

SYSTÉMY DODATOČNÉHO PREDPÄTIA - VÝVOJOVÉ TRENDY A APLIKÁCIE

Chandoga Milan¹⁾

ÚVOD

Predpätý betón rozhodne patrí medzi najväčšie vynálezy minulého storočia v oblasti stavebníctva. Vďaka tomuto vynálezu mohol betón súperiť s oceľou nielen v smelosti – rozpätiach realizovaných konštrukcií, ale hlavne v ekonomickosti - nákladovosti. Predpätie dodalo betónu inteligenciu, ale ako každá inteligentná konštrukcia, je senzitívny na viacero vecí.

V prvom rade je to **kvalita prvkov vlastnej konštrukcie predpätia**, ktorými sú:

- predpínacia výstuž,
- kotvenia a spojky,
- prvky antikorošnej ochrany: hadice do betónu, rúry VK, injektážne hmoty.

Potom je tu nemenej dôležitý činiteľ a tým je **kvalita vykonanej práce**, daná kvalifikovanosťou pracovníkov a kvalitou strojných zariadení.

Nakoniec je to **práca projektanta**, ktorá sa môže, niekedy rozhodujúcou mierou, podieľať na jeho úspechu, resp. neúspechu.

Tak, ako sa zdokonaľovalo naše poznanie, vďaka skúsenostiam z nespočetných realizácií, širokému výskumu, vývoju nových materiálov a technológií, posúvali sa aj hranice predpätého betónu ďalej a ďalej. Svedčia o tom nové typy predpätých konštrukcií, ktoré sa významne presadili v strede a na konci minulého storočia. Či už ide konštrukcie s nesúdržným predpätím, vonkajšími káblami, závesmi, alebo (dnes tak modernými) extradosedovými káblami.

Organizácia fib (predtým FIP) venuje predpätým konštrukciám značnú pozornosť. FIP pôvodne nieslo v názve predpäté konštrukcie. Technická komisia **TG 9 -Výstuž, predpínací materiál a systémy**, patrí medzi najaktívnejšie pracovné skupiny fib.

POSLANIE A FUNKCIA ETAG 013

Predpätý betón v niektorých krajinách (nie globálne) prežil i svoje neradostné obdobie. Štvorročné moratórium (1992 – 1996) výstavby dodatočne predpätých mostov vo VB, z dnešného pohľadu, predpätému betónu len pomohlo.

Rezultátom bolo poznanie, že k predpätiu musíme pristupovať ako k systému. Na to, aby sme realizovali kvalitnú a odolnú predpätú konštrukciu s požadovanou životnosťou, nesmieme zanedbať žiadne štádium v jej príprave a realizácii.

¹⁾ Doc. Ing. PhD., Stavebná fakulta STU v Bratislave, Katedra betónových konštrukcií a mostov, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, tel.:(02)59274, Projstar –PK spol. s r. o., Nad Dunajom 50, 84104 Bratislava
tel. +421 903722252, e-mail: chandoga@svf.stuba.sk , milan.chandoga@stonline.sk

Prax potvrdila, že sa nemôžeme zastaviť len pri certifikácii prvkov predpätia, ale musíme do tohto systému integrovať aj technologické procesy a ľudí, ktorí svojim pracovným prístupom a znalosťou vecí podstatne rozhodujú o kvalite vykonaného diela. Výsledkom konania EU bolo zaradenie dodatočného predpätia do systému ETA. Predpínacie systémy dodatočného predpätia sa podľa tejto smernice schvaľujú podľa typov:

- injektované súdržné predpätie
- nesúdržné predpätie
- vonkajšie predpätie.

Do systému nie sú zaradené prvky vopred predpätých konštrukcií, zemné kotvy, predpínacia výstuž vedená mimo obrys konštrukcie a závesy zavesených mostov.

Na úvod treba objasniť, čo je to ETA a ETAG 013. **E**uropean **T**echnical **A**pproval (ETA) v preklade Európske technické osvedčenie, je jedným z dvoch druhov technických špecifikácií v zmysle Smernice Rady EC 89/106 o stavebných výrobkoch. Znamená to, že osvedčený výrobok umožňuje stavbám v ktorých je použitý, plniť základné požiadavky počas celej ich životnosti. ETA sa týka tých výrobkov (systémov), pre ktoré nie je vypracovaná harmonizovaná norma, resp. EC rozhodla, že norma nemôže byť vypracovaná, alebo sa výrobok (systém) významne líši od relevantných harmonizovaných noriem. ETAgy dovoľujú výrobcovi označovať tieto výrobky značkou CE.

V novembri 2001 vydala EOTA (The **E**uropean **O**rganization for **T**echnical **A**pprovals) návod pre európske technické osvedčenie ETAG 013 - Systémy pre dodatočne predpínanie konštrukcií. V angličtine „ Post- tensioning kits for prestressing of structures“ s podnázvom „These are commonly called Post–Tensioning Systems“ [1].

