

PETER PAULÍK

# TECHNOLÓGIE VÝSTAVBY BETÓNOVÝCH MOSTOV

ČASŤ 3: TECHNOLÓGIA LETMEJ MONTÁŽE  
A MONTÁŽE PO POLIACH  
Z PREFABRIKOVANÝCH SEGMENTOV



BRATISLAVA, 2023

STU  
SvF

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ  
UNIVERZITA V BRATISLAVE  
STAVEBNÁ FAKULTA

**Peter Paulík**

# **TECHNOLÓGIE VÝSTAVBY BETÓNOVÝCH MOSTOV**

**Časť 3: technológia letmej montáže a montáže po poliach  
z prefabrikovaných segmentov**

Bratislava, 2023

## TECHNOLÓGIE VÝSTAVBY BETÓNOVÝCH MOSTOV

Časť 3: technológia letmej montáže a montáže po poliach z prefabrikovaných segmentov

V knihe sú popísané technológie výstavby betónových mostov technológiou letmej montáže a montáži po poliach z prefabrikovaných segmentov. Okrem popisu jednotlivých technologických častí sa kniha venuje aj základnému koncepčnému návrhu letmo montovaných mostov a možnostiam rôznych modifikácií týchto technológií. Časť knihy je venovaná aj špecifickým problémom pri statickom návrhu letmo montovaných mostov v štádiách výstavby a užívania.

Predkladaná publikácia je určená predovšetkým poslucháčom stavebných fakúlt, projektantom, realizátorom a stavebným dozorom, 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. Hidayat al Heraki

Ing. Peter Pažma PhD.

Vydalo vydavateľstvo IRIS – Vydavateľstvo a tlač, s.r.o. v roku 2023.

Pozn.:

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

Rozsah: 78 strán, 5,4 autorských hárkov, 110 obrázkov, 1. vydanie, náklad 100 výtlačkov a elektronická verzia v PDF.

ISBN 978-80-8200-134-4

Publikácia bola vydaná s finančným príspevkom Slovenskej komory stavebných inžinierov.



Vydanie knihy podporila aj firma:

**Doprastav**



## OBSAH:

Predslov .....	4
1. História betónových mostov zhotovených technológiou letmej montáže vo svete a na Slovensku .....	5
2. Výhody a nevýhody technológie letmej montáže a montáže po poliach z prefabrikovaných segmentov a makrosegmentov. ....	16
3. Základný princíp výstavby betónových mostov s použitím letmej montáže a montáže po poliach. ....	18
4. Základný princíp výstavby betónových mostov s využitím makrosegmentov .....	24
5. Predbežný návrh geometrie priečneho a pozdĺžneho rezu .....	26
6. Statické riešenie mostov stavaných technológiou letmej montáže a mostov stavaných montážou po poliach .....	29
7. Technologické časti a výstavba priečne delených konštrukcií .....	38
8. Záver .....	73
9. Použitá literatúra .....	75
10. Použité symboly a značky .....	76
11. Vecný register .....	77

## 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 letmou montážou je treťou 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 17 rokov (2005 – 2022).

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 **Ing. Ladislavovi Búciemu, PhD.** – autorovi dodnes najdlhšieho letmo-montovaného mosta na Slovensku, ktorým je most Podtureň. V dobe jeho výstavby išlo o významný počin vyžadujúci mnohé inovatívne postupy.



Viac o Ing. L. Búci, PhD.:

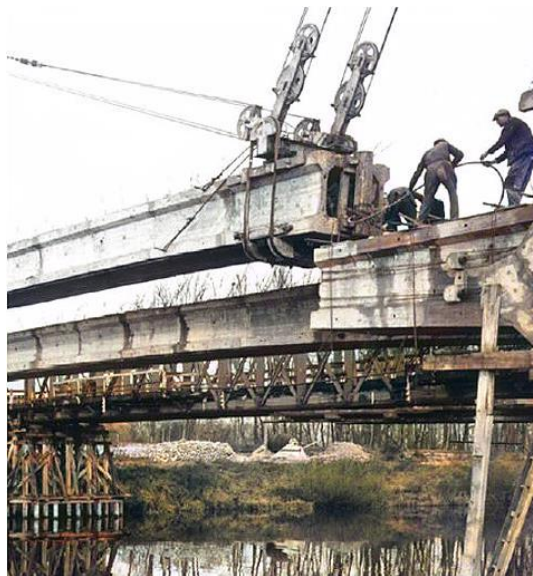


## 1. História betónových mostov zhotovených technológiou letmej montáže vo svete a na Slovensku.

Prvým letmo montovaným mostom na svete bol francúzsky most Luzancy, dokončený v roku 1946 s rozpätím 55 metrov (autorom mosta bol "otec predpätého betónu" E. Freyssinet). Letmo montované boli len konzoly, dĺžky približne 8 metrov, na ktoré sa následne osadili prefabrikované, spínané, komorové nosníky. Šírka mosta je 8 metrov. Prierez tvoria v priečnom smere tri jedno-komorové segmenty, ktoré po zopnutí vytvárajú 5 komorový prierez. Výška prierezu v strede rozpätia je len 1,27 m.



Obr. 1 Prvý letmo-montovaný most sveta, kolorizované, 1946 [5].



Obr. 2 Prvý letmo-montovaný most sveta, osádzanie nosníka zo spínaných segmentov na letmo montované konzoly, kolorizované, 1946 [5].

O dva roky neskôr, v roku 1948, boli postavené viaceré ďalšie letmo-montované mosty vo Francúzsku, s rozpätím až do 73 metrov. Prvé letmo-montované mosty mali škáry medzi segmentami vyplnené maltou, čím sa kompenzovali nepresnosti vo výrobe segmentov. Prvý most s lepenou kontaktnou škárou medzi segmentami bol most Choisy-le-Roi, dokončený v roku 1962 vo Francúzsku. Presnosť dosadenia segmentov sa dosiahla tým, že predošlý vyrobený segment tvoril debnenie pri betonáži ďalšieho segmentu (dnes je to už štandardný postup pri výrobe segmentov).



*Obr. 3 Choisy-le-Roi, prvý most postavený zo segmentov s kontaktnou škárou (ScS)*

Maximálne rozpätie pre technológiu letmej montáže, 180 metrov, bolo dosiahnuté pri výstavbe jedného z mostov na trase Hongkong - Macao v Číne (stavba bola dokončená v roku 2018).



*Obr. 4 Most s najväčším rozpätím na svete stavaný technológiou letmej montáže (ScS).*

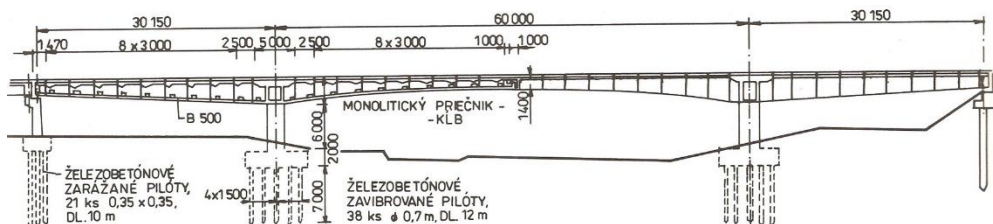
## 1.1 Prehľad vybraných mostov stavaných letmou montážou na Slovensku.

Základný prehľad mostov stavaných letmou montážou na Slovensku v rokoch 1960 až 1985 je možné nájsť v knihe *Stavebníctvo na Slovensku 1945 – 1985* [2], ako aj v ďalších odborných publikáciách [3], [4], [5]. Výborným zdrojom informácií sú aj Národné správy Československého a neskôr Slovenského národného komitétu *fib*, ktoré vychádzali od roku 1970 ako špeciálne číslo časopisu *Inžinierske stavby*.

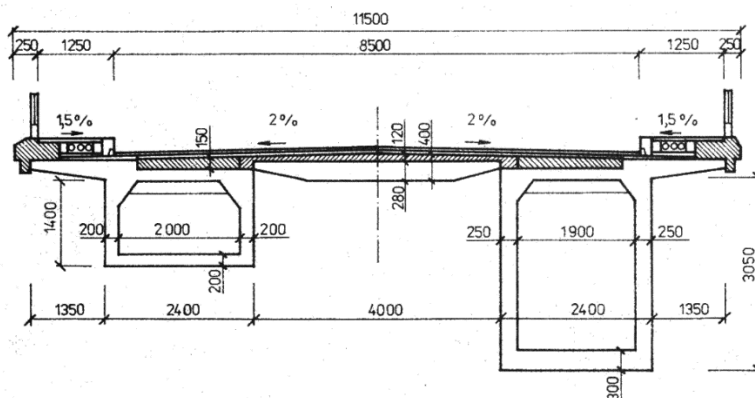
### Sírnik [2], [3]

Prvou experimentálnou stavbou letmo montovaného mosta v bývalom Československu bola stavba mosta pri obci Sírnik, cez rieku Ondava, na východe Slovenska, v rokoch 1961 až 1963. Pri výstavbe sa použilo montážne zariadenie s kapacitou pre zdvíhanie segmentov hmotnosti 20 ton. Trojpoľový most, s max. rozpätím stredného poľa 60 metrov, bol, podobne ako prvé letmo betónované mosty, navrhnutý so stredovým kĺbom. Pri výstavbe boli predpínacie káble umiestnené v žľabe, v rámci hornej dosky komory. Škáry medzi segmentami sú monolitické.

V súčasnosti (2023) prebieha rekonštrukcia mosta.

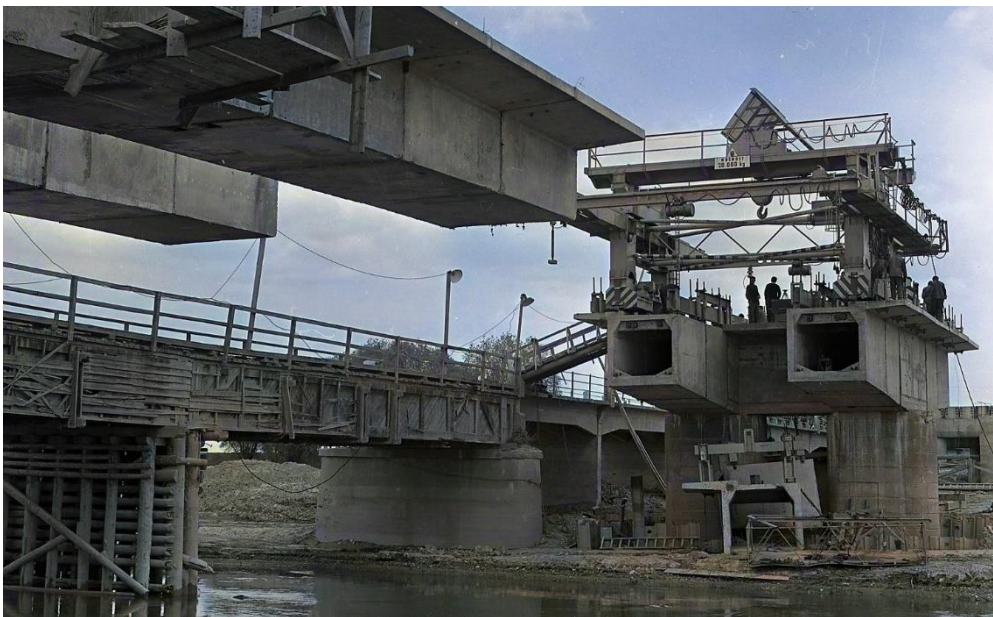


Obr. 5 Schéma pozdĺžneho rezu mosta pri Sírniku [3].



Obr. 6 Schéma priečného rezu mosta pri Sírniku [3]. V hornej časti prierezu je viditeľný žľab výšky 150 mm, v rámci ktorého boli umiestnené predpínacie káble počas výstavby.





*Obr. 7 Výstavba mosta pri Sírniku, kolorizované, 1965 (foto: G. Bodnár, TASR).*



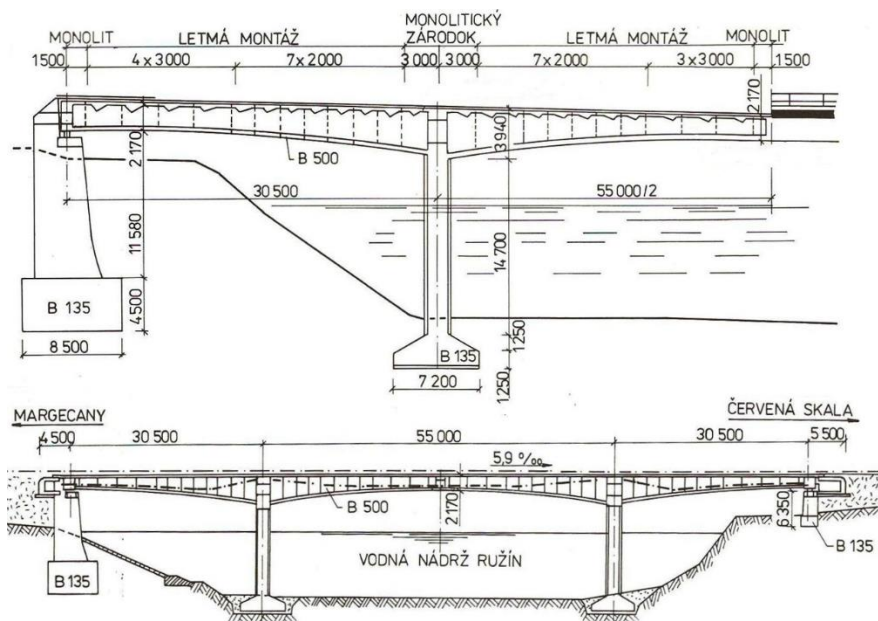
*Obr. 8 Montáž segmentu v rámci mosta pri Sírniku, kolorizované, 1965 (foto: G. Bodnár, TASR).*



Obr. 9 Pohľad na most, 2012.

### Margecany [2], [3]

Prvým letmo montovaným železničným mostom v bývalom Československu, ktorý bol zároveň aj jedným z prvých železničných mostov tohto typu v Európe, bol most v Margecany, postavený v rokoch 1965 až 1967. Statickú sústavu tvoril trojpoľový združený rám, s max. rozpätím 55 metrov, bez stredového kĺbu. Vystužené monolitické škáry medzi segmentami mali šírku 18 cm. Na montáž segmentov sa používal oceľový zaväzací vozík, ktorý vďaka trámu, ktorý bol širší ako šírka budovaného mosta, umožňoval uchytiť segment dovezený k pilieru a odtiaľ ho následne presunúť a zdvihnúť na koniec budovanej konzoly.



Obr. 10 Schéma mosta pri Margecany (na dolnom obrázku sú zaznačené doplnené, voľne vedené káble v rámci rekonštrukcie mosta) [2].



*Obr. 11 Výstavba mosta pri Margecanoch, kolorizované, 1966 (foto: TASR).*

Predpínacie káble boli vedené v žľaboch a keďže sa nekvalitne zhotovila hydroizolácia, už od začiatku užívania mosta boli zjavné priesaky a korózia prepínacej výstuže, čo viedlo k rozsiahlej rekonštrukcii mosta už začiatkom 80. rokov 20. storočia, v podstate necelých 15 rokov po dokončení mosta. V rámci rekonštrukcie sa doplnili voľne vedené predpínacie káble v komorách mosta a obnovila sa hydroizolácia, avšak úplné zastavenie priesakov vody cez nosnú konštrukciu sa z dlhodobého hľadiska nepodarilo.

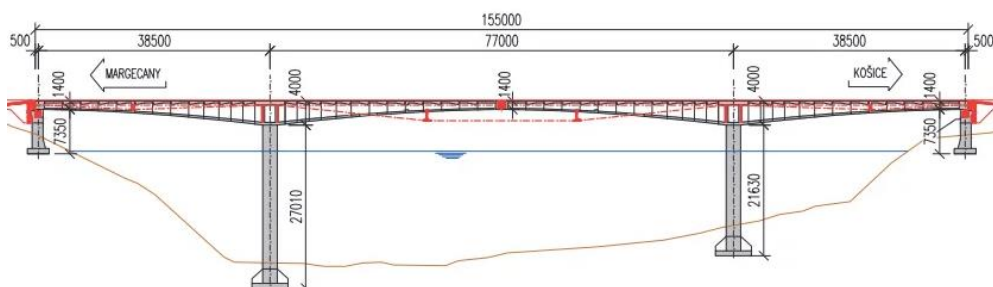




Obr. 12 Pohľad na most, 2012.

### Košické Hámre [2], [3]

Most dokončený v roku 1966 je dodnes letmo montovaným mostom s najväčším rozpätím na Slovensku, ktoré činí 77 metrov. Most mal v strede hlavného poľa navrhnutý kĺb. Vplyvom viacerých faktorov, ako boli nekvalitne zhotovené škáry medzi segmentami, zlý koncepčný návrh vedenia predpätia a korózia predpínacích káblov v montážnych žľaboch, viedli k nadmernému nárastu deformácie v strede poľa a k nutnosti jeho sanácie dodatočným, voľne vedeným predpätiám. Pri rekonštrukcii, ktorá bola dokončená v roku 2017, sa zároveň most v mieste kĺbu zmonolitnil.



Obr. 13 Schéma mosta po rekonštrukcii [6].



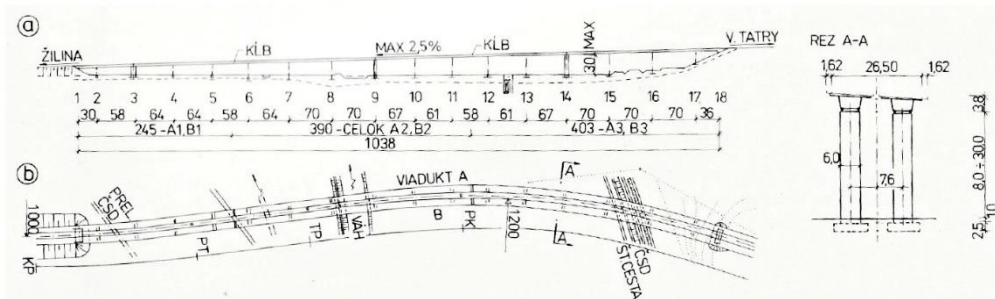
*Obr. 14 Výstavba mosta pri Košických Hámroch, kolorizované, 1966 (foto: G. Bodnár, TASR).*

### **Podtunel [2], [3]**

Dodnes najdlhší most na Slovensku, ktorý bol postavený technológiou letmej montáže, bol dokončený v roku 1983. Most má 17 polí s rozpätiami 30 až 70 metrov a celkovou dĺžkou, od osi uloženia na opore č.1 po os opory č. 18, 1038 metrov. Výstavba tohto mosta si vyžadovala viaceré modifikácie oproti predošlým mostom stavanými touto technológiou, keďže všetky predošlé mosty mali výrazne kratšiu dĺžku (do 220 metrov). Most tvoria tri dilatačné celky. Segmenty sa vyrábali na tzv. dlhej dráhe a následne sa prevážali na stavenisko, kde sa montovali s využitím tzv. montážneho mosta. Škály medzi segmentami boli lepené epoxidom.

Viaceré technologicke procesy, súvisiace najmä s injektážou káblov a hydroizoláciou, však neboli dostatočne zvládnuté a kvalitne vyhotovené, čo viedlo k nutnej rozsiahlej rekonštrukcii mosta aj s využitím externého predpätia, už po necelých 15 rokoch prevádzky.





Obr. 15 Schéma mosta pri Podturni [2].

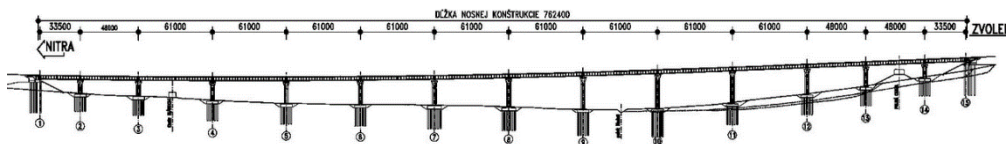


Obr. 16 Výstavba mosta pri Podturni, kolorizované (foto: V. Gabčo, TASR).

Ďalšie fotky z výstavby mosta, od Ing. Ladislava Búciho, PhD., sú v prílohe 1.

### Obchvat Nítry (Selenec – Beladice) [7]

V rámci obchvatu Nítry na rýchlostnej ceste R2, v blízkosti obcí Pohranice a Malý Lapaš, bol v roku 2011 dokončený most s dĺžkou 762 metrov. Zaujímavosťou výstavby bolo nasadenie dvojice montážnych zariadení, tzv. montážnych mostov, zvlášť pre každú z dvoch paralelných konštrukcií. Maximálne rozpätie mosta je 61 metrov.



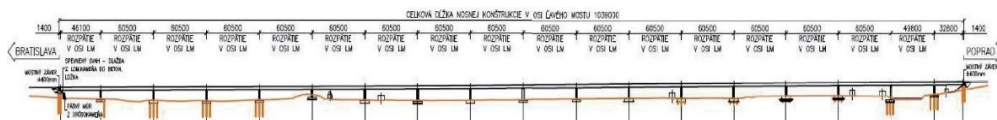
Obr. 17 Schéma mosta na úseku R2 Selenec - Beladice [7].



Obr. 18 Výstavba mosta na úseku R2 Selenec – Beladice, 2010.

### Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka [8]

Posledným mostom, ktorý bol zatiaľ na Slovensku postavený technológiou letnej montáže, je most v rámci výstavby obchvatu Žiliny, na úseku Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka. Most má 18 polí a dĺžku 1036 metrov meranú od osi opory č.1 po os opory č. 19, čím zaostal za zatiaľ najdlhším mostom stavaným technológiou letnej montáže na Slovensku, v Podturni, len o necelé 2 metre. Avšak na rozdiel od mosta v Podturni, konštrukcia nie je dilatovaná nikde na medziľahlých podperách, čím je tento most najdlhším dilatačným celkom stavaným technológiou letnej montáže na Slovensku. Maximálne rozpätie mosta je 60,5 m. Most bol dokončený v roku 2021.



