

Sprężone płyty kanałowe – błędy produkcyjne, montażowe i eksploatacyjne

Prof. dr inż. Andrzej Ajdukiewicz, dr inż. Alina Kliszczewicz, dr inż. Marek Węglorz,
Politechnika Śląska, Gliwice

1. Wprowadzenie

Stropy z kanałowych płyt strunobetonowych należą do najbardziej popularnych prefabrykowanych stropów o rozpiętości powyżej 6,0 m zarówno w budownictwie ogólnym, jak i przemysłowym. Płyty są produkowane i stosowane masowo w wielu krajach od blisko 50 lat, a w Polsce od wczesnych lat 70. ubiegłego wieku. Udział w produkcji i stosowaniu ma więc już drugie pokolenie i tak długa tradycja oraz doświadczenia mogłyby wskazywać na ustabilizowane poprawne metody projektowania, produkcji, montażu i eksploatacji. Tymczasem, zdarza się ciągle wiele błędów i usterek wynikających z wprowadzanych wadliwych modyfikacji, nieznanymi specyfikami zasad produkcji lub nieświadomości stopnia wyężenia tych elementów. Typowe przykłady takich błędów z ostatnich kilku lat przedstawiono i skomentowano w artykule. Pierwsza grupa przykładów dotyczy zaniedbania projektowego w odniesieniu do możliwości właściwego i bezpiecznego transportu i montażu szczególnie ciężkich elementów oraz częstych błędów przy montażu. Drugi przykład to powszechne błędy dotyczące niewłaściwego przebijania otworów w płytach. Wreszcie trzeci przypadek jest przykładem skutków pominięcia przez projektanta specyfiki technologicznej produkcji płyt metodą ekstruzji.

Kanałowe płyty sprężone były rozwinięciem żelbetowych płyt kanałowych stosowanych z powo-

dzeniem do rozpiętości 6 m, jednak wnosily wiele dalszych zalet. O popularności strunobetonowych płyt kanałowych od początku decydowały, poza samym pomysłem produkcji metodą ekstruzji i formowania kanałów, płaskie i gładkie powierzchnie sufitowe, relatywnie wysoka sztywność przy ograniczonym ciężarze własnym. Znaczący postęp w technologii betonu, nowoczesne maszyny formujące i tory naciągowe oraz skuteczniejsze piły do cięcia pasma na elementy o pożądanej długości sprawiły, że można było przyspieszyć procesy produkcji i tym samym wydatnie poprawić efektywność ekonomiczną.

W początkowym okresie płyty formowano za pomocą agregatów z obrotowymi rdzeniami i kanały miały tylko przekrój kołowy. Technologia jednak stale rozwijała się i stosownie do rosnących potrzeb zmieniał się asortyment płyt. W przeszłości i obecnie rosną rozpiętości, dopuszczalne obciążenia użytkowe, wprowadza się możliwości perforacji i wycięć oraz zróżnicowaną odporność ogniową, a zatem zachodzi ciągły proces dostosowania do coraz szerszego zakresu zastosowań.

Powszechność zastosowań i międzynarodowa wymiana handlowa obejmująca obecnie nie tylko linie produkcyjne, ale też i dostawy samych elementów spowodowały, że powstała – niezależnie od ogólnej normy prefabrykacji betonowej (EN 13369:2004, Common rules for precast concrete products) – specjalna norma europejska EN

1168:2005, Precast concrete products – Hollow core slabs. W 2008 roku opublikowano jej polski odpowiednik PN-EN 1168:2005 [1].

Dostępność takiej normy, choć oczywiście porządkuje szereg wymagań w kraju i w skali międzynarodowej, a przede wszystkim stwarza formalną podstawę do atestacji nowych elementów, niesie jednak pewne niebezpieczeństwa. Rozgrzesza bowiem projektantów i producentów z ostrożnego podejścia do tych mocno wyężonych i wrażliwych na wszelkie usterki elementów. Trzeba sobie zdawać sprawę, że strunobetonowe płyty kanałowe jako elementy pozbawione wszelkiego zbrojenia zwykłego, są w konsekwencji w dużym stopniu pozbawione dodatkowych marginesów niezawodności, z jakimi mamy do czynienia w elementach żelbetowych. Dotyczy to wszystkich czterech aspektów niezawodności, czyli nośności, użyteczności, trwałości i odporności poawaryjnej. Wynika to ze wspomnianego wysokiego stopnia wyężenia betonu w zakresie zginania i ścinania, a także przyczepności w strefach końcowych, z wrażliwości na niewielkie odstępstwa technologiczne oraz z cienkościemności elementów przekroju formowanego metodą ekstruzji, w tym zwłaszcza żeberek między otworami.