Systémy dodatočného predpätia sa skladajú z komponentov:

- ťahaných prvkov z predpínacej výstuže (drôtov, lán, tyčí), kotvení, spojok, hadice kanálik (vyrobeného z ocele, resp. plastu), injektážnej hmoty, rúr pre vonkajšie káble a deviátory, výstuže proti pretlačeniu, špeciálnych doplnkov (spojok rúr a hadíc, inj. ventilov, inštalčných prvkov a pod.). Pre viaceré prvky boli ešte pred ETA 013 vydané európske normy. Napríklad pre predpínaciu výstuž, kanáliky, injektážne malty, výstuž proti pretlačeniu sú vypracované platné (EN, prEN).

Dokumentácia systémov pre dodatočné predpínanie zahrňuje :

- špecifikácie a výkresy všetkých prvkov, špecifikáciu príslušenstva pre inštaláciu, napínanie a injektáž kanálikov, ďalej metodiky navrhovania konštrukcií, výroby prvkov, transportu a skladovania prvkov, inštalácie prvkov, údržby systémov, a nakoniec metodiku školenia a kvalifikácie pracovníkov pre inštalovanie súborov pre dodatočné predpínanie.

Súbory pre dodatočné predpínanie musia byť správne inštalované v súlade so špecifikáciami **Držiteľa ETA**. Kvalita inštalovania má značný vplyv na spoľahlivosť a životnosť systémov dodatočných systémov. **Preto je potrebné, aby členské štáty EOTA kontrolovali projektovanie, navrhovanie, vykonávanie prác a kvalifikovanosť príslušných PT špecializovaných organizácií a osôb.**

Súbory pre dodatočné predpínanie sú určené pre stavby navrhnuté v súlade s Eurocodami, alebo ekvivalentnými národnými technickými normami.

Oficiálna web stránka EOTA zverejňuje držiteľov ETAG 013. Samotná certifikácia je proces, v ktorom sa začína takpovediac odznovu. Laboratórne preukázanie zhôd prvkov a systémov, vypracovanie kompletnej výrobnotechnologickej a realizačnej dokumentácie, proces schvaľovania členskými štátmi EOTA, je časovo a najmä mimoriadne finančne náročná záležitosť. Viaceré firmy s dlhoročným kreditom PT spoločnosti si taký luxus nemohli dovoliť a skončili, alebo sa stali licenčným partnerom certifikovanej spoločnosti.

SÚČASNÝ STAV VO VÝVOJI SYSTÉMOV DODATOČNÉHO PREDPÄTIA

Nové trendy vo vývoji systémov dodatočného predpätia (PT systémy) sa takmer výhradne realizujú v oblasti zvyšovania ich životnosti. Je to dlhodobý trend, ktorý začal už v roku 1992 spomínaným moratóriom PT vo VB. Veľmi významne sa v tomto procese angažovala organizácia fib a jeho pracovná skupina TG 9. Okrem vydania technických bulletinov [2],[3] bol fib iniciátorom a spoluorganizátorom dvoch workshopov s názvom „Durability of post-tensioning tendons“ (Životnosť dodatočne predpätých káblov). Druhý workshop sa konal v októbri 2004 na ETH Zürich [5]. Hlavným prínosom workshopu bola otvorená diskusia o problémoch zvyšovania životnosti PT systémov, zlepšovaní antikorozynej ochrany prvkov predpätia, kvality predpínacích prác, inšpekcií a monitoringu predpätia.

Životnosť predpätia

Najčastejším prípadom lokálnej korózie predpínacej výstuže je štandardná elektrolytická korózia. Príčinou korózie je voda, väčšinou kontaminovaná agresívnymi zložkami - chloridmi, ktorá sa dostane ku káblu cez trhliny a netesné miesta v betóne a prenikne do dutín nedokonale zainjektovaného kábla.

Na obr. 1 je zachytených niekoľko štádií korózie predpínacej výstuže a nameraná zostatková únosnosť.

Laná s povrchovou koróziou (obr.1a) nachádzame skoro na každej stavbe. Táto korózia je v našich podmienkach bežná a prejaví sa, ak sú zvitky skladované na voľnom priestranstve, chránené fóliou, alebo prístreškom. V prípadoch dlhšieho voľného skladovania, resp. oddialenia injektáže sa preto odporúča používať laná s **dočasnou antikorozyňou ochranou**, pomocou vodou zmývateľnej olejovej emulzie. Emulzia sa nevyplachuje vodou, ale vzduchom a vlastnou injektážnou maltou v procese injektáže. Emulzie poskytujú antikorozyňu ochranu predpätia od 1 až do 6 mesiacov.

- **semi-trvalá antikorozyňna ochrana** predpätia sa používa, ak sa injektáž oddiali 4 týždne od napnutia, alebo 3 mesiace od výroby predpínacej výstuže [9], alebo ide o tzv. dočasné predpätie. Táto ochrana spočíva v povrchovej úprave lán materiálom, ako je zinok, zinok+hliník, epoxid, ktoré chránia predpínaciu výstuž 1 až 10 rokov v závislosti od prostredia a hrúbky ochrannej vrstvy;

- **trvalá antikorozyňna ochrana** predpínacej výstuže sa realizuje priamo vo výrobniciach výstuže. Ide o nesúdržné laná Monostrand s HDPE plášťom vyplneným mazivom, resp. laná chránené povlakom z HDPE, resp. epoxidu súdržnou formou. Použitie týchto lán v cementom injektovanom kábli je ojedinelé a vyžaduje špeciálne riešenie prvkov kotvenia a spôsobu predpínania. Tieto laná sa používajú najčastejšie pre závesy a vonkajšie káble.