Obr. 19 Schéma mosta na úseku D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka [8].



Obr. 20 Výstavba mosta na úseku D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka, (DPS, 2016).

Tab. 1 Základné parametre vybraných letmo montovaných mostov na Slovensku

Rok dokončenia stavby, cestný / železničný	Najbližšie mesto / obec	Stredo vý kĺb	Dĺžka mosta (osi uloženia na oporách)	Max. rozpätie L	Výška prierezu nad podperou H1	Výška prierezu v strede poľa H2	Pomer H1/L	Pomer H2/L
			(m)	(m)	(m)	(m)	-	-
1963, C	Sírnik	ano	120,3	60,0	3,05	1,40	1/20	1/43
1966, C	Košické Há mre	ano	155,0	<b>77,0</b>	4,00	1,40	1/19	1/55
1967, Ž	Margecany	nie	116,0	55,0	3,94	2,17	1/14	1/25
1974, C	Sedlice	nie	216,0	75,0	4,20	4,20	1/18	1/18
1983, C	Podtureň	nie	<b>1038,0</b>	70,0	3,80	3,80	1/18	1/18
1986, C	Dovalovec	nie	533,0	75,0	3,50	3,50	1/21	1/21
1994, C	Bratislava	nie	433,70	50,7	2,65	2,65	1/19	1/19
1994, C	Sučany	nie	466,8	50,2	3,00	3,00	1/17	1/17
1998, C	Skala-Nemšová	nie	476,4	57,4	3,00	3,00	1/19	1/19
2008, C	Hričovské Podhradie - Strážov	nie	743,2	50,0	3,00	3,00	1/17	1/17
2011, C	Seleneč-Beladice	nie	762,4	61,0	3,00	3,00	1/20	1/20
2020, C	Hričovské Podhradie - L. Lúčka	nie	1036,2	60,5	3,00	3,00	1/20	1/20



## 2. Výhody a nevýhody technológie letmej montáže a montáže po poliach z prefabrikovaných segmentov a makrosegmentov.

**Letmá montáž** je vhodná takmer do akýchkoľvek podmienok v prípade, keď sú rozpätia od 30 do 90 metrov (optimálne však 45 až 70 metrov), pre prierezy s konštantnou výškou komory. V prípade väčších rozpätí, 80 až 120 metrov, je ekonomicky výhodné použiť geometriu s premennou výškou komory (väčšia výška v nadpodperovej oblasti). Maximálne rozpätie na svete aké sa realizovalo technológiou letmej montáže je 180 metrov.

Výhody letmej montáže voči letmej betonáži:

- rýchly postup výstavby,
- pri postupe od opôr sa nezasahuje do priestoru pod mostom (okrem výstavby prvého a posledného poľa),
- výroba prebieha vo výrobniciach, čo umožňuje betonáž aj v zime. Prefabrikáty sa pripravujú vopred v zimnom období a po zlepšení počasia sa montujú,
- výroba prefabrikátov môže prebiehať počas výstavby spodnej stavby a po jej dokončení nasleduje okamžite montáž hornej stavby,
- prefabrikácia vo všeobecnosti je presnejšia ako betonáž in-situ, lepšia kvalita povrchov betónu,
- betóny segmentov sú pri predpínaní už vyzreté (menšie dotvarovanie a zmršťovanie = menšie straty predpätia, menšie dilatačné pohyby a deformácie).

Nevýhody letmej montáže voči letmej betonáži:

- množstvo pracovných škár, ktoré môžu byť zdrojom porúch,
- náročné na presnú geometriu segmentov so zohľadnením aj čiary nadvýšenia,
- skladovanie a preprava segmentov,
- možné ovplyvnenie tvarovania hlavic pilierov.

**Montáž po poliach z prefabrikovaných segmentov** sa v prevažnej väčšine realizuje na mostoch s konštantnou výškou prierezu komory, pričom technológia je vhodná pre rozpätia 25 až 45 metrov. Montáž po poliach sa ojedinele používa aj pre rozpätia do 60 metrov, avšak už pre rozpätia nad 45 metrov prestáva byť konkurencieschopná voči iným technológiám.

Výhody montáže po poliach sú takmer identické ako v prípade letmej montáže:

- rýchly postup výstavby,
- nezasahuje sa do priestoru pod mostom,
- výroba prebieha vo výrobniciach, čo umožňuje betonáž aj v zime. Prefabrikáty sa pripravujú vopred v zimnom období a po zlepšení počasia sa montujú,
- výroba prefabrikátov môže prebiehať počas výstavby spodnej stavby a po jej dokončení nasleduje okamžite montáž hornej stavby,
- prefabrikácia vo všeobecnosti je presnejšia a kvalitnejšia ako betonáž in-situ,

- betóny segmentov sú pri predpínaní už vyzreté (menšie dotvarovanie a zmršťovanie).

Nevýhody montáže po poliach:

- množstvo pracovných škár, ktoré môžu byť zdrojom porúch,
- obmedzené možnosti použitia technológie pri malých polomeroch oblúkov smerového vedenia trasy na moste,
- náročné na presnú geometriu segmentov,
- skladovanie a preprava segmentov,
- oproti letmej montáži je montážna súprava mohutnejšia, keďže v istom okamihu nesie tiaž celého mostného poľa,
- možné ovplyvnenie tvarovania hlavíc pilierov,
- pri proste uložených poliach - dvojnásobný počet ložísk a väčší počet mostných záverov, čo je nákladnejšie aj v rámci obstarávania, aj v rámci údržby.

**Montáž po poliach z makrosegmentov**, kedy dĺžka segmentu je približne polovica, alebo celková dĺžka mostného poľa, sa používa pri výstavbe veľmi dlhých estakád (dĺžky niekoľko km), kedy sa finančne oplatí nasadiť masívne, komplexné montážne zariadenie. Typické rozpätia pre túto technológiu sú 30 až 45 metrov (jeden makrosegment), prípadne, pri rozdelení dĺžky poľa na viacero makrosegmentov, až 80 -100 metrov.

Výhody oproti klasickej letmej montáži a montáži po poliach z klasických prefabrikovaných segmentov:

- betónuje sa naraz celé pole mosta, resp. jeho veľká časť – lepšia kontrola geometrie,
- jednoduchšie debnenie, vystuženie aj predpätie,
- výrazne menej pracovných škár,
- rýchlejšia montáž.

Nevýhody oproti klasickej letmej montáži a montáži po poliach z klasických prefabrikovaných segmentov:

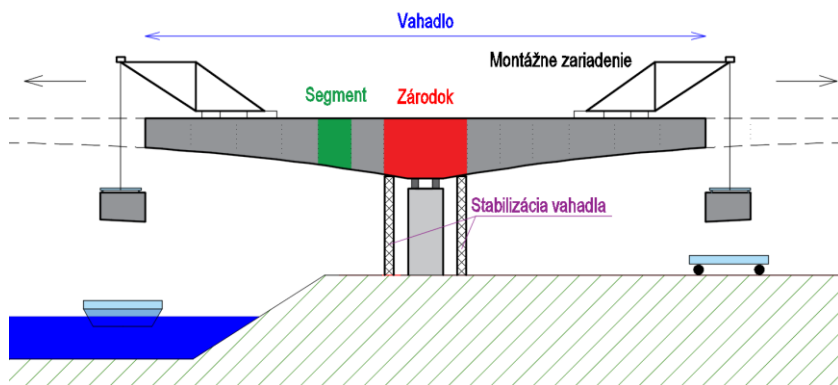
- pri proste uložených poliach - dvojnásobný počet ložísk a väčší počet mostných záverov, čo je nákladnejšie aj v rámci obstarávania aj v rámci údržby,
- most sa musí navrhnuť na zaťaženie pri prevoze segmentu,
- veľmi drahá investícia do zaväzacieho žeriava,
- masívny, ťažký zaväzací žeriav pri prenose segmentu v mnohých prípadoch vyvinie väčšie zaťaženie na piliere ako most vo finálnom štádiu pôsobenia, vrátane dopravného zaťaženia.



### 3. Základný princíp výstavby betónových mostov s použitím letmej montáže a montáže po poliach.

#### Letmá montáž

Technológia letmej montáže sa svojim základným princípom podobá technológii letmej betonáže, s tým rozdielom, že jednotlivé segmenty sa nebetónujú in-situ, ale sú vyrábané a dovážané zo špecializovanej haly na ich výrobu (prefa) a následne sú pripínané k predošlým segmentom. Týmto spôsobom sa buduje tzv. vahadlo.



Obr. 21 Základné názvoslovie pre technológiu letmej montáže.

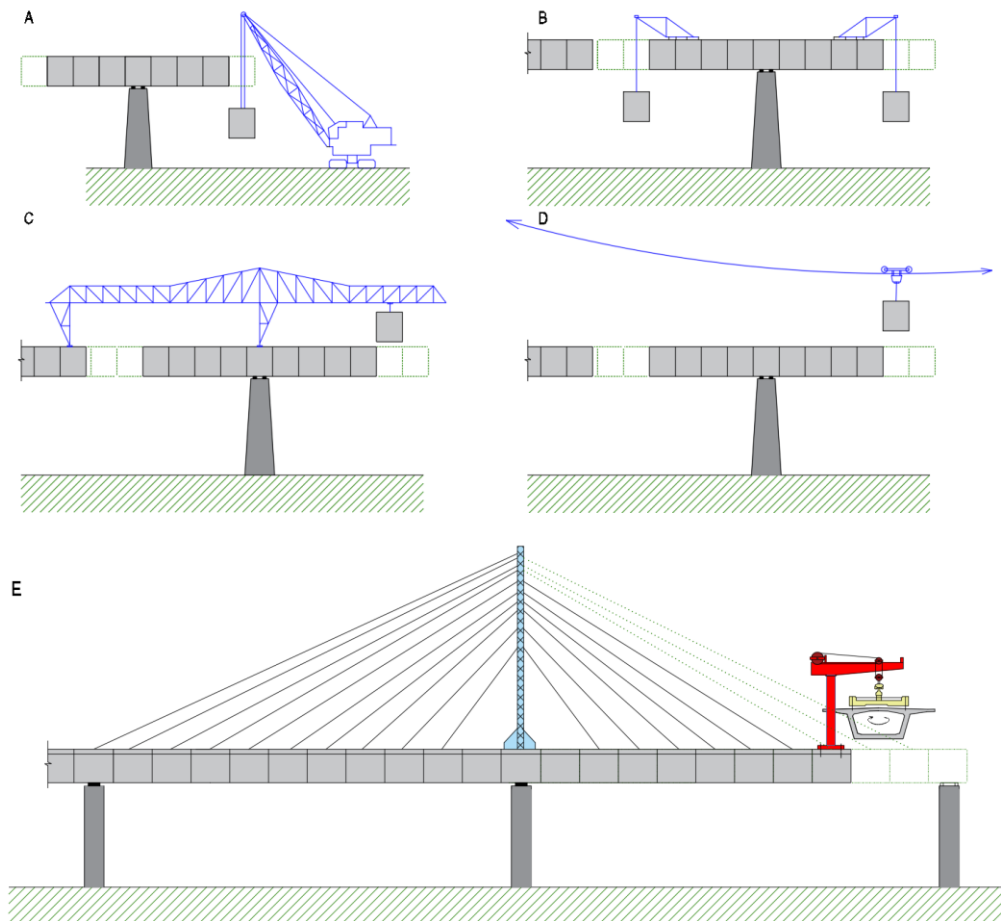
Rozlišujeme päť základných spôsobov letmej montáže:

- A.) Montáž žeriavom z terénu pod mostom (kolesový, pásový, alebo portálový žeriav), alebo z pontónu na vode (lodný žeriav), pozri obr. 22A a obr. 23.
- B.) Montáž jednoduchým montážnym (zdvíhacím) zariadením umiestneným na vahadle budovaného mosta, obr. 22B a obr. 24.
- C.) Montáž komplexným montážnym zariadením, tzv. montážnou súpravou, obr. 22C a obr. 25.
- D.) Montáž žeriavom na visutej káblovej dráhe, obr. 22D, a obr. 26.
- E.) Montáž s vyvesovaním segmentov na dočasný pylón – konzolovo, obr. 22E a obr. 27.

Spôsob montáže A a B vyžaduje prístup pod most a dovoz segmentov k pilierom, pričom spôsob montáže A vyžaduje totálny prístup pod celým mostom. Pri spôsobe montáže B, je možné skonštruovať montážne zariadenie tak, že sa dokáže pohybovať s podveseným segmentom po mostovke. V tomto prípade je teda možné priviesť segment k pilieru, podviesť ho na montážne zariadenie a previesť ho s ním na koniec vahadla. Takáto úprava montážneho zariadenia vedie k jeho vyššej hmotnosti, keďže je potrebná protiváha pri presune segmentu do montážnej polohy, prípadne komplikované kotvenie o mostovku s možnosťou pohybu.

Spôsoby C, D a E umožňujú dovoz segmentov už na hotovú konštrukciu a ich následný presun do montážnej polohy ponad mostovku.

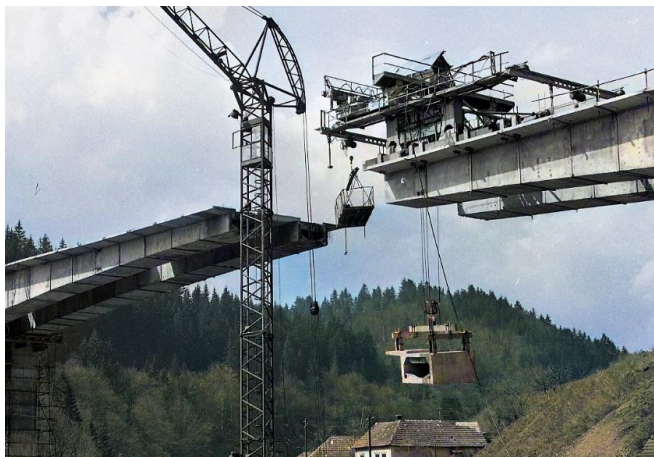
Princíp základných spôsobov montáže segmentov je znázornený na obr. 22.



Obr. 22 Princíp základných spôsobov montáže segmentov pri technológii ľahkej montáže.



Obr. 23 Montáž žeriavom (ScS)



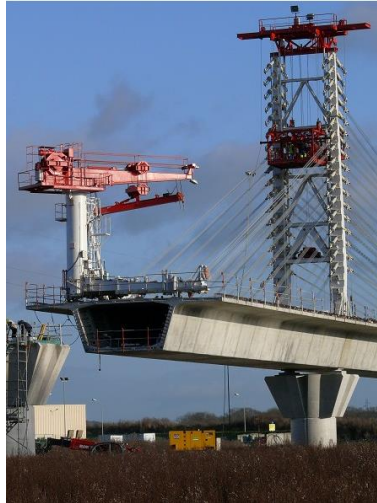
*Obr. 24 Montáž zdviacím zariadením umiestneným na moste. Most pri Košických Hámroch, kolorizované, 1966 (foto: G. Bodnár, TASR).*



*Obr. 25 Letmá montáž s využitím montážneho mosta - presun zariadenia na ďalšie vahadlo, kolorizované (most Podtureň, cca 1980, KBKM).*



*Obr. 26 Montáž zdviacím zariadením s podporou žeriava na káblovej dráhe (foto z prednášok doc. Zvaru, cca 1990).*

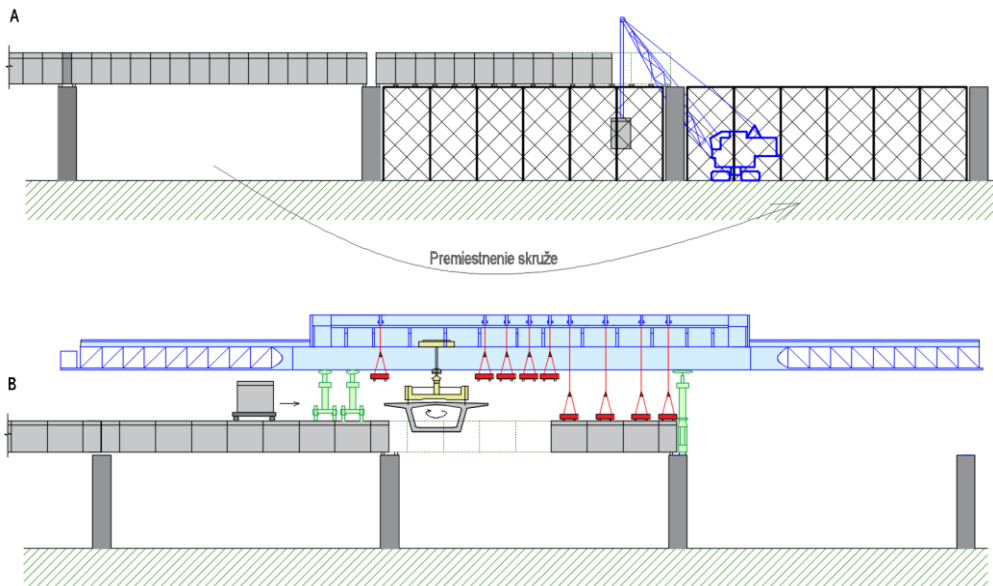


Obr. 27 Letmá montáž vyvesovaním segmentov (ScS)

### Montáž po poliach.

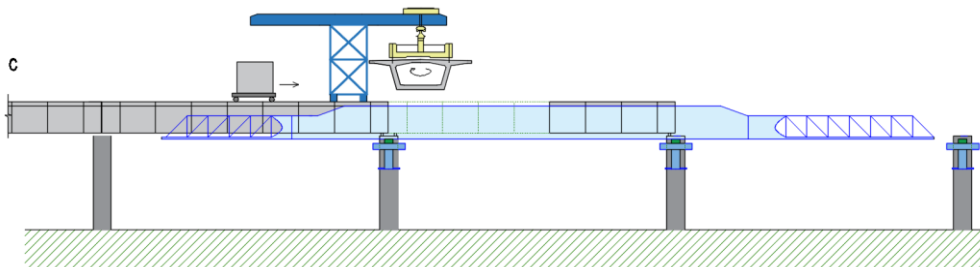
V prípade montáže po poliach sa prefabrikované segmenty naukladajú vedľa seba na celú dĺžku mostného poľa a následne sa zopnú dokopy predpínacími lanami. Rozlišujeme 3 základné spôsoby výstavby mostov montážou po poliach:

- A.) Montáž na pevnej skruži, pozri obr. 28A a obr. 30.
- B.) Montáž s pomocou montážneho súboru s podvesením segmentov, obr. 28B, obr. 31.
- C.) Montáž s pomocou montážneho súboru s podopretím segmentov, obr. 29, obr. 32.



Obr. 28 Základné spôsoby výstavby betónových mostov montážou po poliach, spôsob A a B.





Obr. 29 Základné spôsoby výstavby betónových mostov montážou po poliach, spôsob C.

V prípade montáže na pevnej skruži (A) sa zväčša podopierajú segmenty v mieste stien, pričom podopretie musí byť rektifikovateľné, napr. pomocou hydraulických lisov. Nevýhoda tohto spôsobu výstavby je, že je pomerne prácny a zasahuje do priestoru pod mostom. Využíva sa najmä pre krátke mosty, prípadne pre letmo-montované mosty, na výstavbu časti krajných polí, na ktoré sa následne nájajú samotné vahadlo.

Montáž s pomocou montážneho žeriava s podvesením segmentov (B) je najčastejší spôsob výstavby segmentových mostov montážou po poliach, keďže sa dá ľahko modifikovať na rôzne polomery smerového vedenia a výstavba zasahuje do priestoru pod mostom len minimálne (v prípade, že segmenty sa dovážajú po už hotovej časti konštrukcie).

Montáž s pomocou montážneho žeriava s podpretím segmentov (C) sa používa zriedkavejšie, najmä kvôli obmedzeným možnostiam montážnej súpravy prispôbiť sa malým polomerom smerového vedenia, ako aj nutnosťou osadenia krátkych konzol na piliere, ktoré je nutné realizovať priamo z terénu. Ďalšou nevýhodou je nutnosť dimenzovať segmenty na montážne štádium, kedy sú podopreté na konzolách hornej dosky priečného rezu, čo vyvodzuje opačný ohybový moment ako ten, ktorý pôsobí v definitívnom štádiu.



Obr. 30 Montáž na pevnej skruži (ScS, India).





*Obr. 31 Montáž s pomocou montážneho žeriava s podvesením segmentov (ScS, Čína).*



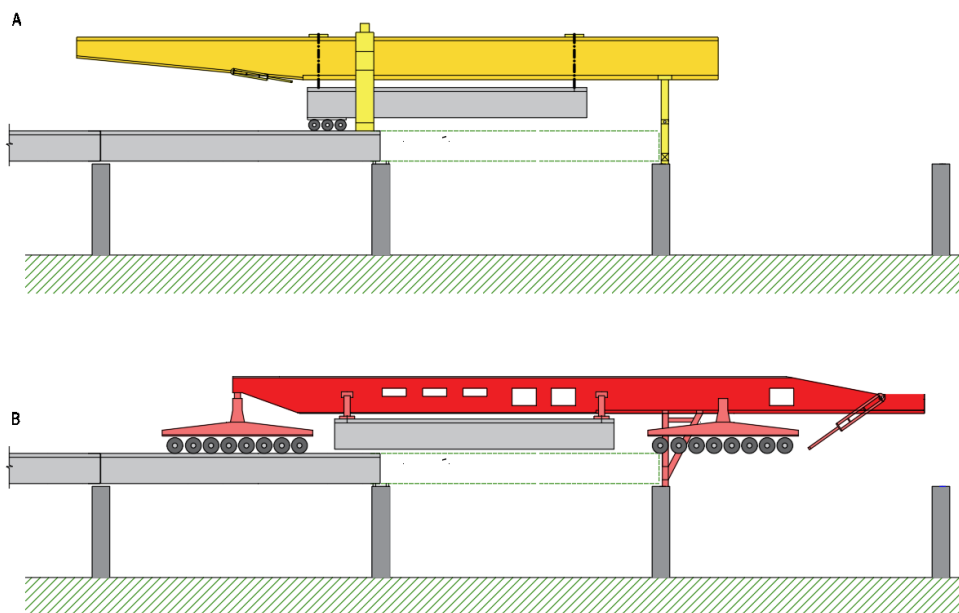
*Obr. 32 Montáž s pomocou montážneho žeriava s podpretím segmentov (ScS, Čína).*

#### 4. Základný princíp výstavby betónových mostov s využitím makrosegmentov

Výstavba mostov s využitím makrosegmentov využíva masívne samohybné montážne žeriavy, schopné preniesť a uložiť polovicu, alebo celú dĺžku mostného poľa naraz. Pri presune ponad ďalšie pole využívajú tiaž segmentu ako protiváhu na presun trámu a jeho prednej podpory na ďalší pilier. Jedná sa o komplexné zariadenia, ktoré sa presúvajú už po hotovej konštrukcii, ktorá musí byť na toto montážne zaťaženie nadimenzovaná.

