

**Ministerstvo dopravy SR
Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií**

TP 027

**TECHNICKÉ PODMIENKY
NAVRHOVANIE ZOSILNENIA BETÓNOVÝCH MOSTOV
A SANÁCIE BETÓNOVÝCH KONŠTRUKCIÍ**

účinnosť od: 15. 10. 2025

OBSAH

1	Úvodná kapitola	4
1.1	Vzájomné uznávanie	4
1.2	Predmet Technických podmienok (TP)	4
1.3	Účel TP	4
1.4	Použitie TP	4
1.5	Vypracovanie TP	4
1.6	Distribúcia TP	5
1.7	Účinnosť TP	5
1.8	Nahradenie predchádzajúcich predpisov	5
1.9	Súvisiace a citované právne predpisy	5
1.10	Súvisiace a citované normy	5
1.11	Súvisiace a citované Technické predpisy rezortu	7
1.12	Súvisiace zahraničné predpisy	7
1.13	Použitá literatúra	7
1.14	Použité skratky	8
2	Opravy a ochrana betónových konštrukcií podľa STN EN 1504	9
3	Spôsoby zosilnenia betónových mostov	10
3.1	Všeobecne	10
3.2	Najčastejšie používané spôsoby zosilnenia mostov	11
3.2.1	Zosilňovanie zmenšením rozpätia a pridaním nosných prvkov	11
3.2.2	Zosilnenie zväčšením betónového prierezu s prídavným vystužením	11
3.2.3	Zosilnenie nepredpätou oceľovou výstužou	12
3.2.4	Zosilnenie voľne vedenou predpätou výstužou	12
3.2.5	Zosilňovanie pomocou CFRP lamiel a CF tkanín	13
4	Sanačné práce súvisiace s realizáciou zosilnenia	13
4.1	Všeobecne	13
4.2	Obnova betónového prierezu	14
4.3	Obnovenie spolupôsobenia výstuže s betónom pri reprofilácii	15
4.4	Sanácia trhlín	15
4.5	Sekundárna ochrana betónu	16
4.6	Ochrana výstuže inhibítormi korózie	16
4.7	Realkalizácia betónu	16
4.8	Extrakcia chloridov	16
4.9	Katodická ochrana	17
5	Podklady pre návrh zosilnenia	17
5.1	Všeobecne	17
5.2	Diagnostický prieskum	17
5.3	Monitorovanie konštrukcie	17
5.4	Zaťažovacie skúšky	18
5.5	Stanovenie zaťažiteľnosti	18
5.6	Posúdenie životnosti konštrukcie	18
5.7	Východiská návrhu zosilnenia	18
6	Postup pri výbere optimálneho spôsobu zosilnenia	19
7	Návrh zosilnenia betónových mostov podľa platných STN, STN EN, TPR	20
7.1	Všeobecne	20
7.2	Zosilňovanie zmenšením rozpätia a pridaním nosných prvkov	21
7.3	Zosilňovanie dodatočne betónovanou spriahnutou vrstvou	21
7.4	Zosilňovanie nepredpätou oceľovou výstužou	22
7.5	Zosilňovanie voľne vedenou predpätou výstužou	23
7.6	Zosilňovanie pomocou CFRP lamiel a CF tkanín	24
8	Požiadavky na projektovú dokumentáciu	24
8.1	Všeobecne	24
8.2	Štúdia návrhu zosilnenia	25
8.3	Technická správa (TS)	25
8.4	Statický výpočet	25
8.5	Výkresová dokumentácia	25
8.6	Technicko-kvalitatívne podmienky (TKP)	25
8.7	Zvláštne technicko-kvalitatívne podmienky (ZTKP)	25
8.8	Manuál užívania mosta	26

PRÍLOHA 1 Príprava povrchu, úprava betónových povrchov, odstránenie betónových konštrukcií, rezanie betónov	27
P 1.1 Všeobecne.....	27
P 1.2 Použitie technológie vysokotlakového vodného lúča (VVL) pri odstraňovaní betónu a úprave betónových povrchov.....	28
P 1.3 Prípravné práce pred aplikáciou technológie VVL	30
P 1.4 Overovanie kvalitatívnych parametrov pri použití technológie VVL	30
P 1.5 Bezpečnosť pri práci pri použití technológie VVL.....	31

1 Úvodná kapitola

1.1 Vzájomné uznávanie

V prípadoch, kedy táto špecifikácia stanovuje požiadavku na zhodu s ktoroukoľvek časťou slovenskej normy ("Slovenská technická norma") alebo inej technickej špecifikácie, možno túto požiadavku splniť zaistením súladu s:

- (a) normou alebo kódexom osvedčených postupov vydaných vnútroštátnym normalizačným orgánom alebo rovnocenným orgánom niektorého zo štátov EHP a Turecka;
- (b) ktoroukoľvek medzinárodnou normou, ktorú niektorý zo štátov EHP a Turecka uznáva ako normu alebo kódex osvedčených postupov;
- (c) technickou špecifikáciou, ktorú verejný orgán niektorého zo štátov EHP a Turecka uznáva ako normu; alebo
- (d) európskym technickým posúdením vydaným v súlade s postupom stanoveným v nariadení Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 305/2011 z 9. marca 2011, ktorým sa ustanovujú harmonizované podmienky uvádzania stavebných výrobkov na trh a ktorým sa zrušuje smernica Rady 89/106/EHS v platnom znení.

Vyššie uvedené pododseky sa nebudú uplatňovať, ak sa preukáže, že dotknutá norma nezaručuje náležitú úroveň funkčnosti a bezpečnosti.

„Štát EHP“ znamená štát, ktorý je zmluvnou stranou dohody o Európskom hospodárskom priestore podpísanej v meste Porto dňa 2. mája 1992, v aktuálne platnom znení.

“Slovenská norma” (“Slovenská technická norma”) predstavuje akúkoľvek normu vydanú Úradom pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky vrátane prevzatých európskych, medzinárodných alebo zahraničných noriem.

1.2 Predmet Technických podmienok (TP)

Predmetom týchto TP sú postupy, ktoré sa majú dodržiavať pri navrhovaní zosilnenia existujúcich mostov zo železobetónu a predpätého betónu vrátane postupov pri sanačných prácach. TP stanovujú tiež podmienky využitia vysokotlakového vodného lúča pri odstraňovaní a úpravách betónových konštrukcií a úpravy betónových povrchov pre všetky betónové konštrukcie.

1.3 Účel TP

Účelom týchto TP je stanoviť postupy a požiadavky pri navrhovaní zosilnenia prevádzkovaných mostov zo železobetónu a predpätého betónu a požiadavky na postupy pri sanačných prácach a odstraňovaní a náhrade betónových stavebných konštrukcií.

1.4 Použitie TP

Tieto TP sú určené pre objednávateľov a zhotoviteľov projektovej dokumentácie (PD) pre opravy a rekonštrukcie mostov, ktorých súčasťou je zosilnenie nosnej konštrukcie mosta. TP ďalej definujú použitie technológie VVL pri odstraňovaní betónových konštrukcií a úpravy betónových povrchov pre všetky betónové konštrukcie alebo ich časti ako sú tunelové objekty, CB vozovky, geotechnické konštrukcie, protihlukové steny a iné inžinierske stavby pozemných komunikácií, ako aj pre betónové prvky/časti ich príslušenstva a vybavenie.

1.5 Vypracovanie TP

Tieto TP na základe objednávky Slovenskej správy ciest (SSC) vypracovala spoločnosť VUIS – CESTY, spol. s r. o., Vlčie hrdlo 1, 821 07 Bratislava.

Zodpovední spracovatelia:

Ing. Juraj Oreský, PhD., tel. č.: +421 2 54771332 a/alebo mobil +421 903 234 230,
e-mail: oresky@vuis-cesty.sk;

Ing. Adrián Fonód, PhD., tel. č.: +421 2 54771332 a/alebo mobil +421 903 241 552,
e-mail: fonod@vuis-cesty.sk;

prof. Ing. Viktor Borzovič, PhD., e-mail: 4887@clen.sksi.sk;

prof. Ing. Jaroslav Halvonik, PhD., e-mail: 3917@clen.sksi.sk.

1.6 Distribúcia TP

Elektronická verzia TP sa po schválení zverejní na webovom sídle SSC: www.ssc.sk (Technické predpisy rezortu).

1.7 Účinnosť TP

Tieto TP nadobúdajú účinnosť dňom uvedeným na titulnej strane.

1.8 Nahradenie predchádzajúcich predpisov

Tieto TP nahrádzajú TP 027 Navrhovanie zosilnenia betónových mostov, MDPT SR: 2008 v celom rozsahu.

1.9 Súvisiace a citované právne predpisy

- [Z1] Zákon č. 133/2013 Z. z. o stavebných výrobkoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z2] zákon č. 135/1961 Zb. o pozemných komunikáciách (cestný zákon) v znení neskorších predpisov;
- [Z3] zákon č. 25/2025 Z. z. o zmene a doplnení niektorých zákonov (Stavebný zákon);
- [Z4] vyhláška Federálneho ministerstva dopravy č. 35/1984 Zb., ktorou sa vykonáva zákon o pozemných komunikáciách (cestný zákon);
- [Z5] nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 305/2011 z 9. marca 2011, ktorým sa ustanovujú harmonizované podmienky uvádzania stavebných výrobkov na trh a ktorým sa zrušuje smernica Rady 89/106/EHS v platnom znení;
- [Z6] nariadenie Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 2016/425 z 9. marca 2016 o osobných ochranných prostriedkoch a o zrušení smernice Rady 89/686/EHS;
- [Z7] zákon č. 79/2015 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov (ďalej len "zákon o odpadoch");
- [Z8] vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 344/2022 Z. z. o stavebných odpadoch a odpadoch z demolácií (ďalej len "vyhláška o stavebných odpadoch a odpadoch z demolácií");
- [Z9] zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon) v znení neskorších predpisov (ďalej len "vodný zákon");
- [Z10] vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 382/2015 Z. z. o skládkovaní odpadov a uskladnení odpadovej ortuti (ďalej len "vyhláška o skládkach odpadov");
- [Z11] vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky č. 371/2015 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia zákona o odpadoch (ďalej len "vyhláška o odpadoch");
- [Z12] vyhláška Úradu pre územné plánovanie a výstavbu Slovenskej republiky č. 60/2025 Z. z., o štruktúre a prevádzke informačného systému územného plánovania a výstavby, o obsahu podaní a obsahu a rozsahu dokumentácie stavby.

1.10 Súvisiace a citované normy

STN 73 0220	Presnosť geometrických parametrov vo výstavbe. Navrhovanie presnosti stavebných objektov
STN 73 6209	Zaťažovacie skúšky mostov
STN 73 6242	Vozovky na mostoch pozemných komunikácií. Navrhovanie a požiadavky na materiály
STN EN 12390-1 (73 1302)	Skúšanie zatvrdnutého betónu. Časť 1: Tvar, rozmery a iné požiadavky na skúšobné telesá
STN EN 12390-2 (73 1302)	Skúšanie zatvrdnutého betónu. Časť 2: Výroba a príprava skúšobných telies na skúšky pevnosti
STN EN 12390-3 (73 1302)	Skúšanie zatvrdnutého betónu. Časť 3: Pevnosť v tlaku skúšobných telies
STN EN 12390-5 (73 1302)	Skúšanie zatvrdnutého betónu. Časť 5: Pevnosť v ťahu pri ohybe skúšobných telies
STN EN 12390-7 (73 1302)	Skúšanie zatvrdnutého betónu. Časť 7: Objemová hmotnosť zatvrdnutého betónu
STN EN 206+A2	Betón. Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda

(73 2403)	
STN EN 1992-1-1+A1	Eurokód 2. Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy (Konsolidovaný text)
(73 1201)	
STN EN 1992-2	Eurokód 2: Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 2: Betónové mosty
(73 6206)	
STN EN 1992-4	Eurokód 2. Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 4: Navrhovanie kotvenia do betónu
(2018)	
STN EN 13670	Zhotovovanie betónových konštrukcií
(73 2400)	
STN EN 447	Injektážna malta na predpínaciu výstuž. Základné požiadavky
(72 2431)	
STN EN 10080	Oceľ na vystuženie betónu. Zvariteľná oceľová výstuž. Všeobecne
421 039	
STN EN 1504-1	Výrobky a systémy na ochranu a opravu betónových konštrukcií. Definície, požiadavky, riadenie kvality a hodnotenie zhody. Časť 1: Definície
(73 2101)	
STN EN 1504-2	Výrobky a systémy na ochranu a opravu betónových konštrukcií. Definície, požiadavky, riadenie kvality a hodnotenie zhody. Časť 2: Systémy na ochranu povrchu betónu
(73 2101)	
STN EN 1504-3	Výrobky a systémy na ochranu a opravu betónových konštrukcií. Definície, požiadavky, riadenie kvality a hodnotenie zhody. Časť 3: Opravy s nosnou funkciou a bez nosnej funkcie
(73 2101)	
STN EN 1504-4	Výrobky a systémy na ochranu a opravu betónových konštrukcií. Definície, požiadavky, riadenie kvality a hodnotenie zhody. Časť 4: Konštrukčné lepenie
(73 2101)	
STN EN 1504-5	Výrobky a systémy na ochranu a opravu betónových konštrukcií. Definície, požiadavky, riadenie kvality a hodnotenie zhody. Časť 5: Injektáž betónu
(73 2101)	
STN EN 1504-6	Výrobky a systémy na ochranu a opravu betónových konštrukcií. Definície, požiadavky, riadenie kvality a hodnotenie zhody. Časť 6: Kotvenie výstužných oceľových prútov
(73 2101)	
STN EN 1504-7	Výrobky a systémy na ochranu a opravu betónových konštrukcií. Definície, požiadavky, riadenie kvality a hodnotenie zhody. Časť 7: Protikoročná ochrana výstuže
(73 2101)	
STN EN 1504-8	Výrobky a systémy na ochranu a opravu betónových konštrukcií. Definície, požiadavky, riadenie kvality a hodnotenie zhody. Časť 8: Kontrola kvality a hodnotenie zhody
(73 2101)	
STN EN 1504-10	Výrobky a systémy na ochranu a opravu betónových konštrukcií. Definície, požiadavky, riadenie kvality a hodnotenie zhody Časť 10: Používanie výrobkov a systémov na stavbe, kontrola kvality vyhotovenia
(73 2101)	
STN EN 1542	Výrobky a systémy na ochranu a opravu betónových konštrukcií. Skúšobné metódy. Meranie prídržnosti pri odtrhových skúškach
(73 2115)	
STN EN 12504	Skúšanie betónu v konštrukciách (celý súbor noriem)
(73 1303)	
STN EN 13036-1	Povrchové vlastnosti vozoviek a letiskových plôch. Skúšobné metódy. Časť 1: Meranie hĺbky makrotextúry povrchu vozovky odmernou metódou
(73 6171)	
STN EN 13036-7	Povrchové vlastnosti vozoviek. Skúšobné metódy. Časť 7: Meranie nerovnosti vrstiev vozovky latou
(73 6171)	
STN EN 13 306	Údržba. Terminológia údržby.
(95 0101)	
STN EN 13892-2	Skúšobné metódy na poterové malty a poterové hmoty. Časť 2: Stanovenie pevnosti v tlaku a v ťahu pri ohybe
(72 2482)	
STN EN 15050+A1	Betónové prefabrikáty. Mostné dielce (Konsolidovaný text)
(72 3017)	
STN EN 1829-1	Vysokotlakové vodné dýzové stroje. Požiadavky na bezpečnosť. Časť 1: Stroje
(11 0162)	
STN EN 1829-2	Vysokotlakové vodné dýzové stroje. Požiadavky na bezpečnosť. Časť 2: Hadice, hadicové potrubia a spoje
(11 0162)	
STN EN ISO 14040	Environmentálne manažérstvo. Posudzovanie životného cyklu. Princípy a štruktúra (ISO 14040: 2006)
(83 9040)	

STN EN ISO 8501-4 (03 8223)	Príprava oceľových podkladov pred nanesením náterových látok a podobných výrobkov. Vizuálne posudzovanie čistoty povrchu. Časť 4: Začiatkový stav povrchu, stupne prípravy povrchu a stupne korózie v spojení s použitím vysokotlakového vodného lúča (ISO 8501-4: 2020)
STN EN ISO 1402 (65 5414)	Gumové a plastové hadice a hadice s koncovkami. Hydrostatické skúšanie (ISO 1402: 2021)

Poznámka: Súvisiace a citované normy v platnom znení vrátane dodatkov a národných príloh.

