

PETER PAULÍK

TECHNOLÓGIE VÝSTAVBY BETÓNOVÝCH MOSTOV

ČASŤ 2: TECHNOLÓGIA LETMEJ BETONÁŽE



BRATISLAVA, 2022

STU
SvF

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ
UNIVERZITA V BRATISLAVE
STAVEBNÁ FAKULTA

Peter Paulík

TECHNOLÓGIE VÝSTAVBY BETÓNOVÝCH MOSTOV

Časť 2: technológia letmej betonáže

Bratislava, 2022

TECHNOLÓGIE VÝSTAVBY BETÓNOVÝCH MOSTOV

Časť 2: technológia letmej betonáže

V knihe sú popísané technológie výstavby betónových mostov technológiou letmej betonáže. Okrem popisu jednotlivých technologických častí sa kniha venuje aj základnému koncepčnému návrhu letmo betónovaných mostov a možnostiam rôznych modifikácií týchto technológií. Časť knihy je venovaná aj statickému návrhu letmo betónovaných 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 betonáže.

©Doc. Ing. Peter Paulík, PhD.

Recenzenti:

Prof. Ing. Jaroslav Halvoník, PhD. – STU Bratislava
Prof. Ing. Martin Moravčík, PhD. – ŽU Žilina
Ing. Richard Púček – VÁHOSTAV-SK, a.s.
Ing. Peter Pažma, PhD. – Doprastav a.s.

Vydalo vydavateľstvo IRIS v roku 2022.

Pozn.:

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

Rozsah: 72 strán, 5,2 autorských hárkov, 118 obrázkov, 1. vydanie, náklad 100 výtlačkov a elektronická verzia v PDF.

ISBN 978-80-8200-112-2

Publikácia bola vydaná s finančným príspevkom Slovenskej komory stavebných inžinierov.



Vydanie knihy podporili aj firmy Doprastav a.s. a VÁHOSTAV-SK a.s.



Obsah

| | |
|--|----|
| Predslov | 4 |
| 1. História betónových mostov zhotovených technológiou letmej betonáže. | 5 |
| 2. Výhody a nevýhody technológie letmej betonáže | 23 |
| 3. Základné spôsoby výstavby betónových mostov letmou betonážou | 24 |
| 4. Predbežný návrh geometrie priečneho a pozdĺžneho rezu | 31 |
| 5. Statické riešenie mosta stavaného technológiou letmej betonáže | 33 |
| 6. Technologické časti letmej betonáže | 51 |
| 7. Záver | 72 |
| 8. Použitá literatúra | 74 |
| 9. Použité symboly a značky..... | 76 |
| 10. 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, prípadne 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 betonážou a je druhou 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. Prevažná väčšina 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 na konci uvedené aj tzv. QR kódy s odkazmi doplnkové informácie, pre lepšie pochopenie niektorých technologických častí.

Kniha je venovaná spomienke na **Ing. Gabriela Tevca** – inžiniera, ktorý sa významne zaslúžil o rozvoj technológie letmej betonáže na Slovensku.



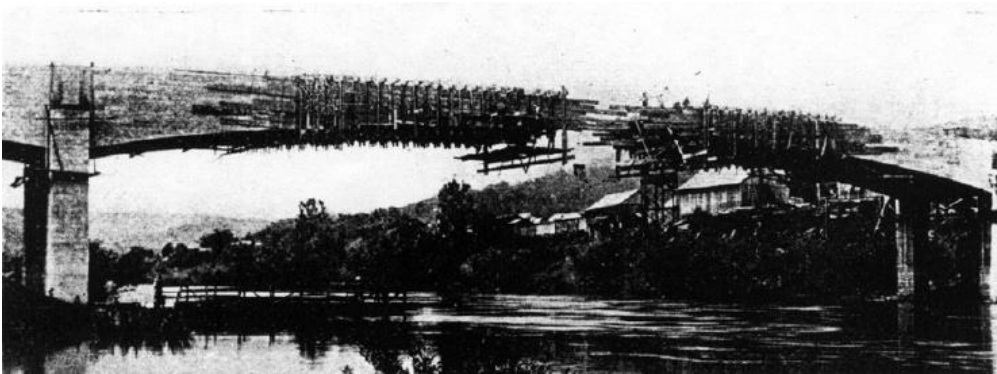
Viac o Ing. G. Tevcovi:



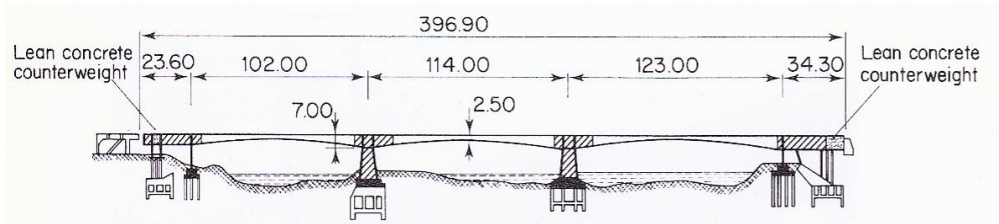
V Bratislave, september 2022

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

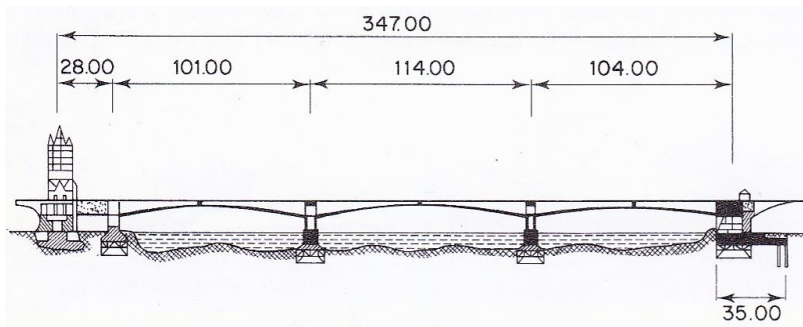
Technológia letmej betonáže, kedy sa most buduje konzolovo na obe strany od piliera, bola pri výstavbe betónových mostov po prvý krát využitá v roku 1930 v Brazílii, pri výstavbe mosta s rozpätím 68 metrov [1]. Technológia sa však začala významne rozvíjať až po prvých úspešných aplikáciách predpätia po roku 1950. Z technicky najzaujímavejších (veľkosťou rozpätia) bol most v Nemecku ponad rieku Mosela (most Coblenz) s rozpätím až 123 metrov a most cez rieku Rýn (most Worms) s rozpätím až 114 metrov, oba dokončené v roku 1953.



Obr. 1 Most Herval ponad rieku Peixe v Brazílii – prvý letmo-betónovaný most sveta (bez predpätia, 1930) [2]



Obr. 2 Most Coblenz dokončený v roku 1953 [1]



Obr. 3 Most Worms dokončený v roku 1953 [1]

Rozpätie viac ako 200 metrov sa podarilo prekonať touto technológiou už v roku 1965, kedy bol dokončený most Bendorf s rozpätím hlavného poľa 208 metrov. V ďalších rokoch, po Nemecku, prevzalo "štafetu" rekordných letmo-betónovaných mostov Japonsko. Most Hamana, dokončený v roku 1976 dosiahol max. rozpätie až 240 metrov.

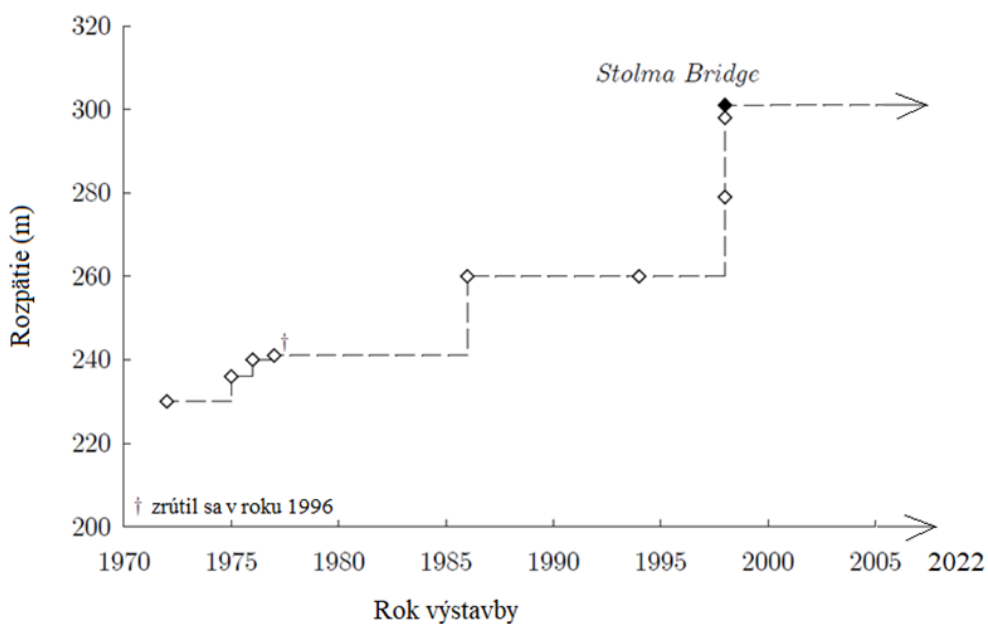


Obr. 4 Výstavba mosta Hamana v Japonsku, kolorizované [1]

V súčasnosti drží rekord v rozpätí letmo-betónovaných mostov most Shibampo s rozpätím 330 metrov v Číne, dokončený v roku 2008. Treba však podotknúť, že hlavné pole bolo vytvorené kombináciou letmej betonáže a vloženého poľa dĺžky 108 metrov z ocele a preto nie je v tejto kategórii plne uznaným. Ak zoberieme do úvahy rekordnú dĺžku budovanej konzoly pri letmej betonáži, rekordérom je nórsky most Stolma, s rozpätím 301 metrov, dokončený v roku 1998. Konzola počas výstavby dosahovala dĺžku až 150 metrov, pričom pri výstavbe sa využil ľahký betón s objemovou tiažou pod 1950 kg/m^3 (pre porovnanie konzola počas výstavby mosta Lanfranconi v Bratislave v roku 1991 dosiahla dĺžku 120 metrov). Celková výška prierezu mosta Stolma dosahuje nad pilierom takmer 15 metrov.



Obr. 5 Most Stolma v Nórsku s rekordným rozpätím pre letmú betonáž 301 m [4]



Obr. 6 Vývoj maximálnych rozpätí letmo betónovaných mostov [3]

Prvý, skúšobný, letmo betónovaný most v Československu bol postavený v roku 1958, v Prahe na Veslářský ostrov, s rozpätím polí 12,7 – 45,0 – 12,5 metra. V rámci jeho výstavby sa overili postupy, ako aj predpoklady výpočtov, čím sa “naštartovala “ éra ďalších, už oveľa väčších aplikácií tejto technológie na našom území.



Obr. 7 Most na Veslářský ostrov v Praze 1. letmo betónovaný most na území bývalého Československa (1958).

Prvý projekt letmo betónovaného mosta na Slovensku, ktorý sa však nerealizoval, vznikol už v roku 1957 (Ing. Augusta). Jednalo sa o trojpoľový rám bez kĺbu uprostred hlavného poľa s rozpätím 42 metrov. Ako betonážne vozíky sa mala použiť konštrukcia zhotovená z dielcov vojenského mostného provizória Bailey Bridge.

Letmá betonáž sa na Slovensku začala uplatňovať od roku 1960 pri výstavbe predpätých mostov väčších rozpätí ponad rieky. Prvým mostom, ktorý sa začal stavať touto technológiou, bol most ponad Váh v Hlohovci s maximálnym rozpätím 80 metrov, so začiatkom výstavby v roku 1960 . Výstavba mosta však trvala až 4 roky a kým ho stihli dokončiť, predbehol ho letmo betónovaný most v Novom Meste nad Váhom, ktorý stihli dokončiť ešte v roku 1963, s maximálnym rozpätím 70 metrov.



Obr. 8 Výstavba mosta cez Váh v Hlohovci, 1963, kolorizované (foto: Š. Petráš, TASR).

Prvé viacpoľové letmo betónované mosty postavené na Slovensku mali v strede rozpätia kĺbový spoj, ktorý zjednodušoval statické pôsobenie mosta v rámci výpočtov, no na druhej strane významne prispieval k veľkým deformáciám týchto mostov. Taktiež dochádzalo v mieste týchto kĺbov k výskytu porúch najmä zo zatekania cez dilatačnú škáru. Až neskôr, s pribúdajúcimi skúsenosťami z výstavby a tiež so presnením výpočtových postupov, sa od používania kĺbu v spojení konzol letmej betonáže upustilo (po roku 1970). Prvé betonážne vozíky boli veľmi mohutné, tvorené ťažkými plnostennými nosníkmi a pri presune do novej polohy využívali betónové bloky ako protizávažie (obr. 9 a 90). Takéto riešenie malo vplyv jednak na manipuláciu s nimi a jednak na statické riešenie mosta v štádiu výstavby vahadiel. Neskôr, koncom 80. rokov 20. storočia, ich nahradili oveľa ľahšie vozíky priehradovej konštrukcie (obr. 10), ktoré sa pri presune do novej polohy stabilizovali vzopretím sa o oceľový profil kotvený do mostovky.



Obr. 9 Ťažké betonážne vozíky s protizávažím nasadené pri výstavbe mosta rámci diaľnice D2 ponad rieku Moravu, 1979, kolorizované (foto: Ing. G. Tevec).



Obr. 10 Ľahké betonážne vozíky nasadené pri výstavbe mosta pri Dubnici nad Váhom v roku 1995 (foto: Ing. G. Tevec).

Predpätie sa v prvých desaťročiach výstavby mostov letmou betonážou a letmou montážou viedlo často v tzv. montážnych žľaboch pri hornom povrchu mostovky. Takéto riešenie síce zjednodušovalo výstavbu, avšak malo to výrazný nepriaznivý vplyv na životnosť mosta, keďže v prípade, ak došlo k poruchám hydroizolácie, voda sa dostala do nekvalitnej zálievky žľabu a dochádzalo ku korózii predpínacích drôtov. Žľaby boli postupne nahradené vedením predpínacích drôtov (neskôr lán) v káblových kanálikoch z tenkostenných oceľových rúrok.

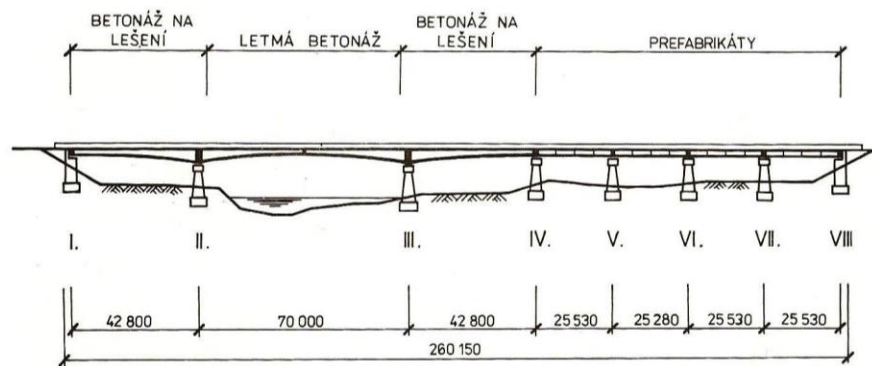
Voľne vedené predpínacie káble sa po prvý krát na Slovensku použili pri výstavbe mosta Lafranconi v Bratislave, ktorý bol dokončený v roku 1992.

1.1 Prehľad vybraných mostov stavaných letmou betonážou na Slovensku.

Základný prehľad mostov stavaných letmou betonážou na Slovensku v rokoch 1960 až 1985 je možné nájsť v odbornej literatúre Stavebníctvo na Slovensku 1945 – 1985 [6] ako aj v ďalších odborných knihách [7], [8], [9]. 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.

Nové mesto nad Váhom [6], [7]

Prvým dokončeným mostom stavaným technológiou letmej betonáže bol most cez Váh v Novom Meste nad Váhom, ktorý bol postavený na pilieroch starého mosta. Letmá betonáž sa použila len na najväčšie pole s rozpätím 70 metrov. V strede rozpätia bol navrhnutý kĺb, čím sa zjednodušil statický návrh konštrukcie, no ktorý mal však zároveň výrazný negatívny vplyv na deformácie tohto poľa (prakticky všetky prvé letmo betónované mosty väčších rozpätí sa v tomto období stavali s kĺbom uprostred mostného poľa). Predpínacie káble boli vedené čiastočne v hrubostenných a čiastočne v krepovaných rúrkach. Most bol dokončený v roku 1963. Problémy s priehybom hlavného poľa spojené s ďalšími nedostatkami konštrukcie však viedli k demolícii mosta a jeho nahradenia novou konštrukciou v roku 1997.



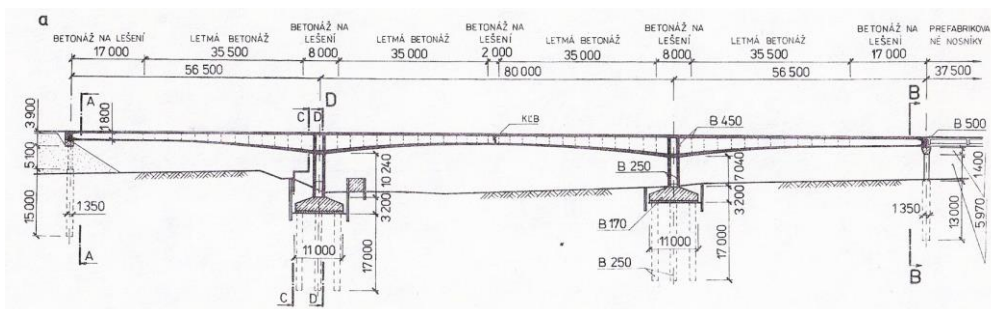
Obr. 11 Schéma mosta v Novom Meste nad Váhom, ktorý bol dokončený v roku 1963 [6]



Obr. 12 Výstavba mosta v Novom Meste n. Váhom, 1962, kolorizované (foto: V. Přebil, TASR)

Hlohovec [6], [7]

Výstavba mosta začala o niečo skôr ako výstavba mosta v Novom Meste nad Váhom, avšak dokončený bol až v roku 1964. Maximálne rozpätie mosta je 80 metrov, pričom taktiež bol v strede tohto poľa navrhnutý kĺbový spoj vo forme betónovej kyvnej stojky. Pri výstavbe sa uvažovalo s nadvýšením konštrukcie (110 mm v strede najväčšieho poľa), ktoré malo kompenzovať deformácie pri výstavbe a čiastočne aj deformácie v čase užívania. Nadvýšenia počas výstavby brali do úvahy aj deformáciu betonážneho vozíka od tiaže čerstvého betónu, pričom pri najväčších lamelách táto deformácia bola až 40 mm. Predpínacie káble boli vedené v povrchovom žľabe. Fotka z výstavby je na obr. 8. V súčasnosti, 2022, začala jeho komplexná rekonštrukcia.



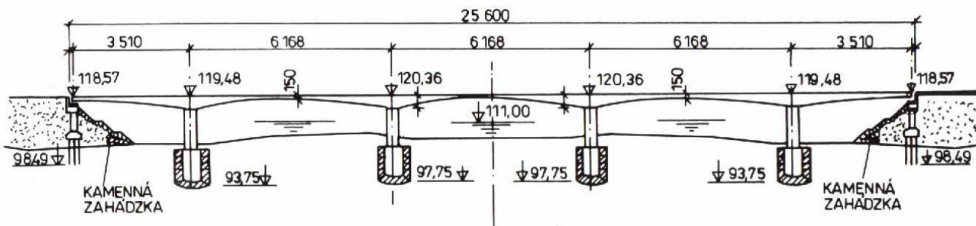
Obr. 13 Schéma mosta v Hlohovci, ktorý bol dokončený v roku 1964 [6]



Obr. 14 Pohľad na most po dokončení, kolorizované (foto: T. Andrejčák, TASR)

Kolárovo [6], [7]

Významným míľnikom pri výstavbe viacpoľových mostov technológiou letmej betonáže bol 5 poľový most ponad Váh v Kolárove. Tak ako aj pri predošlých mostov, uprostred letmo-betónovaných stredných poľí, s rozpätím 61,7 metra, boli navrhnuté kynné stojky (kĺbový spoj). Zakladanie mosta bolo realizované na studniach. Most bol dokončený v roku 1965.



