

Adam Król

## O WSPÓLPRACY ŚCIAN ORTOGONALNYCH W KONSTRUKCJI BUDYNKÓW NA PODSTAWIE ANALIZY NUMERYCZNEJ PEWNYCH MODELI PRZESTRZENNYCH

**Streszczenie.** Na przykładzie dwóch monolitycznych ustrojów skrzyżniowych przedstawiono sposób dyskretyzacji elementów tarczowo-płytowych za pomocą ustrojów prętowych. Uzyskane modele przestrzenne analizowano w charakterystycznych przypadkach obciążenia przy użyciu EMC. Dla ścian obciążonych głównie tarczowo określono szerokości pasm współpracujących z nimi ścian poprzecznych. Dla obciążenia wywołującego zginanie i skręcanie podano sposób pozwalający na oddzielne traktowanie tych wpływów.

### 1. Wstęp

W praktyce projektowej występują często zagadnienia oceny wpływu połączenia ze sobą wzajemnie prostopadłych elementów konstrukcyjnych, takich jak ramy płaskie, tarcze i płyty, dla których wymagana jest znajomość uogólnionych sił wewnętrznych i przemieszczeń. Jako szczególne, szeroko stosowane zarówno w budownictwie mieszkaniowym jak i przemysłowym, wyłaniają się tutaj skrzyżniowe ustroje fundamentowe, które zwłaszcza na terenach górniczych poddawane są silnie zróżnicowanym oddziaływaniom podłoża gruntowego. Odkształcalność tych skrzyń ma bardzo istotne znaczenie dla obliczenia i konstrukcji całej nadbudowy.

W zakresie uwzględniania przestrzennej pracy statycznej ustrojów prętowych czy quasi-prętowych (ramy krępe) istnieje szereg metod teoretycznych, a także dostępne są programy obliczania statycznego dla elektronicznych maszyn cyfrowych, jak np. przedstawione w pracach [2], [12], [14]. Takich rozwiązań brak dotąd dla ustrojów skrzyżniowych.

Istniejące programy obliczania układów przestrzennych w oparciu o metodę elementów skończonych [5], [13] stanowią dogodny aparat dla prowadzenia prac studialno-badawczych i rozwiązywania złożonych konstrukcji, są jednak znacznie kosztowniejsze od sposobów obliczeń bazujących na rozkładzie przestrzennych układów na podukłady płaskie, z odpowiednim uwzględnieniem pewnych warunków nierozdzielności jak to m.in. uczyniono w pracach [8], [9], [10], [11]. Innym podejściem, zastosowanym w niniejszym artykule, jest dyskretyzacja układów tarczowo-płytowych za pomocą prętów tworzących układ ramowy. Sposób takiej zamiany ujmuje tzw. teoria równowartości [4], [1] oparta na poszukiwaniu dla układu obliczeniowego (mo-

delu) pola przemieszczeń minimalizującego całkowitą energię potencjalną układu. Sposób ten należy więc do tej samej grupy co metoda elementów skończonych.

Celem przedstawionych poniżej badań numerycznych było przeanalizowanie stanu odkształcenia układu skrzyniowego pełnościennego, w dwóch wariantach, poddanego zginaniu i skręcaniu oraz wyłonienie, w oparciu o tę analizę, wniosków dotyczących wzajemnej współpracy ścian. Dla realizacji tego celu posłużono się zastępczym modelem prętowym oraz programem BUD-60 na EMC Odra 1204 [2] do obliczania krępych ram przestrzennych.

Wyprowadzono tu cechy geometryczne prętów zastępczych, uwzględniając fakt, że ściany pracują równocześnie pod działaniem sił leżących w ich płaszczyźnie jak i do niej prostopadłych.

Teżą stawianą w niniejszym artykule jest uwzględnianie, w obliczeniach statycznych ściany pojedynczej, współpracy przyległych do niej ortogonalnych ścian poprzez odpowiedni dobór szerokości pasm współpracujących.

## 2. Cechy prętów zastępczych

Dla oceny adekwatności modeli elementarnych tarczowych przeprowadzono badania testowe [3] tarczy kwadratowej dyskretyzowanej za pomocą dwóch różnych prostokątnych modeli elementarnych i rozpatrywanej w pięciu przypadkach obciążenia. Różnicowano przy tym współczynnik Poissona, proporcje boków i gęstość siatki podziału analizowanej tarczy.

