

VÝVOJ A APLIKÁCIA VONKAJŠÍCH KÁBLOV

Milan Chandoga¹⁾

Vývoj a aplikácia vonkajšieho predpätia v mostnom staviteľstve pokračuje rovnako intenzívne ako v renesančných 80. tých rokoch. Nesporne k tomu prispeli pretrvávajúce problémy s koróziou injektovaného predpätia na viacerých mostoch, ale aj čoraz väčšia popularita mostov s kompozitnou konštrukciou trámu. Vonkajšie predpätie je tiež neodmysliteľným prvkom zosil'ovania a sanácie starších predpätiých, železobetónových a ocel'ových mostov. V príspevku sú uvedené niektoré nové tendencie v aplikácii vonkajšieho predpätia v mostnom staviteľstve. Aplikácia voľných káblov pri sanáciách a zosil'ovaní starších mostov je predmetom iného príspevku v tomto zborníku.

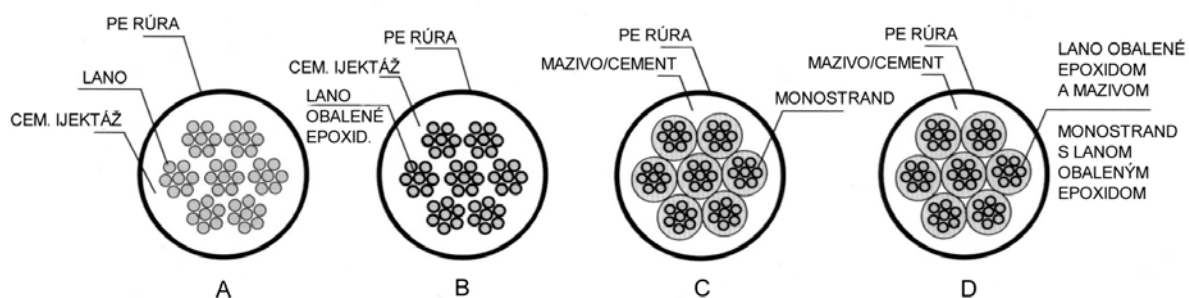
Konštrukcia vonkajšieho kábla (VK)

Na obr.1 sú zobrazené niektoré z najviac používaných konštrukčných riešení vonkajších káblov vo voľnej dĺžke. V súčasnosti sa zväčšuje podiel primárne antikorózne upravených lán, ktoré sa upravujú priamo u výrobcu, takže lano neprechádza medziskladom a nekoroduje. Na trh sa uvádzajú transparentné PE rúry, ktoré zaručujú spoľahlivú vizuálnu kontrolu injektáže a inšpekcie po celú životnosť predpätia (obr.2). Transparentné rúry HIMILAN[®] vyrába SHINKO WIRE Co. Ltd. [1] sú schopné odolávať tlaku injektážnej malty viac ako 1,2 MPa a majú podstatne lepšie vlastnosti pri nižších teplotách (pevnosť v ťahu a ohybe), ako rúry HDPE.

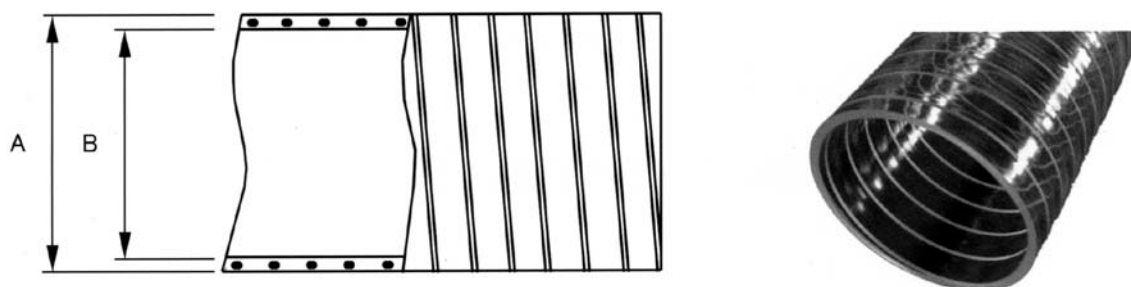
V súčasnosti je veľmi populárna konštrukcia VK typ „B“. Dokonalá antikorózna ochrana lana epoxidovou živicom, ktorá prechádza aj oblasťou kotvenia lán v kotevnej objímke, prakticky nevyžaduje ďalšie ochranné prvky, ako je HDPE rúra a injektážna malta. Tento systém bol použitý pri spájaní prefabrikovaných kotevných trámov 19 lanovými vonkajšími káblami na mostoch KAMIKAZUE a ANJO v Japonsku [1]. Prechod deviátorom bol riešený tak, ako pri moste Lafranconi polyetylénovou rúrou, ktorá sa pohybuje v ocel'ovej prechodke. Pretože sa predpínalo všetkých 19 lán naraz, bol pre túto konštrukciu experimentálne meraný koeficient trenia v deviátore pomocou ME metódy [2]. Skutočná nameraná hodnota $\mu = 0,08$. bola výpočte účinkov predpätia zväčšená skoro na dvojnásobok ($\mu = 0,15$).

