ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1985

Seria: BUDOWNICTWO z. 60 Nr kol. 841

Lidia FEDOROWICZ

ITERACYJNE BADANIE ROZKŁADU SIŁ WEWNĘTRZNYCH W ŚCIANACH OSŁABIONYCH ZŁĄCZAMI

Streszczenie. Przedstawiono rozwiązania ścian-tarcz dokonane metodą SES, w których uwzględniono iteracyjnie wpływ nieliniowo sprężystych charakterystyk odkształceniowych złączy. Wskazano na jakościowo różny rozkład wielkości wewnętrznych, zależny od funkcji T-u złącza pionowego i wielkości obciążenia zewnętrznego.

1. WPROWADZENIE

Wynikiem osłabienia ściany wielkopłytowej złączami jest zwiększenie jej odkształcalności jak również zmiana jakościowego rozkładu sił wewnętrznych, rozpatrywanych przy wymiarowaniu konstrukcji. W złączach pionowych może dojść, głównie pod wpływem działania sił ścinających, do przekroczenia nośności, a więc zniszczenia ich ciągłości strukturalnej i zmiany schematu statycznego ściany.

Przedmiotem badań był wpływ uwzględnienia rzeczywistych charakterystyk odkształceniowych złączy pionowych na rozkład wielkości wewnętrznych w wybranych ścianach prefabrykowanych.

Obliczenia przeprowadzono metodą sztywnych elementów skończonych - SES, w wersji statycznej [1, 2], posługując się programem własnym MSET. Iteracyjnie uwzględniono wpływ nieliniowo sprężystych charakterystyk odkształceniowych złączy, wprowadzając w kolejnych krokach iteracyjnych nieliniowe korekty w macierzy sztywności układu.

2. ZAKRES BADAŃ NUMERYCZNYCH ORAZ BADANE MODELE

Obliczenia numeryczne przeprowadzono dla ściany-tarczy, której schemat statyczny, parametry geometryczne (wysokość, rozpiętość, położenie złączy pionowych) oraz parametry fizyczne (E, μ) pozostają w czasie badań niezmienne. Jako parametry zmienne wprowadzono natomiast: perforację, wielkość obciążenia oraz grubość ściany, zróżnicowaną na jej wysokości.

Przedstawiono wpływ uwzględnienia złączy o rzeczywistych charakterystykach na rozkład sił wewnętrznych (głównie sił ścinających T) w ścianie przy wartościach $\frac{E_{złącza}}{E_{ściany}} > 0{,}05$ [5]. Przyjęte do obliczeń nieliniowo sprę-

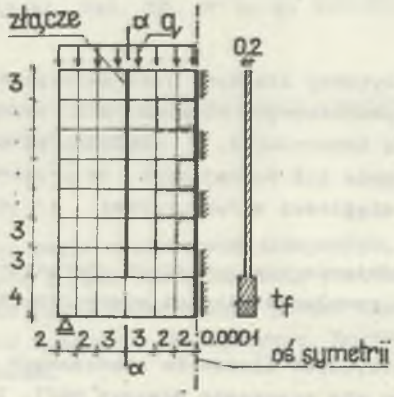
żyste charakterystyki odkształceniowe złączy pochodzą z badań przedstawionych w literaturze [3, 4].

Dla badanej ściany określono udział kondygnacji piwnicznej, o zmieniającej się w poszczególnych przykładach grubości, w przenoszeniu sumarycznego obciążenia ścinającego w wybranym przekroju.

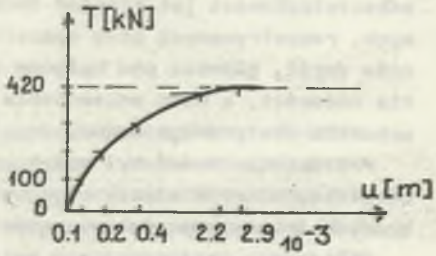
Jako efekt końcowy badań przedstawiono proces redystrybucji sił ścinających w ścianie, zachodzący pod wpływem narastania obciążenia zewnętrznego, doprowadzającego do przekroczenia nośności w złączu pionowym.

3. PRZEBIEG OBLICZEŃ NUMERYCZNYCH I ICH WYNIKI

Obliczenia przeprowadzono dla symetrycznej ściany prefabrykowanej o odkształcalnych złączach pionowych i monolitycznej kondygnacji piwnicznej której schemat stytyczny przedstawia rys. 1.