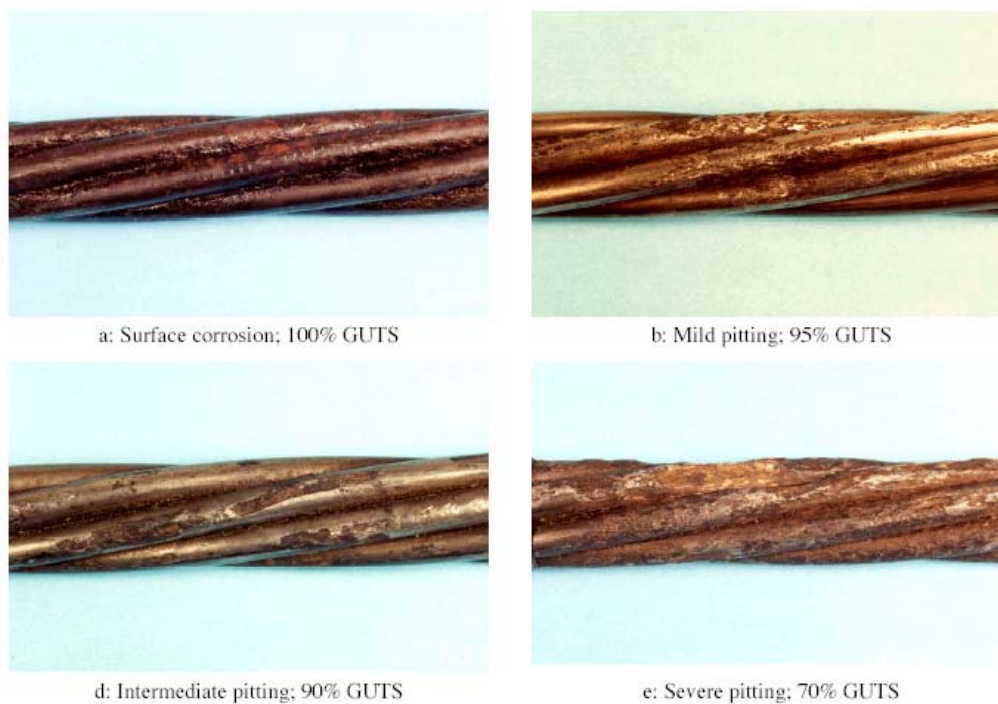
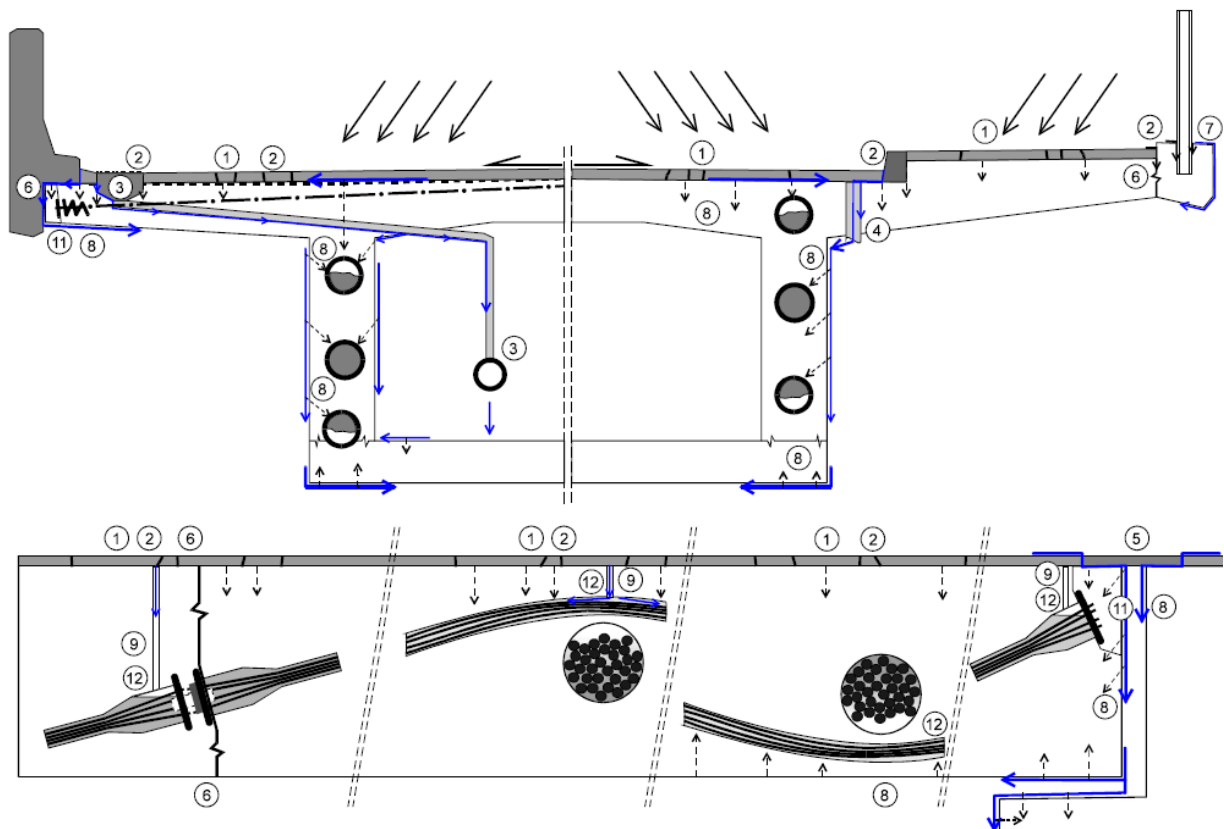


