



NAPRAWY STROPÓW KABLOBETONOWYCH

BARTOSZ ŁUKIJANIUK, *b.lukijaniuk@bbr.pl*
BBR Polska Sp. z o.o.

Streszczenie: Celem referatu jest zaznajomienie czytelnika z możliwościami napraw stropów kablobetonowych. Technologia stropów kablobetonowych znajduje coraz szersze zastosowanie. Niniejszy referat opisuje wybrane naprawy stropów kablobetonowych pod kątem realizacji specjalistycznych tzn. związanych ściśle z technologią sprężania – naprawy stref zakotwień i wymiany uszkodzonych lub przeciętych splotów. Referat stanowi ilustrację twierdzenia, że stropową konstrukcję kablobetonową można naprawić lub zmodernizować.

Słowa kluczowe: stropy kablobetonowe; awaria strefy zakotwienia; przecięcie splotu.

1. Specyfika konstrukcji stropów kablobetonowych pod kątem specjalistycznych napraw

Niniejszy referat pozwala zaznajomić czytelnika z rzadką problematyką dotyczącą napraw stropów kablobetonowych, związanych ze specyfiką rozwiązania konstrukcyjnego. Ze względu na zwiększającą się popularność stropów kablobetonowych, tematyka napraw tych konstrukcji jest ważna dla wszystkich osób zaangażowanych w realizację i użytkowanie obiektów wykorzystujących tą technologię.

Specyfiką konstrukcyjną stropów kablobetonowych jest zastosowanie kabli sprężających. Ze względu na sposób współpracy z konstrukcją kable sprężające dzielą się na kable sprężające z przyczepnością i bez przyczepności. Kable sprężające bez przyczepności są to liny stalowe (sploty) o wysokiej wytrzymałości, fabrycznie powleczone osłonką polietylenową wypełnioną smarem zapewniającym ochronę antykorozyjną. Kable bezprzyczepnościowe siłą sprężającą przekazują na konstrukcje w miejscach zakotwień (naciągowych i biernych) wprowadzając ścislenie oraz składowe siły pionowe wynikające z profilu kabla. Kable sprężające bez przyczepności montuje się bezpośrednio w zbrojeniu elementu. Kable sprężające z przyczepnością przekazują swoje oddziaływanie konstrukcji w sposób analogiczny jak kable bez przyczepności, ale również dodatkowo na całej długości kabla, dzięki przyczepności między splotami (linami) stalowymi a sprężaną konstrukcją. Sploty/liny kabli sprężających z przyczepnością montuje się w kanałach kablowych (czyli rurach osłonowych), które z kolei zainstalowane są w zbrojeniu. Przyczepność między kablem a konstrukcją uzyskuje się poprzez iniekt (zaczyn cementowy) wtlaczany do kanału kablowego po zakończonym naciągu. Po osiągnięciu przez iniekt wytrzymałości, siła sprężająca jest niezależna od strefy zakotwienia – siła sprężająca jest „trzymaana” przyczepnością na całej długości kabla. W trakcie prowadzenia naciągu (sprężania) kabli obu typów, największa koncentracja naprężeń występuje w strefach zakotwień, ponieważ cała siła naciągu przykładana jest w tych miejscach. Po zakończonym naciągu zachodzą procesy reologiczne i relaksacja materiałów – procesy te powodują, że siła naciągu zmniejsza się wraz z upływem czasu.

Biorąc pod uwagę powyższą specyfikę stropów kablobetonowych miejscami najbardziej wrażliwymi na awarię są: strefy zakotwień obu systemów kabli sprężających oraz sploty kabli bezprzyczepnościowych.

Zaletą kabli sprężających przyczepnościowych jest to, że po poprawnie przeprowadzonej iniekcji (wypełnieniu) kanałów kablowych, bezpieczeństwo konstrukcji nie zależy wyłącznie

od trwałości zakotwień kabli. Zaletami kabli sprężających bezprzyczepnościowych są niskie współczynniki tarcia (dzięki czemu nie obserwujemy dużej straty siły sprężającej na długości kabla) oraz fabryczne zabezpieczenie antykorozyjne.