Rozoznávame dva základné spôsoby výstavby betónových mostov z makrosegmentov:

- A.) Montážny žeriav slúži len na uloženie segmentu, pričom segment sa dopraví k žeriavu samostatnou ťažkotonážnou súpravou, pozri obr. 33A, obr. 34 a obr. 35.
- B.) Montážny žeriav slúži zároveň aj na dopravu segmentu na miesto určenia (kombinovaná funkcia montážneho žeriava s ťažkotonážnou prepravnou súpravou), obr. 33B a obr. 36.



Obr. 33 Základné spôsoby výstavby betónových mostov s využitím makrosegmentov pri ukladaní segmentov na celú dĺžku mostného poľa.

Podobne, ako pri montáži po poliach z klasických segmentov, môžu mostné polia vo finálnej fáze staticky pôsobiť buď ako prosté polia, alebo môže byť finálna sústava aj spojitá. Pre spojitú sústavu môže byť zmonolitňujúci segment umiestnený buď v mieste nad pilierom, pri segmente zárodku, alebo v 1/5 rozpätia, čomu musí ale byť prispôbená aj samotná

montážna súprava. Riešenie s krátkymi konzolami v 1/5 rozpätia je výhodné z titulu zmenšenia rozpätia pre montážnu súpravu, čo vedie k jej menšej hmotnosti.



Obr. 34 Montáž s využitím makrosegmentov na dĺžku celého mostného poľa - montážny žeriav slúžiaci len na ukladanie makrosegmentov (ScS, Čína).



Obr. 35 Montáž s využitím makrosegmentov na dĺžku celého mostného poľa - montážny žeriav slúžiaci len na ukladanie makrosegmentov (ScS, Čína).

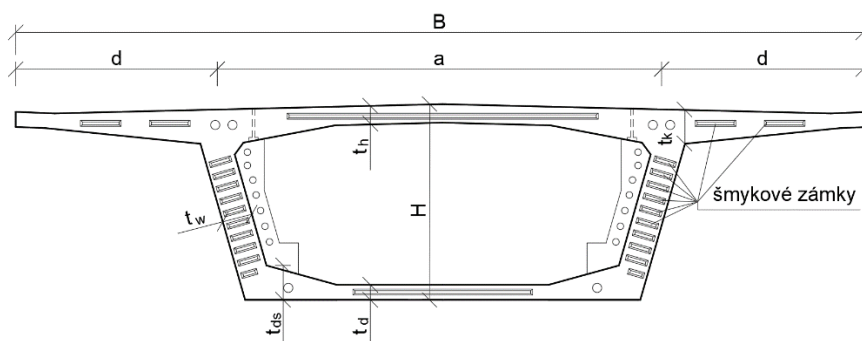


Obr. 36 Montáž s využitím makrosegmentov na dĺžku celého mostného poľa - montážny žeriav slúžiaci súčasne na dovoz a aj na uloženie makrosegmentov (ScS, Čína).

## 5. PREDBEŽNÝ NÁVRH GEOMETRIE PRIEČNEHO A POZDĹŽNEHO REZU

### Mosty stavané letmou montážou

Prierezy letmo montovaných mostov sú v prevažnej väčšine komorové, čo zabezpečuje ich vysokú tuhosť v krútení potrebnú najmä v štádiách výstavby. Pre zjednodušenie výstavby a zníženie hmotnosti segmentu sa volí zväčša len jedna komora, pričom jej základné rozmery sú veľmi podobné rozmerom priečného rezu pre technológiu letmej betonáže. Pre štandardné rozpätia, do cca 65 metrov, sa kvôli zjednodušeniu výroby segmentov volí rovnaká výška prierezu po celej dĺžke mosta.



Obr. 37 Základné označenie rozmerov v priechnom reze.

Pre nemennú výšku prierezu po dĺžke mosta a pre štandardné rozpätia **L**, do 65 metrov, sa volí výška komory v rozmedzí:

$$H = \left(\frac{1}{18} \sim \frac{1}{25}\right) L \quad (5.1)$$

V prípade, že sa volí nábeh výšky komory v nadpodperových oblastiach, platia pre predbežný návrh rozmerov nasledovné vzťahy:

Výška priečného rezu nad podperou sa pre cestné mosty navrhuje zväčša v rozmedzí:

$$H = \left(\frac{1}{16} \sim \frac{1}{20}\right) L \quad (5.2)$$

a výška priečného rezu v strede poľa:

$$H = \left(\frac{1}{35} \sim \frac{1}{45}\right) L ; \text{ min. } 2,2 \text{ m.} \quad (5.3)$$

Pre železničné mosty sa volí o niečo vyššia výška prierezov v rozmedzí:

$$H = \left(\frac{1}{12} \sim \frac{1}{15}\right) L \quad (5.4)$$

a výška priečného rezu v strede poľa:

$$H = \left(\frac{1}{17} \sim \frac{1}{25}\right) L \quad (5.5)$$



Zmena výšky prierezu sa volí zväčša parabola  $1,5^\circ$  až  $2^\circ$ .

Šírka steny komory pre cestný most sa volí zväčša min. 500 mm v nadpodperovej aj medzi podperovej oblasti.

Minimálna dĺžka krajného poľa pre letmo montované mosty stavané systémom vahadla je spravidla:

$$L_{k,min} = 0,6.L \quad (5.6)$$

Dôvodom je zabezpečenie dostatočného prítlaku na ložisku, aby nemusela byť konštrukcia kotvená v mieste opôr.

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

$$25 < \frac{a}{t_h} < 30 \quad (5.7)$$

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 približne 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 počas výstavby vznikajú v mieste piliera 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 (rozpätia do 70 m).

Hrúbka konzoly v mieste napojenia na steny komory má hrúbku:

$$t_k = \left(\frac{1}{6} \sim \frac{1}{8}\right) d \quad (5.8)$$

Pre priečny rez letmo-montovaného mosta sú špecifické rôzne montážne časti ako sú napr. bočné rebrá, šírky cca 300 mm, slúžiace na osadenie dočasných predpínacích tyčí, ktorými sa nový segment dočasne pripne k už hotovej konštrukcii. Následne, po zatuhnutí lepidla a po predopnutí konzolových predpínacích káblov, sa predpínacie tyče uvoľnia. Ďalším špecifikom je úprava čiel segmentov tzv. šmykovými zámkami, ktoré majú za úlohu v montážnom štádiu navedenie segmentov na predošlý segment a prenos šmykových síl v škárah medzi segmentami. V štádiu užívania zvyšujú šmykové zámky šmykovú odolnosť v kontaktnej škáre. V neposlednom rade sú špecifickými časťami segmentov aj rôzne montážne otvory slúžiace na manipuláciu so segmentami.

### **Mosty stavané montážou po poliach.**

Pri mostoch stavaných technológiou montáže po poliach platia pre predbežný návrh rozmerov priečneho rezu rovnaké vzťahy ako pri letmo-montovaných mostoch s konštantnou výškou prierezov (pre štandardné rozpätia do 70 m). S ohľadom na spôsob montáže môžu byť

niektoré časti, ako sú rebrá, vynechané (mostné pole sa naraz zopne predpínacími káblami). Montážne otvory závisia od použitej technológie a sú riešené individuálne pre každý projekt.

Pri oboch spôsoboch rozhoduje o max. dĺžke jedného segmentu preprava segmentu po cestách, ktorá limituje dĺžku jedného segmentu max. na 3,5 metra. Ďalším limitujúcim faktorom môže byť únosnosť montážneho žeriava, čo často vedie k menším dĺžkam nadpodperových, priechkových segmentov.

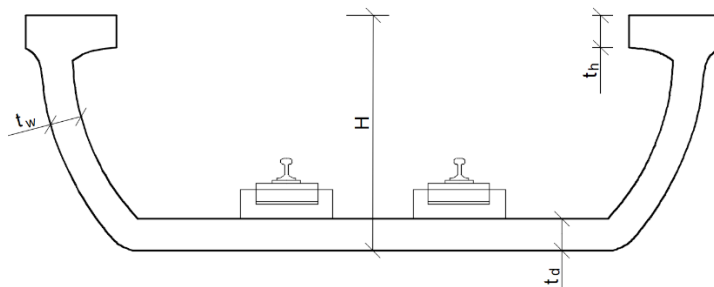
Priečny rez mosta pre široké mosty môže byť vyskladaný, podobne ako pri letmej betonáži, z viacerých častí (napr. využitím prefabrikovaných vzpier a dobetonávkou dosky v ďalšej fáze.

### Mosty stavané z makrosegmentov.

Pre bežné rozpätia pre túto technológiu, 30 až 45 m, sa často používajú pre cestné mosty klasické komorové prierezy, pričom pri ich predbežnom návrhu platia rovnaké pravidlá ako pre mosty stavané ako prosté polia na skruži, prípadne pre segmentové konštrukcie s konštantnou výškou prierezu.

Pre železničné mosty sa pri tejto technológii často využívajú prierezy tvaru "U", ktoré majú výhodu v nasledovných aspektoch:

- 1.) V prípade vykoľajenia sa vlaku je schopný tento tvar prierezu udržať vlak na moste,
- 2.) zabudovaná protihluková bariéra,
- 3.) menší vizuálny zásah do prostredia,
- 4.) menšia nutná výška nástupišť,
- 5.) nižšie položené ťažisko prierezu, čo v seizmicky aktívnych zónach znižuje namáhanie pilierov pri seizmickej udalosti.



Obr. 38 Základné označenie rozmerov v priečnom reze pre prierezy tvaru "U".

Pre železničné mosty s prierezom tvaru "U" sa výška prierezov volí v rozmedzí:

$$H = \left(\frac{1}{13} \sim \frac{1}{15}\right) L \quad (5.9)$$

Hrúbka spodnej dosky a steny sa pohybuje v rozmedzí 0,25 až 0,35 m (pre rozpätia do 45 m).

Rozmery priečného rezu pre prierez tvaru "U" sa riešia individuálne pre každý projekt a nie je možné ich plne zovšeobecniť.

## 6. Statické riešenie mostov stavaných technológiou letmej montáže a mostov stavaných montážou po poliach

### 6.1 Mosty stavané letmou montážou.

Statické riešenie letmo-montovaných mostov sa v mnohých ohľadoch takmer úplne približuje statickému riešeniu letmo-betónovaných mostov, ktoré je podrobnejšie popísané v druhom diely knihy.

#### Vplyv reologických vlastností betónu na statické pôsobenie mosta počas rôznych fáz výstavby a užívania

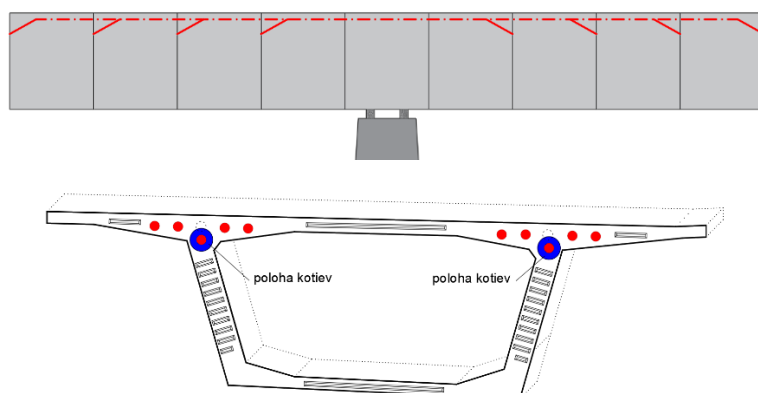
Pozri kapitolu 5.1 v 2. diely knihy Technológie výstavby betónových mostov.

#### Návrh predpätia

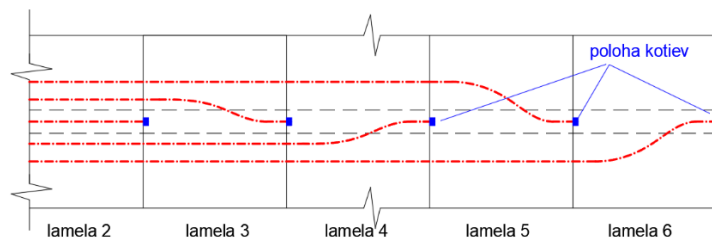
Predpínacie káble sa navrhujú s ohľadom na fázovanú výstavbu konštrukcie, pričom je potrebné pokryť ťahové napätia od vlastnej tiaže v štádiu výstavby a po redistribúcii vplyvom reologických zmien betónu (kapitola 5.1 v 2. diely knihy), ako aj ďalšie montážne zaťaženia (napr. tiaž montážneho žeriava) a všetky zaťaženia, ktoré následne pôsobia na konštrukciu v štádiu užívania. Predpätie sa navrhuje tak, aby bola v škárah medzi segmentami dostatočná tlaková rezerva s ohľadom na životnosť konštrukcie.

#### Konzolové káble

Počas budovania vahadla, je mostná konštrukcia namáhaná zápornými ohybovými momentami od vlastnej tiaže konštrukcie, montážnych zaťažení a náhodilého zaťaženia, ktorý tvorí najmä skladovaný materiál na mostovke (cca  $0,5 \text{ kN/m}^2$ ). Ťahové napätia vznikajúce na vahadle počas jeho výstavby, vplyvom vyššie uvedených zaťažení, sa vykrývajú tlakovými napätiami od predpínacích káblov vedených v hornej časti prierezu – konzolové, staticky určité káble. V niektorých prípadoch sú tieto káble kotvené v stene komory a odtiaľ vedené v lamele šikmo k hornému povrchu, čím je možné mierne redukovať šmykové sily.

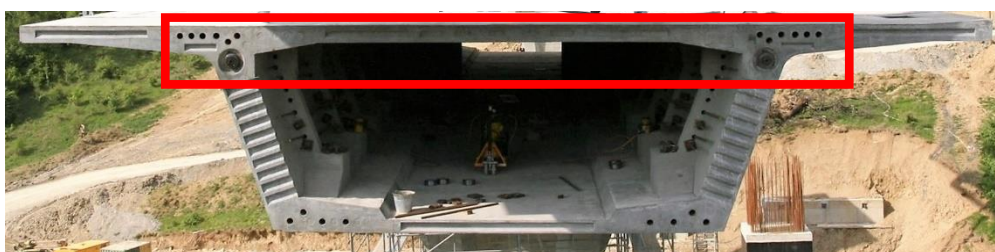


Obr. 39 Poloha konzolových káblov (pozdĺžny a priečny rez – čelo lamely č. 2 z obr. 40).



Obr. 40 Poloha konzolových káblov (pôdorys nad jedným z trémov).

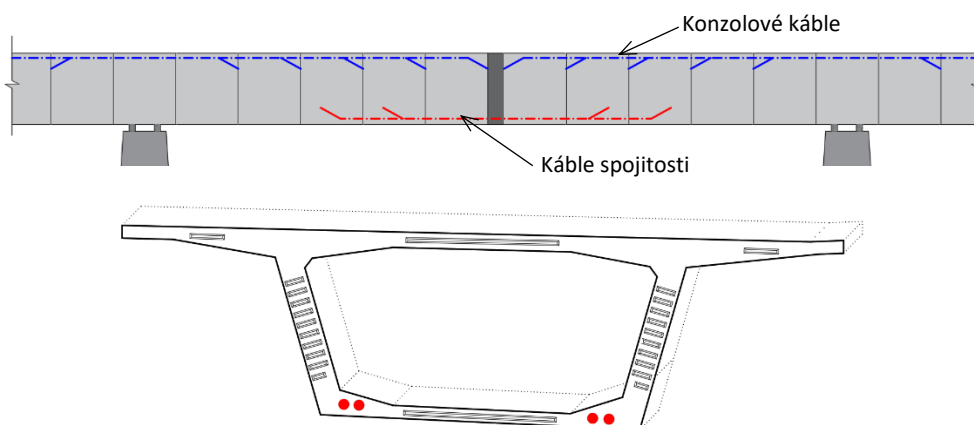
Poloha kotiev je v blízkosti trémov, odkiaľ sú potom káble vedené pôdorysným zakrivením do ich polohy v ďalších segmentoch (obr. 40). Je ale vždy potrebné myslieť na kríženie káblových kanálikov so šmykovou výstužou.



Obr. 41 Pohľad na konzolové káble a predpripravené otvory pre konzolové káble (most pri Považskej Bystrici, 2009).

### Káble spojitosti

Za účelom pokrytia ťahových napätí vplyvom reologických zmien a časti ostatných stálych zaťažení v štádiu užívania, sa navrhujú tzv. káble spojitosti, vedúce v strede polí pri spodnom povrchu. Káble spojitosti môžu byť kotvené v krajnom priečniku a v náliatkoch na spodnej doske (obr. 43).



Obr. 42 Poloha káblov spojitosti (červenou farbou v pozdĺžnom a priečnom reze v strede rozpätia - rez cez dobetónávkou v strede rozpätia).

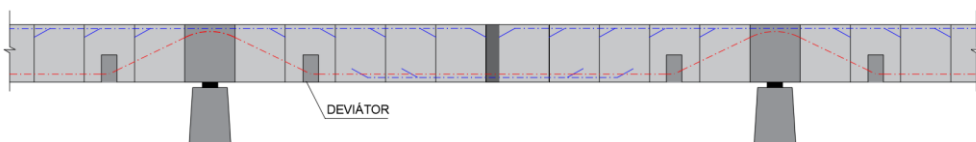




Obr. 43 Kotvenie káblov spojitosti v náliatku spodnej dosky v rámci rebra slúžiaceho k dočasnému pripnutiu segmentu k už hotovej časti konštrukcie mosta.

### Voľne vedené káble

Na vykrytie napätí od ostatných stálych zaťažení (ťaž zvršku, nerovnomerné sadanie podpier a pod.), ako aj premenných zaťažení na finálnej konštrukcii (účinky dopravy, nerovnomernej teploty, ...) sa navrhujú polygonálne, voľne vedené káble. Tieto káble sa vedú cez max. 2 až 3 polia z dôvodu náročnosti ich technologického zhotovenia. Voľne vedené káble, tvorené v prevažnej väčšine monostrandami, sú kotvené v priečnikoch a ich zmeny geometrie sa realizujú prostredníctvom tzv. deviátorov (obr. 44)



Obr. 44 Voľne vedené káble (červená farba).



Obr. 45 Voľne vedené káble, pohľad do vnútra komory.

Pri návrhu vedenia predpätia pre segmentové mosty je potrebné zohľadniť aj spôsob výroby segmentov. Zmeny v rámci horizontálneho vedenia predpínacích káblov musia byť teda prevedené v rámci segmentu tak, aby na čelách susedných segmentov vždy pasovali otvory pre káblivé kanáliky. Vyplýva to zo spôsobu zhotovenia segmentov, kedy debnenie čela segmentu má predpripravené otvory pre káblivé kanáliky len v špecifických miestach a teda aby nebolo potrebné meniť túto polohu v rámci segmentov (takto stačí len niektoré otvory zaslepiť).

### **Deformácie konzoly počas výstavby a čiara nadvýšenia**

Budované konzoly pri letmej montáži sa skladajú z viacerých segmentov, ktoré sú betónované, osádzané a predpínané v rôznych časoch. Je preto potrebné vedieť očakávané deformácie konzol v rôznych fázach výstavby, aby bolo možné prednastaviť tvar debnenia segmentov pri ich výrobe, podľa čiary nadvýšenia tak, že dostaneme v požadovanom čase projektovanú niveletu mosta. Počas budovania konzol vznikajú trvalé deformácie konštrukcie (elastické + dotvarovanie) najmä z:

- tiaže jednotlivých segmentov,
- tiaže montážneho zariadenia (ak zaťažuje konzolu),
- predpínania segmentov.

Tieto zaťaženia majú vplyv na deformácie konzol, deformácie piliera a sadanie základov, ktoré je potrebné všetky zobrať do úvahy pri výpočte nadvýšenia.

Okrem vyššie uvedených zaťažení, po zmonolitnení konzol, vznikajú trvalé deformácie (elastické + dotvarovanie) ešte od:

- predpínania káblov spojitosti a neskôr voľne vedených káblov,
- demontáže montážneho zariadenia ak zaťažuje konzoly (odľahčenie),
- odstránenie dočasných podpier stabilizácie vahadla,
- zhotovenia zvršku mosta.

Aby sa kompenzovali tieto deformácie, je potrebné budovať už samotné konzoly letmej montáže zo segmentov, ktoré majú takú geometriu, ktorá zohľadňuje čiaru nadvýšenia. Samotný výpočet tejto čiary je veľmi podobný ako v prípade letmej betonáže a je podrobnejšie popísaný v kapitole 5.3 v druhom diely knihy venovanej letmej betonáži.