Figure 11: Corrosion classification for strand

Obr.1 Štádia korózie predpínacích lán – povrchová, jemná vrubová (-5% pevnosti), stredná vrubová (-10% pevnosti), silná vrubová (-30% pevnosti)

Koncepcia viacbáriérovej ochrany predpínacej výstuže

Na obr.2 sú znázornené slabé miesta konštrukcie, ktorými môže voda prenikat' na prvky kábla [5] a spôsobiť vrubovú koróziu lán podľa obr.1b,c,d. Mnoho rokov sa konštatovalo, že na spoľahlivú ochranu predpínacej výstuže proti korózii úplne postačuje injektážna malta vyrobená z portlandského cementu a vody. Dnes hovoríme, že mosty treba navrhovať tak, aby bola zabezpečená viacbáriérová antikoročná ochrana predpínacej výstuže [5]. V zmysle tejto koncepcie (obr.1) prvou bariérou by malo byť spoľahlivé vyspádovanie nosnej konštrukcie, ktoré odvedie povrchové vody veľmi rýchle do odvodňovačov. Druhou bariérou je kvalitná celoplošná hydroizolácia. Tretou bariérou je krycia vrstva hutného betónu. Štvrtou bariérou je vlastný plášť kanálik (hadica, resp. rúra), ktorý neslúži len k vytvoreniu dutiny v betóne, ale sa od neho vyžaduje vodotesnosť po celej dĺžke kábla. Piatou bariérou, pri jednoduchšej predpínacej výstuži primárnou, je injektážna malta. Okrem tejto funkcie injektážna malta zabezpečuje aj spolupôsobenie predpätia s betónovou konštrukciou. Poslednou bariérou je primárna antikoročná ochrana predpínacej výstuže pri jej výrobe povlakom zinku, mede, epoxidovej živice, resp. vysokopevnostného polyetylénu. Takto upravená predpínacia výstuž nekoroduje ani pri dlhodobom skladovaní, resp. pri oddalenej injektáži. Vzhľadom na vyššiu cenu sa používa najmä v konštrukcii vonkajšieho predpätia a v závesoch zavesených mostov.



1-8 zlyhanie vonkajších ochranných bariér
 9-12 zlyhanie ochranných prvkov kábla

Obr.2 Faktory a riziká ovplyvňujúce koróziu predpínacích lán

Stratégia antikorozynej ochrany prepätia

Na obr.2 sú znázornené slabé miesta kábla a konštrukcie. Stratégia antikorozynej ochrany prepätia (3) sa zakladá na koncepcii výberu typu kábla podľa toho, v akom prostredí sa nachádza konštrukcia (1) a ako sú navrhnuté ochranné bariéry konštrukcie, prvku (2). Podľa toho rozoznávame :

(1)- agresivitu prostredia :

- nízka – napríklad kábel je v strednej stene komory
- stredná – zóna vystavená vzdušnej vlhkosti (kábel vo vonkajšej stene trámu)
- vysoká – zóna vystavená priamemu zásahu agresívnych vôd (kábel v hornej doske)

(2)- stupeň ochrany prepätia konštrukciou a prvkami.

Pod ochrannými prvkami konštrukcie mosta rozumieme: hydroizolácia, spádovanie a odvodnenie povrchov, hrúbka krycia betónom, kompaktnosť betónu, tesnosť detailov, ako napr. dilatačné závery a podobne. Napríklad :

- nízky – segmentová konštrukcia, konštrukcie bez hydroizalácie, prvky prepätia vizuálne nekontrolovateľné
- stredný – hydroizolácia, štandardná betónová krycia vrstva
- vysoký – hydroizolácia, zvýšená betónová krycia vrstva, prvky prepätia vizuálne kontrolovateľné

(3)- úroveň ochrany kábla. Podľa toho pre dodatočne predpäté injektované súdržné káble, rozoznávame úrovne ochrany PL1,PL2,PL3 (kde je PL - protection level)

PL1 – kábel injektovaný cementom v hadici zo stáčaného plechu, kotvy zabetónované bez ochranných krytov

PL2 – kábel injektovaný cementom v PE hadici s ochrannými krytmi kotvenia, tzv. kábel s kompletným vodotesným obalom

PL3 – kábel injektovaný cementom v PE hadici s ochrannými krytmi kotvenia - PL2 a monitorovateľný.

