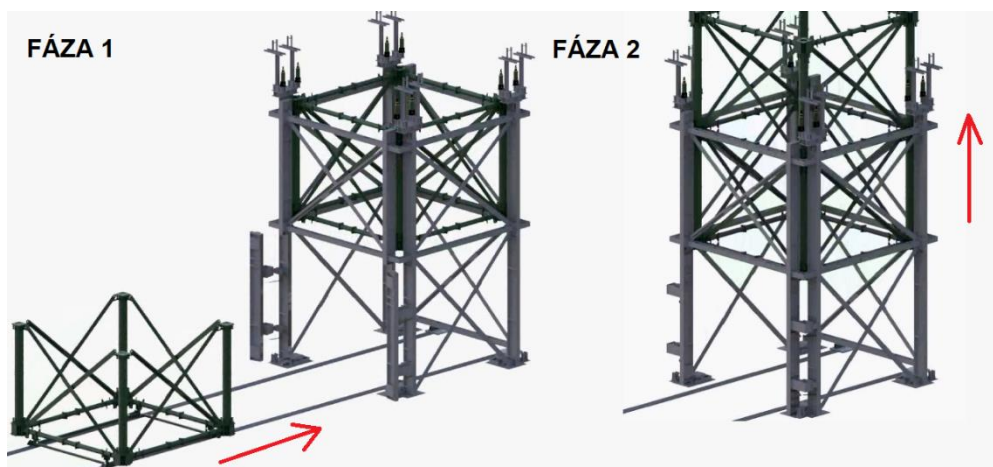
Obr. 56 Podperná veža s hydraulikou umožňujúca nastavenie výšky aj pod zaťažením a jednoduché odskrúženie [20]



Obr. 57 Variabilne prispôsobiteľný systém pre pevné skruže [21]

V niektorých prípadoch je možné využiť aj samo-zdvíhacie podperné veže, ktoré umožňujú zhotoviť debnenie relatívne nízko nad terénom a následne ho zdvihnúť prostredníctvom špeciálnych veží, na ktorých je uložené. V tomto prípade je veža skonštruovaná tak, aby umožňovala hydraulicky zodvihnúť už hotovú časť a umožniť tak vloženie ďalšieho dielca. Týmto spôsobom postupne výška veže rastie a debnenie uložené na nej sa dostáva do čoraz vyššej polohy. Základnú časť tvorí rám s hydraulickými valcami, ktorý umožňuje vkladanie, spájanie a zdvíhanie už zmontovaných dielcov veže (obr. 58) Využitie tohto typu podperných veží je najmä pre výstavbu veľmi vysokých mostov, resp. ich častí, akou je napr. dostavba krajného poľa pri technológii letmej betonáže. Jedným z príkladov z praxe je napr. výstavba mosta Panama Bridge 2, kde zavesená časť mosta bola dilatovaná od estakády budovanej

letmou betonážou a na dobudovanie krajného poľa letmo betonovanej časti sa využili samo-zdvíhacie podperné veže pre debnenie.



Obr. 58 Princíp funkcie samo-zdvíhacej podpernej veže [22]



Obr. 59 Zdvíhanie debnenia pri výstavbe mosta Panama Bridge 2 [22]

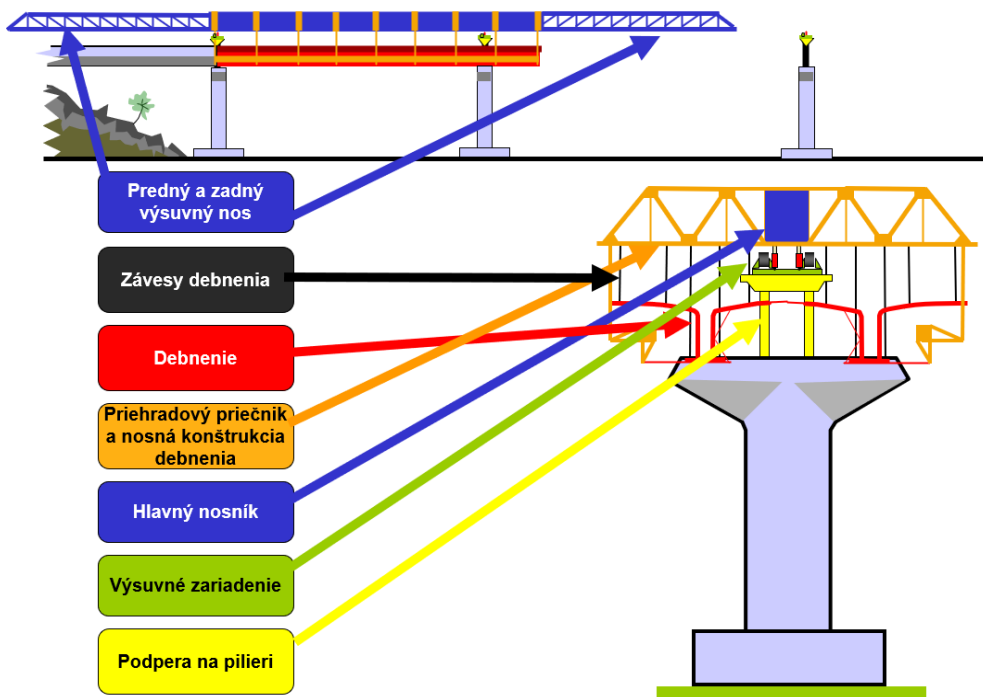
6.2 Výsuvné skruže s horným trámom.

Rozlišujeme dva základné typy výsuvných skruží s horným trámom:

- Výsuvná skruž s jedným hlavným trámom.
- Výsuvná skruž s dvoma hlavnými trámami.

Výsuvná skruž s jedným hlavným horným trámom

Hlavné časti výsuvnej skruže s horným trámom sú zobrazené na obr. č. 60.



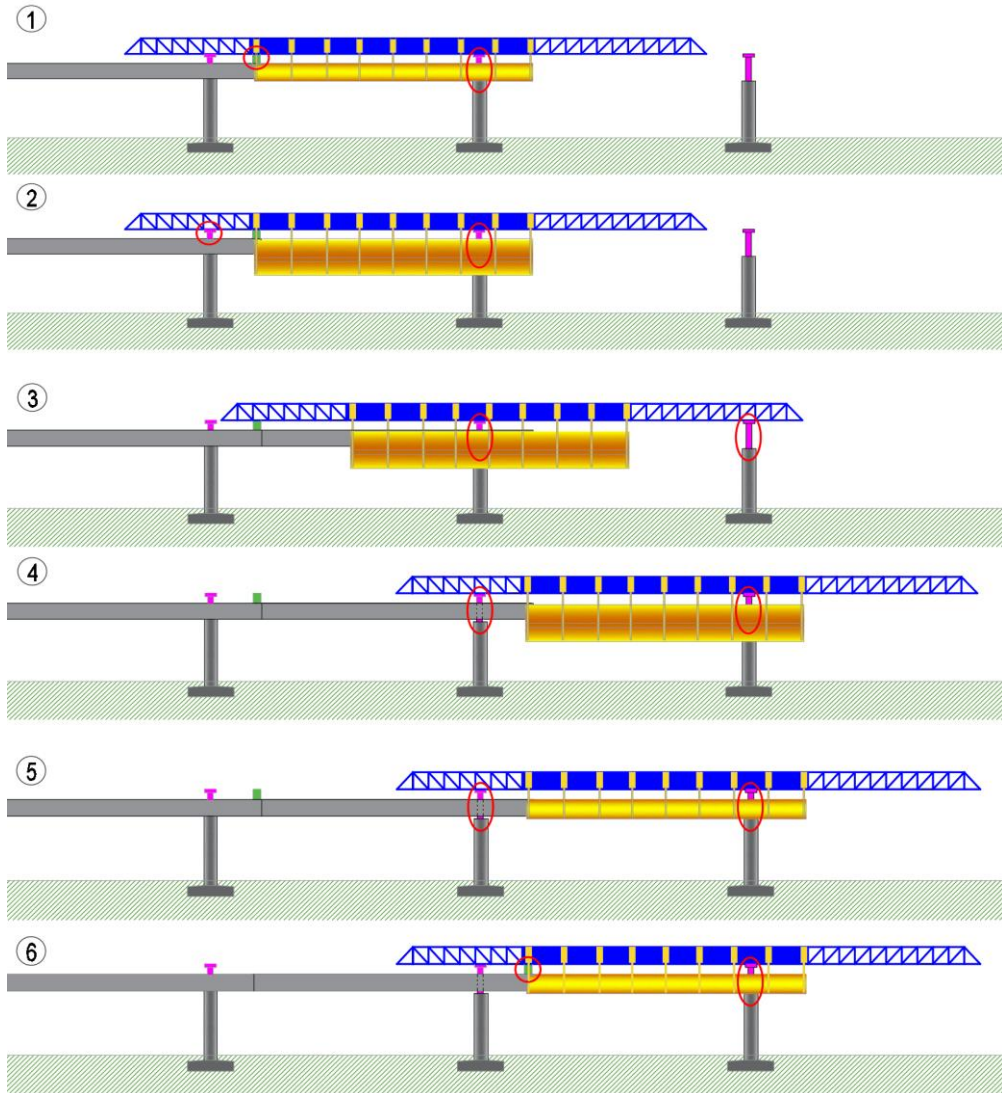
Obr. 60 Hlavné časti výsuvnej skruže s horným trámom

Presun skruže do ďalšej polohy sa najčastejšie realizuje nasledovnými spôsobmi:

Spôsob A (obr. 61):

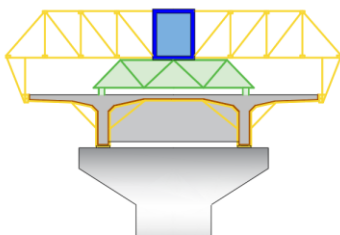
- 1.) Pri betonáži je skruž podopretá na ocelovom priečniku umiestnenom na konzole už hotovej časti mosta a na podpere na prednom pilieri (obr. 61 - 1).
- 2.) Po betonáži sa uvoľní podvesenie skruže na konci konzoly už hotovej časti mosta (v mieste, kde končila hotová časť mosta pred betonážou). Skruž dosadne na podporu na pilieri. Skruž sa roztvorí tak, aby nekolidovala pri presune s pilierom (obr. 61 - 2, obr. 62 - vpravo a 64 a 65).
- 3.) Skruž sa presunie do polohy, kedy horný trám siaha až po nasledovnú podporu, ktorá postupne, ďalším výsuvom (po presune ťažiska cez strednú podporu), preberie podpernú funkciu (obr. 61 - 3).
- 4.) Skruž sa dosunie do definitívnej polohy ďalšieho betonážneho záberu (obr. 61 - 4).
- 5.) Zaklopí sa debnenie trémov (obr. 61 - 5 a obr. 62 - vľavo).
- 6.) Skruž sa podvesí na ocelový priečnik na konci už hotovej časti mosta (obr. 61 - 6).