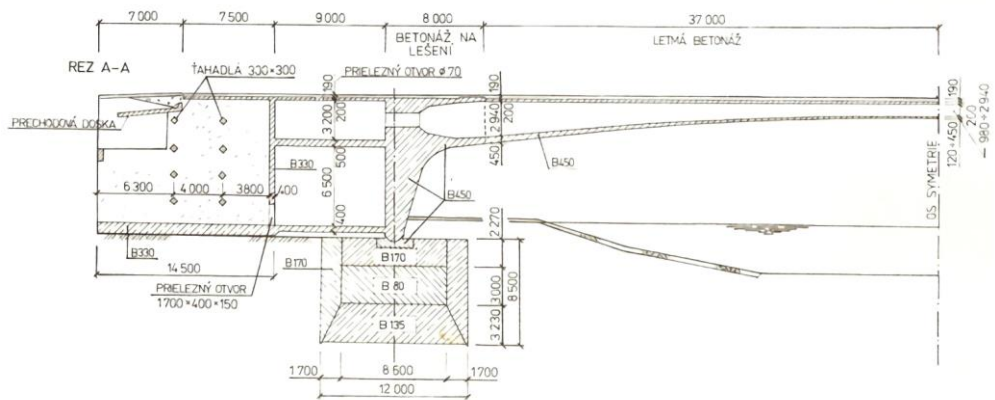
Obr. 15 Schéma mosta v Kolárove, ktorý bol dokončený v roku 1965 [6]



Obr. 16 Most v Kolárove

Komoča [6], [7]

V roku 1967 začala súčasne výstavba dvoch jednopoloých rámových mostov v Ľubochni a pri Komoči, ktoré sa ale líšia konštrukčným riešením aj rozpätím. Most pri Komoči, s rozpätím 88,5 metra, tvoria dve symetrické, letmo betónované konzoly votknuté do mohutných skriňových opôr zasýpaných zeminou, ktoré tvoria protizávažie hlavnému poľu.



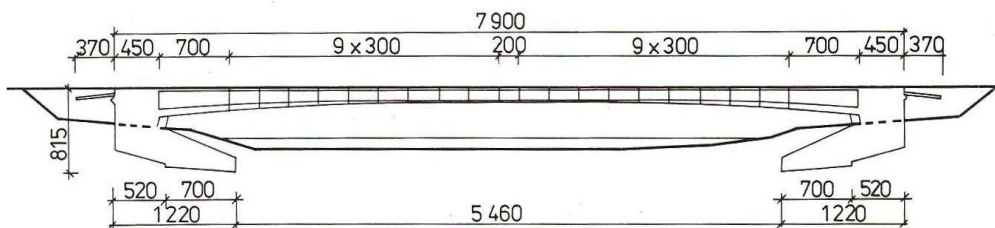
Obr. 17 Schéma polovice mosta v Komoči (most je symetrický) [7]



Obr. 18 Most pri Komoči (foto Ing. G. Tevec)

Ľubochňa [6], [7]

Na rozdiel od mosta pri Komoči, most v Ľubochni bol navrhnutý ako rám s pružne votknutými podsunutými pätkami s rozpätím 70 metrov. Aby sa zabránilo veľkým stratám pri predpínaní, v dôsledku interakcie konštrukcie s podložím, bol most pred zmonolitnením budovaných konzol v strede rozpätia rozopretý lismi. Návrh rozopierania a následné merania vykonala Katedra betónových konštrukcií a mostov SVŠT v Bratislave (dnes STU). Most bol dokončený v roku 1968.



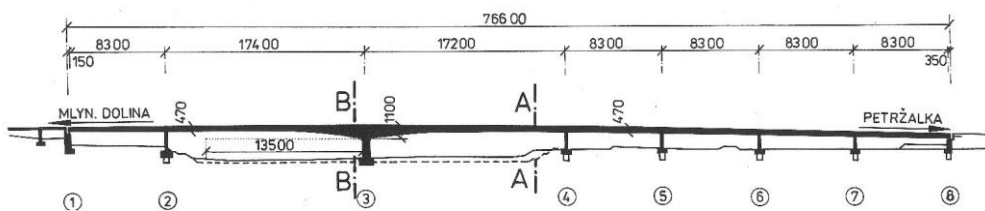
Obr. 19 Schéma mosta v Ľubochni [6]



Obr. 20 Most pri Ľubochni

Bratislava - most Lafranconi [10]

Most Lafranconi bol v čase výstavby, v rámci Slovenska, významným míľnikom pri stavbe mostov letmou betonážou. Pri jeho stavbe sa použili viaceré inovatívne postupy a budovaná dĺžka konzoly letmej betonáže, 120 metrov, nebola na Slovensku dodnes prekonaná. Na moste sa použili prvýkrát na Slovensku externé predpínacie laná typu monostrand. Pri výstavbe sa použili ľahké betonážne vozíky. Veľkou výzvou pri stavbe nebola len správna predikcia čiary nadvýšenia, ale aj technické riešenie zmonolitnenia dlhých konzol centrálného vahadla s krátkymi konzolami príľahlých polí. Keďže rozdiel dĺžky konzol bol viac ako dvojnásobný, nerovnomerná zmena teploty spôsobovala ich výrazne rozdielnu deformáciu. Riešením bolo následné vytvorenie "bazéna" na chladenie oboch konzol a ich dočasné zopnutie mohutnými oceľovými profilmi. Najväčšie pole mosta má rozpätie 174 metrov, výška komory nad pilierom je 11 metrov. Most bol odovzdaný do užívania v roku 1992.



Obr. 21 Schéma mosta Lafranconi v Bratislave [6]



Obr. 22 Výstavba mosta Lafranconi v Bratislave, 1990 (foto: Ing. G. Tevec)

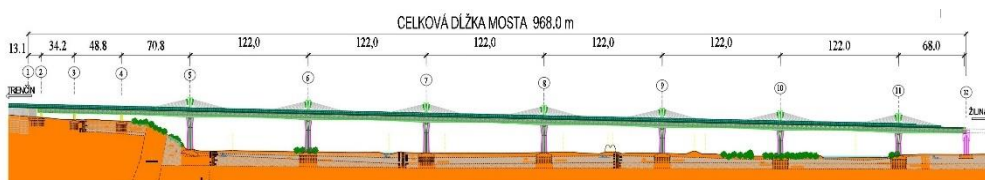


Obr. 23 Most Lafranconi v Bratislave

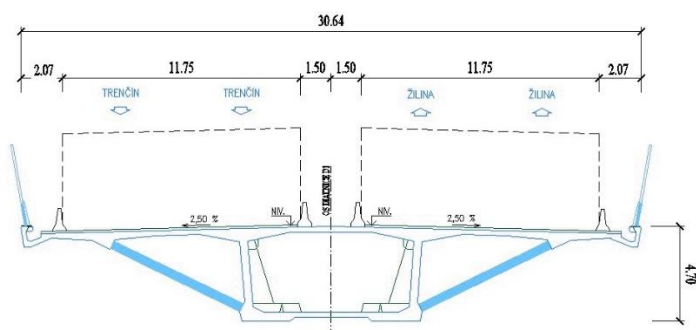
Považská Bystrica [11], [12], [13]

Most v Považskej Bystrici bol inovátny hneď vo viacerých ohľadoch. Spolu s mostom pri Žiari nad Hronom, to boli prvé viacpoľové mosty s predpínacími káblami vyvedenými mimo prierez (most typu "extradosed") a zároveň to boli prvé dva letmo betónované mosty na Slovensku na plnú šírku diaľnice. Výstavba prierezu sa zhotovila naraz s osadenými prefabrikovanými vzperami. V druhej fáze sa dobetónovali už len diagonálne tyčové ťahadlá a náliatky vo vnútri

komory v mieste kotvenia extradosed káblov. Tento most bol zároveň jednou z prvých viacpoľových estakád typu extradosed v Európe. Pre požiadavku urýchlenej výstavby boli nasadené betonážne vozíky súčasne na každé vahadlo, pričom takéto riešenie je ekonomicky nevýhodné, avšak výrazne urýchľuje stavbu. Max. rozpätie mosta je 122 metrov. Most bol dokončený v roku 2010.



Obr. 24 Most v Považskej Bystrici – pozdĺžny rez



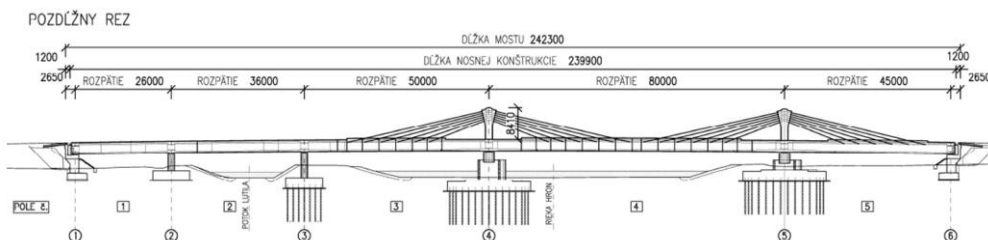
Obr. 25 Most v Považskej Bystrici – priečny rez



Obr. 26 Most v Považskej Bystrici (foto: Ing. M. Maťaščík)

Žiar nad Hronom [14]

Most bol stavaný súčasne a tak trochu v tieni mosta v Považskej Bystrici a aj keď mal menší počet letmo-betónovaných polí a menšie rozpätie (80 metrov) bol rovnako inovatívny použitím káblov typu extradossed a pričným rezom na celú šírku diaľnice. Most bol dokončený v roku 2010.



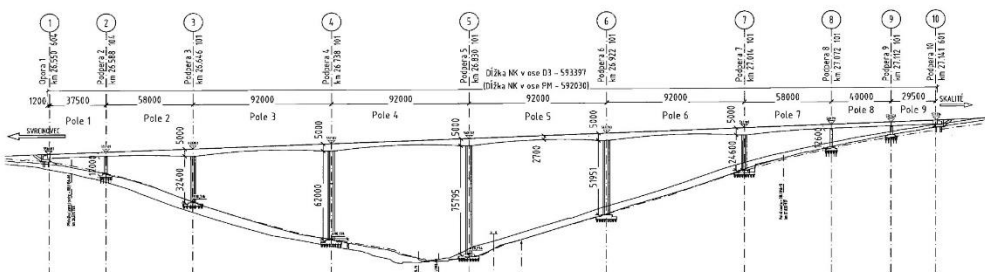
Obr. 27 Most pri Žiari nad Hronom – pozdĺžny rez



Obr. 28 Most pri Žiari nad Hronom

Most Valy [15]

Most Valy, dokončený v roku 2016, ktorý sa tiahne vo výške 86 metrov ponad údolie, je najvyšším mostom na Slovensku. Pri jeho výstavbe bola použitá technológia letmej betonáže, pričom stabilizácia vahadla počas výstavby bola zabezpečená trvalým rámovým spojením hornej stavby s pilierom. Maximálne rozpätie mosta je 92 metrov.



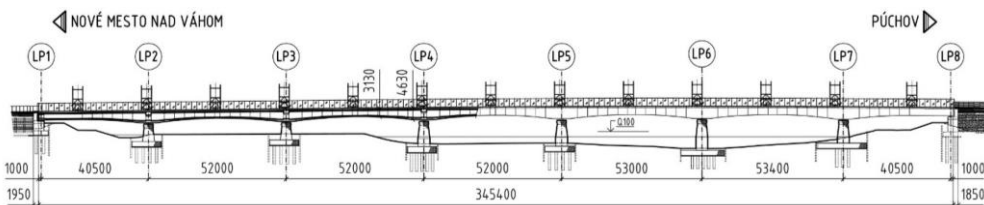
Obr. 29 Most Valy – pozdĺžny rez



Obr. 30 Most Váhy, 2015

Trenčín [16]

Most cez Váh v Trenčíne bol prvým letmo-betónovaným železničným mostom na Slovensku. Most bol postavený v blízkosti starého ocelového mosta, pričom maximálne rozpätie nového mosta je 52 metrov. Most bol dokončený v roku 2017.



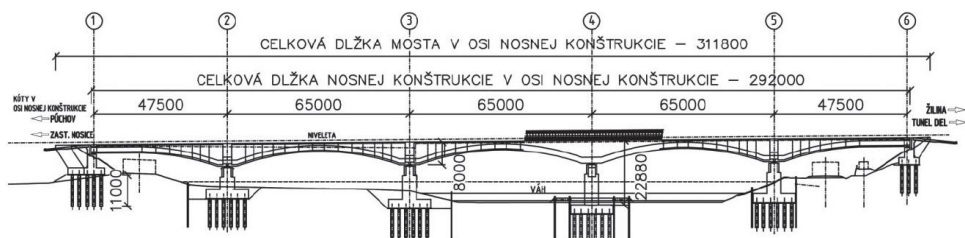
Obr. 31 Železničný most v Trenčíne – pozdĺžny rez



Obr. 32 Prvý železničný most stavaný technológiou letmej betonáže na Slovensku, Trenčín

Púchov [17], [18]

Po moste v Trenčíne, je železničný most pri Púchove druhým letmo-betónovaným železničným mostom na území SR, pričom je to zároveň prvým mostom SR s elektroizolovanými káblami, ktoré by mali zaručiť jeho dlhú životnosť. Most dosahuje maximálne rozpätia 65 metrov. Most bol dokončený v roku 2020.



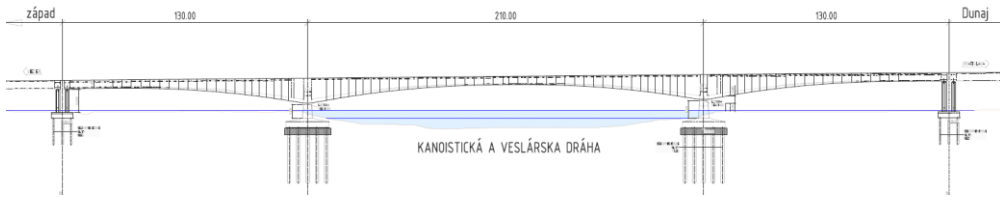
Obr. 33 Železničný most pri Púchove – pozdĺžny rez



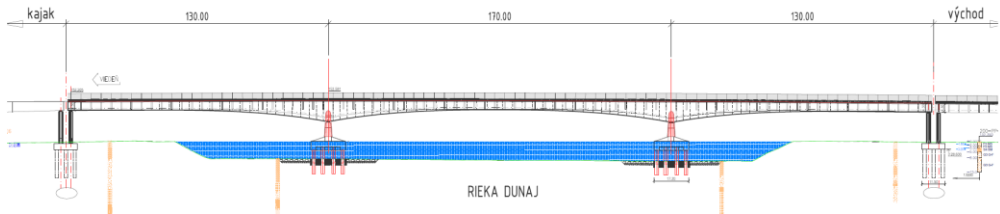
Obr. 34 Železničný most pri Púchove počas výstavby, 2018

Bratislava - Lužný most [19], [20], [27], [28], [29]

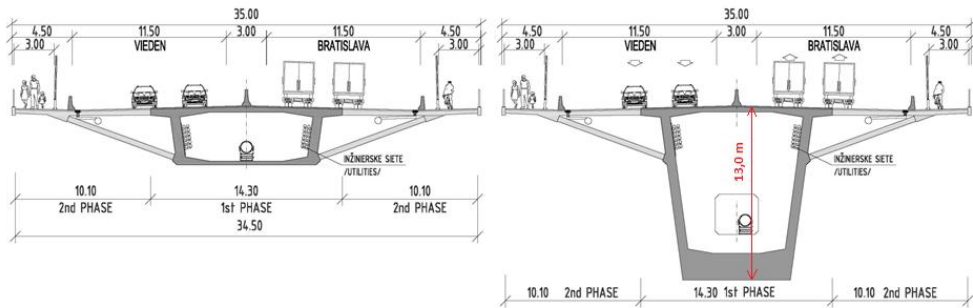
V rámci súboru mostov postavených na obchvate Bratislavy boli aj dva veľké mosty, jeden ponad Dunaj a druhý ponad veslársku dráhu, ktoré boli stavané technológiou letmej betonáže. Spolu s dvoma prípojnými estakádami, stavanými výsuvnou skružou, toto dunajské súmostie dosiahlo dĺžku takmer 3 km (od osi opory ľavobrežnej estakády po os opory pravobrežnej estakády: 2935 m). Most ponad Dunaj dosiahol rozpätie hlavného poľa 170 metrov a most ponad veslársku dráhu má rozpätie až 210 metrov, čím sa stal betónovým mostom s najväčším rozpätím na Slovensku. Priečny rez mosta je navrhnutý na plnú šírku diaľnice a dosahuje šírku až 35 metrov, pričom sa realizoval na 2 etapy, V prvej etape sa zhotovila komora letmou betonážou a následne sa osadili prefabrikované vzpery a dobetónovali sa konzoly. Výška komory mosta ponad veslársku dráhu dosahuje až 13 metrov.



Obr. 35 Pozdĺžny rez mosta ponad veslársku dráhu



Obr. 36 Pozdĺžny rez mosta ponad Dunaj



Obr. 37 Priečny rez príjazdových estakád (vľavo) a priečny rez mosta ponad veslársku dráhu v mieste piliera



Obr. 38 Výstavba mosta ponad Dunaj, 2020



Obr. 39 Výstavba mosta ponad veslársku dráhu, 2020

Tab. 1.1 Základné parametre vybraných letmo betónovaných mostov na Slovensku

| Rok dokončenia stavby, cestný / železničný | Najbližšie mesto / obec | Stredový kĺb | Poznámka | Max. rozpätie L | Výška prierezu nad podperou H1 | Výška prierezu v strede poľa H2 | Pomer H1/L | Pomer H2/L |
|--|-------------------------------|--------------|-------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------------|------------|------------|
| | | | | (m) | (m) | (m) | - | - |
| 1963, C | Nové mesto nad Váhom | ano | - | 70,0 | 3,30 | 1,80 | 1/21 | 1/39 |
| 1964, C | Hlohovec | ano | - | 80,0 | 4,00 | 1,80 | 1/20 | 1/44 |
| 1965, C | Kolárovo | ano | - | 61,7 | 3,40 | 1,40 | 1/18 | 1/44 |
| 1968, C | Komoča | nie | 1 poľový | 88,5 | 3,80 | 1,30 | 1/23 | 1/68 |
| 1968, C | Ľubochňa | nie | 1 poľový | 70,0 | 2,75 | 1,30 | 1/25 | 1/54 |
| 1992, C | BA - Lanfranconi | nie | - | 174,0 | 11,00 | 4,70 | 1/16 | 1/37 |
| 2010, C | Považská Bystrica | nie | extradossed | 122,0 | 6,00 | 4,70 | 1/20 | 1/26 |
| 2010, C | Žiar nad Hronom | nie | extradossed | 80,0 | 2,90 | 2,90 | 1/28 | 1/28 |
| 2016, C | Valy | nie | - | 92,0 | 5,00 | 2,70 | 1/18 | 1/34 |
| 2017, Ž | Trenčín | nie | - | 52,0 | 4,63 | 3,13 | 1/11 | 1/17 |
| 2020, Ž | Púchov | nie | - | 65,0 | 8,00 | 3,00 | 1/8 | 1/22 |
| 2021, C | BA - Lužný most - Dunaj | nie | - | 170,0 | 10,00 | 4,30 | 1/17 | 1/40 |
| 2021, C | BA - Lužný most - vesl. dráha | nie | - | 210,0 | 13,00 | 4,30 | 1/16 | 1/49 |

2. Výhody a nevýhody technológie letmej betonáže

Letmá betonáž je vhodná takmer do akýchkoľvek podmienok v prípade, keď sú rozpätia nad 70 metrov (do cca 250 metrov, optimálne do 200 m.), pričom pri väčších rozpätiach je nutné rešpektovať spôsob výstavby a navrhnuť vyššie prierezy nad podperou.