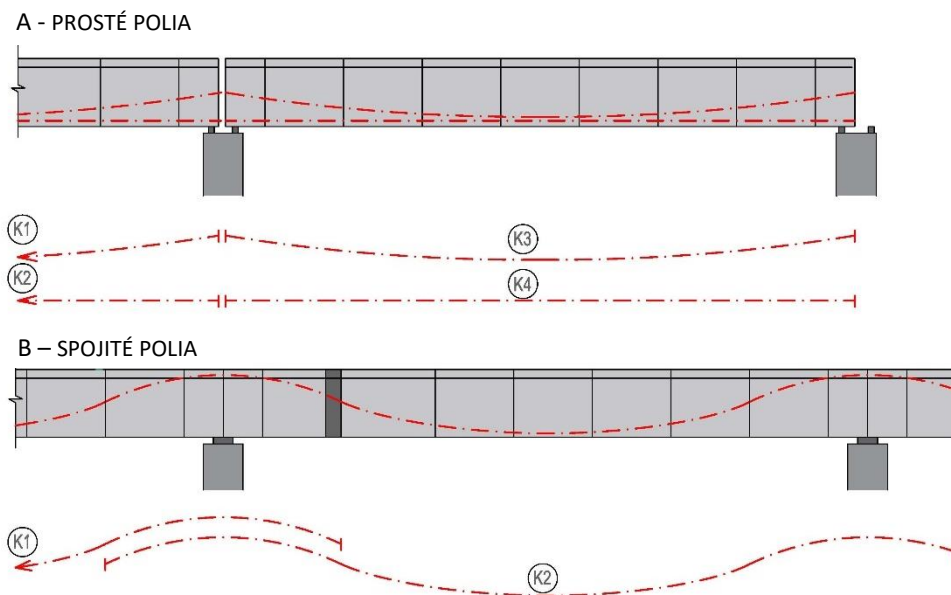
Rozdiel oproti letmej betonáži je v menších priehyboch a aj v menšom nutnom nadvýšení, keďže betónové segmenty sú v čase montáže a predpínania už staršie a teda betón dotvaruje od zaťaženia výrazne menej. Deformácie konzoly a teda aj hodnoty nadvýšenia vychádzajú pri letmej montáži približne len polovičné oproti konzolám budovaných letmou betonážou.

## 6.2 Mosty stavané montážou po poliach.

Pri stavbe mostov technológiou montáže po poliach sa zväčša montujú prosté polia, pričom každé pole má zvlášť ložiská a nad každým pilierom je dilatácia. Zriedkavejšie sa používajú aj riešenia, kedy sa segmenty nového mostného poľa pripínajú k už hotovej časti konštrukcie a tak vytvárajú spojitú sústavu. Spôsobu výstavby sa prispôsobuje vedenie predpínacích káblov.

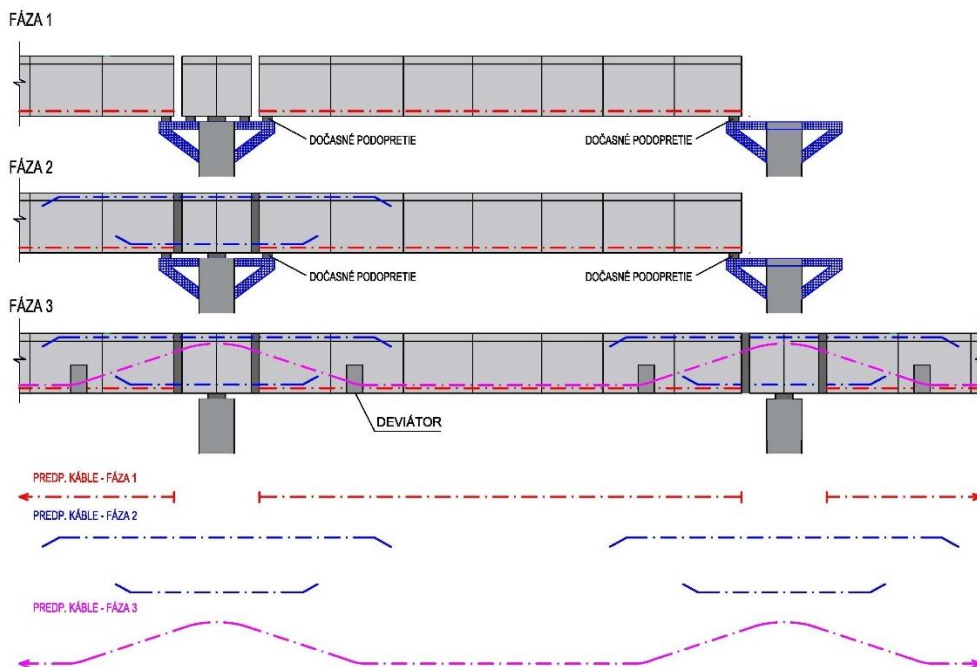
Pre prosté polia (obr. 46A) sa geometria vedenia predpínacích káblov podobá vedeniu predpínacích káblov pri výstavbe mostného poľa na pevnej skruži.

Pri vytváraní spojitých polí je geometria vedenia predpínacích káblov podobná geometrii vedenia predpínacích káblov spojitých mostov budovaných na skruži po poliach. Prekotvovanie káblov v nadpodperovej oblasti vykryva účinky záporných ohybových momentov, ktoré sú v tejto oblasti približne dvojnásobne väčšie ako kladné ohybové momenty v strede poľa, pozri obr. 46B.



Obr. 46 Možné riešenie vedenia predpínacích káblov pre most stavaný montážou po poliach v prípade že: A - mostné polia pôsobia ako prosté polia; B - nové mostné polia sa spájajú s už hotovou časťou a vytvárajú spojité polia.

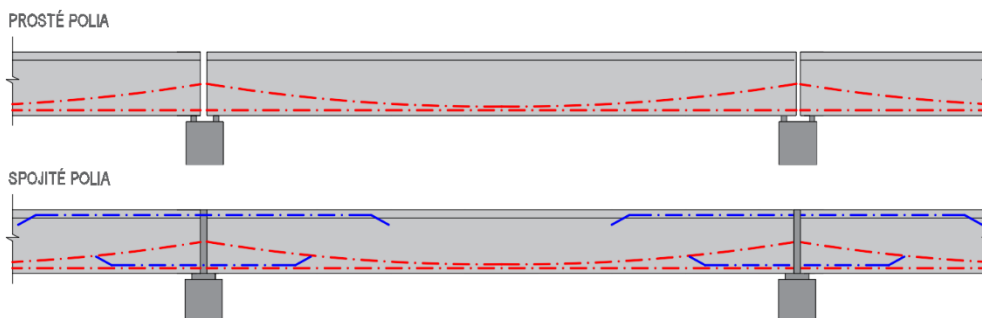
Pri spôsobe výstavby, kedy je časť mostného poľa dočasne podopretá na dočasných ložiskách a tvorí prosté pole, ktoré je následne pripojené k už hotovej časti konštrukcii, sa vedenie predpínacích káblov rieši tak, aby boli pokryté všetky štádiá výstavby (obr. 47).



Obr. 47 Možné riešenie vedenia predpínacích káblov pre most stavaný montážou po poliach – spájanie prostých polí s už hotovou časťou (alternatívne riešenie).

### 6.3 Mosty stavané z makrosegmentov.

Vedenie predpínacej výstuže závisí aj v tomto prípade od spôsobu delenia na makrosegmenty, montáže a finálnej statickej sústavy. V prevažnej väčšine sa mosty z makrosegmentov budujú ako prosté polia, ktoré takto pôsobia aj vo finálnej fáze. V tomto prípade je vedenie predpínacej výstuže podobné, ako v prípade montáže po poliach pre prosté polia. V prípade, že sa uložené prosté polia následne spájajú do spojitej sústavy, k predpínacím káblom pokrývajúcich montážne štádiá, pribudnú ešte káble v nadpodperovej oblasti.



Obr. 48 Možné riešenie vedenia predpínacích káblov pre most stavaný montážou po poliach z makrosegmentov.



## 6.4 Špecifické statické problémy mostov stavaných prefabrikáciou zo segmentov.

### Škály medzi segmentami a šmykové zámky.

Pri starších aplikáciách sa používali spoje medzi segmentami riešené formou dobetonávky (vystužené škály široké 15 až 20 cm) a spoje na maltové lôžko hrúbky 2 až 5 cm. Pri tomto spôsobe spájania segmentov nehrali menšie imperfekcie v tvare segmentov rolu, avšak výstavba bola zdĺhavejšia a komplikovanejšia.

Z tohto dôvodu sa postupne prešlo na lepené škály hrúbky cca 1 mm, ktoré sú ale na druhej strane zase náročné na presnú geometriu segmentov. Pre lepené spoje sa prevažne používajú epoxidy, ktoré po natretí na čelo segmentu pôsobia ako lubrikant a v tejto fáze pomáhajú pri navádzaní segmentov tak, aby do seba dokonale zapadli. Epoxid sa nanáša na očistený povrch, zbavený najmä odformovacieho oleja z výroby segmentov.

Potrebný prítlak v škáre pri tvrdnutí lepidla sa pohybuje v rozmedzí 0,2 až 0,5 MPa, čím vznikne rovnomerná vrstva a dôjde k vytlačeniu prípadných vzduchových bublín. Po vytvrdnutí epoxidového lepidla (pevnosť 60 – 70 MPa) má lepidlo dve základné funkcie:

- 1.) zabezpečuje prenos šmykových síl,
- 2.) bráni prieniku agresívnych látok do škáry a teda k predpínacej výstuži križujúcej škáru.

V rámci spojov medzi segmentami je potrebné zabezpečiť aj dokonalé spojenie káblových kanálikov vedúcich v susedných segmentoch pomocou vodotesných spojok. Nekvalitný spoj môže spôsobiť zatečenie lepidla do káblového kanáliku, čo spôsobí ťažkosti pri navliekaní predpínacích káblov, alebo v kombinácii s nekvalitným zhotovením lepeného spoja medzi prefabrikátmi (nedostatok lepidla, nepresný spoj), únik injektážnej malty pri injektáži káblov (nedoinjektované káble).

Výnimočne, v niektorých krajinách sveta, sa používali aj suché škály (bez lepidla). Tento spôsob sa neodporúča z hľadiska trvanlivosti, keďže cez tieto škály sa ľahko dostanú agresívne látky (napr. posypové soli) k predpínacej výstuži prechádzajúcej cez škáru medzi segmentami.

Šmykové zámky delíme na:

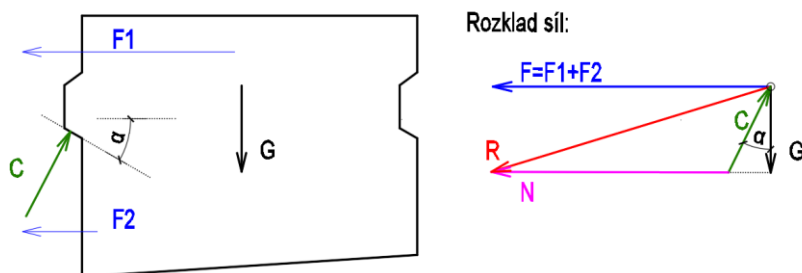
- A.) vystužené,
- B.) nevystužené.

Ak je len jeden šmykový zámok (obr. 50), ten musí byť relatívne veľký a musí byť vystužený. Viacnásobné šmykové zámky (obr. 51) sú nevystužené. Okrem prenosu šmykových síl pomáhajú šmykové zámky aj pri navádzaní segmentov v čase ich montáže tak, aby do seba ľahko zapadli.

Pre šmykové zámky na spoji segmentov je potrebné vykonať lokálnu analýzu ich nosnosti. Vo väčšine prípadov sa využívajú viacnásobné šmykové zámky, avšak základný princíp ich výpočtu je podobný ako v prípade jedného šmykového zámku.

### Statická analýza šmykových zámkov.

Segment je dočasne pripnutý k predošlému segmentu predpínacími tyčami vyvodzujúcimi sily  $F_1$  a  $F_2$ . Výslednica týchto dvoch síl  $F$ , vytvára s vlastnou tiažou segmentu  $G$ , celkovú výslednicu  $R$ . Ak uvážime, že nevytvrdenuté lepidlo neprenáša žiadnu zvislú silu a výrazne znižuje trenie na kontakte segmentov (trenie môžeme teda v tejto fáze zanedbať), jediná časť segmentu, ktorá dokáže preniesť zvislú silu je ozub. Na šmykovom zámku (ozube) vznikne kolmo na jeho šikmú plochu reakcia  $C$ . Veľkosť tejto reakcie  $C$  zodpovedá tiaži segmentu  $G$  a závisí od uhla  $\alpha$ . Vplyvom sklonu ozubu  $\alpha$ , na ktorý pôsobí zvislá sila  $G$ , vzniká aj horizontálna zložka pôsobiaca opačným smerom voči prítlaku generovaného silami  $F_1$  a  $F_2$ . Týmto dochádza k zmenšeniu výslednej horizontálnej sily  $F$  na hodnotu  $N$ , ktorá v konečnom dôsledku je tou výslednou silou uzatvárajúcou škáru medzi segmentami. Veľkosť a poloha výslednej prítlačnej sily  $N$  voči ťažisku prierezu následne rozhodne o veľkosti prítlaku v škáre po výške prierezu. Zanedbanie tohto efektu rozkladu síl na ozube môže pri dočasnom pripojení viacerých segmentov vyústiť až do otvorenia niektorej škáry medzi novými segmentami a preto je potrebné s týmto rozkladom síl uvažovať pri návrhu síl  $F_1$  a  $F_2$  pre dočasné pripnutie segmentov.



**C** - reakcia na ozube, **F1, F2** a **F** - sily v dočasných prípochoch segmentu a ich výslednica  
**G** - vlastná tiaž segmentu **R, N** - výslednice z rozkladu síl

Obr. 49 Rozklad síl na ozube.



Obr. 50 Segmenty len s jedným výrazným ozubom (Podtureň, foto: TASR).

Nevýhoda jediného šmykového zámku je veľká koncentrácia síl a preto sa v dnešnej dobe navrhujú v rámci čela segmentov viaceré ozuby po výške steny komory. V takomto prípade platí podobná analógia, s tým rozdielom, že reakcia  $C$  je prerozdelená medzi viaceré ozuby.

V prípade, že sú spoje medzi segmentami hladké, bez zazubenia šmykovými zámkami (ojedinelé, neodporúčané riešenie), je celá šmyková sila prenášaná len trením, ktoré je pred vytvrdnutím lepidla takmer nulové. Segmenty sa v takomto prípade zaisťujú v danej polohe až po vytvrdnutie lepidla zavesením, alebo podopretím na skruži.



*Obr. 51 Viacnásobné šmykové zámkové (pričnikový segment, most pri Považskej Bystrici)*

#### **Vplyv zakrivenia a zalomenia spodnej dosky.**

Pozri druhý diel knižnej série venovanej letmej betonáži, kapitola 5.

## 7. Technologické časti a výstavba priečne delených konštrukcií

Kapitola uvádza základné technologické časti týkajúce sa výstavby mostov zo segmentov malých dĺžok (do 3,5 metra). Posledná podkapitola sa okrajovo venuje aj technológii makrosegmentov.

### 7.1 Výroba segmentov

Výroba segmentov prebieha v špecializovaných prefách, pričom poznáme dva základné spôsoby výroby segmentov:

- A.) výroba na dlhej dráhe,
- B.) bunkový spôsob výroby.

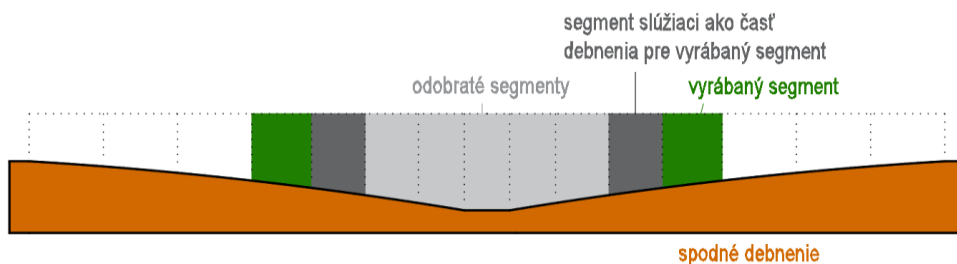
Pri oboch spôsoboch je dôležité vyrobiť segmenty tak, aby korešpondovali s navrhnutou geometriou mosta a aby kontaktné škáry medzi segmentami do seba dokonale zapadali. Z tohto dôvodu vyrobený segment vždy slúži zároveň ako debnenie čela ďalšieho segmentu. Tým sa zabezpečí, že na stavbe dva susedné segmenty do seba dokonale zapadnú, čo minimalizuje vznik koncentrovaných napätí v dôsledku imperfekcií.

Veľkosť segmentov sa volí najmä s ohľadom na prepravu. Z tohto dôvodu je maximálna dĺžka segmentu 3,5 metra. Druhým kritériom býva nosnosť montážnej súpravy a teda nadpodperové segmenty, obsahujúce aj časť priečnika, sa preto často vyrábajú kratšie ako 3,5 metra. Pozn. nosnosť montážneho súboru (MS) Doprastav, ktorá sa používala pri výstavbe posledných mostov na Slovensku je 60 ton.

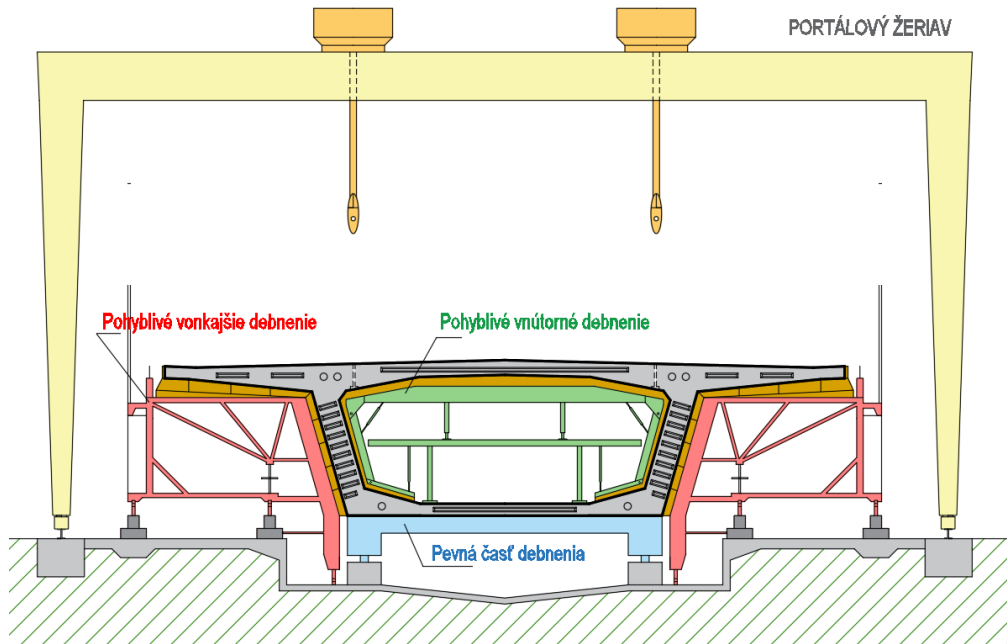
#### Výroba segmentov na dlhej dráhe

Výroba segmentov na dlhej dráhe sa realizuje na zemi, na debnení, ktorého tvar kopíruje tvar mostného poľa, alebo vahadla (podľa toho aký spôsob montáže segmentov sa použije) aj so zohľadnením čiary nadvýšenia. Jednotlivé segmenty sa betónujú tak, že predošlý segment tvorí svojim čelom debnenie pri betonáži ďalšieho segmentu, čím sa zabezpečí dokonalé spojenie segmentov na stavbe. Debniaci vozík, ktorým sa debnia steny a horná doska segmentov, sa pohybuje pozdĺž debnenia.

Výhoda tohto spôsobu výroby segmentov je v jednoduchšej a presnejšej kontrole geometrie vahadla, alebo mostného poľa. Nevýhodou je, že zaberá pomerne veľký priestor.



Obr. 52 Základný princíp výroby segmentov na dlhej dráhe.



Obr. 53 Schéma debnenia pri výrobe segmentov na dlhej dráhe.

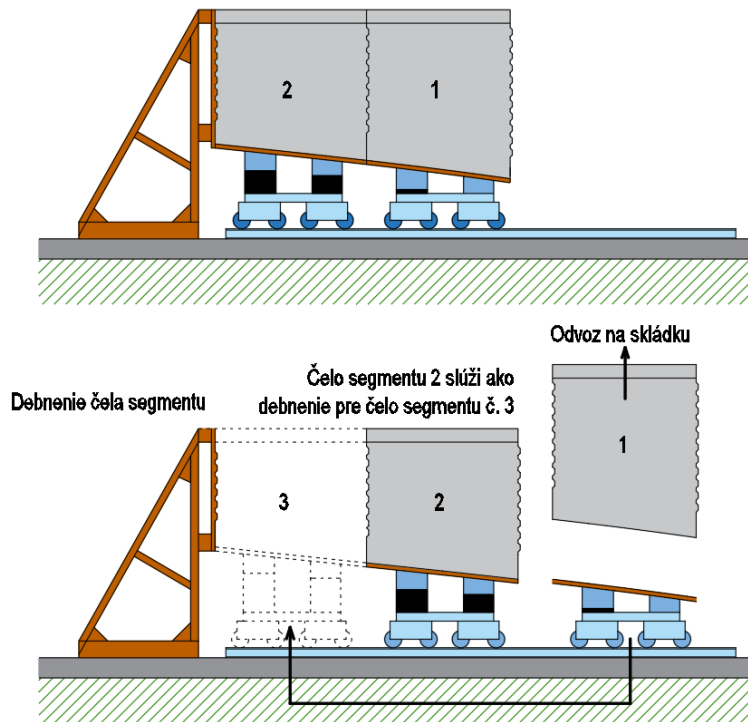


Obr. 54 Výroba segmentov na dlhej dráhe (ScS).