Konštrukcie priečného rezu VK typ „C, D“ (obr. 1) sú štandardné a umožňujú individuálne napínanie lán jednolanovým lisom. V oboch prípadoch by bolo najlepším riešením injektovať kábel včítane koncových kotiev mazivom. Napriek dlhodobému riešeniu tohto problému nemožno očakávať, že sa v krátkej dobe podarí vyvinúť injektážnu hmotu a technológiu, ktoré budú vyhovovať tak potrebám mostárov, ako aj odborníkom z oblasti ochrany životného prostredia. Aj z tohto dôvodu sa používajú buď káble predinjektované mazivom alebo pri nedopínateľných VK sa používa klasická cementová injektáž. Pri použití MONOSTRANDOV sa kotevná objímka a ochranná čiapka injektujú výhradne mazivom (obr.5a). Hlavným problémom je, že láná sa pri napínaní dostanú do kotevnej objímky aj s mazivom a je teda vhodné zachovať toto prostredie aj po injektáži tým, že zabránime prenikaniu cementovej injektážnej malty do kotvy.

1) Doc., Ing., PhD., Projstar PK s.r.o., Nad Dunajom 50, 841 04 Bratislava

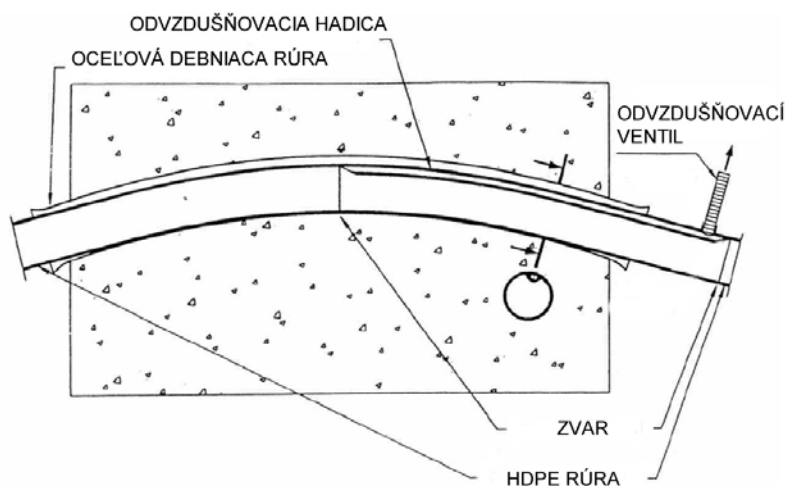


Obr.1 Niektoré konštrukčné riešenia vonkajších káblov



Obr. 2 Transparentné rúry HIMILAN®

Pri kontrole injektáže VK sa ukázalo, že v oblasti prechodu kábla konkávnou časťou deviátora, resp. kotevného priechnika vznikajú veľké vzduchové bubliny. Na obr. 3 je schéma konštrukčného riešenia odvzdušňovača, ktorý odvádza vzduch a vodu z najvyššieho miesta VK. Odvzdušňovaciu hadičku je možné umiestniť aj z vonkajšej strany PE rúry. Projektant však musí s touto alternatívou počítať už pri návrhu otvoru.



