



KRZYSZTOF
ŚLEDZIEWSKI

Politechnika Lubelska,
DrogMost Lubelski
Sp. z o.o.
krzysztof.sledziwski@
gmail.com

Sztywność zarysowanego betonu w ciągłych belkach zespolonych typu stal–beton według PN-EN 1994-2

Belki zespolone typu stal – beton są rozwiązaniem powszechnie spotykanym w budownictwie mostowym [1]. Jedną z ważniejszych ich zalet jest właściwe wykorzystanie cech wytrzymałościowych stali i betonu. Niestety przekrój złożony z dwóch materiałów

o znacznie różniących się cechach fizycznych, w sposób istotny komplikuje obliczanie nośności oraz sztywności. W przypadku ustrojów ciągłych (duże mosty) dodatkowym czynnikiem wpływającym na nośność i trwałość konstrukcji jest zarysowanie płyty [2], [9], [10]. Jeżeli płyta pomostu nie jest sprężana w strefie momentów ujemnych nad filarami, to może wówczas ulec zarysowaniu.

Często w tych strefach, aby uzyskać większą nośność przekroju, stosuje się pręty zbrojeniowe o dużych średnicach. Zabieg ten powoduje, iż pojawiające się rysy są w większych rozstawach oraz o większym rozwarciu. W konsekwencji może to doprowadzić do uszkodzenia izolacji, a tym samym korozji samych prętów.

Szerokości rys powstałych w betonie płyty powinny być ograniczone, chociażby przez wywołanie w niej wstępnych naprężeń ściskających. Ograniczenie negatywnych skutków zarysowania jest możliwe podczas wykonawstwa, dzięki specjalnym zabiegom technologicznym [1]. Osiągnąć to można np. przez odpowiednią kolejność betonowania, wstępne sprężenie płyty lub całego dźwigara zespolonego, ewentualnie przez technologiczne podlewarowanie ustroju nośnego przed betonowaniem płyty betonowej pomostu i ustawienie docelowe po stwardnieniu betonu w płycie [3], [5].

Podczas analizy należy również uwzględnić kolejność betonowania. W sytuacji, kiedy nie spręża się płyty pomostu podłużnie, partie przy podporach pośrednich są betonowane jako ostatnie [5], [11], [12]. W konsekwencji płyta w strefie momentów ujemnych jest obciążona tylko obciążeniami wyposażeń i użytkowymi. Zastosowanie podanej wyżej kolejności betonowania płyty pomostu nie jest warunkiem zapewniającym uniknięcie powstania w niej rys, czego najlepszym przykładem jest most przez Loarę w Nevers [11], [12].

Dotychczas projektanci pomijali wpływ zarysowania betonu na sztywność przekroju zespolonego (a tym samym na jego nośność), zakładając, że rozciąganie będzie przeniesione przez konstrukcję stalową oraz zbrojenie płyty. Takie rozumowanie podyktowane było brakiem normy krajowej stosowanej w budownictwie mostowym do obliczania i projektowania konstrukcji zespolonych. Stąd też części betonowe (żelbetowe lub sprężone) projektowano według normy do projektowania mostów betonowych [14], natomiast części stalowe według normy do projektowania mostów stalowych [13].

Sytuacja ta uległa zmianie dosyć niedawno, gdy Normy Europejskie (EN), opracowane przez CEN (Europejski Komi-

tet Normalizacyjny) uzyskują, bez wprowadzania jakichkolwiek zmian, status norm krajowych (PN-EN). W związku z tym członkowie CEN, a wśród nich Polski Komitet Normalizacyjny zostali zobowiązani do wycofania norm krajowych sprzecznych z normami EN (w przypadku Eurokodów konstrukcyjnych do końca marca 2010 r.).

Oznacza to, że mosty zespolone typu stal – beton należy obecnie projektować i budować zgodnie z PN-EN 1994-2 Eurokod 4: Projektowanie konstrukcji zespolonych stalowo – betonowych, Część 2: Reguły ogólne i reguły dla mostów [4], [6], [8], która proponuje bliższe rzeczywistości rozwiązanie tego zagadnienia [7], [8].