Výhody letmej betonáže:

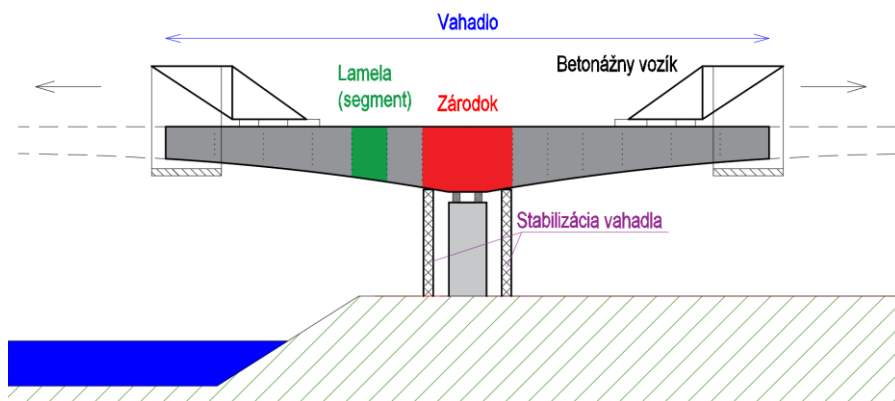
- možné premostiť široké a hlboké prekážky
- technicky pomerne jednoduchá technológia
- pri nasadení viacerých betonážnych vozíkov pomerne rýchla výstavba.
- minimálne obmedzenia pod budovaným mostom

Nevýhody letmej betonáže:

- náročnejšia statická analýza
- potreba budovať most s čiarou nadvýšenia, ktorú treba neustále kontrolovať a korigovať počas výstavby
- Obmedzený prístup na vahadlo počas výstavby
- možné veľké nerovnomerné sadanie pilierov (závisí od postupu výstavby)

3. Základné spôsoby výstavby betónových mostov letmou betónážou

Pri výstavbe mostov letmou betónážou sa konštrukcia betónuje po lamelách, pomocou špeciálnej skruže s debnením, tzv. betónážneho vozíka (kapitola 6.2), ktoré je kotvené do už hotovej časti konzoly. Pred nasadením betónážnych vozíkov je potrebné časť konštrukcie betónovať na podpernej skruži, jedná sa o zárodok (kapitola 6.1). Po vybetónovaní lamely sa navlečú a napnú prepínacie káble vedené pri hornom povrchu prierezu a betónážny vozík sa presunie do ďalšej polohy. Veľkosť lamely závisí od nosnosti betónážneho vozíka a pohybuje sa spravidla medzi 3 až 6 metrami (pri podperách, kde je vyšší prierez, je betónovaná lamela zväčša kratšia). Postup sa opakuje až kým sa nedosiahne projektovaná dĺžka konzoly. Následne sa dve konzoly spoja dobetónovaním poslednej lamely – uzáveru (kapitola 6.2). Po zmonolitnení sa osadia a predopnú tzv. káble spojitosti, ktoré môžu byť vedené v spodnej doske, alebo polygonálne v stenách prierezu mosta, prípadne voľne vedené (kapitola 5.2).



Obr. 40 Základné názvoslovie pre technológiu letmej betónáže

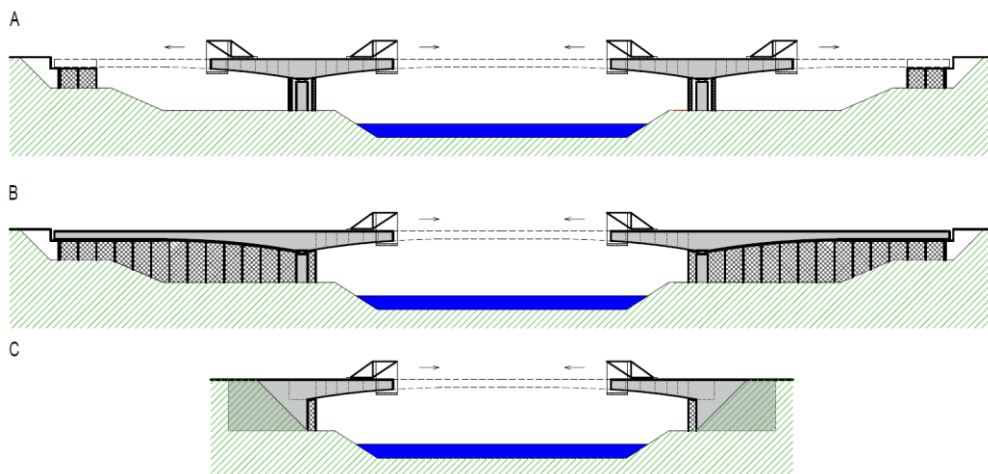
Pri výstavbe mosta letmou betónážou je možné postupovať tromi základnými postupmi:

- Symetrická letmá betónáž v smere od piliera formou vahadla (obr. 41-A).
- Betónáž krajných polí na skruži a následne letmá betónáž konzol (obr. 41-B).
- Vytvorenie mohutných opôr, ktoré pôsobia ako protiváha voči budovaným konzolám s tým, že horná stavba je do nich votknutá (obr. 41-C).

Alternatíva C pripadá do úvahy len v prípade, že nie je požiadavka mať voľný priestor pod mostom v krajných poliach (napr. pri preklenutí diaľnice, alebo v prípade že vodný tok nemá príľahlé inundačné územie).

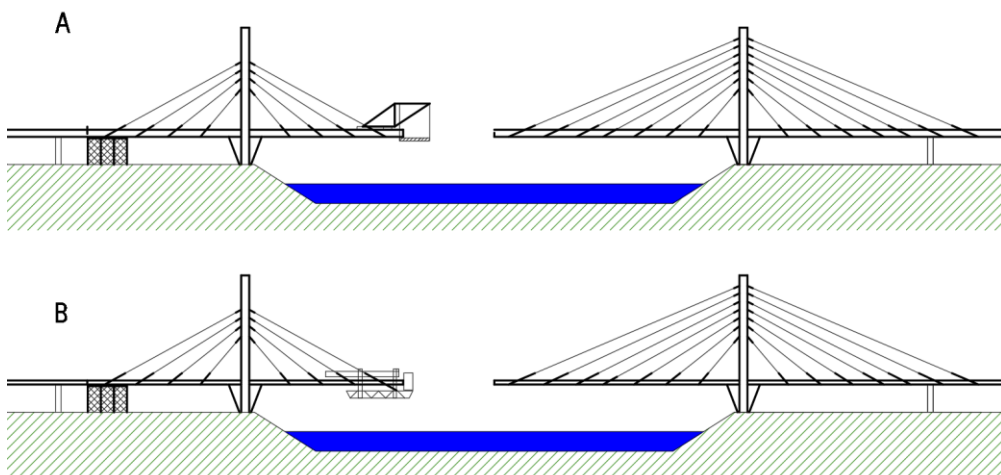
Výhoda alternatívy B oproti alternatíve A je v prípade, že je k dispozícii pevná skruž a teda bude postačovať nasadenie len dvoch betónážnych vozíkov. Ďalšou výhodou je, že po zabetónovaní krajného poľa je jednoduchý prístup k vozíkom letmej betónáže a jednoduchá doprava materiálu k budovaným konzolám. Redukuje sa tiež počet pracovných škár v rámci mosta a nie je potrebné zaisťovať stabilitu ďalšími prvkami.

V praxi prevažuje spôsob výstavby podľa alternatívy A, kedy sa na skruži zhotovia len zárodok nad pilierami a časť krajných polí, ktoré sú spravidla o niečo dlhšie ako polovica dĺžky vahadla (dôvodom je zabezpečenie tlakovej rezervy na ložiskách opory, aby nemuseli byť kotvené).



Obr. 41 Základné variantné riešenia letmej betonáže pre stavbu mosta

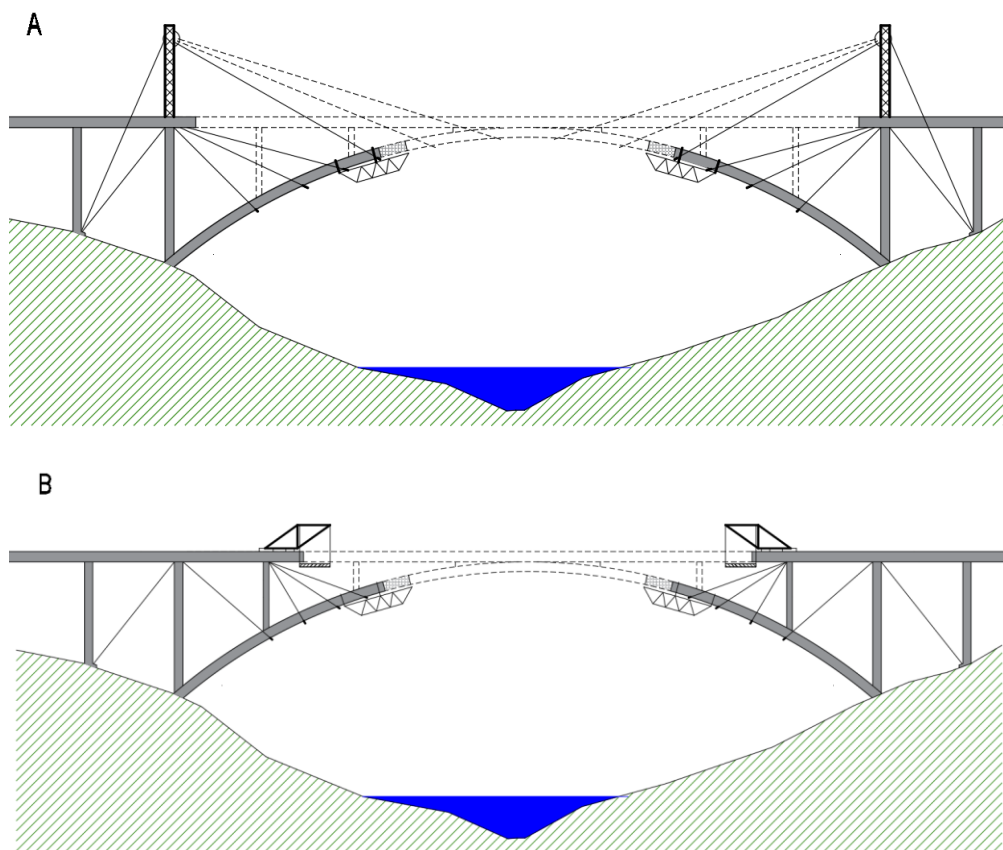
Technológia letmej betonáže sa využíva aj pri stavbe zavesených a oblúkových mostov. Pri stavbe zaveseného mosta sa betonážny vozík kotví priamo do mostovky (pri dostatočne ohybovo tuhej mostovke), prípadne sa vyvesuje na definitívny záves, ktorý sa po zhotovení lamely prekotví do konštrukcie (kapitola 6.2.2).



Obr. 42 Letmá betonáž pri stavbe zavesených mostov: A – klasický betonážny vozík (tuhá mostovka), B – betonážny vozík dočasne zavesený na definitívny záves (kapitola 6.2.2)



Obr. 43 Letmá betonáž pri stavbe zavesených mostov [21]



Obr. 44 Príklady využitia technológie letmej betonáže pri výstavbe oblúčkových mostov

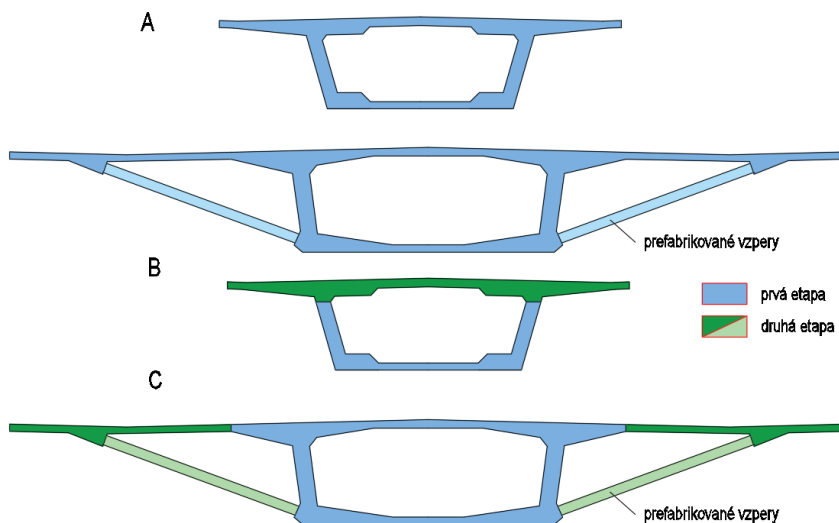


Obr. 45 Letmá betonáž pri stavbe oblúkových mostov [21]

Čo sa týka betonáže priečného rezu, tak sa rozlišujú tri základné spôsoby a to:

- klasická jednoetapová betonáž, kedy sa celý priečny rez betónuje naraz (obr. 46-A)
- dvojetapová betonáž, kedy sa najprv betónuje spodná doska a trámy a až v druhej etape sa betónuje horná doska (obr. 46-B).
- jednoetapová betonáž komory a následné osadenie šikmých vzpier a dobetónávka konzol (požíva sa pri širokých priečných rezoch na plný profil diaľnice – obr. 46-C).

Výhoda dvojetapovej letmej betonáže je, že časť zabetónovaného prierezu už prispieva do tuhosti pri betonáži hornej dosky. Vďaka tomu môže byť betonážny vozík ľahší, prípadne je možné zhotovovať dlhšie lamely (betonážny vozík je zaťažený len ťažou čerstvého betónu spodnej dosky a stien). Bližšie informácie sú v kapitole 6.2.2.



Obr. 46 Spôsoby betonáže priečného rezu pri technológii letmej betonáže (A – jednoetapová letmá betonáž, B – dvojetapová letmá betonáž, C – jednoetapová letmá betonáž komory s následným dobetónovaním konzol).



Obr. 47 Jednoetapová letmá betonáž prierezu pre polovičný diaľničný profil (most Valy, 2015)



Obr. 48 Jednoetapová letmá betonáž prierezu pre plný diaľničný profil (most v Považskej Bystrici, 2009)



Obr. 49 Dvojetapová letmá betonáž, betonážny vozík so spodnou rámovou konštrukciou (Diaľnica D1, most cez Biskupický kanál pri Hornej Strede, 1997, foto: Ing. G. Tevec)



Obr. 50 Dobetonávka konzol v alternatíve C (Lužný most, Bratislava, 2019)



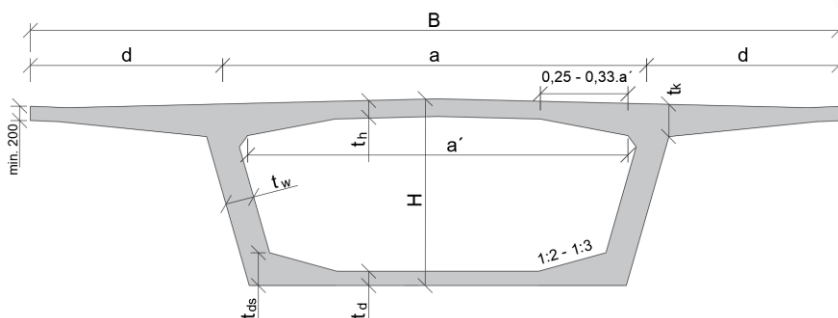
Obr. 51 Betonážny vozík, ktorý slúži na dobetónovanie konzol priečného rezu v alternatíve C, pohľad z mostovky (Lužný most, Bratislava, 2019)



Obr. 52 Betonážny vozík, ktorý slúži na dobetónovanie konzol priečného rezu v alternatíve C, pohľad zdola (Lužný most, Bratislava, 2019)

4. PREDBEŽNÝ NÁVRH GEOMETRIE PRIEČNEHO A POZDĹŽNEHO REZU TYPICKÉHO LETMO BETÓNOVANÉHO MOSTA

Prierezy letmo betónovaných mostov sú v prevažnej väčšine komorové, čo zabezpečuje ich vysokú tuhosť v krútení potrebnú najmä v štádiách výstavby. Pre zjednodušenie výstavby sa volí zväčša len jedna komora, no v prípade, ako napr. pri železničných mostoch, pri veľkom namáhaní prierezov šmykovou silou, sa niekedy volí aj dvojkomorová konštrukcia prierezu.



Obr. 53 Základné označenie rozmerov v pričnom reze

Konštrukcia sa obyčajne navrhuje s nábehmi nad podperami kvôli veľkým nadpodperovým momentom, ktoré vznikajú počas výstavby.

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

$$H = \left(\frac{1}{16} \sim \frac{1}{20}\right) L \quad (4.1)$$

a výška pričného rezu v strede poľa:

$$H = \left(\frac{1}{30} \sim \frac{1}{35}\right) L \quad (4.2)$$

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

$$H = \left(\frac{1}{10} \sim \frac{1}{13}\right) L \quad (4.3)$$

a výška pričného rezu v strede poľa:

$$H = \left(\frac{1}{17} \sim \frac{1}{22}\right) L \quad (4.4)$$

Pre zmenu výšky prierezu sa volí zväčša parabola 1,5° až 2°.

Šírka stien sa volí s ohľadom na šmykové namáhanie a v prípade vedenia polygonálnych káblov v stenách, aj s ohľadom na ich požadované minimálne krytie a minimálne svetlé vzdialenosti medzi káblovými kanálkami. V takomto prípade, pri posúdení v šmykového namáhania stien v štádiu výstavby, je potrebné redukovať šírku steny o súčet priemerov káblových kanálikov v jednej vrstve, keďže v štádiu výstavby v nich ešte nie je predpínacia

výstuž a nie sú zainjektované (pozn. po ich zainjektovaní je možné túto redukciu zmenšiť na polovicu).

Šírka steny komory pre cestný most sa volí zväčša min. 400 mm v nadpodperovej aj medzipodperovej oblasti. Šírku steny jednokomorového cestného mosta v mieste podpory je možné pre mosty do rozpätia 120 metrov odhadnúť z empirického vzťahu:

$$t_w = B \left(\frac{L}{4500} + 0,02 \right) \quad (4.5)$$

Minimálna dĺžka krajného poľa je spravidla:

$$L_{k,min} = 0,6 \cdot L \quad (4.6)$$

Dôvodom je zabezpečenie dostatočného prítlaku na ložisku, aby nemusela byť konštrukcia kotvená v mieste opôr. Odporúčaná hodnota z hľadiska vhodného rozdelenia ohybových momentov je:

$$L_k = 0,7 \cdot L \quad (4.7)$$

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

$$25 < \frac{a}{t_h} < 30 \quad (4.8)$$

Odporúčaná minimálna hrúbka hornej dosky je 0,25 m, v prípade priečneho predpätia, a 0,26 m v prípade že je vystužená v priečnom smere len betonárskou výstužou.

Minimálna hrúbka spodnej dosky (t_d) je 0,25 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 celej spodnej dosky. Keďže počas výstavby vznikajú v mieste piliera veľké záporné ohybové momenty namáhajúce spodnú dosku tlakovou silou, je nutné hrúbku spodnej dosky komory v blízkosti pilierov zväčšiť na 0,6 (rozpätia do 70 m) až 0,9 m (rozpätia do 120 m) pri šírke mosta okolo 14 metrov.

