ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Seria: MECHANIKA z.103 Nr kol. 1112

Andrzej Ajdukiewicz, Alina Kliszczewicz

Instytut Konstrukcji Budowlanych
Politechnika Śląska

PARADOKS NOŚNOŚCI NA ŚCISKANIE BETONOWYCH SŁUPÓW SPRĘŻONYCH

Streszczenie. Przedstawiono niektóre wyniki badań słupów z betonu sprężonego. Nośność takich słupów przeczy hipotezom wytrzymałościowym i zaleceniom normowym.

1. WPROWADZENIE

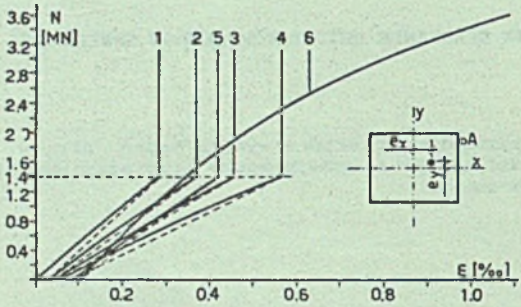
Słupy z betonu sprężonego stosowane są rzadko; wykonane przez nas badania są związane z konkretnymi budynkami szkieletowymi, przeznaczonymi dla terenów podlegających wpływom górniczym. W budynkach tych słupy przenoszą wszystkie obciążenia pionowe, poziome oraz działania wpływów parasejsmicznych, a także szczególne obciążenia montażowe. Budynki są bowiem wznoszone metodą podnoszenia stropów. Ze względów technologicznych słupy są wykonywane na pełną wysokość budynku (17,58m z licznymi wrębami na bocznych powierzchniach, przewidzianymi w celu mocowania stropów i urządzeń.

Prace projektowe napotkały niedogodności wynikające z przepisów normowych, które zalecają uwzględnienie siły sprężającej jako obciążenia zewnętrznego i sumowanie jej z siłami przekazywanymi na słup w stadium eksploatacji. Powoduje to istotne zwiększenie wymiarów przekroju w stosunku do analogicznych słupów żelbetowych bez sprężenia i oczywiście ogranicza sens stosowania sprężenia w słupach. Te niedogodności przepisów, które już od dawna były poddawane w wątpliwość (m.in. W. Olszak - 1949, T. Kluz - 1954) oraz osłabienia słupów wrębami były powodem podjęcia badań słupów.

Opis słupów, program badań oraz szczegółowe wyniki podano w pracach [1] i [2]. Sprężenie na zasadzie strunobetonu zrealizowano za pomocą symetrycznie rozmieszczonych splotów 7 x 2,5mm. Siła sprężająca początkowa wynosiła 800kN, natomiast oszacowana trwała siła po stratach wynosiła 660kN Do badań wykonano 8 słupów o długości 4.0m, po cztery odpowiadające dwom typom ukształtowania wrębów - (a) i (b). Jeden ze słupów typu (b) był specjalnie wykonany bez zbrojenia zwykłego.

2. WYNIKI BADAŃ SŁUPÓW I ICH OCENA

Program badania słupów przewidywał w pierwszej fazie obciążenie o wartości 1400kN przykładane z różnymi mimośrodami (łącznie 10-krotne), a w drugiej fazie obciążenie osiowe aż do zniszczenia. Badanie prowadzono w prasie 6000kN o wysokich kolumnach. Dolne końce słupów były utwierdzone, a górne przegubowe. W 16 punktach na obwodach słupa mierzono elektrooporowo odkształcenie; przykładowy wykres odkształceń przedstawia rysunek 1.



	e_x [mm]	e_y [mm]
1–	0	0
2–	40	0
3–	80	0
4–	80	40
5–	0	40
6–	0	0

Rys. 1. Wykres siła/odkształcenie dla punktu A (słup S-V)

Fig. 1. Force/strain diagram for the point A (column S-V)

Pomiar odkształceń prowadzono w całym okresie historii słupów od wykonania do chwili zniszczenia. Średnie wartości odkształceń podłużnych wynosiły:

- skrót sprężysty w chwili przekazania sprężenia 0,013%,
- odkształcenie skurczu i pełzania po 2 miesiącach 0,012%,
- odkształcenia przy zniszczeniu od 0,102% do 0,143% .

Uwzględniając niewielkie przerwy w ciągłości pomiaru odkształceń można ocenić, że odkształcenia całkowite betonu wynosiły od 0,13% do 0,17%, przy wieku betonu około 3 miesiące w chwili badania do zniszczenia.

Oczekiwane siły niszczące słupy oszacowano dwojako:

- według zaleceń normowych, czyli potrącając siłę sprężającą:
  słup (a) 2550kN, słup (b) 2644kN, słup betonowy (b) 1510kN,
- dla słupów żelbetowych i betonowego, z pominięciem siły sprężającej:
  słup (a) 3210kN, słup (b) 3304kN, słup betonowy (b) 2170kN.

Wyniki badań do zniszczenia były następujące (wartości średnie):

4 słupy (a): 3708kN, 3 słupy (b): 3573kN, słup betonowy (b): 2900kN.