Pozn.: skruž môže byť o niečo kratšia (cca 20% L_{eff}) v prípade, že sa použije ďalšia dočasná podpera v blízkosti priečnika skruže (pri pracovnej škáre) – pozri spôsob B.

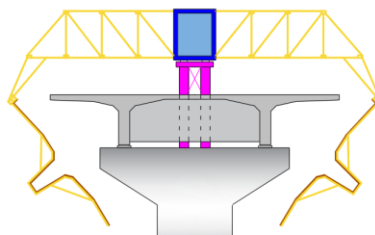


Obr. 61 Schéma presunu skruže s horným trámom – spôsob A (červené krúžky vyznačujú miesta podopretia skruže v danej fáze).

Fáza pred betonážou



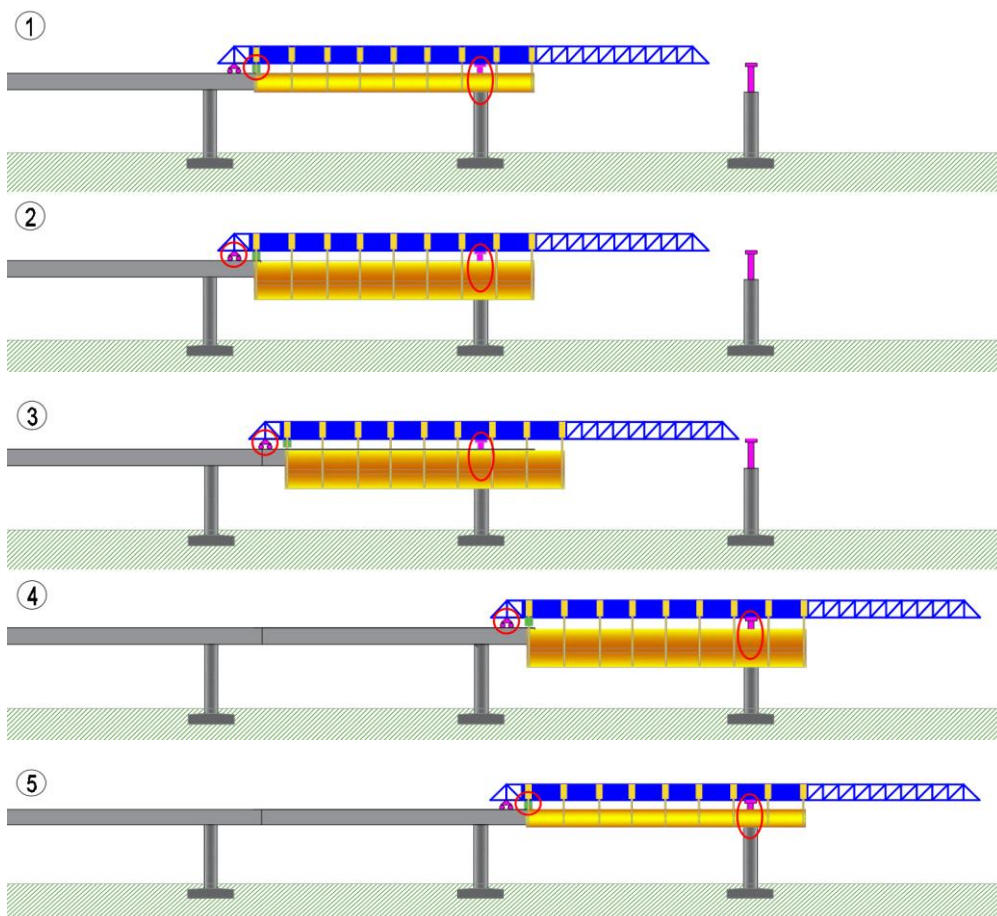
Fáza presunu do ďalšieho pola



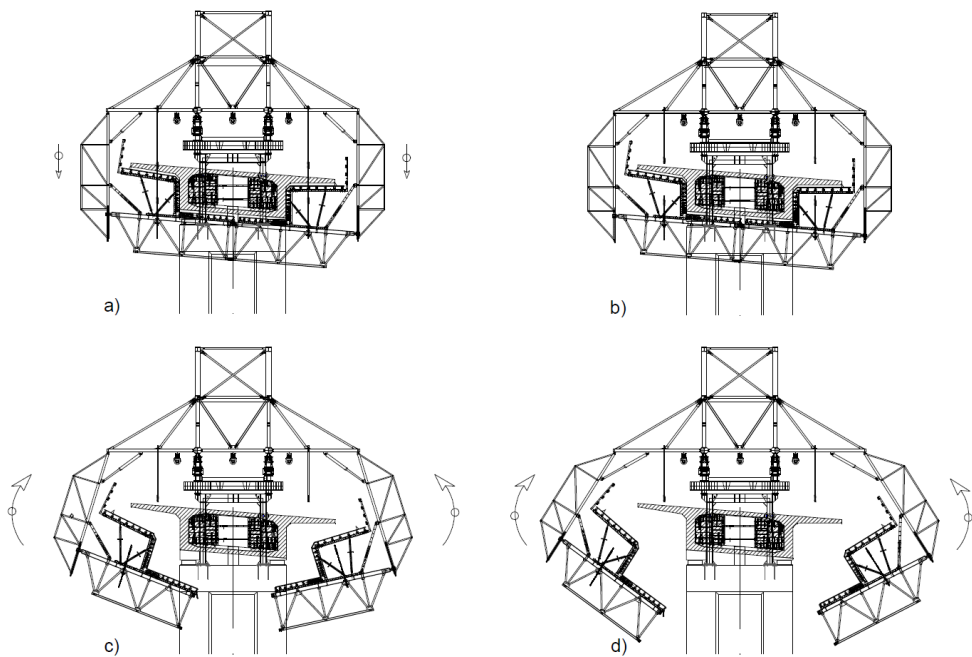
Obr. 62 Schéma výsuvnej skruže s jedným horným trámom (pohľad spredu)

Spôsob B:

- 1.) Pri betonáži je skruž podporená na oceľovom priečniku umiestnenom na konzole už hotovej časti mosta a na podpere na prednom pilieri (obr. 63 - 1).
- 2.) Po betonáži sa uvoľní podvesenie skruže na konci konzoly už hotovej časti mosta (v mieste, kde končila hotová časť mosta pred betonážou). Skruž dosadne na posuvnú podporu umiestnenú na mostovke (obr. 63 - 2). Skruž sa roztvorí tak aby nekolidovala pri presune s pilierom (obr. 62 - vpravo, 64 a 65).
- 3.) Skruž sa presúva do polohy, kedy horný trám siaha až po nasledovnú podporu, ktorá postupne, ďalším výsunom (po presune ťažiska cez strednú podporu), preberie podpernú funkciu (obr. 63 - 3).
- 4.) Skruž sa dosunie do definitívnej polohy ďalšieho betonážneho záberu (obr. 63 - 4).
- 5.) Zaklopí sa debnenie tráv a skruž sa podvesí na oceľový priečnik na konci už hotovej časti mosta (obr. 63 - 5 a obr. 62 - vľavo).



Obr. 63 Schéma presunu skruže s horným trámom – spôsob A (červené krúžky vyznačujú miesta podopretia skruže v danej fáze).

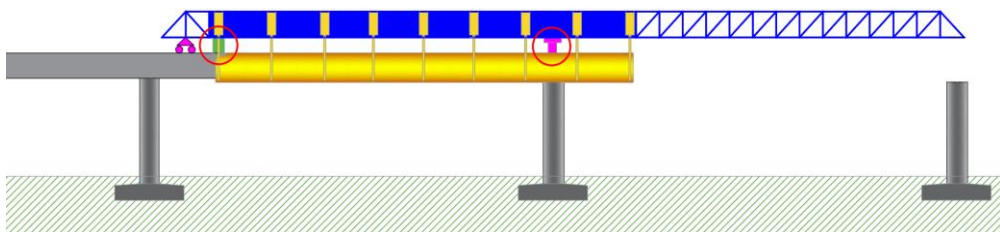


Obr. 64 Jeden z možných spôsobov roztvorenia výsuvnej skruže s horným trámom [3].



Obr. 65 Roztvořená skruž – detailný pohľad. Viditeľné červené hydraulické piesty umožňujúce roztvorenie skruže (R2 Kriváň – Mýtňa, 2023).

Niektoré skruže majú predný výsuvný nos výrazne dlhší tak, aby dosiahol na nasledujúci piliér už aj v polohe pre betonáž predošlého poľa (obr. 66 a 67). Takéto riešenie umožňuje využiť skruž na jednoduchý prístup k piliéru a jednoduchú inštaláciu ďalšej podpery skruže. Podpera sa v niektorých prípadoch premiestňuje zložená a otočená o 90° kvôli priestorovým obmedzeniam trámu skruže. Schéma presunu takejto skruže a osadenie podpery na ďalší piliér je na obr. 68 a 69.

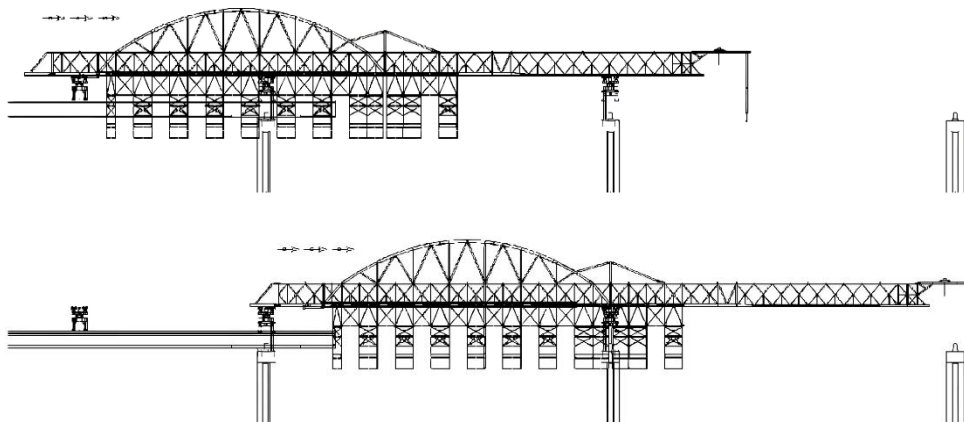


Obr. 66 Schéma skruže s dlhým predným výsuvným nosom, ktorý dočahuje na nasledovný piliér už v polohe betonáže predošlého poľa.