Proces projektowania oparty jest na stosowanej dotychczas metodzie stanów granicznych z zastosowaniem częściowych współczynników bezpieczeństwa. W obliczeniach bierze się pod uwagę fazy montażowe oraz eksploatacyjne z jednoczesnym uwzględnieniem oceny zmęczenia. Na podstawie ogólnej analizy sprężystej lub analizy nieliniowej określa się siły wewnętrzne. Natomiast wpływ deformacji jest brany pod uwagę w przypadku znacznych efektów (powyżej 5%).

Gdy efektywne części zespolone mają klasę 1 lub 2, nośność elementów zginanych może być określana przy użyciu teorii plastyczności. Ograniczeń takich nie ma w odniesieniu do analizy sprężystej oraz nieliniowej, które mogą być stosowane do przekroju poprzecznego dowolnej klasy.

Efekty zarysowania betonu w analizie ogólnej

Sprężyste parametry przekroju stalowego, zespolonego z betonem ściskany wyrażane są z reguły jako równoważny – w odniesieniu do modułów sprężystości – sprowadzony stalowy przekrój poprzeczny. Przy określeniu parametrów przekroju poprzecznego zespolonego z betonem rozciągany, beton bywa pominięty. Wyjątek stanowi sytuacja, gdy rozważana jest sztywność betonu przy rozciąganiu. Momenty nad podporami w ciągłych układach zespolonych (przy założeniu braku zarysowań), mogą być zredukowane nawet o 10%. Siły wewnętrzne po redystrybucji powinny być w równowadze z obciążeniem – w każdym przypadku obciążenia.

Stosując w analizie metodę uwzględniającą wpływ zarysowania, należy ją odnieść nie tylko do elementu rozciąganego, ale również i do całej konstrukcji. Sztywność giętna zespolonego przekroju poprzecznego, jest wówczas wyrażana iloczynem:

$$E_a \cdot I_{2,ts} \quad (1)$$

w którym:

E_a – moduł sprężystości stali konstrukcyjnej,

$I_{2,ts}$ – moment bezwładności efektywnego, sprowadzonego do stali przekroju z uwzględnieniem sztywności betonu rozciąganego pomiędzy rysami.

Jeżeli mostu nie sprężono cięgnami i stosunek długości sąsiednich przęseł ciągłych (krótsze/dłuższe) wynosi co najmniej 0,6, to wówczas efekt zarysowania betonu może być uwzględniony przez określenie sztywności na zginanie:

$$E_a \cdot I_2 \quad (2)$$

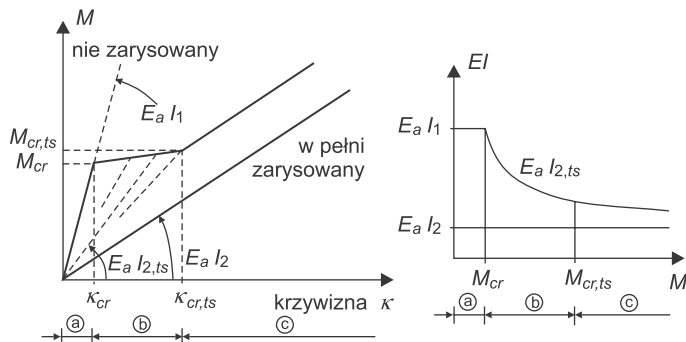
na długości ponad 15% rozpiętości z każdej strony podpory wewnętrznej. Sztywność na zginanie na pozostałej długości przyjmuje się jak dla betonu nie zarysowanego:

$$E_a \cdot I_1 \quad (3)$$

przy czym:

I_1 – moment bezwładności efektywnego, sprowadzonego do stali przekroju z uwzględnieniem betonu rozciąganego jako nie zarysowanego,

I_2 – moment bezwładności efektywnego, sprowadzonego do stali przekroju z pominięciem betonu rozciąganego, lecz z uwzględnieniem zbrojenia w obszarze szerokości współpracującej.