2. Awarie i naprawy stref zakotwienia kabli sprężających

Ze względu na dużą koncentrację naprężeń w strefie zakotwienia, szczególnie podczas prowadzenia naciągu, w trakcie realizacji konstrukcji należy zadbać o właściwe zabetonowanie oraz lokalne dozbrojenie tych stref. Układając mieszankę betonową szczególną uwagę należy zwrócić na dokładne zawibrowanie i niedopuszczenie do rozsegregowania betonu w tej strefie (w strefie zakotwień jest zwykle duże zagęszczenie zbrojenia co utrudnia prace betoniarskie). Montując zbrojenie wzmacniające strefę zakotwień szczególną uwagę należy zwrócić na to aby zbrojenie wykonać zgodnie z projektem (chodzi tu o lokalizację i rozstawy elementów zbrojeniowych względem zakotwienia kabla). Aprobaty techniczne obejmujące systemy sprężania podają szczegółowe wymagania dotyczące wytrzymałości betonu niezbędnej do przeprowadzenia sprężania oraz opisują detale lokalnego dozbrojenia stref zakotwień – niezależnie od tych zaleceń Projektant może samodzielnie wyspecyfikować układ zbrojenia według własnego rozwiązania. Każde rozwiązanie detalu strefy zakotwienia powinno być jasno i czytelnie opisane w dokumentacji wykonawczej.

W przypadku wadliwie wykonanej strefy zakotwienia awarie dotyczą pęknięcia betonu i zapadnięcia się zakotwienia (wciągnięcia zakotwienia do wnętrza sprężanego elementu). Stan awaryjny łatwo wykryć obserwując postępujące zarysowanie betonu w strefie bezpośrednio za zakotwieniem kabla; obserwacje należy prowadzić w trakcie prowadzenia naciągu oraz bezpośrednio do zakończenia tej czynności. Ważne jest również obserwowanie w trakcie sprężania wskazań manometru oraz pomiar wydłużeń kabla.

W przypadku pęknięcia betonu i zapadnięcia się zakotwienia niezbędna jest wymiana splotów w kablu oraz elementów zakotwienia.

Poniżej opisano przykłady błędu polegającego na niewłaściwym ułożeniu mieszanki betonowej – bezpośrednio pod zakotwieniem kabla była pustka. Strop został sprężony kablami bezprzyczepnościowymi. W pierwszym przypadku, dopiero po zakończonym sprężeniu, 2 skrajne lewe zakotwienia zostały „wciągnięte” – zapadły się. Pewną komplikacją było, że wszystkie sploty w grupie składającej się z 4 splotów, zostały sprężone; a awaria nastąpiła kilka godzin po całkowitym zakończeniu naciągu. Naprawę wykonano w następujący sposób: odprężenie kabli (zluźowanie naciągu), usunięcie betonu w strefie zakotwienia (rys. 2), wymiana splotów, odbudowanie układu lokalnego dozbrojenia (często dodanie dodatkowych prętów), uzupełnienie braków zaprawą/betonem wysokiej wytrzymałości i niskim skurczu, ponowny naciąg po osiągnięciu przez beton naprawczy odpowiedniej wytrzymałości (zgodnie z projektem pierwotnym).

Rysunek 1 pokazuje lokalizację kabli: 2 kable oznaczone czerwonymi strzałkami (z lewej strony) uległy awarii; sploty w 2 kablach oznaczonych zielonymi strzałkami (z prawej strony) podlegały jedynie wymianie. Rysunek 2 pokazuje strefę zakotwienia z której usunięto nienośny beton. Rysunek 3 pokazuje strefę zakotwienia przygotowaną do ponownego wypełnienia: sploty zostały wymienione, odbudowano zbrojenie, dodano dodatkowe elementy dozbrajające, powierzchnię betonu oczyszczono i zagruntowano, a czoło płyty zadeskowano.