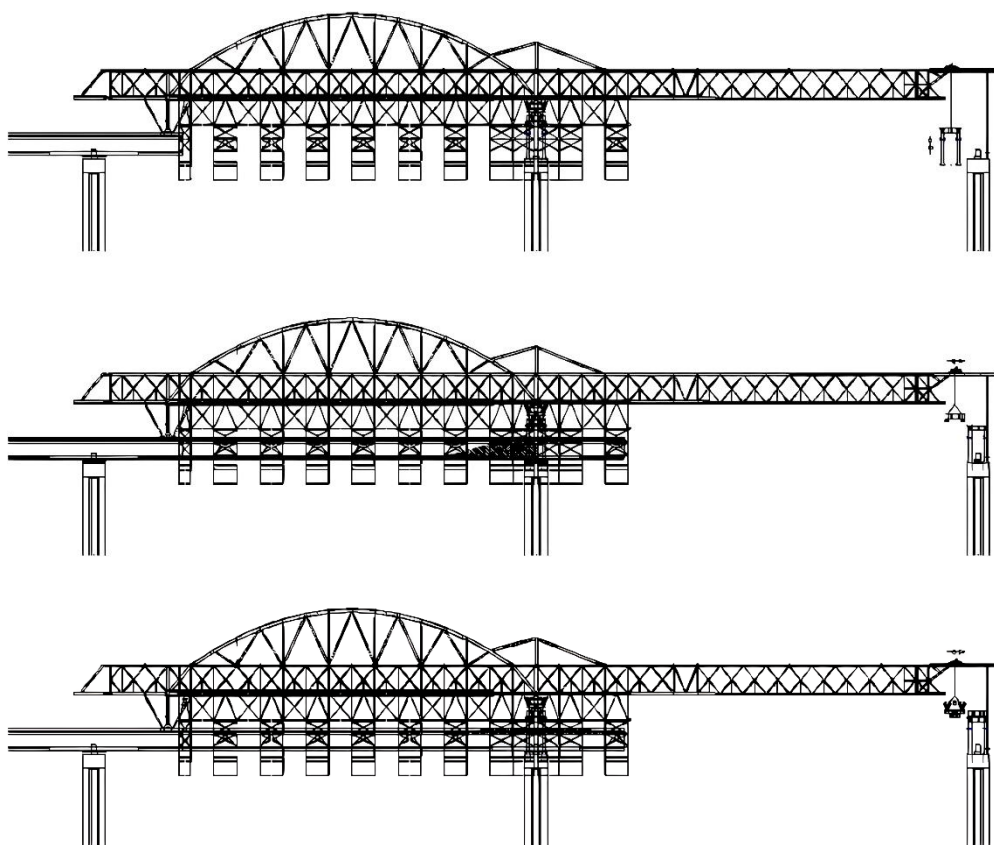
Pri všetkých spôsoboch riešenia skruže a jej presunu je potrebné zabezpečiť stabilitu skruže voči preklopeniu ešte pred dosiahnutím ďalšieho predného piliera (ťažisko skruže musí byť pred posledným, už hotovým, pričnikom). Pre zabezpečenie stability sa využívajú aj žeriavy, ktoré sa v rámci žeriavovej dráhy presunú do zadnej polohy.



Obr. 67 Dĺžka výsuvného nosa skruže umožňuje uloženie podpery už počas prác na predošlom betonážnom zábere (R2 Kriváň – Mýtňa, 2023).



Obr. 68 Schéma skruže s dlhým predným výsuvným nosom – presun do ďalšieho betonážneho záberu.



Obr. 69 Schéma skruže s dlhým predným výsuvným nosom – uloženie podpory na ďalší pilier.

Výsuvná skruž s dvoma hlavnými hornými trámami funguje v princípe rovnako ako skruž s jedným trámom. Hlavné trámy sú navzájom prepojené priečnikmi, avšak nevytvárajú krútovo tuhý prút ako to je v prípade skruží s jedným hlavným trámom (zaťaženie prenášajú takmer nezávisle na sebe). Príklad takejto skruže je na obr. 70.



Obr. 70 Výsuvná skruž s dvoma hornými trámami (R2 Kriváň – Mýtňa, 2023).

Technologické časti:

Pre podopretie skruže na prednom pilieri sa používajú viaceré spôsoby:

- 1.) Podopretie oceľovou podperou umiestnenou na hlavici piliera (obr. 71 a 72).

Podopretie oceľovou podperou vyžaduje debnenie okolo tejto podpery tak, aby sa dala následne, po betonáži, vytiahnuť a použiť na nasledujúcom pilieri. Kapsa, ktorá takto vznikne komplikuje debnenie, ale aj vystuženie priečnika. Kapsa sa zabetónuje po odstránení podpery.

- 2.) Podopretie prefabrikovanými stĺpkami (obr. 73).

Podopretie prefabrikovaným stĺpkom zjednodušuje debnenie, avšak rovnako ako prvé riešenie komplikuje vystuženie. Prefabrikovaný stĺpik má osadenú výstuž, prípadne otvory na jej prevlečenie tak, aby sa stal súčasťou prierezu po betonáži.

- 3.) Podopretie na predpripravenom priečniku (obr. 74 - 76).

Keďže armovanie a debnenie priečnikov býva zložité a zdĺhavé, často sa priečnik vyrobí vopred a osadí sa na dočasné hydraulické valce (stabilizuje sa napr. závitovými tyčami - obr. 77). Následne sa skruž na neho oprie a po betonáži sa priečnik stáva trvalou súčasťou mosta.



Obr. 71 Oceľové podpery výsuvnej skruže umiestnené na piliere (výstavba železničného mosta ponad Nosickú priehradu, 2018).



Obr. 72 Oceľové podpery výsuvnej skruže umiestnené na piliere – fáza zadebného a vyarmovaného priečnika (výstavba železničného mosta ponad Nosickú priehradu, 2018).



Obr. 73 Oceľové podpery výsuvnej skruže umiestnené na piliere prostredníctvom betónových prefabrikovaných stĺpikov.



Obr. 74 Osadená podpera na predpripravený priečnik (D3, Hričov. Podhradie - Žilina, 2016)



Obr. 75 Nabiehanie výsuvného nosa skruže na podperu osadenú na predpripravený priechník (D1, Jánovce - Jablonov, 2014)



Obr. 76 Predpripravený priechník a osadená podpera výsuvnej skruže (D4 Bratislava, 2019)



Obr. 77 Stabilizácia predpripraveného priečnika na pilieri hydraulickými valcami a závitovými tyčami (D4 Bratislava, 2019)

Debnenie je pred betónážou podvesené doplnkovými závesmi (obr. 78), ktoré musia byť odseparované od betónu tak, aby sa dali po odskrúžení demontovať a použiť v ďalšom poli (obr. 79). Tieto otvory treba následne vyplniť cementovou maltou. Odskrúženie sa rieši spustením celej skruže naraz tak, aby sa predišlo nepriazdnivému prerozdeleniu síl medzi závesmi debnenia (závesy debnenia sa neuvolňujú vopred).

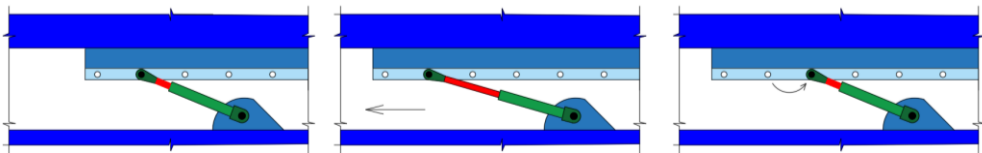


Obr. 78 Závesy debnenia



Obr. 79 Obalené závesy debnenia pred betonážou

Posun skruže sa rieši zväčša hydraulickými piestami, ktoré sa postupne prekotvujú automaticky (obr. 81), alebo pomocou čapov, ktoré sa prekladajú do dier v ocelovom profile privarenom k hlavnému trámu (obr. 80). Tento systém sa používa aj pri presune skruže v priečnom smere v prípade skruží s dolným trámom. V prípade pôdorysne zakriveného mosta, skruž „zatača“ prostredníctvom týchto hydraulických piestov a to tak, že hydraulický piest na jednej strane sa vysunie o niečo viac ako hydraulický piest na druhej strane.



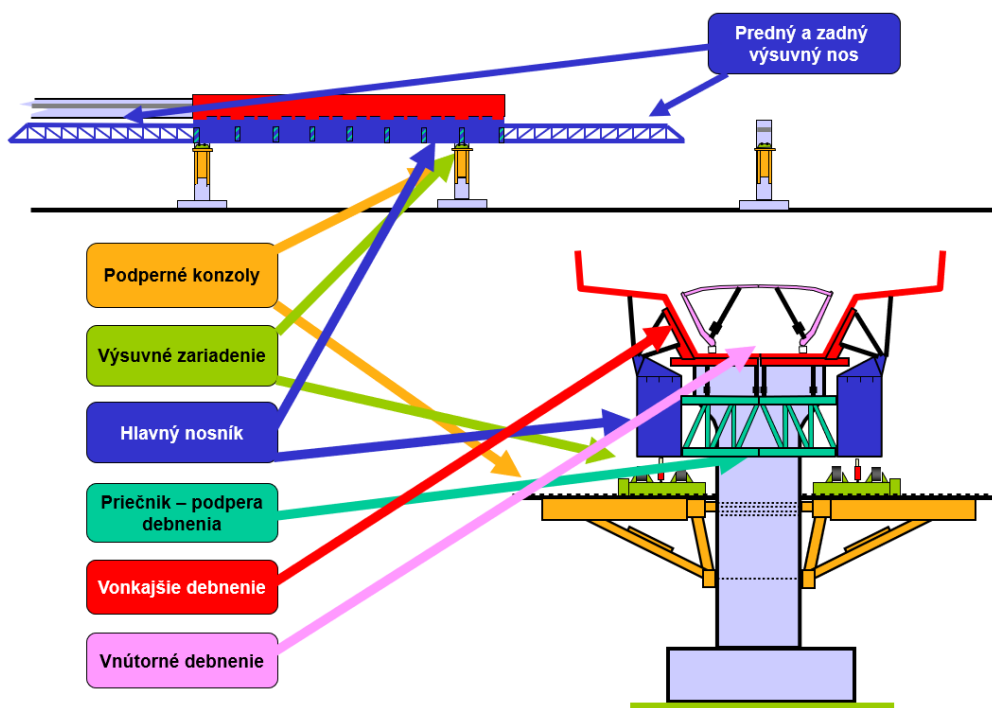
Obr. 80 Princíp funkcie hydraulického piestu na posun výsuvnej skruže (staršie riešenie, dnes je prekotvovanie väčšinou plne automatizované)



Obr. 81 Hydraulický piest na posun výsuvnej skruže

6.3 Výsuvné skruže s dolným trámom

Hlavné časti výsuvnej skruže s dolným trámom sú zobrazené na obr. č. 82.