Ryzyko nieprawidłowości jeszcze wzrasta, gdy przepisy normy są wadliwe lub niepełne, a tak było niestety z normą EN 1168:2005 [1] i jej polskim odpowiednikiem. Z jednej strony norma pomijała weryfikację badawczą zachowania

się elementów przy zginaniu, kontrolę wślizgów splotów i kontrolę zarysowania górnej powierzchni, a z drugiej strony zalecała ostre wymagania, które nie są spełniane przez typowe i stosowane od wielu lat elementy, np. w odniesieniu do nośności na ścinanie przy podporach.

W polskich podręcznikach konstrukcji sprężonych, począwszy od roku 1976, aż do najnowszego [2], wskazywano dla elementów strunobetonowych, że „ostateczna weryfikacja stanów granicznych i ewentualna korekta rozwiązania przeprowadzana jest na podstawie próbnych obciążeń i badań elementów prototypowych”. Starano się w ten sposób wskazywać, że nowe lub modyfikowane typy elementów strunobetonowych wymagają kontroli doświadczalnej, a projekt stanowi jedynie pierwsze przybliżenie.

Wprawdzie norma [1] została w trybie pospiesznym znowelizowana i ukazała się jako EN 1168:2005+A2:2009 [3], to jednak nadal pozostaje fragmentami niepełna, a wprowadzone modyfikacje są z jednej strony bardzo szczegółowe, a z drugiej nadmiernie liberalne, czyli wykalibrowane pod najniższe wyniki nielicznych badań. Dotyczy to zwłaszcza wpływu sprężenia na nośność płyt na ścinanie.

Normy z oczywistych względów nie obejmują wszystkich szczegółowych kwestii, a projektanci obiektów

ze stropami z kanałowych płyt strunobetonowych mają do dyspozycji poradniki opublikowane przez producentów, np. [4], [5]. Dostyc powszechne są jednak przypadki „naginania” zawartych tam zaleceń – także nie zawsze bezpiecznych – do potrzeb konkretnego rozwiązania. Zalecenia te nie nadają się także do ekstrapolacji na rozwiązania wykraczające poza ich zakres. Jeszcze mniej szacunku do omawianych płyt przejawiają wykonawcy obiektów, zwykle z ignorancji i przekonania, że w sposób dowolny można z tymi solidnymi elementami postępować przy montażu, pracach instalacyjnych i wykończeniowych. Nieumiejętnie stosowane elektronarzędzia przy tych ostatnich robotach prowadzą do dewastacji i zagrożeń awaryjnych.

2. Nieprawidłowości przy montażu

Wykonawcy płyt i montażyści często zapominają o tym, że strunobetonowe płyty kanałowe tylko w wyjątkowych wypadkach posiadają sploty górą. Zwykle, przy rozbudowanej powierzchni półki górnej, sam beton pozwala na przeniesienie niewielkich naprężeń rozciągających od sprężenia bez potrzeby wprowadzania dodatkowego zbrojenia. To uproszczenie technologiczne musi jednak znaleźć odzwierciedlenie w wysokiej kulturze wykonawstwa. W fazach transportu i montażu szczególnie

trzy sytuacje są kluczowe: poddawania płyty z toru naciągowego, transport oraz wbudowanie w konstrukcji.

Jeszcze w zakładzie prefabrykacji, już po przecięciu płyt, zachodzi konieczność podniesienia elementów z toru naciągowego i przetransportowania suwnicą na składowisko. Na tym etapie przekazują się na bardzo „młody” element dodatkowe, niekorzystne oddziaływania związane z koniecznością pokonania sił przyczepności elementu do płyty toru naciągowego (częściowo tylko złagodzone w toku przecinania płyt i przekazania sprężenia) oraz z dynamicznym oddziaływaniem suwnicy.