Rys. 1. Miejsce awarii: lokalizacja poszczególnych kabli: czerwone strzałki wskazują zakotwienia do wykucia i wymiany; zielone strzałki wskazują kable do odprężenia



Rys. 2. Strefa zakotwienia pozbawiona nienośnego betonu



Rys. 3. Strefa zakotwienia przygotowana do ponownego wypełniania: sploty wymienione, dozbrojenia zamontowane, powierzchnie betonu zagruntowane

Miejsce potencjalnej awarii często można wytypować przeprowadzając wizualną kontrolę betonu. Rysunek 4 pokazuje miejsce potencjalnej awarii – bezpośrednio pod zakotwieniem występują lokalne braki betonu, a zbrojenie jest odsłonięte.



Rys. 4. Miejsce potencjalnej awarii – niewłaściwie ułożona mieszanka betonowa; strefa zakotwienia jest niedobetonowana, zbrojenie które powinno być w betonie pozostało nieobetonowane

W powyższym przypadku strefę zakotwienia naprawiono jeszcze przed sprężeniem kabli – wizualna kontrola jakości prac betoniarskich wykazała błędy wykonawcze, nie dopuszczono do powstania awarii. Schemat postępowania był analogiczny jak opisany powyżej (bez odprężenia i wymiany splotów).

Kolejny przykład dotyczy awarii strefy zakotwienia biernego kabli z przyczepnością. Przyczyną awarii były braki zbrojenia lokalnego. Rysunek 5 pokazuje miejsce awarii – odspojony fragment betonu o wymiarach ok. 100×200 cm w strefie zakotwień biernych bezdostępowych, zlokalizowanych wewnątrz rzutu płyty stropowej. Naprawa polegała na usunięciu nienośnego/zniszczonego betonu (rys. 6), odtworzeniu i dodaniu lokalnego zbrojenia, przygotowaniu powierzchni betonu, wymianie splotów, uzupełnieniu rozkucia i ponownym sprężeniu kabli.



Rys. 5. Miejsce awarii – odspojony beton w strefie zakotwień biernych

Projekt specyfikował zbrojenie tej strefy: dodatkowe elementy w formie „szpilek” – pionowych prętów spinających górną i dolną siatkę, zlokalizowane na odsłoniętej długości splotów oraz spirala zbrojeniowa zlokalizowana na końcu kanału kablowego. W tym przypadku zbrojenie prętami pionowymi nie zostało wykonane.

Podsumowując ten fragment referatu należy zauważyć, że realizacja strefy zakotwienia wymaga szczególnej uwagi – konieczne jest właściwe wykonanie zbrojenia oraz odpowiednie ułożenie i pielęgnacja betonu. Jak opisano wcześniej: beton w strefie zakotwień musi być bezwzględnie dobrze zawibrowany; a układając mieszankę betonową nie można dopuścić do segregacji składników. Realizując zbrojenie strefy zakotwień prace należy wykonać dokładnie tak jak pokazano na rysunkach – w tych strefach nie można dopuścić do niedokładności.



Rys. 6. Strefa awarii po usunięciu betonu – brak pionowych elementów zbrojenia (tzw. „szpilek”)

Ważnym aspektem wpływającym na koszty i czas realizacji naprawy jest konieczność wymiany splotów, które zostały naciągnięte. Najczęściej kable sprężające projektowane w stropach są zakończone zakotwieniami biernymi bezdostępowymi – aby wymieść sploty w kablu (zarówno z jak i bez przyczepności) należy uzyskać dostęp do obu zakotwień: czynnego (naciągowego) i biernego. Mając na uwadze powyższy aspekt kosztowy, warto jest przeprowadzić kontrolę betonu w strefach zakotwień – najczęściej ocena wizualna jest wystarczająca; a w uzasadnionych przypadkach można przeprowadzić specjalistyczne i szczegółowe badania. Zaleca się aby każdą strefę co do której jest podejrzenie wady (np. niedobetonowanie lub pustki pod zakotwieniem) naprawić przed rozpoczęciem sprężania.