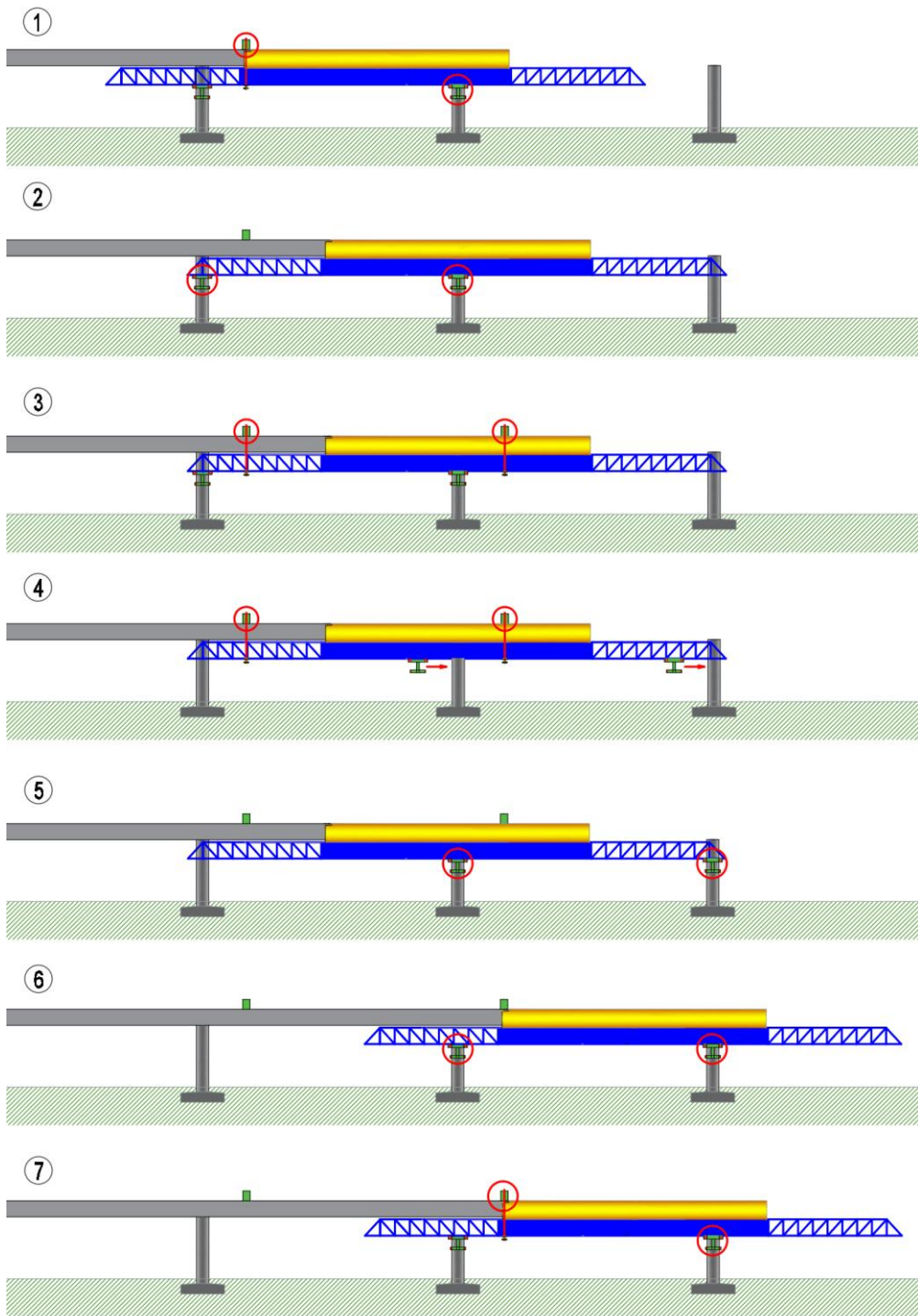


Obr. 82 Hlavné časti výsuvnej skruže s dolným trámom

Presun skruže do ďalšej polohy sa realizuje nasledovnými základnými spôsobmi:

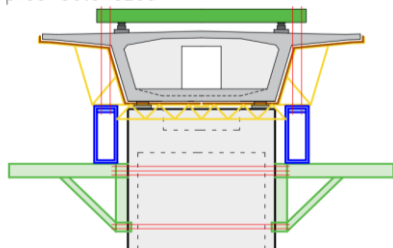
Spôsob A (obr. 83):

- 1.) Pri betonáži je skruž podopretá na oceľovom priečniku umiestnenom na konzole už hotovej časti mosta a na krátkej konzole na prednom pilieri (obr. 83 -1).
- 2.) Po betonáži sa uvoľní podvesenie skruže na konci konzoly už hotovej časti mosta (v mieste, kde končila hotová časť mosta pred betonážou). Skruž dosadne na krátku oceľovú podpernú konzolu na pilieri (obr. 83 - 2). Skruž sa roztvorí tak, aby nekolidovala pri presune s pilierom (obr. 84 - vpravo).
- 3.) Skruž sa presunie do polohy, kedy dolný trám siaha až po nasledovnú podperu (obr. 83 - 3).
- 4.) Skruž sa podvesí na dva oceľové priečniky (jeden na konzole už hotovej časti mosta a druhý v predošlom poli) a presunú sa krátke oceľové konzoly na ďalšie piliere (obr. 83 - 4).
- 5.) Uvoľní sa podvesenie na oceľových priečnikoch. Skruž dosadne na premiestnené oceľové krátke konzoly na pilieroch (obr. 83 - 5).
- 6.) Skruž sa presunie do ďalšej betonážnej pozície (obr. 83 - 6).
- 7.) Skruž sa podvesí na oceľový priečnik na konci konzoly už hotovej časti mosta (obr. 83 - 7). Zatvorí sa debnenie. (obr. 84 - vľavo).

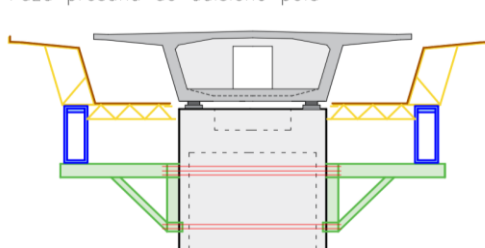


Obr. 83 Schéma presunu skruže s dolným trámom – spôsob A (červené krúžky vyznačujú miesta podopretia skruže v danej fáze).

Fáza pred betonážou



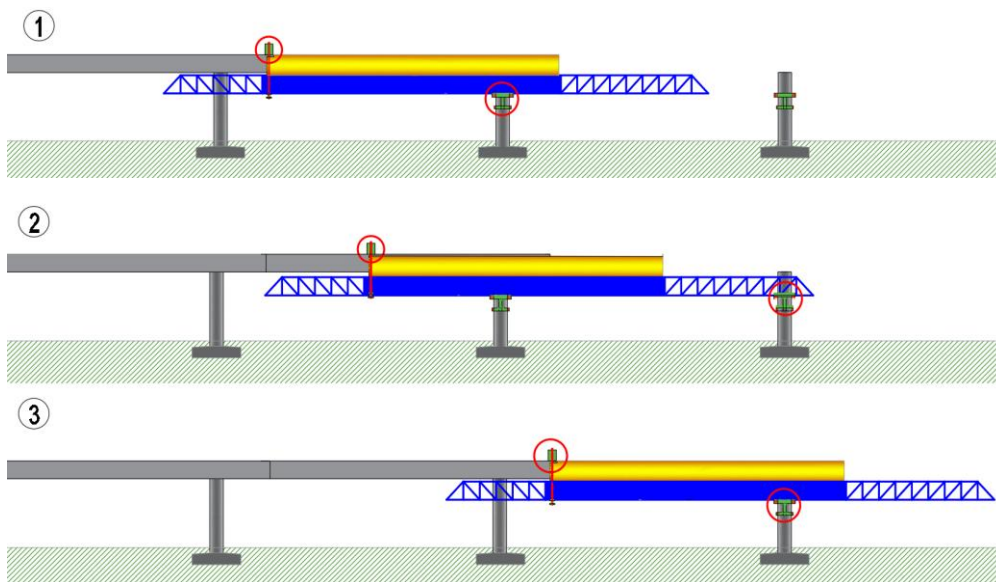
Fáza presunu do ďalšieho pola



Obr. 84 Schéma výsuvnej skruže s dolným trámom (pohľad spredu).

Spôsob B (obr. 85):

- 1.) V betonážnej polohe sú dolné trámy podopreté v prednej časti na krátkych konzolách na pilieri a vzadu sú podvesené na priečniku umiestnenom na konzole už hotovej časti mosta (obr. 85 - 1).
- 2.) Skruž sa v mieste priečnika spustí dole tak, aby došlo k oddebneniu. Priečnik dosadne na predpripravenú koľajovú dráhu a na nej sa následne presúva aj s podveseným debnením. Skruž sa demontuje v strednej časti tak, aby nekolidovala s pilierom pri presune. Priečnik musí byť širší ako šírka mosta, aby sa dali podvesiť trámy skruže pri presune mimo prierez. Keď výsuvný nos dosiahne ďalší pilier, aktivuje sa podpera na prednom pilieri a deaktivuje sa podpera na predošlom pilieri (obr. 85 - 2).
- 3.) Skruž je opäť, podobne ako v kroku 1, podopretá v prednej časti na krátkych konzolách na pilieri a vzadu podvesená na priečniku (obr. 85 - 3).

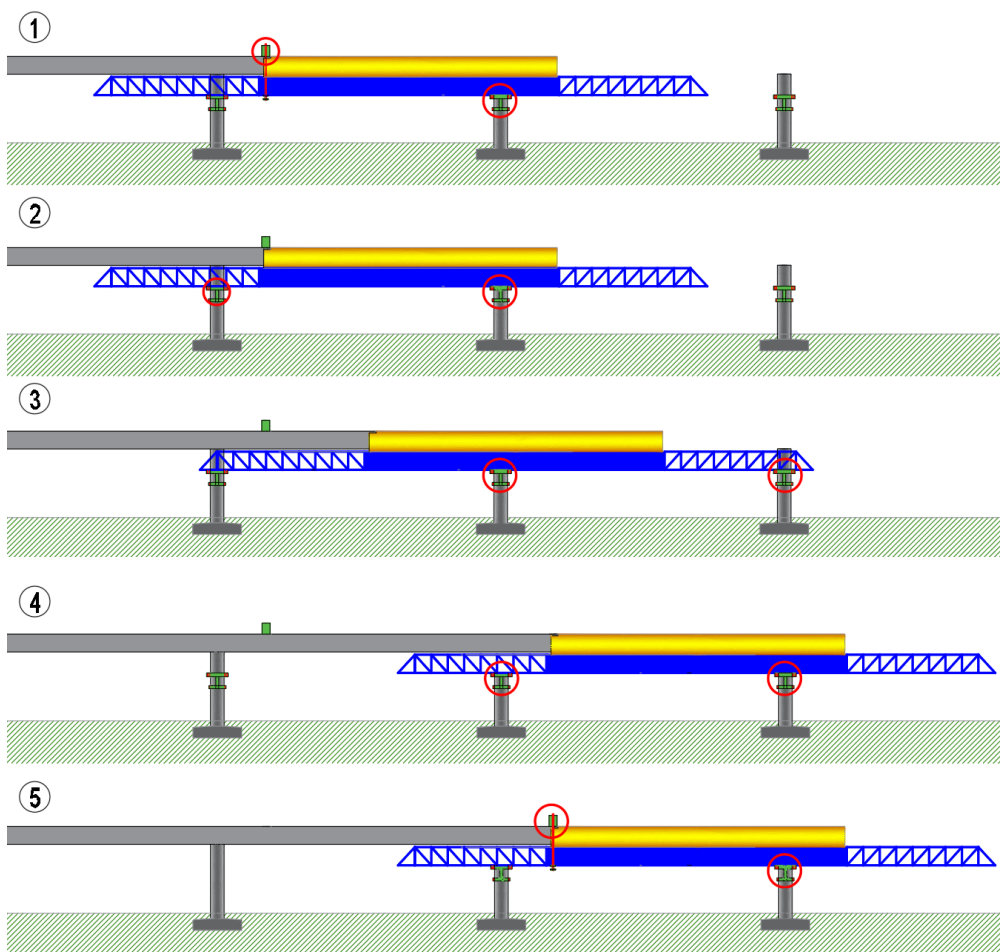


Obr. 85 Schéma presunu skruže s dolným trámom – spôsob B (červené krúžky vyznačujú miesta podopretia skruže v danej fáze).

