

dr inż. Janusz Potrzebowski¹⁾

Nowe życie obiektów w wyniku wzmocnienia włóknami węglowymi, naprawy i zabezpieczenia antykorozyjnego żelbetu

Współczesne budownictwo coraz częściej koncentruje się na modernizacji i adaptacji istniejących obiektów, zamiast ich rozbiórki i wznoszenia od podstaw. Przykładem są coraz liczniejsze projekty zamieniające istniejące budynki biurowe na mieszkalne, nie wspominając o starych obiektach fabrycznych zamienianych już od lat na lofty. Zmiana funkcji budynków, a także infrastruktury, zwiększenie obciążeń użytkowych, potrzeba wykonywania nowych otworów w stropach i ścianach oraz naturalne procesy starzenia materiałów konstrukcyjnych powodują konieczność stosowania zaawansowanych technologii naprawy i wzmocnienia żelbetu. W tym kontekście kluczową rolę odgrywają systemy naprawcze, m.in. **Sika®MonoTop®**, **Sika®Repair®F** czy **Sika®EpoCem®**, zabezpieczenia antykorozyjne żelbetu oraz wzmocnienia z wykorzystaniem włókien węglowych **Sika®CarboDur®** i **Sika®Wrap®**, umożliwiające nadanie konstrukcjom „drugiego życia”.

Naprawa rys i spękań – pierwszy krok do trwałości

Częstym problemem technicznym w eksploatowanych obiektach są rysy i spękania konstrukcyjne w stropach oraz ścianach żelbetowych. Ich obecność nie tylko pogarsza estetykę, ale przede wszystkim sprzyja wnikaniu wilgoci i agresywnych czynników, prowadząc do korozji zbrojenia i dalszej degradacji betonu. Skuteczna naprawa wymaga przywrócenia ciągłości konstrukcyjnej elementów.

W praktyce stosuje się iniekcje z żywic epoksydowych **Sikadur®-52** lub **Sikadur®-53**, które umożliwiają trwałe



Wzmocnienie taśmami Sika®CarboDur® w przypadku adaptacji na obiekt mieszkalny

zamknięcie i uciążenie rys konstrukcyjnych. Ubytki betonu uzupełnia się zaprawami naprawczymi PCC, w ramach systemów **Sika®MonoTop®**, **Sika®Repair®F**, zapewniającymi odpowiednią przyczepność i kompatybilność z podłożem. Odślonięte pręty zbrojeniowe zabezpieczone są materiałami antykorozyjnymi, np. **Sika®MonoTop®2001B&P**, natomiast strefy zagrożone korozją – penetrującymi inhibitorami korozji, jak **Sika®Ferrogard® 903+**.

Wzmocnienia konstrukcji włóknami węglowymi (taśmami i matami)

Po przywróceniu ciągłości betonu możliwe jest zastosowanie nowoczesnych wzmocnień konstrukcyjnych. Jednym z najbardziej efektywnych rozwiązań są systemy CFRP (**Carbon Fiber Reinforced Polymer**), które charakteryzują się bardzo dużą wytrzyma-

łością na rozciąganie, niewielką masą oraz odpornością na korozję.

Firma **Sika®** oferuje kompletny system wzmocnień CFRP, obejmujący taśmy z włókien węglowych **Sika®CarboDur®** o szerokości 50 – 150 mm i grubości 1,2, 1,4 oraz 2,6 mm, przeznaczone do wzmocniania stropów, belek i nadproży pracujących na zginanie, oraz maty **Sika®Wrap®** o różnej nośności, wykorzystywane m.in. do wzmocniania belek w strefach ścianowych oraz ścian, słupów i tarcz. Kompozyty te pełnią funkcję dodatkowego zewnętrznego zbrojenia, wymaganego ze względu na zwiększone obciążenia oraz przejmują siły rozciągające i kompensują osłabienie wynikające np. z wycinania otworów w stropach i ścianach tarczach.

Do klejenia taśm i mat stosowane są kleje epoksydowe **Sikadur®-30**, **Sikadur®-330** lub **Sikadur®-30 LP**, zapewniające trwałe zespolenie kompozytu z betonem. Odpowiednie przygotowanie podłoża – szlifowanie, gruntowanie i wyrównanie – ma istotny wpływ na skuteczność całego systemu.

Sprężanie, wypieranie i odciążanie konstrukcji

W celu pełnego wykorzystania właściwości wzmocnienia CFRP stosuje się często, przed aplikacją kompozytów, zabiegi takie, jak odciążanie, wypieranie lub sprężanie konstrukcji. Sprężanie taśm **Sika®CarboDur®**, przy użyciu systemów kotwiących, pozwala ograniczyć ugięcia i aktywnie zamknąć istniejące rysy, choć wymaga dużej precyzji wykonawczej. Alternatywnie stosuje się wypieranie konstrukcji, co umożliwia szybsze „włączenie” taśm do pracy, szczególnie istotne przy dużych ugięciach i zarysowaniach.

¹⁾ Sika Poland Sp. z o.o.;
potrzebowski.janusz@pl.sika.com

Oprogramowanie Sika®CarboDur® – wsparcie projektowe

Uzupełnieniem systemów materiałowych jest nowoczesne oprogramowanie obliczeniowe Sika®CarboDur®, przeznaczone do wymiarowania wzmocnienia konstrukcji żelbetowych przy użyciu taśm Sika®CarboDur® oraz mat Sika®Wrap®. Pozwala ono projektować wzmocnienie elementów pracujących na zginanie, ścinanie i ściskanie zgodnie z aktualnymi wytycznymi projektowymi. Oprogramowanie jest po polsku, dostępne bezpłatnie on-line na stronie Sika Poland, bez konieczności instalacji. Prowadzi projektanta krok po kroku przez proces obliczeniowy. Dzięki temu stanowi cenne narzędzie wspierające podejmowanie decyzji projektowych oraz optymalny dobór systemu wzmocnień.