Na składowisku elementów gotowych należy zadbać o prawidłowy sposób podparcia płyt, zgodny z podanym w specyfikacjach producenta. Ze składowiska elementy są podnoszone i składowane na środku transportowym, również z przekładkami ułożonymi jak na składowisku (rys. 1). Podczas transportu pojawiają się dodatkowe efekty dynamiczne i wtedy przekładki pełnią rolę tłumiącą. W trakcie montażu („z kół” bądź ze składowiska) należy nadal zachować rygorystyczne zasady podwieszenia elementu. Najwygodniejszym rozwiązaniem jest wykorzystanie specjalistycznych, systemowych zawiesi typu nożycowego, które zakleszczają się z chwilą podnoszenia elementu (rys. 2). Często na budowach



Rys. 1. Prawidłowy chwyt elementu oraz oparcie na środku transportowym



Rys. 2. Zawiesie systemowe do transportu płyt kanałowych



Rys. 3. Punktowe podparcie płyty pasami w trakcie prymitywnego montażu

obserwuje się praktykę zastępowania zawiesi kleszczowych innymi rozwiązaniami, np. w postaci uniwersalnych pasów. Argumentem za takim zawiesiem jest zminimalizowanie szczeliny podłużnej między sąsiednimi płytami w chwili układania na ostatecznych podporach. Ma wtedy jednak miejsce silna koncentracja naprężeń na niewielkiej powierzchni przy dolnych krawędziach (rys. 3). Pasy mają bowiem zwykle znacznie mniejszą szerokość od uchwytu systemowego (zwykle poniżej 10 cm). O ile zwykle zawiesia pasowe mogą być stosowane dla lżejszych elementów (mniejszej wysokości lub krótsze), o tyle dla najcięższych, które współcześnie sięgają masy kilkunastu ton, zawiesia powinny być indywidualnie projektowane. Niemożliwe jest bazowanie jedynie na wycuciu montażystów i przypadkowym dobieraniu zawiesi.

Wymienione przejściowe sytuacje związane z transportem i montażem stanowią ważny element zachowania bezpieczeństwa płyt kanałowych i z tego powodu muszą być objęte ścisłym nadzorem budowlanym. Nie do przyjęcia są sytuacje zastosowania pojedynczego zawiesia i uchwycenia elementu, nawet stosunkowo krótkiego, w środku rozpiętości (rys. 4).

3. Nieprzemysłany montaż nowych elementów

Do roku 2006 typowe płyty w produkcji krajowych wytwórców nie przekraczały wysokości przekroju 400 mm. Na jednej z nowych inwestycji zaszła konieczność zastosowania stropów o rozpiętości 18,0 m, dostosowanych do obciążeń zmiennych 5 kN/m^2 i dodatkowych obciążeń stałych do 4 kN/m^2 . Wykonano projekt konstrukcyjny płyty, przyjmując przekrój o wyso-

kości 500 mm. Do produkcji tych płyt sprowadzono maszyną formującą z zagranicy, wraz z wytycznymi technologicznymi.

Dla tych ciężkich elementów, o masie około 12 ton, nie znalazły się w podstawowym projekcie, ani w zaleceniach technologicznych odpowiednie wytyczne transportu i montażu. Brak było wymagań w odniesieniu do zawiesia oraz sposobu podnoszenia przy montażu na budowie. Stosowane dla lżejszych i krótszych elementów obejmują pasowe i dostosowane do nich zawiesia nie mogły być zastosowane bez odpowiednich wycięć w bokach płyty i bez odpowiednio długich belek trawersowych (co najmniej 16 m). Skorzystano w tej sytuacji z zalecenia zagranicznego dostawcy technologii. Polegało ono na wykonaniu w młodym betonie płyty dwóch poprzecznych otworów poziomych w ściankach międzykanałowych,



Rys. 4. Przykład błędnego chwytu elementu w połowie rozpiętości – niedopuszczalne nawet przy krótkiej płycie, przy braku zbrojenia górnego



Rys. 5. Otwory przebite na całej szerokości płyty w celu umieszczenia poprzeczek montażowych



Rys. 6. Zarysowanie pionowe nad otworem, z silnym osłabieniem ścianki wokół otworów



Rys. 7.
Zarysowanie
poziome ścianki
– rozwarstwienie
od otworu
do końca płyty

przy każdym końcu płyty (rys. 5). Pozwalały one na wprowadzenie stalowych prętów $\varnothing 60$ mm. Takie poprzeczki montażowe chwytało hakami zawiesi (po 4 haki przy obydwu końcach płyty), wykorzystując otwory w płycie górnej, nad dwoma kanałami. Rozwiązanie było pod wieloma względami wadliwe, nawet przy idealnym wykonaniu, a przy nieuniknionych odchyłkach – stwarzało zagrożenie awaryjne.