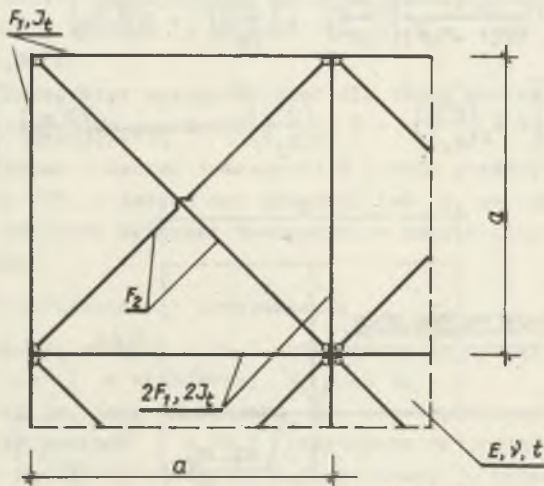
Na podstawie analizy wyników testów prześledzono zbieżność rozwiązania przy zagęszczaniu siatki prętów zastępczych, dochodząc do zależności wykładniczej spadku błędu względnego w miarę zwiększania gęstości podziału tarczy.

Dla wykorzystanego w niniejszych badaniach modelu obliczeniowego określono błąd względny jako równy ok. 3%.

Model zastępczy, przyjęty w poniższych rozważaniach, składa się z sześciu prętów: czterech rozmieszczonych na obwodzie prostokąta, przenoszących siły osiowe, momenty zginające w dwóch płaszczyznach i momenty skręcające oraz dwóch przekątniowych wahaczy.

Stosunek długości boków prostokąta przyjęto równy 1,0. Dla prętów obwodowych, które nie leżą na wolnym konturze ściany, zachodzi superpozycja odpowiednich wielkości geometrycznych przekroju: pola przekroju poprzecznego  $F_1$ , momentów bezwładności względem osi leżącej w płaszczyźnie modelu  $I_t$ , momentów bezwładności względem osi prostopadłej do tej płaszczyzny  $I_p$  i charakterystyki geometrycznej przekroju przy skręcaniu  $I_s$ . Przy superpozycji momentów bezwładności uwzględnia się przypadek koplarności stykających się ze sobą elementów (np.  $I_t^I + I_t^{II}$ ) oraz przypadek ich ortogonalności (np.  $I_t^I + I_p^{II}$ ).

Cechy geometryczne przekroju poprzecznego prętów obwodowych, odnoszące się do pracy tarczowej - tzn.  $F_1$  i  $I_t$ , a także pole przekroju  $F_2$  prętów przekątniowych określa się z przyrównania wariacji całkowitej energii sprężystej odkształcenia obliczonej dla wycinka tarczy o wymiarach takich samych jak model, tzn.  $a \times a$  i grubości  $t$  (rys. 1) do odpowiedniej



Rys. 1. Model elementarny dla tarczy

wariacji energii odkształcenia modelu, a więc w szczególności z warunku tożsamościowej równości wyrażeń na energię odkształcenia dla obu układów - ciągłego i dyskretnego. Jest to, przy statycznie równoważnym układzie sił zewnętrznych działających na tarczę i model, równoznaczne z przyrównywaniem odpowiadających sobie przemieszczeń punktów narożnych przy odkształceniu objętościowym i postaciowym. W ten sposób otrzymuje się