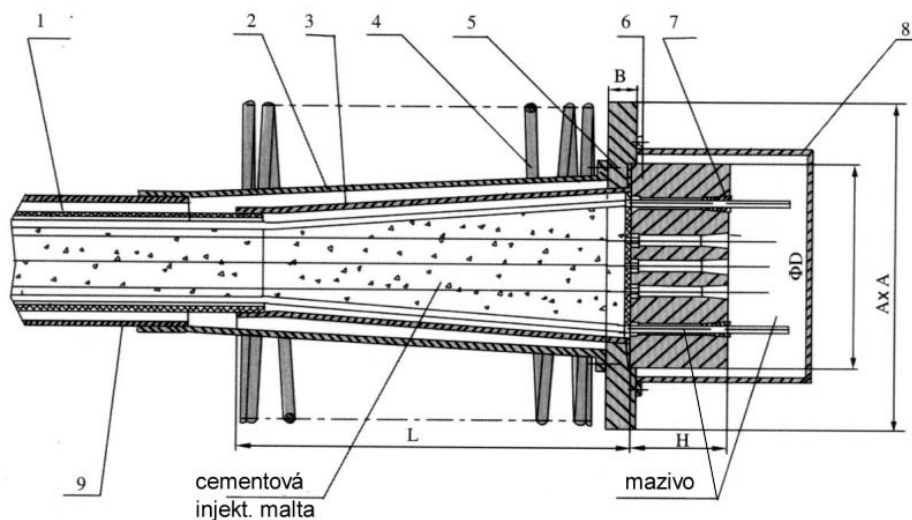
Obr. 3 Schéma konštrukčného riešenia odvzdušňovača vonkajšieho kábla v zakrivení

Deviátory a kotevné bloky - naliatky

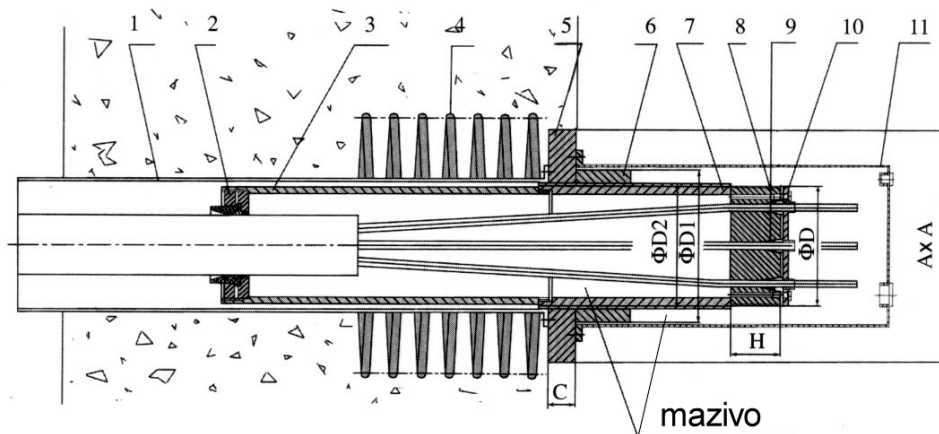
V konštrukcii deviátorov a kotevných káblov sa prevažne uplatňujú betónové varianty. Stále sa zväčšujúca popularita kompozitných priečnych rezov mostov s totálnym vonkajším predpätím vedie k prehodnoteniu a sprísneniu kritérií pre návrh a posudzovanie únosnosti týchto prvkov. V zborníku z kongresu možno nájsť veľký počet príspevkov, ktoré sa venujú počítačovému modelovaniu pripojenia deviátora, resp. kotevného bloku k nosnej konštrukcii. Prekvapujúce je i veľké množstvo nákladných experimentálnych prác. Na obr. 4 je vzorka mosta SETOGAWA na ktorej sa vyšetrovala lokálna napätosť trámu v okolí kotevného priečnika až do medze jeho porušenia.



Obr.4 Skúška únosnosti kotevných blokov mosta SETOGAWA [6]



Obr. 5a. Vymeniteľné kotvenie kábla s nesúdržnými lanami Monostrand



Obr.5b. Rektifikovateľné a vymeniteľné kotvenie

Kotvenie vonkajších káblov (VK)

Konštrukcia kotvenia musí zabezpečiť VK integritu požadovaných vlastností, ako sú vymeniteľnosť, resp. dopínateľnosť. V ostatnej dobe sa VK prevažne navrhujú ako vymeniteľné. Zabezpečenie vymeniteľnosti vedie k dvojplášťovej úprave kotvenia (obr. 5a), resp. k separácii injektážnej malty v roznášacej podložke pomocou polyetylénovej vložky, alebo špeciálneho náteru.