Hrúbka konzoly v mieste napojenia na steny komory má hrúbku:

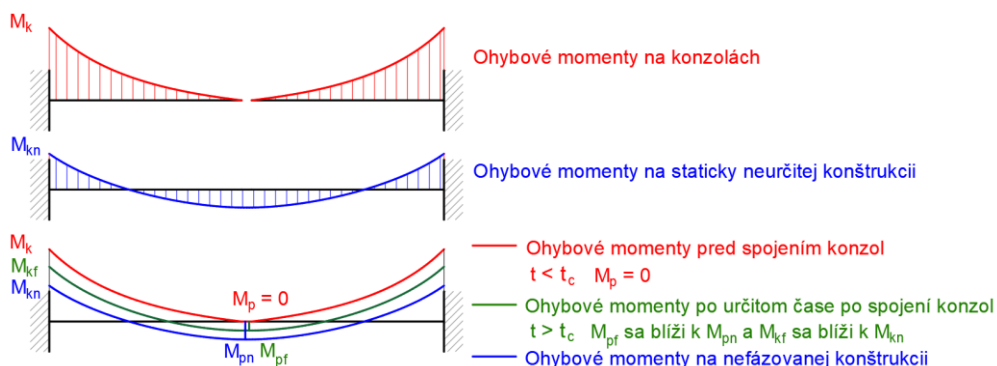
$$t_k = \left(\frac{1}{6} \sim \frac{1}{8} \right) d \quad (4.9)$$

Minimálna hrúbka konzoly hornej dosky je 0,2 m.

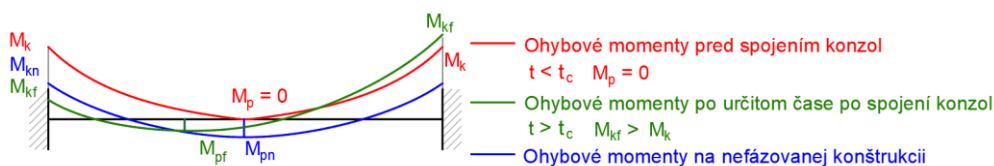
5. Statické riešenie mosta stavaného technológiou letmej betonáže

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

Výstavba mostov technológiou letmej betonáže je charakteristická výrazným ovplyvnením statického riešenia mosta fázami výstavby. Vo fáze budovania konzoly, resp. vahadla, vznikajú veľké nadpodperové ohybové momenty, jednak od vlastnej tiaže konštrukcie, ako aj od tiaže betonážneho vozíka. Časť týchto záporných ohybových momentov neskôr vplyvom reologických javov sa preskupí do medzipodperovej oblasti (obr. 54), alebo v prípade rozdielneho veku konzol v čase zmonolitnenia konštrukcie sa "mladšia" konzola čiastočne "zavesí" na "staršiu" konzolu. V extrémnom prípade veľmi rozdielneho veku konzol môže dokonca dôjsť k zväčšeniu záporného ohybového momentu na staršej konzole (obr. 55).



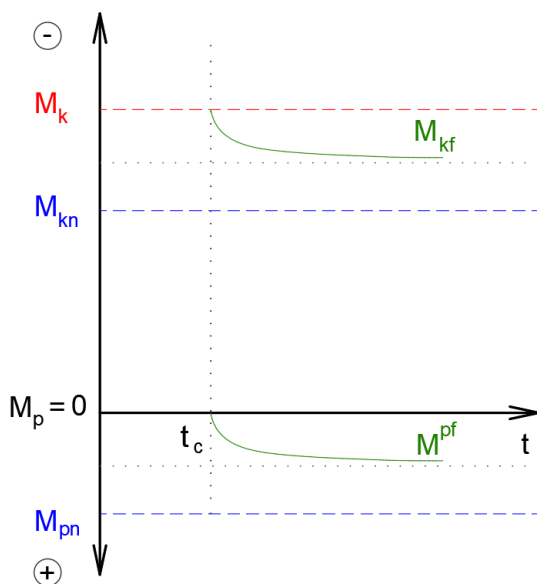
Obr. 54 Ohybové momenty po zmonolitnení konzol v prípade, že obe konzoly majú rovnaký vek a tuhosť.



Obr. 55 Ohybové momenty po zmonolitnení konzol v prípade, že ľavá konzola je výrazne mladšia.

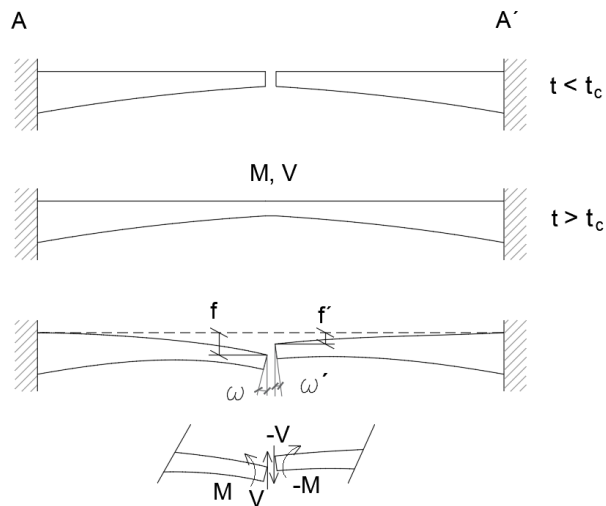
Tesne pred spojením konzol rovnakého veku, hmotnosti a tuhosti sú záporné ohybové momenty od vlastnej tiaže v mieste votknutia na oboch konzolách rovnaké

Vnútorne sily $M(t)$ a $V(t)$, ktoré vznikajú po spojení konzol rôzneho veku sa postupne menia a blížia sa k ustálenej hodnote, ktorú dosiahnu po približne 5 rokoch (ďalší nárast je už zanedbateľný). Pre väčšinu prípadov letmej betonáže mostov, narastie ohybový moment M_p na úroveň približne 40 až 50% z ohybového momentu, ktorý by vznikol od vlastnej tiaže na nefázovanej (staticky neurčitej) sústave M_{pn} (obr. 56).

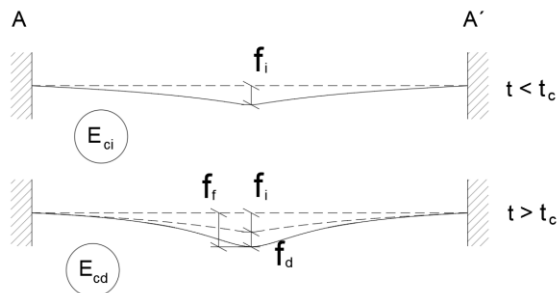


Obr. 56 Schematické znázornenie zmeny ohybových momentov v mieste votknutia (M_k) a v strede poľa (M_p) po zmonolitnení konzol (dolný index n – nefázovaná konštrukcia, dolný index f – fázovaná konštrukcia).

Objasnenie problematiky vplyvu reológie (najmä dotvarovania) na vplyv napätosti letmo betónovaných mostov po zmonolitnení vahadiel, je zjednodušene možné na nasledovnom príklade. Dve konzoly A a A', na obr. 57, majú v čase ich spojenia t_c rôzny vek t a t' . Keby sme ich nespojili, ďalej by sa deformovali vplyvom dotvarovania, čím by narastal ich priehyb f a f' ako aj pootočená ich koncov ω a ω' . Pevným spojením sme ale týmto nezávislým deformáciám zabránili a po spojení sa musia deformovať spolu, čím nám vznikajú napätia na staticky neurčitej konštrukcii. Tieto napätia sú úmerné ohybovému momentu $M(t)$, ktorý vyrovnáva rozdiely v pootočení $\omega - \omega'$ na koncoch konzol a priečnym silám $V(t)$ zodpovedajúce vertikálnym deformáciám f a f' . V prípade, že by mali konzoly rovnaký vek, hmotnosť a tuhosť, ich vertikálne deformácie v čase by boli rovnaké a teda výsledná priečna sila $V(t)$ by bola nulová. Výsledný ohybový moment $M(t)$ nulový nebude nikdy (jedine pre prípad, že by nedochádzalo k žiadnemu dotvarovaniu konzol, čo je prípad oceľových mostov, kde záporné ohybové momenty od vlastnej tiaže počas výstavby ostávajú nemenné po spojení konzol).



Obr. 57 Schematické znázornenie deformácie konzol rôzneho veku v určitom čase a zodpovedajúce vnútorné sily, ktoré vyvodlia v prípade, že je týmto deformáciám zabránené.



Obr. 58 Schematické znázornenie deformácie konzol rovnakého veku pred a po spojení

Na ktoromkoľvek mieste mosta napätia σ spôsobené zaťažením počas výstavby (vlastná tiaž, predpätie) vyvodzujú pomerné pretvorenia ε podľa vzťahu:

$$\varepsilon_i = \frac{\sigma_1}{E_{c1}} \quad (4.8)$$

Okrem pomerných pretvorení od zaťaženia vznikajú na konštrukcii aj pomerné pretvorenia od reologických javov (v príklade budeme uvažovať len s dotvarovaním) a tak finálne pomerné pretvorenia sú súčtom pružných pretvorení od zaťaženia a pomerných pretvorení od reologických javov:

$$\varepsilon_f = \varepsilon_i + \varepsilon_d \quad (4.9)$$

Uvážme, že napätia σ_2 by boli napätia, ktoré by vznikli na konštrukcii v prípade, že by boli aplikované na finálnu sústavu (statická schéma obojstranne votknutého prúta A – A'). Vplyv

dotvarovania vieme zohľadniť pomocou efektívneho modulu pretvárnosti betónu E_{ceff} , ktorý je menší než elastický modul pružnosti E_{ci} betónu v čase zmonolitnenia konzol. Z obrázka 58 a vzťahu 4.8 a 4.9 následne vyplýva, že pre výpočty prírastku deformácie od dlhodobého zaťaženia môžeme použiť modul E_{cd} , ktorý vypočítame z nasledovného vzťahu:

$$\frac{1}{E_{cd}} = \frac{1}{E_{ceff}} - \frac{1}{E_{ci}} \quad (4.10)$$

Kedže dlhodobá deformácia vzniká na dokončenej konštrukcii (po zmonolitnení konzol) môžeme napísať nasledovný vzťah:

$$\varepsilon_d = \frac{\sigma_2}{E_{cd}} \quad (4.11)$$

Finálne pomerné pretvorenia budú potom:

$$\varepsilon_f = \varepsilon_i + \varepsilon_d = \frac{\sigma_1}{E_{ci}} + \frac{\sigma_2}{E_{cd}} \quad (4.12)$$

Prislúchajúce napätia:

$$\sigma_f = E_{ceff} \cdot \varepsilon_f = \sigma_1 \cdot \frac{E_{ceff}}{E_{ci}} + \sigma_2 \cdot \frac{E_{ceff}}{E_{cd}} \quad (4.13)$$

A následnou úpravou dostávame vzťah:

$$\sigma_f = \sigma_1 + (\sigma_2 - \sigma_1) \cdot \left(1 - \frac{E_{ceff}}{E_{ci}}\right) \quad (4.14)$$

Podobný vzťah platí nielen pre napätia, ale aj pre vnútorné sily ktoré ich vyvodzujú. Dolný index 1 označuje napätia od zaťaženia, ktoré vznikli na konzolách pred ich zmonolitnením a dolný index 2 predstavujú napätia, aké by vznikli na finálnej konštrukcii, teda na statickej schéme po zmonolitnení konzol (obojsstranne votknutý nosník). Rovnica 4.14 je zjednodušeným modelom pre odhad vplyvu reologických zmien na napätosť konštrukcie po jej zmonolitnení.

Veľkosť dotvarovania, ktoré ovplyvňuje hodnotu efektívneho modulu pružnosti, okrem iného významne závisí od veku, kedy bol betón zaťažený. Dotvarovanie betónu zaťaženého na 7. deň od betonáže dosiahne približne dvojnásobnú hodnotu dotvarovania betónu zaťaženého po 28 dňoch. Tento rozdiel ale s vekom betónu sa postupne znižuje a napr. dotvarovanie betónu zaťaženého vo veku 28 dní je len o približne 25% väčšie ako dotvarovanie betónu zaťaženého vo veku 100 dní.

Efektívny modul pružnosti E_{ceff} je preto možné pre výpočty štandardných mostov stavaných letmou betonážou, pri štandardnom postupe a časovom harmonograme, odhadnúť hodnotou 0,5 až 0,4 E_{ci} (pre priemerný vek betónu v čase zmonolitnenia 28, resp. 100 dní).

Pre akúkoľvek statickú veličinu ovplyvnenú fázovanou výstavbou pri štandardnom moste, stavaného štandardnou technológiou letmej betonáže, môžeme preto napísať nasledovný vzťah:

$$S_f = S_1 + (0,4 \sim 0,5) \cdot (S_2 - S_1) \quad (4.15)$$

Kde:

S_f – výsledná (finálna) hodnota statickej veličiny od stáleho zaťaženia na fázovanej konštrukcii v čase 100 rokov (ohyb. moment, priečna sila, ...)

S_1 – hodnota statickej veličiny od stálych zaťažení na staticky určitej konštrukcii pred zmonolitnením (na konzole)

S_2 – hodnota statickej veličiny od stálych zaťažení na statickej schéme po zmonolitnení (obojustranne votknutý nosník)

V prípade, že jedna z konzol je staršia v čase zmonolitnenia, je potrebné pri výpočte statických veličín S_2 tento fakt zohľadniť v modeli rozdielnymi efektívnymi modulmi pružnosti dvoch častí prúta (zohľadnením rôznych súčiniteľov dotvarovania pre čas $t - t_c$, kde čas t_c je vek konzoly v čase zmonolitnenia).

Norma STN EN 1992-2 [26], dovoľuje vypočítať sily v čase t_∞ pre tie konštrukcie, ktoré podstupujú zmenu v podmienkach podoprenia nasledovným zjednodušeným vzorcom (upravený podľa symboliky zavedenej pre túto publikáciu):

$$S_f = S_1 + (S_2 - S_1) \frac{\varphi_{(\infty, t_0)} - \varphi_{(t_c, t_0)}}{1 + \chi \cdot \varphi_{(\infty, t_c)}} \quad (4.16)$$

Kde:

φ - súčiniteľ dotvarovania

χ - súčiniteľ stárnutia

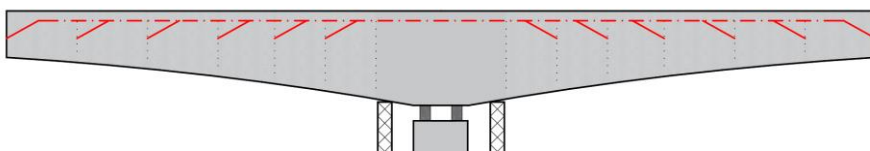
Presnejšie výpočty, bližšie priblížené napr. v [25], sú oveľa zložitejšie a nie sú predmetom tejto publikácie. Dnes sa fázované konštrukcie prevažne počítajú v špeciálnych, na to určených programoch, avšak je vždy vhodné výstupy si aspoň nahrubo skontrolovať takouto zjednodušenou metódou.

5.2 Návrh predpätia

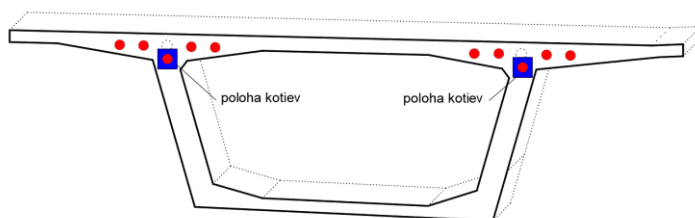
Predpínacie káble sa navrhujú s ohľadom na fázovanú výstavbu konštrukcie, pričom je potrebné pokryť ťahové napätia od vlastnej tiaže v štádiu výstavby a po redistribúcii vplyvom reologických zmien betónu (kapitola 5.1), ako aj ďalšie montážne zaťaženia (napr. nezanedbateľná tiaž betonárskeho vozíka) a všetky zaťaženia, ktoré následne pôsobia na konštrukciu v štádiu užívania.

Konzolové káble

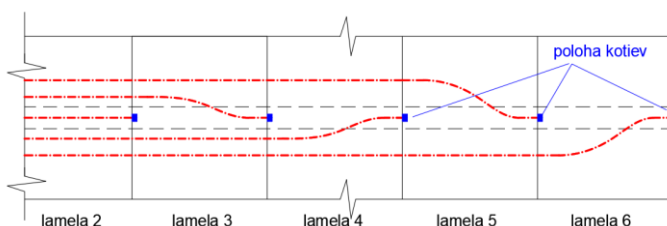
Počas budovania vahadla je mostná konštrukcia namáhaná zápornými ohybovými momentami od vlastnej tiaže konštrukcie, tiaže betonážneho vozíka a premenného zaťaženia, ktorý tvorí najmä skladovaný materiál na mostovke (cca $0,5 \text{ kN/m}^2$). Tieto napätia vznikajúce na vahadle počas jeho výstavby sa vykrývajú predpínacími káblmi vedenými 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 (vďaka vertikálnemu komponentu šikmej sily zo šikmo kotveného kábla). Taktiež sa redukujú koncové ohybové momenty v mieste kotvenia.



Obr. 59 Poloha konzolových káblov (pozdĺžny rez)



Obr. 60 Poloha konzolových káblov (priechytný rez – čelo lamely č. 2 z obr. 61)



Obr. 61 Poloha konzolových káblov (pôdorys nad jedným z trávov)

Poloha kotiev je v blízkosti trávov, odkiaľ sú potom káble vedené pôdorysným zakrivením do ich polohy v ďalších lamelách (obr. 61) je ale vždy potrebné myslieť na križenie káblových

kanálikov so šmykovou výstužou a preto, ak je to možné, je vhodné navrhnuť kotvenie konzolových káblov nie priamo v osi steny, ale na jej okrajoch (mimo šmykovú výstuž trávov).



Obr. 62 Pohľad na konzolové káble a predpripravené káblové kanáliky pre konzolové káble (zárodok Lužného mosta v Bratislave, 2019)

V niektorých prípadoch, keď je potrebné doplniť počas výstavby vahadla ďalšie nadpodperové káble, napr. pri mostoch s dodatočne dobetónovanými konzolami, sa tieto káble kotvia v náliatkoch hornej dosky (obr. 63).



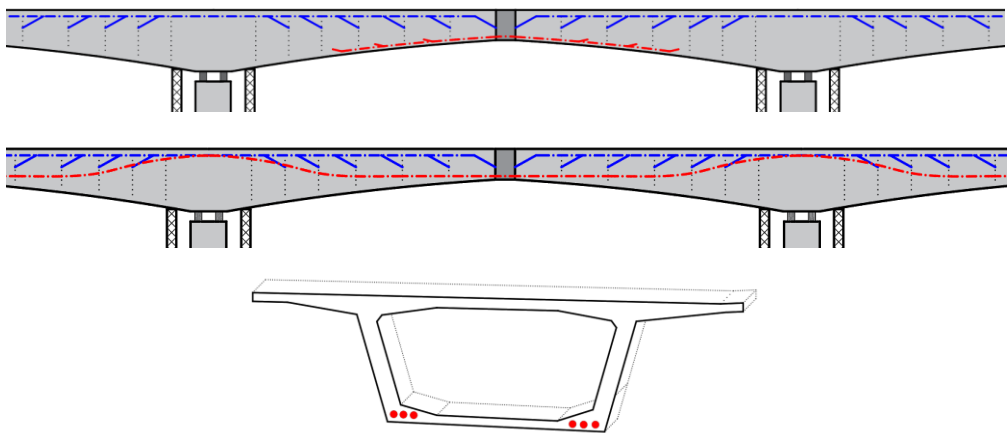
Obr. 63 Pohľad na náliatky na hornej doske komory pre kotvenie dodatočne zhotovených konzolových káblov (Lužný most v Bratislave, 2020)



Obr. 64 Pohľad na plastové káblové kanáliky pre elektro-izolované konzolové káble (Železničný most pri Púchove ponad vodnú nádrž Nosice, 2020)

Káble spojitosti

Za účelom pokrytia ťahových napätí vplyvom reologických zmien a ostatných zaťažení v štádiu užívania, sa navrhujú tzv. káble spojitosti, vedúce buď v len v strede polí pri spodnom povrchu, alebo ako polygonálne káble v stenách komory. Káble spojitosti vedúce len pri spodnom povrchu sú kotvené v krajnom priečniku a v náliatkoch na spodnej doske (obr. 65 - hore). Polygonálne káble vedúce v stenách komory sú zväčša kotvené v priečnikoch (obr. 65 - dole).