Koncepcja takiego sposobu uchwycenia płyty – pozornie nowatorska – świadczyła o ignorancji pomysłodawcy, a główne wady rozwiązania były następujące:

(1) Otwory w ściankach, formowane w świeżym betonie płyt, w znacznym stopniu osłabiały strefę przypodporową na ścinanie. Przy dużych siłach sprężających stosowanych w dolnych splotach stwarzało to zagrożenie poziomego ścięcia betonu ścianek.

(2) Wykonanie otworów w świeżym betonie za pomocą poziomego skrętnego przeciskania rurki powodowało, zamiast projektowanych otworów walcowych, wybi-

cie stożków na zewnątrz, a tym samym dodatkowe osłabienie wszystkich ścianek (rys. 5). Skutki tych osłabień wystąpiły w niektórych płytach w postaci zarysowań pionowych nad otworami (rys. 6) lub poziomych (rys. 7).

(3) Docisk do betonu prętów włożonych w otwory przebite w ściankach był przypadkowy – nie było żadnej możliwości kontroli kontaktu pręta z betonem.

(4) Założenie uchwycenia po każdej stronie płyty przez 4 haki zawiesia odbiega od realnych możliwości – wprawdzie pewne wyrównanie zabezpiecza sprężystość linek zawiesia, ale podchodząc ostrożnie należy się liczyć raczej z przekazaniem połowy ciężaru płyty tylko na dwa haki. To powoduje lokalne spiętrzenie docisków pręta do betonu. Obserwacje pokazały ponadto, że oś otworów na pręty nie zawsze była pozioma, lecz czasem nachylona, co dodatkowo zaburzało równomierność przekazania sił na haki.

Przy pierwszej próbie na budowie podniesienia płyty na prętach

doszło do awarii. Na szczęście płyta spadła z niewielkiej wysokości, ulegając całkowitemu zniszczeniu (rys. 8, 9).

Nie można jednoznacznie stwierdzić, które z wymienionych wad sposobu podnoszenia skumulowały się w zniszczonej przy podnoszeniu płycie. Niewątpliwie nałożyło się działanie rozwarstwiającego sprężenia w osłabionych otworami ściankach, z odrywającym działaniem przy podnoszeniu w wyniku podparcia w otworach w ściance. Wyjaśnić należy, dlaczego do awarii doszło dopiero na budowie, przy próbie montażu – wszystkie wcześniejsze operacje transportowe (wywiezienie z hali na składowisko i załadunek na platformę transportową) prowadzono z zastosowaniem zawiesi pasowych, które nie nadawały się do montażu płyt jedna obok drugiej bez wycięć w bocznych ścianach płyt.

Niepokoi, że tak odpowiedzialne elementy, pierwszy raz produkowane i stosowane w kraju, próbowano transportować na miejsce wbudowania i montować sposobem całkowicie błędnym, podanym przez nieodpowiedzialnych technologów, bez odpowiedniego sprawdzenia przez projektanta elementów. Ostatecznie, po konsultacjach, powrócono do zawiesi pasowych lokowanych w naciętych wgłębieniach. Oczywiście, poprawnym postępowaniem było skonstruowanie i zalegalizowanie specjalnych zawiesi.