1.11 Súvisiace a citované Technické predpisy rezortu

[T1]	TP 019	Dokumentácia stavieb ciest
[T2]	TP 026	Sekundárna ochrana betónových konštrukcií
[T3]	TP 059	Zadávanie a výkon diagnostiky mostov
[T4]	TP 060	Prehliadky, údržba a opravy cestných komunikácií. Mosty
[T5]	TP 061	Katalóg porúch mostných objektov na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I., II., a III. triedy
[T6]	TP 068	Protikorózna ochrana oceľových konštrukcií mostov
[T7]	TP 075	Evidencia cestných mostov a lávok
[T8]	TP 076	Monitorovanie cestných mostov
[T9]	TP 077	Systém hospodárenia s mostami
[T10]	TP 088	Návrh rehabilitácie cementobetónových vozoviek
[T11]	TP 104	Zaťažiteľnosť cestných mostov a lávok
[T12]	TKP 15	Betónové konštrukcie všeobecne
[T13]	TKP 17	Výstuž do betónu
[T14]	TKP 18	Betón na konštrukcie
[T15]	TKP 19	Predpäté betónové konštrukcie
[T16]	TKP 21	Ochrana oceľových konštrukcií pred vodou
[T17]	TKP 22	Izolačný systém vozovky na moste
[T18]	TKP 26	Tunely
[T19]	KLMP 1/2019	Katalógové listy mostných prefabrikátov
[T20]	VL 4	Mosty

Poznámka: Súvisiace a citované Technické predpisy rezortu v platnom znení vrátane dodatkov.

1.12 Súvisiace zahraničné predpisy

[ZP1]	TR Instandhaltung;	Technische Regel Instandhaltung von Betonbauwerken: Teil 1. Anwendungsbereich und Planung der Instandhaltung, DIFB 2020, [Technické pravidlo Údržba betónových konštrukcií: Časť 1. Rozsah a plánovanie údržby]
[ZP2]	TR Instandhaltung;	Technische Regel Instandhaltung von Betonbauwerken: Teil 2. Merkmale von Produkten oder Systemen für die Instandsetzung und Regelungen für deren Verwendung, DIFB 2020, [Technické pravidlo Údržba betónových konštrukcií: Časť 2. Charakteristika výrobkov alebo systémov na opravu a predpisy na ich použitie]
[ZP3]	STLK LB 124	Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen, DIFB 2020, [Ochrana a opravy betónových prvkov]
[ZP4]	DBV-Merkblatt	Hochdruck-wasserstrahlen im Betonbau DBV 2022, [Vysokotlakové vodné lúče v betónových konštrukciách]

1.13 Použitá literatúra

- [L1] BODNÁROVÁ, L., SITEK, L., HELA, R., FOLDYNA, J. Nové možnosti technologie vysokorychlostních vodních paprsků při sanacích betonových konstrukcí [Nové možnosti technológie vysokorychlostných vodných lúčov pri sanáciách betónových konštrukcií]. BETON TKS, 2008, s. 44-49. ISSN 1213-3116
- [L2] BODNÁROVÁ, L., SITEK, L., HELA, FOLDYNA, J. New potential of high-speed water jet technology for renovating concrete structures [Nový potenciál technológie vysokorychlostného vodného lúča pre renováciu betónových konštrukcií]. Slovak Journal of Civil Engineering. Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, 2011, vol. 19, no. 2, pp. 1-7. ISSN 1210-3896

- [L3] EWJI - European Water Jetting Institute. Why use hydrodemolition [Európsky inštitút vodného lúča. Prečo používať hydrodemoláciu]. EWJI, 2022. ISSN 978-84-18761-40-9
- [L4] JANKOVIČ, P., IGIC, T., RADOVANOVIĆ, M., TURNIC, D., ZIVKOVIC, S. Applications of the abrasive water jet technique in civil engineering [Aplikácie techniky abrazívneho vodného lúča v stavebníctve]. Facta universitatis - series Architecture and Civil Engineering. University of Niš, 2019, vol. 17, no. 4, pp. 417-428. ISSN 2406-0860
- [L5] KRAJNÝ, Z. Vysokotlakový vodný lúč – WJM. Bratislava: Vydavateľstvo STU v Bratislave, 2011. ISBN 978-80-227-3535-3
- [L6] KÚSEK, P., KÚSEK, M. Búranie častí mostných konštrukcií vibračnou technikou a tak smerujeme k lacnej a neefektívnej nekvalite? Betonárske dni 2022: zborník príspevkov. Bratislava: Spektrum STU, 2022, s. 151. ISBN 978-80-227-5235-0
- [L7] KÚSEK, M. Údržba a opravy letiskových plôch vysokotlakovým vodným lúčom. Letiskové vozovky 2023: zborník príspevkov. Bratislava: Kongres STUDIO, 2023. ISBN 978-80-89565-59-7
- [L8] SITEK, L., BODNÁROVÁ, L., FOLDYNA, J., HELA, R., ŠČUČKA, J., JEKL, P., NOVÁKOVÁ, D. Pulzující rotační vodní paprsek při odstraňování povrchových vrstev [Pulzujúce rotačné vodné lúče pri odstraňovaní povrchových vrstiev]. Sanace 2007: zborník príspevkov. Brno: SSBK, 2007, s. 341–348. ISBN 1211-3700
- [L9] SITEK, L., MARTINEC, P., FOLDYNA, J., ŠČUČKA, J., BODNÁROVÁ, L., HELA, R., MÁDR, V. Ploché vodní paprsky při porušování betonu [Ploché vodné lúče pri porušovaní betónu]. Sanace 2008: zborník príspevkov. Brno: SSBK Brno, 2008, s. 416-426. ISSN 1211-3700
- [L10] BILČÍK, J., DOHNÁLEK, J. Sanace betonových konstrukcí [Sanácia betónových konštrukcií]. Bratislava: JAGA, 2003, s. 151. ISBN 80-88905-24-9
- [L11] https://www.hammelmann.com/en/products/water-jet-technology/rotor-jets/#anchor_8de040af_Accordion-Efficient-renovation-and-maintenance-of-concrete-with-the-MASTERJET
- [L12] Rozborová úloha (RÚ) Analýza možnosti použitia vysokotlakového vodného lúča pri odstraňovaní častí betónových konštrukcií a úpravy povrchu betónu. Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, 2023

1.14 Použité skratky

BOZP	Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci
CC	Cementové malty a betóny
CF	Uhlíkové vlákna
CFRP	Polyméry vystužené uhlíkovými vláknami
D	Materiál na vyplňanie trhlín v betóne schopné prispôbiť sa pohybu v trhline
F	Materiály na vyplňanie trhlín v betóne umožňujúce prenos zaťaženia
FRP	Polyméry vystužené vláknami
H	Materiály na vyplňanie trhlín v betóne s hydraulickým spojivom
MSP	Medzné stavy použiteľnosti
MSÚ	Medzné stavy únosnosti
P	Materiály na vyplňanie trhlín v betóne s reaktívnym polymérnym spojivom
PC	Polymérne malty a betóny
PCC	Polymércementové malty a betóny
PD	Projektová dokumentácia
PK	Pozemné komunikácie
S	Materiály na vyplňanie trhlín v betóne schopné v reaktívnom stave opakovane sa rozpínať
TKP	Technicko-kvalitatívne podmienky

TP	Technické podmienky
TPR	Technické predpisy rezortu
TS	Technická správa
VVL	Vysokotlakový vodný lúč

2 Opravy a ochrana betónových konštrukcií podľa STN EN 1504

STN EN 1504 (časti 1 – 10) Výrobky a systémy pre ochranu a opravy betónových konštrukcií zaviedla základné členenie výrobkov a systémov na základe tzv. princípov, ktoré predstavujú vlastne metódy prevencie, obmedzovania škodlivých účinkov a opráv porúch pre betón (princípy 1-6) a výstuž (princípy 7-11).

Prehľad princípov a metód obsahuje tabuľka 1. Tabuľka obsahuje aj zatiaľ zriedkavo využívané metódy a niektoré metódy neobsahuje vôbec. Napriek tomu sa jedná zo systémového hľadiska o dôležitý a potrebný dokumentačný prvok.

Princípy uvedené v tabuľke sú založené na fyzikálnych a chemických zákonoch, ktoré umožňujú prevenciu alebo stabilizáciu procesov degradácie betónu alebo výstužnej ocele.

Tabuľka 1 – Prehľad princípov a metód ochrany a opravy betónových konštrukcií

Princíp	Názov a definícia	Príklady metód založených na jednotlivých princípoch
Princíp č. 1	Ochrana proti vnikaniu látok Znižovanie a zabránenie vnikaniu škodlivých činiteľov (vody, pár, plynov, chemických a biologických látok)	1.1 Hydrofobizácia
		1.2 Impregnácia
		1.3 Náter
		1.4 Lokálne prekrytie trhlín - bandážovanie
		1.5 Výplň trhlín - injektáž
		1.6 Premena trhlín na dilatačné škáry
		1.7 Zhotovenie vonkajších ochranných prvkov
		1.8 Aplikácia ochranných membrán
Princíp č. 2	Ovplyvnenie vlhkosti Nastavenie a udržiavanie vlhkosti v betóne v daných medziach	2.1 Hydrofobizácia
		2.2 Impregnácia
		2.3 Náter
		2.4 Lokálne prekrytie trhlín - bandážovanie
		2.5 Elektrochemická ochrana
Princíp č. 3	Obnova betónu Obnova pôvodného betónu prvku konštrukcie do pôvodného tvaru a funkcie	3.1 Ručná aplikácia reprofilačnej malty
		3.2 Dobetónovanie sanačnej vrstvy do debnenia
		3.3 Striekané malty a betóny
		3.4 Nahradenie prvkov
Princíp č. 4	Zosilnenie konštrukcie Zvýšenie alebo obnovenie únosnosti prvku betónovej konštrukcie	4.1 Pridanie alebo nahradenie zabudovanej alebo vonkajšej výstuže
		4.2 Vlepenie výstuže do vopred vytvarovaných drážok alebo vyrezaných otvorov
		4.3 Zosilnenie lepenými výstužnými prvkami
		4.4 Pridanie spriahnutej vrstvy betónu alebo malty
		4.5 Injektáž trhlín, dutín alebo styčných škár
		4.6 Vyplnenie trhlín, dutín alebo styčných škár
		4.7 Dodatočné predopnutie

Tabuľka 1 - pokračovanie

Princíp č. 5	Zvýšenie fyzikálnej odolnosti Zvýšenie odolnosti voči fyzikálnym a mechanickým vplyvom	5.1 Nátery a povlaky
		5.2 Impregnácia
		5.3 Doplnenie maltou alebo betónom
Princíp č. 6	Zvýšenie odolnosti proti chemikáliám Zvýšenie odolnosti povrchu betónu voči degradácií chemickými vplyvmi	6.1 Náter
		6.2 Impregnácia
		6.3 Doplnenie maltou alebo betónom
Princíp č. 7	Konzervácia alebo a obnova pasivácie Vytvorenie chemických podmienok, za akých je udržiavaná alebo obnovená pasivácia povrchu výstuže	7.1 Zväčšenie hrúbky krycej vrstvy výstuže pridanou vrstvou malty alebo betónu
		7.2 Nahradenie kontaminovaného alebo karbonatizovaného betónu
		7.3 Elektrochemická realkalizácia karbonatizovaného betónu
		7.4 Realkalizácia karbonatizovaného betónu difúziou
		7.5 Elektrochemická extrakcia chloridov
Princíp č. 8	Zvýšenie elektrického odporu Zvýšenie elektrického odporu betónu	8.1 Hydrofobizácia
		8.2 Impregnácia
		8.3 Náter
Princíp č. 9	Kontrola katodických oblastí Vytvorenie podmienok, pri ktorých potenciálne katodické oblasti výstuže nemôžu vyvolať anodickú reakciu	9.1 Obmedzenie obsahu kyslíka (na katóde) impregnáciou alebo povrchovým náterom
Princíp č. 10	Katodická ochrana	10.1 Aplikácia elektrického potenciálu
Princíp č. 11	Kontrola anodických oblastí Vytvorenie podmienok, pri ktorých potenciálne anodické oblasti výstuže nie sú schopné zúčastniť sa koróznej reakcie	11.1 Nátery výstuže látkami s aktívnymi pigmentmi
		11.2 Nátery výstuže bariérovými povlakmi
		11.3 Aplikácia inhibítorov korózie na betón alebo do betónu

3 Spôsoby zosilnenia betónových mostov

3.1 Všeobecne

Zosilňovanie prevádzkovaných mostov predstavuje stavebnú činnosť, pri ktorej sa zvyšuje zaťažiteľnosť konštrukcie. Zvýšenie zaťažiteľnosti sa dosahuje zvýšením únosnosti vybraných nosných prvkov konštrukcie.

Dôvodom na zvýšenie zaťažiteľnosti je existujúca nízka zaťažiteľnosť objektu, ktorá môže mať viacero príčin. Hlavné príčiny sú:

- použitie zaťažovacích schém s nižším návrhovým zaťažením pri projektovaní objektu;
- chyba projektu;

- použitie materiálov nižšej kvality;
- chyby pri zhotovení objektu (odchýlky od projektovaných rozmerov, nesprávna funkcia vzájomných väzieb prvkov a pod.);
- zmena statickej schémy objektu oproti projektu počas prevádzky;
- degradácia materiálov a väzieb nosných prvkov (dlhodobé pôsobenie zatekania, karbonatizácia, chloridová korózia, korózia betónu spôsobená cyklami zmrazovania a rozmrazovania a pod.);
- poškodenie nosných prvkov pri haváriách, požiaroch a živelných pohromách;
- preťažovanie objektu.

3.2 Najčastejšie používané spôsoby zosilnenia mostov

Jednotlivé spôsoby zosilnenia sa uplatňujú predovšetkým v závislosti od druhu a spôsobu namáhania zosilňovaného prvku a líšia sa hlavne použitými materiálmi. Spôsoby zosilnenia sa môžu rozdeliť do nasledujúcich skupín:

- zosilnenie pridaním nosných prvkov, podpier pre dosiahnutie zmenšenia rozpätia alebo dosiahnutie zmeny statickej schémy (kap. 3.2.1);
- zosilnenie zväčšením betónového prierezu s prídavným vystužením (kap. 3.2.2);
- zosilnenie prídavnou nepredpätou oceľovou výstužou (kap. 3.2.3);
- zosilnenie voľne vedenou predpätou výstužou (kap. 3.2.4);
- zosilnenie pomocou CFRP lamíel a CF tkanín z uhlíkových vlákien (kap. 3.2.5).

3.2.1 Zosilňovanie zmenšením rozpätia a pridaním nosných prvkov

Tento spôsob zvýšenia zaťažiteľnosti predstavujú napr. pridané medzilahlé podpory, pomocou ktorých sa zväčší počet polí a zmenší sa ich rozpätie. Pribeh ohybových momentov a šmykových síl na zmenenej statickej schéme je závislý od toho, aké veľké reakcie sa pomocou prídavného podopretia vnesú do konštrukcie. Vhodné je riešenie, pri ktorom sa dosiahne taký pribeh ohybových momentov, že pri posúdení kritické prierezy vyhovujú bez nutnosti zosilnenia.