Rys. 1. Sztywności w różnych obszarach zarysowania [7]

Sztywność giętna przekroju nie zarysowanego jest również stosowana do określenia wartości sił wewnętrznych. Tworzona obwiednia momentu zginającego konstrukcji z płytą betonową nad belką stalową powinna obejmować rzadkie kombinacje oddziaływań. Dodatkowo należy uwzględnić wpływy długotrwałe a także zmienne obciążenia ruchome, przy założeniu oddziaływania tylko na dwa przęsła sąsiadujące z wewnętrzną podporą. Określając obwiednię momentów zginających, obciążenie ruchome powinno być równomiernie rozłożone i umieszczone jednocześnie na sąsiadujących ze sobą przęsłach (przyległych do rozpatrywanej podpory). Wyznaczając obszary zarysowane i ich sztywności giętne (rys. 1 [7]) można posłużyć się jedną z poniższych metod:

- zredukować sztywność do $E_a \cdot I_2$ w obszarach, w których naprężenia rozciągające (wywołane efektami ogólnymi) w skrajnych włóknach płyty betonowej przekraczają wartość $1,3 \cdot f_{ctk}$; f_{ctk} – charakterystyczna wytrzymałość betonu na rozciąganie,
- zredukować sztywność do $E_a \cdot I_{2,ts}$ w obszarach, w których naprężenia rozciągające (wywołane efektami ogólnymi) w skrajnych włóknach płyty betonowej przekraczają wartość $f_{ctk,0,95}$ ($1,3 \cdot f_{ctm}$),

Sztywność $E_a \cdot I_{2,ts}$ zależy od momentu zginającego M , działającego na przekrój zespolony:

$$E_a \cdot I_{2,ts} = \frac{E_a \cdot I_a}{1 - \frac{N_s \cdot a}{M}} \quad (4)$$

przy czym:

$E_a \cdot I_a$ – sztywność części ze stali konstrukcyjnej,

M – moment zginający przy odpowiedniej kombinacji obciążenia,

N_s – siła rozciągająca w płycie (zależna od momentu M).

W stanie formowania się rysy inicjującej może być wprowadzona zależność:

$$N_s = N_{cr} = A_{ct} \cdot f_{ctm} \cdot \frac{1}{1 + \frac{h_c}{2 \cdot z_o}} \cdot (1 + \rho_s \cdot n_0) \quad (5)$$

w której:

ρ_s – stosunek powierzchni stali zbrojeniowej do powierzchni strefy rozciąganej części rozważanego przekroju poprzecznego: $\rho_s = A_s / A_{ct}$,

A_s – całkowita powierzchnia wszystkich warstw zbrojenia podłużnego wewnątrz efektywnej powierzchni A_{ct} ,

A_{ct} – powierzchnia strefy rozciąganej bezpośrednio przed ujawnieniem się zarysowania przekroju poprzecznego (w celu uproszczenia może być przyjęta powierzchnia przekroju betonu w granicach efektywnej szerokości),

h_c – grubość płyty betonowej,

f_{ctm} – średnia wartość wytrzymałości betonu na rozciąganie,

z_o – pionowa odległość między środkami powierzchni nie zarysowanej, niezbrojonej półki betonowej i nie zarysowanego, niezbrojonego przekroju zespolonego, obliczonego z wykorzystaniem stosunku modułów E_a/E_m w przypadku efektów krótkotrwałych.

Taki rozdział sztywności może być zastosowany zarówno do ogólnej analizy stanów granicznych nośności jak i do stanów granicznych użyteczności.

Elementy rozciągane

Podczas wyznaczania sił w betonowych elementach rozciąganych, w stanach granicznych oraz w celu sprawdzenia na zmęczenie, należy uwzględnić efekty zarysowania i sztywności przy rozciąganiu betonu między rysami.