$$F_1 = \frac{at}{2(1 + \nu)}; \quad (1)$$

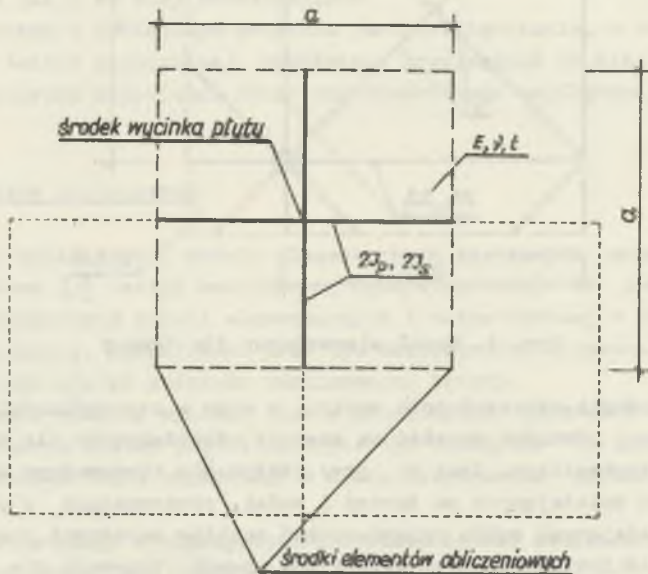
$$F_2 = \frac{\nu \cdot at \sqrt{2}}{1 - \nu^2}; \quad (2)$$

$$I_t = \frac{a^3 t}{24} \cdot \frac{1 - 2\nu}{1 - \nu^2}. \quad (3)$$

Tak zbudowany model stosował do analizy tarcz w płaskim stanie naprężenia C.W. McCormick [6]. Dla dowolnego stosunku długości boków prostokąta uogólnili go W. Sitko i S. Wyra [7]

Celem określenia cech geometrycznych odpowiadających pracy płytowej modelu prętowego -  $I_p$  oraz  $I_s$  (rys. 2) przyrównano wg [4] odpowiednie wyrażenia na energię sprężystą odkształcenia wycinka płyty ( $a \times a \times t$ ) i rusztu zastępczego

$$\begin{aligned}
 & a^2 \cdot \frac{E t^3}{12(1 - \nu^2)} \left[ \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)^2 + \left( \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 \right] = \\
 & = E \cdot a \left[ 2 I_p \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)^2 + 2 I_p \left( \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 + 2 \frac{2 \cdot I_s}{2(1 + \nu)} \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 \right]. \quad (4)
 \end{aligned}$$



Rys. 2. Model elementarny dla płyty

Jako rezultat porównywania z sobą wyrażeń stojących przed odpowiednimi pochodnymi cząstkowymi ugięć w otrzymano wzory:

$$I_p = \frac{a t^3}{24(1 - \nu^2)}, \quad (5)$$

$$I_s = \frac{a t^3}{12(1 - \nu)}. \quad (6)$$

### 3. Opis eksperymentu numerycznego

Do badania numerycznego przyjęto układ płytowo-tarczowy pokazany na rys. 3. Układ ten to skrzynia o kształcie sześciąnu, nie posiadająca jednak płyty dennej - ściany utwierdzono niesprężysto w krawędziach ich styku z podłożem. Ściany rzeczywistego ustroju przestrzennego miały wymiary obrysu  $l \times l = 6,0 \times 6,0$  m i grubość  $t = 0,15$  m, zaś tarcza stropowa grubość  $t_s = 0,20$  m.

Eksperyment numeryczny przeprowadzono dla dwóch wariantów ustroju, różniących się liczbą ścian pionowych:

- wariant I z trzema ścianami tworzącymi w rzucie poziomym ciąg otwarty na kształt litery "C", o jednej osi symetrii (oś  $x$  na rys. 3),
- wariant II z czterema ścianami tworzącymi w rzucie ciąg zamknięty o dwóch osiach symetrii.

Obciążenie realizowano w 3 przypadkach:

- 1) cztery poziome siły  $P = 10$  T przyłożone do naroży tarczy stropowej o kierunku  $+x$  i o wypadkowej  $W_x = 40$  T,
- 2) cztery siły jw. leez o kierunku  $+y$  i o wypadkowej  $W_y = 40$  T,
- 3) cztery siły poziome  $S = 10$  T przyłożone do naroży tarczy stropowej, styczne do okręgu opisanego na jej konturze, o wypadkowej zerowej i o momencie  $M_s = 240$  Tm.