V prípade nebezpečia bludných prúdov elektricky izolovaný obr.4,5,6.

Podobným postupom je možno definovať typy káblov pre nesúdržné a vonkajšie predpätie.

Na obr.3 je diagram, podľa ktorého pre dané prostredie a ochranu, je možno definovať potrebný typ predpínacieho kábla PL.

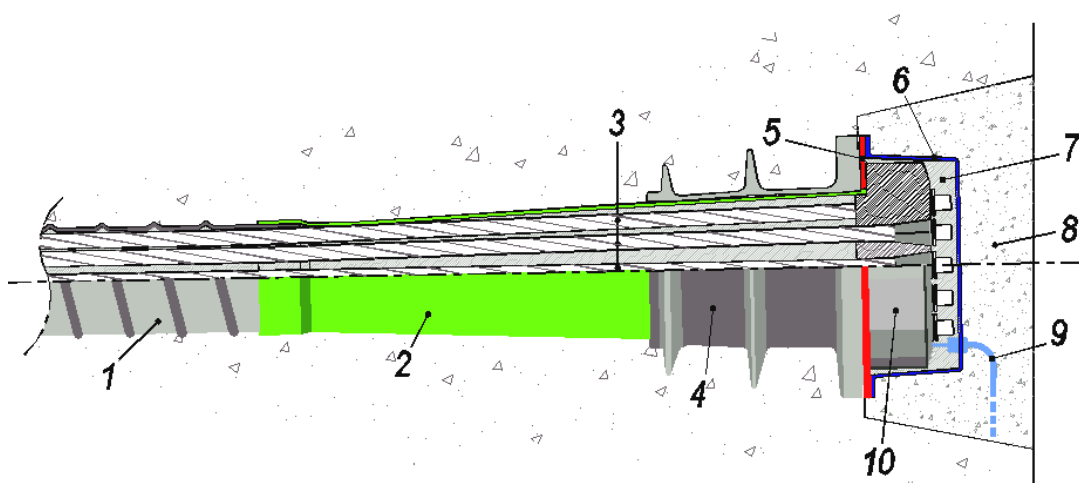
Ochrana		Prvky konštrukcie zabezpečujúce ochranu predpätia					
		Vysoká	Stredná	Slabá			
Agresivita prostredia	Vysoká						
	Stredná						
	Slabá						
		PL1	PL2	PL3			

Obr.3 Typ kábla podľa úrovne ochrany kábla

Diagram na obr.2 predstavuje len jeden z pohľadov, ako postupovať pri výbere typu kábla z hľadiska jeho životnosti. Pri prerokovaní tejto koncepcie na workshope boli vyslovené vážne pripomienky k definíciám, ako sú vodotesnosť a monitorovateľnosť.

Ale aj k jednostrannej – diagonálnej skladbe PL na obr.3. Prečo by sme napríklad nemohli navrhovať káble PL1, resp. PL2 aj pre agresivitu prostredia S,V, ak je ochrana kategórie V,S ?

Na obr.4-7 je ukázané riešenie elektro - izolovaného predpätia. Predpínacia výstuž zakotvená v kotevných objímkach je od okolia izolovaná plastovými prvkami. Tie musia byť navrhnuté tak, aby v žiadnom zo štádií montáž - predpínanie - injektáž nedošlo k poškodeniu ich izolačných vlastností.



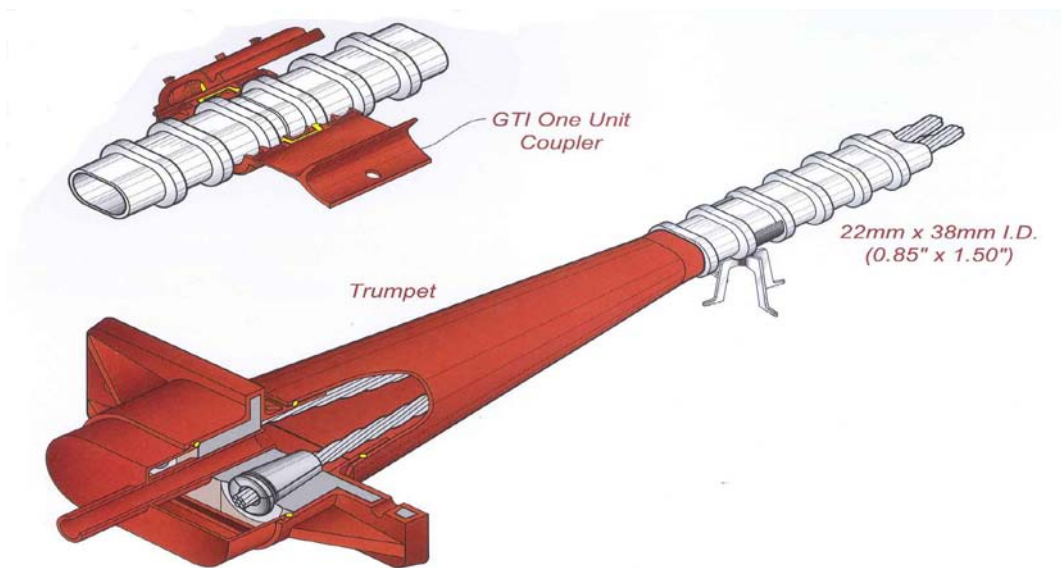
Obr.4 Konštrukcia elektricky izolovaného kábla -VSL