Rys. 8. Zniszczenie po upadku płyty – koniec A

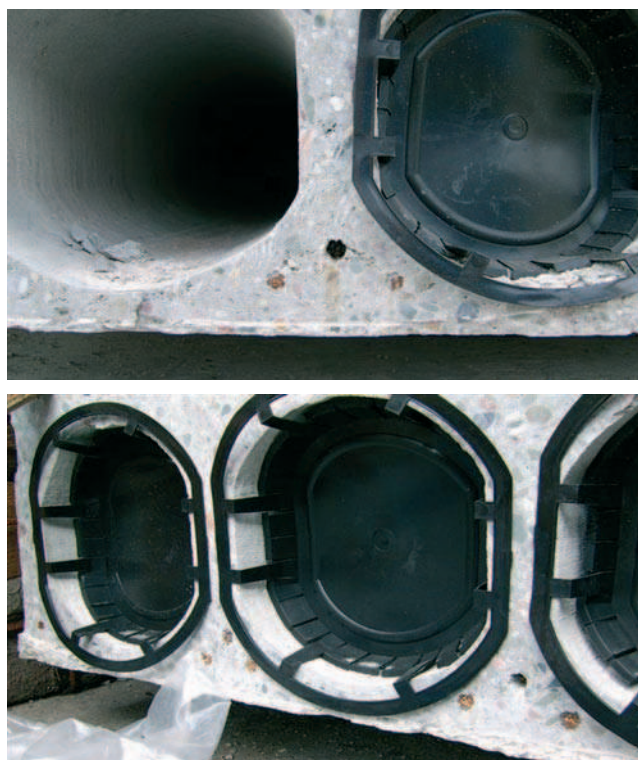


Rys. 9. Zniszczenie po upadku płyty – koniec B

4. Modyfikacje z pominięciem ograniczeń technologicznych

W praktyce projektowej występują różne wymagania szczegółowe w stosunku do stosowanych elementów, a z drugiej strony technologia masowej produkcji, takiej jak pasmowe formowanie kanałowych płyt stropowych, ma konkretne ograniczenia. Projektanci współpracujący z producentami prefabrykatów próbują dostosować elementy do wymagań, zachowując jednocześnie narzucony przez przejezdne formy kształt przekroju betonowego.

Jedną z takich sytuacji dotyczy zwiększenia klasy ognioodporności prefabrykatów. W miejsce elementów z typowym usytuowaniem splotów sprężających dokonuje się powiększenia dolnej otuliny, rekompensując zmniejszenie ramienia sił wewnętrznych zastosowaniem większej liczby splotów (rys. 10). Taki zabieg pozwala spełnić formalne warunki nośności, jak również warunki podwyższonej odporności pożarowej, w tym np. wymagania PN-EN 1992-1-2:2004. Pominięte są jednak technologiczne warunki formowania, bowiem w wyniku zagęszczenia zbrojenia zwiększa się ryzyko lokalnego pogorszenia jakości betonu wokół splotów.



Rys. 11. Przykład ucieczki górnego splotu w grupie, spowodowanej lokalnym brakiem przyczepności w chwili przekazania sprężenia na beton

Jednocześnie zostaje zmniejszona grubość otuliny dla wyżej umieszczonych splotów, z czego dodatkowo wynikają gorsze warunki przyczepności. Wynikiem takiej modyfikacji jest sytuacja zaobserwowana na jednej z linii produkcyjnych w postaci ucieczki niektórych splotów słabiej zakotwionych (rys. 11 a,b).

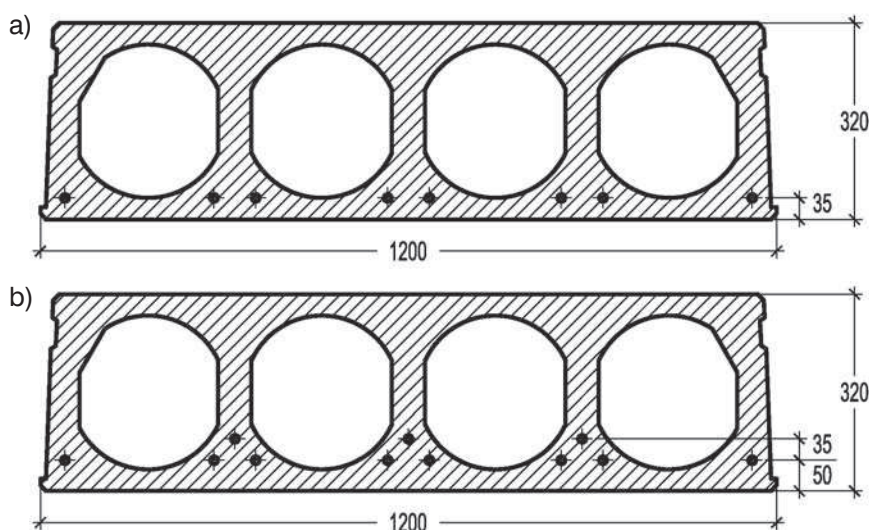
Takie czy inne modyfikacje muszą być dokonywane przez doświad-

czonych projektantów, dobrze znających technologię produkcji i wyobrażających sobie wszystkie skutki wprowadzanych zmian. Także i w tych przypadkach istotną jest faza badawczej weryfikacji elementów z wprowadzoną modyfikacją.