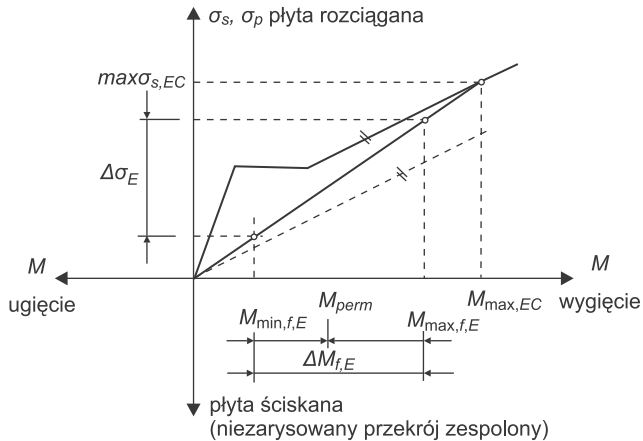
W celu przeniesienia siły normalnej, na końcach elementów z betonem rozciągającym zaleca się projektowanie skoncentrowanej grupy łączników ścinanych. Z kolei zespolenie powinno przenosić siłę normalną na długości: $1,5 \cdot b$, przy czym b jest połową rozstawu sąsiadujących elementów stalowych bądź też równe większemu wymiarowi elementu betonowego. Jeżeli natomiast chodzi o elementy zespolone rozciągane, to długość obliczeniowa potrzebna do określenia sił ścinających nie powinna przekraczać dwukrotnej wartości minimalnego wymiaru poprzecznego rozciąganego elementu zespolonego.

Rozciągane elementy zespolone w stanach granicznych nośności (oprócz zmęczenia), powinny zapewniać przeniesienie zginania i rozciągania (pomijając siłę rozciągającą w betonie). Natomiast wyznaczając wartości naprężeń w zbrojeniu przy zmęczeniu (SGN), powinno się uwzględnić

efekt sztywności betonu przy rozciąganiu, który może być pominięty, jeżeli siły przekrojowe zbrojonego elementu betonowego są określone przy uwzględnieniu sztywności zarysowanego elementu zespolonego.

Naprężenia w stali konstrukcyjnej

Efekt sztywności przy rozciąganiu powinien być również uwzględniany podczas obliczania zakresu naprężeń $\Delta\sigma_E$ (rys. 2 [10]) w konstrukcji stalowej.



Rys. 2. Zakres naprężeń $\Delta\sigma_E$ w rozciąganej płycie betonowej [10]

Naprężenia w cięgnach i zbrojeniu w obszarach, w których rozciąganie w płycie wywołane jest przez ogólne momenty zginające ($M_{max,f,E}$ i $M_{min,f,E}$), wyznacza się z następujących wzorów:

$$\sigma_{max,f,E} = \sigma_{s,max,EC} \cdot \frac{M_{max,f,E}}{M_{max,EC}} \quad (6)$$

$$\sigma_{min,f,E} = \sigma_{s,max,EC} \cdot \frac{M_{min,f,E}}{M_{max,EC}} \quad (7)$$

w których:

$\sigma_{s,max,EC}$ – naprężenia w cięgnach bądź zbrojeniu wywołane $M_{max,EC}$,

$M_{max,EC}$ – moment zginający w przekroju zespolonym przy rzadkich kombinacjach obciążeń (także obciążeń ruchomych),

$M_{max,f,E}$ – maksymalny moment zginający w przypadku odpowiedniego modelu obciążenia,

$M_{min,f,E}$ – minimalny moment zginający w przypadku odpowiedniego modelu obciążenia.

Sprawdzając naprężenia w przekroju zarysowanym, możemy pominąć efekty izostatyczne skurczu. Wartości

naprężeń rozciągających w zbrojeniu zwykłym – wywołane rzadkimi kombinacjami oddziaływań – nie powinny przekraczać: $0,8 \cdot f_{sk}$ (f_{sk} – charakterystyczna granica plastyczności stali).

Przy odpowiednich kombinacjach obciążenia w odniesieniu do kategorii konstrukcji A, B i C niedopuszczalne jest występowanie jakichkolwiek naprężeń rozciągających w betonie.

Efekt sztywności przy rozciąganiu w przekroju zespolonym zwiększa naprężenie rozciągające, co bezpośrednio wpływa na zarysowanie.