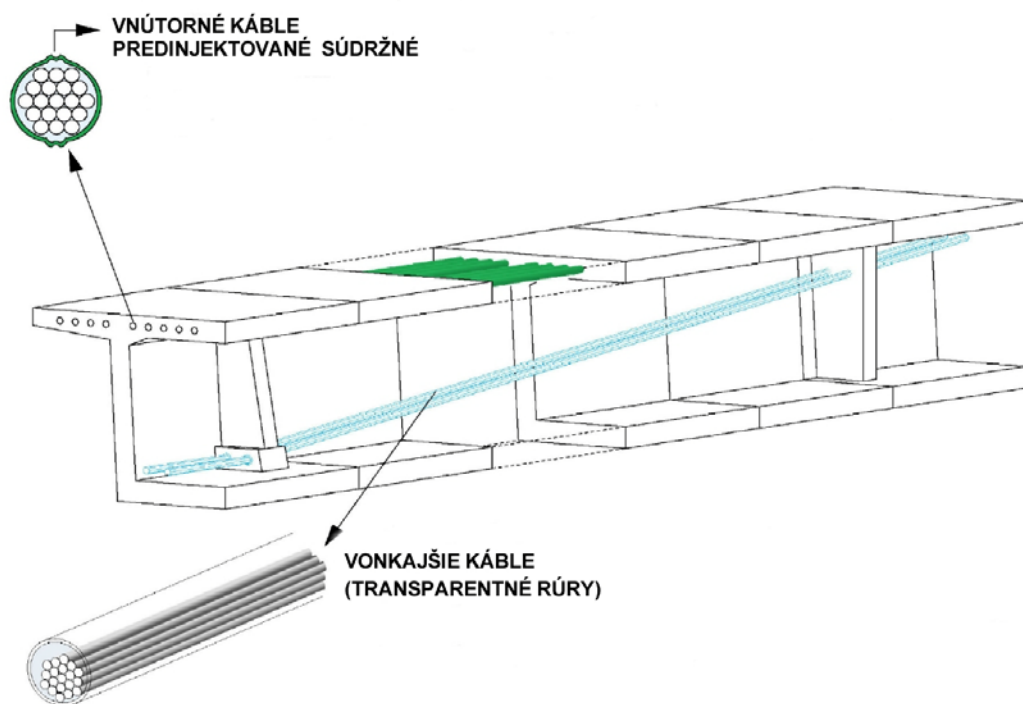
V konštrukcii dopínateľných VK sa využíva pokrok dosiahnutý pri vývoji závesov zavesených mostov. Okrem klasického kotevného systému dopínateľnými nesúdržnými lanami MONOSTRAND sa používajú i drahšie rektifikovateľné kotvenia, obr. 5b.

Príklady mostov s vonkajším predpätím

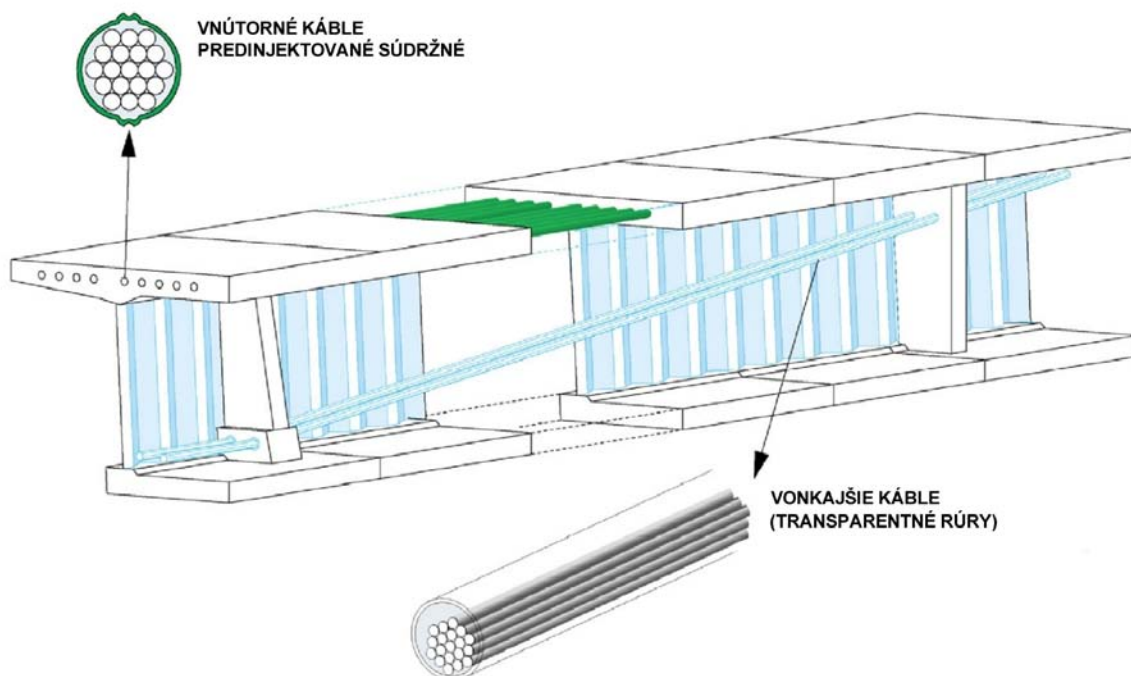
Nesporne najpestrejšiu aplikáciu VK v mostných konštrukciách predstavili na kongrese Japonci. V súčasnosti môžeme sledovať tieto trendy v navrhovaní VK:

- vonkajšie káble, ako bolo zvykom, dopĺňujú systém injektovaných káblov,
- totálne vonkajšie predpätie aj pri letmo montovaných a betónovaných mostoch,
- zvýšenie efektu vonkajšieho predpätia jeho vytiahnutím nad, resp. pod konštrukciu trámu (extradosed mosty, káblové podpery – vzperadlá).

Koncepcia zmiešaného predpätia tak, ako ju poznáme od 80-tych rokov, je v súčasnosti obohatená o systém predinjektovaných súdržných káblov PGT a transparentných VK [4]. Táto japonská novinka z 90 tich rokov (obr.6) bola aplikovaná pri viacerých letmo-betónovaných mostoch s priečnym rezom betónovým, resp. kompozitným (SETOGAWA, OHUCHIYAMAGAWA, KATTEGAWA), ale aj pri zavesených mostoch ako (HIMI a RITTOH BRIDGE).



Obr.6a Zmiešané predpätie podľa [4]



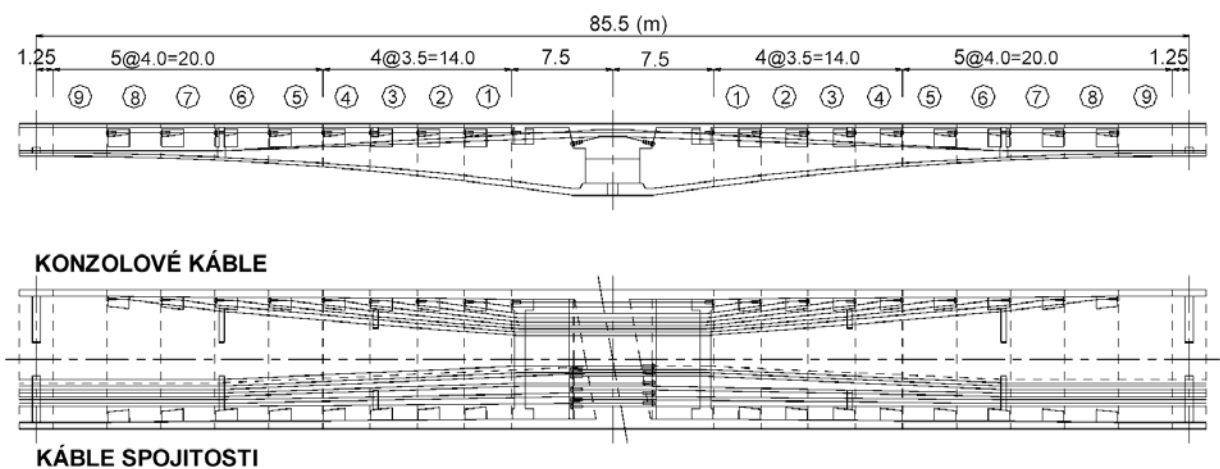
Obr. 6b. Zmiešané predpätie kompozitných trávov podľa [4]