Spôsob C (obr. 86):

- 1.) V betonážnej polohe sú dolné trámy podopreté v prednej časti na krátkych konzolách na pilieri a vzadu sú podvesené na priečniku umiestnenom na konzole už hotovej časti mosta (obr. 86 – 1).
- 2.) Skruž sa spustí v mieste priečnika a dosadne na krátke konzoly uchytené na pilieri (obr. 86 – 2).
- 3.) Skruž sa postupne presúva, pričom, v závislosti na polohe jej ťažiska, je podopretá na zadnom a strednom pilieri a neskôr na strednom a prednom pilieri (aktivácia podpier hydraulickými valcami) – obr. 86 - 3.
- 4.) Skruž sa dosunie do ďalšej polohy na betonáž ďalšieho záberu (obr. 86 – 4).
- 5.) Skruž je opäť, podobne ako v kroku 1, podopretá v prednej časti na krátkych konzolách na pilieri a vzadu podvesená na priečniku (obr. 86 – 5).

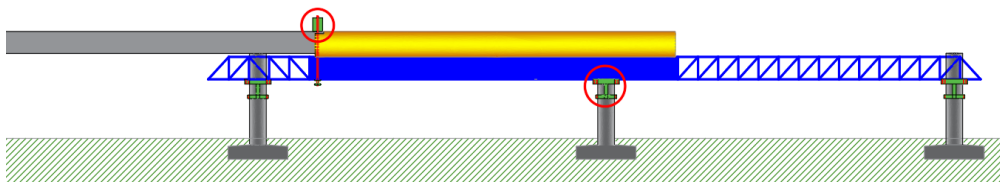
Hlavné trámy skruže sa pri všetkých spôsoboch posúvajú každý zvlášť.



Obr. 86 Schéma presunu skruže s dolným trámom – spôsob C (červené krúžky vyznačujú miesta podopretia skruže v danej fáze).

Spôsob C je jednoduchší a rýchlejší ako spôsob A a B. Využíva sa v prípadoch, keď je terén pod mostom dostupný na presun a osádzanie krátkych podperných konzol na piliere.

Niektoré skruže, podobne ako v prípade skruží s horným trámom, majú predný výsuvný nos výrazne dlhší tak, aby dosiahol na nasledujúci pilier už aj v polohe pre betonáž predošlého poľa (obr. 87). Takéto riešenie umožňuje využiť skruž na jednoduchý prístup k pilieru a jednoduchú inštaláciu ďalšej podpery skruže.



Obr. 87 Schéma skruže s dlhým predným výsuvným nosom, ktorý dočahuje na nasledovný pilier už v polohe betonáže predošlého poľa.

Technologické časti:

Riešenie krátkych konzol, ktoré sa uchytávajú na piliere, môže byť rôzne, pričom väčšinou sa používajú konzoly zavesené na pilier cez kapsu vynechanú v drieku piliera a predpínacích tyčí, ktorými sa vzájomne prepoja dve protiľahlé konzoly (obr. 88). V niektorých prípadoch sa konzoly v spodnej časti opierajú o pilier len cez trecí spoj, prípadne sú priamo položené na stojkách na základ piliera (obr. 89 a 90).



Obr. 88 Krátke konzoly uchytané na piliere (D1 Hričov. Podhradie – Lietavská Lúčka, 2015).



Obr. 89 Krátke konzoly uchytené na piliere s podopretím na základe (D1 Hubová - Ivachnová, 2017).



Obr. 90 Krátke konzoly uchytené na piliere s podopretím na základe (D1 Hubová - Ivachnová, 2017).

Hlavné trámy sú v betonážnej polohe vzájomne prepojené priehradovými priečnikmi (obr. 91). Ku každému spoju na týchto priečnikoch vedie obslužný rebrík, prípadne plošina tak, aby bolo možné ich rozpojiť a následne presunúť priečne do polohy kedy nebudú kolidovať s pilierom pri výsune skruže.



Obr. 91 Priečniky medzi hlavnými trámami skruže.

Koncový priečnik (obr. 92) slúži na uchytenie skruže na konzole už hotovej časti mosta. Skruž je na ňom v betonážnej polohe podvesená cez závitové tyče veľkých priemerov (zväčša predpínacie tyče). Aktivácia priečnika prebieha prostredníctvom zdvíhacích valcov umiestnenými nad stenami komory. Zmysel priečnika je vysvetlený v kapitole 3.2 – str. 20.



Obr. 92 Priečnik na podvesenie skruže.

Vnútorne debnenie (obr. 93, 94 a 95) sa skladá z dielcov, ktoré sa presúvajú do betónážnej polohy na koľajniciach (obr. 93) podoprených na betónových prefabrikátoch, ktoré sú následne zaliate do prierezu. Debniace vozíky sú navrhnuté tak, aby bol možný ich presun cez priečniky, ktoré taktiež musia byť tvarovo už vopred prispôbené pre presuny debniacich vozíkov ("otvorené" priečniky – obr. 94).



Obr. 93 Debniaci vozík vnútorného debnenia.



Obr. 94 Debniaci vozík vnútorného debnenia v zloženom tvare pri prechode cez "otvorený" priečnik.



Obr. 95 Debniaci vozík vnútorného debnenia v rozloženom stave – oddebňovanie komory.

6.5 Staršie typy výsuvných skruží s dolným trámom

Prvé výsuvné skruže s dolným trámom fungovali na princípe logaritmického pravítka. To znamená, že okrem krajných hlavných nosných trámov, mali stredový trám používaný pre presune skruže. Po zabetónovaní a predopnutí jedného segmentu sa vysunul stredový trám do ďalšieho poľa, zaprel sa o piliere a následne sa uvoľnili a dosunuli dva krajné trámy aj s debnením. Tento systém výsuvnej skruže vyžadoval úpravu pilierov v mieste hlavíc tak, aby sa zmestil do vynechaného priestoru stredový trám (obr. 96).



Obr. 96 Úprava piliera v mieste hlavice pre stredový trám výsuvnej skruže (estakády Prístavného mosta, 1980, Š. Petráš – TASR)

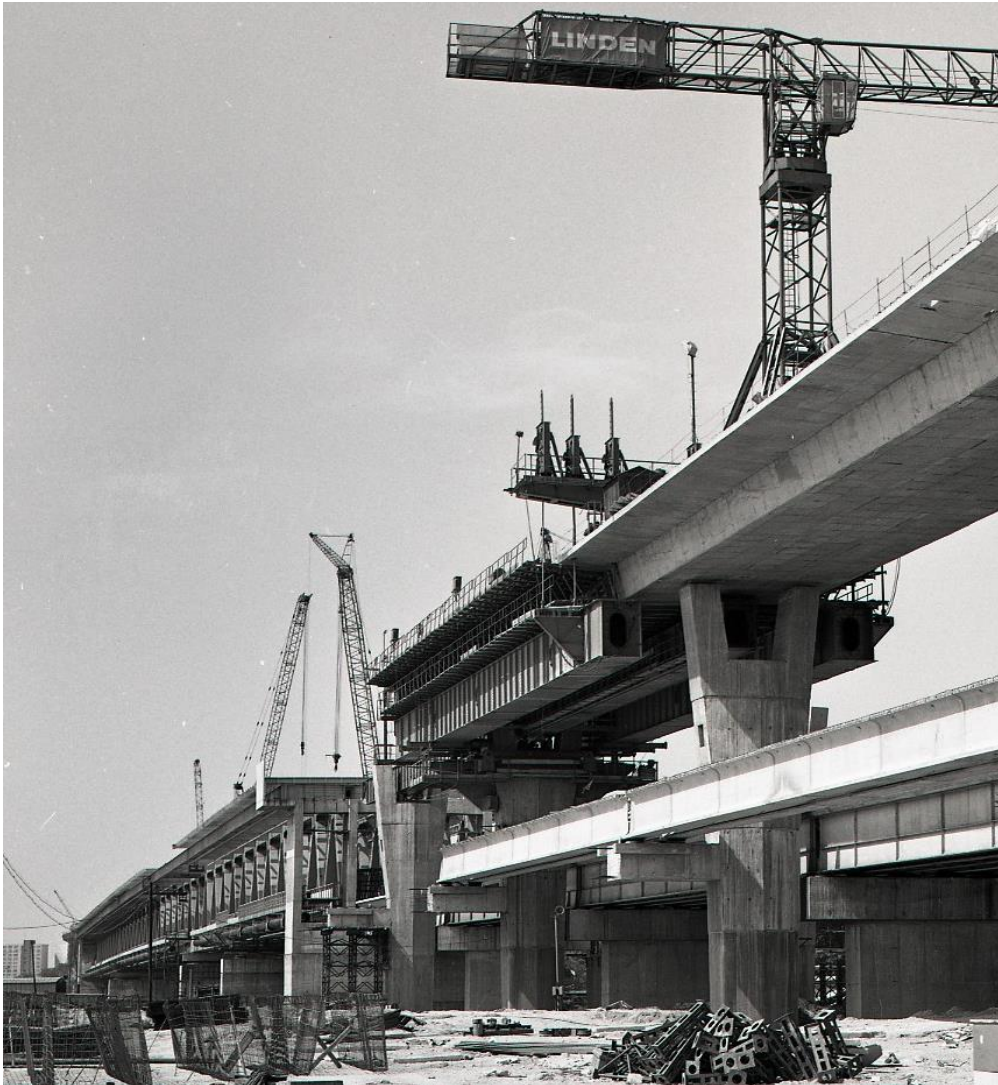
Tento systém sa použil pri výstavbe prvého mosta na Svete stavaného výsuvnou skružou v Nemecku (pozri kapitolu 1.2), ako aj pri prvom moste stavaným výsuvnou skružou na Slovensku (estakády Prístavného mosta – pozri aj kapitolu 1.2).