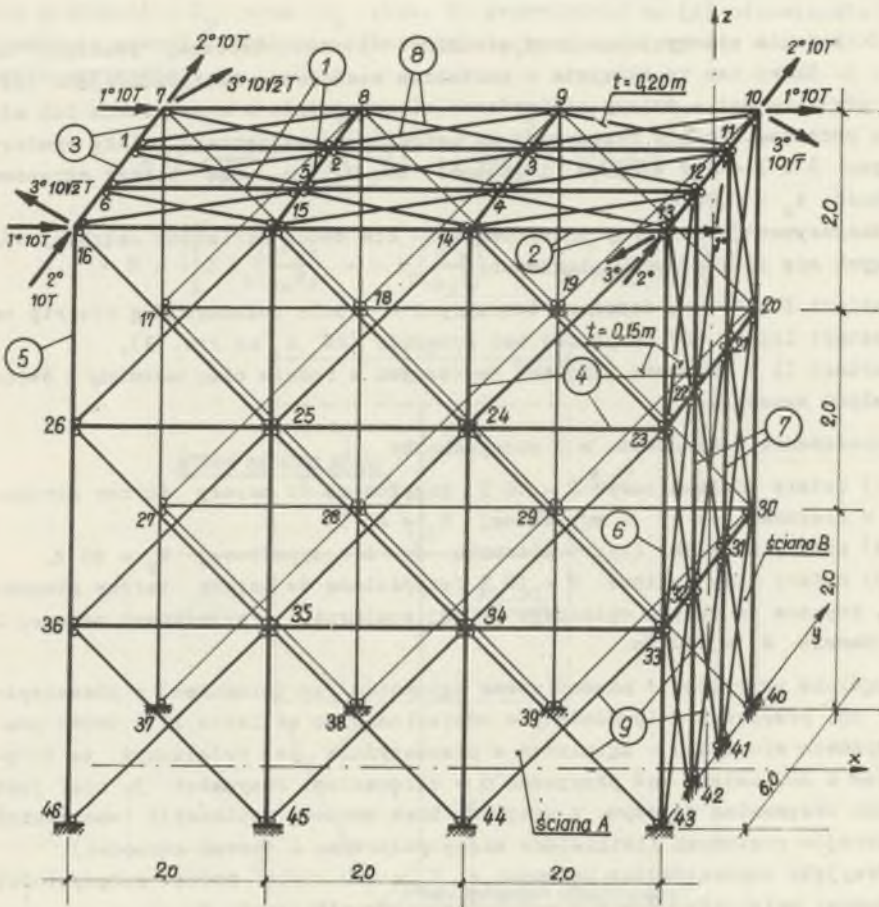
Ogólnie przypadek 1 nazwać można zginaniem (ze ścinaniem) w płaszczyźnie  $xz$ , przypadek 2 (pominięty w odniesieniu do wariantu II o dwóch płaszczyznach symetrii) - zginaniem w płaszczyźnie  $yz$  połączonym ze skręcaniem i ścinaniem, zaś przypadek 3 - skręcaniem. Przypadek 3 nie jest jednak skręcaniem czystym, z uwagi na brak swobody deplanacji wszystkich przekrojów poziomych (istniejące więzy podporowe i tarcza stropowa).

Przyjęto odpowiadający betonowi o  $R_c = 200$  kg/cm<sup>2</sup> moduł sprężystości podłużnej materiału  $E = 2,9 \cdot 10^6$  T/m<sup>2</sup> i współczynnik Poissona  $\nu = \frac{1}{8}$ .

Oprócz tego, celem określenia wpływu współpracy ścian, wykonano na EMC dla jednej ściany pomocnicze obliczenie siły poziomej stycznej do górnej krawędzi, która wywołałaby przesunięcie poziome 1,0 m tej krawędzi, przy założeniu braku powiązań danej ściany z sąsiednimi. Wartość tej siły  $R_1 = 8,1725 \cdot 10^4$  T/m nazwano zastępczą sztywnością postaciową pojedynczej ściany.

### 4. Przypadek zginania

W pierwszym z analizowanych przypadków obciążenia obliczenia ustroju wg wariantu I wykazały, że tarcza stropowa doznała w planie translacji kierunku  $+x$  a zarazem deplanacji. W swojej płaszczyźnie pozioma tarcza stropowa odkształciła się nieznacznie w porównaniu z odkształceniami tarcz



- 1 - numer węzła  
 ① - typ pręta  
 1° - przypadek obciążenia

*Uwaga: Układ w wariancie II posiadał ścianę 7,16,46,37*

Rys. 3. Analizowany układ skrzyniowy - wariant I

pionowych - ścian skrzyni - w ich płaszczyznach, zaś w wariancie II otrzymano, w ramach dokładności wydrukowanych przez maszynę cyfrową wyników, całkowitą prostolinowość krawędzi tarczy stropowej.