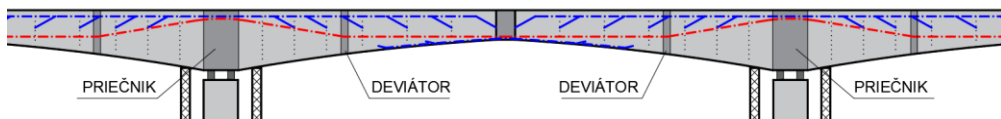
Obr. 65 Poloha káblov spojitosti – červenou farbou (poznávanie rezy a priečny rez v strede rozpätia)



Obr. 66 Kotvenie káblov spojitosti v náliatku spodnej dosky

Voľne vedené káble

Na vykrytie najmä časti premenných zaťažení na finálnej konštrukcii (účinky dopravy, nerovnomernej teploty, ...), sa najčastejšie navrhujú polygonálne, voľne vedené káble. Tieto káble sa vedú cez 2 max. 3 polia z dôvodu náročnosti ich technologického zhotovenia a v prípade súdržných káblov aj z titulu strát predpätia trením v káblových kanálikoch. Voľne vedené káble, tvorené káblami v injektovaných plastových kanálikoch, alebo monostrandami, sú kotvené v priečnikoch a ich zmeny geometrie sa realizujú prostredníctvom tzv. deviátorov (obr. 67 a 68).



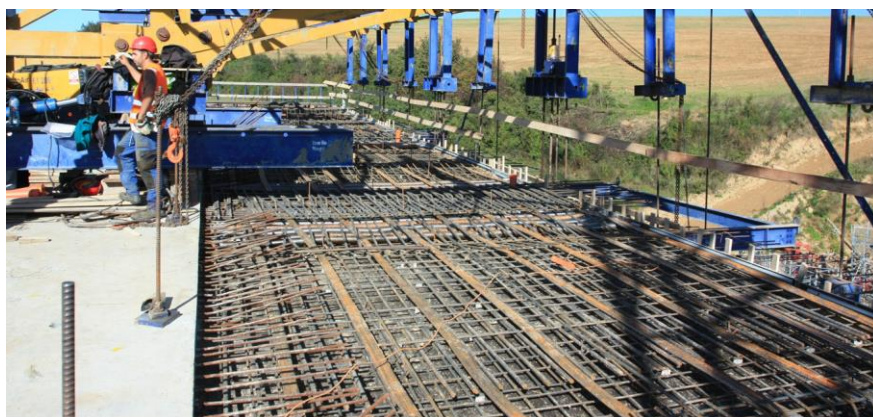
Obr. 67 Voľne vedené káble (červená farba)



Obr. 68 Voľne vedené káble prechádzajúce cez deviátor (most Lafranconi)

Káble priečného predpätia

V prípade, že je konzola priečného rezu komory má veľké vyloženie (nad 3,5 metra), alebo zväčšenie šírky priečného rezu je zaistené vzperami, ktoré vnášajú do dosky ťahové napätia, je vhodné hornú dosku predopnúť v priečnom smere. Na priečne predpätie sa zväčša používajú ploché kábové kanáliky so súdržnou predpínacou výstužou.



Obr. 69 Káble priečného predpätia (most v rámci úseku D1: Fričovce – Svinia, 2014)

Káble typu extradossed

V prípade mostov typu extradossed, kedy je časť káblov vyvedená mimo prierez na krátky pylón sú v rámci pylóna najčastejšie osadené špeciálne oceľové prvky (sedlo). Každé lano môže mať zvlášť kanálik tvarovaný do tvaru obrátenej "slzy", alebo sa použije sedlo s kotvením káblov z každej strany. Je možné riešiť vedenie káblov cez pylón aj v zakrivenej rúre s následnou injektážou v mieste sedla po predopnutí káblov (použité napr. pri výstavbe estakády v Považskej Bystrici), avšak toto riešenie sa pre nové mosty už neodporúča. V prípade použitia priebežných káblov s osadením do sedla s vytvoreným káblovým kanálikom pre každé lano v tvare obrátenej "slzy" dôjde k zakliesneniu lana v kanáliku a nedochádza k jeho preklzu v prípade nevyrovnaných síl v kábli. V prípade kotvenia káblov z každej strany pylóna, je prenos nevyrovnaných síl do pylóna zabezpečený oceľovými prvkami kotvených oceľových častí..



Obr. 70 Pohľad na pylón s osadenými káblami typu extradossed (most cez Nosickú priehradu, 2019)



Obr. 71 Sedlo s kotvami pre káble na každej strane (most v Prešove, 2021, foto: P. Pažma)

V prípade, že káble typu extradossed nie sú vedené priamo nad trámami, je potrebné silu z týchto káblov preniesť do stien komory. Na tento účel sú zhotovené vnútri komory buď priečniky, alebo ťahadlá predpäté predpínacími tyčami (obr. 72).



Obr. 72 Kotvenie káblov typu extradossed v komore mosta a pohľad na predopnuté šikmé ťahadlá prenášajúce silu z kotveného do stien komory mosta (most v Považskej Bystrici, 2010)



Obr. 73 Zaťažovacia skúška segmentu (most v Považskej Bystrici, 2009)

5.3 Deformácie konzoly počas výstavby a čiara nadvýšenia

Budované konzoly pri letnej betonáži sa skladajú z viacerých lamíel, ktoré sú betónované a predpínané v rôznych časoch. Je preto potrebné vedieť očakávané priehyby konzol v rôznych fázach výstavby, aby bolo možné prednastaviť debnenie podľa čiary nadvýšenia tak, že dostaneme v požadovanom čase projektovanú niveletu mosta. Počas budovania konzol vznikajú trvalé deformácie (pružné + dotvarovanie) konštrukcie najmä z:

- tiaže jednotlivých lamíel,
- tiaže betonážneho vozíka,
- predätia lamíel,

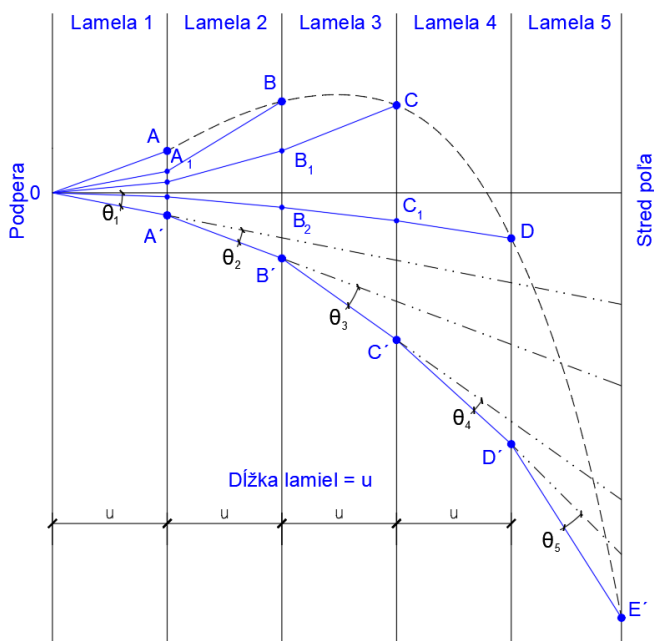
Tieto zaťaženia majú vplyv na priehyb konzol, deformácie piliera a sadanie základov, ktoré pri výpočte nadvýšení je potrebné všetky zobrať do úvahy.

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

- predpínania káblov spojitosti a neskôr voľne vedených káblov,
- demontáže betonážneho vozíka (odľahčenie),
- odstránenie dočasných podpier stabilizácie vahadla,
- zhotovenie zvršku mosta.

Aby sa kompenzovali tieto deformácie, je potrebné budovať už samotné konzoly letmej betonáže s nadvýšením. Výpočty deformácií sú komplikované najmä meniacim sa modulom pružnosti betónu v čase a súčiniteľom dotvarovania, ktorý vo veľkej miere závisí od veku betónu a od trvania zaťaženia na danom mieste. Okrem toho deformácia od predpätia závisí od okamžitej sily po zakotvení káblov po zohľadnení okamžitých strát a následne po zohľadnení dlhodobých strát predpätia meniacich sa v čase.

Na obr. 74 sú schematicky znázornené teoretické deformácie konzoly v štádiu výstavby, bez zohľadnenia deformácií piliera a sadania základu, ktoré by sa prejavili poklesom bodu O v čase a s pribúdajúcimi lamelami. V prípade prvých lamiel spôsobuje mierne vzopätie konzoly predpätie, ktoré v týchto štádiách má väčší účinok na deformáciu ako vlastná tiaž lamiel. Previs sa začne v tomto modelovom príklade prejavovať až po vyhotovení štvrtej lamely, avšak ďalší progres nárastu previsu je už potom v ďalších štádiách výstavby markantný.

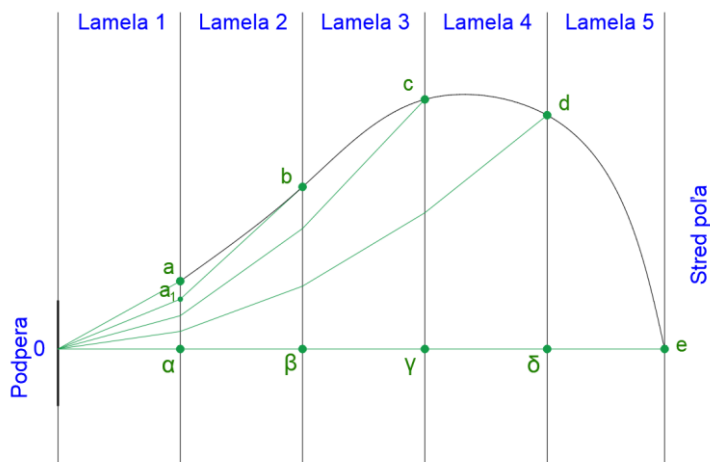


Obr. 74 Deformácie letmo-betónovanej konzoly podľa jednotlivých fáz výstavby (vlastná tiaž lamiel + predpätie) [1]

Z obrázka 74 je zrejmé, že bez návrhu nadvýšenia v čase betonáže, by konzola mala previs, ktorý by nezodpovedal projektovanej nivelete mosta.

Z tohto dôvodu je preto potrebné stanoviť nadvýšenie debnenia v každom kroku tak, aby finálna deformácia dosiahla projektovanú úroveň v danom čase (obr. 75).

Pozn.: obrázky 74, 75 a 76 demonštrujú základnú problematiku a nezohľadňujú deformácie od betonážneho vozíka, dotvarovania, zmršťovania, stlačenia piliera, sadania, betonáže uzáveru, deformácie od ostatných stálych zaťažení po zmonolitnení a pod.



Obr. 75 Deformácie letmo-betónovanej konzoly podľa jednotlivých fáz výstavby so zohľadnením nadvýšenia debnenia pre jednotlivé lamely (vlastná tiaž lamiel + predpätie) [1]

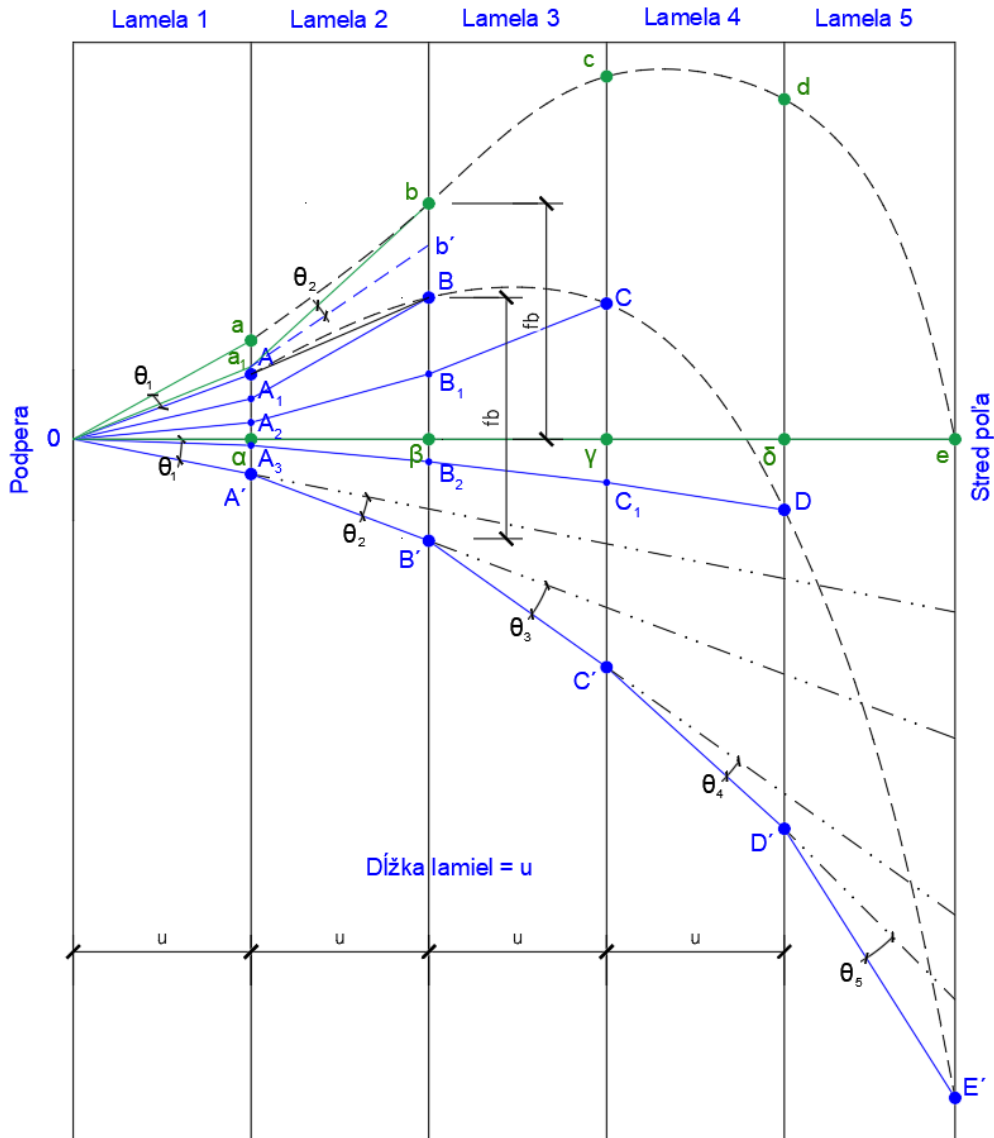
Postup pri návrhu čiary nadvýšenia znázorňuje obr. 76, ktorý je v podstate kombináciou obrázka 74 a 75. Pre prehľadnosť je graf podrobne zostrojený len po betonáž a predpätie lamely 2, ale princíp je rovnaký pre každú ďalšiu fázu. Veľké písmená v grafe značia pozície konca lamiel bez nadvýšenia debnenia a malé písmená značia pozície konca lamiel so zohľadnením nadvýšenia debnenia. Dolný index pri písmenách značí vždy fázu pre danú lamelu. Napr.: A – poloha konca prvej lamely po jej zabetónovaní a predpätí, A₁ – poloha konca prvej lamely po zabetónovaní a predpätí druhej lamely, ktorej koniec bude v tejto fáze v polohe B. Po betonáži a predpätí lamely č. 3 bude koniec lamely 1 v polohe A₂, koniec lamely 2 bude v polohe B₁ a koniec lamely 3 bude v polohe C (keďže sú to veľké písmená polohy zodpovedajú prípadu betonáže lamiel bez nadvýšenia).

Prvá lamela sa vybetónuje s nadvýšením:

$$f_1 = |Aa| = \theta_1 u$$

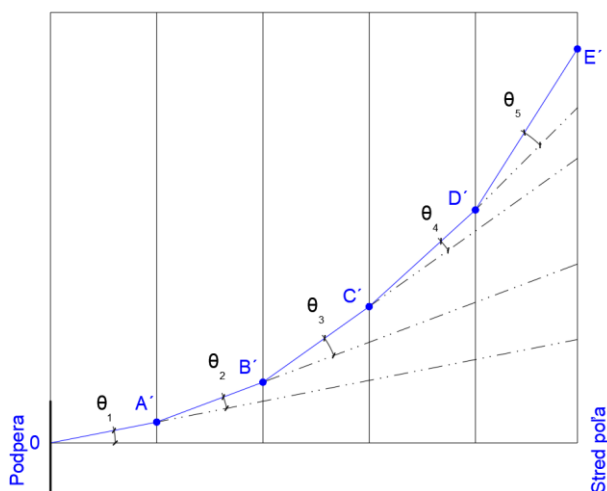
Tým pádom po predopnutí lamely sa jej koniec dostane do pozície *a*, namiesto pozície *A*, ktorú by dosiahol bez nadvýšenia debnenia (nadvýšenie o uhol θ_1). Počas betonáže ďalšej lamely sa koniec predošlej lamely posunie do pozície *a*₁ o vzdialenosť $|AA_1|$. Koniec novej

lamely č. 2 by sa dostal do pozície b' , ale využitím opätovného nadvýšenia o uhol θ_2 sa dostáva do pozície b . Platí pritom, že uhol definovaný bodmi $OA_1B = 0a_1b'$. Po betonáži poslednej lamely sa bod b nakoniec dostáva do pozície β , pričom tento posun zodpovedá vzdialenosti $|BB'|$. V každom prípade nie je celkom vhodné nastavovať betonážne vozíky na takto vypočítané absolútne výšky najmä z dôvodu veľkých účinkov nerovnomernej teploty na deformácie konzoly. Tieto hodnoty je vhodné geodeticky kontrolovať nad ránom, kedy sú teploty vyrovnané.



Obr. 76 Deformácie letmo-betónovanej konzoly podľa jednotlivých fáz výstavby so zohľadnením nadvýšenia debnenia pre jednotlivé lamely – princíp zhotovenia čiary nadvýšenia (vlastná tiaž lamiel + predpätie) [1]

Pre praktické aplikácie je vhodné nadvýšenie betonážnych vozíkov kontrolovať cez prevýšenie konca betonážneho vozíka vypočítaného na základe uhlov θ_1 až θ_5 a dĺžky lamely, pričom sa nastavuje vozík vzhľadom na predošlú, už zabetónovanú lamelu (obr. 77).

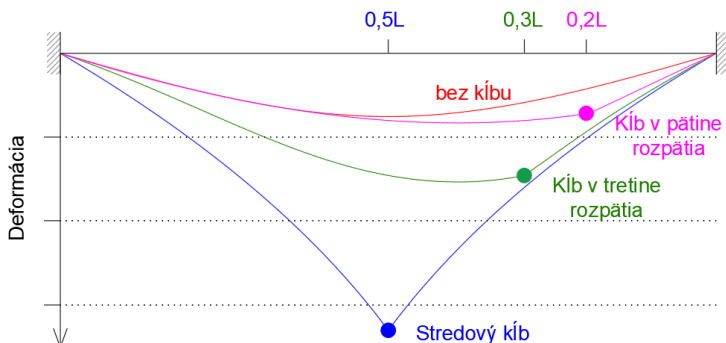


Obr. 77 Nastavenie betonážneho vozíka – relatívne nastavenie k predošlej, už zabetónovanej a predpätej lamele.

5.4 Vplyv stredového kĺbu na deformácie mosta

Kĺb v strede rozpätia sa používal v prípade prvých aplikácií technológie letmej betonáže, najmä z dôvodu zjednodušenia výpočtov. Kĺb ale mal významný vplyv na veľkosť deformácií týchto mostov a tak sa od jeho používania postupne upustilo (ďalším dôvodom bol aj častý výskyt porúch v týchto miestach, napr. zatekanie).