Rys. 1



Rys. 2

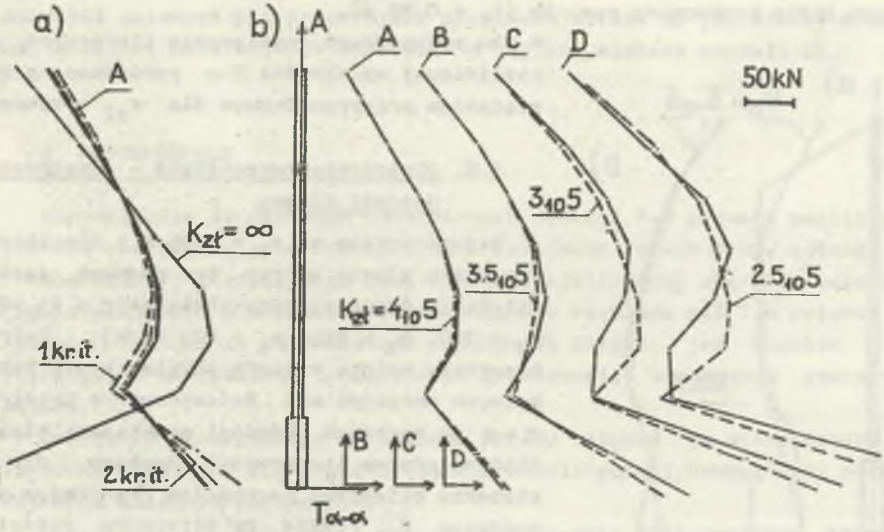
3.1. Ściana pełna

Badaną ścianę poddano działaniu obciążenia q = 150 (A), 200 (B), 250 (C) i 300 kN/m (D) przy zmieniającej się grubości kondygnacji piwnicznej t_f = 0.20, 0.36, 0.52, 0.68 i 0.84 m.

Charakter zależności T-u (siła - przemieszczenie), określającej charakterystyki odkształceniowe złączy pionowych przedstawia rys. 2.

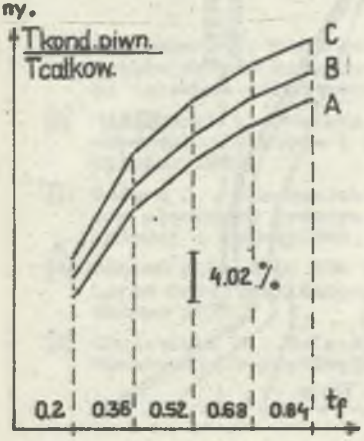
Rysunek 3a przedstawia przykładowo zmianę rozkładu sił ścinających T w przekroju α - α badanej ściany, zachodzącą w trakcie procesu iteracyjnego. Rozwiązanie wyjściowe tego procesu przedstawia ścianę, w której pominięto wpływ odkształcalności złączy ($K_{zł} = \infty$).

Wpływ przyjęcia odkształcalnych złączy o $K_{zł}$ = constans, jak jest to w praktyce obliczeniowej stosowane, na rozkład sił T przedstawia rys. 3b.



Rys. 3

Jest to przyjęcie dostatecznie dobre w przypadku, gdy rozkład sił ścinających będzie prawie równomierny w przekroju złącza, gdy potrafimy trafnie dobrać $K_{zł}$ w zależności od średniej wartości sił T występujących w przekroju złącza oraz gdy przyłożone obciążenie nie przekracza 75% obciążenia powodującego osiągnięcie wartości granicznej siły T dla danej ściany.



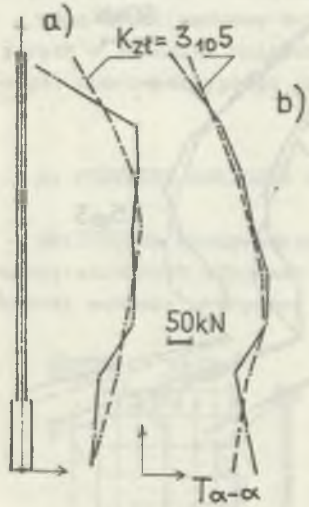
Rys. 4

Charakterystyczne jest to, że wzrost udziału kondygnacji piwnicznej w przenoszeniu całkowitej siły ścinającej działającej w danym przekroju jest coraz mniejszy, w miarę wzrostu grubości t_f fundamentu.

Powyższą zależność przedstawiono na rys. 4 dla obciążeń q = 150, 200 i 250 kN/m (krzywe A, B i C).

3.2. Ściana perforowana

Rozkład sił T w przekroju $\alpha - \alpha$ dla ściany o otworach zaznaczonych na rys. 1 linię przerywaną przedstawia rys. 5a, natomiast dla zaznaczonych linię kropkowaną rys. 5b (t_f = 0.36 m).



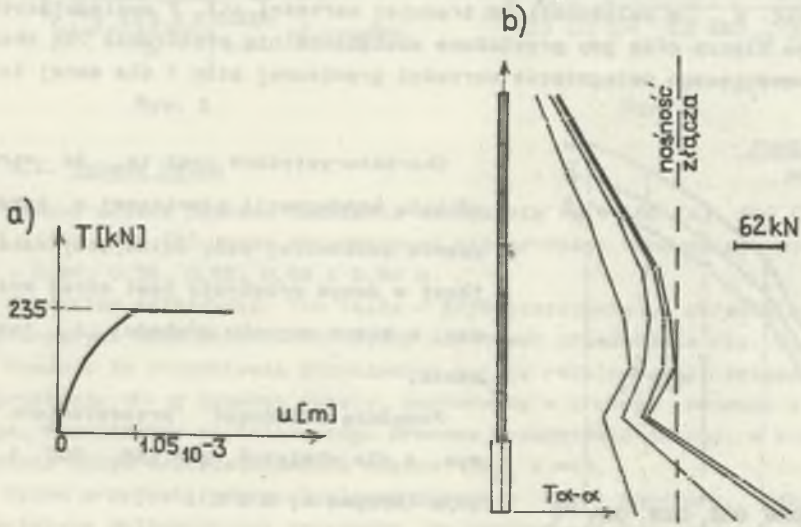
Rys. 5

W obu przypadkach rozwiązanie iteracyjne dla nieliniowej zależności T-u porównano z rozwiązaniem przeprowadzonym dla $K_{zł}$ = constans