Na podstawie poziomych składowych u przemieszczeń górnych krawędzi ścian skrzyni w kierunku działającego w każdej z tych krawędzi poziomego obciążenia  $W$ , dla wariantu I i II obliczono odnośne sztywności  $R'$  i  $R''$  wg wzoru

$$R = \frac{W}{u}. \quad (7)$$

Przyjmując  $W = 0,5 \cdot W_x = 20,0 \text{ T}$  uzyskano  $R' = 9,434 \cdot 10^4 \text{ T/m}$  i  $R'' = 11,628 \cdot 10^4 \text{ T/m}$ , co stanowi odpowiednio 1,15 i 1,42 wartości  $R_1$  obliczonej dla ściany odosobnionej.

Fakt, że sztywności wykazane w analizie układu przestrzennego są wyższe od sztywności pojedynczej ściany wynika ze współpracy ścian ortogonalnych przy przenoszeniu obciążeń.

Poprzez dobór odpowiedniej szerokości  $b$  pasma współpracującego, a więc przez określenie wartości obliczeniowego momentu bezwładności  $I_{obl}$  danej zmodyfikowanej ściany, można zapewnić, by jej zastępcza sztywność postaciowa  $R_{obl}$  była równa odpowiednio sztywności  $R'$  względnie  $R''$ .

Całkowite przesunięcie poziome spowodowane działaniem siły jednostkowej stycznej do górnej krawędzi wyodrębnionej ściany wynosi  $1 : R_{obl}$ . Zależy ono o wpływ zginania tarczy i jej ścinania:

$$\frac{1}{R_{obl}} = \frac{K}{I_{obl}} + u^T, \quad (8)$$

gdzie  $K$  jest pewnym współczynnikiem proporcjonalności, zaś  $u^T$  przesunięciem wywołanym ścinaniem.

Dla określenia parametrów  $K$  i  $u^T$  posłużono się dwoma testami: testem dla tarczy wyodrębnionej - bez pasm współpracujących - o momencie bezwładności przekroju poprzecznego  $I_1$  i sztywności  $R_1$  oraz analogicznym testem dla tarczy z pasmami współpracującymi o momencie bezwładności  $I_2$  i sztywności  $R_2$ .

Wstawiając do zależności (8) wielkości określone w tych dwóch testach otrzymano dwa równania, z których obliczono

$$K = \frac{\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}}{\frac{1}{I_1} - \frac{1}{I_2}} = \frac{\frac{1}{8,1725} - \frac{1}{9,2769}}{\frac{1}{2,70} - \frac{1}{3,50}} \cdot 10^{-4} = 0,1721 \cdot 10^{-4} \text{ m}^5/\text{T},$$

$$u^T = \frac{1}{R_1} - \frac{K}{I_1} = \left( \frac{1}{8,1725} - \frac{0,1721}{2,7} \right) \cdot 10^{-4} = 5,862 \cdot 10^{-6} \text{ m/T}.$$

Zatem dla wariantu I:

$$I'_{obl} = \frac{K}{\frac{1}{R'} - u^T} = \frac{0,1721 \cdot 10^{-4}}{\left(\frac{1}{9,4340} - 0,05862\right) \cdot 10^{-4}} = 3,632 \text{ m}^4,$$

skąd otrzymano, przy uwzględnieniu przesunięcia osi obojętnej przekroju

$$F'_{dod} = 0,1206 \text{ m}^2.$$

Odpowiadająca temu polu szerokość współpracującego pasma ściany prostokątnej

$$b' = \frac{F'_{dod}}{t} = \frac{0,1206}{0,15} = 0,80 \text{ m}.$$

Dla wariantu II otrzymano  $I''_{obl} = 6,2857 \text{ m}^4$ ,  $F''_{dod} = 0,1992 \text{ m}^2$  i  $b'' = \frac{F''_{dod}}{t} = \frac{0,1992}{0,15} = 1,33 \text{ m}$ .