Istotnym aspektem projektowania jest wskazanie prawidłowej długości taśm węglowych, a podstawową zasadą – konieczność ich skutecznego zakotwienia w strefach betonu niezarysowanego. W przypadku belek i stropów swobodnie podpartych oznacza to prowadzenie taśm Sika®CarboDur® od podpory do podpory na całej rozpiętości elementu. W konstrukcjach ciągłych taśmy powinny być wyprowadzone poza obwiednię momentu zerowego i zakotwione w strefie ściskanej na długości 30–40 cm. Kotwienie w betonie niezarysowanym jest warunkiem zapewnienia trwałości i bezpieczeństwa wzmocnienia.

Jeden z modułów oprogramowania pozwala na analizę wzmocnianej konstrukcji w warunkach pożarowych. Dostępne są dwa rozwiązania. Pierwsze, to zabezpieczenie wzmocnienia okładzinami ppoż., co jednak generuje dodatkowe koszty dla inwestora. Drugim rozwiązaniem, najczęściej stosowanym, jest sprawdzenie potrzeby wzmocniania podczas pożaru ze względu na znacznie „łagodniejsze” wymagania dotyczące nośności konstrukcji w ramach stanu wyjątkowego, jakim jest pożar. W wielu przypadkach konstrukcja ma wystarczającą nośność podczas pożaru. Taśmy/maty są zbędne. Nie trzeba więc ich zabezpieczać ppoż. Dodatkowo należy sprawdzić, czy nośność konstrukcji jest utrzymana w całym wymaganym czasie R, gdyż następuje jej zmniejsze-

nie na skutek nagrzewania się żelbetu. Całą tę analizę przeprowadza oprogramowanie Sika®CarboDur®.

Aplikacja taśm Sika®CarboDur® i mat Sika®Wrap®

Podstawowym wymaganiem technologii aplikacji taśm i mat węglowych jest odpowiednie przygotowanie podłoża. Powierzchnia betonu musi być nośna, czysta, odtuszczona i odpowiednio szorstka, pozbawiona osłabionej warstwy przypowierzchniowej („mleczka” cementowego). Dopuszczalne nierówności podłoża są ściśle określone, a wszelkie ubytki i raki powinny zostać wyrównane zaprawami epoksydowymi, takimi jak klej Sikadur®-30 doziarniony prążonym piaskiem kwarcowym lub gotowa szpachla Sikadur®-41. Nośność podłoża przed klejeniem należy potwierdzić badaniem pull-off, przy czym wymagana wytrzymałość na odrywanie nie może być mniejsza niż 1,5 MPa w przypadku taśm i 1,0 MPa w przypadku mat.

Taśmy węglowe systemu Sika®CarboDur® wymagają oczyszczenia przed przyklejeniem i aktywacji środkiem Sika®Colma Cleaner, co zapewnia prawidłową przyczepność kleju epoksydowego. Klejenie polega na wtarceniu cienkiej warstwy kleju w podłoże oraz nałożeniu zasadniczej warstwy kleju na taśmę, w postaci dwuspadowego daszka, aby nie zamknąć baniek powietrza podczas docięnięcia taśmy do podłoża. W celu usunięcia nadmiaru kleju należy wykonać wałowanie specjalnym wałkiem Sika®HardRubberRoller. W przypadku krzyżowania się taśm konieczne jest ich prowadzenie na różnych poziomach, z zastosowaniem wcześniej wykonanych ścieżek wyrównujących.

Klejenie mat Sika®Wrap® polega na wklejeniu maty w warstwę kleju Sikadur®-330, nałożoną na przygotowane podłoże. W drugim kroku wykonuje się laminację maty klejem, wałując ją specjalnym wałkiem z wypustkami Sika®LaminatingRoller, powodującym przenikanie kleju przez strukturę maty. Proces zamyka nałożenie kolejnej warstwy kleju Sikadur®-330 zakrywającej matę. Przy kilku warstwach maty procedura jest powtarzana i dotyczy każdej warstwy.



Wzmocnienie taśmami Sika®CarboDur® ze względu na zwiększone obciążenia i otworowanie stropu

Zabezpieczenia antykorozyjne

Po zakończeniu naprawy i wzmocnienia konstrukcje zabezpiecza się przed dalszą degradacją przez zastosowanie systemów ochrony betonu, m.in. głęboko penetrującym inhibitorem korozji Sikagard®-903+, impregnatami hydrofobizującymi Sikagard®-703 W, 706, etc. oraz powłokami ochronnymi, jak np. sztywna Sikagard®-608 BetonColor czy mostkująca rysy Sikagard®550 W Elastic, ograniczającymi wnikanie wilgoci i agresywnych czynników środowiskowych.

Kompleksowe podejście, obejmujące naprawę żelbetu, iniekcję rys, wzmocnienie włóknami węglowymi, profesjonalne wymiarowanie oraz skuteczne zabezpieczenie antykorozyjne, pozwala znacznie wydłużyć okres użytkowania obiektów. Dzięki rozwiązaniom firmy Sika® istniejące konstrukcje mogą bezpiecznie pełnić nowe funkcje, spełniając współczesne wymagania techniczne i użytkowe, a tym samym zyskać prawdziwe „drugie życie”.

Więcej szczegółów u autora artykułu: potrzebowski.janusz@pl.sika.com lub 603 675 603.



BUILDING TRUST

Sika Poland Sp. z o.o.
www.pol.sika.com