Koncepcia „totálneho“ vonkajšieho predpätia sa spájala najmä s vysúvanými mostami. Pri výstavbe mostov TENRYUGAWA a OKITSU-GAWA (kompozit. prieč. rez) bola použitá technológia letmej betónáže a prvýkrát boli konzolové dodatočne predpäté injektované káble nahradené vonkajšími káblami (obr. 7) [5]. Konzolové káble sú kotvené v kotevných blokoch (naliatkoch) umiestnených v rohoch komory. Pretože boli použité veľké 19 lanové káble značne odklonené od steny komory, bola únosnosť kotevných blokov a napätosť v priečnom reze predmetom podrobnej počítačovej analýzy a experimentálneho modelového overovania.

Koncepcia totálneho predpätia VK prináša tieto výhody:

- absolútna kontrola predpätia, jeho vymeniteľnosť, zníženie, resp. vylúčenie strát predpätia z trenia kábla pri napínaní a hlavne ďalšie odľahčenie priečného rezu.

Nakoľko v priečnom reze už nie je žiadne injektované predpätie, možno pri jeho posudzovaní upustiť od kritéria nepriepustnosti trhlín.

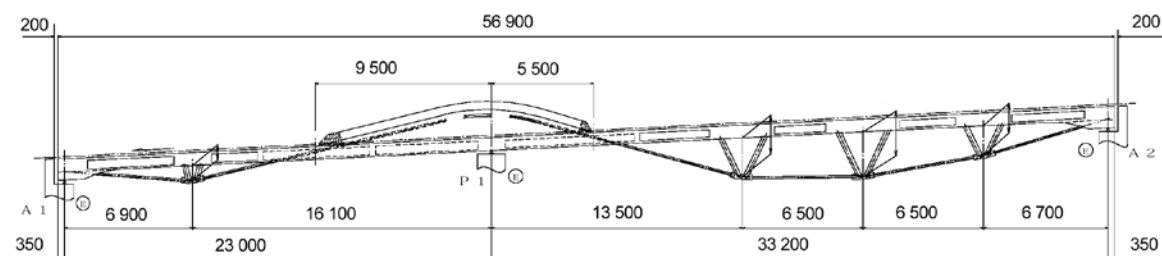


Obr. 7 Totálne vonkajšie predpätie letmo betónovaného mosta TENRYUGAWA

Vonkajšie predpätie s veľkou excentricitou

Je dnes mimoriadne populárne pri návrhu extradosed a kompozitných mostov. Problematike „Extradosed bridges“ sa venuje príspevok Doc. Ľ. Naďa. Pri návrhu dvojpoľovej nosnej konštrukcie mosta pre peších cez rieku TORIZAKI [7] bol použitý systém vonkajšieho predpätia, ktorého excentricita podstatne prevyšuje výšku trámu, (obr. 8). Vonkajšie káble sú injektované mazivom, aby sa predišlo veľkým stratám z trenia pri predpínaní.





Obr. 8 Lávka cez rieku TORIZAKI

Literatúra

- [1] SHINKO WIRE Co., Ltd. Prospect 2002,
- [2] Yuji Suzuki a kol.: Planning and design for fabrication in the shop of precast segmental PC box girder bridge for the Kamikazue and Anjo viaducts on the New Tomei Expressway. Proceedings of the first *fib* Congress 2002, Osaka 2002,
- [3] Meranie koeficienta trenia vonkajších káblov Viaduct New Tomei Expressway – Japonsko. Projstar PK s.r.o., 2001
- [4] Tsutomu Kadotani: The innovated technology on prestressing system developed by Japan Highway Public Corporation. Proceedings of the first *fib* Congress 2002, Osaka 2002,
- [5] Yasuo Fukunaga, Masatoshi Saiki: Design and construction of the New Tomei Expressway Tenryugawa Bridge, Proceedings of the first *fib* Congress 2002, Osaka 2002,
- [6] Mitsuhide Yoshida a kol.: Design and report of full scale model test on concrete anchorage block of external tendons in Setogawa bridge, Proceedings of the first *fib* Congress 2002, Osaka 2002,
- [7] Toshiji Matsui a kol.: Design and construction of Torizaki river park bridge – an innovative two span continuous PC bridge with large eccentric external tendons, Proceedings of the first *fib* Congress 2002, Osaka 2002,