Obr. 97 Výsuvná skruž nasadená na výstavbu estakády Prístavného mosta. V prednej časti sú dva krajné hlavné trámy prepojené tuhým rámom. Na pilieroch sú z boku viditeľné kapsy pre uchytenie krátkych oceľových konzol. (1982, TASR)



Obr. 98 Zadný priečny rám položený na konzole už hotovej časti mosta, na ktorom sú podvesené hlavné trámy skruže. Rám zároveň slúži aj ako vozík na presun skruže (TASR)

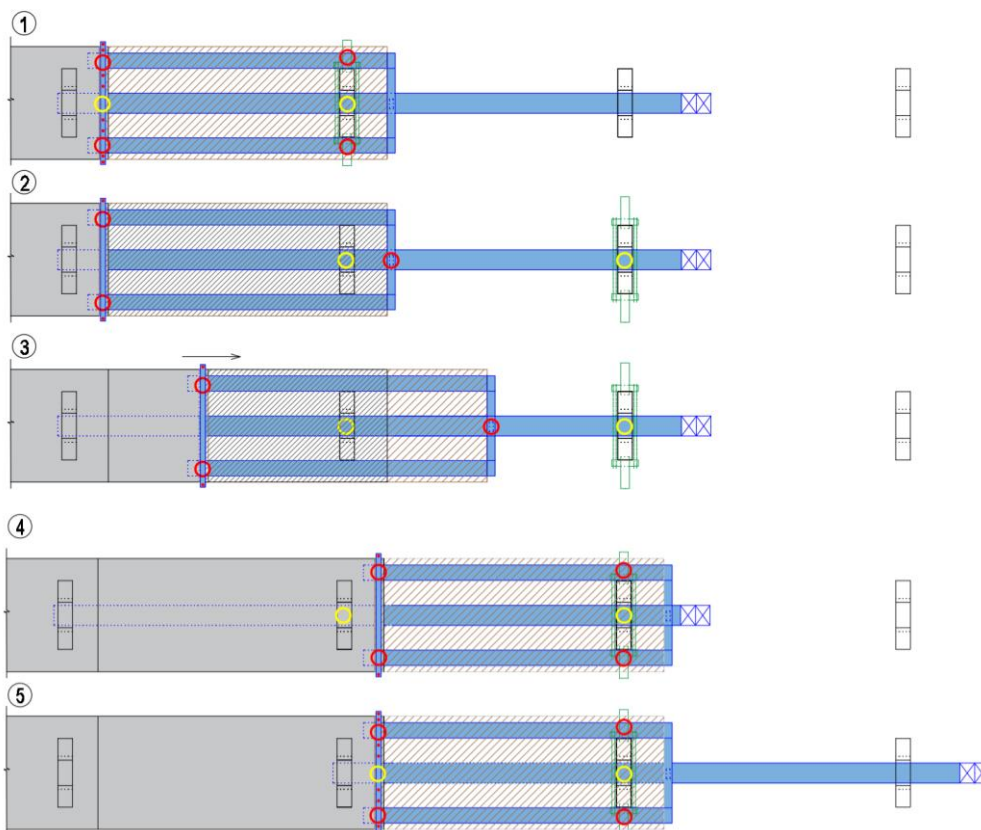


Obr. 99 Pohľad na skruž zozadu – hore je viditeľný priečny rám a podvesenie krajných hlavných trámov skruže (prípojné estakády Prístavného mosta, 1983, Š. Petráš - TASR)

Postup presunu skruže do ďalšieho záberu (obr. 100):

- 1.) V čase betonáže sú hlavné trámy podopreté na prednom pilieri na krátkych oceľových konzolách prichytených k pilieru a v strede upravenej hlavice piliera.
- 2.) Po betonáži, vytvrdnutí betónu a predopnutí betonážneho záberu nasleduje:
 - uvoľnenie závesov skruže, ktoré prechádzajú cez hotovú časť mosta v zadnej časti,
 - rozoberanie debnenia, ktoré by kolidovalo s pilierom pri presune skruže (prostredníctvom obslužných lávok uchytených na hlavné trámy skruže),

- spustenie uchyteného debnenia na krajných trámoch skruže (oddebnenie spustením hydraulických valcov podopierajúcich hlavné trámy).
 - preloženie podpornej krátkej oceľovej konzoly na ďalší pilier.
- 3.) Presun skruže sa realizuje cez stredový podporný trám, na ktorom je v prednej časti položený rámový priečnik a cez neho sú podvesené krajné hlavné trámy. Krajné trámy sú v zadnej časti podvesené na zadnom priečniku (obr. 100-3), ktorý slúži zároveň ako vozík na presun skruže do ďalšieho záberu (obr. 98 a 99).
 - 4.) Po dosiahnutí ďalšej betonážnej polohy sa krajné trámy skruže podoprujú na krátkych oceľových konzolách uchytených na piliere (pilieri majú aj vynechané kapsy pre uchytenie krátkych oceľových montážnych konzol skruže – obr. 100-4).
 - 5.) Stredný trám sa posunie do ďalšej polohy. Osadia sa dodatočné závesy na zadný priečnik skruže a podvesí sa na neho aj stredový trám. Nastaví sa debnenie a dodebnia sa zvyšné časti medzi hlavnými trámami skruže.



Obr. 100 Zjednodušená schéma presunu výsuvnej skruže presúvajúcej sa s pomocou stredného trámu (pohľad zhora). Červené krúžky vyznačujú miesta podopretia krajných hlavných trámov skruže a žlté krúžky miesta podopretia stredného trámu v danej fáze.

6.6 Montáž výsuvných skruží

Montáž prebieha zväčša na podpernej konštrukcii buď priamo v prvom poli (obr. 101), alebo za oporou, odkiaľ sa následne presunie do prvého záberu (obr. 102).



Obr. 101 Montáž skruže (D1 Hričov. Podhradie – Lietavská Lúčka, 2015) ScS.



Obr. 102 Montáž výsuvnej skruže za oporou (R1 Selenec - Beladice, 2010).

6.7 Debnenie, vystužovanie, betonáž a predpínanie

Debnenie

Geometria debnenia sa musí nastaviť tak, aby aj po deformáciách skruže od tiaže čerstvého betónu bola zachovaná geometria mosta v príslušných toleranciách. Presné nastavenie debnenia sa kontroluje geodeticky. Pohľad na čelo debnenia skruže s dolným trámom je na obr. 103 a na debnenie skruže s horným trámom je na obr. 104).



Obr. 103 Pohľad na debnenie čela segmentu komorového prierezu. Výsuvná skruž s dolným trámom (Hričovské podhradie – Lietavská Lúčka, 2015).



Obr. 104 Pohľad na debnenie segmentu dvoj-trámového prierezu. Výsuvná skruž s horným trámom (D3, Hričov. Podhradie - Žilina, 2016).

Vystužovanie

Pre urýchlenie výstavby, najmä v prípade výsuvných skruží, sa časť armatúry pripraví do armokošov, ktoré sa následne vkladajú do debnenia buď klasickým žeriavom, alebo v prípade výsuvných skruží s horným trámom žeriavom na žeriavovej dráhe, ktorá je súčasťou skruže (obr. 105). V rámci armokošov je vhodné osadiť už aj káblové kanáliky. V niektorých prípadoch sa používajú aj prefabrikované kotevné bloky, ktoré sa uložia do debnenia, čím sa urýchli debnenie čela segmentu.



Obr. 105 Osadzovanie armokoša (D4 - Bratislava, 2019).

Betonáž

Betonáž musí byť vždy rovnomerná a symetrická po vrstvách cca 20 cm hrubých, tak, aby nedošlo k možnému nesymetrickému preťaženiu skruže.

V prípade doskových a trámových mostov sa betónuje celý prierez naraz. V prípade komorových prierezov sa betónuje celý prierez naraz, alebo sa zabetónuje v prvom zábere spodná doska s trámami a v druhom zábere horná doska.

Betonáž celého prierezu naraz je zložitejšia z titulu zložitejšieho debnenia, kedy sú naraz zabetónované trámy aj horná doska. Taktiež tiaž čerstvého betónu na skruž je väčšia.

V prípade dvojfázovej betonáže, po predopnutí časti káblov v už zabetónovanej časti prierezu (spodná doska a trámy), hotová časť prierezu významne pomáha redukovať celkové deformácie skruže. Keďže tuhosť betónového prierezu je výrazne vyššia ako tuhosť skruže, musí sa táto časť predopnúť aby sa zamedzilo vzniku trhlin. Dvojfázová betonáž významne redukuje namáhanie skruže (skruž môže byť subtílnejšia), ako aj namáhanie krátkych montážnych konzol v prípade skruže s dolným trámom.

V prípade rozdelenia betonáže sa dôrazne odporúča betónovať hornú dosku do max. 5. dní od betonáže spodnej dosky s trámami. V opačnom prípade hrozí vznik trhlín z rozdielneho zmršťovania, alebo z titulu teplotných účinkov od hydratácie cementu a s tým spojeným namáhaním prierezu.

V prípade výsuvných skruží môže byť betonáž fázovaná nasledovne (postup betonáže určuje dodávateľ výsuvnej skruže):

- Betonáž prednej konzoly a následne betonáž smerom dozadu v smere k napojeniu skruže na už hotovú časť mosta. Nikdy sa nepostupuje opačne v smere od napojenia skruže na hotovú časť mosta a to z dôvodu vysokého rizika vzniku trhlín v tomto mieste v dôsledku priehybov skruže od ďalšej tiaže čerstvého betónu. Takýto postup betonáže by tiež mohol preťažiť skruž, keďže v istej fáze je naplno zaťažená časť medzi pilierom a napojením skruže na hotový most bez priaznivého odľahčujúceho efektu od zaťaženia skruže na konzole v prednej časti.
- Betonáž symetricky od piliera v prednej časti skruže, až kým nie je zabetónovaná celá krátka konzola. Následne sa pokračuje v smere k napojeniu skruže na už hotovú časť mosta

V prípade výsuvných skruží s horným trámom musia byť pred betonážou osadené závesy podopierajúce debnenie.

Výsuvné skruže s horným trámom bývajú vybavené betonážnymi pumpami, keďže prístup do výroby je obmedzený.

Predpínanie

Postup predpínania je určený projektantom vo výkrese predpínacej výstuže. Pred začatím predpínania je vhodné oddebniť steny a hornú dosku prierezu a aktívna sa necháva iba časť debnenia podopierajúca zabetónovaný segment zdola. Takéto riešenie znižuje straty z predpínacej sily do prvkov debnenia.

Predpínanie je často rozdelené na dve fázy. V prvej fáze sa napne len toľko káblov, aby vybetónované pole bolo samonosné. Prvé sa zásadne napínajú odskrúžujúce káble. Ďalšie káble sa potom dopnú po odskrúžení. Takýto postup tiež urýchľuje presun výsuvnej skruže do ďalšieho poľa.