Korekcia priebehu vnútorných síl sa môže dosiahnuť aj zvýšením alebo znížením polohy podopretia staticky neurčitej nosnej konštrukcie (polohy ložísk). Táto zmena polohy sa môže vykonať iba po dôkladnej deformačnej a napätostnej analýze existujúceho stavu a stavu po navrhnutej úprave. Zmenu nivelety konštrukcie je potrebné počas úpravy sústavne kontrolovať a odporúča sa tiež kontrolovať zmenu napätí v prierezoch pomocou merania pomerných pretvorení.

Zmena vnútorných síl sa dá tiež dosiahnuť zmenou statickej schémy, napr. zmonolitnením kĺbov v strede rozpätia mosta a jeho premena na spojitú pole (napr. letné betonáže z 50. a 60. rokov 20. storočia).

Pri zosilňovaní trámových mostov sa môžu použiť dodatočne zabudované betónové alebo oceľové prvky. Pomocou nich sa zmenší rozpätie dosiek medzi trámami a zmenší sa namáhanie trámov. Súčasťou statického návrhu zosilnenia je riešenie spolupôsobenia dosky s pridanými prvkami (napr. pomocou spriahajúcej výstuže, kotiev, svorníkov a pod.).

3.2.2 Zosilnenie zväčšením betónového prierezu s prídavným vystužením

Zosilnenie dodatočne pridanou vystuženou alebo nevystuženou betónovou vrstvou sa môže uplatniť napr. pri doskových, trámových, stĺpových a stenových prvkoch.

Vodorovnou pridanou spriahnutou vrstvou sa zosilňujú doskové a nosníkové prvky monolitických doskových a trámových mostov. Spriahnutá betónová vrstva sa môže použiť aj pri zosilňovaní mostov z prefabrikovaných nosníkov.

Vzájomné spolupôsobenie novej vrstvy s pôvodným betónom sa dosahuje zdrsnením povrchu pôvodného betónu podľa veľkosti požadovaného súčiniteľa trenia a pomocou zabudovaných spriahajúcich prvkov. Ako spriahajúce prvky sa môže použiť vlepovaná betonárska výstuž alebo oceľové prvky, prikotvené k starému betónu priemyselne vyrábanými kotvami.

Na materiálové, konštrukčné i technologické riešenie takéhoto zosilnenia sú kladené zvýšené požiadavky, vyplývajúce z odlišností dodatočného betónovania spriahnutej vrstvy na starý betón oproti zhotovovaniu spriahajúcej dosky na nových konštrukciách. Jedná sa najmä o používanie betónov so zníženým hydratačným teplom a zmrašťovaním.

Pri zosilňovaní trámových prvkov sa do zväčšeného prierezu dopĺňa pozdĺžna a priečna výstuž, ktorá sa musí konštrukčne riešiť tak, aby okrem zosilnenia prvku zabezpečila i spolupôsobenie starého a nového betónu. Ako prídavná pozdĺžna výstuž sa môžu použiť i tuhé vložky. Betonáž novej vrstvy sa vykonáva buď do debnenia alebo striekaním.

Pri zosilňovaní stĺpových prvkov sa používajú rôzne spôsoby usporiadania výstuže, ktorú tvoria pozdĺžne prúty, priečna strmeňová alebo ovíjaná špirálová výstuž a iné.

Spriahnutou betónovou vrstvou sa môžu zosilniť aj zvislé steny. Výstuž pridanej vrstvy sa navrhuje vo forme siete a kotví sa do pôvodného betónu. Betonáž sa zhotovuje do debnenia alebo striekaním.

3.2.3 Zosilnenie nepredpätou oceľovou výstužou

Pri zosilnení nepredpätou oceľovou výstužou zostáva zachovaná plocha betónového prierezu a zväčšuje sa iba plocha oceľovej výstuže. Súčasťou riešenia je zabezpečenie protikorózneho ochrany, ktoré sa môže vytvoriť pomocou vrstiev silikátovej alebo polymérnej malty, ochranných náterov a povlakov. Pre spoľahlivú funkciu pridanej výstuže je potrebné zabezpečiť jej spolupôsobenie s pôvodným betónovým prierezom. To sa môže dosiahnuť napr.:

- prostredníctvom adhézneho vrstvy (prilepením);
- kombináciou lepenia a ovinutia pomocou dodatočne prilepenej priečnej výstuže;
- zakotvením mechanickými alebo chemickými kotvami.

Jedným zo spôsobov zosilnenia je umiestnenie prútov betonárskej výstuže v drážkach, vytvorených v pôvodnom betóne. Priestor okolo výstužnej vložky sa vyplní polymérnou maltou, čím sa vytvorí spolupôsobenie vložky s okolitým betónom.

Potrebná ohybová i šmyková výstuž sa môže doplniť pomocou oceľových pásovín, umiestnených na povrchu doskových alebo trámových prvkov. Spolupôsobenie so zosilňovaným prvkom sa vytvára lepením po celej ploche pásovinu a kotvením pásovinu do betónu pomocou mechanických alebo chemických kotiev.

Okamžitá účinnosť pásovinu sa dosahuje jej aktiváciou, čo znamená jej napnutie pred prilepením a zakotvením. Aktivácia sa vykonáva rôznym spôsobom. Pásovinu možno napínať z jednej alebo z oboch strán pomocou šikmých alebo vodorovných tyčí, čo sa uplatňuje hlavne pri zosilňovaní trámových prvkov. Aktivačnú silu možno viesť tiež pomocou aktivačného zariadenia, ktoré sa dočasne ukotví na zosilňovaný prvok.

Stĺpové prvky štvorcového alebo obdĺžnikového prierezu sa zosilňujú pomocou vodorovných oceľových pásovín, ktoré sa upevňujú privarením na rohové uholníky.

Súčasťou riešenia zosilnenia pomocou prídavných oceľových prvkov je ich protikorózna ochrana. Táto sa rieši pomocou omietok, povlakov a náterov a ich kombináciou.

V prípade oceľových pásovín sa vždy zhotovuje ochranný náter. Ak sa na natretú pásovinu nanáša ešte ochranná omietka, krycí náter obsahuje jemné zrná kameniva, aby sa dosiahla požadovaná prídržnosť omietky.

Riešenie ochrany zosilňujúcich prvkov musí mať rovnakú účinnosť ako hrúbka krycej betónovej vrstvy, predpísaná v STN EN 1992-1-1 pre daný stupeň prostredia, typ nosného prvku, alebo konštrukcie a predpokladanú dobu užívania konštrukcie.

Úroveň namáhania prvkov počas zosilňovania sa uvažuje pomocou pomerných pretvorení konštrukčných materiálov v priereze. Preto stav pretvorenia existujúcej výstuže a betónových častí prvkov pred zosilnením sa musí určiť od príslušných účinkov zaťaženia pôsobiaceho pred a počas zosilňovania. Účinky zaťaženia, ktoré nastúpili po aktivácii zosilnenia, sa majú potom pripočítať pri overovaní odolnosti a kontrole napätosti zosilneného prvku.

3.2.4 Zosilnenie voľne vedenou predpätou výstužou

Pri zosilnení voľne vedenou predpätou výstužou sa používajú predpínacie tyče a káble z jedného alebo viacerých predpínacích lán. Použitie predpínacích tyčí je limitované ich maximálnou dĺžkou. Na zhotovenie voľne vedených káblov sa najčastejšie používajú láná s vlastnou protikoróznou ochranou typu monostrand. Voľne vedené káble je možné vytvárať aj z lán umiestnených v plastových kanálikoch, ktoré sa po predopnutí lán môžu preinjektovať cementovou maltou, alebo mazivom v prípade zachovania možnosti dopínania.

Na vedenie a kotvenie voľne vedenej predpínacej výstuže sa na konštrukcii vytvárajú kotevné bloky a deviátory (miesta zmeny smeru predpínacích jednotiek). Tieto sa zhotovia buď ako betónové bloky alebo oceľové zvárané prvky. Ich spojenie so zosilňovanou konštrukciou a prenos síl sa rieši pomocou zazubenia (vyfrézované drážky v pôvodnom betóne), mechanických a chemických kotiev a pomocou predpätých svorníkov, zhotovených z materiálu pre predpínacie tyče.

Pre protikoróznú ochranu predpätých výstuží a kotiev platia rovnaké pravidlá ako pre voľne vedené káble a tyče v novostavbách.

3.2.5 Zosilňovanie pomocou CFRP lamíel a CF tkanín

Na zosilňovanie betónových konštrukcií sa používa súdržne lepená výstuž, ktorá je buď lepená na povrch alebo blízko povrchu do vyrezaných drážok. Výstuž môže mať formu vyrobených CFRP lamíel, alebo na mieste vrstvených uhlíkových vlákien CF vo forme tkaniny.

Pre nízky modul pružnosti sa nemajú používať na zosilňovanie FRP výstuže z aramidových, bazaltových alebo sklenených vlákien, najmä ak sa kombinujú s výstužou z betonárskej alebo predpínacej ocele, ktorá je už zabudovaná v zosilňovanom prvku.

CFRP lamely a CF tkaniny majú v porovnaní s oceľovými výstužami podobný modul pružnosti, nižšiu hmotnosť a nepodliehajú korózii. Vyššia využiteľnosť mechanickej pevnosti sa dosiahne, ak sa zosilňovaný prvok pred nalepením odľahčí. Najefektívnejšie je použitie predpätých výstužných CFRP lamíel, na čo sa využívajú lamely s upravenými koncami, predpínané špeciálnymi lismi. Iný spôsob predstavuje napnutie lamely na montážnej rozpere, pomocou ktorej sa udržiava napätie počas montáže až do vytvrdnutia lepidla.

Na zosilňovanie sa môžu CFRP výstuže použiť rôznym spôsobom. Na mieste vrstvené CF tkaniny sa s výhodou používajú v prípadoch, ak sa zosilňujúci materiál upevňuje na oblé povrchy alebo zalomené plochy (napr. ovinutie stĺpov, ak tkanina vytvára pridanú priečnu výstuž). CF tkaninami sa tiež dodatočne vystužujú styky stien a dosiek komorových prierezov, styčníky prútových prvkov a podobne. CF tkaniny sa používajú aj na zosilňovanie tráv, pričom sa tkaniny lepia súčasne na bočné povrchy a spodný povrch trámu a zvyšujú šmykovú i ohybovú odolnosť.

CFRP lamely sa používajú ako prídavná výstuž na vykrytie ohybových momentov a šmykových síl v trámových, doskových a stenových prvkoch. Z lamíel sa môžu tvarovať výstužné prvky tvaru L a U s upravenými koncami, ktoré potom slúžia ako prídavná šmyková výstuž pre trámy. Predpäté CFRP lamely sa používajú na zosilňovanie doskových a trámových prvkov. CFRP lamely je možné použiť aj na ovinutie stĺpov.

FRP výstuž z uhlíkových vlákien sa môže využívať len ako ťahová výstuž.

4 Sanačné práce súvisiace s realizáciou zosilnenia

4.1 Všeobecne

Aby sa zvolený spôsob zosilnenia dal realizovať a fungoval efektívne, musí byť súčasťou návrhu opravy aj odstránenie porúch, ktoré vplyvajú na zaťažiteľnosť a životnosť konštrukcie. Je potrebné, aby sa zabezpečila funkcia v zmysle navrhutej statickej schémy konštrukcie, čo predpokladá možnosť voľnej dilatácie konštrukcie, pootočení a posunov v uložení a kĺboch, a funkcie väzieb jednotlivých prvkov (napr. v spojovacích škárách a pod.).

Pôvodné nosné prvky tvoria aj po zosilnení súčasť konštrukcie a musia mať potrebnú spoľahlivosť a trvanlivosť. Za normálnych okolností sa oceľová výstuž chráni proti korózii alkalickým prostredím betónu s hodnotou pH 12,5 – 13,5. Pasivačná funkcia betónovej vrstvy býva najčastejšie narušená pôsobením agresívnych plynov (hlavne oxidom uhličitým) a pôsobením chloridov z rozmrazovacích posypových solí. Vznikajú tak podmienky pre vznik korózie, kde ako elektrolyt pôsobí pórová voda a na procese sa podieľa aj tretí nutný komponent a to kyslík, nachádzajúci sa v póroch betónu. Ak krycia vrstva nemá dostatočnú hrúbku, musí sa jej ochranná funkcia zvýšiť vhodnou stavebnou úpravou. Rýchlosť prenikania agresívnych látok zvyšuje výskyt trhlin. Ak prostredie v krycej vrstve stratilo úplne pasivačnú schopnosť, musí sa krycia vrstva betónu odstrániť a nahradiť novou, alebo sa musí znížiť obsah agresívnych látok a obnoviť zásadité prostredie. Splnenie požiadavky na spoľahlivosť a trvanlivosť predpokladá, že v rámci opravy sa vykonajú niektoré z nasledujúcich činností:

- odstránenie poškodeného betónu (Tab. 1, metóda 7.2);
- odstránenie korózie výstuže;
- v prípade rozsiahlej poruchy krycej vrstvy obnovenie spolupôsobenia zabudovanej výstuže;
- oprava betónového prierezu na pôvodný tvar (Tab. 1, metóda 3.1, 3.2, 3.3);
- sanácia trhlín v betóne (Tab. 1, metóda 1.4, 1.5, 4.5, 4.6);
- sekundárna ochrana povrchu betónu (Tab. 1, metóda 2.1, 2.2, 5.1, 5.2, 6.1, 6.2);
- ochrana výstuže inhibítormi korózie (Tab. 1, metóda 7.4);
- elektro - chemická realkalizácia betónu (Tab. 1, metóda 7.3);
- elektro - chemická extrakcia chloridov (Tab. 1, metóda 7.5);
- katodická ochrana (Tab. 1, metóda 10.1).

4.2 Obnova betónového prierezu

Reprofilácia prierezu na pôvodný tvar predstavuje sanáciu povrchových betónových vrstiev. Je to stavebný zásah na koróziu zasiahnutej betónovej konštrukcii, cieľom ktorého je odstránenie skorodovaných častí, zastavenie ďalšieho šírenia korózie, obnova protikorózneho ochrany výstuže, predĺženie životnosti objektu a obnova estetického vzhľadu.

Pri návrhu a vykonávaní sanácie povrchových vrstiev betónovej konštrukcie je nutné dbať na to, aby oprava bola funkčná, mala zodpovedajúcu životnosť, trvalé spojenie s opravovaným povrchom, zabezpečovala dlhodobú a spoľahlivú ochranu betónu a výstuže a mala primeraný estetický vzhľad.

Na zhotovenie reprofilácie sa zásadne používa overený kompletný sanačný systém t.j. nekombinujú sa materiály rôznych systémov a rôznych výrobcov. Kompletný sanačný systém obsahuje:

- materiál na pasiváciu a ochranu výstuže, tvoriaci prípadne i spojovací mostík;
- materiál na zhotovenie spojovacieho mostíka na spojenie starý betón - sanačná hmota, výstuž - sanačná hmota;
- materiál na zhotovenie novej vrstvy (suchá betónová zmes, hrubozrnná malta, jemnozrnná malta).

Sanačné systémy jednotlivých výrobcov neobsahujú zvyčajne všetky uvedené hmoty. Najmä v prípade materiálov pre spojovací mostík sú jednotlivé funkcie kumulované. Rozhodujúcu zložku systému predstavujú sanačné malty a betóny. Podľa druhu spojiva sa delia na:

- cementové malty a betóny (CC);
- polymércementové malty a betóny (PCC);
- polymérne malty a betóny (PC).