4. Destrukcyjne działania wykonawców

Niemal od początku masowego stosowania konstrukcji sprężonych są one narażone na działania niszczące na budowie ze strony różnych uczestników procesu wykonawczego. Wynika to z braku elementarnej wiedzy na temat tego typu konstrukcji. O ile 50 lat temu mogło to być uznane za sytuację przejściową, o tyle obecnie jest to dowodem niskiej kultury technicznej wykonawców, często w stopniu dyskwalifikującym ich w wykonywanym zawodzie.

Prezentowany tu przykład dotyczy beztróskiego przekuwania otworów w płytach kanałowych na przejście instalacji. Poradniki [4], [5] i inne wskazują jakie otwory można formować, ale nie precyzują w jaki sposób. Dotyczą



Rys. 10. Przykład modyfikacji przekroju płyty o porównywalnej nośności: a) rozwiązanie podstawowe – płyty o zwykłej odporności ogniowej (R 60), b) rozwiązanie zmodyfikowane – płyty o odporności podwyższonej (R 120)



Rys. 12. Przykład wandalizmu wykonawców otworów na instalację w strunobetonowej płycie otworowej



Rys. 13. Rozkucie dużego otworu, ze zniszczeniem otuliny splotów i znaczącym naruszeniem szerokości żeber, w celu upchnięcia kilku przewodów instalacji wodnej i kanalizacyjnej

one bowiem przede wszystkim przygotowania perforacji płyt już u producenta. Jednak zalecenia nie wykluczają wykonania otworów na budowie i podają tylko ograniczenia wymiarowe i dopuszczalne położenie otworów. To powinno być jednoznacznie rozumiane jako wykonanie otworów za pomocą wiertnicy, z precyzyjnym wytrasowaniem ich położenia. Tylko w ten sposób można zapewnić zadowalającą dokładność wymiarową i ograniczone niszczenie betonu. Tymczasem, powszechną praktykę stanowi wandalizm, z wykonywaniem otworów przy użyciu narzędzi udarowych. Skutki takich działań prowadzą do:

- dowolności kształtu i wymiarów otworów (rys. 12, 13),
- naruszenia ścianek między kanałami,
- odsłonięcia splotów sprężających, a nawet przecięcia drutów (rys. 14).

Niezależnie od osłabienia elementów (zwłaszcza na ścinanie w strefach przypodporowych) prowadzi

to do obniżenia odporności pożarowej w wyniku lokalnego braku otuliny, jak również obniżenia trwałości (kondensacja pary wodnej na odsłoniętej stali sprężającej).

5. Podsumowanie

Strunobetonowe płyty kanałowe stanowią powszechnie stosowane rozwiązanie w stropach i stropodachach. Rozwiązanie to bardzo przyspiesza proces wznoszenia i zarazem jest efektywne ekonomicznie. Kilka wytwórni w kraju produkuje płyty na nowoczesnych liniach produkcyjnych. Konkurencja producentów w sposób naturalny powinna wpływać korzystnie na jakość elementów, a także na dążenie do rozszerzenia zastosowań.

Niestety temu powszechnemu stosowaniu towarzyszy szereg nieprawidłowości, które często wynikają z przyspieszania realizacji zamówień i wymuszania tempa robót

w obiektach, ale przede wszystkim z braku wiedzy części uczestników procesu budowlanego na temat specyfiki prefabrykacji elementów strunobetonowych. Wynikiem tego są obserwowane zbyt często:

- brak szczególnej ostrożności przy wprowadzaniu nowych wariantów elementów,
- nieprawidłowości we wprowadzaniu nawet drobnych modyfikacji, bez dostatecznego sprawdzenia,
- wykorzystywanie niekompletności zaleceń normowych do przesadnej oszczędności w projektowaniu,
- błędy transportu i składowania – zwłaszcza pod względem stosowanego sprzętu,
- brutalne obchodzenie się z prefabrykatami przy montażu i po ich zabudowaniu,
- beztroskie działania innych wykonawców i użytkowników (przekucia, wstrzeliwania kołków, zmiany warunków wilgotnościowych w pomieszczeniach itp.).