Vplyv kĺbu a jeho polohy v rámci mostného poľa na deformácie konštrukcie je schematicky znázornený na obr. 78. Z obrázku vidieť, že použitie kĺbového spoja v strede rozpätia zväčší priehyb konštrukcie viac ako trojnásobne.



Obr. 78 Vplyv kĺbu a jeho polohy na priehyb mostného poľa.

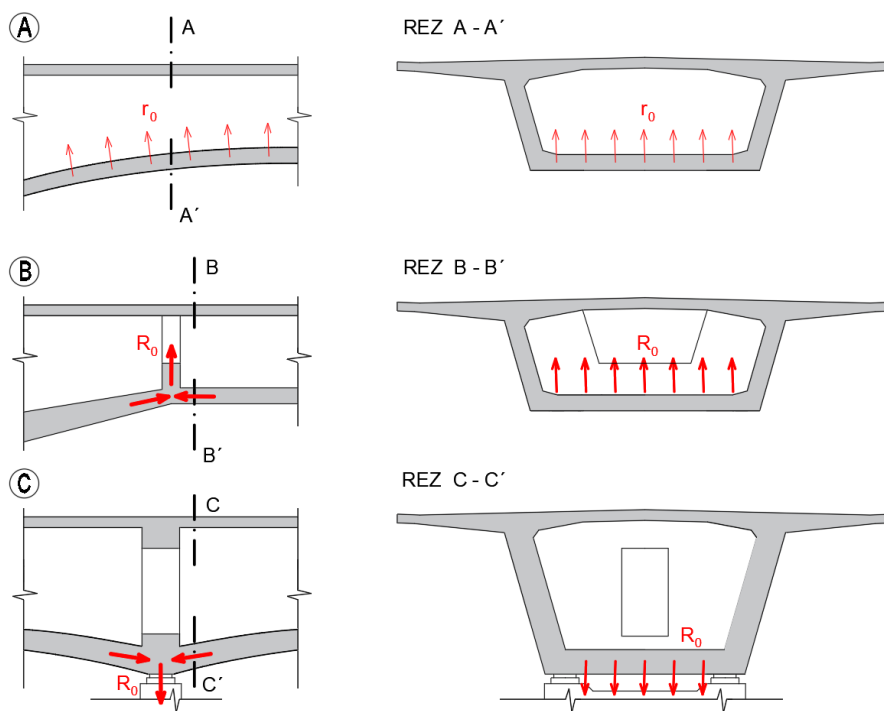
5.5 Vybrané detaily pri riešení statiky letmo betónovaných mostoch

Vplyv zakrivenia a zalomenia spodnej dosky.

Keďže pri letmej betonáži vznikajú veľké nadpodperové momenty počas výstavby, je staticky výhodné mať vyššiu výšku prierezu nad podperou ako v poli (pozri kapitolu 5). Zmena výšky prierezu sa preto volí zväčša podľa krivky (parabola), alebo ojedinele aj zalomením v jednom bode.

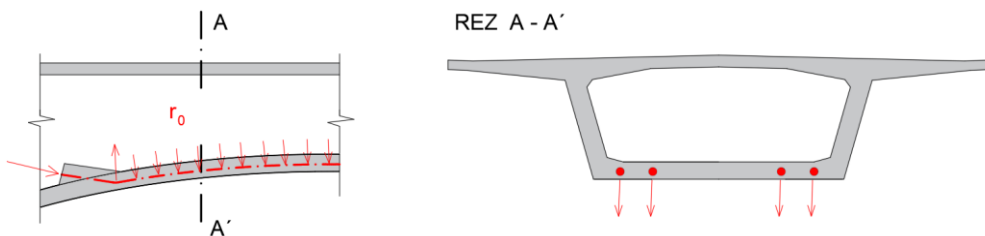
V prípade geometrie so zakriveným spodným pásom vznikajú vplyvom tlaku v spodnej pásnici od nadpodperových momentov radiálne sily, ktoré namáhajú spodnú dosku. V prípade geometrie so zalomenou spodnou doskou vzniká koncentrované namáhanie v tomto mieste. Na prenos tejto koncentrovanej sily je preto potrebné v tomto mieste navrhnuť priečnik, ktorý preniesie toto koncentrované namáhanie do stien komory.

Podobná situácia vzniká aj v mieste zmeny krivosti nad podperou a nadpodperový priečnik je potrebné nadimenzovať aj na tieto sily.



Obr. 79 Vplyv zakrivenia / zalomenia spodnej dosky na jej namáhanie.

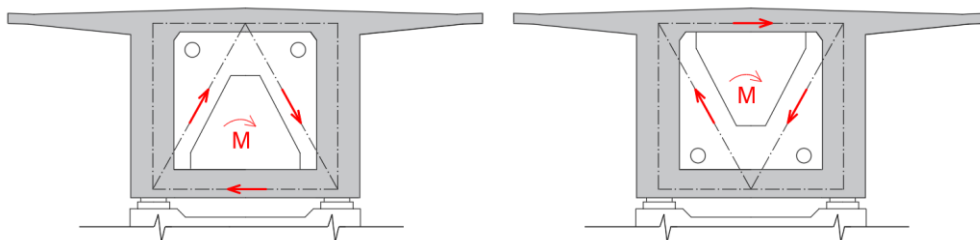
V prípade vedenia predpínacích káblov v strede rozpätia pri spodnom povrchu, vzniká vplyvom zakrivenia radiálna sila, na ktorú je taktiež potrebné nadimenzovať spodnú dosku prierezu (obr. 80).



Obr. 80 Vplyv zakrivenia spodnej dosky na jej namáhanie od predpínacích káblov vedených pri spodnom povrchu prierezu.

Prenos krútiacich momentov a ich vplyv na voľbu tvaru priečnika.

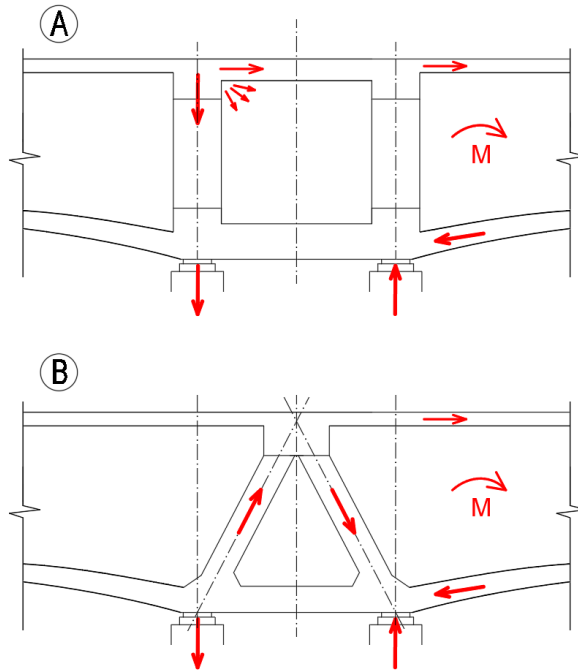
Z hľadiska prenosu krútiacich momentov je vhodné priečnik upraviť tak, aby otvory v ňom slúžiace na priechodnosť komôr a vedenie káblov neboli v líniiach hlavných napätí vznikajúcich od krútiaceho momentu (obr. 81).



Obr. 81 Tvarovanie priečnika a voľba pozície otvorov s ohľadom na krútiace momenty.

Stuženie nadpodperového segmentu v prípade votknutia vahadla do piliera.

Najmä pri vysokých mostoch sa často volí riešenie, pri ktorom horná stavba prenáša ohybové momenty do pilierov a to buď formou votknutia, alebo dvoma líniami ložísk na hlavici piliera. V takomto prípade je potrebné navrhnuť nadpodperový segment tak, aby bol schopný preniesť nevyrovnané ohybové momenty z príslušných polí. Jedným z riešení je, že sa tieto nevyrovnané momenty prenášajú len stenami medzi dvoma priečnikmi umiestnenými nad dvoma líniami ložísk (obr. 82-A). Čo sa statického pôsobenia týka, je vhodnejšie usporiadať dva nadpodperové priečniky tak, aby vytvorili trojuholníkový tvar (obr. 82-B), čo výrazne zlepšuje ich statické pôsobenie pri prenose nevyrovnaných momentov. Toto riešenie je však na druhej strane konštrukčne zložitejšie a komplikuje výstavbu.



Obr. 82 Namáhanie nadpodperového segmentu nevyrovnaným ohyb. momentom v prípade uloženia prenášajúceho do spodnej stavby aj ohybový moment z hornej stavby.

6. Technologické časti letmej betonáže

Medzi základné špecifické technologické časti a celky letmej betonáže patria:

- Výstavba zárodku
- Betonážne vozíky
- Prvky stabilizácie vahadla

6.1 Výstavba zárodku

Výstavba zárodku prebieha pomocou klasickej skruže, ktorá je pri nižších mostoch do cca 5 metrov podporená na základe piliera (obr. 83 a 85) a pri vyšších mostoch je uchytená priamo na pilier (obr. 84).



Obr. 83 Výstavba zárodku so skružou položenou na základ a dočasné piliere stabilizácie vahadla. Most v Nitre, 2010.



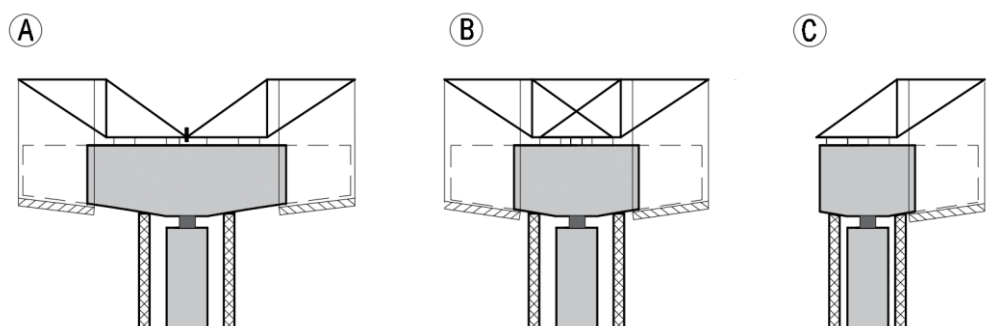
Obr. 84 Výstavba zárodku so skružou uchytenou priamo na pilier. Výstavba prebiehala v dvoch fázach – spodná doska, trámy a následne horná doska. Most v Považskej Bystrici, 2009.



Obr. 85 Výstavba zárodku so skružou podopretou na základe piliera. Most cez vodnú nádrž Hričov, 2016.

Dvojfázová výstavba zárodku prebieha tak, že sa najprv vybetónuje spodná doska a trámy a následne horná doska (obr. 84). Takéto fázovanie je výhodné z titulu zmenšenia zaťaženia podpernej skruže, keďže pri betonáži hornej dosky sa časť debnenia opiera už priamo na vybetónovanú časť, ktorá prenáša zaťaženie priamo do piliera. Veľké zárodky sa stavajú niekedy dokonca až v troch fázach – spodná doska, steny, horná doska.

Dĺžka zárodku musí byť taká, aby sa dali na neho uchytiť betonážne vozíky pre lamely. Táto dĺžka závisí od výrobcu betonážnych vozíkov a ich riešenia štartovacej pozícií na zárodke. V prípade samostatného uloženia je táto dĺžka približne 8 až 12 metrov. V prípade prepojenia betonážnych vozíkov pri betonáži prvej lamely na oboch stranách vahadla (fast split assembly – obr. 86-A), ktoré patrí medzi najčastejšie riešenia v dnešnej dobe, stačí mať približne 6,5 až 8 metrov dlhý zárodok. V určitých prípadoch, ako sú dočasné spoločné stuženie vozíkov (obr. 86-B), asymetrická letmá betonáž (obr. 86-C) a podobne, je možné zmenšiť dĺžku zárodku len na cca 5, resp. 4 metre. Čas potrebný na stavbu zárodku sa pohybuje medzi 2 až 4 mesiacmi, podľa zložitosti geometrie a vystuženia.



Obr. 86 Vplyv spôsobu osadenia betonážnych vozíkov na dĺžku zárodku.



Obr. 87 Osadenie betonážnych vozíkov na zárodok vzájomne prepojených v mieste kotvenia (fast split assembly), most v rámci úseku D1: Fričovce – Svinia, 2014.



Obr. 88 Zárodok Lužného mosta s jednostrannou, asymetrickou, stabilizáciou vahadla dočasným pilierom, 2019.

Zárodok je v štádiu výstavby uložený na hlavici piliera prostredníctvom hydraulických lisov, prípadne je monoliticky prepojený s pilierom (toto riešenie je vhodné najmä v prípade vysokých, štíhlych pilierov).



Obr. 89 Zárodok uložený na zaaretovaných hydraulických lisoch.

6.2 Betonážne vozíky

Betonážne vozíky slúžia na betonáž jednotlivých lamiel a rozdeľujeme ich na tri základné typy:

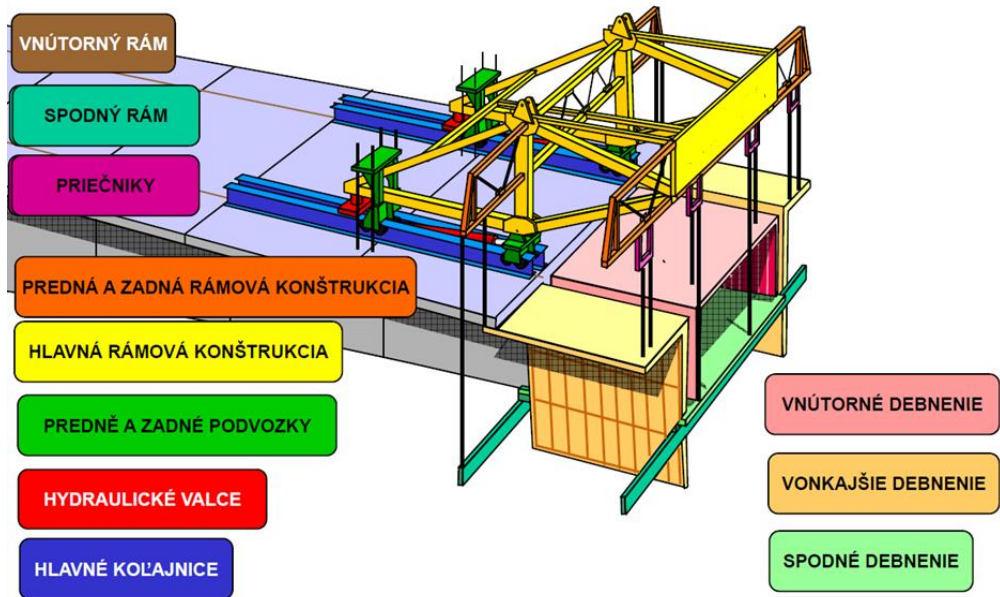
- s hornou rámovou konštrukciou,
- so spodnou rámovou konštrukciou,
- s podporným trámom.

6.2.1. Betonážny vozík s hornou rámovou konštrukciou.

Najčastejšie sa v praxi využíva betonážny vozík s hornou rámovou konštrukciou, pričom nosnosť betonážnych vozíkov, vrátane neseného debnenia, sa pohybuje od 70 do 80 ton pre jednokomorové prierezy šírky do 15 m a až 130 a viac ton pre viackomorové prierezy a prierezy na plnú šírku diaľničného profilu (250 - 300 ton). Vlastná tiaž vozíka tvorí približne 35 až 45% z hmotnosti najväčšej betónovanej lamely.

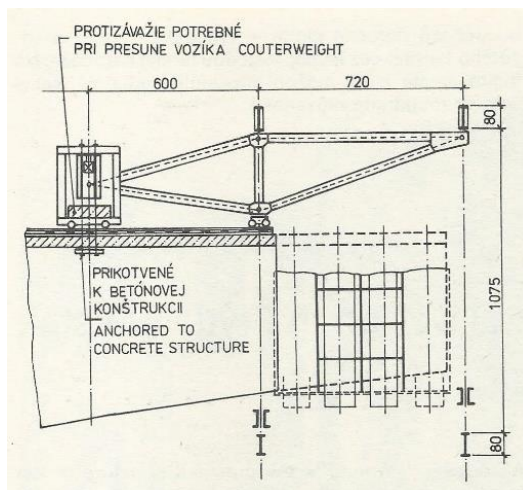
Základné časti betonážneho vozíka sú na obr. 90.

Betonážny vozík umožňuje betonáž meniacej sa výšky priečného rezu vďaka možnosti nastavenia výšky spodného debnenia. Pre typický priečny rez mosta (šírky do cca 15 m) trvá prvá montáž dvojice betonážnych vozíkov (vrátane debniacich dielcov) na zárodok približne 4 týždne. Cyklus výstavby jednej lamely trvá približne 5 až 7 dní pre štandardné prierezy do šírky 15 metrov a 10 až 14 dní pre prierezy na plný diaľničný profil šírky 25 až 30 metrov.



Obr. 90 Základné časti moderného betonážneho vozíka (v prednej časti býva ešte osadená pracovná lavička).

Na začiatku rozvoja technológie letnej betonáže sa používali ťažké betonážne vozíky s protizávažím, ktoré slúžilo na zabezpečenie stability vozíka pri presune do ďalšej polohy.



Obr. 91 Starý typ betonážneho vozíka s protizávažím.

Moderné betonážne vozíky využívajú pri presune do ďalšej polohy ukotvené zvarané dvojité I-profilu (hlavné koľajnice) o ktorých hornú pásnicu sa zdola rozopierajú stabilizačné oceľové kolieska. Ich funkcia je zabezpečovať stabilitu vozíka počas presunu do ďalšej polohy a tiež

umožňujú samotný pohyb (obr. 92 a 93). Vo fáze betonáže je vozík v zadnej časti kotvený ocelovými ťahadlami o už zabetónovanú predošlú lamelu (obr. 94).



Obr. 92 Základný rám moderného betonážneho vozíka uloženého na hlavnej koľajnici kotvenej do hornej dosky hotovej lamely.



Obr. 93 Ocelové kolieska stabilizujúce betonážny vozík o hlavné koľajnice počas presunu do novej polohy.

Presun vozíka do ďalšej polohy prebieha nasledovným spôsobom (základné časti posunu):

- Odkotvenie hlavnej rámovej konštrukcie od betónového prierezu v mieste zadného podvozku.
- Aktivácia zvislých hydraulických valcov pod hlavnou rámovou konštrukciou (v mieste predného podvozku), čím sa podopretie rámovej konštrukcie preniesie z hlavných koľajníc na hornú dosku prierezu predošlej lamely.
- Uvoľnenie hlavných koľajníc z uchytenia o betónový prierez (dĺžka týchto koľajníc je dvojnásobok dĺžky najdlhšej lamely).
- Presun hlavných koľajníc do ďalšej polohy (dostávajú sa nad najnovšiu zabetónovanú lamelu). Presun prebieha prostredníctvom horizontálnych hydraulických valcov (hlavná rámová konštrukcia stojí, posúvajú sa len koľajnice).
- Ukotvenie hlavných koľajníc o poslednú zabetónovanú lamelu.
- Spustenie zvislých hydraulických valcov, čím predný podvozok dosadne na hlavné koľajnice
- Presun betonážneho vozíka horizontálnymi hydraulickými valcami, ktorými sa predtým presúvali hlavné koľajnice (hlavná koľajnica stojí, je ukotvená, a presúva sa len rámová konštrukcia)
- Ukotvenie zadnej časti rámovej konštrukcie v mieste zadného podvozku o betónový prierez.
- Presun vnútorného tunelového debnenia do novej polohy.
- Nastavenie geometrie pre betonáž ďalšej lamely



Obr. 94 Zadné kotvenie vozíka (vľavo). V prednej časti vozíka je vidieť čierny zvislý hydraulický valec medzi hlavnými koľajnicami (Most Valy, 2015).