Efekt sztywności

Efekt sztywności w obszarach rozciągania belki zespolonej w elemencie z betonu zbrojonego może być rozważany przy wykorzystaniu średniej krzywej „siła normalna – odkształcenie” (linia A), podanego na rysunku 3 [7]:

Rozpatrując naprężenia w zbrojeniu, można wyodrębnić trzy obszary: (a), (b) i (c). Obszar (a) przedstawia zachowanie nie zarysowanego odcinka, obszar (b) zachowanie w stanie początkowego formowania rysy, natomiast obszar (c) zachowanie w stanie ustabilizowanego zarysowania. W poszczególnych obszarach odkształcenia przyjmują postać:

(a) bez zarysowania ($0 \leq N_s \leq N_{s,cr}$)

$$\varepsilon_{sm} = \varepsilon_{s1} \quad (8)$$

(b) początkowego formowania rysy ($N_{s,cr} < N_s \leq N_{s,m}$)

$$\varepsilon_{sm} = \varepsilon_{s2} - \frac{\beta \cdot (N_s - N_{s,cr}) + (N_{s,m} - N_s)}{(N_{s,m} - N_{s,cr})} \cdot (\varepsilon_{sr2} - \varepsilon_{sr1}) \quad (9)$$

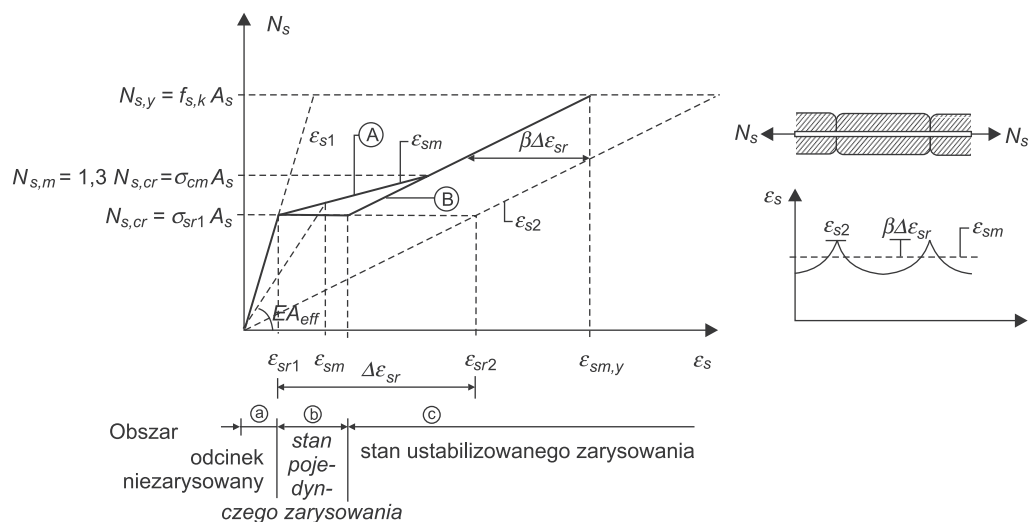
(c) ustabilizowanego zarysowania ($N_{s,m} < N_s \leq N_{s,y}$)

$$\varepsilon_{sm} = \varepsilon_{s2} - \beta \cdot (\varepsilon_{sr2} - \varepsilon_{sr1}) = \varepsilon_{s2} - \beta \cdot \Delta\varepsilon_{sr} \quad (10)$$

w których:

ε_{s1} – odkształcenie zbrojenia w stanie nie zarysowanym,

ε_{s2} – odkształcenie zbrojenia w stanie zarysowanym z pominięciem sztywności przy rozciąganiu betonu między rysami,



Rys. 3. Siła normalna i odkształcenie rozciąganych elementów z betonu zbrojonego [7]