Sanačné hmoty sa nanášajú buď ručne alebo striekaním. Základnou požiadavkou na sanačné hmoty je, aby boli kompatibilné s podkladovým betónom, t.j. fyzikálne, reologické a chemické vlastnosti musia byť vo vzťahu k vlastnostiam pôvodného podkladového betónu také, že zaručia schopnosť prenášať namáhania, vyplývajúce zo zaťaženia a objemových zmien a zabezpečia požadovanú životnosť konštrukcie vzhľadom na existujúce vplyvy prostredia počas prevádzky.

Na splnenie požiadaviek kompatibility musia materiály spĺňať kritériá v nasledujúcich parametroch:

- modul pružnosti;
- súčiniteľ teplotnej rozťažnosti;
- dotvarovanie;
- zmrašťovanie;
- chemické vlastnosti – pH, obsah škodlivých látok (chloridy, alkálie, atď.);
- priepustnosť pre kvapaliny a plyny;
- prídržnosť k podkladu.

Pri obnove pôvodného prierezu rozlišujeme tieto prípady:

- sanáciou sa iba obnovuje pôvodný tvar;
- sanáciou sa obnovuje alebo zvyšuje ochranná funkcia krycej vrstvy;
- sanáciou sa okrem obnovy krycej vrstvy obnovuje aj spolupôsobenie pôvodnej výstuže s betónom prierezu;
- sanáciou sa vytvára podklad pre pripojenie zosilňujúcej výstuže na povrch betónového prvku.

Jednotlivé prípady sa odlišujú nárokmi na druh a mechanicko-fyzikálne vlastnosti sanačných materiálov.

Prípady, kedy sa sanáciou iba obnovuje pôvodný tvar, sa vyskytuje pri nevystužených betónových povrchoch. Sanačný systém musí mať požadovanú pevnosť, príľnavosť a odolnosť voči obrusovaniu.

Prípady, kedy sa sanáciou obnovuje alebo zvyšuje ochranná funkcia krycej vrstvy, predstavuje najbežnejší prípad reprofilácie. Okrem už uvedených požiadaviek musí sanačný systém spĺňať aj ochrannú funkciu voči prenikaniu kvapalných a plyných agresívnych látok.

Ak je navyše potrebné obnoviť aj spolupôsobenie pôvodnej výstuže s betónom, vrstva sanačného materiálu sa dopĺňa vlepenou výstužou, nahradzujúcou poškodené alebo chýbajúce strmienky alebo sa použije vysokohodnotný sanačný materiál.

V prípade, že sa sanáciou vytvára podklad pre pripojenie zosilňujúcej výstuže, musí sanácia zabezpečiť dokonalé spolupôsobenie pridanej výstuže. To sa dosahuje napr. kotvením pridanej výstuže do pôvodného betónu. Ak je pridaná výstuž iba lepená na sanovaný povrch, musí mať sanačný materiál

vysokú pevnosť v ťahu a priľnavosť k podkladu. Takejto požiadavke vyhovujú polymérne sanačné hmoty.

Pri výbere reprofilačných hmôt a technológií je nutné zohľadniť aj požiadavky a podmienky na dopravu čerstvých zmesí, ich ukladanie do konštrukcie, spôsob spracovania, prípadne ošetrovania a ďalšie požiadavky.

4.3 Obnovenie spolupôsobenia výstuže s betónom pri reprofilácii

V prípadoch rozsiahlejšieho poškodenia krycej vrstvy vrátane poškodenia priečnej výstuže dochádza k porušeniu spolupôsobenia zabudovanej pozdĺžnej výstuže s betónom. Ak sa má s touto výstužou počítať ako súčasťou prierezu, musí sa spolupôsobenie čiastočne alebo úplne obnoviť. Ak sa obnoví prierez na pôvodný tvar (reprofilácia prierezu) bežnou silikátovou sanačnou hmotou, k obnoveniu spolupôsobenia dôjde iba čiastočne. Vyššia miera spolupôsobenia sa môže zabezpečiť obnovou priečnej výstuže a jej spojením s pozdĺžnou výstužou, avšak ani v tomto prípade (pri použití cementovej sanačnej malty), nedochádza k úplnej obnove pôvodnej funkcie. Úplná obnova spolupôsobenia pozdĺžnej výstuže a zlepšenie ďalších vlastností prvku (napr. odolnosť voči vzniku trhlín, obmedzenie šírk trhlín) zabezpečí použitie polymérnych sanačných mált.

4.4 Sanácia trhlín

Výskyt trhlín predstavuje na mostnej konštrukcii vždy nebezpečný jav, ktorý vyžaduje opravu. Sanáciou trhlín sa má zamedziť prenikaniu agresívnych látok k výstuži a vytvoriť pevné spojenie, prenášajúce ťahové a šmykové napätie v trhline za účelom obnovenia pôvodnej tuhosti prvku.

K základným spôsobom sanácie trhlín patria:

- prekrytie trhlín náterom;
- beztlakové plnenie trhlín;
- tlakové plnenie trhlín – injektáž;
- uzavretie trhlín predpätím.

Nátery, ktoré sa používajú na sanáciu trhlín, musia byť schopné preklenúť vzniknutú trhlinu bez porušenia ochranného filmu. Nátery obmedzujú prístup agresívnych látok, ale nemajú vplyv na tuhosť konštrukcie.

Na beztlakové plnenie trhlín a na injektáž sa používajú injektážne hmoty, ktoré sa podľa STN EN 1504-5 rozdeľujú na:

- injektážne výrobky na vyplňanie trhlín v betóne, umožňujúce prenos zaťaženia (F), hmoty a materiály schopné naviazať sa na povrch betónu a prenášať zaťaženie cez betón;
- injektážne výrobky na tvárne vyplňanie trhlín (D), pružné hmoty, schopné prispôbiť sa následnému pohybu v trhline;
- injektážne výrobky na rozpínavé vyplňanie trhlín (S), hmoty, ktoré sú schopné v reaktívnom stave opakovane sa rozpínať absorpciou vody.

Z hľadiska materiálového sa podľa STN EN 1504-5 výrobky delia na:

- injektážne výrobky s reaktívnym polymérnym spojivom (P);
- injektážne výrobky s hydraulickým spojivom (H).

Injektážne hmoty s reaktívnym spojivom predstavujú duromerové živice (epoxidové, akrylátové) a elastomerové živice (polyuretány). Injektážne hmoty s hydraulickým spojivom predstavujú cementové kaše a cementové suspenzie.

Pre návrh sanácie trhlín je dôležité poznať príčinu ich vzniku, stav z hľadiska vlhkosti. Prostredie v trhline sa hodnotí ako:

- suché – žiadna voda v trhline alebo na bokoch trhliny; migrácia vody v trhline je vylúčená počas injektáže a tvrdenia výplňového materiálu; (suchá trhlina je charakteristická tým, že farba betónu v trhline a suchého betónu je rovnaká);
- vlhké – v trhline sa nenachádza voda, nachádza sa iba na bokoch trhliny avšak bez viditeľnej vodnej vrstvy; (vlhká trhlina je charakteristická zmenenou farbou betónu na bokoch trhliny v porovnaní s betónom na povrchu);
- mokré – v trhline sa nachádza stojatá voda; (pre mokrá trhlinu je charakteristická prítomnosť kvapiek na povrchu trhliny);
- s tečúcou vodou – cez trhlinu preteká voda.

Injektáž trhlín patrí k technicky náročným druhom opráv.

4.5 Sekundárna ochrana betónu

Sekundárna ochrana betónu sa navrhuje v prípade, ak betónová krycia vrstva nedostatočne plní svoju funkciu ochrany výstuže pred koróziou. Rozlišujeme tri základné spôsoby zvýšenia ochrannej funkcie krycej betónovej vrstvy:

- impregnácia;
- vytvorenie tenkej povrchovej ochrannej vrstvy;
- sekundárna kryštalizácia betónu.

Pri impregnácii materiál prenikne do povrchových vrstiev a chráni betón pred priamymi účinkami ovzdušia, mechanickým poškodením a UV žiarením. Impregnáciou sa dosiahne hydrofóbny (voduodpuďujúci) povrch betónu.

Ochranná tenká povrchová vrstva sa zhotovuje ako náter, vytvárajúci ochranný film alebo ako ochranná omietka.

Sekundárna kryštalizácia betónu patrí k špeciálnym sanačným technológiám. Aplikované látky prenikajú do povrchovej oblasti, kde vytvárajú kryštalické novotvary, čo spôsobuje utesňovanie pórov a trhlín.

Pre sekundárnu ochranu betónu platí [T2].

4.6 Ochrana výstuže inhibítormi korózie

Inhibítory korózie sú látky, ktoré oneskorujú vznik korózie, alebo znižujú riziko jej vzniku. Z hľadiska ich pôsobenia na elektrochemický proces korózie rozdeľujeme inhibítory na katodické (potláčajú katodickú reakciu), anodické (potláčajú anodickú reakciu) a multifunkčné (potláčajú ako katodickú, tak aj anodickú časť korozívnej reakcie). Aktívne systémy inhibítorov pôsobia tak, že buď chemickou reakciou s oceľou vytvárajú ochranný film alebo sa usadzujú na povrchu ocele a vytvárajú ochrannú vrstvu. Pasívne inhibítory bránia prestupu chloridov. Pasívno–aktívne systémy predstavujú kombináciu uvedených dvoch typov.

Použitie migrujúcich inhibítorov korózie sa navrhuje v prípadoch, ak krycia vrstva betónu nie je porušená, avšak nevytvára dostatočne ochranné prostredie (je skarbonizovaná alebo má zvýšený obsah agresívnych látok). V takomto prípade sa inhibítory aplikujú na povrch betónu a penetrujú do hĺbky.

V prípade, že sa objekt nachádza v agresívnom prostredí, môžu sa inhibítory korózie použiť ako prísada do sanačných mált a betónov.

4.7 Realkalizácia betónu

Jedná sa o umele vyvolanú elektrochemickú reakciu v okolí výstuže. Obnovuje sa ňou alkalita betónu, ktorá je znížená v dôsledku karbonatizácie. Uplatňuje sa pri nej princíp obohatenia prostredia v okolí výstuže hydroxidovými iónmi, čím sa zvyšuje hodnota pH.

Pri praktickej realizácii sa na povrchu skarbonizovaného betónu vytvorí z nasiakavého materiálu vrstva, v ktorej je uložená anóda a napustený elektrolyt (najčastejšie uhličitan sodný). Katódu tvorí výstuž, nachádzajúca sa v skarbonizovanom betóne. Pôsobením jednosmerného prúdu na anódu a katódu sa v okolí katódy (výstuže) zhrusťuje koncentrácia hydroxidových iónov.

Vzhľadom na skutočnosť, že sa jedná o netradičný postup, v prípade, že sa navrhne jeho použitie, je potrebné vykonať v rámci prípravy experimentálne overenie komponentov a technologického postupu aplikácie na referenčnej ploche.

Metóda je vhodná pre použitie na plošných konštrukciách (hlavne doskách), ale aplikuje sa aj na oporných stenách a stĺpoch.

4.8 Extrakcia chloridov

Princíp a realizácia metódy sú podobné ako pri realkalizácii. Ako elektrolyt sa používa napr. suspenzia hydroxidu vápenatého. Katódou môže byť výstuž, alebo sa použije externá katóda. V našich podmienkach sú zdrojom chloridov posypové soli a pri extrakcii sa uvoľňujú sodíkové ióny, ktoré môžu reagovať s reaktívnym kamenivom, čím dochádza k tzv. alkalickej reakcii kameniva a to môže spôsobiť degradáciu betónu. Z tohto dôvodu je potrebné pre aplikáciu tejto metódy preskúmať zloženie betónu.

Vzhľadom na malé skúsenosti s touto metódou v SR, sa pred jej použitím vyžaduje experimentálne overenie vhodnosti na referenčnej ploche.

4.9 Katodická ochrana

Princíp metódy spočíva v tom, že medzi povrchom betónu a výstužou sa vytvorí permanentný elektrický potenciál, ktorý bráni prenikaniu agresívnych iónov k výstuži. Praktická realizácia predstavuje inštaláciu povrchových elektród (anód) napojených na zdroj jednosmerného prúdu. Druhú elektródu tvorí zabudovaná výstuž. Anóda musí byť z materiálu, ktorý je odolný voči vzniku korózie.

5 Podklady pre návrh zosilnenia

5.1 Všeobecne

Po rozhodnutí o oprave objektu nastáva prípravná fáza, ktorá zahŕňa zhromažďovanie dostupných informácií, vykonanie diagnostických prieskumov, dlhodobých pozorovaní a skúšok. Rozsah prípravných prác je daný najmä skutočnosťou, či existuje a je dostupná pôvodná realizačná projektová dokumentácia.

5.2 Diagnostický prieskum

Pred návrhom zosilnenia objektu je nevyhnutné vykonanie diagnostického prieskumu v primeranom rozsahu. Pre zadávanie a výkon diagnostiky mostov platí predpis [T3].

Základný diagnostický prieskum predchádza začatiu projektových prác. V prípade, že existuje pôvodná realizačná dokumentácia, úlohou diagnostického prieskumu je predovšetkým:

- skontrolovať, či prevádzkovaný objekt svojím tvarom, usporiadaním, rozmermi, spôsobom uloženia, vedením nivelety a priečnymi sklonmi, zložením vozovky, rozsahom príslušenstva zodpovedá projektu a zaznamenať odlišnosti od projektu;
- skontrolovať funkčnosť všetkých častí a prvkov objektu;
- skontrolovať, či vystuženie prierezov (množstvo, profily, tvar a poloha prútov) zodpovedá projektu a zaznamenať odlišnosti;
- skontrolovať, či kvalita použitých materiálov zodpovedá projektu a zaznamenať odlišnosti;
- preveriť stav ochrany betonárskej a predpínacej výstuže (hrúbku skarbonizovanej vrstvy, obsah chloridových iónov v krycej vrstve, úplnosť a kvalitu injektáže káblových kanálikov, stav ochrany voľne vedených káblov a zosilňujúcich prvkov);
- identifikovať, kvantifikovať a klasifikovať poruchy mostného objektu, zaznamenať ich polohu a rozsah.

Z diagnostického výskumu sa vyhotoví príslušná dokumentácia. Jej rozsah je daný požiadavkou, aby sa na jej základe mohla stanoviť zaťažiteľnosť mostu statickým výpočtom a zhotoviť projekt zosilnenia a odstránenia porúch. V rámci prieskumu sa preto môže na žiadosť objednávateľa navrhnúť technické riešenie opravy, určiť rozsah porúch a súvisiace výmery pri odporúčanom spôsobe ich odstránenia (napr. dĺžky a šírky trhlín, plocha a hrúbka zdegradovaného betónu a pod.).

V prípade, že sa nezachovala realizačná dokumentácia, je úlohou diagnostického prieskumu vykonať príslušné merania a získať podklady na zhotovenie náhradnej dokumentácie, ktorú tvoria situačné schémy, rozmerové schémy, schémy vystuženia a pod. Zároveň sa stanovujú materiálové charakteristiky betónu a výstuže s použitím nedeštruktívnych, v prípade potreby i deštruktívnych metód vrátane skúšok na odobratých vzorkách.

Na základný diagnostický prieskum nadväzuje doplnkový prieskum, ktorý môže mať niekoľko fáz. Prvá fáza doplnkového prieskumu sa vykoná vtedy, ak počas projektovania zosilnenia objektu vznikne požiadavka na nové informácie. Prípadná druhá fáza doplnkového prieskumu sa vykonáva po zahájení realizácie napr. po odkrytí neprístupných miest, vyvŕtaní kontrolných otvorov a pod. Výsledky z tejto druhej fázy prieskumu môžu významne ovplyvniť návrh a v niektorých prípadoch vyvolať zmenu koncepcie.