3. Przecięcie lub uszkodzenie splotów

Jak wyjaśniono na początku kable bez przyczepności wprowadzają siłę sprężającą jedynie poprzez zakotwienia. W przypadku przecięcia/uszkodzenia kabla na odcinku między zakotwieniami siła sprężająca wynikająca z naciągu kabla jest gwałtownie tracona – kabel pęka po uszkodzeniu. Aby zapobiec takim awariom, prowadzenie jakichkolwiek prac wymagających otworowania stropów sprężonych kablami bez przyczepności można prowadzić jedynie w uzgodnieniu i w oparciu o dokumentację powykonawczą lokalizacji kabli – dodatkowe otwory należy lokalizować poza trasą kabli, bezwzględnie zachowując wymaganą otulinę. W przypadku przecięcia kabla konieczna jest jego wymiana. Schemat postępowania jest następujący: uzyskanie dostępu do obu zakotwień (najczęściej zakotwienia naciągowe lokalizowane są na krawędzi – dostęp nie stanowi problemu; dostęp do zakotwienia biernego realizowany jest przez rozkucie fragmentu stropu); usunięcie przeciętego splotu i zastąpienie do nowym splotem; naciąg kabla i uzupełnienie betonu.

Rysunek 7 pokazuje proces wciągania nowego splotu w miejsce uszkodzonego. Wprowadzając nowy splot należy zwrócić szczególną uwagę na właściwe zabezpieczenie antykorozyjne splotu. Często zdarza się, że w miejsce splotu o polu przekroju 150 mm^2 można zastosować splot o polu przekroju 140 mm^2 lub 93 mm^2 – wprowadzenie cieńszych splotów w osłonkę jest znacznie prostsze. Należy zaznaczyć, że taka zmiana musi zostać poprzedzona szczegółową analizą projektową.



Rys. 7. Wciąganie nowego splotu w miejsce starego.

Sporadycznie zdarza się, że sploty są uszkodzone (nadcięte) podczas montażu. W takiej sytuacji awaria następuje już w trakcie naciągu splotu – następuje gwałtowne zerwanie lub nadmierne wydłużenie. W takich sytuacjach procedura wymiany splotu jest taka jak opisano powyżej.

4. Podsumowanie

Opisane sposoby rozwiązania sytuacji awaryjnych związanych ze specyfiką stropów kablobetonowych oparte są na przeprowadzonych działaniach w ramach robót naprawczych, wykonanych w minionych latach. Pewien sceptycyzm części inżynierów dla zastosowania stropów kablobetonowych wynika z opinii o tym, że takie stropy są trudne do naprawy i modernizacji. Zaprezentowane rozwiązania udowadniają, że przeprowadzenie napraw stropów kablobetonowych jest łatwo wykonalne i nie stanowi zagrożenia dla żadnej realizacji.

Ponadto autor zaznacza, że opisany schemat postępowania (tzn. zluźnienie kabli, wykucie betonu, wymiana splotów, lokalne dozbrojenie, uzupełnienie masy betonowej i ponowny naciąg) może być z powodzeniem zastosowany w trakcie modernizacji stropów kablobetonowych

polegających na zmianie aranżacji powierzchni: np. dodanie dużych otworów, w których konieczne jest przecinanie kabli sprężających.

Na koniec autor pragnie zaznaczyć, że ze względu na procedury kontrolne w zakładach produkcyjnych wytwarzających elementy zakotwień i sploty oraz w trakcie montażu, awarie związane z wadliwymi komponentami systemów sprężania (np. wadliwe odlewy zakotwień lub lokalne osłabienia splotów) w praktyce się nie zdarzają.

REPAIRS OF POST-TENSIONED SLABS

Abstract: The aim of the paper is to acquaint the reader with possibilities of repairs of post-tensioned slabs. The post-tensioned slab solutions is being more frequently used. The paper describes procedures of repair post-tensioned slabs related to its specificity – repairs of anchorage zone and replacement of damaged or cut strands. The paper illustrates that post-tensioned slab can be easily repaired.

Keywords: post-tensioned slabs; anchorage zone damage; cut strand.