Zadné kotevné tyče, ktorými je betonážny vozík kotvený k prierezu v zadnej časti prechádzajú cez vynechané otvory v hornej doske (veľkosť otvorov sa volí s dostatočnou rezervou pre prípadné nepresnosti).

Rýchlosť montáže betonážnych vozíkov a následného progresu závisí od zvoleného riešenia ich uloženia na zárodok. Pre technológiu "fast split assembly" trvá montáž vozíkov približne 3 až 4 týždne (pre mosty do šírky cca 15 metrov - polovičný profil diaľnice). Následne zhotovenie prvých dvoch lamiel trvá 1 až 2 týždne (spolu teda cca 4 až 6 týždňov). V prípade použitia dočasného stuženia, ktoré umožňuje osadiť vozíky na kratší zárodok, sa proces zhotovenia prvých dvoch lamiel predlžuje o cca 1 týždeň (na cca 5 až 7 týždňov). Ak sa použije nesymetrická letmá betonáž pre prvú lamelu (obr. 86–C), sa proces výstavby prvých dvoch lamiel ešte predĺži, keďže druhý betonážny vozík môže byť zhotovený až po tom, ako sa ten prvý už posunul do novej polohy o jednu lamelu.



Obr. 95 Pohľad na betonážny vozík nasadený pri výstavbe mostov na stavbe diaľnice D1 na obchvate Prešova, 2021.

Na prednej časti betonážnych vozíkov sú osadené obslužné lávky, ktoré slúžia na umožnenie prístupu na čelo lamely za účelom osadenia debnenia a predpínania (obr. 96).

Vnútrotné tunelové debnenie komory musí byť navrhnuté tak, aby bolo možné ho prispôbiť zmenám v hrúbke steny. Debnenie je uchytené na oceľové prvky kotvené do hornej dosky, pričom riešenie umožňuje jednoduchý posun debnenia do novej polohy



Obr. 96 Pohľad na obslužné lávky betonážneho vozíka nasadeného pri výstavbe mostov na stavbe diaľnice D1 na obchvate Prešova, 2021.



Obr. 97 Pohľad na betonážne vozíky pri stavbe prvých lamiel. Stabilita vahadla je zabezpečená rámovým spojením hornej a spodnej stavby. Vľavo, za žeriavom čiastočne vidieť debnenie pre zárodok betónovaný v dvoch fázach (výstavba mostov na stavbe diaľnice D1 na obchvate Prešova, 2021).



Obr. 98 Pohľad na betonážne vozíky pri stavbe dvojkomorového prierezu železničného mosta cez Nosickú priehradu, 2017.



Obr. 99 Pohľad na tunelové debnenie vnútra komory (železničný most cez Nosickú priehradu, 2017).

Betonážne vozíky svojou hmotnosťou významne ovplyvňujú napätia a deformácie vahadiel počas výstavby a je potrebné zohľadniť ich hmotnosť pri fázovanom výpočte mosta, ako aj pri výpočtoch čiary nadvýšenia.

Betonáž poslednej lamely, tzv. uzáveru (zmonolitnenie), ktorým sa prepoja konzoly vahadiel sa realizuje buď jedným z betonážnych vozíkov (obr. 100), alebo na to určeným podveseným debnením (obr. 101). Posledná lamela medzi konzolami vahadiel musí mať minimálne takú šírku, aby umožnila predpínanie posledných lamiel na konzolách vahadla (min. cca 2 metre).



Obr. 100 Zmonolitnenie vahadiel s využitím jedného z betonážnych vozíkov.



Obr. 101 Osadené debnenie pre zhotovenie poslednej lamely medzi konzolami vahadla. Vľavo vidieť prepílenú dočasnú betónovú podperu stabilizácie vahadla (železničný most cez Nosickú priehradu, 2018).

Pre urýchlenie výstavby je možné nasadiť betonážne vozíky na všetky vahadlá naraz, avšak v takomto prípade sa stavba o niečo predraží a to najmä v prípade, ak sa betonážne vozíky neprenajímajú, ale musia sa kúpiť špeciálne na danú zákazku (obr. 102).



Obr. 102 Nasadenie betonážnych vozíkov na všetky vahadlá naraz – celkovo 14 ks. (Most v Považskej Bystrici, 2009).

6.2.2. Betonážne vozíky so spodnou rámovou konštrukciou

Betonážne vozíky so spodnou rámovou konštrukciou sa používajú zväčša len pre mosty s konštantnou výškou prierezu, keďže zmeny výšky prierezov predstavujú pre tento typ vozíkov značnú komplikáciu. Ich nasadenie vyžaduje zárodok dĺžky približne 10 až 12 metrov, keďže sa dajú nasadiť len na vykonzolovanú časť zárodku.



Obr. 103 Betonážny vozík so spodnou rámovou konštrukciou (železničný most cez Nosickú priehradu, 2018).

Presun vozíka prebieha veľmi podobne ako presun betonážneho vozíka s hornou rámovou konštrukciou za pomoci hlavných koľajníc umiestnenými na hornej doske betónového prierezu. Samotný presun je však komplikovanejší a technicky náročnejší.

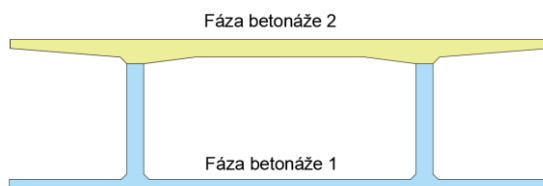
Pri presune vozíka do novej polohy je stabilita zabezpečovaná oceľovými kolieskami, alebo klznými platňami, ktoré sa v zadnej časti betonážneho vozíka opierajú o spodnú dosku prierezu.

Betonáž priečného rezu prebieha buď v jednej fáze, alebo v dvoch fázach. Pri dvojfázovej letmej betonáži sa využíva už časť zabetónovaného prierezu na podopretie debnenia pre hornú dosku. Takéto riešenie umožňuje výrazné zníženie hmotnosti betonážneho vozíka, keďže môže byť dimenzovaný na menšie zaťaženie (tiaž čerstvého betónu len spodnej dosky a trávov). Dvojetapová letmá betonáž, s využitím betonážneho vozíka so spodnou rámovou konštrukciou, sa využila napríklad pri stavbe prípojných vetiev mosta Lafranconi v Bratislave (obr. 104).



Obr. 104 Betonážny vozík so spodnou rámovou konštrukciou (prípojná estakáda mosta Lafranconi v Bratislave, 1990)

Jedným z dôvodov bol aj priaznivý tvar priečného rezu, ktorý mal konzolu aj pri spodnom povrchu (obr. 105), ktorá nesie chodníky a ktorá sa dala taktiež využiť pre podopretie debnenia hornej dosky.

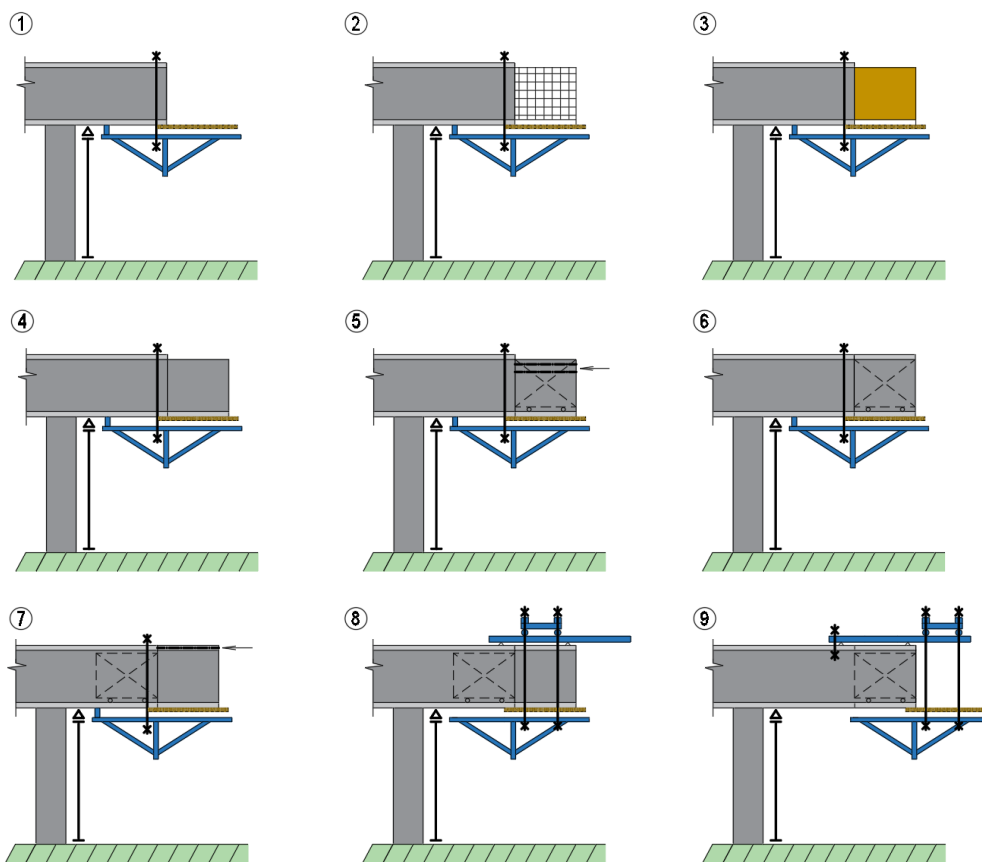


Obr. 105 Etapy letmej betonáže prípojnej estakády mosta Lafranconi v Bratislave

Pracovný postup dvoj etapovej letmej betonáže estakády bol nasledovný:

- Vystuženie a betonáž spodnej dosky a trámov, vrátane chodníkových konzol (lamela dĺžky 5 metrov). Po zatvrdnutí betónu sa táto časť priplá k predošlej lamele dvoma párami predpínacích tyčí situovaných v hornej časti zabetónovaných trámov komory, čím sa táto časť novej lamely stala samonosnou.
- Presun debnenia hornej dosky do novej polohy (samonosná časť novej lamely), vystužovanie a betonáž hornej dosky a jej následné predopnutie predpínacími káblami.

Podrobná schéma je na obrázku 106.



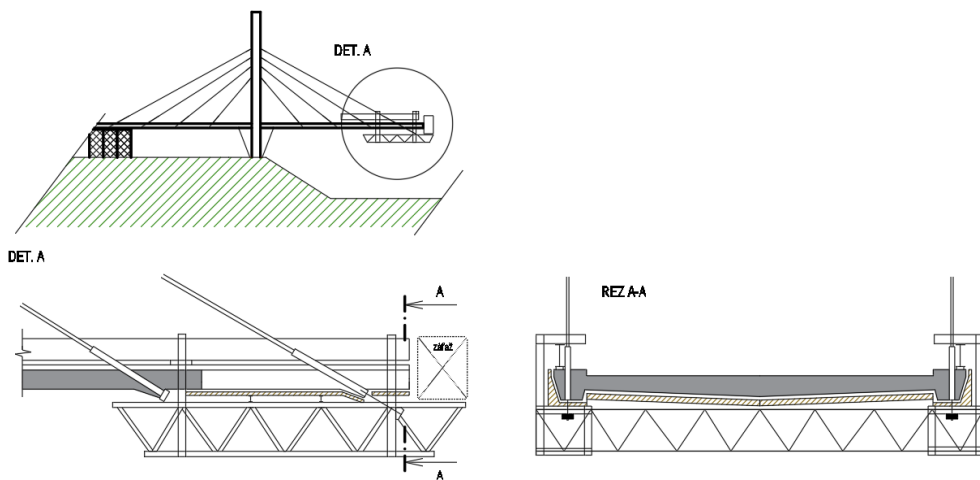
Obr. 106 Postup výstavby dvoj etapovou letmou betonážou prípojnej estakády mosta Lafranconi v Bratislave

Podrobný postup podľa schémy na obr. 106:

- 1) Ukotvenie spodného debnenia na zárodok ťahadlami a výškové nastavenie hydraulickými lismi opretými o nosnú konštrukciu.
- 2) Vystužovanie spodnej dosky a trámov.
- 3) Debnenie a betonáž spodnej dosky a trámov

- 4) Oddebnenie trémov
- 5) Predopnutie predpínacích tyčí v hornej časti trémov, čím sa nová časť lamely stáva samonosnou. Nasleduje osadenie debniaceho vozíka hornej dosky.
- 6) Betonáž hornej dosky.
- 7) Predopnutie novej lamely predpínacími káblami a zasunutie debniaceho vozíka.
- 8) Na vybetónovanú dosku sa položí presuvný mechanizmus, na ktorý sa zavesí spodná debniaca plošina. Hydraulické lisy v zadnej časti sa uvoľnia.
- 9) Presun betonážneho vozíka do ďalšej polohy. Presun debniaceho vozíka hornej dosky o lamelu dopredu.
- 10) Ďalšia fáza je rovnaká ako bola fáza 1.

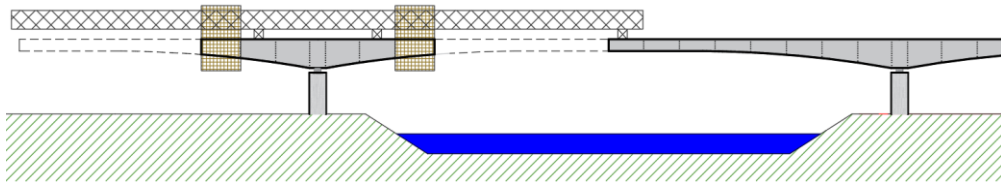
Betonážne vozíky so spodnou rámovou konštrukciou sa často používa aj pri výstavbe oblúkových a zavesených mostov, keďže nedochádza ku kolízii s dočasnými, alebo trvalými závesmi (obr.107).



Obr. 107 Schéma betonážneho vozíka pre betonáž zavesených mostov

6.2.3. Betonážne vozíky s podporným trémom

Ojedinele sa pri výstavbe mostov technológiou letmej betonáže používa podporný trém nesúci debnenie lamiel, ktorý uľahčuje presun debnenia na ďalšie vahadlo. Princíp spočíva v oceľovom nosnom tréme, ktorý je umiestnený nad mostovkou a má dostatočnú dĺžku na preklopenie vzdialenosti medzi dokončeným vahadlom a nasledovným pilierom (cca 1,5 násobok dĺžky mostného poľa). Táto technológia je použiteľná do max. rozpätia 100 až 120 metrov. Debnenie pre betonáž lamely má dĺžku až 10 – 12 metrov (približne dvojnásobok oproti klasickému riešeniu, čo výrazne urýchľuje výstavbu). Zárodok na pilieri môže mať minimálne rozmery, ktoré postačujú na podopretie podporného trému (možná prefabrikácia).



Obr. 108 Schéma výstavby letmou betonážou s využitím podporného trámu



Obr. 109 Výstavba letmou betonážou s využitím podporného trámu (most Kőröshegy v Maďarsku, 2005) [22].



Obr. 110 Výstavba letmou betonážou s využitím podporného trámu (fotka z prednášok doc. Zvaru, diapozitív z roku cca 1990).

Výhody letmej betonáže s podporným trámom:

- Jednoduchý prístup na budované vahadlo po už vybudovanom moste (postupuje sa postupne od prvého piliera po posledný).
- Stabilizácia vahadla je zabezpečená samotným trámom, ktorý sa opiera o už hotovú časť mosta na predošlom pilieri a zabezpečuje stabilizáciu budovaného vahadla.
- Možnosť budovať dlhšie lamely (10 -12 m) čo urýchľuje výstavbu.
- Menej predpätia v rámci konzolových káblov v prípade, keď je debnenie a tiaž čerstvého betónu prenášaná oceľovým trámom bližšie k pilieru. Vďaka dlhším betonážnym záberom je možné ušetriť aj časť kotiev predpätia.
- Presun debnenia na ďalšie vahadlo sa dá zvládnuť za pár hodín.
- Nižšie náklady na pracovnú silu a žeriavy.

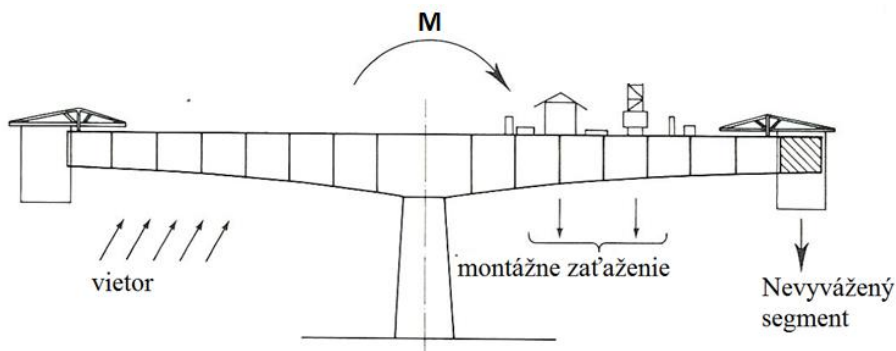
Nevýhody letmej betonáže s podporným trámom:

- Vysoká nadobúdacia cena tejto celej technológie a jej prepravy.
- Nutnosť stavať most v smere od jednej opory k druhej, čo v konečnom dôsledku môže byť pomalšie ako pri nasadení viacerých párov betonážnych vozíkov naraz na viacero vahadiel.

6.2.4. Prvky stabilizácie vahadla

Počas výstavby mosta letmou betonážou je nutné zabezpečiť stabilitu vahadla voči nevyrovnaným momentom, ktoré na ňom môžu počas výstavby vzniknúť z viacerých dôvodov ako napr.:

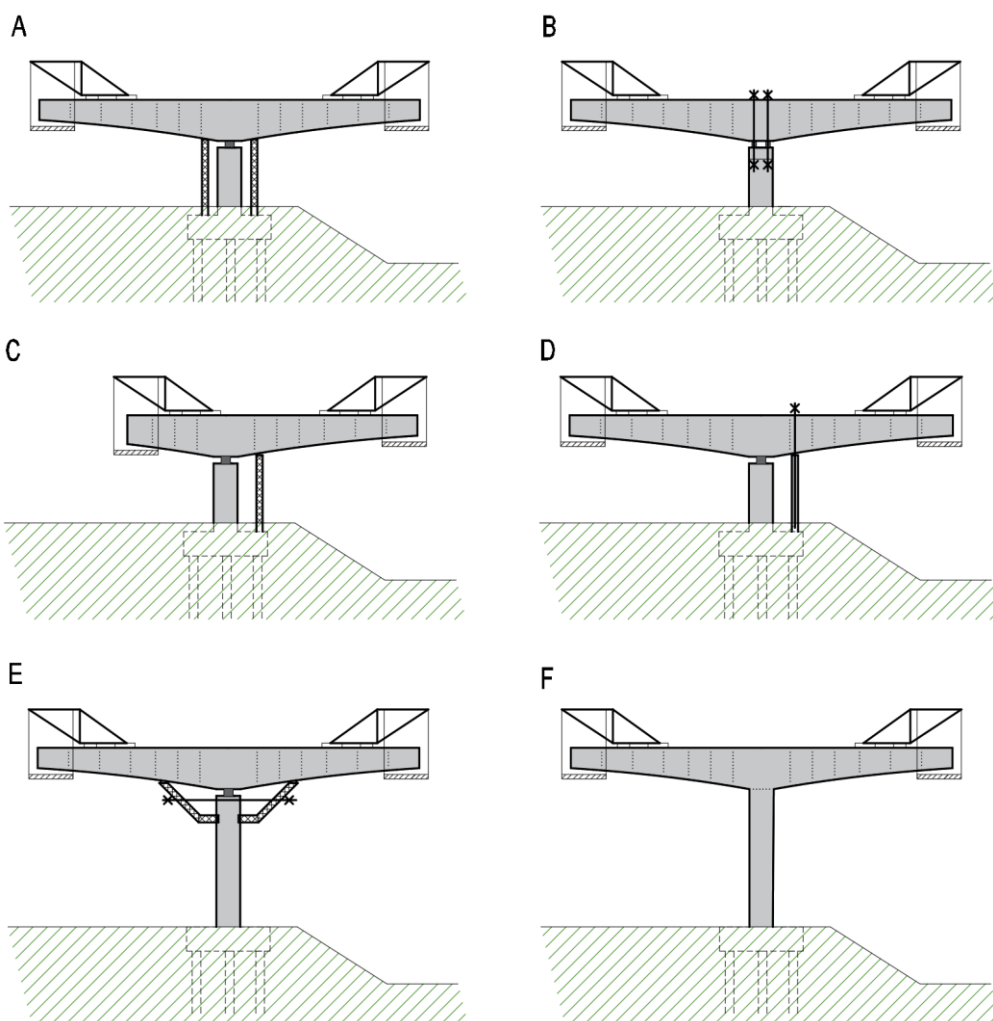
- Nerovnomerne skladovaný materiál.
- Rozdiel v množstve zabudovaného betónu (nepresnosti debnenia).
- Premiestňovanie betonážnych vozíkov.
- Nerovnomerná betonáž.
- Pôsobenie vetra.
- Mimoriadna udalosť – zrútenie jedného z betonážnych vozíkov.