5.3 Monitorovanie konštrukcie

V prípade, že na mostnom objekte je zavedené dlhodobé monitorovanie objektu pomocou trvalo zabudovaných značiek a snímačov (geodetické merania priehybu sadania, nakláňania, merania pomerných pretvorení betónu, merania napätí v predpínacích kábloch a pod.), ako súčasť prípravy projektu sa vykonáva ich analýza.

Krátkodobé monitorovanie sa používa najčastejšie na potvrdenie niektorých predpokladov pôsobenia konštrukcie a pri analýze výskytu porúch, na ktoré jednorázovo vykonaný diagnostický prieskum nedal jednoznačnú odpoveď. Predstavuje opakovaný súbor meraní a pozorovaní nezaťaženej konštrukcie alebo konštrukcie s bežnou premávkou v určitom časovom intervale. Aplikuje sa meracia technika, ktorá sa spravidla natrvalo nezabuduje do konštrukcie.

Najčastejšie sa sledujú geometrické zmeny konštrukcie (priehyb a pootočenia nosnej konštrukcie, sadanie a nakláňanie opôr, posun konštrukcie v dilatáčnej škáre, posun a nakláňanie ložísk a pod.) a rozvoj porúch (prírastky dĺžok a zmeny širok trhlín, rozsah zatečenia atď.). Jedná sa o javy vyvolané zmenou alebo poruchou konštrukcie alebo zmenou vonkajšieho zaťaženia (napr. zmena teploty).

Pre monitorovanie mostov platí [T8].

5.4 Zaťažovacie skúšky

Zaťažovacie skúšky predstavujú veľmi efektívny spôsob vyšetrovania pôsobenia konštrukcie, nakoľko pri nich pôsobí na konštrukciu presne definované vonkajšie zaťaženie. Podľa druhu zaťaženia rozoznávame zaťažovacie skúšky statické a dynamické. Pri statických skúškach je zaťaženie (naložené nákladné automobily) umiestnené v určitej polohe počas stanoveného intervalu. Počas pôsobenia zaťaženia sa realizuje súbor meraní. Na most sa inštalujú meracie zariadenia a využijú sa tiež (ak sú inštalované) snímače a prístroje na dlhodobé sledovanie mosta. Zvyčajne sa štandardne vykonávajú merania:

- priehybov nosnej konštrukcie;
- sadania a nakláňania opôr;
- posunov a pootočení nosnej konštrukcie;
- širok trhlín.

K neštandardným meraniam patria:

- meranie zmeny napätosti v betóne a betonárskej výstuži pomocou pretvoreni;
- meranie zmeny napätosti v predpínacích kábloch a závesoch.

Pri dynamických skúškach sa na nosnú konštrukciu vyvodzuje dynamický impulz (prejazd vozidla cez prekážku, krátky ťah reaktívneho motora). Jeho odozva (kontinuálne zaznamenávané amplitúdy a frekvencie kmitania vybraných bodov konštrukcie) sa sleduje snímačmi.

Na základe výsledkov meraní a analýzy dynamických skúšok sa overujú vlastnosti konštrukcie. Predpokladá sa vypracovanie dynamickej analýzy konštrukcie a výsledky sa musia spoľahlivo interpretovať z hľadiska skutočných vlastností konštrukcie alebo vzniknutých porúch.

Pre zaťažovacie skúšky platí STN 73 6209.

5.5 Stanovenie zaťažiteľnosti

Stanovenie zaťažiteľnosti pri návrhu zosilnenia má za úlohu preukázať a zdôvodniť potrebný rozsah zosilnenia. Zaťažiteľnosť sa stanovuje presným statickým výpočtom.

Pre výpočet zaťažiteľnosti platí [T11].

5.6 Posúdenie životnosti konštrukcie

Dôležitou súčasťou prípravných prác pred návrhom zosilnenia konštrukcie je analýza životnosti, v rámci ktorej sa posudzuje výskyt a rýchlosť degradačných procesov a ich dopad na vlastnosti, ktoré určujú zaťažiteľnosť konštrukcie. Pri prevádzkovaných mostoch sa definuje tzv. zostatková životnosť.

Zostatková životnosť predstavuje časový interval, za ktorý konštrukcia od sledovaného okamihu dosiahne hraničnú hodnotu hodnotiacej vlastnosti. Touto vlastnosťou je najčastejšie zaťažiteľnosť konštrukcie.

Analýza životnosti predstavuje popis vyskytujúcich sa degradačných procesov (korózia betónu, korózia výstuže, vznik a rozvoj trhlín), príčin ich vzniku a rozvoja, ako aj úroveň ochrany proti ich vzniku vzhľadom na pôsobenie vonkajších vplyvov (zatekanie vplyvom zlej funkcie hydroizolácie, nedostatočné hrúbky a kvalita krycích vrstiev betónom, kvalita ochrany injektážnou maltou, atď.). V záveroch analýzy sa hodnotí odolnosť konštrukcie a úroveň degradačných procesov a riziko vzniku porúch a predpokladaný rozvoj existujúcich porúch.

Analýza životnosti je dôležitá pre návrh opravy z hľadiska stanovenia jej nutného rozsahu. Pri analýze životnosti zohľadniť predpis [T11].

5.7 Východiská návrhu zosilnenia

Projektová dokumentácia, podľa ktorej bola konštrukcia realizovaná, výsledky diagnostického prieskumu, dlhodobých sledovaní a monitoringu, zaťažovacích skúšok, prepočet zaťažiteľnosti a analýza životnosti objektu tvoria základné východiská pri návrhu zosilnenia. K nim sa radí ešte história objektu, význam a poloha objektu ako aj predpokladané využitie objektu v budúcnosti.

História objektu zahŕňa intenzitu a variabilitu pôsobiaceho zaťaženia, živelné pohromy a havárie na objekte, vplyv okolitého prostredia, úroveň údržby, vykonané opravy a pod. Význam a poloha objektu sú dôležitým faktorom z hľadiska možnosti čiastočného alebo úplného uzavretia objektu počas opravy alebo rekonštrukcie. Budúce využitie objektu súvisí s prípadnou zmenou intenzity dopravy v blízkej budúcnosti (súvislosť s výstavbou diaľnice, obchvatu a pod.). Východiská návrhu sú dané samotným objektom a sú to predovšetkým:

- typ konštrukcie;
- priepustnosť objektu;
- druh premostovanej prekážky;
- celkový stavebno-technický stav objektu;
- rezerva únosnosti kritických prierezov a jednotlivých zložiek konštrukčného materiálu prierezov;
- priestorové a technologické obmedzenia;
- požiadavky na ochranu životného prostredia.

6 Postup pri výbere optimálneho spôsobu zosilnenia

Vhodný návrh zosilnenia mosta je ten, ktorým sa dosiahne požadovaná zaťažiteľnosť a trvanlivosť mostného objektu pri minimálnych nákladoch a dopravných a iných prevádzkových obmedzeniach, pri splnení požadovaných parametrov kvality, napr. kvality použitých konštrukčných materiálov, kotevných prípravkov, kvality realizačných prác v zmysle platných predpisov [T12], [T13], [T14], [T15] a tiež primeranej rentability. Cieľom optimalizačného postupu je dosiahnuť výber najvhodnejšieho spôsobu zosilnenia nosnej konštrukcie. Prvkami výberovej množiny sú v tomto prípade jednotlivé konštrukčno-technologické spôsoby opravy. Kritériami výberu sú:

- zabezpečenie požiadaviek na zaťažiteľnosť;
- technická realizovateľnosť;
- ekonomická výhodnosť;
- rentabilita.

Rozhodnutie o potrebe opravy mosta sa vykoná na základe výsledkov prehliadky mosta prípadne diagnostického prieskumu a zhodnotenia jeho stavu. Výsledkom je zaradenie mosta do plánu opráv alebo konštatovanie, že most nie je potrebné opraviť.

Rozhodnutie o potrebe zosilnenia mosta sa vykoná na základe porovnania skutočnej a požadovanej zaťažiteľnosti a na základe analýzy príčin zníženej zaťažiteľnosti. Jeho výsledkom je buď zistenie, že most nie je potrebné zosilňovať a pre obnovu funkčnosti postačuje oprava porúch alebo konštatovanie potreby zosilnenia mosta.

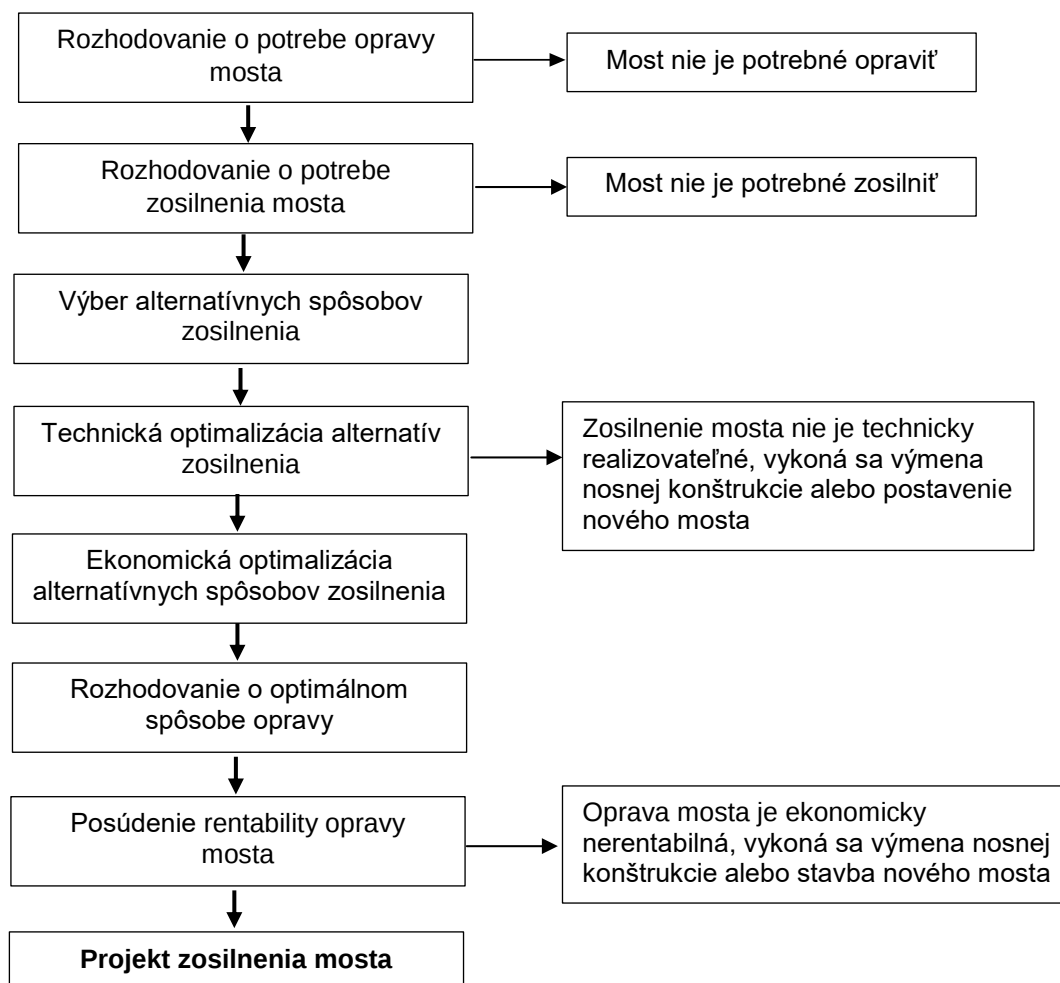
Výber alternatívnych spôsobov zosilnenia na základe typu konštrukcie a analýzy príčin vyčerpania únosnosti prierezov, predstavuje výber tých statických a technologických riešení (pozri kap.3 a kap.7), ktoré umožnia dosiahnuť požadovanú zaťažiteľnosť konštrukcie. Pre vybrané spôsoby zosilnenia sa vykoná technická a ekonomická optimalizácia riešenia.

V procese technickej optimalizácie sa selektujú vybrané alternatívne spôsoby zosilnenia na základe posúdenia ich realizovateľnosti vzhľadom k dodávateľským možnostiam, priestorovým a prevádzkovým podmienkam a okoliu mosta. Výsledkom optimalizácie je určenie spôsobov zosilnenia, ktoré sa môžu na danom mostnom objekte realizovať.

V ekonomickej optimalizácii sa vykoná výber finančne najvhodnejšej z navrhnutých alternatívnych spôsobov zosilnenia. Výber sa vykoná porovnaním približne stanovených komplexných nákladov pre jednotlivé spôsoby zosilnenia. V komplexných nákladoch sú okrem nákladov na realizáciu vlastného zosilnenia zahrnuté i náklady na zabezpečenie prístupu k nosnej konštrukcii a možné vynútené náklady (napr. výmena zvršku pri vytvorení spriahnutej betónovej vrstvy, náklady na výluky železnice, obchádzky a pod.).

Navrhnutý optimálny spôsob zosilnenia je potrebné spolu s ostatnými nákladmi na opravu mosta porovnať s nákladmi na výmenu nosnej konštrukcie a s nákladmi na postavenie nového mosta. Výsledkom porovnania je rozhodnutie o vykonaní projektu a následnej realizácii navrhnutého spôsobu zosilnenia alebo rozhodnutie o výmene nosnej konštrukcie, resp. o postavení nového mosta.

Optimalizačná schéma postupu výberu najvhodnejšieho spôsobu zosilnenia mostnej konštrukcie je uvedená v blokovej schéme na obrázku 1.



Obrázok 1 – Bloková schéma optimalizácie postupu zosilnenia

7 Návrh zosilnenia betónových mostov podľa platných STN, STN EN, TPR

7.1 Všeobecne

Pri navrhovaní zosilnenia nosných prvkov konštrukcií mostov sa majú zohľadniť osobitosti návrhu, vyplývajúce z charakteru zosilňovanej konštrukcie a z navrhnutých riešení zosilnenia.

Zohľadniť sa majú predovšetkým:

- rozdielne zaťaženie, pôsobiace na pôvodnú a zosilnenú konštrukciu;
- podmienky uloženia nosnej konštrukcie;
- zmeny tuhosti priereзов a statickej schémy;
- rozdiely vo veku betónov a vplyv reologických vlastností na napätosť priereзов;
- väčší počet parametrov a kritérií, určujúcich únosnosť priereзов;
- väčšia zložitosť väzieb medzi jednotlivými časťami priereзу a medzi nosnými prvkami.

Zosilňovanie mostných objektov sa navrhuje na základe vykonanej statickej analýzy. Účinok zosilnenia sa preveruje výpočtom vnútorných síl od pôsobiacich zaťažení a vplyvov a posúdením namáhania v kritických priereзов, alebo oblastiach. Súčasťou statického výpočtu je stanovenie zaťažiteľnosti mostného objektu po zosilnení.

Zosilňovanie mostov sa týka noriem, ktoré možno rozdeliť na normy pre:

- materiály a ich skúšanie ako sú napr. STN EN 206+A2, STN EN 12390-1,2,3,5 a 7, STN EN 10080 a ďalšie;
- navrhovanie ako sú STN EN1992-1-1, STN EN 1992-2, STN EN 1992-1-4;
- zhotovovanie ako je STN EN 13670;
- kontrolu a skúšanie konštrukcií ako je STN 73 6209.

Pre návrh zosilnenia súčasne platia všeobecne predpisy [T10], [T11], [T12], [T13].

7.2 Zosilňovanie zmenšením rozpätia a pridaním nosných prvkov

Zmenšenie rozpätia je jeden zo spôsobov, ako dosiahnuť zvýšenie zaťažiteľnosti nosného prvku bez jeho priameho zosilnenia.