### Bunkový spôsob výroby segmentov

Pri bunkovom spôsobe výroby segmentov sa segmenty vyrábajú po dvojiciach, pričom predošlý segment slúži ako debnenie pre čelo ďalšieho segmentu. Následne sa predošlý segment zoberie na skládku a vyrobený segment opäť slúži ako debnenie pre čelo ďalšieho segmentu. Nevýhoda tohto spôsobu výroby segmentov je zložitejšia kontrola geometrie a akumulácia prípadných nepresností v tvare debnenia.





Obr. 55 Základný princíp bunkového spôsobu výroby segmentov.

Debnenie musí umožňovať zmeny v geometrii segmentov vyplývajúceho zo smerového a výškového vedenia trasy v rámci mosta.



Obr. 56 Výroba segmentov na krátkej dráhe (prefa firmy Doprastav a.s., Senec, 2017).

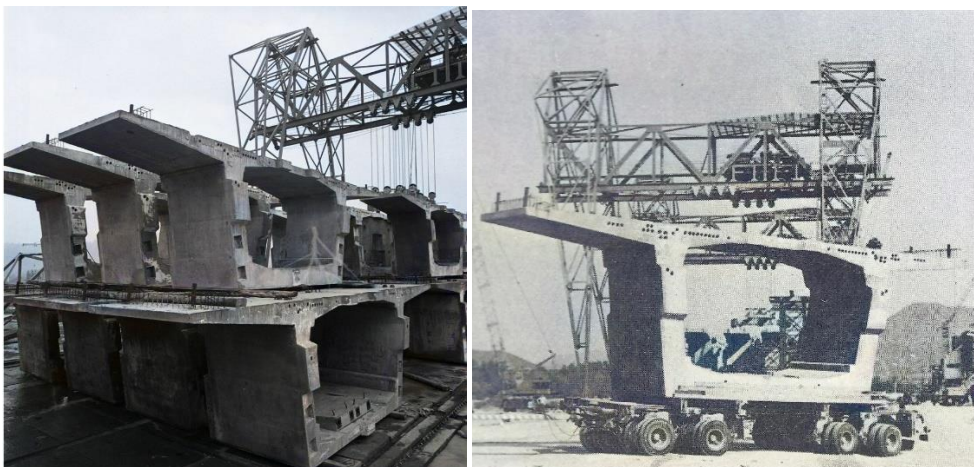


*Obr. 57 Armatúra segmentu a časť vnútorného teleskopického debnenia stien (Senec, 2017).*



*Obr. 58 Pred-viazané armokoše pre segmenty (Senec, 2017).*

Na manipuláciu so segmentami v rámci prefy slúžia rôzne portálové a kolesové žeriavy, ktoré segmenty ukladajú na skládky vo viacerých vrstvách nad sebou a následne ich nakladajú na kolesové ťahače, ktoré ich prevážajú na stavbu. V rámci skladovania segmentov prebiehajú ešte kozmetické úpravy povrchov a čistenie kontaktných škár od odformovacieho oleja a iných nečistôt.



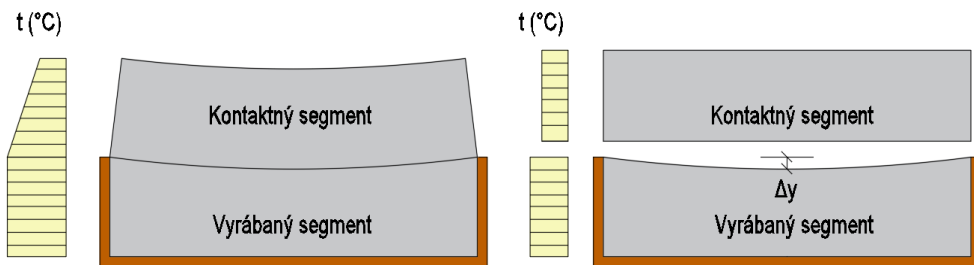
*Obr. 59 Skladovanie a preprava segmentov v rámci prefy – segmenty majú len jeden šmykový zámok - výstavba mosta Podtureň, 1983, foto: TASR, kolorizované).*



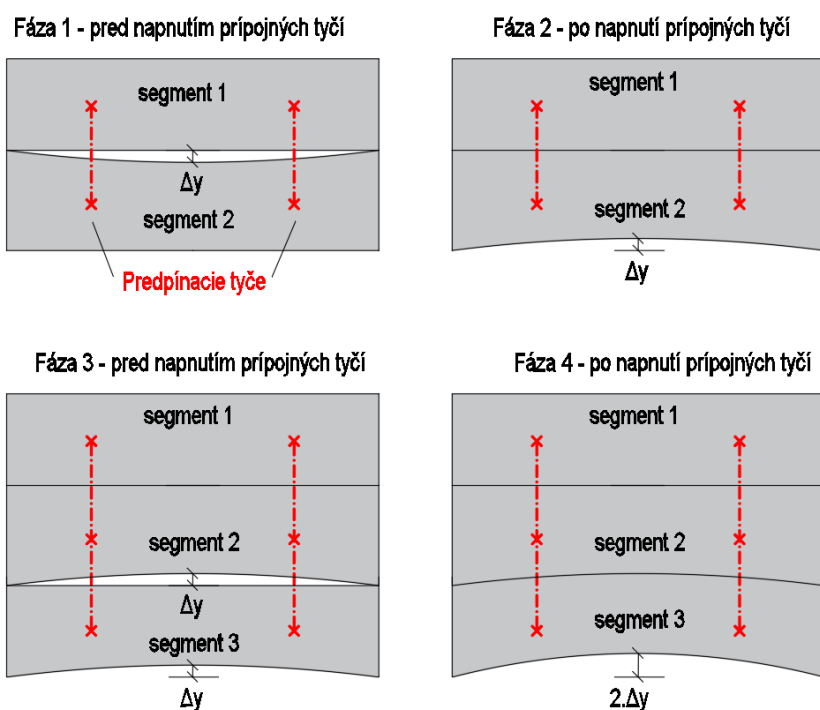
*Obr. 60 Skladovanie segmentov (prefa Senec, 2017).*

### **Vplyv hydratačného tepla na deformáciu segmentov**

Kedže sa pri výrobe segmentov používajú vysokopevnostné betóny s rýchlym nárastom pevnosti (pre urýchlenie ich výroby), dochádza pri tuhnutí a tvrdnutí betónu k značnému vývinu hydratačného tepla. To má za následok deformáciu kontaktného segmentu vplyvom teplotného spádu (obr. 61). Kontaktný segment sa po ochladení vráti do svojho pôvodného tvaru, avšak novo-vybetónovaný segment ostane zdeformovaný, keďže betón tuhol pri zdeformovanom tvare kontaktného segmentu. Táto deformácia sa postupne pri pripájaní ďalších segmentov kumuluje (obr. 62) a môže mať za následok drvenie betónu v niektorých častiach segmentov pri predpínaní.



Obr. 61 Deformácia segmentov pri výrobe vplyvom hydratačného tepla (pohľad zhora).



Obr. 62 Schéma dôvodu kumulácie deformácií vplyvom hydratačného tepla pri výrobe a následnej montáži segmentov (pohľad zhora).

Ďalším efektom, ktorý môže mať vplyv na vznik nerovností je rozdielne zmršťovanie častí prierezu v dôsledku rôznych hrúbok jeho častí (konzoly hornej dosky, steny, spodná a horná doska medzi trámami). Z tohto dôvodu je pri širokých segmentoch vhodnejšie nevyrábať celý segment, ale len jeho časť (spodná doska + trámy) a dobetónovať hornú dosku in-situ. Samozrejme takéto riešenie je na druhej strane oveľa prácnejšie.



Obr. 63 Schéma deformácie hornej dosky segmentu vplyvom nerovnomerného zmrašťovania (pohľad zhora).

## 7.2 Voľba spôsobu montáže segmentov

Pri voľbe spôsobu montáže segmentov zohrávajú hlavnú úlohu nasledovné faktory:

- Výška mosta nad terénom a prístup pre dovoz segmentov - možnosť použitia kolesových žeriavov.
- Obmedzenia pod mostom (preklopenie vodného toku, hlbokého údolia, husto obývanej oblasti ...).
- Geometrické charakteristiky mosta. Ak sa mení dĺžka konzol, výška prierezu, alebo ak smerové vedenie trasy vytvára oblúky malého polomeru, sú možnosti použitia montážnej súpravy s nosným trámom pod mostovkou veľmi obmedzené. Výškové oblúky v rámci mosta výrazne komplikujú použitie všetkých typov montážnych súprav.

Pokiaľ je k dispozícii technológia montáže po poliach a pokiaľ je možné túto technológiu použiť pre montáž segmentov, je táto technológia pre dlhé estakády stavané zo segmentov ekonomicky najefektívnejšia. Montáž po poliach je vhodná pre rozpätia do 60 metrov. Pre mosty s rozpätím nad 60 metrov začína byť výhodnejšie použiť letmú montáž.

Pre rozpätia nad 110 metrov je vhodnejšie použiť už technológiu letmej betonáže, najmä z dôvodu veľkosti a hmotnosti nadpodperových segmentov.

## 7.3 Letmá montáž

### Montáž zárodku a stabilizácia vahadla

Pri letmej montáži sa ako prvé montujú segmenty zárodku (zväčša dva, alebo tri zopnuté segmenty vytvoria zárodok). Priečnikový segment je zväčša o niečo kratší ako štandardné segmenty, pretože jeho maximálna veľkosť býva limitovaná kapacitou zdvíhacieho zariadenia. Nadpodperové segmenty sa osádzajú na hydraulické lisy a cez predpripravené otvory sú pripnuté k piliaru predpínacími tyčami (obr. 64).





*Obr. 64 Pohľad na osadený segment na pilieri aj s osadenými predpínacími tyčami (foto: Doprastav a.s.)*



*Obr. 65 Úprava hlavy piliera vytvárajúca dostatok miesta pri presune montážneho žeriava a na osadenie dočasných lisov pre podopretie a stabilizáciu vahadla (na obrázku tiež vidieť kotevné, zabetónované predpínacie tyče pre pripnutie priečnika – 4 ks pri každom náliatku).*

Stabilizácia vahadla sa zväčša zabezpečuje lismi umiestnenými na okraji hlavy piliera a pripnutím zárodku o túto hlavicu, ktorá je na tento účel prispôbená. Pripnutie sa realizuje predpínacími tyčami, pričom kotevné tyče sú do hlavy piliera zabetónované vopred a následne je priečnik pripojený naspojovanými predpínacími tyčami. Spojky predpínacích tyčí vidieť na obr. 64 a kotevné tyče zabetónované do hlavice piliera na obr. 65.

Ďalším možným riešením, v prípade, že je most relatívne nízko nad terénom (do cca 10 metrov), je použitie dočasnej podpernej skruže (obr. 66). Na skruž sa položia dočasné podperné lisov, pričom priečnik je dočasne pripnutý k hlavici piliera predpínacími tyčami podobne ako v predošlom prípade. Výhoda je, že hlavica piliera môže byť menšia, pričom vyloženie podperných lisov na skruž sa zväčší rameno síl pre stabilizáciu vahadla. Umiestnenie lisov v rámci priečného rezu mostného trámu musí byť pod stenami aby sa

vylúčilo nepriaznivé namáhanie spodnej dosky komory. Lisy sú uložené na teflónoch v ocelových vaniach tak, aby bola umožnená smerová rektifikácia vahadiel, pričom sú ale zaistené voči nežiaducim posunom.

Ložisko sa aktivuje po zmonolitnení vahadla s predchádzajúcou časťou konštrukcie vyplnením priestoru medzi hornou platňou ložiska a spodkom segmentu ubíjaným vysokopevným epoxibetónom. Minimálna hrúbka tohto epoxibetónu je 20 mm a max. 60 mm bez výstuže. Pri väčších hrúbkach je nutné tento priestor vystužiť zváranou sieťou.



*Obr. 66 Pohľad na podpernú skruž slúžiacu pre stabilizáciu vahadla.*

#### **Letná montáž pomocou zdvíhacieho rámu.**

Zdvíhacie rámy sa vyrábajú v rôznych modifikáciách, často na mieru pre daný projekt. Ich hlavnou funkciou je zdvihnúť segment spod mosta do montážnej pozície.

Zdvíhacie rámy sa používajú najmä pre väčšie rozpätia, kde je použitie montážnej súpravy už nemožné (rozpätia nad cca 60 až 80 metrov).

Rozoznávame 3 základné kategórie zdvíhacích rámov:

- Fixné zdvíhacie rámy (obr. 67-vľavo), ktoré vedú segmenty len zdvíhať spod mosta (nevedia ich presúvať). Ich nevýhodou je že každý segment sa musí dopraviť priamo pod zdvíhací rám, čo je v mnohých prípadoch nemožné kvôli prekážkam pod mostom. Ich technické riešenie pre posun a kotvenie je veľmi podobné rámom používanými pri letmej betonáži (pozri druhý diel knihy venovaný letmej betonáži – kapitola 6.2).
- Otočné zdvíhacie rámy (obr. 67-vpravo), ktoré vedú zdvihnúť segment dopravený po mostovke a uložiť ho na koniec budovanej konzoly.
- Posuvné zdvíhacie rámy (obr. 68), ktoré sa vedú pohybovať po mostovke aj s podveseným segmentom. Uchytenie segmentu je cez ocelové konzoly prečnievajúce cez bočné hrany mostovky.



*Obr. 67 Fixný (vľavo) a otočný (vpravo) zdvíhací rám (ScS).*

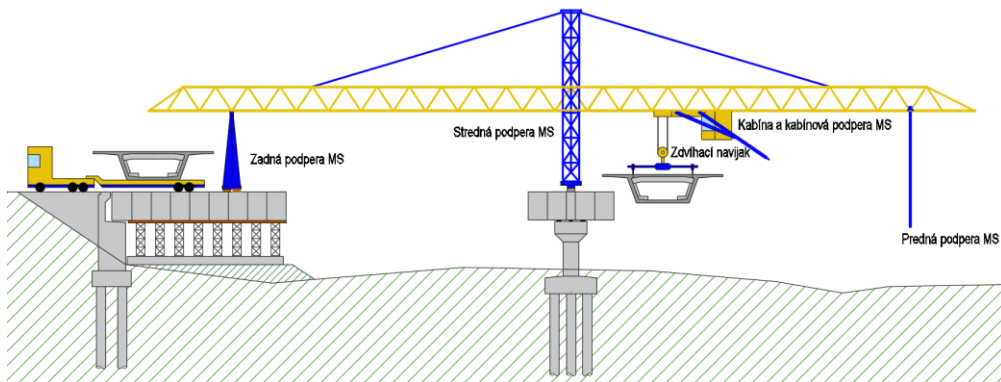


*Obr. 68 Posuvný zdvíhací rám s priečnou konzolou na podvesenie a presun segmentu pod mostom do montážnej pozície (most pri Margecanoch, kolorizované, 1966, foto: TASR).*

Zdvíhacie rámy sa používajú aj v niektorých prípadoch montáže po poliach, kedy sú umiestnené na konci už hotového mostného poľa, odkiaľ zdvíhajú segmenty pre montážnu súpravu.

## Montážna súprava pre letmú montáž

Pre technológiu letmej montáže sa pre rozpätia do cca 80 metrov (výnimočne do 120 m) používajú komplexné montážne súpravy, ktoré sú schopné presúvať sa z piliera na pilier a osadzovať jednotlivé segmenty vahadla. Na SR bola vyvinutá montážna súprava firmou Doprastav, ktorá sa postupne zdokonaľovala pre jej efektívne použitie v našich podmienkach, do rozpätí max. 65 metrov.

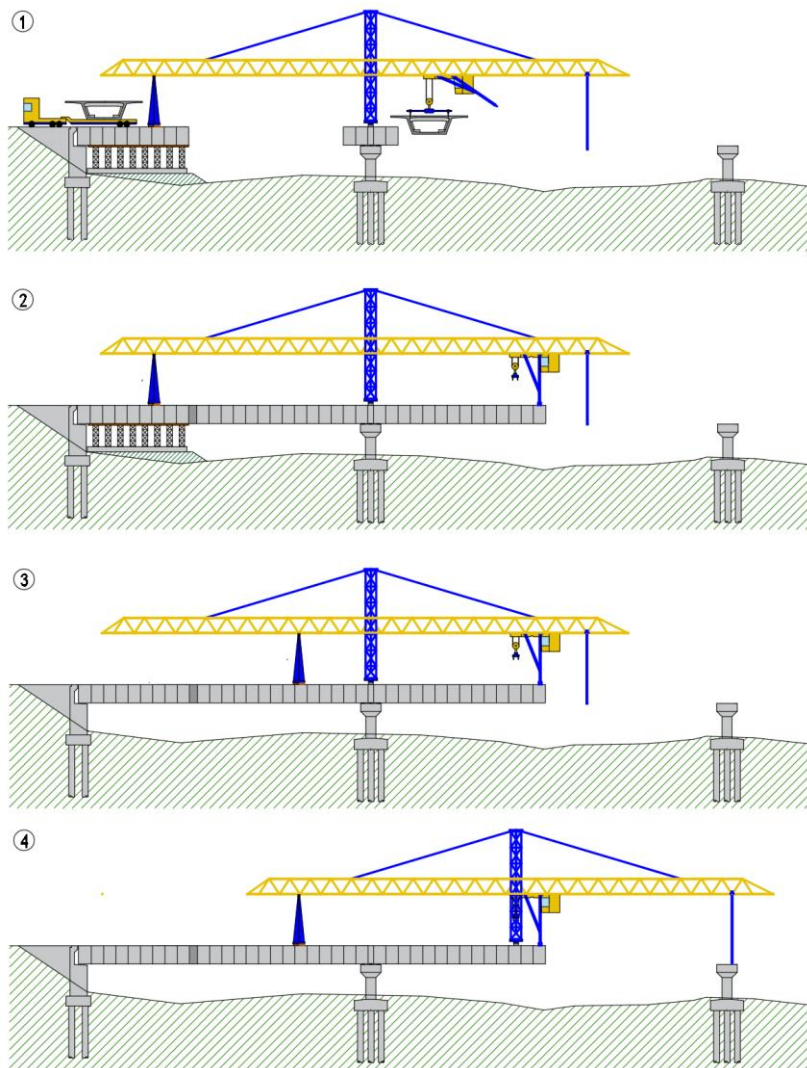


Obr. 69 Základné časti modernej montážnej súpravy používanej na Slovensku (predná aj kabínová podpera sú výklopné).

Základný princíp presunu montážnej súpravy (MS) do ďalšej pozície pozostáva z týchto nasledovných krokov:

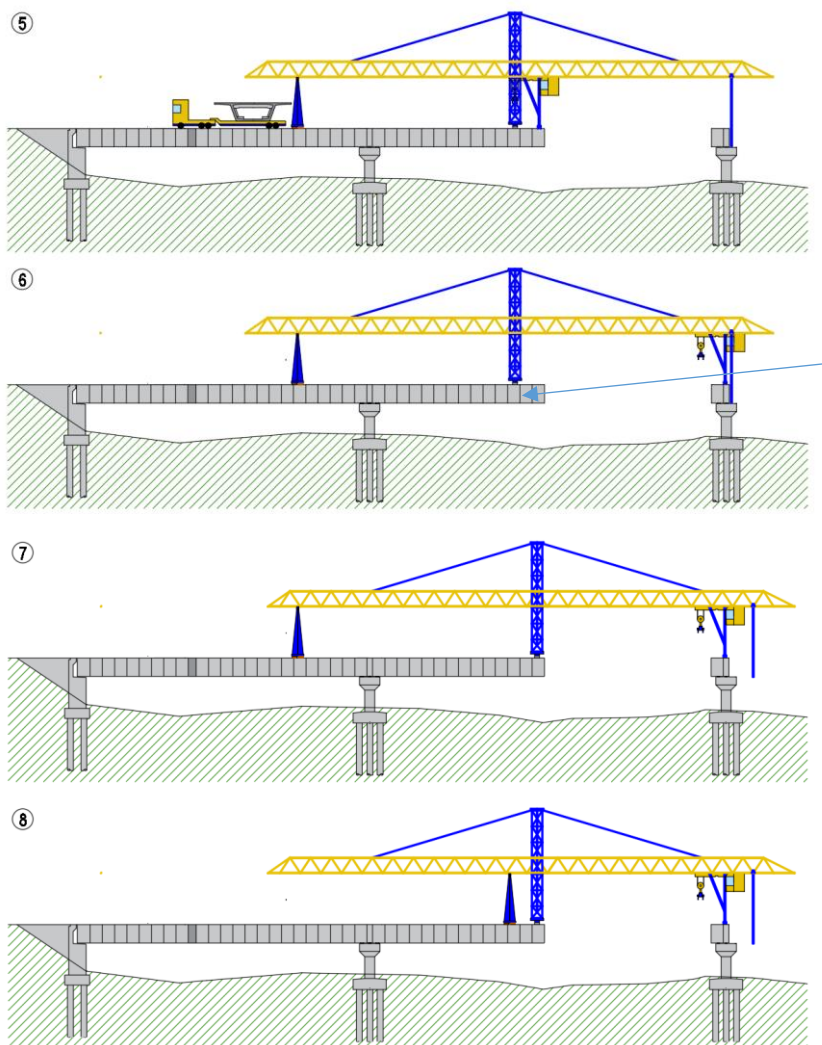
- 1.) Budovanie vahadla.
- 2.) Po dokončení vahadla a jeho pripojení k už hotovej časti mosta (po zmonolitnení) sa presunie kabínová podpera na jeho koniec.
- 3.) Zadná podpera sa prisunie k strednej podpere.
- 4.) Posunie sa celá MS (pri presune je podopretá na zadnej a kabínovej podpere). Po presune sa podoprie MS prednou podperou na pilier.
- 5.) Osadia sa prvé segmenty zárodku.
- 6.) Kabínová podpera sa presunie na segmenty zárodku osadené na prednom pilieri.
- 7.) Posun MS tak, že stredná podpera je na kraji vahadla (pri posune je MS podopretá na kabínovej podpere a na zadnej podpere).
- 8.) Posun zadnej podpery k strednej podpere na koniec vahadla.
- 9.) Posun MS do novej montážnej polohy so strednou podperou na segmentoch zárodku nového vahadla (pri presune je MS podopretá na zadnej a kabínovej podpere).
- 10.) Dokončenie zárodku a montáž ďalšieho vahadla.