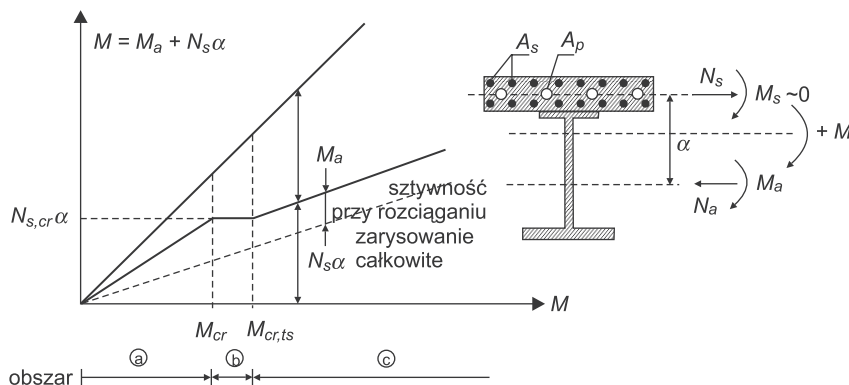
- ε_{sr1} – odkształcenie zbrojenia w stanie nie zarysowanym, przy siłach rysujących, osiągających średnią wartość f_{ctm} wytrzymałości na rozciąganie; w przypadku elementów rozciąganych poddanych dodatkowym, lokalnym momentom zginającym od obciążeń stałych i ruchomych (np. pomosty w ściąгах mostów łukowych), wywołujących naprężenia w tym samym kierunku co siły normalne, zamiast wytrzymałości na rozciąganie f_{ctm} można wprowadzić wartość $0,7 f_{ctm}$,
- ε_{sr2} – odkształcenie zbrojenia przy rysie pod siłami rysującymi, osiągającymi f_{ctm} (jeżeli siły wewnętrzne są mniejsze od sił rysujących lub im równe, to wówczas $\varepsilon_{sr2} = \varepsilon_{s1}$),
- σ_{sr1} – naprężenie zbrojenia w rysie, gdy uformuje się pierwsza rysa,
- σ_{sm} – naprężenie zbrojenia w rysie, gdy uformuje się ustabilizowany układ rys; przy braku pełniejszych informacji, można wprowadzić $\sigma_{sm} = 1,3 \cdot \sigma_{sr1}$,
- $N_{s,cr}$ – siła w zbrojeniu w rysie, gdy uformuje się pierwsza rysa ($N_{s,cr} = \sigma_{sr1} \cdot A_s$),
- $N_{s,m}$ – siła w zbrojeniu w rysie, gdy uformuje się ustabilizowany układ rys; jeżeli brak jest pełniejszych informacji, to można przyjąć $N_{s,m} = 1,3 N_{s,cr}$,
- $\beta = 0,40$ dla prętów odkształconych,
- f_{sk} – charakterystyczna granica plastyczności.

W zespolonych elementach rozciąganych bardzo ważne jest wyznaczenie momentów zginających wywołanych przez odkształcenia ustroju niosącego. W tym celu sztywność giętna zarysowanego elementu zbrojonego może być potraktowana jako iloczyn sztywności giętej elementu zbrojonego, nie zarysowanego oraz stosunku jego sztywności podłużnej $E A_{eff}$ do sztywności $E A$ części nie zarysowanej. Sztywność podłużną wyznacza się z:

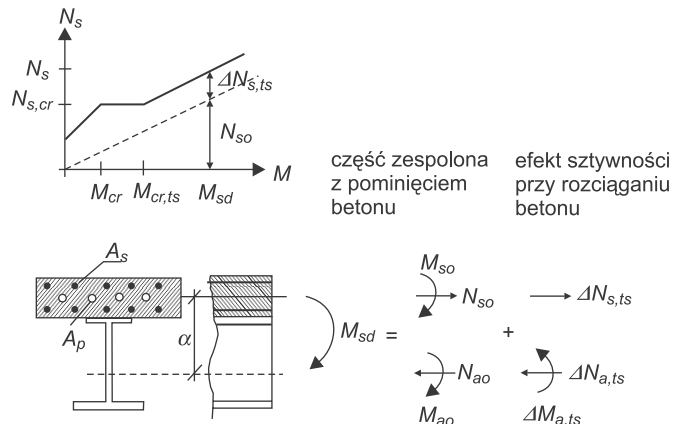
$$\varepsilon_{sm} = \varepsilon_{s2} - \beta \cdot (\varepsilon_{sr2} - \varepsilon_{sr1}) = \varepsilon_{sr2} - \beta \cdot \Delta \varepsilon_{sr} \quad (11)$$

przy czym ε_{sm} jest pokazane na rysunku 2 [10].