Najčastejším spôsobom skrátenia rozpätia je pomocou aktivácie dodatočne zhotovenej podpory/podpier v poli nosného prvku. Tento spôsob skrátenia rozpätia vedie k zmene statického systému. Z prosté podopretého nosníka, alebo dosky môže vzniknúť dvoj prípadne viac polový spojitý prvok. Sústava je potom charakterizovaná veľkou mierou neistoty rozdelenia vnútorných síl od zaťaženia, ktoré pôsobili pred zmenou statického systému. Tieto vnútorné sily závisia od veľkosti aktivácie podpory a ohybovej tuhosti samotnej konštrukcie. Aktivácia sa realizuje podvihnutím konštrukcie v mieste novej podpory. Z hľadiska presnosti aktivácie sa za najvhodnejšie považuje použitie lisov so známou silou a kontrola pomocou deformácií predpísaných projektantom. Operácie aktivácie sa nemajú vykonávať pri priamom slnečnom osvite konštrukcie nakoľko môže dôjsť ku skresleniu vnesených deformácií zmenou teplotného gradientu konštrukcie.

Pokiaľ je miera aktivácie podpory/podpier tak veľká, že pôsobiace ohybové momenty začnú ťahať opačný povrch prvku nad podperou je potrebné overiť ohybovú odolnosť a minimálnu plochu ohybovej výstuže v tejto oblasti. Ak niektorá z podmienok nie je splnená je potrebné zosilniť oblasť oceľovou alebo CFRP výstužou. Je tiež potrebné venovať pozornosť overeniu šmykovej odolnosti nakoľko v oblasti nových vnútorných podpier dochádza ku koncentráciám šmykových síl.

Do tejto kategórie zosilnenia patria aj zmeny okrajových podmienok podopretia nosnej konštrukcie, keď napr. pôvodne klbové podopretie sa nahradí napr. votknutím, alebo sa v poli odstráni vnútorný klb a pole sa premení na spojité.

V prípade zvyšovania zaťažiteľnosti mostovkových dosiek trámových mostov v priečnom smere pomocou skrátenia rozpätia je možné použiť dodatočne osadené betónové, alebo oceľové nosníky, ktoré podopru dosku. Dosku je potrebné v mieste nového podopretia overiť na účinky záporných ohybových momentov od zaťaženia, ktoré nastúpia na konštrukciu po zosilnení.

Ak sa majú nové nosníky významnejšie podieľať na prenose účinkov zaťaženia v pozdĺžnom smere mosta majú sa spriahnuť s mostovkovou doskou pre dosiahnutie porovnateľnej ohybovej tuhosti s už existujúcimi trámami. Na spriahnutie sa používajú svorníky, kotvy z betonárskej výstuže, alebo konštrukčnej ocele.

7.3 Zosilňovanie dodatočne betónovanou spriahnutou vrstvou

Spriahnutá betónová vrstva je nosný prvok dodatočne súdržne pripevnený k prierezu zosilňovaného prvku. Pridanou betónovou vrstvou sa zvyšuje statická výška prierezu a dopĺňa sa nedostatočná plocha betónu v priereze. Vytvorenie spriahajúcej betónovej vrstvy zvyšuje pozdĺžnu a priečnu tuhosť nosnej konštrukcie.

Pri prvkoch, v ktorých je rozhodujúce namáhanie tlakom, dochádza k zvýšeniu zaťažiteľnosti z dôvodu, že namáhaniam od premenného zaťaženia, prípadne časti stálych zaťaženia, ktoré nastúpili po zosilnení konštrukcie vzdoruje väčšia prierezová plocha. V prípade prvkov, kde o zaťažiteľnosti rozhoduje namáhanie na ohyb, sa pridaním spriahajúcej vrstvy na jednej strane zvýši namáhanie od vlastnej tiaže konštrukcie, ale na druhej strane v dôsledku zmeny výšky prierezu sa zvyšuje napr. ohybová odolnosť prierezu.

V statickom výpočte je potrebné na úrovni medzných stavov únosnosti (MSU) overiť v kritických prierezoch ohybovú odolnosť, šmykovú odolnosť a šmykovú odolnosť na rozhraní v kontaktnej škáre medzi betónmi rôznych vekov vrátane potrebnej plochy spriahajúcej výstuže. Pri overení odolnosti na úrovni MSU je zvyčajne možné zanedbať históriu zaťažovania spriahnutej konštrukcie a účinky objemových zmien starého a nového betónu.

Na úrovni medzných stavov používateľnosti (MSP) je potrebné kontrolovať napätosť kritických prierezov, pričom sa má zohľadniť aj vplyv zmršťovania betónu spriahnutej vrstvy, ktoré vyvoláva ťahové napätia v spriahnutom betóne a v ťahanej oblasti pôvodného prierezu a tlakové napätia v tlačenej oblasti pôvodného prierezu. Pre účely tohto posúdenia je potrebné zohľadniť rozdielne dotvarovanie nového a starého betónu pomocou ich efektívneho modulu pružnosti a prierezových charakteristík spriahnutého prierezu. V prípade staticky neurčitých konštrukcií je potrebné zahrnúť do výpočtu aj sekundárne účinky od zmršťovania betónu novej časti prierezu ako dôsledok prídavnej krivosti z rozdielneho zmršťovania starého a nového betónu prierezu. Pri kontrole MSP je potrebné vždy zohľadniť históriu zaťažovania zosilňovanej konštrukcie.

Úroveň namáhania prvkov počas zosilňovania sa uvažuje pomocou pomerných pretvorení konštrukčných materiálov v priereze, kedy došlo k aplikácii zosilnenia. Preto stav pretvorenia existujúcej výstuže a betónových častí prvkov pred zosilnením sa musí určiť od príslušných účinkov zaťaženia, ktoré

pôsobili pred aktiváciou zosilnenia. Účinky zaťaženia, ktoré nastúpili po zosilnení sa majú potom pripočítať.

Zosilnenie spriahnutou betónovou vrstvou sa používa pri monolitických doskových, trámových i komorových mostoch a tiež v prípade mostov z prefabrikovaných nosníkov, ak sú spojené napr. pozdĺžnymi betónovými škárami.

K zabezpečeniu súdržného spojenia sa používa spriahajúca výstuž, ktorá sa dodatočne zakotví do zosilňovanej konštrukcie a technologické úpravy povrchu zosilňovanej konštrukcie (zdrsnenie) v mieste uloženia spriahnutej betónovej vrstvy. Pri zosilňovaní železobetónových alebo predpätých betónových konštrukcií sa na spojenie spriahnutej betónovej vrstvy používa spriahajúca výstuž kotvená vlepéním do vyvŕtaných otvorov v zosilňovanej konštrukcie.

Oproti spriahajúcej doske nových konštrukcií sa dodatočne betónovanie spriahnutej vrstvy na starú konštrukcie vyznačuje niektorými odlišnosťami, ktoré je potrebné pri návrhu rešpektovať:

- Zosilňujúca vrstva sa betónuje na starý podkladový betón. Z konštrukcie sa pred betonážou odstránia horné vrstvy (vozovka, izolácia a vyrovnávací betón). Kvalita a stav obnaženého starého betónu sú zvyčajne odlišné v porovnaní s novým betónom, nakoľko tento materiál bol počas viacročnej prevádzky mosta vystavený rôznym fyzikálno-chemickým vplyvom. Negatívne sa môže na vlastnostiach betónu prejavovať i spôsob odstránenia vrstiev krytu vozovky a najmä nedostatočné odstránenie narušeného betónu.
- Betonárska výstuž, zabezpečujúca spriahnutie, je pri novej konštrukcii navrhovaná v optimálnom prevedení a je previazaná s výstužou spriahajúcej dosky. Pri dodatočne betónovanej vrstve sa spriahajúca výstuž dodatočne kotví do starého betónu. Tomu sa prispôsobuje jej tvar i množstvo a rozmiestnenie.
- Novo vybetónovaná zosilňujúca spriahajúca vrstva pôsobí na starú konštrukciu aj ako významné zaťaženie. Vzhľadom na požadovaný zosilňujúci efekt, môže byť jej hrúbka nižšia, ako býva bežné pri nových spriahnutých konštrukciách. V niektorých prípadoch naopak môže byť hrúbka zosilňujúcej spriahajúcej vrstvy väčšia keď okrem funkcie zosilnenia sa prihliada na dodržanie nivelety mosta.
- Rozdiely vo veku betónov (viacero rokov oproti niekoľkým mesiacom pri nových stavbách) spôsobujú na úrovni medzných stavov používateľnosti výraznejšie namáhania z dôvodu rozdielných reologických objemových zmien starého a nového betónu. Z toho dôvodu je žiaduce, aby betón pre zosilňujúcu spriahajúcu vrstvu spĺňala nasledovné požiadavky:
 - minimálna pevnosť v tlaku;
 - zvýšená pevnosť v ťahu (dosiahnutá napr. vhodnou rozptýlenou výstužou);
 - znížené zmrašťovanie (dosiahnuté vhodným zložením čerstvého betónu);
 - zvýšená priľnavosť k starému betónu.
- Pri zhotovovaní zosilňujúcej spriahnutej vrstvy sa často rekonštrukčné práce vykonávajú iba na polovici mostného objektu. Na druhej polovici funguje normálna premávka s príslušným statickým a dynamickým namáhaním. Najmä dynamická zložka negatívne vplyva na priebeh dozrievania čerstvého betónu na jeho pevnosť a priľnavosť. Tento spôsob sa preto má používať len v odôvodnených prípadoch. Elimináciu prípadných deformácií od prevádzky na moste počas rekonštrukčných prác je možné dosiahnuť vhodným dočasným podopretím.

7.4 Zosilňovanie nepredpätou oceľovou výstužou

Ako je uvedené v kap 3.2.3 týchto TP, prídavná nepredpätá oceľová výstuž sa umiestňuje buď v drážkach alebo na povrchu. Umiestnenie v drážkach má výhodu, že na vytvorenie adhézne vrstvy medzi prídavnou výstužou a pôvodným betónom sa môže využiť celý povrch výstuže. Zosilnenie je účinné, ak je drážka vytvorená v pôvodnom nezdegradovanom betóne. Vytvorenie drážok a umiestnenie výstuže v pozdĺžnom smere môže byť problematické vzhľadom na polohu priečnej výstuže. Pri prídavnej výstuži umiestnenej na povrchu sa môže adhézna plocha vytvoriť iba na jednej strane prierezu zosilňujúceho prvku. Z tohto dôvodu sa lepenie kombinuje s kotvením.

Prídavnou výstužou sa pri prvkoch namáhaných na ohyb môže dosiahnuť zvýšenie únosnosti v prípade, že existuje dostatočná rezerva namáhania v tlačnom betóne. Táto rezerva sa môže zvýšiť kombináciou zosilnenia prídavnou výstužou a spriahnutou betónovou vrstvou tak, aby pri dosiahnutí ohybovej odolnosti prídavná výstuž dosiahla medzu klzu.

Pri návrhu a overení prierezov zosilnených prídavnou oceľovou výstužou v drážkach sa predpokladá spolupôsobenie s pôvodným prierezom a overuje sa napätie v súdržnosti. Množstvo prídavnej výstuže je limitované požiadavkou dosiahnutia medze klzu tejto výstuže pri dosiahnutí ohybovej odolnosti.

Na zosilnenie na povrchu betónového prvku sa používajú oceľové pásoviny. Pásovina je nosný výstužný prvok, ktorým sa v priereze konštrukcie dopĺňa nosná ohybová alebo šmyková betonárska

výstuž. Pásovina je spojená s konštrukciou súdržne po celej dĺžke lepidlom a kotevnými prvkami, ktoré prenášajú deformáciu z konštrukcie na pásovinu. Na zabezpečenie kvality lepenia sa pásovina a lepidlo počas vytvrdzovania lepidla pritláčajú ku konštrukcii. Pásovina ku konštrukcii okrem lepenia má byť uchytaná mechanicky pomocou kotviacich prvkov. Kotviace prvky môžu byť prechádzať cez konštrukciu (svorníky), alebo byť v betóne priamo zakotvené (kotvy).

Na vytvorenie ocelových pásovín, ich lepenie, aktiváciu a kotvenie sa navrhujú také materiály, ktoré optimálnym spôsobom zabezpečujú požadované vlastnosti, predovšetkým pevnosť a trvanlivosť. Súčasťou statického riešenia je aj vytvorenie vhodného podkladu, ktorý musí spĺňať požiadavky rovnosti a pevnosti. Pri návrhu a posúdení sa predpokladá dokonale tuhé spojenie pásoviny a konštrukcie v každom priereze, zabezpečené lepeným spojením a kotviacimi prvkami. Potrebná dĺžka pásoviny sa stanovuje podľa čiary materiálového krytia. Odľahčujúce účinky aktivácie na konštrukciu sa zohľadňujú v prípade, že odľahčovací účinok je následne zabezpečený tuhým kotvením a lepením pásoviny, prenášajúcimi aktiváciu do konštrukcie.

Pri návrhu zosilnenia konštrukcie oceľovou pásovinou je potrebné určiť:

- spôsob zosilnenia konštrukcie oceľovými pásovinami na ohyb, t.j. umiestnenie pásovín pri jednom resp. pri oboch povrchoch;
- spôsob zosilnenia konštrukcie na šmyk;

Pri návrhu ocelevej pásoviny je potrebné určiť:

- prierezovú plochu pásoviny;
- dĺžku, polohu pásovín na konštrukcii;
- počet a rozmiestnenie kotviacich prvkov;
- spôsob aktivácie pásovín;
- veľkosť aktivačnej sily.

Pri návrhu prierezu konštrukcie zosilneného pásovinou je potrebné na úrovni MSU overiť:

- ohybovú a šmykovú odolnosť prierezu;

a na úrovni MSP kontrolovať:

- tlakové napätia v betóne;
- ťahové napätia v betonárskej výstuži konštrukcie;
- ťahové napätia v ocelevej pásovine.

Pri ocelevej pásovine je ďalej potrebné posúdiť:

- šmykové namáhanie lepeného spojenia pásoviny a konštrukcie;
- otláčenie materiálu pásoviny v mieste otvorov pre kotevné prvky;
- tuhosť spojenia kotevných prvkov a pásoviny;
- šmykovú a ťahovú únosnosť kotevných prvkov pásovín;
- veľkosť a rozloženie pritlačnej sily na pásovinu.

Rovnako ako v prípade výstuže lepenej v drážkach je aj pri pásovinách zvýšenie únosnosti prierezu na ohyb limitované rezervou namáhania v tlačnom betóne, ktorá sa môže zvýšiť pridaním spriahnutej betónovej vrstvy tak, aby pri ohybovej odolnosti bola v ocelevej pásovine dosiahnutá medza klzu.

Zosilnenie pomocou prídavnej ocelevej výstuže sa používa pri nedostatočnej ohybovej a šmykovej únosnosti monolitických železobetónových mostov v pozdĺžnom i priečnom smere pri predpätých monolitických a segmentových mostov na zosilnenie v priečnom smere.