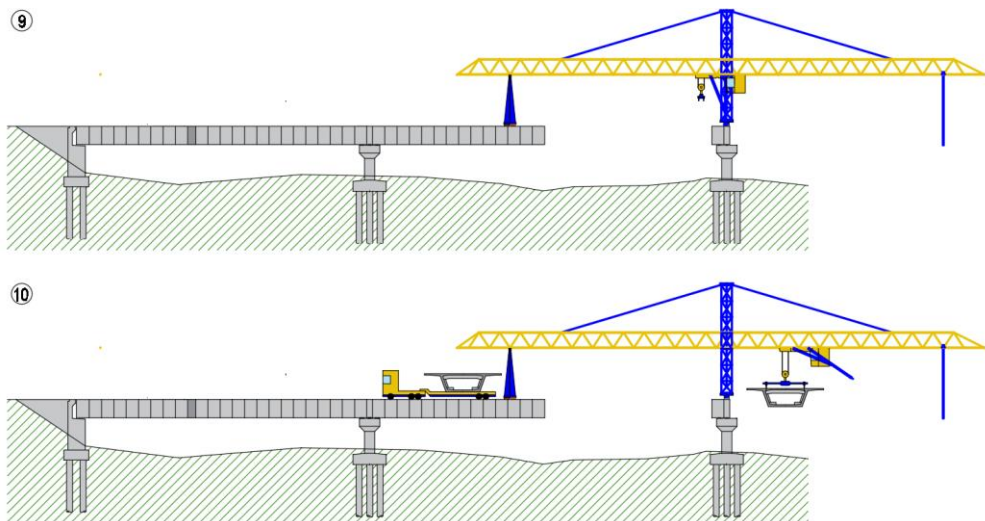


Obr. 70 Princíp presunu montážneho súboru do novej polohy na montáž ďalšieho vahadla (kroky 1 až 4).





Obr. 71 Princíp presunu montážneho súboru do novej polohy na montáž ďalšieho vahadla (kroky 5 až 8).



Obr. 72 Princíp presunu montážneho súboru do novej polohy na montáž ďalšieho vahadla (kroky 9 a 10).



Obr. 73 Pohľad na MS (výstavba mosta pri Nitre, 2010, foto: Doprastav a.s.)



*Obr. 74 Pohľad na výklopnú kabínovú podporu a osádzanie segmentu (foto: Doprastav a.s.)*



*Obr. 75 Pohľad pripojenie zadnej podpory k hlavnému rámu (pripojenie umožňuje posun podpory pozdĺž hlavného trámu a tiež posun v priečnom smere potrebný pri pôdorysne zakrivených mostoch).*



*Obr. 76 Obslužná lávka pre montáž segmentov a predpínanie (Považská Bystrica, 2009).*





*Obr. 77 Osádzanie segmentu (Považská Bystrica, 2009).*



*Obr. 78 Dovoz segmentu na koniec vahadla a jeho presun do montážnej polohy pomocou zdvíhacieho navijaka (Nitra, 2010, foto: Doprastav a.s.).*

Segmenty sa v rámci budovaného vahadla presúvajú zavesené na zdvíhací navijak a pri presune sú otočené o 90 stupňov tak, aby sa zместili pomedzi podpory MS. Do finálnej pozície sa otočia až na konci vahadla.

Pre pôdorysne zakrivené mosty musí byť MS schopná pohybovať sa tak, aby vedela “zatočiť” podľa príslušného zakrivenia. Na tento účel slúži posuvné pripojenie zadnej podpory o hlavný rám (obr. 75). Minimálne odporúčané polomery pre pôdorysne zakrivené mosty stavané pomocou MS sú uvedené v tab. 7.1.

Tab.2 Minimálne odporúčané polomery pre pôdorysné zakrivenie mosta pri použití MS

Rozpätie (m)	Minimálny polomer (m)
65	400
85	500
100	700
120	780

Dĺžka MS pre výstavbu mostov letmou montážou býva 1,5 násobok mostného poľa. Nevýhodou takejto krátkej MS je, že segmenty sa musia dovieŕať až na okraj konzoly už hotovej časti mosta (obr. 78) a tiež, že zadná podpera MS je blízko okraja konzoly (obr. 78). Z tohto dôvodu, na vykrytie prídavných napätí, sa pri použití krátkych MS niekedy vyžaduje dočasné predpätie v montážnom štádiu. Väčšie MS, dĺžky dvojnásobku mostného poľa, sú len mierne drahšie, avšak tento problém preťaženej konzoly výrazne znižujú. Ich ďalšou výhodou je, že ich presun do novej polohy je rýchlejší, keďže vyžaduje menej krokov.

Čo sa týka konštrukcie MS, tak moderné MS majú hlavný trám tvorený priestorovou priehradovou sústavou, ktorá zabezpečuje jej stabilitu aj v horizontálnom smere voči vybočeniu. MS je v montážnej pozícii kotvená o mostovku tak, aby nedošlo k jej neželaným pohybom, prípadne prevráteniu v silnom vetre.

Na zdvih segmentov sa v dnešnej dobe v prevažnej väčšine používajú výkonné zdvíhacie navijaky (obr. 74).

Okrem technologických aspektov MS, rýchlosť výstavby je možné urýchliť aj dobrým návrhom fáz výstavby. Ak je návrh mosta spravený tak, že stačí osadiť a predopnúť konzolové káble len v rámci každého druhého segmentu, takéto riešenie výrazne urýchli výstavbu (segmenty sa dočasne pripnú o hotovú časť konštrukcie predpínacími tyčami v rámci montážnych rebier segmentov – obr. 79).



Obr. 79 Pripnutie segmentov o hotovú časť konštrukcie predpínacími tyčami v rámci montážnych rebier segmentov – pozri aj obr. 36.



## Dobetonávka uzatváraciej škáry a dočasná fixácia

Uzatváracie škáry medzi vahadlami zaisťujú spojitosť celej konštrukcie. Debnenie je treba zhotoviť tak, aby sa povrch škáry čo najviac podobal povrchu segmentov a zvýšenú pozornosť je potrebné venovať napojeniu a utesneniu káblových kanálikov.

Pred betonážou uzatváracích škár je nutné škáru v existujúcej šírke zafixovať, aby nedošlo po betonáži k pohybum, ktoré by tvrdnúci betón porušili.



*Obr. 80 Dočasná fixácia škáry pre dobetonávku medzi segmentami – foto: Doprastav a.s.*

Pre fixáciu sa môžu využiť rebrá posledných segmentov, ktoré sa môžu rozoprieť – napr. oceľovými rektifikovateľnými rozperami a následne cez otvory v rebrách zopnúť predpínacími tyčami (obr. 81). Fixáciu je možné uvoľniť až po napnutí prvej časti káblov spojitosti cez škáru.



*Obr. 81 Fixácia škáry – pohľad do komory mosta*

#### 7.4 Montáž po poliach na pevnej skruži

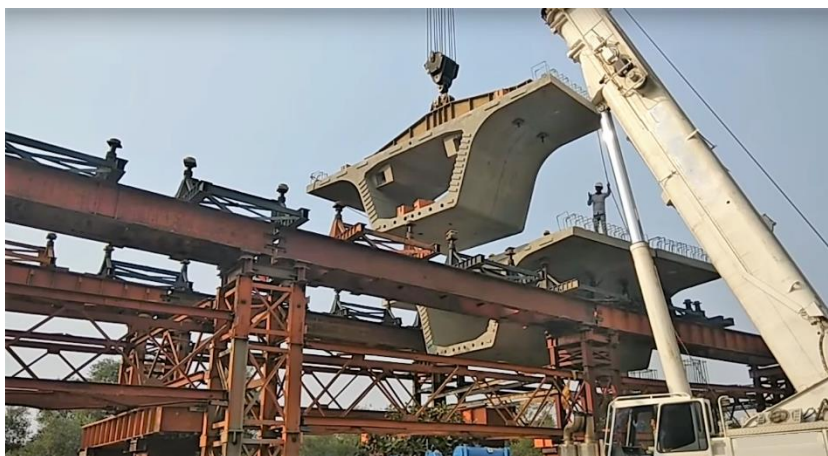
Montáž na pevnej skruži sa používa len pre krátke mosty, kedy sa neoplatí montovať žiadne špeciálne žeriavy. Technológia sa tiež používa v prípade letmo montovaných mostov pre výstavbu časti krajných polí pri oporách, na ktoré sa napojí následne vahadlo.

Pri tomto spôsobe montáže segmentov sa každý segment uloží na sadu hydraulických lisov tak, aby bola možná rektifikácia ich výškového osadenia (eliminácia sadnutia skruže a pod.). Podopretie sa realizuje väčšinou pod stenami segmentu. Priestor pod mostom musí byť po celej dĺžke prístupný a podložie musí byť dostatočne zhutnené, aby sa minimalizovali deformácie po priťažení. Pri menších prekážkach (šírky niekoľko metrov), ktoré je potrebné preklenúť skružou, sa premostia klasickými nosníkmi skruže.



*Obr. 82 Podopretie segmentov hydraulickými lismi na skruži*

Pre montáž segmentov je možné použiť aj podpernú skruž, ktorá podopiera konzoly segmentov, podobne ako v prípade montáže s využitím montážneho súboru s hlavným trámom pod mostovkou (pozri aj kapitolu 7.5.2).



*Obr. 83 Montáž segmentov na skruži s podopretím konzol segmentovl (ScS).*

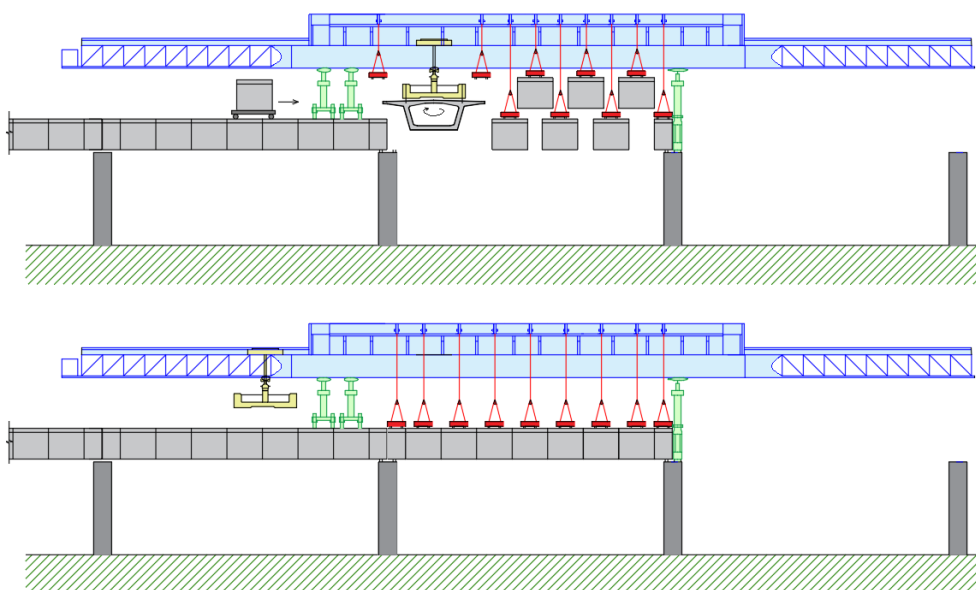
## 7.5 Montáž po poliach montážnou súpravou

Technológia montáže po poliach montážnou súpravou sa na Slovensku ešte nepoužila, ale je pomerne často používaná vo svete, najmä pre viacpoľové mosty s rozpätím 30 až 50 metrov. Montážne súpravy sa používajú buď také, ktoré sa pohybujú nad mostovkou a segmenty sú zavesené na hlavnom tráme súpravy, alebo ktoré sa pohybujú pod mostovkou a segmenty podopierajú zdola. Montážna súprava musí udržať hmotnosť celého mostného poľa až pokiaľ nie sú segmenty zopnuté predpínacími lanami a konštrukcia sa stane samonosnou.

### 7.5.1 Montážna súprava s nosným trámom nad mostovkou

Tento typ montážnej súpravy je zložitejší na výrobu a aj na prevádzku ako montážna súprava s trámom pod mostovkou, avšak umožňuje väčšiu variabilitu pre zmeny rozpätí, tvaru a smerového vedenia v rámci mosta. Jej výhodou je tiež aj to, že nezasahuje do priestoru pod mostom. Predná aj zadná časť súpravy (výsuvné nosy) sú mohutnejšie ako v prípade súprav s nosným trámom pod mostovkou, keďže tieto časti slúžia na zdvihnutie privezeného segmentu a predná časť na osadenie prvých nadpodperových segmentov. Výška spodnej hrany výsuvných nosov je rovnaká ako výška spodnej hrany hlavného trámu kvôli presunom podperných stojok.

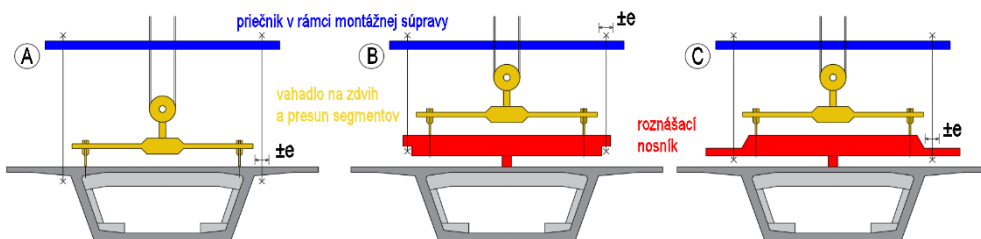
Každý segment sa presúva v rámci montovaného poľa otočený o 90 stupňov tak, aby nedošlo ku konfliktu s podperami montážnej súpravy a so závesmi už podvesených segmentov. Aby bolo možné otáčať aj posledné segmenty poľa, podvesenie segmentov sa realizuje v dvoch rovinách, čím vznikne priestor pre otočenia aj posledných segmentov poľa (obr. 84 - hore). Po podvesení všetkých segmentov sa segmenty posunú a výškovo rektifikujú (obr. 84 - dole).



Obr. 84 Podvesovanie segmentov mostného poľa

Jednotlivé segmenty sa vešajú na hlavné trámy prostredníctvom závesov kotvených v blízkosti stien. Segmenty musia byť nadimenzované na namáhanie v štádiu výstavby s ohľadom na miesto ich zavesenia. V prípade zakrivených mostov sú 3 základné riešenia zavesenia segmentov tak, aby vytvorili pôdorysne zakrivený tvar podľa projektu, aj napriek tomu, že hlavné nosníky súpravy sú rovné:

- A.) Miesto zavesenia v rámci hornej dosky segmentu má možnosť posunu závesu.
- B.) Posun je možný v rámci priečnika, na ktoré sú segmenty vyvesované.
- C.) Posun je možný v rámci roznášacieho nosníka, ktorý ostáva nad každým segmentom až po predopnutie segmentov.



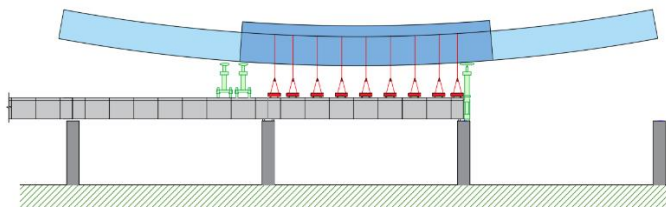
Obr. 85 Rôzne spôsoby podvesenia pre pôdorysne zakrivené mosty



Obr. 86 Podvesené segmenty na montážnej súprave (ScS, Kanada)

Dĺžka súpravy je zväčša 2,1 až 2,3 násobok max. rozpätia mosta. Montážna súprava je uložená na lísoch, ktoré umožnia uvoľnenie závesov po tom, ako sa mostné pole stane samonosným po napnutí predpínacích lán (spustenie celej súpravy uvoľní ťahové sily v závesoch). Spustením sa tiež uvoľnia napätia v montážnej súprave, ktoré boli vnesené tiažou segmentov a tým sa mostné pole plne položí na ložiská (vplyvom montáže segmentov sa montážna súprava deformuje – obr. 87).





Obr. 87 Schematické znázornenie deformácie montážneho súboru od tiaže segmentov (pre názornosť je niekoľko násobne zväčšená mierka deformácie)

Pre presun súpravy do novej polohy, ako aj podopretie počas podvesovania segmentov, je potrebné vytvoriť dostatočný priestor na hlavici piliera pre montážne podopretie.



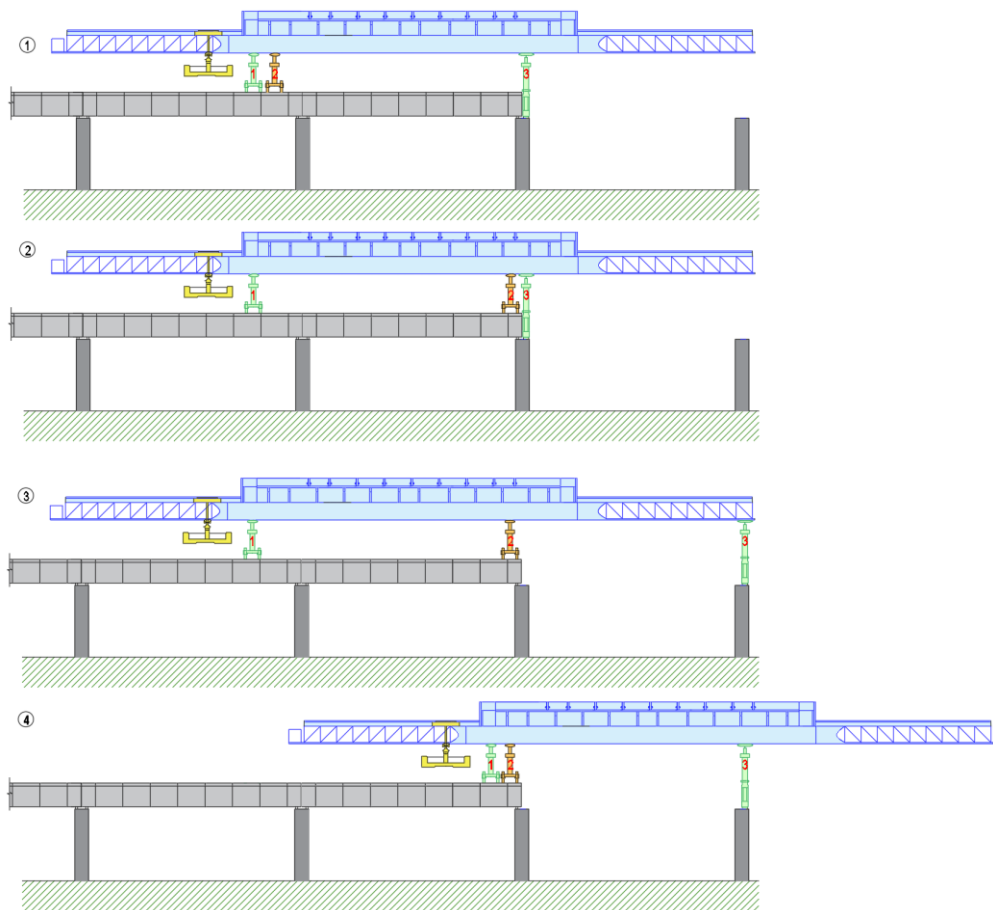
Obr. 88 Montážna súprava s priečnym presunom pre montáž paralelných mostov (priečny presun sa realizuje prostredníctvom priečnika uloženého na pilieri a už hotovej časti mostovky (ScS, USA).

Čo sa týka konštrukčného usporiadania, rozlišujeme dva základné typy montážnych súprav s nosným trámom nad mostovkou a to: montážne súpravy s jedným nosným trámom a montážne súpravy s dvoma nosnými trámami, pričom ich základný princíp fungovania je veľmi podobný.

Presun montážneho súboru do ďalšieho poľa prebieha nasledovným spôsobom (obr. 89):

- 1.) Uvoľnenie segmentov.
- 2.) Presun podpory č. 2 k podpere č. 3.
- 3.) Presun podpory č. 3 na ďalší pilier.
- 4.) Presun montážneho súboru do novej polohy (pri presune sa ľavá podpera pohybuje po mostovke).





*Obr. 89 Schematické znázornenie presunu montážneho súboru do novej polohy.*

Z obrázka č. 89 tiež vidieť o koľko jednoduchší je presun montážneho súboru, ktorý má viac ako dvojnásobnú dĺžku poľa, voči montážnemu súboru dĺžky len cca 1,5 násobku mostného poľa (obr. 70 až 72).

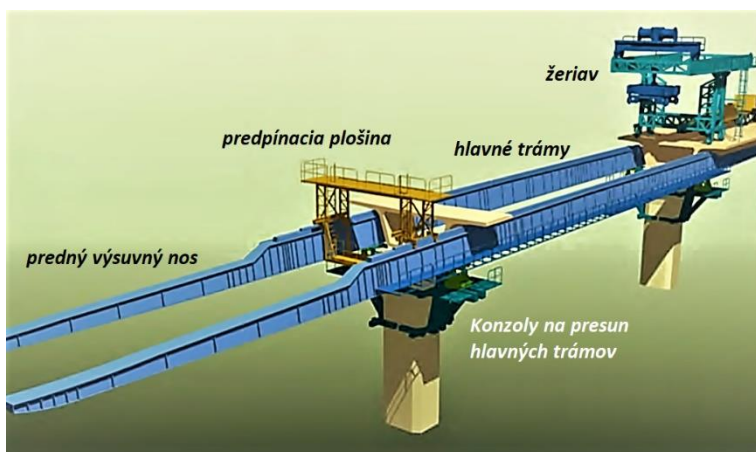
### 7.5.2 Montážna súprava s nosným trámom pod mostovkou

Montážna súprava má vždy dva trámy umiestnené pod konzolami hornej dosky segmentov. Na týchto trámoch sú umiestnené pohyblivé vozíky podopierajúce segment na konzole hornej dosky v tesnej blízkosti steny komory. Vďaka pohyblivým vozíkom je možné segmenty po trámoch posúvať a teda montáž prebieha zväčša tak, že sa segment dovezie po už hotovej mostovke, žeriavom sa uloží na vozíky a následne sa vozíkom presunie do montážnej polohy. Vozíky umožňujú aj výškovú a smerovú rektifikáciu segmentov.