Obr.5 Meranie izolačného odporu



Obr.6 Priesvitný kryt kotvenia.
Umožňuje vizuálnu kontrolu
injektáže izolovaného kábla





Obr.7 Konštrukcia elektricky izolovaného plochého kábla

Úplne pragmatický prístup k tejto problematike sa uplatňuje v Japonsku [7]. Investori rozdelili stavebné teritória podľa stupňa agresivity prostredia. Napríklad prímorské oblasti sú považované za vysoko agresívne. V týchto teritóriách sú presne stanovené minimálne hrúbky krycích vrstiev výstuže, typy rúrok pre tvorbu kanálikov, resp. aj také prísne obmedzenie, ako je zákaz predpätých mostov s dodatočne predpätými cementom injektovanými káblami. Povoľujú sa len mosty s vonkajšími káblami vedenými v komorách trámu. Presadzuje sa konštrukcia kábla s viacnásobnou antikoroúznou ochranou predpínacej výstuže a fabricky urobená antikoroúzna úprava predpínacej výstuže povlakom zinku, epoxidu, resp. HDPE, ktorá zaručuje jej ochranu už počas dopravy a skladovania.

V USA, Japonsku a Číne sa realizovalo viacero mostov s vonkajšími káblami, ktoré sú zostavené len z povrchovo upravených lán ESC (obr.8,9). VK sú bez ďalšej ochrany, ako sú HDPE rúry a injektážna malta, alebo mazivo. Prechod lán deviátorom je v mnohých prípadoch riešený separáciou (obr.9). Toto riešenie minimalizuje poškodenie povrchu lán zvýšeným radiálnym tlakom skupiny lán. Otvorená konštrukcia umožňuje vykonávať pravidelné kontroly. Podobnej konštrukcie boli realizované VK na moste Lafranconi. Pri pravidelných kontrolách nebola zistená žiadna korózia. V kotevných priečnikoch a deviátoroch radiálny tlak porušil plášť z HDPE a preto boli rúry preinjektované mazivom. Na injektované vonkajšie káble sa v Japonsku čoraz viac používajú priesvitné HDPE rúry (obr.10), ktoré dovoľujú kontrolovať kompaktnosť injektáže a umožňujú vákuové doinjektovanie v prípade potreby.

Technológia výroby Monostrandov sa uplatnila aj pri výrobe prefabrikovaných VK. Na skupinu lán chránených epoxidom, resp. zinkom je extrudovaný hrubý HDPE plášť vyplnený mazivom, resp. špeciálnou dodatočne tuhnúcou epoxidovou hmotou (obr.11).



Obr.8 Príklady použitia lán chránených epoxidom



Obr.9 Separácie lán v deviátore. Individuálna montáž a napínanie lán.





Obr.10 Vonkajšie káble s priesvitnými rúrami



Obr.11 Inštalácia prefabrikovaného vonkajšieho kábla

POKROK VO VÝVOJI MATERIÁLOV A TECHNOLOGII 2002 – 2006 PODĽA [4]

Injektáž káblov cementovou maltou

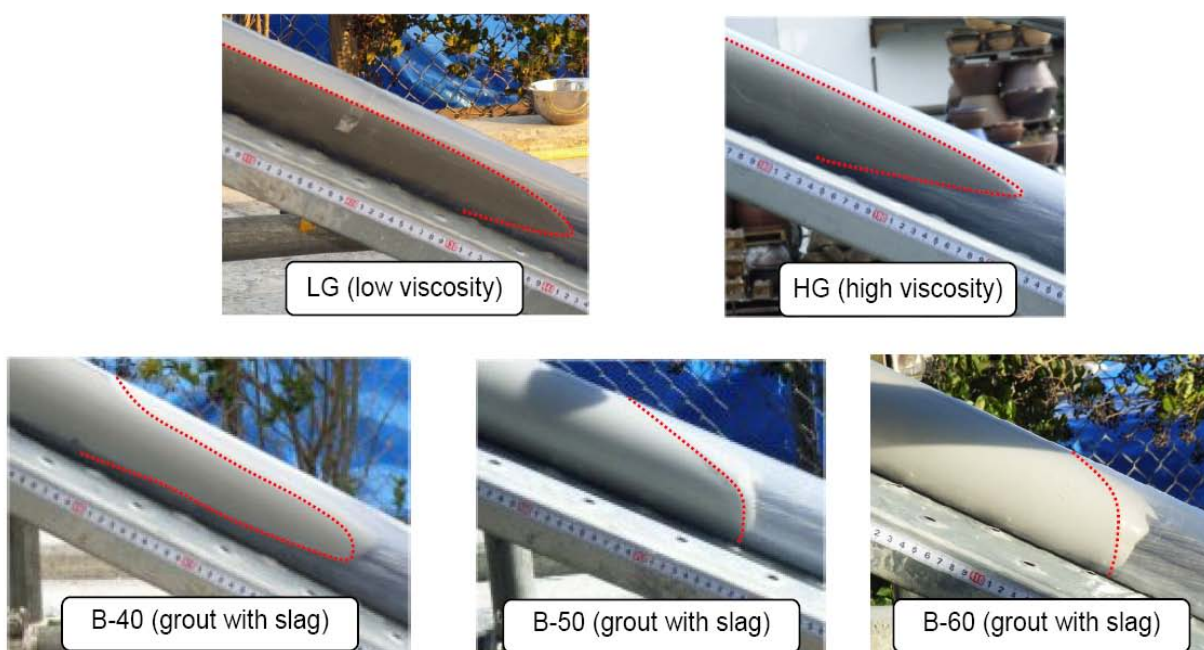
Vývoj nových materiálov a technológií je proces dlhodobý. Tendencie vylepšovania kvality PT systémov pokračujú najmä v oblasti injektážnych mált. Znížiť riziko nedokonalkej injektáže sa rieši vývojom mált s vhodnou viskozitou, ktorá zaručuje hlavne:

- prienik malty aj do tých najtesnejších miest v kanáliku,
- kompaktnosť injektážnej malty pri jej tečení v kanáliku, t.j. nízka náchylnosť na vytváranie vzduchových dutín obr.13.
- predĺženie doby jej spracovateľnosti

Podobne ako pri betónoch, sú tieto malty označované ako HP PCG (High Performance Prestressed Concrete Grout - Vysokohodnotná cementová malta pre predpätý betón). Malty sa skúšajú laboratórne na reálnych vzorkách kábla, ktorého kanálik je z priesvitnej HDPE hadice kvôli vizuálnej kontrole malty obr.12.



Obr.12 Skúšky HP PCG injektážnych mált na skutočnej konfigurácii káblov



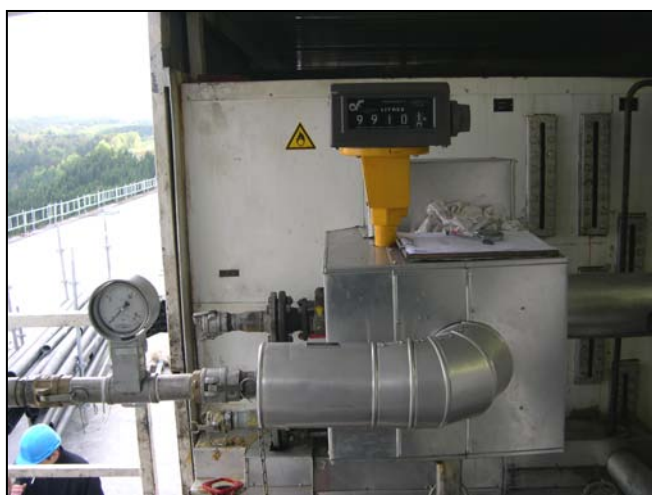
Obr.13 Tečenie mált pri skúškach injektáže

Injektáž vonkajších káblov mazivom [6]

Na moste Sioule bola vonkajším predpäťím pokrytá cela zložka pohyblivého zaťaženia. Projektant mosta požadoval od dodávateľa predpäťia konštrukciu VK, ktorá umožní ich dopnutie a v prípade potreby vymenenie. Firma Freyssinet preto štandardné 31 lanové VK (obr.14) injektovala namiesto cementovej malty mazivom. Injektáž mazivom bola doposiaľ kvôli technologickým a hlavne ekologickým problémom odmietaná. Na injektáž preto bolo vyvinuté zvláštne technologické zariadenie (obr.15), pomocou ktorého bolo možné natláčať zohriate mazivo a zároveň dodržať prísne ekologické podmienky chráneného územia. Fotografie poskytol Ing.Boitel Pierre – Freyssinet.



Obr.14 Vonkajšie káble mosta Sioule. Injektažne ventily na HDPE rúrach.



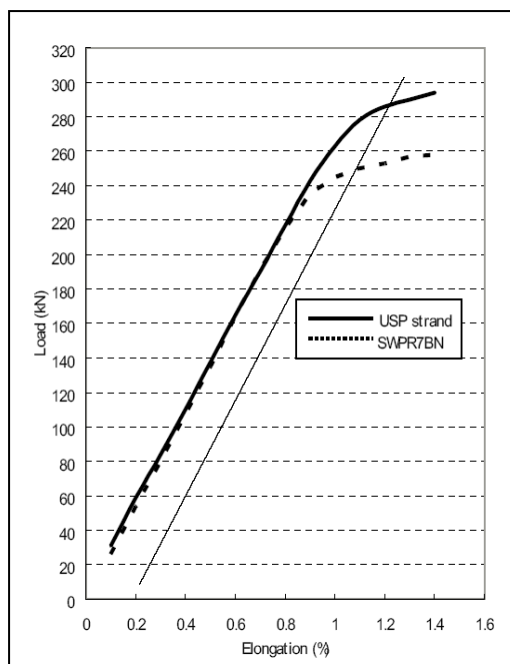
Obr.15 Technologické zariadenie na zohrievanie a injektáž maziva