W skrócie można wyniki podsumować następująco:

- odkształcalność całkowita słupów sprężonych jest nieco niższa w porównaniu z analogicznymi słupami żelbetowymi,
- wartości średnie siły niszczącej są wyższe od normowych sił niszczących o 45% dla słupów typu (a), o 34% dla słupów typu (b) oraz aż o 92% dla

słupa bez zbrojenia zwykłego, obliczonego jak betonowego,
- porównanie wyników z wartościami normowymi obliczonymi dla słupów żelbetowych i betonowego, z pominięciem siły sprężającej, daje średnie rezerwy nośności 15,5% (słupy a), 8,1% (słupy b) i 33,6% (słup betonowy b).

Jednocześnie należy podkreślić niewielkie rozproszenie wyników tych sił.

3. ANALIZA NOŚNOŚCI SŁUPÓW SPRĘŻONYCH

Obraz zniszczenia słupów sprężonych nie odbiega od typowego, znanego dla słupów żelbetowych. Paradoksem jest natomiast tak wyraźny przyrost nośności tych słupów, zwłaszcza, że przepisy normowe polskie, podobnie jak najnowsze zalecenia zagraniczne [3], wymagają redukcji nośności obliczeniowej o wartość siły sprężającej i to w jej wielkości obliczeniowej. Zjawisko wysokiej nośności słupów sprężonych było w przeszłości ostrożnie sygnalizowane (por. [4], str. 543). Znacznie bardziej stanowcze były wtedy jednak stwierdzenia co do innej korzystnej cechy słupów sprężonych, jaką jest niepodleganie wyboczeniu od siły sprężającej.

Poszukując źródeł obserwowanych zjawisk, które tak zaskakują w przypadku słupów sprężonych, a które można ująć krótko: "wstępne ściskanie uzyskane w stosunkowo "młodym" betonie za pomocą sprężenia podnosi nośność na ściskanie, przy niewielkiej redukcji odkształcalności", nie sposób znaleźć udokumentowane przesłanki teoretyczne. Obszerna praca Eimera [5] bierze za podstawę hipotezę o nieodwracalnym charakterze uszkodzeń, a więc pośrednio wyklucza korzystny wpływ długotrwałych, wczesnych obciążeń. Zwłaszcza że uznaje się powszechnie, że beton jest materiałem od początku okresu dojrzewania zarysowanym. Przyczyny mikrorys występujących od początku w betonie - to przede wszystkim: skurcz cementu w procesie hydratacji i koncentracja naprężeń w wysoce heterogenicznym materiale na granicy zaczynu i ziarn kruszywa. Stawia się zatem hipotezę, że wczesne wprowadzenie ograniczonych ściskań do betonu prowadzi do zwiększenia zwartości jego struktury i ograniczenia części zasięgu mikrorys, które powstałyby w materiale bez wstępnych ściskań. Jednocześnie nie sposób pominąć fakt, że obciążony zewnętrznie słup sprężony podlega odkształceniom, które redukują wstępne wydłużenie napiętej stali i tym samym siłę sprężającą.

4. PODSUMOWANIE

Wyniki badań, a także analiza wielu obserwacji związanych z zachowaniem się betonu o różnym stopniu dojrzałości przy ściskaniu, pozwalają podważyć krajowe zalecenia normowe, które wymagają traktowania siły sprężającej,

realizowanej za pomocą cięgien o ciągłym kontakcie z betonem, jako obciążenia zewnętrznego. Całkowicie bezpiecznym założeniem jest tutaj pominięcie w stanie granicznym zniszczenia działania siły sprężającej. Oczywiście, stwierdzenie takie dotyczy przypadków praktycznych, kiedy naprężenia od sprężenia nie przekraczają przedziału rzędu 0,25 wytrzymałości. Część siły sprężającej jest bowiem wyeliminowana przez skrót betonu, a wcześniej siła ta wpłynęła na tyle korzystnie na strukturę materiału, że pozostała do końca część siły nie obniża nośności słupa.

LITERATURA

[1] Ajdukiewicz A.,Kliszczewicz A.: Applications and tets of pre-tensioned columns for buildings erected by lift-slab method. Technical Contribution to the 11th Congress FIP, Hamburg 1990.

[2] Ajdukiewicz A.,Kliszczewicz A.: Badania częściowo sprężonych słupów z wrębami. XXXVI Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PZITB, Wrocław 1990.

[3] CEB-FIP Model Code 1990. Comite Euro-International du Beton,1990.

[4] Kaufman S.,Olszak W.,Eimer C.: Konstrukcje sprężone. Budownictwo Betonowe, tom III, Arkady, Warszawa 1965.

[5] Eimer C.: Wytrzymałość reologiczna betonu w świetle hipotezy uszkodzenia. Archiwum Inżynierii Lądowej, tom XVII, z.1, 1971.

ПАРАДОКС ПРЕДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ В ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ КОЛОННАХ

Р е з ю м е

В статье представлены некоторые результаты исследовании предварительно напряженных железобетонных колонн. Предельная нагрузка этих элементов отрицает теории прочности и нормативным рекомендациям.

THE PARADOX OF LOAD-CAPACITY AT COMPRESSION IN P.C. COLUMNS

S u m m a r y

The report presents some results of tests of the prestressed concrete columns. The load-capacity of these members discords with the stress theories and the standard recommendations.