7.5 Zosilňovanie voľne vedenou predpätou výstužou

Pri zosilňovaní voľne vedenou predpätou výstužou sa ako prepínacie jednotky používajú predpínacie tyče, laná a káble. Káble sú zostavené buď z lán s vlastnou protikoróznou ochranou typu monostrand, alebo z lán v ochranných obaloch vyplnených buď injektážnou maltou alebo mazivom. Predpínacie jednotky sa umiestňujú v pozdĺžnom alebo priečnom smere. Zosilnenie voľne vedenou predpätou výstužou sa môže využiť pri všetkých typoch betónových mostov a v prípade mostov z predpätého betónu predstavuje často najvhodnejší spôsob zosilnenia. Odstraňujú sa ním príčiny statických porúch konštrukcie napr. ohybové a šmykové trhliny, nadmerné deformácie, oslabenie výstuže koróziou a pod. Oproti predchádzajúcim spôsobom zosilnenia sa vhodným umiestnením kotevných a deviačných (miesta zmeny smeru dráhy káblov) bodov môže ovplyvniť namáhanie od všetkých zložiek zaťaženia vrátane vlastnej tiaže. Limitujúcim faktorom môže byť nedostatočná rezerva namáhania betónu v tlaku. Vtedy sa môže dodatočne inštalovať voľne vedená predpínacia výstuž a kombinovať so spriahnutou betónovou vrstvou.

Prednosťou tohto spôsobu zosilnenia je skutočnosť, že jeho prvky sa ľahko skontrolujú a vymenia, prípadne sa môže vykonať dopnutie.

Pri použití vonkajšej predpínacej výstuže závisí účinok predpätia na silách, pôsobiacich na konštrukciu v miestach kotvenia a zmeny smeru výstuže v deviátoroch. Sily, ktorými vonkajšia predpínacia výstuž pôsobí na konštrukciu prostredníctvom kotevných blokov, deviátorov a úchytovej, sa musia do konštrukcie bezpečne a trvalo preniesť. Preto je potrebné úprave týchto miest venovať zvláštnu starostlivosť. Na obmedzenie kmitania sa káble fixujú pomocou úchytovej.

Pri návrhu zosilnenia sa vychádza z predpokladu, že účinky predpätia pôsobia v kotevných a deviačných bodoch ako vonkajšie sily, ktorými sa zaťažuje výpočtový model konštrukcie. V mieste kotvenia v dôsledku excentricky pôsobiacej sily môže vzniknúť prídavné namáhanie ohybovým momentom.

Návrh počtu a vedenia predpínacích jednotiek sa vykoná na základe statickej analýzy konštrukcie. V rámci statického výpočtu zosilnenia sa vykoná posúdenie rozhodujúcich priereзов na účinky pôsobiacich zaťažení a vplyvov. Kotevné bloky a deviátory sa posudzujú na účinky pôsobenia sústredených síl, ťahových resp. tlakových a šmykových namáhaní v škárach medzi prvkami zosilnenia a pôvodnou konštrukciou. Účinnosť spojenia kotevných a deviačných blokov s pôvodnou konštrukciou sa môže zvýšiť vytvorením drážok (zazubená škára) alebo pomocou priečneho predopnutia betónových prvkov tyčami, kotvenými v pôvodnej konštrukcii. V takomto prípade sa uvažuje v betóne s priestorovou napätosťou.

Pri konštrukčnom riešení detailov, je potrebné zohľadniť požiadavky na umiestnenie predpínacieho zariadenia (lisu) a ďalej na dopínateľnosť, príp. vymeniteľnosť predpínacích jednotiek.

7.6 Zosilňovanie pomocou CFRP lamíel a CF tkanín

V našich podmienkach sa na zosilnenie používajú výlučne CFRP materiály z uhlíkových vlákien, vyrábané a dodávané viacerými firmami. Tento materiál sa v porovnaní s oceľou vyznačuje výrazne vyššou pevnosťou (1200-3000 MPa), ktorá sa však dosahuje pri pretvoreniach 0,75% až 1,5%. Z uvedeného vyplýva, že pri betónových konštrukciách vzhľadom na veľkosť limitných napätí v betonárskej výstuži nemožno tieto materiály plne využiť na úrovni medzných stavov použiteľnosti. Na úrovni medzných stavov únosnosti je ich využiteľnosť daná najmä kapacitou tlačenej betónu v kritických prierezoch.

Prefabrikované CFRP lamely a na mieste vrstvené CF tkaniny sa používajú ako prídavná ťahaná výstuž a nesmú sa uvažovať ako tlačená výstuž. Prednosťou CFRP lamíel a CF tkanín je ich nižšia hmotnosť a tým ľahšia manipulovateľnosť, pri lepení sa nevyžaduje zariadenie na vyvedenie tlaku, nie je potrebná protikorózna ochrana a môžu byť bez problémov krížené.

Ako ťahaná výstuž sa CFRP lamely lepia na povrch zosilňovaných prvkov alebo do drážok. Lepené CFRP lamely sa nemajú lepiť vo viac ako dvoch vrstvách.

Lepené CFRP lamely sa používajú ako prídavná výstuž prierezov namáhaných na ohyb. Pre použitie ako prídavná šmyková výstuž sa musia lamely vyrobiť na objednávku a vytvárať podľa skutočného rozmeru prierezu zosilňovaného prvku.

Použitie predpätých CFRP lamíel predstavuje ekonomickejšie využitie materiálu. Pre predpätú výstuž sa môžu použiť lamely so špeciálnou koncovou úpravou na ukotvenie do betónu a na uchytenie do špeciálnych napínacích lisov.

Lepené CFRP lamely sa môžu použiť aj ako výstuž na ovinutie stĺpov čím sa zvyšuje pevnosť betónu v tlaku stĺpov.

Na mieste vrstvené CF tkaniny sa lepia na povrch zosilňovaných prvkov. CF tkaniny sa používajú na zvýšenie šmykovej, alebo šmykovej a ohybovej odolnosti trámov a tiež na ovinutie stĺpov. Pri zosilnení v šmyku alebo ohybe sa majú lepiť maximálne v 5 vrstvách, pri ovinutí stĺpov maximálne v 10 vrstvách.

8 Požiadavky na projektovú dokumentáciu

8.1 Všeobecne

Projektová dokumentácia je súbor dokumentov o projektovej príprave stavby. Podklady a požiadavky na vypracovanie projektovej dokumentácie obsahuje predpis [Z12] a [T1].

Dokumentácie pre zosilnenie stavby v rámci opravy alebo rekonštrukcie rieši osobitný problém a preto okrem požiadaviek všeobecných predpisov musí zohľadňovať aj špecifické požiadavky vyplývajúce z charakteru stavby.

8.2 Štúdia návrhu zosilnenia

Predstavuje odporúčaný dokument v prípade, že zosilnenie sa týka väčšej časti objektu. V štúdií sa analyzujú podklady uvedené v kap. 5 týchto TP a postupom uvedeným v kap. 6 týchto TP sa zdôvodňuje navrhnutý spôsob zosilnenia. V štúdií sa taktiež určí rozsah nevyhnutných prieskumných prác vykonaných v rámci spracovania projektu alebo počas realizácie. Objednávateľ dohodne vypracovanie štúdie návrhu zosilnenia v zmluve a na jej základe rozhodne o ďalšom postupe prác.

8.3 Technická správa (TS)

Okrem náležitostí, vyplývajúcich z aktuálne platnej legislatívy, STN a TPR MD SR sa v prípade návrhu zosilnenia v technickej správe (ďalej TS) popisuje navrhnutý systém zosilnenia a jeho jednotlivé konštrukčné a materiálové zložky. Uvádzajú sa požadované technické parametre jednotlivých použitých materiálov a prvkov zosilnenia. Súčasťou popisu je aj spôsob ochrany týchto prvkov po zabudovaní a parametre, požadované od navrhnutého spôsobu ochrany. V TS sa uvádza postup prác pri zosilňovaní, špecifikácia jednotlivých operácií a naviazanosť na ostatné operácie, vykonávané v rámci opravy alebo rekonštrukcie objektu. Uvádzajú sa tiež podmienky, za ktorých je možné jednotlivé operácie vykonať a materiálové a technologické obmedzenia, zohľadňujúce premávku na moste a v okolí, ochranu životného prostredia a pod. Na druhej strane sa uvádzajú nutné dopravné a prevádzkové obmedzenia pri jednotlivých operáciách.

8.4 Statický výpočet

Statický výpočet je nevyhnutnou súčasťou návrhu zosilnenia. Preukazuje sa ním stav objektu pred zosilnením, spoľahlivosť a životnosť navrhnutého zosilnenia a deklaruje sa účinnosť zosilnenia vyjadrená jeho zaťažiteľnosťou pred a po zosilnení. Statický výpočet pri návrhu zosilnenia obsahuje predovšetkým:

- výpočtový model konštrukcie;
- údaje o zaťažení;
- výpočet priebehu vnútorných síl a deformácií od účinkov zaťaženia;
- polohu a charakteristiky kritických prierezov;
- výpočet zaťažiteľnosti na pôvodnej konštrukcii;
- dimenzovanie a posúdenie prvkov zosilnenia a ich väzieb na pôvodnú konštrukciu;
- výpočet zaťažiteľnosti zosilnenej konštrukcie;
- kde je relevantné posúdenie deformácií zosilnenej konštrukcie;
- podklady pre zaťažovacie skúšky.

Pri aplikácii programov pre výpočet vnútorných síl a deformácií sa uvedie typové označenie programu, popis výpočtového modelu, vstupné údaje, originálny výpis výsledkov.

V statickom výpočte sa uvedú použité normy a ďalšie predpisy, podľa ktorých sa návrh vykoná.

8.5 Výkresová dokumentácia

Výkresová realizačná dokumentácia musí obsahovať okrem výkresov požadovaných predpismi [Z12] a [T1], výkresy, v ktorých je význačný objem hmôt a súčastí, ktoré sa odstránia (výkresy búracích prác) a výkresy všetkých pridaných zosilňujúcich častí a prvkov vrátane prvkov zabezpečujúcich ich spolupôsobenie s pôvodnou konštrukciou. Vo výkresoch sa musí jednoznačne definovať tvar všetkých prvkov, druh materiálu, z ktorého sú zhotovené a ich poloha. Súpis všetkých materiálov a prvkov sa uvádza vo výkaze.

Potrebné je venovať náležitú pozornosť výkresom konštrukčných detailov. Týka sa to aj detailov konštrukčných riešení zabezpečujúcich trvanlivosť zosilnenia, a kde je to relevantné jeho rektifikovateľnosť a výmenu.

8.6 Technicko-kvalitatívne podmienky (TKP)

Pri navrhovaní zosilnenia sa zohľadňujú všetky relevantné technicko-kvalitatívne podmienky MD SR používané pri zhotovovaní mostov pozemných komunikácií, najmä [T12], [T13], [T14] a [T15].

8.7 Zvláštne technicko-kvalitatívne podmienky (ZTKP)

Zhotovujú sa v prípadoch, ak na zhotovenie stavby, kontrolu kvality použitých materiálov a vykonaných prác neobsahujú príslušné technické normy a TKP všetky potrebné ustanovenia. V ZTKP sa definujú požiadavky na materiály použité pri jednotlivých operáciách, druhy a rozsah ich skúšok,

kontrolné merania a činnosti pri jednotlivých technologických operáciách, požiadavky na technologické postupy uplatňované pri jednotlivých operáciách a výrobné tolerancie.

V ZTKP sa stanovujú tiež požiadavky na merania a pozorovania počas výstavby a ich harmonogram. Poloha meracích bodov sa vyznačuje vo výkresovej dokumentácii.

V ZTKP sa môžu uviesť odkazy na iné ako normové predpisy, avšak tieto musia byť dostupné a musia existovať aj v zrozumiteľnej jazykovej mutácii.

8.8 Manuál užívania mosta

Manuál užívania mosta slúži správcovi objektu na zabezpečenie primeranej dohliadacej činnosti a údržby objektu. V manuáli sa uvádzajú predovšetkým požiadavky na spôsob a rozsah údržby. Manuál obsahuje aj interval bežných a hlavných prehliadok a popis zvlášť sledovaných oblastí a prvkov konštrukcie a popis javov, ktorým v prípade výskytu je potrebné venovať pozornosť a prijať príslušné opatrenia.

Manuál obsahuje tiež plán a rozsah kontrolných meraní, ak sa v konštrukcii osadili snímače alebo meracie body. Obsahuje aj podmienky, za akých sa požaduje zvolanie mimoriadnej prehliadky za prítomnosti projektanta.

PRÍLOHA 1 Príprava povrchu, úprava betónových povrchov, odstránenie betónových konštrukcií, rezanie betónov

P 1.1 Všeobecne

V rámci sanačných prác betónových konštrukcií je potrebné v závislosti od požiadaviek na sanáciu vykonať technologické operácie týkajúce sa čistenia, úpravy, prípravy a odstránenia betónových konštrukcií prípadne rezanie betónov. Vo všeobecnosti rozlišujeme tieto druhy úprav betónových konštrukcií:

- a) povrchové čistenie betónu – obnova pôvodného povrchu betónu resp. vytvorenie podkladu pre nový náter alebo omietku odstránením nečistôt, grafity, mastnoty, plesní, sadzí, výkvetov a záclon, výplne škár, omietok, mált, lepidiel a náterov, pogumovania povrchov na letiskových plochách a oteru pneumatík na vozovke, odstraňovanie vodorovného dopravného značenia;
- b) povrchová úprava betónu – povrchové búranie a zdršňovanie betónu (otryskávanie) ako napríklad odstránenie cementového mlieka, zdrsnenie povrchu a obnova protišmykových vlastností povrchu (zlepšenie adhézných vlastností povrchu betónu) a otvorenie pórov povrchu, vyhladzovanie alebo vytváranie reliéfu povrchu;
- c) búranie betónu – odstraňovanie časti pôvodného prierezu betónu obsahujúcej kamenivo i cementový tmel za účelom vytvorenia hutného a únosného betónového podkladu ako napríklad odstránenie narušených, karbonatizovaných alebo agresívnymi látkami kontaminovaných povrchových vrstiev (látkami chemického alebo biologického pôvodu) pričom rozlišujeme odstránenie vrstvy betónu fixnej hrúbky alebo rôznych hrúbok (pri tzv. selektívnom odstraňovaní betónu);
- d) čistenie výstuže – odstránenie zvyškov betónu a korozívnych splodín z prútov výstuže;
- e) rezanie konštrukčných prvkov – rezanie oceľových a betónových profilov, hrubých betónových dosiek.

Cieľom prípravy betónového povrchu je vytvorenie únosného betónového podkladu čistením a úpravou povrchov, odstraňovaním narušených vrstiev betónu (karbonatizovaných, od vplyvu agresívnych látok) vrátane čistenia výstuže od korózie.

Odstraňovanie narušených povrchových vrstiev musí prebiehať tak, aby nebola ohrozená kvalita, celistvosť a stav oceľovej výstuže a aby sa nenarušil zdravý betón trhlinami, vysokou teplotou a pod.

Plocha a hrúbka odstraňovanej vrstvy betónu je daná v projekte sanácie a vychádza z údajov diagnostického prieskumu a priebežne sa musí na základe kontrolných meraní schváliť stavebným dozomom alebo zhotoviteľom povereným odborným pracovníkom.

Odstraňovaním degradovaných povrchových vrstiev nesmie v žiadnom prípade dôjsť k ohrozeniu nosnosti alebo životnosti konštrukcie, čo treba obzvlášť zohľadniť v prípade tenkostenných prvkov a konštrukcií z predpätého betónu.

Odsekávanie ručne, alebo elektrickým búracím kladivom je prípustné iba v prípade nenosných betónových prvkov s vylúčením možnosti ohrozenia betónu nosných konštrukcií. Odsekávanie pneumatickými búracími kladivami je povolené vo výnimočných prípadoch a výlučne na masívnych nenosných prvkoch. Pri situáciách, kde by mechanické odsekávanie mohlo ohroziť integritu konštrukcie, je potrebné uprednostniť vysokotlakový vodný lúč ako vhodnú metódu.

Po procesoch mechanického odstraňovania je potrebné použiť technológiu VVL pre dodatočné opracovanie povrchových vrstiev.