V prípade dvojfázovej betonáže sa po zabetónovaní spodnej dosky a trámov napne časť káblov tak, aby prierez bol schopný preniesť časť síl z od tiaže čerstvého betónu v druhej fáze.

Doba výstavby:

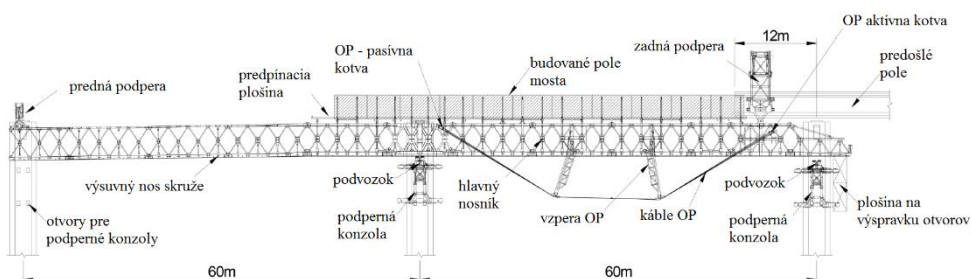
Výstavba jedného poľa trvá v priemere približne 7 až 10 dní v závislosti na možnostiach prefabrikácie priečnikov a armokošov, ako aj na od typu prierezu (komora, dvojtrám).

7. Najnovší trend vývoja technológie výsuvných skruží

Začiatkom 21. storočia bol vyvinutý a úspešne zavedený do praxe systém výsuvných skruží s tzv. "organickým" predpätím (Organic Prestressing System – v skratke OPS) [3]. Organickým bol nazvaný pre to, lebo počítačom riadená jednotka reguluje napnutie predpínacích lán v rámci skruže podľa jej reálnych deformácií meraných senzormi. Je to teda podobné ako napínanie svalov v odozve na zaťaženie, ktorým sú vystavené. Problémom skruží, pre rozpätia nad 50 metrov, bola najmä ich nadmerná deformácia v štádiu betonáže. Dosiachnutie dostatočnej tuhosti si vyžadovalo použitie väčších profilov, čím výrazne stúpala aj tiaž skruže. A aj keď skruž vyhovovala na medzný stav únosnosti, nevyhovovala na medzný stav použiteľnosti (deformácie). Systém OPS umožnil, pri relatívne ľahkej konštrukcii, dosiahnuť rozpätia pre výsuvné skruže až okolo 70 metrov, s teoretickým limitom až 90 – 100 metrov.

Princíp fungovania systému OPS:

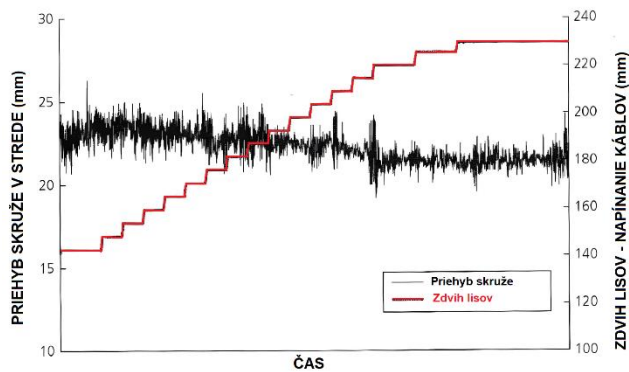
Počas betonáže je senzormi monitorovaná deformácia skruže a na základe nej počítač doladuje napnutie predpínacích lán v spodnej časti skruže, čím deformáciu dorovnáva. Schéma skruží so systémom OPS je na obr. 106 a obr. 110. Schematické znázornenie dopínania sily je na obr. 108. Prvá aplikácia tohto systému pre stavbu mosta je na obr. 107.



Obr. 106 Schéma skruže so systémom OPS – prvá aplikácia [3].



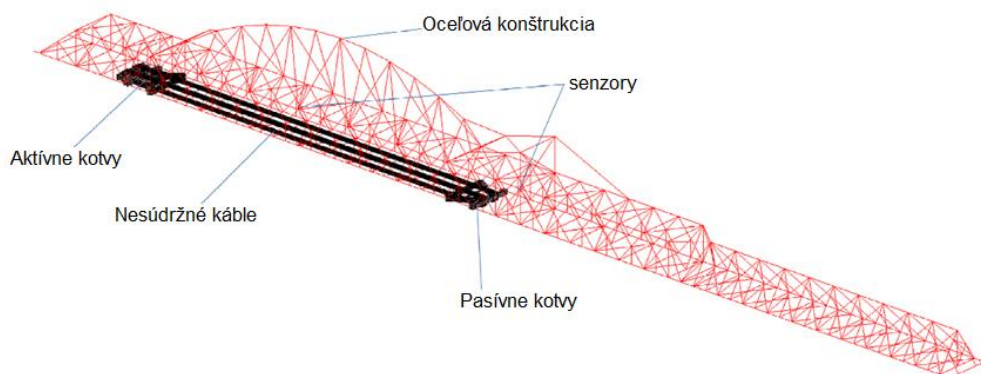
Obr. 107 Skruž so systémom OPS – prvá aplikácia. Most ponad rieku Rio Sousa, Portugalsko, 2005 [5].



Obr. 108 Zdvih hydraulických valcov, ktoré dopínajú káble v spodnej časti skruže v závislosti na deformácii skruže [4].



Obr. 109 Aktívna kotva systému OPS (červený napínací hydraul. valec) – skruž firmy BERD.



Obr. 110 Schéma skruže so systémom OPS – najčastejšie používaná verzia [3].

Jedna z prvých aplikácií systému OPS v praxi bola pri výstavbe R1 na Slovensku, pri Nitre, v roku 2010 (obr. 111). Portugalská skruž bola na Slovensko dovezená na 40 kamiónoch a od vtedy bola následne nasadená na viacerých významných mostoch s rozpätiami do 70 metrov.



Obr. 111 Portugalská výsuvná skruž nasadená v rámci výstavby rýchlostnej cesty R1 Selenc – Beladice v roku 2010. Jedna z prvých aplikácií skruže so systémom OPS na Svete.



Obr. 112 Portugalská výsuvná skruž – jej druhá aplikácia na Slovensku (D1, Jánovce – Jablonov, 2014)

8. ZÁVER

Na Slovensku sa technológia výsuvnej skruže použila už v 80. rokoch 20. storočia pri výstavbe príjazdových estakád Prístavného mosta v Bratislave. Väčší rozmach tejto technológie na Slovensku však nastal až od približne od roku 2010, kedy sa použila, ako jedna z prvých na svete, portugalská skruž so systémom OPS. Následne viaceré firmy začali využívať túto technológiu čoraz častejšie, najmä pre dlhšie mostné estakády. Dôvodom je najmä vysoká mechanizácia, čo umožňuje rýchlejšiu výstavbu a menej potrebnej pracovnej sily. V súčasnosti (2024) si dovoľím povedať, že práve táto technológia dominuje pri výstavbe dlhých mostných estakád a je veľkou konkurenciou najmä technológii vysúvania a technológii tyčových prefabrikátov. Z trhu už takmer definitívne nateraz vytlačila technológiu letmej montáže, ktorá mala na Slovensku dlhoročnú tradíciu. Výsuvná skruž dominuje aj pre mosty, ktoré by za iných okolností boli pri rozpätiach 70 – 80 metrov navrhnuté pre technológiu letmej betonáže. Viaceré veľké firmy investovali do nákupu výsuvných skruží a tak je možné očakávať ďalší rozmach tejto technológie na našom území.

PodĎakovanie.

Za vecné pripomienky patrí vďaka všetkým recenzentom knihy: prof. Ing. Jaroslavovi Halvoníkovi, PhD. – STU Bratislava, prof. Ing. Martinovi Moravčíkovi, PhD. – ŽU Žilina, prof. Ing. Vladimírovi Benkovi, PhD. – STU Bratislava, Ing. Martinovi Chrappovi – Doprastav a.s. a Ing. Richardovi Púčekovi – VÁHOSTAV a.s.

Vydanie knihy podporili: prof. Ing. Vladimír Benko, PhD. (predseda SKSI), Ing. Martin Chrappa (Doprastav a.s.) a Ing. Richard Púček (VÁHOSTAV a.s.).

Táto publikácia bola podporovaná výskumným projektami:

- APVV-17-0204 Zvyšovanie trvanlivosti a konštrukčnej spoľahlivosti nových a existujúcich betónových mostov
- VEGA 1/0459/24 Hodnotenie korózie predpínacích lán v rámci existujúcich betónových predpäťých mostov s aplikáciou elektronického monitoringu

QR kódy:

Videá znázorňujúce princíp technológie pevnej a výsuvnej skruže:

Pevná skruž:

Animácia:



Výsuvná skruž s dolným trámom:

Animácie:



Posun - hydraulika:



Posun – zostrih:



Výsuvná skruž s horným trámom:

Animácia:



Posun celej skruže (D4R7):



Zostrih:



Zostrih:



9. Použitá literatúra

- [1] A. Drozd, E. Chladný, L. Pauliny, I. Poliaček, V. Vébr, J. Zvara: Stavebníctvo na Slovensku 1945 -1985, Alfa, ISBN 80-05-00148-7, Bratislava, 1989.
- [2] A. Laky, A. Rengevič: Betónové mosty na Slovensku, Alfa, ISBN 80-05-00151-7, Bratislava 1988.
- [3] P. Pacheco, A. Adao da Fonseca, H. Coelho, M. Jentsch: A new concept of overhead movable scaffolding system for bridge construction, IABSE Symposium Report 94, 2008
- [4] M. Rosignoli: Bridge construction equipment, CPI Group, ISBN: 978-0-7277-5808-8, Croydon (UK), 2013
- [5] <https://www.berd.eu/en/produtos/movable-scaffolding-system/>
- [6] H. Gass: Die Brečke am Kettiger Hang, Die Bautechnik – 37. Jahrgang, Berlin, 1960
- [7] P. Novotný, L. Konečný, J. Stráský, P. Klimeš: Most přes Host'ovský potok na R1, Betonárske dni, ISBN: 978-80-8076-104-2, Bratislava, 2010
- [8] J. Kopčák, V. Suchár, D. Oravec, P. Novotný: Most na diaľnici D4 nad Jaroveckým ramenom, in: Zborník: Betón na Slovensku 2018 – 2022, ISBN: 978-80-8200-107-8, Bratislava, 2022
- [9] P. Ďuriš, P. Pažma: Nový železničný most nad Nosickou priehradou a realizácia extradosových káblov, in: Zborník: Betón na Slovensku 2018 – 2022, ISBN: 978-80-8200-107-8, Bratislava, 2022
- [10] R. Púček, P. Fuček, P. Krajči: Realizácia mostného objektu SO 205-00 na diaľnici D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka, Inžinierske stavby – Národná správa SNK *fib*, ISSN: 1335-0846, JAGA, Bratislava, 2018
- [11] P. Sliwka, J. Bartoň, M. Formánek, P. Svoboda: D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) – Estakáda na D3 v km 7,500 nad cestou I/18, traťou ŽSR a vodnou nádržou Hričov, Inžinierske stavby – Národná správa SNK *fib*, ISSN: 1335-0846, JAGA, Bratislava, 2018
- [12] Ľ. Naď, V. Chomová, J. Vicente, C. L. M. Tereso, W. Włodzimirski, A. Chalupec, J. Kopčák, R. Merino: PPP projekt D4R7 – súčasť nultého obchvatu mesta Bratislavy, Inžinierske stavby – Národná správa SNK *fib*, ISSN: 1335-0846, JAGA, Bratislava, 2018
- [13] P. Ďuriš: Nosická železničná estakáda, in: Zborník: Betón na Slovensku 2018 – 2022, ISBN: 978-80-8200-107-8, Bratislava, 2022