##### 5. Przypadek skrećania

Analizę przeprowadzono na podstawie dwóch schematów, a mianowicie wariantów I i II, w trzecim przypadku obciążenia.

Sztywność skrętna ustroju określona jako

$$R_s = \frac{M_s}{\varphi}, \quad (9)$$

gdzie  $\varphi$  - kąt skrećania tarczy stropowej, wynosiła dla wariantu I

$$R'_s = \frac{M_s}{\varphi'} = \frac{240}{0,0001535} = 1,4593 \cdot 10^6 \text{ Tm/rad},$$

zaś dla wariantu II

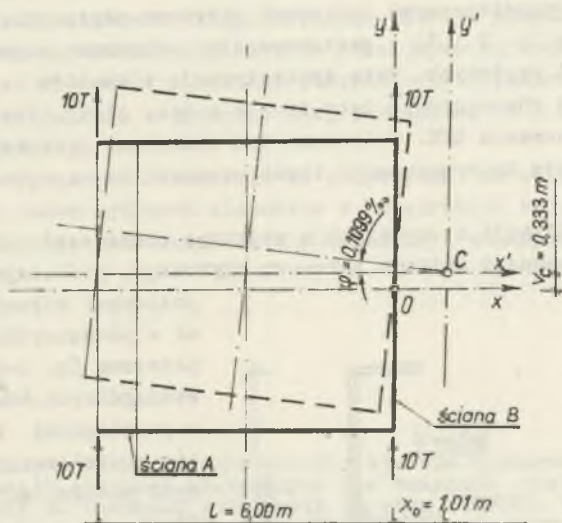
$$R''_s = \frac{M_s}{\varphi''} = \frac{240}{0,0000817} = 2,9376 \cdot 10^6 \text{ Tm/rad}.$$

Tak duży wzrost sztywności skrętnej układu zamkniętego w porównaniu z otwartym, w którym brak jest jednej tylko ściany bocznej, wykorzystywany jest w zaleceniach konstrukcyjnych [11].

Wyznaczona w oparciu o przemieszczenia tarczy stropowej w wariacie I oś skręćania jest oddalona o  $x_0 = 1,01 \text{ m}$  od płaszczyzny ściany poprzecz-



nej prostopadłej do osi  $x$ , tj. od ściany B w kierunku na zewnątrz układu (rys. 4).



Rys. 4. Rzut poziomy tarczy stropowej z pominięciem jej odkształceń - wariant I, przypadek 2

## 6. Zginanie ze skręcaniem

Ustrój skrzyniowy w wariantie I poddany został w drugim przypadku obciążenia działaniu sił równoległych do osi  $y$ . Doznał on wówczas, oprócz skręcenia - obrotu tarczy stropowej, także jej translacji. Celem wyodrębnienia tych dwóch składowych przemieszczenia określono z zależności (9) kąt skręcenia przy wyznaczonej (p. 5) sztywności skrętnej układu  $R_s$  i odciętej  $x_0$  osi skręcania, a następnie przesunięcia  $v$  punktu C (rys. 4) w kierunku osi  $y$ . Uzyskano wartość  $v = 333 \cdot 10^{-6}$  m. Obliczona na podstawie (7) wielkość przesunięcia wynosiła

$$v_C = \frac{W}{R_s} = \frac{40,0}{11,628 \cdot 10^4} = 344 \cdot 10^{-6} \text{ m.}$$

Wartość  $v_C$  różni się od wartości  $v$  zaledwie o 3,3%. Wykazano tym samym słuszność postawionej we wstępie tezy o możliwości traktowania ściany skrzyni jako oddzielnych, pod warunkiem uwzględnienia odpowiedniej szerokości pasm współpracujących z nimi ścian przyległych.