Aplikácia vysokotlakového vodného lúča pri odstraňovaní betónu a úprave betónových povrchov má svoje opodstatnenie z dôvodov že:

- nevniká do konštrukcie dodatočné napätie;
- nespôsobuje vznik mikrotrhlín (dlhšia životnosť opravenej konštrukcie);
- nepoškodzuje oceľovú výstuž a čistí skorodovanú oceľovú výstuž;
- má vysoký výkon a efektívnosť odstraňovania a vysokú presnosť rozmerov a hĺbky;
- výsledkom jej použitia je kvalitne pripravený povrch – predĺženie životnosti následnej opravy;
- umožňuje selektívne odstraňovanie betónu;
- je priaznivá pre životné prostredie;
- vyššia súdržnosť novo nanášaných vrstiev v porovnaní s ostatnými technológiami úprav;
- nižšia hmotnosť hydrodemolačných robotov v porovnaní s frézovacími zariadeniami.

Vhodné spôsoby odstraňovania betónu sú popísané v Tabuľke 2.

Tabuľka 2 – Vhodné spôsoby úpravy povrchu betónu a odstraňovania betónu

Technológia	Druh opravy					
	Čistenie, odstránenie starých náterov	Úprava povrchov (odstránenie obkladov, hrubších povlakov)	Odstránenie vodorovných vrstiev betónu	Odstránenie betónu na zvislých a šikmých plochách	Odstránenie korózie na výstuži	Odstránenie betónu v miestach predpínacích lán, dilatčných stykov nosníkov a v miestach s požiadavkou bez poškodenia existujúcej výstuže
Odsekávanie		•				
Kartáčovanie	•					
Brúsenie	•		•			
Frézovanie			•			
Pieskovanie, brokovanie	•				•	
Rezanie diamantovými píklami alebo lanami			•	•		
Vysokotlakový vodný lúč	•	•	•	•	•	•

P 1.2 Použitie technológie vysokotlakového vodného lúča (VVL) pri odstraňovaní betónu a úprave betónových povrchov

Táto časť použitia technológie VVL platí aj pre predpisy [T2], [T10], [T17] a [T18].

Princíp technológie vysokotlakového vodného lúča spočíva v tom, že voda je privádzaná pod extrémnym tlakom cez dýzu s malým priemerom, čím vzniká vysokoenergetický vodný lúč. Tento lúč vytvára nárazový a statický tlak na povrchu materiálu, čo umožňuje vode preniknúť do jeho vnútornej štruktúry. Pri prenikaní do materiálu voda buď vstupuje do existujúcich trhlín, kde vytvára napätie a oslabuje väzby medzi cementovou matricou a kamenivom, alebo vteká do kapilár a zvyšuje tlak. V prípade prúdenia cez otvorený systém pórov vznikajú trecie sily, ktoré môžu prekročiť kohézne sily medzi zrnami kameniva a viesť k ich oddeleniu.

V tabuľke 3 sú uvedené odporúčané parametre použitia technológie VVL pre odstraňovanie a úpravu betónu pre vybrané praktické aplikácie.

Tabuľka 3 – Odporúčané parametre použitia technológie VVL

METÓDA	TLAK VODY (MPa)	TYP DÝZY	POZNÁMKA
Čistenie povrchov od nečistôt bez porušenia existujúcich náterov	20 – 50	plochá alebo rotačná (jedno alebo viacprúdová)	Je potrebné dodržať dostatočne veľké vzdialenosti lúčov od pokladu (napríklad 30 cm) z dôvodu zachovania pôvodných náterov.
Odstránenie náterov minerálnych farieb	50 – 250	Viacprúdová rotačná dýza	
Odstránenie náterov na báze plastu	≤ 50	Viacprúdová rotačná dýza	Napríklad odstránenie latexových farieb, teplota vody (70 – 98) °C
Odstránenie systémov povrchovej ochrany	> 100	Viacprúdová rotačná dýza	Nátery na premostenie trhlín

Tabuľka 3 – pokračovanie

METÓDA	TLAK VODY (MPa)	TYP DÝZY	POZNÁMKA
Odstránenie systémov povrchovej ochrany (tuhé nátery)	250 – 300	Viacprúdová rotačná dýza	Napr. na báze epoxidových živíc. Požadovaný hydraulický výkon vodného lúča > 120 kW.
Odstránenie cementového mlieka	40 – 250	jednobodová orbitálna dýza alebo viacprúdová rotačná dýza	Použitie pre pohľadové betóny bez s náterom s ohľadom na zdrsnenie povrchu.
Odstránenie reprofilačných mált alebo betónu po opravách	–	jednobodová orbitálna dýza alebo viacprúdová rotačná dýza	Na základe skúšok na skúšobných plochách
Dekontaminácia povrchov	~ 50	Viacprúdová rotačná dýza	Čistenie povrchov znečistených od ropných produktov a nebezpečných látok (odstraňovanie olejov, sadzí a inak kontaminovaných povrchov) s odsávaním vody resp. uzavreté systémy aplikácie VVL. Zvážiť použite teplej vody.
Zdrsnenie betónových povrchov a odstraňovanie povrchovej skorodovanej vrstvy betónu	150 – 250	Viacprúdová rotačná alebo orbitálna jednobodová dýza	V závislosti od požadovanej triedy zdrsnenia.
Dodatočné spracovanie povrchových vrstiev po procesoch mechanického odstraňovania	70 – 130 200 – 300	Viacprúdová rotačná dýza	Vykonáva sa na odstránenie mikrotrhlín vzniknutých po mechanických metódach odstraňovania betónu. Odporúčaný prietok pre pracovný tlak vody do 130 MPa >80l/min.
Odstraňovanie korózie výstuže	≥ 80	Bodová	
Odstraňovanie betónu – strojné selektívne	100 – 140	Bodová	vysoký prietok vody ≥ 130 l/min, odhadovaný výkon čerpadla 250 kW.
Odstránenie betónu a rezanie betónu – ručná aplikácia VVL	> 200	Bodová	Maximálna dovolená spätná sila pôsobiaca na ručnú pištoľ 150 N bez telovej opory a 250 N pri použití telovej opory (obmedzenie prietoku vody na cca (19 – 21) l/min.).
Odstránenie betónu a rezanie betónu – strojová aplikácia VVL	250 – 300 120 – 150	Bodová	Malý robot - prietok vody (20 - 50) l/min, odhadovaný výkon čerpadla 250 kW. Veľký robot - prietok vody (160 - 250) l/min, odhadovaný výkon čerpadla (500 – 600) kW.

Technológia vysokotlakového vodného lúča sa využíva na čistenie, úpravu povrchu, rezanie materiálu a selektívne odstraňovanie poškodených betónových vrstiev (napr. v dôsledku atmosférických vplyvov alebo agresívneho prostredia) až po výstuž bez jej poškodenia. Jej uplatnenie je výhodné najmä pri sanáciách betónových konštrukcií, pričom parametre VVL musia byť prispôbosené vlastnostiam materiálu a konštrukcie, aby sa zabezpečila optimálna účinnosť a ochrana zostávajúcej štruktúry.

Aplikácia technológie VVL závisí od materiálových vlastností odstraňovaného alebo upravovaného betónu. Prevádzkové parametre nastavenia technológie VVL sa prispôbujú okrajovým podmienkam (kvalita betónu, obsah výstuže, hĺbka odstraňovania) na základe skúšok vykonaných na referenčnej ploche resp. referenčnej konštrukcii.

Tlak vody, prietok a tvar dýzy patria medzi najdôležitejšie parametre. Účinnosť vodného lúča je najvyššia pri kolmom uhle dopadu. Ak je lúč odklonený, dosahuje sa uspokojivý výsledok povrchového búrania pri uhloch $60^\circ - 90^\circ$. Pri odstraňovaní betónu až za výstuž sa na minimalizáciu prúdových tieňov odporúča uhol prúdu $30^\circ - 45^\circ$, pričom prípadné betónové pásy možno odstrániť zmenou uhla dýzy alebo použitím vysokotlakovej ručnej pištole.

Typy dýz používaných pri odstraňovaní betónu a úprave povrchov betónov:

- bodové dýzy, koncentrujú maximálny účinok do pracovného úseku, preto sú vhodné na odstraňovanie betónu;
- ploché dýzy resp. rotačné dýzy, rozširujú vodný lúč, čo znižuje jeho tlak a rýchlosť, sú vhodné na odstraňovanie náterov a cementového mlieka, úpravu a čistenie povrchu betónu.

Pracovný pohyb dýz pri odstraňovaní a úprave betónu:

- jednoduchý prechod;
- kmitanie a rotácia - až dvojnásobné zrýchlenie rýchlosti odstraňovania voči jednoduchému prechodu.

Typy vodných lúčov:

- kontinuálny – najbežnejší typ, rýchlosť až 1200 m/s [L5], narúša konštrukciu zmenou kinetickej energie kvapaliny na tlakovú;
- abrazívny – obsahuje abrazívne častice, používa sa na delenie materiálu;
- zložený (viacnásobný) – najbežnejší pri sanáciách betónových konštrukcií, viacnásobné dýzové hlavy pokrývajú väčšiu plochu pri jednom prechode;
- plochý (vejárový) – rozdeľuje energiu na väčšiu plochu, používa jednu dýzu, používa sa na čistenie povrchov.

P 1.3 Prípravné práce pred aplikáciou technológie VVL

Prípravné práce a aplikácia technológie VVL musí prebiehať podľa požiadaviek projektovej dokumentácie a v prípade odstraňovania betónových konštrukcií je súčasťou projektovej dokumentácie i statický prepočet. Pri výkone prác technológiou VVL je prvoradé zabezpečiť vhodné klimatické podmienky. Limitná teplota vzduchu pri realizácii prác pomocou VVL je $+ 3^\circ\text{C}$. Pre nižšie teploty je potrebné plánovanie opatrení z hľadiska strojného vybavenia a BOZP.

Pri úprave povrchu betónu sa postupuje podľa požiadaviek projektovej dokumentácie a požiadaviek zákazníka. Parametre strojného zariadenia sa nastavujú podľa požadovaného výsledku úpravy povrchu (napr. odstránenie cementového mlieka, nesúdržných častíc náteru, atď.), vykoná sa posúdenie vhodnosti daného nastavenia vizuálnou kontrolou alebo kontrolnými skúškami na referenčnej ploche a podľa potreby sa upravujú nastavenia parametrov strojného zariadenia.

Pri odstraňovaní betónu (hydrodemolácii) sa parametre strojného zariadenia nastavujú podľa požadovaného výsledku odstraňovania betónových konštrukcií v zmysle projektovej dokumentácie, vykoná sa posúdenie dosiahnutého výsledku demolácie na referenčnej časti konštrukcie a podľa potreby sa upravujú nastavenia parametrov strojného zariadenia.

S ohľadom na to, či sa jedná o ručnú alebo robotickú aplikáciu technológie VVL je potrebné zabezpečiť na stavenisku priestor pre aplikáciu technológie VVL a zdroj vody. Pre robotickú aplikáciu VVL je priestorové obmedzenie limitované rozmermi strojného zariadenia VVL. Pre ručnú aplikáciu je závislé od zdatnosti pracovníka pri dodržaní zásad BOZP s ohľadom na vhodné pracovné podmienky (lešenie, zdvíhacie a pohyblivé plošiny, atď.). V rámci prípravných prác je tiež potrebné zabezpečiť krytie konštrukcie pred ostriekaním vodou alebo obletujúcimi kameňmi.

Voda použitá v zariadení VVL musí spĺňať požiadavky na čistotu a obsah rozpustných látok s ohľadom na požiadavky výrobcu zariadenia VVL.

V prípade použitia veľkých hydrodemolačných robotov je potrebné zabezpečiť dostatočne veľké priestory a plochy pre technológiu VVL a stavebný odpad.

S ohľadom na realizáciu prác technológiou VVL a úroveň kontaminovania čistených a odstraňovaných povrchov je potrebné prijať primerané opatrenia na zachytávanie odpadovej vody, aby sa zabránilo kontaminácii prostredia, pričom úplná extrakcia prúdiacej vody a odstraňovaných vrstiev nie je vždy technicky možná.

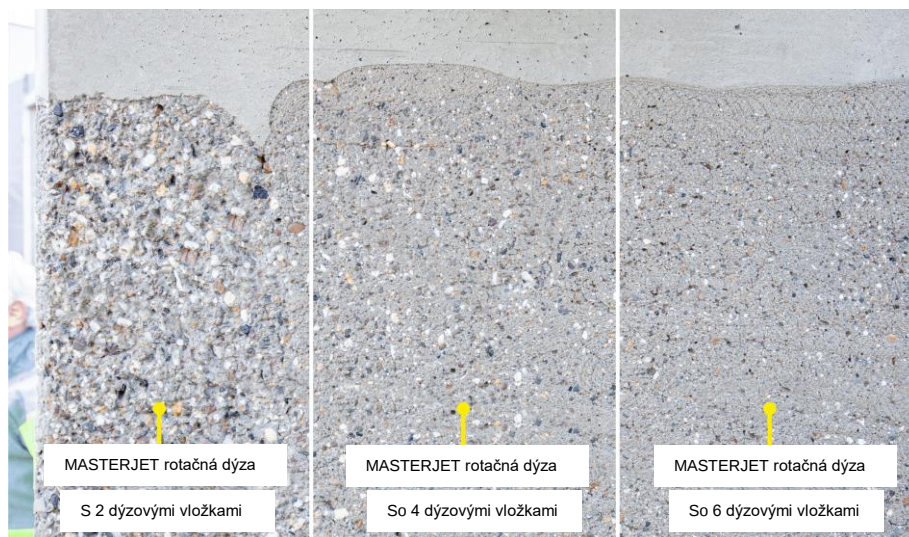
Pri nakladaní so vzniknutými odpadmi sa postupuje podľa predpisov [Z7] až [Z11].

P 1.4 Overovanie kvalitatívnych parametrov pri použití technológie VVL

Kontrola kvality vykonaných prác pri použití technológie VVL zahŕňa vizuálnu kontrolu, porovnanie realizovaných prác s referenčnou plochou resp. referenčnou časťou konštrukcie. Kontrola kvality vykonaných prác je vykonávaná na základe schváleného kontrolného a skúšobného plánu

v zmysle projektovej dokumentácie konkrétnej stavby, popr. stavebnej konštrukcie, kde sa technológia VVL aplikuje.

Pri odstraňovaní betónu (hydrodemolácii) sa kontrolujú rozmery odstránených častí podľa normy STN 73 0220. Kvalita vykonanej práce sa kontroluje vizuálne pričom nesmie dochádzať k drobeniu betónu, výstuž musí byť obnažená (odstránenie betónu až za výstuž), nepoškodená a viditeľný viazací drôt. Odstraňovanie častí betónových konštrukcií technológiou VVL musí spĺňať minimálne rovnaké kvalitatívne parametre ako betónové konštrukcie odstraňované inou technológiou. Na obrázku 2 je zobrazené porovnanie výsledného stavu povrchu pri použití rôznych typov rotačných dýz (2-bodová, 4-bodová, 6-bodová).



Obrázok 2 – Porovnanie výsledného povrchu podľa typu dýzy rotačnej hlavice (2-bodová, 4-bodová, 6-bodová) [L11]

P 1.5 Bezpečnosť pri práci pri použití technológie VVL

Bezpečnostné požiadavky pre prácu s technológiou VVL sú stanovené výrobcom zariadenia. Pracovný priestor musí byť riadne ohraničený a zabezpečený, pričom obsluha, ktorá musí byť vyškolená na obsluhu zariadenia a BOZP, musí dodržiavať technické limity, ako je minimálna dĺžka pištole a maximálna hodnota spätného rázu. Dodržiavanie týchto predpisov je nevyhnutné na minimalizáciu rizík spojených s prácou, vrátane práce vo výškach, nebezpečenstva zranenia od letiacich častí a vystavenia hluku či vibráciám.