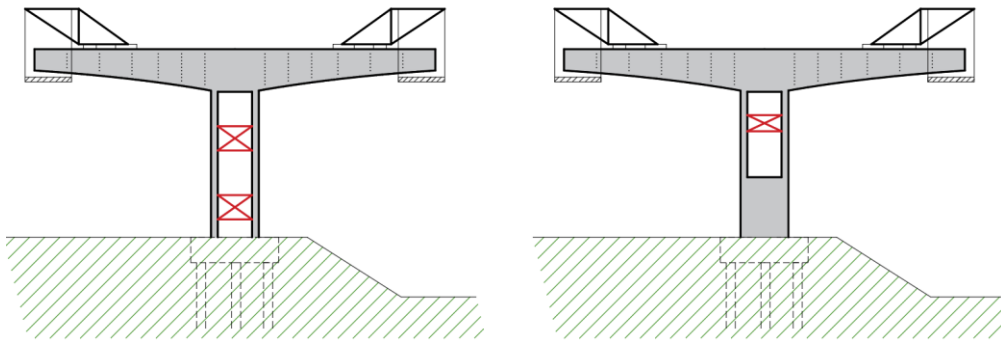
Obr. 111 Schéma možných nevyvážených zaťažení na vahadle.

Základné možnosti stabilizácie vahadla pri výstavbe mosta štandardnými betonážnymi vozíkmi sú:

- Podopretie vahadla dočasnými podperami (obr. 112-A).
- Dočasným kotvením vahadla na pilier (obr. 112-B).
- Podopretie jednou podperou pri nesymetrickej betonáži (obr. 112-C).
- Dočasné podopretie jednou kotvenou podperou (obr. 112-D).
- Podopretie oceľovou konštrukciou kotvenou do piliera (obr. 112-E).
- Trvalým rámovým prepojením hornej stavby s pilierom. (obr. 112-F).
- Zdvojením piliera, alebo jeho časti (obr. 113).



Obr. 112 Základné možnosti stabilizácie vahadla.



Obr. 113 Stabilizácia vahadla zdvojením pilierov po celej výške, alebo len hornej časti (dočasné stuženie počas výstavby oceľovou konštrukciou je vyznačené červenou farbou).

Jednou z najčastejších riešení stabilizácie vahadla je podopretie vahadla dočasnými oceľovými, alebo betónovými podperami (obr. 114), pričom podopretie môže byť symetrické, alebo asymetrické (obr. 90). Podpery sú kotvené o hornú stavbu a základ buď len montážne, alebo staticky účinne na prenos ťahových síl. Podpery sa dimenzujú na najhorší možný scenár pôsobenia zaťaženia, alebo na najhoršiu možnú mimoriadnu situáciu (zrútenie betonážneho vozíka). Je vhodné, ak sú podpery umiestnené na základe piliera, prípadne pri vysokých pilieroch sú uchytené priamo na pilier (obr. 115).



Obr. 114 Stabilizácia vahadla betónovými dočasnými piliermi opretými o zárodok vahadla (výstavba železničného mosta v Trenčíne, 2014).



Obr. 115 Stabilizácia vahadla betónovými dočasnými piliermi (vľavo) a oceľovou konštrukciou uchytenou o pilier (vpravo), výstavba diaľnice D1 na obchvate Prešova, 2021.

Pri vysokých pilieroch s dvoma líniami ložísk, ktoré na definitívnej konštrukcii zabezpečujú prenos nevyrovnaných ohybových momentov z hornej stavby na piliere, sa na stabilizáciu vahadla využíva kotvenie predpínacími tyčami. Na tento účel sú piliere v mieste hlavíc tvarované tak, aby umožnili uchytenie kotevných tyčí (obr. 116).



Obr. 116 Stabilizácia vahadla dočasným kotvením o piliere (most v rámci úseku D1: Fričovce – Svinia, 2014.)

Pri vysokých pilieroch sa často využíva rámové spojenie hornej stavby s piliermi (obr. 97). Zdvojením štíhlych pilierov sa nevyrovnaný ohybový moment preniesie do základov dvojicou osových síl a nezaťažuje driek ohybom (obr. 117). Počas výstavby je nutné tieto štíhle zdvojené piliere dočasne stužiť až do doby zmonotlnenia vahadiel.



Obr. 117 Stabilizácia vahadla rámovým spojením s piliermi – zdvojené štíhle piliere (výstavba obchvatu Prahy, Lahovice – Slivenec, 2009).

7. ZÁVER

Na Slovensku sa technológia letmej betonáže 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.

- most Lafranconi v Bratislave s max. dĺžkou konzoly až 120 metrov,
- most v Považskej Bystrici, ktorý bol jedným z prvých viacpoľových estakád v Európe typu extradossed, budovaných letmou betonážou a
- most cez veslársku dráhu pri Dunaji s rozpätím 210 metrov budovaným letmou betonážou na celý profil diaľnice.

Práve tento posledný most získal aj medzinárodné uznanie, keď v roku 2022 získal ocenenie od svetovej organizácie **fib** international na kongrese v Osle.

Na Slovensku pôsobilo a stále pôsobí mnoho odborníkov na túto technológiu či už v praxi, alebo na Technickej univerzite v Bratislave, ktorá sa spolupodieľala pri statických prepočtoch všetkých vyššie spomenutých mostov.



PodĎakovanie.

Za vecné pripomienky patrí vĎaka vĎetkým recenzentom knihy: prof. Ing. Jaroslavovi Halvoníkovi, PhD. – STU Bratislava, prof. Ing. Martinovi Moravčíkovi, PhD. – ŽU Žilina, Ing. Richardovi Púčekovi – Váhostav a.s., Ing. Petrovi Pažmovi, PhD. – Doprastav a.s.

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

Táto práca bola podporovaná výskumným projektom VEGA 1/0645/20.

QR kódy:

Online prístupné videá z názornujúce princíp technológie letmej betonáže



Záznam z exkurzie pri Prešove – časť mostov sa budovala technológiou letmej betonáže.



8. Použitá literatúra

[1] Mathivat J.: The cantilever construction of prestressed concrete bridges, John Wiley & Sons Ltd., ISBN 0-471-10343-8, Hampshire, 1983

[2] https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Ponte_Herval_1931.png

[3] Takács P. F.: Deformations in Concrete Cantilever Bridges: Observations and Theoretical Modelling, doctoral thesis, Norway, 2002

[4] Sigmund Pettersen, 2006,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mj%C3%B8sund_Bridge.jpg

[5] *Association Eugène Freyssinet.*

[6] 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.

[7] A. Laky, A. Rengevič: Betónové mosty na Slovensku, Alfa, ISBN 80-05-00151-7, Bratislava 1988.

[8] 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.

[9] T. Jávora, L. Borovička: Nové metódy v navrhovaní a stavbe mostov, Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry, ISBN 63-061-67, Bratislava, 1967.

[10] T. Šefčík, G. Tevec: Diaľničný most cez Dunaj v Bratislave pri Lafranconi, Inžinierské stavby 3-4, Alfa, Bratislava, 1990

[11] M. Maťaščík, K. Táborská, M. Chandoga: Mestská estakáda v Považskej Bystrici, Inžinierske stavby 6, JAGA, ISSN 1335-0846. Bratislava, 2013

[12] M. Maťaščík, K. Táborská, P. Ďuriš: Mestská estakáda v Považskej Bystrici, Inžinierske stavby 2, JAGA, Bratislava, 2010

[13] G. Tevec: Betonárske vozíky pri letmej betonáži mosta v Považskej Bystrici, Inžinierske stavby 2, JAGA, Bratislava, 2010

[14] J. Guoth, A. Chalupec, J. Kvasna: Most cez Hron a potok Lutilla na rýchlostnej ceste R1 Žarnovica – Šášovské Podhradie, Inžinierske stavby 2, JAGA, ISSN 1335-0846, Bratislava, 2010

- [15] P. Púček, J. Mariňák: Most Valy – najvyšší most na Slovensku, Inžinierske stavby 4, JAGA, ISSN 1335-0846, Bratislava, 2018
- [16] Š. Choma, F. Brliť: Nový železničný most cez Váh v Trenčíne, Inžinierske stavby 4, JAGA, ISSN 1335-0846, Bratislava, 2018
- [17] M. Chandoga, A. Jaroševič, L. Čerňanský, Ľ. Hrnčiar, R. Púček, J. Mariňák: Prvý letmo betónovaný most s elektricky izolovaným predpätím na Slovensku, Inžinierske stavby 4, JAGA, ISSN 1335-0846, Bratislava, 2018
- [18] P. Ďuriš, P. Pažma: Nový železničný most nad Nosickou priehradou a realizácia extradosových káblov, Inžinierske stavby 2, JAGA, ISSN 1335-0846, Bratislava, 2022
- [19] Ľ. Naď, V. Chomová, J. V. Candel, L. M. Tereso, W. Włodzimirski, A. Chalupiec, J. Kopčák, R. Merino: PPP projekt D4R7 – súčasť nultého obchvatu mesta Bratislavy, Inžinierske stavby 4, JAGA, ISSN 1335-0846, Bratislava, 2018
- [20] A. Chalupiec, M. Ondroš, P. Novotný: Most nad veslárskou dráhou na diaľnici D4, Inžinierske stavby 2, JAGA, ISSN 1335-0846, Bratislava, 2022
- [21] <https://www.nrsas.com/bridgebuilder-formtraveller/>
- [22] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:K%C5%91r%C3%B6shegy_viaduct_05.JPG
- [23] M. Rosignoli: Bridge construction equipment, ICE Publishing, ISBN 978-0-7277-5808-8, London, 2013
- [24] J. Stráský: Betónové mosty, ČKAIT, ISBN 80-86426-05-X, Praha, 2001
- [25] M. Moravčík: Navrhovanie predpätých konštrukcií podľa európskych noriem, ISBN 978-80-554-1354-9, Žilina, 2017
- [26] STN EN 1992-2: Navrhovanie betónových konštrukcií, časť 2: Betónové mosty, navrhovanie a konštruovanie.
- [27] Ľ. Naď, G. Fernandez Leon, T. Bežilla: D4R7 – nultý obchvat Bratislavy je v prevádzke, všeobecný prehľad projektu, Inžinierske stavby 2, JAGA, Bratislava, 2022
- [28] J. M. Simon-Talero Munoz, R. Merino Martinez, A. Carriazo Lara, J. Dominguez Martinez, D. Walias Sanchez, W. Włodzimirski, L. Martin-Tereso Lopez: Lužný most – most cez Dunaj a východná príjazdová estakáda, Inžinierske stavby 2, JAGA, Bratislava, 2022
- [29] J. Kopčák, V. Suchar, D. Oravec, P. Novotny: Most na diaľnici D4 nad Jaroveckým ramenom, Inžinierske stavby 2, JAGA, ISSN 1335-0846, Bratislava, 2022

9. Použité symboly a značky

| | |
|-----------------|---|
| t | čas (všeobecne) |
| t_c | čas spojenia konzol letmej betonáže (zmonolitnenia) |
| M_k | Ohybový moment vo votknutí konzoly pri letmej betonáži |
| M_{kn} | Ohybový moment vo votknutí konzoly na staticky neurčitej konštrukcii (obojustranne votknutý nosník) |
| M_{kf} | Ohybový moment vo votknutí konzoly po určitom čase po spojení konzol letmej betonáže (po zmonolitnení). |
| M_p | Ohybový moment v strede poľa |
| M_{pn} | Ohybový moment v strede poľa na staticky neurčitej konštrukcii (obojustranne votknutý nosník) |
| M_{pf} | Ohybový moment v strede poľa po určitom čase po spojení konzol letmej betonáže (po zmonolitnení). |
| $M(t)$ | Ohybový moment v čase t |
| $V(t)$ | Priečna sila v čase t |
| f | priehyb |
| ω | pootočenie |
| ε | pomerné pretvorenie |
| σ | napätie |
| E_c | modul pružnosti betónu |
| E_{ceff} | efektívny modul pružnosti betónu |
| ε_d | pomerné pretvorenie od dotvarovania betónu |
| E_{cd} | modul pretvárnosti betónu |
| E_{ceff} | efektívny modul pružnosti betónu |
| σ_1 | napätia od zaťaženia aplikovaného na statickú sústavu platnú v čase výstavby |
| σ_2 | napätia, ktoré by vznikli na konštrukcii od zaťaženia aplikovaného na finálnu statickú sústavu |
| ε_f | finálne pomerné pretvorenia |
| σ_f | finálne napätia |
| S_f | všeobecná finálna statická veličina |
| S_1 | všeobecná statická veličina od zaťaženia aplikovaného na statickú sústavu platnú v čase výstavby |
| S_2 | všeobecná statická veličina od zaťaženia aplikovaného na finálnu statickú sústavu |
| φ | súčiniteľ dotvarovania |
| χ | súčiniteľ stárnutia |

10. Vecný register

- betonážny vozík, 24, 25, 27, 29, 31, 46, 53, 54, 51, 53, 55, 57, 61, 62, 66*
čiara nadvýšenia, 43
debnenie, 57, 63, 64
deformácie, 11, 12, 34, 35, 36, 43, 44, 45, 47, 59
deviátor, 41
dočasný pylón, 73
dvojetapová letmá betonáž, 29, 62
extradosed, 18, 22, 41, 42, 43, 70
fast split assembly, 51, 52, 57
fázovanie, 51
jednoetapová letmá betonáž, 28
káble priečného predpätia, 41
káble spojitosti, 40
kĺb, 47
konzolové káble, 38
kotvenie, 39, 56, 69
- letmá betonáž, 9, 11, 23, 25, 26, 27*
nadpodperové momenty, 48
nadvýšenie, 45, 46
napätia, 34, 35, 36, 38, 59, 73
návrh geometrie, 31
ohybové momenty, 32, 33, 34, 49
podporný trám, 64
priečnik, 48
priehyb, 34, 44, 47, 73
prierez, 7, 26, 30
stabilizácia vahadla, 66, 68, 69
statické pôsobenie, 9, 33, 49
technologické časti, 50
tunelové debnenie, 57, 59
uzáver 23, 44, 60
voľne vedené káble, 40, 41
zárodok, 50, 51, 52, 53, 57, 61, 64
zmonolitnenie, 24, 60

Výhody pre členov komory



30.
VÝROČIE
OBNOVENIA SKSI
1992 - 2022

HLAVNÉ ČINNOSTI SKSI

- organizuje a vykonáva autorizačné skúšky a skúšky odbornej spôsobilosti pre stavbyvedúcich, stavebný dozor a energetickú certifikáciu,
- vydáva oprávnenia na autorizáciu a odbornú spôsobilosť,
- vedie zoznam autorizovaných inžinierov, register hostujúcich osôb a evidenciu odborne spôsobilých osôb na výkon činnosti stavbyvedúceho, stavebného dozoru a energetickú certifikáciu,
- uznáva odbornú kvalifikáciu v odbore stavebníctvo,
- organizuje odborné vzdelávacie podujatia a prípravné semináre pre autorizovaných stavebných inžinierov a tým podporuje aj celoživotné vzdelávanie odborníkov v stavebnom sektore,
- v rámci osvetovej, informačnej a poradenskej činnosti podporuje vydávanie odborných publikácií a časopisov,

HLAVNÉ VÝHODY

OCHRANA ČLENOV

Iba viac ako 4 800 osôb je oprávnených vykonávať regulované povolanie. SKSI podporuje inžinierov, obhajuje, chráni ich práva a profesijné, sociálne a hospodárske záujmy.

PROFESIJNÉ POISTENIE

Vzťahuje sa na profesijné poistenie zodpovednosti za škodu podľa § 12 zákona č. 138/1992 Zb. SKSI svojim členom zabezpečuje cez Rámcovú zmlu-

vu výhodnejšie podmienky ako pri individuálnom poistení. Členovia si môžu dohodnúť aj udržiavacie poistenie a poistenie právnických osôb. Zároveň, ak by prišlo k poistnému plneniu, poisťovňa vychádza z výšky poistného v období projektovania, nie vzniku poistnej udalosti (nevzniká časový nesúlad).

NORMY – SLUŽBA STN ON-LINE

Fyzické osoby členstvom v komore získavajú online prístup k STN normám a môžu požiadať aj o tlač všetkých noriem. Členovia, ktorí profesijne využívajú normy a citujú z noriem nemusia ohlásiť alebo si vyžiadať povolenie na citovanie.

CELOŽIVOTNÉ VZDELÁVANIE A ODBORNÉ PODUJATIA

SKSI pravidelne pripravuje pre členov vzdelávacie aktivity a odborné podujatia. Videozáznamy z online seminárov a konferencií zverejňuje na e-learningovej platforme [ERUDIO2020](#). Prostredníctvom ERUDIO2020 sa odborníci vzdelávajú aj off-line. Podporuje vzdelávacie aktivity partnerov. Členovia účasťou na vzdelávaní získavajú body v databáze.

ĎALŠIE SLUŽBY PRE ČLENOV SKSI

Špeciálna ponuka financovania osobných a úžitkových vozidiel do 3,5 t a technológií. Sprostredkúva pre svojich členov aj ďalšie formy poistenia, ktoré sú nad rámec profesijného poistenia. Ponúka aj benefity súvisiace s výkonom profesie v stavebnom odbore.

Tradícia Kvalita Profesionalita



Doprastav

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



www.vahostav-sk.sk



ZODPOVEDNÝ ZHOTOVITEĽ INŽINIERSKÝCH STAVIEB

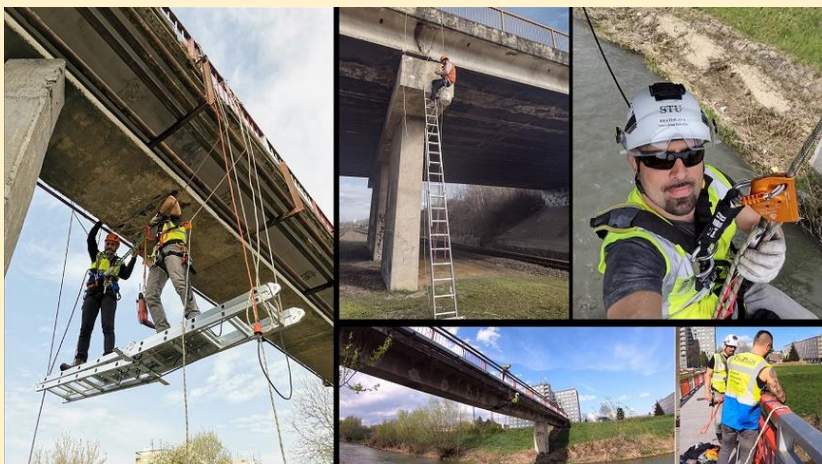
CESTY - MOSTY - TUNELY - ŽELEZNICE - VODNÉ STAVBY - VODOVODY - KANALIZÁCIE - ČOV

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
www.proponti.sk