Poruszone powyżej zagadnienia wybrano z bieżących doświadczeń autorów z ostatniego okresu (lata 2006–2008). Dwa przykłady nieprawidłowości zaczerpnięto z dużych, odpowiedzialnych inwestycji, realizowanych dla inwestorów zagranicznych pod fachowym nadzorem. Trudno sobie wyobrazić jakie usterki zdarzają się na mniejszych obiektach, gdzie nadzór jest często iluzoryczny. Zazwyczaj dokonuje



Rys. 14. Rozkucie żeberka z odsłonięciem splotu i przecięciem dwóch drutów w splocie (strzałka)

się bowiem ukrycia wad, montując podwieszoną podsufitkę.

Wspomniane tu bezkrytyczne stosowanie przez projektantów zaleceń normowych, w których niestety pominięto ograniczenia zarysowania górnej powierzchni, jest powszechnym błędem we wszystkich elementach strunobetonowych swobodnie podpartych na końcach, wytwarzanych bez zbrojenia zwykłego. O ile w warunkach ostatecznego podparcia na końcach widoczne rysy mogą się nie pojawiać, o tyle w wyniku przesunięcia ku środkowi podpór przy transporcie, składowaniu i montażu powstają znaczące zarysowania. Niedawnym (2006 r.) przykładem takich wad było trwałe zarysowanie wszystkich płyt stropowych (wysokości 400 mm i rozpiętości około 15 m) zabudowanych w nowym budynku uniwersyteckim. Silne sprężenie dołem (16 splotów \varnothing 12,5 mm) wywołało rozciągania górą, które przy niewielkim

dodatkowym momencie ujemnym, wynikającym z przesunięcia tymczasowych podpór ku środkowi, skutkowało silnym zarysowaniem w odległości ok. 1,0 m od końców. Już dwa sploty w górnej strefie uodporniłyby elementy na te przejściowe sytuacje, a zatem oszczędności dokonane przez projektantów w tym zakresie są chybione. Należy zwrócić uwagę, że znaczące zarysowania górnej powierzchni są szczególnie niebezpieczne w warunkach oczekiwania na montaż lub na wykończenie po montażu dopuszczających możliwość zawilgocenia i zamarzania.

Przedstawione tu wybrane błędy stanowią próbę uświadomienia, że strunobetonowe płyty kanałowe, stanowiące bardzo efektywne i docenione w całym świecie elementy stropowe, są wyrafinowanymi technicznie rozwiązaniami i wymagają traktowania nie naruszającego zasad ich wytwarzania i stosowania. Wydaje się,

że na krajowych budowach, a także w polskich wytwórniach – biorących często na siebie zarówno produkcję, jak też transport i montaż – występuje więcej błędów, niż w krajach europejskich o podobnych tradycjach w prefabrykacji.

BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 1168:2005 Prefabrykaty z betonu. Płyty kanałowe. PKN, Warszawa 2008
- [2] Ajdukiewicz A., Mames J., Konstrukcje z betonu sprężonego. Wydanie II. Stowarzyszenie Producentów Cementu, Kraków 2008
- [3] EN 1168:2005+A2:2009 Precast concrete products. Hollow core slabs, CEN, March 2009
- [4] Strunobetonowe płyty stropowe kanałowe. Poradnik Projektanta. Consolis, Gorzkiwice 2004
- [5] Strunobetonowe sprężone płyty stropowe (FA). Wytyczne projektowania stropów. FABUD WKB, Siemianowice (2008)

Artykuł stanowi rozszerzoną wersję referatu wygłoszonego na Konferencji „Awarie Budowlane – 2009”



Zaprasza na cykl konferencji dla architektów, projektantów, inwestorów i przedstawicieli samorządów



» WARSZAWA » KRAKÓW
» GDAŃSK » WROCŁAW
» BIAŁYSTOK

Cykl konferencji o najnowszych energooszczędnych trendach w budownictwie oraz ekologicznych rozwiązaniach w przestrzeni mieszkalnej i użytkowej. Połączenie w jednej formule dwóch aspektów wykorzystania możliwości energooszczędności i ekologii przez wszystkie grupy zawodowe związane z budownictwem, architekturą i projektowaniem wnętrza.

Szczegółowe informacje: www.infoinvest.pl

- » aktualne trendy w Polsce i na świecie
- » praktyczne wskazówki
- » nowa inspiracja dla kreacji i projektu
- » ekologiczny sposób myślenia o projektowaniu
- » energooszczędny wymiar budownictwa oraz
- » wykłady praktyków
- » porady fachowców
- » najnowsze rozwiązania i technologie sprawdzone w naszym kraju