Predná a zadná časť montážneho súboru (výsuvné nosy) sú ľahšie ako v prípade montážneho súboru s hlavným trámom nad mostovkou, keďže neslúžia pri manipulácii so segmentami.

Presun týchto montážnych súborov je relatívne jednoduchý, pričom ale jedna z nevýhod je nutnosť presunu pilierových konzol pomocou kolesových žeriavov na teréne, alebo plávajúcich žeriavov na vode pod mostom (žeriavy na bárkach a pod.). Ďalšou nevýhodou je, že takýto montážny súbor potrebuje väčšie polomery smerového vedenia, keďže pri presune na malých polomeroch dochádza ku kolízii nosných trámov s piliermi (celková dĺžka nosných trámov je 2,1 až 2,3 násobok rozpätia polí). Na druhej strane sú však montážne súbory s nosným trámom pod mostovkou prvou voľbou pre segmentové mosty v prípade, že je obmedzená výška nad budovaným mostom. Výhodou je aj ich nižšia cena.

Tvar pilierov aj opôr je potrebné prispôbiť technológii. V rámci pilierov sa zväčša vynechajú kapsy pre osadenie oceľových priečnikov, na ktorých sa montážny súbor presúva a opory musia byť prispôsobené tak, aby nezavadzali hlavným nosníkom pri montáži prvého a posledného poľa.

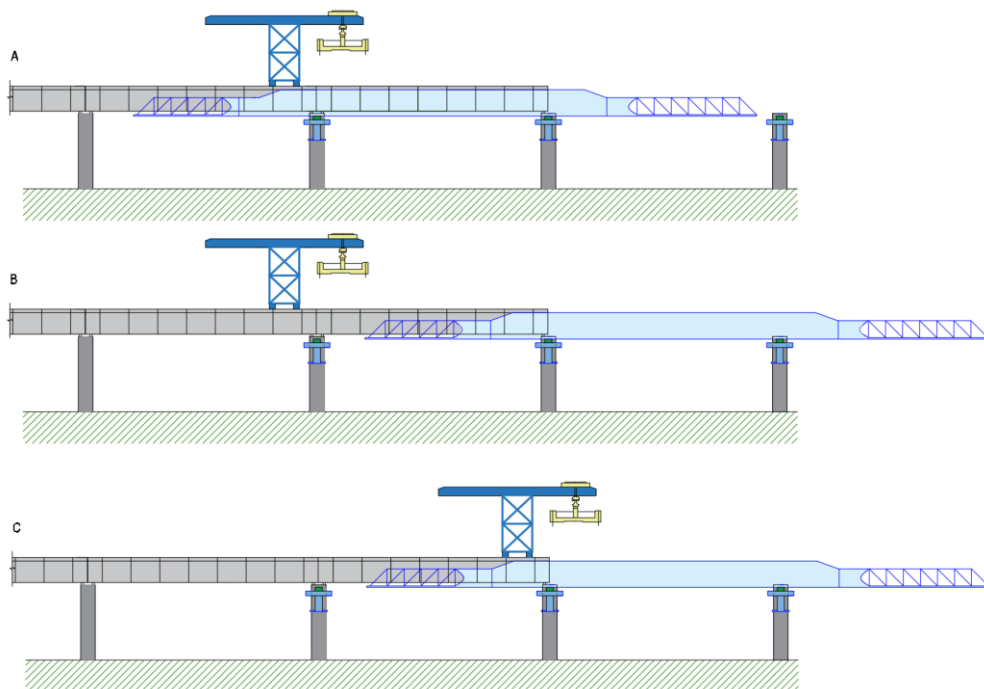


Obr. 90 Základné časti montážnej súpravy s nosným trámom pod mostovkou (SCS).

Po osadení segmentov a ich predopnutí sa montážna súprava plne uvoľní od mostného poľa, buď spustením hlavných trámov, čím vybudované pole celkom dosadne na ložiská, alebo pridvihnutím mostného poľa na lisoch. Pri predpínaní mostného poľa hrozí situácia, že celé mostné pole ostane podopreté na konzolách hornej dosky krajných segmentov, pričom tieto nie sú na takú veľkú silu dimenzované. Je preto pred predpínaním potrebné krajné segmenty

osadiť na aktivované hydraulické lisy. Lisy musia byť na jednom pilieri uložené na teflónových platniach tak, aby nebránili deformáciám mostného poľa pri predpínaní.

Presun montážneho súboru do ďalšej polohy je veľmi jednoduchý (obr. 91).



*Obr. 91 Schematické znázornenie presunu montážneho súboru do novej polohy.*

## 7.6 Montážna súprava pre montáž makrosegmentov

Od začiatku 21. storočia bolo postavených množstvo vysokorychlostných železničných tratí najmä v Ázii, pri výstavbe ktorých sa úspešne uplatnila technológia výstavby z makrosegmentov. Išlo najmä o niekoľko kilometrov dlhé mostné estakády. Táto technológia je jedna z najrýchlejších technológií výstavby betónových mostov a okrem tohto benefitu ponúka aj kvalitu zabezpečenú výrobou v prefách. Veľká investícia do špecializovaného, mohutného, zavážacieho žeriava ju ale robí konkurencieschopnou len v prípade výstavby niekoľko stoviek rovnako dlhých mostných polí do dĺžky cca 40 metrov.

Keďže všetky procesy prebiehajú v zabehnutom cykle v prefé, výroba jedného makrosegmentu zaberie vo výrobe len približne 6 dní. Nevýhodou je potreba väčšieho priestoru na skladovanie makrosegmentov kým prebieha ich ošetrovanie a vyzretie betónu na požadovanú pevnosť. Presuny makrosegmentov v rámci skladovanej plochy sa vykonávajú portálovými kolesovými žeriavmi, alebo portálovými žeriavmi na koľajniciach.

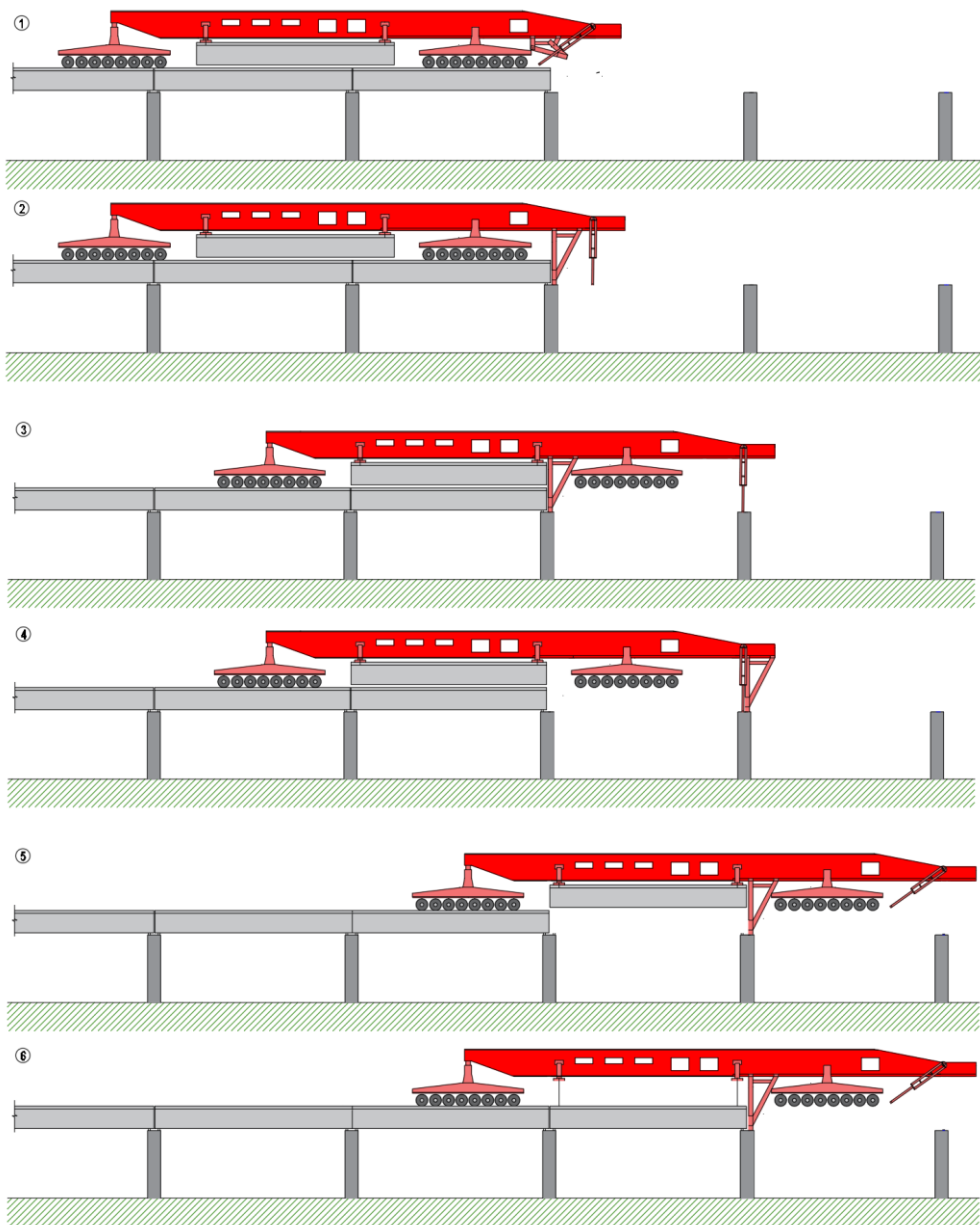


*Obr. 92 Presun makrosegmentov v rámci skladovacej plochy (ScS).*

Rýchlosť osádzania mostných polí, na predpripravené piliere, je 2 až 3 mostné polia za deň.

Existuje viacero typov zavážacieho žeriava pre makrosegmenty (pozri kapitolu 4). Princíp fungovania jedného z nich (obr. 36) je schematicky zobrazený na obr. 93, pričom jednotlivé kroky osadenia mostného poľa sú:

- 1.) Privezenie makrosegmentu po hotovej časti mosta.
- 2.) Sklopenie hlavnej podpery na pilier.
- 3.) Presun zavážacieho žeriava ponad ďalšie mostné pole, pričom podvesený makrosegment slúži ako protiváha voči preklopeniu žeriava. Opretie prednej podpery na ďalší pilier.
- 4.) Premiestnenie hlavnej podpery na ďalší pilier.
- 5.) Presun zavážacieho žeriava do montážnej polohy pre makrosegment.
- 6.) Spustenie makrosegmentu na ložiská.



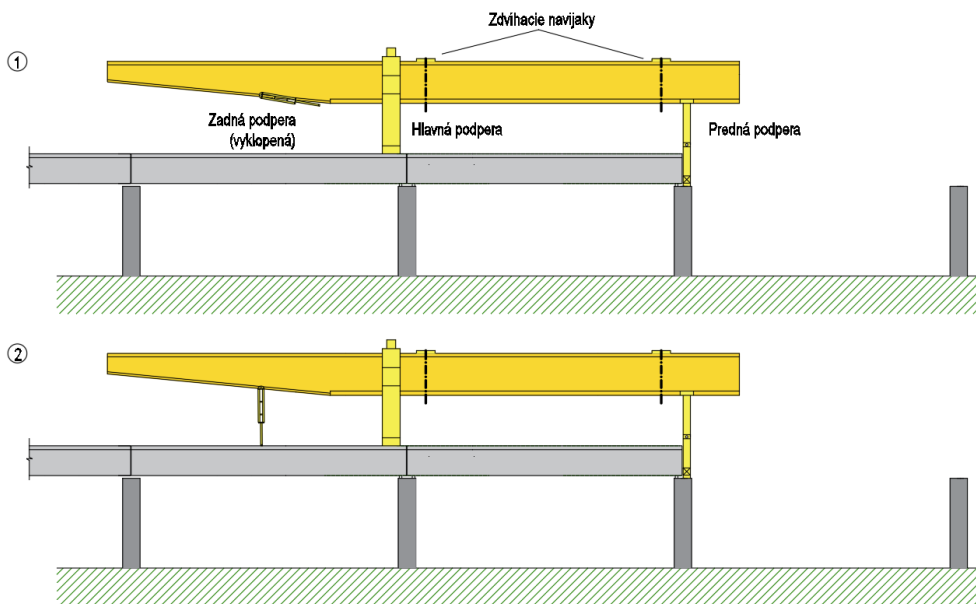
Obr. 93 Schematické znázornenie osadenia makrosegmentu pomocou zavážacieho žeriava.

Počas presunu makrosegmentu po už hotovej konštrukcii je poloha kolies zavážacieho žeriava elektronicke kontrolovaná tak, aby sa nevychýlila z predpísanej dráhy. Kolesový tlak je automaticky vyrovnávaný elektronicke kontrolovaným hydraulickým systémom. Makrosegment je podopretý len na koncoch, aby sa predišlo vzniku negatívnych ohybových momentov, na ktoré nie je makrosegment dimenzovaný.

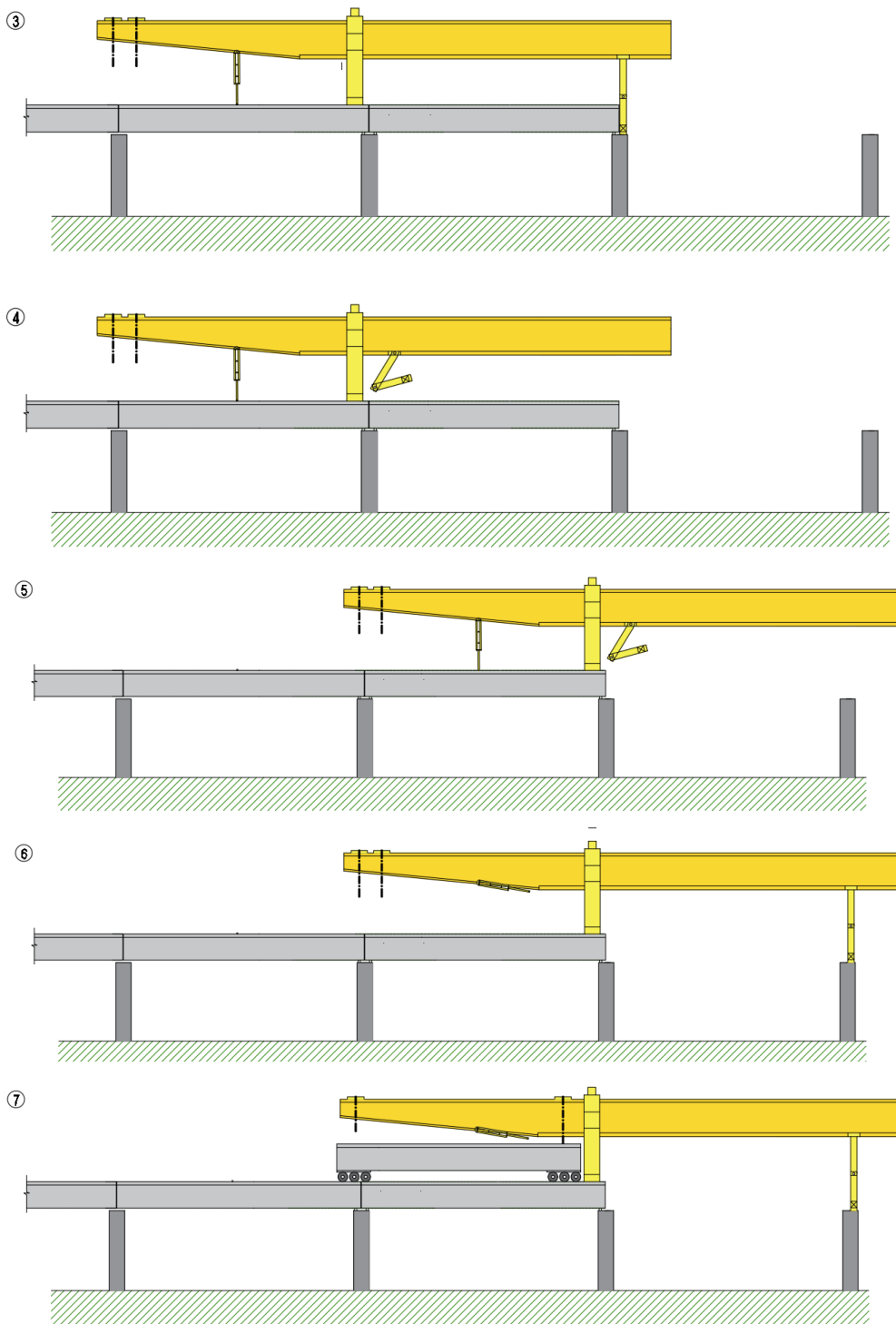


Princíp fungovania ďalšieho typu zavážacieho žeriava (obr. 34) pre makrosegmenty je znázornený na obr. 94 až obr. 96 a pozostáva z nasledovných krokov:

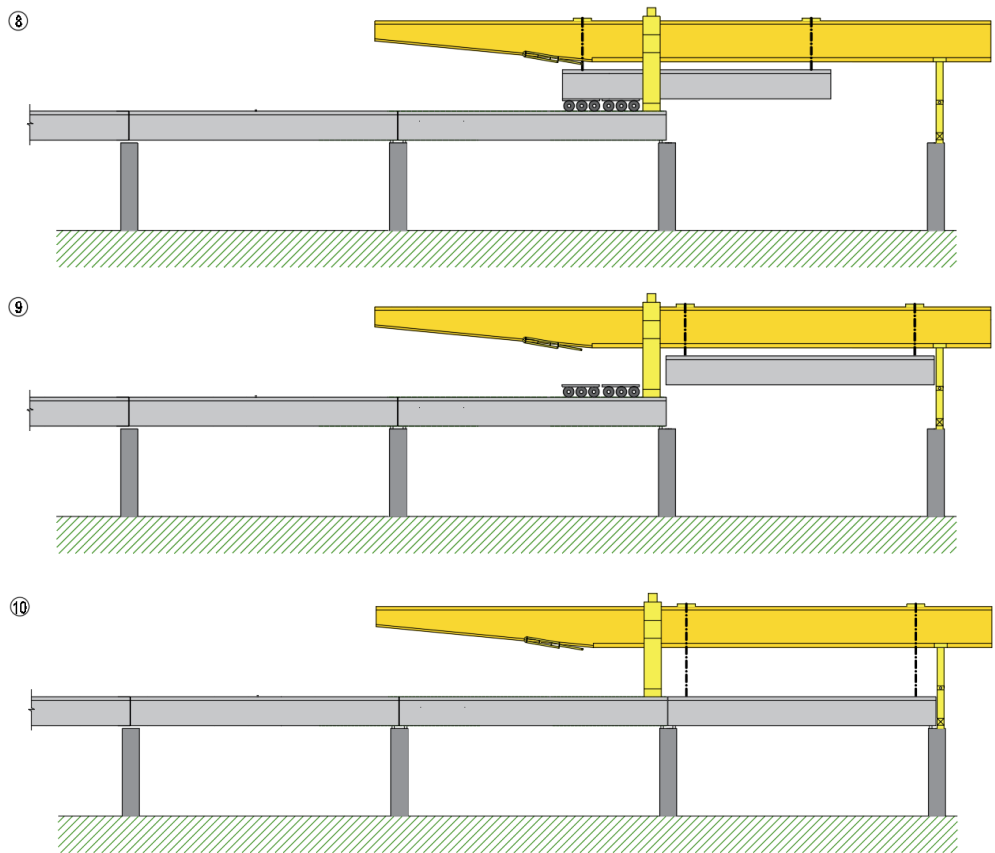
- 1.) Po uložení makrosegmentu sa vytiahnu laná zdvíhacích navijakov.
- 2.) Sklopenie zadnej stabilizačnej podpery.
- 3.) Presun zdvíhacích navijakov do zadnej časti – ich veľká hmotnosť zabezpečuje stabilitu zavážacieho žeriava počas presunu do novej polohy.
- 4.) Vyklopenie prednej podpery a presun k hlavnej podpere, čím sa zmenší klopiaci moment pri presune zavážacieho žeriava do novej polohy.
- 5.) Presun zavážacieho žeriava do novej polohy.
- 6.) Presun a sklopenie prednej podpery. Vyklopenie zadnej stabilizačnej podpery.
- 7.) Dovezienie makrosegmentu a uchytenie jeho prednej časti na zdvíhací navijak.
- 8.) Presun makrosegmentu do polohy pre uchytenie zadnej časti na druhý zdvíhací navijak (uchytenie na oba zdvíhacie navijaky vo fáze 7 by spôsobilo nestabilitu zavážacieho žeriava – preváženie dozadu).
- 9.) Presun makrosegmentu do montážnej polohy.
- 10.) Spustenie makrosegmentu na ložiská.



Obr. 94 Schematické znázornenie osadenia makrosegmentu pomocou zavážacieho žeriava (kroky 1 a 2).