Vysokopevnostné predpínacie laná

Firma Sumitomo z Japonska už dlhšiu dobu pracuje na vývoji vysoko pevnostných predpínacích lán, označovaných symbolom USP (Ultra- high Strength Prestressing Strand). Lano ϕ 15,2 mm dosahuje o 20% väčšiu ťahovú pevnosť pri tých istých hodnotách predĺženia. Na obr.17 je porovnanie lán UPS so štandardnými lanami toho istého priemeru. Zvýšenie únosnosti lán o 20% sa premietne vo výraznej úspore predpínacieho materiálu pri návrhu a realizácii predpätých konštrukcií. USP laná boli prvýkrát použité na predpínanie lávky pre peších obr.16.



Obr.16 Lávka pre peších Akihabara ,Tokio, Japonsko



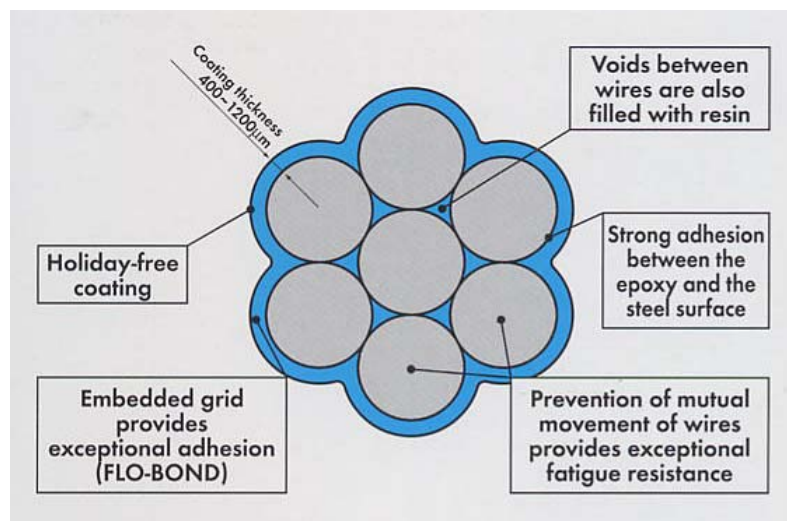
Obr.17 Pracovný diagram UPS lán

Laná obalené epoxidom

Laná Flo-Gard obalené epoxidom ECS (Epoxy Coated Strand) boli vyvinuté v USA už v roku 1980. Hlavným nedostatkom týchto lán bola technológia obalovania. Pri výrobe Flo-Gard lán bol epoxidom pokrytý len vonkajší obrys lana. Nakoľko sa epoxid nedostal do medzier medzi stredným priamym a obrysovými skrútenými drôťmi, dochádzalo v týchto priestoroch ku korózii lana v dôsledku kontaminácie vody a vzduchu. Od roku 1990 prebrala výrobu lán japonská firma Sumitomo a upravila technológiu tak, že epoxid je aj v medzerách drôtov (obr.18).

Drôty lana Flo-Fill ESC sú v procese obalovania epoxidom zohrievané, toto zohriatie mení atomickú štruktúru základného materiálu, ktorú získavame v procese znižovania relaxácie tzv. stabilizáciou lán. Výsledný produkt je podľa ASTM a ISO charakterizovaný ako stredne relaxačný materiál s hodnotou 6,5% po 1000 hod. Firma Sumitomo vyvinula technológiu, ktorá redukuje vplyv teploty na zmenu relaxačných vlastností predpínacej výstuže.

Na drôty sa nanáša silikónový náter (0,6-0,8%), ktorý ich chráni proti vysokým teplotám potrebným na tavenie epoxidu. Laná sú po tomto procese klasifikované opäť ako nízko relaxačné s hodnotou pod 2,5% po 1000 hod, pri napätí 70% Rp.



Obr.18 Priečný rez lanom Flo-Fill firmy Sumitomo

Literatúra :

- [1] ETAG 013 Guideline for European Technical Approval of Post-tensioning kits for prestressing of structures. June 2002, EOTA Brussels.
- [2] Grouting of tendons in prestressed concrete. Guide to good practice, Bulletin fib No 20, July 2002
- [3] Durability of post-tensioning tendons, Technical report fib, No.15, November 2001
- [4] Proceedings of the 2nd fib Congress, Jun 5-8, 2006, Naples, Italy
- [5] Second Workshop on Durability of Post-tensioning Tendons, 11-12 October 2004, ETH Zurich, fib, IABSE, COST
- [6] The French Technology of Concrete. The Second fib Congress. Naples, Italy, Association Francaise de Genie Civil
- [7] Mutsuyoshi, H, a kol. :Design Concepts for Durable Prestressed Concrete Structures in Japan. Proceedings of the Second Workshop on „Durability of Post-tensioning tendons“, October 2004, ETH Zurich
- [8] National Report. Recent Works of Prestressed Concrete Structures, The Second fib Congress 2006, Naples Italy, Japan Prestressed Concrete Engineering Association
- [9] Manual for Prestressing Materials and Systems, Draft of Technical report fib, June 2006