- [14] L. Hrdina, P. Kocourek, J. Stráský, P. Novotný, R. Půček: dálniční most přes potok Likavka u Ružomberku, in: Zborník: Betón na Slovensku 2018 – 2022, ISBN: 978-80-8200-107-8, Bratislava, 2022
- [15] L. Konečný, M. Uhlík, F. Glovina, G. Szabó: Návrh nového železničného mosta nad Nosickou priehradou, Inžinierske stavby 6/2008, ISSN: 1335-0846, JAGA, Bratislava, 2008.
- [16] P. Haluška: D1 Budimír – Bidovce, Inžinierske stavby 4/2017, ISSN: 1335-0846, JAGA, Bratislava, 2017
- [17] R. Pisarčík, A. Hlaváček: Diaľnica D1 Jánovce – Jablonov, II. Úsek, Inžinierske stavby 6/2015, ISSN: 1335-0846, JAGA, Bratislava, 2015
- [18] P. Pažma: R2 Kriváň – Mýtina – objekt so 209-02, DC1 + DC2, montáž výsuvnej skruže Berd, Inžinierske stavby 6/2023, ISSN: 1335-0846, JAGA, Bratislava, 2023
- [19] M. H. Rabby, Z.Guo, M. Huang: Temporary Bearing Method in Construction of Continuous Beam Bridge Erected as Simply-Supported Beam, Open Journal of Civil Engineering Vol.8 No.4, December 3, 2018, DOI: 10.4236/ojce.2018.84033
- [20] <https://www.peri.sk/produkty/vst-heavy-duty-tower.html>
- [21] https://www.doka.com/sk/system-groups/doka-load-bearing-systems/shoring-towers/uniKit/Doka_UniKit
- [22] <https://www.hebetec.com/en/>

10. Použité symboly a značky

H	Výška prierezu
E	Modul pružnosti
f	Vzopätie oblúka
L_{eff}	Najväčšie rozpätie mosta
b_t	Šírka trámu
b_2	Šírka trámu v hornej časti.
l_k	Dĺžka konzoly hornej dosky prierezu
a_t	Osová vzdialenosť trámov
H_p	Výška priečniku mosta
t_w	Hrúbka steny komory mosta
t_h	Hrúbka hornej dosky prierezu mosta medzi trámami
t_d	Hrúbka spodnej dosky komorového prierezu
t_k	Hrúbka konzoly hornej dosky prierezu mosta v mieste votknutia do trámov
t_{k1}	Hrúbka konzoly hornej dosky na jej okraji
a	Osová vzdialenosť stien komory v mieste hornej dosky
d	Dĺžka konzolového vyloženia hornej dosky komory mosta
S_{∞}	Hodnota vnútornej sily v čase nekonečno
S_0	Hodnota vnútornej sily na fázovanej konštrukcii
s_o	Smelosť oblúka
S_c	Hodnota vnútornej sily na nefázovanej konštrukcii
t_c	Vek betónu pri zmene statického systému
t_0	Vek betónu pri nástupe zaťaženia
X	Súčiniteľ stárnutia
g_0	Vlastná tiaž
P_k	Sily od predpätia

11. Vecný register

- Berd - skruž, 37, 49, 64, 65, 68, 69, 70
D4 - most, 11
debnenie, 5, 18, 19, 20, 21, 23, 26, 40, 46, 50, 52, 59, 63, 65, 66
deformácie (deformácia) 6, 10, 20, 39, 65, 66, 68, 69
geometria predp. káblov, 32
hydraulické valce, 6, 41, 42, 50, 59, 67
hydraulické piesty 47, 55
káble, 12, 30, 33, 34, 35, 67, 69
Kettiger - most, 7, 8
Konzoly - na pilieroch, 56, 57, 60
Komárno - most, 6, 7
kotvenie, 38
Kurimany, 36
návrh predpätia, 30-35
názvoslovie, 40, 52
nevýhody skruží, 15, 22, 24
Nosice - most, 12
pevná skruž, 5, 15, 16, 25, 39
piliere, 38
podopretie skruže, 46, 47, 48, 49, 50, 56, 57
posun skruže - hydraulika, 51
presun skruže, 21, 23, 41, 42, 44, 53, 54, 55, 63, 72, 73
priechnik - fotka, 58
priechny rez, 9, 11, 13, 25, 27, 28
prierez, 25, 27, 28
Prístavný most, 9, 14, 60, 61, 62
prierez, 25, 27, 28
rozpätia, 14, 15, 25, 26, 27
štíhle skruže, 35-38
stabilizácia prefab. priečnika, 50
statické riešenie, 30, 31
technologické časti, 39, 46, 56
vnútorné debnenie komory, 59, 60
výhody skruží, 15, 22, 24
výsuvný nos, 43, 54, 56
výška prierezu, 26, 27
vzper, 35 - 38
železničné mosty, 12, 26, 27, 28



VZDELÁVANIE PRE VŠETKÝCH ODBORNÍKOV V OBLASTI STAVEBNÍCTVA

ERUDIO

www.vzdelavanie.sksi.sk/erudio2020

Pre viac informácií nás kontaktuje mailom na vzdelavanie@sksi.sk.



Doprastav

TRADÍCIA · KVALITA · PROFESIONALITA
od roku 1953

- Diaľnice a rýchlostné komunikácie
- Cesty · Mosty · Železnice
- Podzemné stavby · Pozemné stavby
- Vodohospodárske stavby



www.doprastav.sk



Doprastav



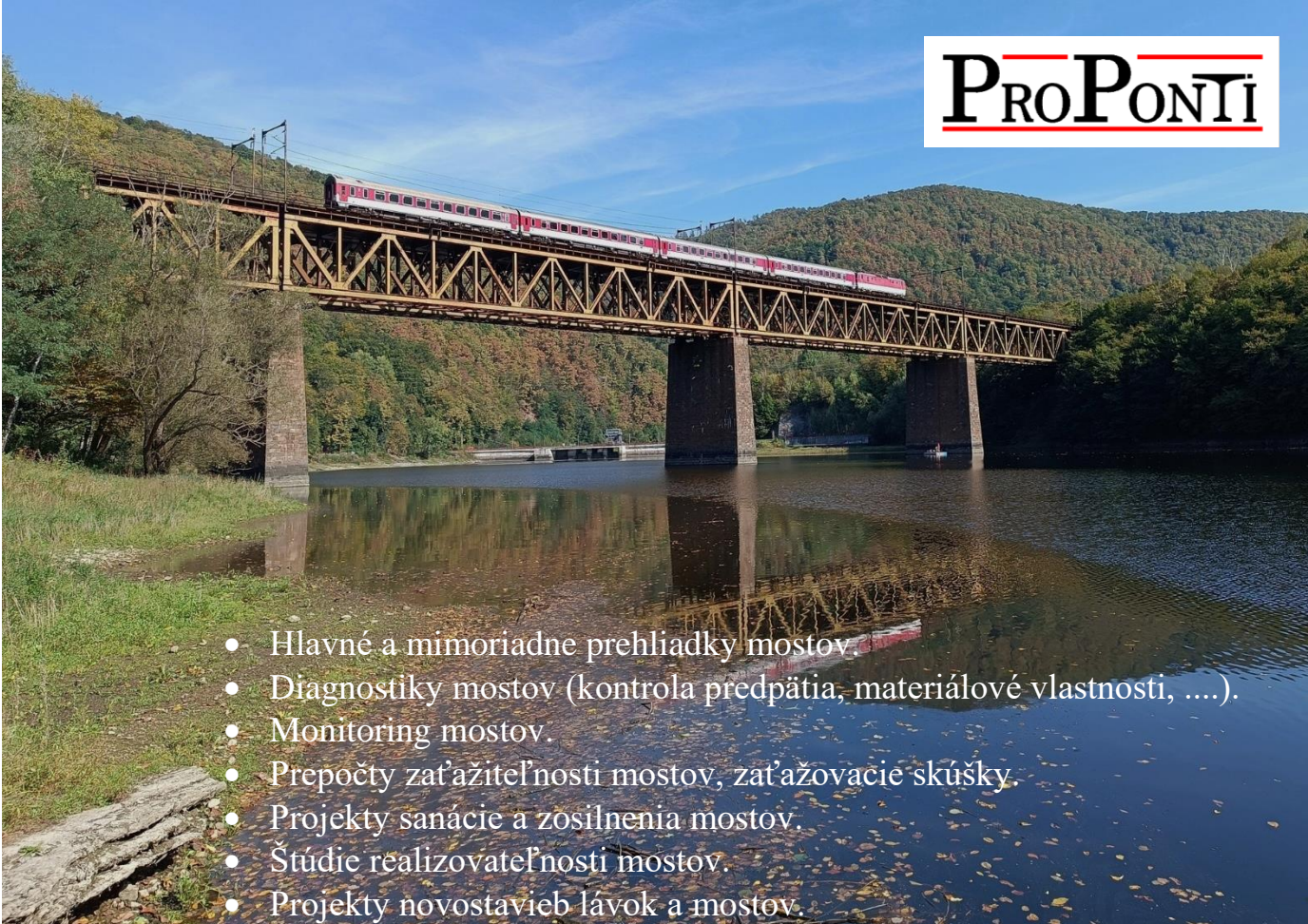
Doprastav





www.vahostav.sk

ZODPOVEDNÝ ZHOTOVITEĽ INŽINIERSKÝCH STAVIEB

- 
- Hlavné a mimoriadne prehliadky mostov.
 - Diagnostiky mostov (kontrola predpätia, materiálové vlastnosti, ...).
 - Monitoring mostov.
 - Prepočty zaťažiteľnosti mostov, zaťažovacie skúšky.
 - Projekty sanácie a zosilnenia mostov.
 - Štúdie realizovateľnosti mostov.
 - Projekty novostavieb lávok a mostov.



doc. Ing. Peter Paulík, PhD.
mobil: +421 903 585 663
mail: proponti@proponti.sk
www.proponti.sk