3.3. Obciążenie narastające - osiągnięta nośność złącza

Badana ściana o t_f = 0,36 m i charakterystyce T-u złączy wg rys. 6a poddana została działaniu narastającego obciążenia q (q_1=150, q_2 = 200, q_3 = 215, q_4 = 220 kN/m), którego przyrosty maleją w miarę zbliżania się maksymalnych wartości sił ścinających w przekroju $\alpha - \alpha$ do wartości nośności granicznej złącza. Zbieżny proces iteracyjny uzyskano, dla obciążenia bliskiego wartościom granicznym wprowadzając $K_{zł}$ takie, by otrzymany wyjściowy rozkład sił T nie przekraczał wartości granicznej równej 235 kN (rys. 6a).

W wyniku zwiększania obciążenia w przekrojach najbardziej newralgicznych, a więc w złączach dochodzi przy obciążeniu q_4 do osiągnięcia wartości granicznej siły T, po przekroczeniu której nastę-



Rys. 6

pi wyczerpanie nośności złącza na ścinanie (rys. 6b). Spowoduje to zmianę schematu statycznego ściany, a w konsekwencji redystrybucję sił wewnętrznych w przekroju.

Dla przykładów omawianych w 3.1, 3.2 i 3.3 zmiany zachodzące w rozkładzie sił osiowych N w przekrojach pionowych ściany są jakościowo nieznaczne, a zmiany maksymalnych wartości N są nie większe aniżeli 1%.

4. PODSUMOWANIE

Wprowadzenie do obliczeń numerycznych funkcji T-u pozwala możliwie dokładnie uwzględnić stan rzeczywisty w kolejnych fazach pracy złącza.

Konieczność iteracyjnego uwzględnienia nieliniowej charakterystyki T-u złącza pionowego dla uzyskania prawidłowego rozkładu sił T w ścianie uwidacznia się wraz ze zwiększeniem podatności złącza, jak również przy znacznym, w odniesieniu do wartości granicznej, obciążeniu zewnętrznym ściany.

Znaczenie prawidłowego określenia wpływu złącza na pracę ściany jest także wyraźne, np. w przypadku ścian o monolitycznej kondygnacji piwnicznej oraz ścian perforowanych.

Określenie rozkładu sił T w ścianie na modelu obliczeniowym nie uwzględniającym odkształcalności złączy $K_{zł}$ prowadzi do uzyskania obciążenia granicznego niższego, aniżeli można dopuścić dla danej ściany z uwagi na nośność złącza pionowego. Określając bowiem nośność graniczną ściany na modelu obliczeniowym nie uwzględniającym $K_{zł}$ uzyskuje się niższą wartość nośności, aniżeli w przypadku uwzględnienia odkształcalności złączy w obliczeniach.

LITERATURA

[1] Andermann F., Fedorowicz L.: Analiza statyczna tarczowych ścian budynków metodą sztywnych elementów skończonych. Problemy budownictwa na terenach górniczych, ITB Gliwice X. 1978.

[2] Fedorowicz L.: Metoda sztywnych elementów skończonych analizy statycznej monolitycznych i prefabrykowanych ścian budynku. Praca doktorska. Gliwice 1982.

[3] Badura J., Starosolski Wł.: Badanie nośności i odkształcalności złączy pionowych systemu W-70 PRAS-BET. XXV Jubil. Konf. Nauk. Kom. Inż. Lądowej i Wodnej PAN, Krynica 1979.

[4] Jensen B.Ch.: On the Ultimate Load of vertical Keyed Shear Joints in Large Panel Buildings. II International Symposium on Bearing Walls, Warsaw 1975.

[5] Cholewicki A.: Rola złączy pionowych w ścianach usztywniających budynków wielkopłytowych, ITB 1972.

ИТЕРАЦИОННЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПИСАНИЯ
ВНУТРЕННЫХ СИЛ В СБОРНЫХ СТЕНАХ

Р е з ю м е

В настоящей работе представлены решения стен-балок при использовании метода СЖС. Принято во внимание работу нелинейно-упругих связей между крупнопанельными элементами итерационным методом для действительных функций Т-у.

ITERATIVE TESTING OF INTERNAL FORCES DISTRIBUTION
IN WALLS WEAKENED BY JOINTS

S u m m a r y

In this paper a solution of disks-walls is achieved by the method of finite rigid elements (SES). The influence of non-linear elastic deformative characteristics of the joints has been considered in an iterative way. The difference in quality of internal forces distribution is shown as dependent on the function T-u of the vertical joints and on the level of the external load.