Na rysunku 4 [7], [8] przedstawiono przekrój poprzeczny belki zespolonej, w której moment zginający wywołuje rozciąganie w płycie betonowej. Siłami N_a i M_a oraz N_s i M_s , działającymi na wyodrębnione elementy (moment M_s w elemencie rozciągającym w celu określenia N_s może być pominięty $\rightarrow M_s \approx 0$) możemy zastąpić moment M . Moment w przekroju poprzecznym jest rozdzielony na moment części stalowej M_a i na siły normalne $N_a = -N_s$ działające na ramieniu a .



Rys. 4. Siły wewnętrzne przenoszące całkowity moment zginający M z pominięciem skurczu [7], [8]



Rys. 5. Siły wewnętrzne w przekroju poprzecznym w obszarze ustabilizowanym zarysowania [7]

Wpływ sztywności przy rozciąganiu na N_s , przy braku dokładniejszej metody można wyznaczyć przez wykorzystanie krzywej (B) średniej „siła – odkształcenie” pokazanej na rysunku 3 [7]. Moment rysujący M_{cr} jest momentem na początku fazy formowania się rysy, określane również jako moment rysujący, powodujący dodatkowe naprężenia w skrajnych włóknach betonu, osiągające średnie wytrzymałości betonu na rozciąganie, f_{ctm} . Z kolei $M_{cr,ts}$ jest momentem na początku ustabilizowanego układu zarysowania.

W stanie ustabilizowanego zarysowania, siły wewnętrzne wywołane przez M_{sd} , określone w części zespolonej (N_{so} , M_{so} , M_{ao} , N_{ao}) z pominięciem betonu, sumują się z dodatkowymi siłami wewnętrznymi $\Delta N_{s,ts}$, $\Delta N_{a,ts}$ i $\Delta M_{a,ts}$, wywołanymi sztywnością przy rozciąganiu (rys. 5 [7]):

$$N_s = N_{so} + N_{s,ts} \quad (12)$$

$$\Delta N_{a,ts} = -\Delta N_{s,ts} \quad (13)$$

$$\Delta M_{a,ts} = \Delta N_{s,ts} \cdot a \quad (14)$$

W przypadku mostów bez sprężenia podłużnego, dodatkową siłę $\Delta N_{s,TS}$ można wyznaczyć ze wzoru:

$$\Delta N_{s,TS} = \frac{0,4 \cdot f_{ctm} \cdot A_s}{\rho_s \cdot \alpha_{st}} \quad (15)$$

natomiast w przypadku mostów sprężonych cięgnami:

$$\Delta N_{s,TS} = 0,4 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot (A_s + A_p)}{eff \rho_p \cdot \alpha_{st}} \quad (16)$$

przy czym:

f_{ctm} – średnia wartość wytrzymałości betonu na rozciąganie,

A_s – powierzchnia stali zbrojeniowej w obszarze szerokości efektywnej,

A_p – powierzchnia stali sprężającej w obszarze szerokości efektywnej,

α – odległość między osią obojętną części stali konstrukcyjnej i części nie zarysowanego betonu zbrojonego,

$\alpha_{st} = A \cdot I_2 / (A_a \cdot I_a)$, A i I_2 – odpowiednio pole i moment bezwładności przekroju zespolonego, z pominięciem betonu rozciąganego; A_a i I_a są odpowiednimi wielkościami przekroju stali konstrukcyjnej,

A_{cr} – pole przekroju strefy rozciąganej, bezpośrednio przed zarysowaniem przekroju poprzecznego; w celu uproszczenia powinno być przyjmowane pole betonu ograniczone wewnątrz szerokości efektywnej,

ρ_s = A_s/A_{cr} – stosunek pola powierzchni przekroju stali zbrojenia do pola powierzchni przekroju strefy rozciąganej części rozważanego przekroju poprzecznego,

$eff\rho_p$ – efektywny stopień zbrojenia.