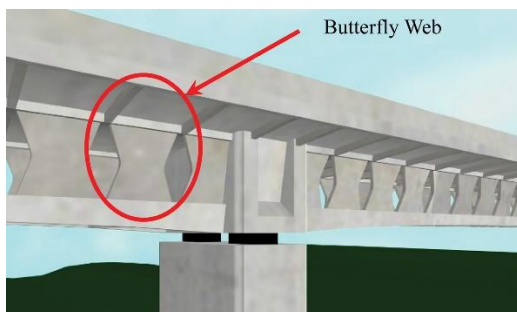
Obr. 95 Schematické znázornenie osadenia makrosegmentu pomocou zavážacieho žeriava (kroky 3 až 7).



Obr. 96 Schematické znázornenie osadenia makrosegmentu pomocou zavážacieho žeriava (kroky 8 až 10).

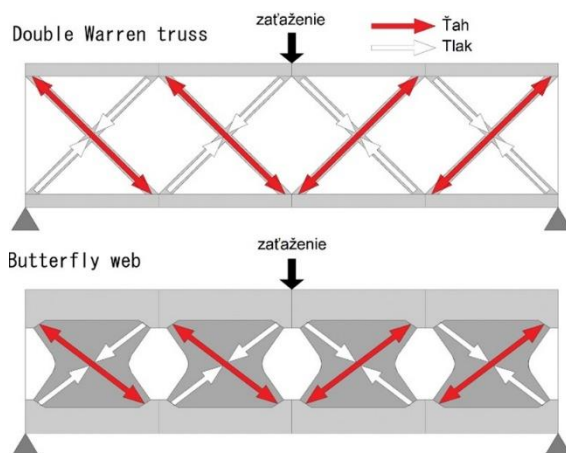
## 8. Najnovší trend vývoja technológie segmentových mostov

Aj keď v posledných rokoch vývoj tejto technológie na Slovensku stagnoval, s minimálnym vývojom, vo Svete sa technológia ďalej zdokonaľuje najmä aplikáciou nových materiálov, ako sú vysokohodnotný vláknobetón a FRP predpínacie výstuže. Dôkazom je niekoľko nových mostov postavených v Japonsku, s vylahčenými stenami komory tvarovanými do formy motýľích krídel, tzv. „butterfly web bridges“ (mosty s motýľími stenami) [9], [10].



Obr. 97 Schematické znázornenie mosta typu „butterfly web“ [9].

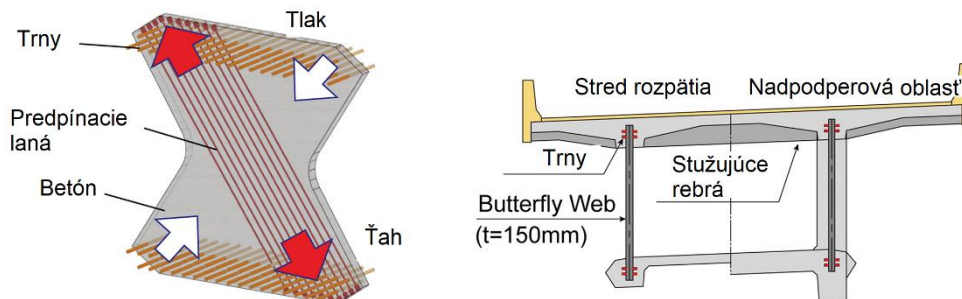
Filozofia ich statického pôsobenia je analogická so statickým pôsobením priehradovej sústavy typu „double Warren truss“.



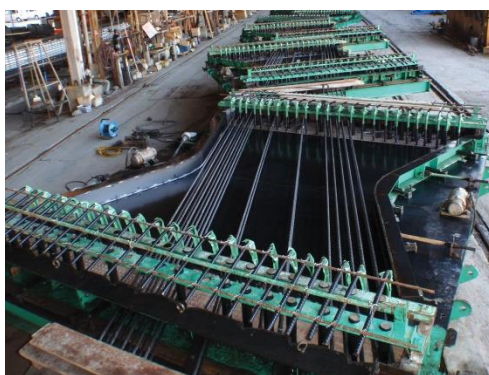
Obr. 98 Schematické znázornenie a porovnanie statického pôsobenia priehradovej sústavy typu double Warren truss a mostov s motýľími stenami (butterfly web bridges) [9].

Steny sa zhotovujú z predpäťého vláknobetónu s pevnosťou 80 MPa bez použitia mäkkej betonárskej výstuže. Vlákna v betóne majú dĺžku cca 22 mm, priemer cca 0,2 mm a ťahovú pevnosť minimálne cca 2 000 MPa (tieto isté vlákna sa používajú na vystužovanie automobilových pneumatík a sú na trhu dostupné). Predpätie je navrhnuté na pokrytie

ťahových zón. Keďže steny sú pomerne tenké, je nevyhnutné stužiť mostovku priečnymi trámami v približne 3-metrových intervaloch.



Obr. 99 Schematické znázornenie statického pôsobenia steny typu „butterfly web“ (vľavo) a schéma priečného rezu mosta (vpravo) [9].



Obr. 100 Výroba steny typu „butterfly web“ [9].

Prefabrikované steny sa môžu ukladať do debnenia v rámci technológie letmej betonáže, alebo sú súčasťou montovaných segmentov.



Obr. 101 Ukladanie prefabrikovanej steny do debnenia (technológia letmej betonáže) [9].





Obr. 102 Montáž prefabrikovaného segmentu so stenou typu „butterfly web“ [9].

Parametre mostov s motýľmi stenami, ktoré boli v posledných rokoch postavené v Japonsku:

- Most Takubogawa: výstavba letnou betonážou, 10-poľový rámový most s maximálnym rozpätím 87,5 m.
- Most Akutagawa: maximálne rozpätie 75 m, stavaný letnou betonážou; redukcia vlastnej tiaže s použitím motýľích stien umožnila použitie 6-metrových segmentov (namiesto 4-metrových), čo urýchľuje výstavbu približne o 50 %.
- Most Mukogawa: 5-poľový rámový most typu extradosed s maximálnym rozpätím 100 m; mostovka má šírku 24 m.
- Most Okegawa: celková dĺžka mosta je 3 089 m s maximálnym rozpätím 45 m; most bol stavaný technológiou letnej montáže s ohľadom na nutnosť stihnúť výstavbu za 18 mesiacov, vrátane vypracovania výkresovej dokumentácie.

Výhodami tejto novej technológie sú najmä:

- zrýchlená výstavba,
- nižšia hmotnosť nosnej konštrukcie (dôležitý aspekt najmä v seizmickej oblasti), celková redukcia hmotnosti je asi 10 %,
- možné zvýšenie maximálneho rozpätia betónových predpätých komorových mostov (z dnešných približne 250 m teoreticky až na viac ako 400 m), maximálne možné rozpätie sa zvyšuje vďaka nižšej hmotnosti stien, ktoré pri vysokých prierezoch predstavujú podstatnú časť tiaže konštrukcie.

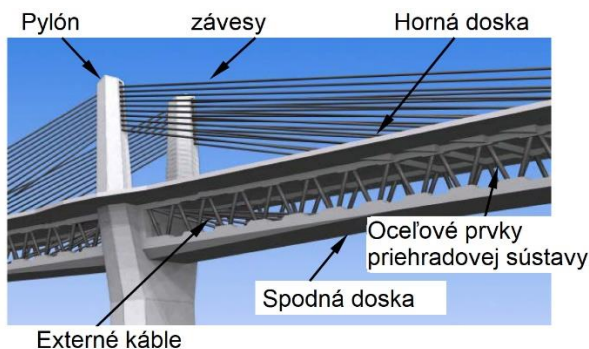


*Obr. 103 Most Okegawa [9].*



*Obr. 104 Pohľad do komory mosta so stenou typu „butterfly web“ [9].*

Ďalším trendom, najmä v seizmických oblastiach, je nahradenie klasickej betónovej steny komory vlnitým plechom (pozri prvý diel knihy venovaný technológii vysúvania), alebo oceľovými tyčovými prvkami, ktoré vytvárajú priehradovú sústavu. Tieto modifikácie sa dajú aplikovať aj pre technológiu letnej betonáže, aj pre technológiu montáže z prefabrikovaných segmentov. Ich nevýhodou je však potrebná údržba oceľových častí.



Obr. 105 Schéma mosta s oceľovými priehradovými stenami. [11]



Obr. 106 Most Fudo. [11]

## 9. ZÁVER

Na Slovensku sa technológia letmej montáže používa už viac ako 60 rokov, pričom prešla vývojom, ktorý sledoval svetové trendy a skúsenosti s touto technológiou v našich podmienkach. O technickej vyspelosti Slovenska v tejto technológii svedčia mosty ako napr.:

- Železničný most pri Margecanoch, ktorý bol v roku 1967 jedným z prvých letmo-montovaných železničných mostov v Európe.
- most Podtureň s dĺžkou 1038 metrov, postavený v roku 1983.
- Most v rámci diaľnice D1 na úseku Hričovské Podhradie - Strážov s dĺžkou 743 metrov, dokončený v roku 2008.
- Most v rámci rýchlostnej cesty R1, na úseku Selenec – Beladice, postavený v roku 2011 s dĺžkou 762 metrov.
- most v rámci diaľničného úseku Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka, dokončený v roku 2021 s dĺžkou 1036 metrov.

Konkurenčné technológie, najmä technológia výsuvnej skruže a vysúvanie, však postupne segmentové mosty vytlačajú u nás z trhu. Je otázne, či vôbec táto technológia, ktorá má takú dlhú tradíciu na Slovensku, v tejto konkurencii obstojí. Nepriaznivým faktorom sú aj mnohé problémy s týmto typom mostov, ktoré vznikli najmä v dôsledku zlej kvality prác pri ich stavbe a nedostatočnej údržbe. Zlé skúsenosti následne odrádzajú investorov od tejto technológie, aj napriek tomu, že pri dnešnej kvalite prác by tieto mosty mali byť rovnako trvanlivé ako mosty stavané akoukoľvek inou technológiou.

Čo sa týka implementácie technológie montáže po poliach zo segmentov, tá je otázna z rovnakého dôvodu ako ústup technológie letmej montáže. No a technológia montáže mostov z makrosegmentov na Slovensku je veľmi nepravdepodobná, keďže jej ekonomická efektívnosť začína až pri niekoľkých desiatkach rovnako dlhých mostných polí.

Na záver snád' už len toľko, že aj keď sú na Slovensku momentálne technológie priečne delených konštrukcií na ústupe, vo svete sa ďalej rozvíjajú a nemali by sme ich určite úplne zavrhnúť. Ak raz totižto túto technológiu stratíme, odborníci, ktorý jej rozumejú odídu do inej oblasti a potom jej prípadné znova oživenie bude veľmi náročné, resp. možno už úplne nemožné bez zahraničnej účasti.

## PodĎakovanie.

Za vecné pripomienky patrí vĎaka vĎetkým recenzentom knihy: prof. Ing. Jaroslavovi Halvoníkovi, PhD. – STU Bratislava, prof. Ing. Martinovi Moravčíkovi, PhD. – ŽU Žilina, prof. Ing. Vladimírovi Benkovi, PhD. – STU Bratislava, Ing. Hidayatovi al Herakimu – Doprastav a.s.

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

Táto práca bola podporovaná výskumným projektom VEGA 1/0310/22.

## QR kódy:

Videá znázorňujúce princíp technológie letmej montáže a výroby segmentov:



Videá znázorňujúce princíp technológie montáže po poliach z klasických segmentov:



Videá znázorňujúce princíp technológie montáže po poliach z makrosegmentov:





## 10. Použitá literatúra

- [1] J. Mathivat: The cantilever construction of prestressed concrete bridges, John Wiley & Sons Ltd., ISBN 0-471-10343-8, Hampshire, 1983
- [2] 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.
- [3] A. Laky, A. Rengevič: Betónové mosty na Slovensku, Alfa, ISBN 80-05-00151-7, Bratislava 1988.
- [4] W. Chen, L. Duan: Handbook of International Bridge Engineering, chapter 17: I. Baláž - Bridge Engineering in the Slovak Republic, CRC Press/ Taylor & Francis Group. USA, 2014.
- [5] T. Jávora, L. Borovička: Nové metódy v navrhovaní a stavbe mostov, Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, ISBN 63-061-67, Bratislava, 1967.
- [6] P. Kubík, J. Kopčák: Problematika Ružínských rámových mostov, Inžinierske stavby 6/2021. ISSN 1335-0846
- [7] J. Guoth, V. Kvasnička: Letmo montovaný most na rýchlostnej ceste R1 v úseku Selenec – Beladice, Inžinierske stavby 6/2013. ISSN 1335-0846
- [8] E. Macková, V. Kvasnička: Most budovaný technológiou letmej montáže na stavbe D1 Hričovské Podhradie – Lietavská Lúčka, Inžinierske stavby 4/2018. ISSN 1335-0846
- [9] A. Kasuga: Effects of butterfly web design on bridge construction, Structural concrete, vol. 18, 1/2017. ISSN 1751-7648. DOI 10.1002/suco.201600109
- [10] K. Kata, A. Kasuga, K. Sakai: Sustainability evaluation of butterfly web bridge, Structural concrete, vol. 19, 2/2018. ISSN 1751-7648. DOI 10.1002/suco.201700010
- [11] Y. Nakayama, M. Nakatani, K. Hara, H. Tanaka: Prestressed Concrete Composite Truss Extradosed Bridge – Fudo bridge, <http://jpci.or.jp>. DOI 10.11474/JPCI.NR.2014.109

## 11. Použité symboly a značky

H	Výška prierezu
L	Najväčšie rozpätie mosta
$t_w$	Hrúbka steny komory mosta
$t_h$	Hrúbka hornej dosky komory mosta
$t_d$	Hrúbka spodnej dosky komory mosta
a	Osová vzdialenosť stien komory v mieste hornej dosky
d	Dĺžka konzolového vyloženia hornej dosky komory mosta
$F_1$	Sila v dočasných prípojoch segmentu v hornej časti prierezu
$F_2$	Sila v dočasných prípojoch segmentu v spodnej časti prierezu
F	Výslednica síl $F_1$ a $F_2$
C	Silová reakcia na ozube
G	Vlastná tiaž segmentu
R	Výslednica síl
N	Výsledná osová sila po rozklade síl

## 12. Vecný register

- bunkový spôsob výroby, 38, 39
- butterfly web, 67, 68
- debnenie, 6, 17, 32, 38, 39, 40
- deformácie 11, 32, 44, 55, 58
- epoxid, 12, 35
- imperfekcie, 35
- káble spojitosti, 30
- káblový kanálik, 30, 35
- kontaktný segment, 42
- Konzolové káble, 30, 54
- kotvenie, 18, 31, 47
- lepidlo, 35
- letmá montáž, 16, 20, 21, 44, 46
- makrosegment, 16, 17, 22, 24, 25, 34, 38, 62, 65, 66
- montáž na pevnej skruži, 21, 52, 55
- montáž po poliach, 16, 17, 21, 44, 55, 56, 70
- montáž zárodku, 44
- montáž segmentov, 8, 52, 55
- montážna súprava, 17, 27, 48, 56, 57, 60 58, 60, 62
- montážne otvory, 27
- montážne zariadenie, 6, 17, 18
- montážny žeriav, 23, 24, 25,
- návrh predpätia, 29
- názvoslovie, 18
- Podtureň, 4, 12, 13, 14, 20, 36, 42, 71
- pôdorysne zakrivené mosty, 53, 57
- predbežný návrh rozmerov, 28
- predpätie, 29 - 34
- predpínacie tyče, 27, 43
- presun montážneho súboru, 58, 61
- priečnikový segment, 37, 38, 44, 45, 57
- priečny rez, 28, 27, 29
- prierez, 28
- prítlak v škáre, 41
- rebrá, 27
- rektifikácia vahadiel, 46
- rozpätia, 6, 15, 16, 22, 26, 28, 30, 44, 47, 48, 57, 60
- skladovanie a preprava segmentov, 42
- skruž, 21, 22, 28, 33, 45, 46, 48, 54, 67
- stabilizácia vahadla, 45
- statické riešenie, 29
- škáry medzi segmentami, 6, 7, 12, 35, 38
- šmykové zámky, 35, 37
- technologické časti, 3, 38
- vahadlo, 18, 20, 24, 55
- voľne vedené káble, 31
- vplyv hydratačného tepla na deformáciu segmentov, 42
- výroba na dlhej dráhe, 38
- výroba prefabrikátov, 15
- výroba segmentov, 38, 39, 40
- výroba segmentov na dlhej dráhe, 38, 39
- zaväzací žeriav, 17, 60, 61, 62, 63, 64
- zdvíhacie rámy, 46, 47
- zmena výšky prierezu, 27
- zmonolitňujúci segment, 24
- železničné mosty, 24, 26

## Príloha č. 1

Archívne fotografie z výstavby najdlhšieho letmo-montovaného mosta SR v Podturni (most bol dokončený v roku 1983, fotky: Ing. Ladislav Búci, PhD.)



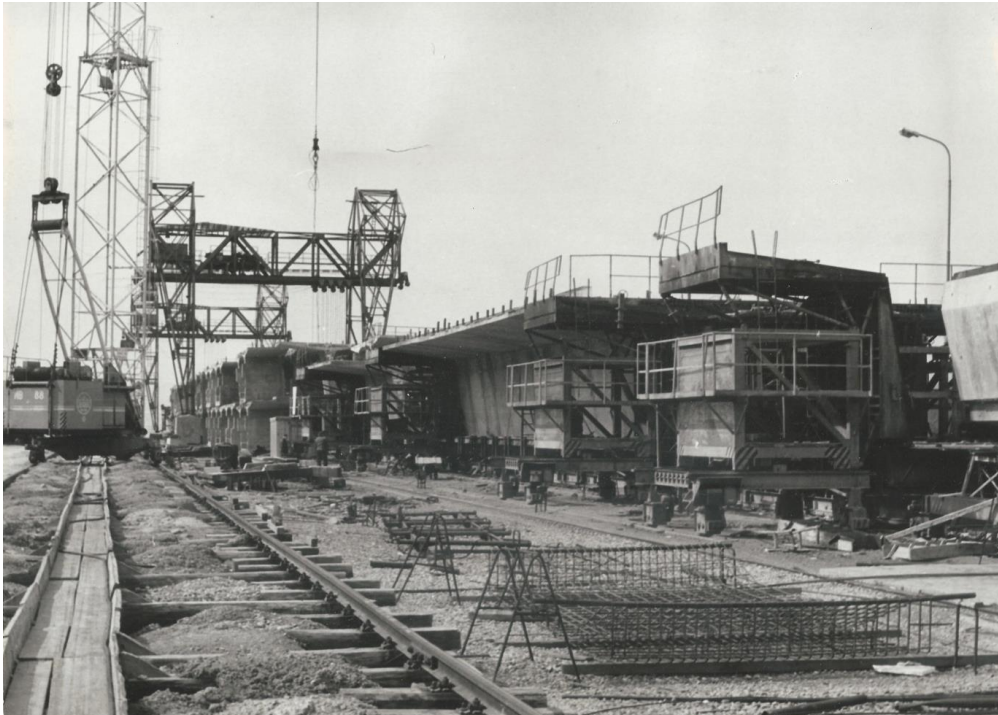
*Obr. 107 Osadzovanie priečnikových segmentov.*



*Obr. 108 Výstavba vahadla.*



*Obr. 109 Skladovanie segmentov.*



*Obr. 110 Vpravo – dlhá dráha, čiastočne viditeľné formy debnenia.*





# VZDELÁVANIE PRE VŠETKÝCH ODBORNÍKOV V OBLASTI STAVEBNÍCTVA

**ERUDIO**

[www.vzdelavanie.sksi.sk/erudio2020](http://www.vzdelavanie.sksi.sk/erudio2020)

Pre viac informácií nás kontaktuje mailom na [vzdelavanie@sksi.sk](mailto:vzdelavanie@sksi.sk).



# Tradícia Kvalita Profesionalita



**Doprastav**

Diaľnice a rýchlostné komunikácie • Cesty • Mosty • Železnice  
Podzemné stavby • Pozemné stavby • Vodohospodárske stavby

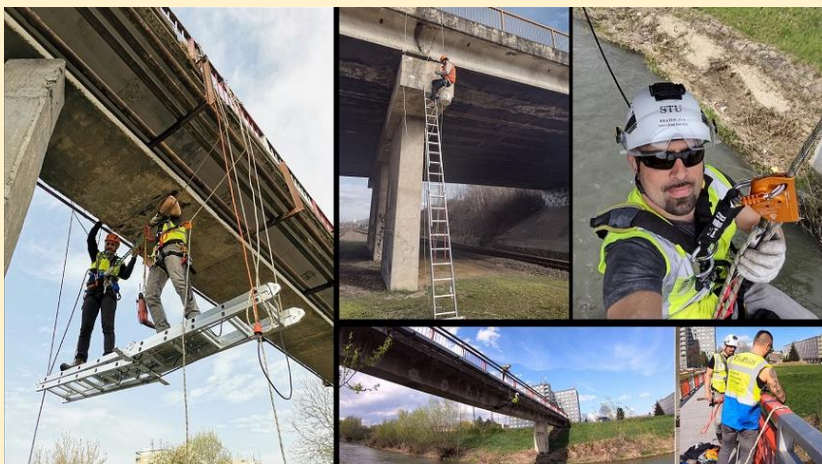


# PRO PONTI



*.... každá cesta, aj našim životom, je len spojnica medzi mostami ....*

- Hlavné a mimoriadne prehliadky mostov.
- Diagnostiky mostov (kontrola predpätia, materiálové vlastnosti, ....).
- Online monitoring mostov s výstrahou.
- Prepočty zaťažiteľnosti mostov, zaťažovacie skúšky.
- Projekty sanácie a zosilnenia mostov.
- Štúdie realizovateľnosti mostov.
- Projekty novostavieb lávok a mostov, vizualizácie.
- Audity statiky.



**doc. Ing. Peter Paulík, PhD.**  
mobil: +421 903 585 663  
mail: [proponti@proponti.sk](mailto:proponti@proponti.sk)  
[www.proponti.sk](http://www.proponti.sk)