Podsumowanie

Pod wpływem zwiększającego się obciążenia rozciąganego elementu betonowego, pojawiają się na nim zarysowania. Z teorii i doświadczeń wiadomo, że liczba rys jest liczbą skończoną. W związku z tym można określić odległość między rysami, gdzie pozostaje pełne pole betonu, czyli konstrukcja mająca określoną sztywność. Dotychczas uwzględniano tylko sztywność części ściskanej. Obecnie dzięki normie PN-EN 1994-2 można uwzględnić sztywność całego przekroju, co przedstawiono w dużym skrócie w artykule. Zagadnienie to, jest o tyle istotne, że pozwoli w fazie projektowania na modelowanie konstrukcji bliższych rzeczywistości, a to z kolei może zaowocować zmniejszeniem kosztów całej konstrukcji.

Bibliografia

- [1] Furtak K.: *Mosty zespolone*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Kraków 1999
- [2] Gomez Navarro M., Lebet J.-P.: *Concrete cracking in composite bridges: tests, models and design proposals*. Structural Engineering International, 2001, Vol. 11, No. 3, s. 184-190
- [3] Łagoda M.: *Możliwość regulacji sił wewnętrznych*. Konferencja Konstrukcje zespolone, Zielona Góra, 1989, s. 121-127
- [4] Łagoda M.: *Projektowanie konstrukcji zespolonych w świetle Eurokodu 4*. Konferencja Naukowo-Techniczna „Mosty Zespolone”, Kraków, 1998, s. 205-213
- [5] Łagoda G., Łagoda M.: *Technologie stosowane przy budowie mostów zespolonych*. Konferencja Konstrukcje zespolone, Zielona Góra, 1989, s. 113-119
- [6] Łagoda G., Łagoda M.: *Zasady projektowania mostów zespolonych w świetle ENV 1994-2*. VII Konferencja „Konstrukcje zespolone”, Zielona Góra, 2005, s. 283-294
- [7] Łagoda G., Łagoda M.: *Projektowanie mostów zespolonych w świetle PN-EN 1994 -2*. Materiały Budowlane 2010, Nr 4, s. 45-49
- [8] Łagoda G., Radomski W., Łagoda M.: *Effect of Tension Stiffening in Composite Bridges in the Light of Eurocodes*. IABMAS Philadelphia 2010 Edited by: Dan M. Frangopol Lehigh University, Bethlehem, Pa, USA. Taylor & Francis Group, London, UK
- [9] Łagoda M., Śledziwski K.: *Wpływ zarysowania betonu na pracę belki zespolonej ciągłej typu stal – beton*. Przegląd Spawalnictwa 2011, nr 3, str. 31-35
- [10] Łagoda G., Warmuz A.: *Zarysowanie współpracującej płyty betonowej w mostowym dźwigarze zespolonym*. „Krynica 2004”, Tom V, Warszawa – Kraków, 2004, s. 55-62
- [11] Pechar J., Bures J., Schindler A.: *Kovove mosty*. SNTL, ALFA, Praha, 1990
- [12] Poineau D., Lacombe J.-M., Berthelley J.: *Cracking Control in the Concrete Slab of the Nevers Composite Bridge*. Conference Report: Composite Construction – Conventional and Innovative 1997
- [13] PN-82/S-10052 Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Projektowanie
- [14] PN-91/S-10042 Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Projektowanie
- [15] PN-EN 1994-2:2010 Projektowanie konstrukcji zespolonych stalowo-betonowych. Część 2: Reguły ogólne i reguły dla mostów ■





Zarządzanie Projektami w sektorze drogowo-mostowym






25-27 stycznia 2012, Ustroń k. Żywca

Patronat honorowy:



Patronat merytoryczny:



Patronat medialny:



Szczegóły i rejestracja:
www.pro-dim.bmm.com.pl