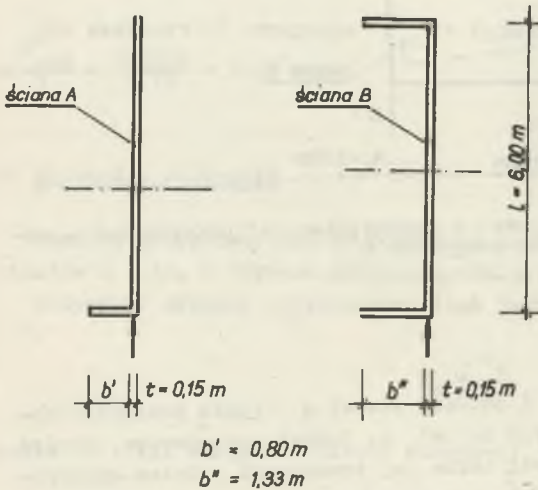
## 7. Wnioski

7.1. Żelbetowe skrzynie fundamentowe utworzone przez ściany i strop budynku, będące przestrzennymi ustrojami tarczowo-pływowymi, rozwiązano w referowanej pracy (p. 2 i 3) z zastosowaniem odwzorowujących je przestrzennych modeli prętowych. Taka dyskretyzacja elementów powierzchniowych, pracujących równocześnie jako tarcze i jako płyty, okazuje się efektywną przy zastosowaniu ETO. Obliczone tym sposobem przemieszczenia stawić mogą podstawę do wyznaczenia towarzyszących im naprężeń.

7.2. Dla weryfikacji stosowanych w praktyce uproszczeń obliczeń statycznych przestrzennego ustroju tarczowo-pływowego, poddanego obciążeniom

poziomymi siłami działającymi w płaszczyźnie stropu, rozpatrzono (p. 4-6) pracę poszczególnych ścian jako tarcz z przyległymi i monolitycznie z nimi związanymi pionowymi pasmami ścian prostopadłych.

Z warunku jednakowych zastępczych sztywności postaciowych (przesuwu górnych krawędzi ścian) w rzeczywistym ich układzie skrzyniowym i wyodrębnionych ścian - tarcz z przyległymi do nich pasmami ścian poprzecznych, wyznaczono szerokości odnośnych pasm. W rozpatrywanych wariantach A i B ścian (jak na rys. 5), każdej o grubości  $t = 0,15$  m, wysokości i



Rys. 5. Proponowane pasma współpracujące dla ścian o wysokości 6,00 m

szerokości  $l = 6,00$  m określono szerokości pasm współpracujących:

$$b' = 0,80 \text{ m} = 0,133 \cdot l = 5,33 \cdot t,$$

$$b'' = 1,33 \text{ m} = 0,22 \cdot l = 8,86 \cdot t.$$

7.3. W przypadku, gdy obciążenie poziome działające równoległe do rozpatrywanej ściany - tarczy (wariant I. rys. 3 i 4) wywołuje oprócz zginania także jej skręcanie, można każdy z tych wpływów traktować oddzielnie. Postuluje się przy tym (p. 6) przyjmowanie osi skręcania w odległości  $x_0$  od danej ściany, określonej dla obciążenia wyłącznie momentem skręcającym. Przy takich przyjęciach wykazano odchyłki uzyskanych wyników rzędu

3% w porównaniu z wynikami ściślejszych obliczeń przestrzennego ustroju prętowego na EMC.

7.4. Znajomość sztywności rozpatrywanego ustroju przestrzennego - skrzyni fundamentowej - jest nieodzowna przy rozwiązywaniu szeregu zadań dynamiki budowli jak również dla analizy statyczno-wytrzymałościowej budynków posadowionych na podłożu o zróżnicowanej podatności a w szczególności na terenach górniczych.

Przedłożone opracowanie stanowić ma przyczynek do obliczeniowego ujęcia współpracy poszczególnych elementów w konstrukcji budynków. Postawione zadanie wymaga jeszcze badań doświadczalnych i dalszych rozważań teoretycznych.

#### LITERATURA

- [1] Borowiec Z., Król A., Winczewski J.: Studium w zakresie kompleksowej automatyzacji obliczeń statycznych dla budynków wielkopłytowych posadowionych na terenach górniczych (system KONBUW). Etap I: Przegląd najnowszych prac naukowo-badawczych, algorytmów i programów oraz wybór metody obliczeń, Główny Biuro Studiów i Projektów Górniczych, Katowice, III 1974.
- [2] Borowiec Z., Gawrońska E., Król A.: Obliczanie krępych ram przestrzennych posadowionych na terenach górniczych. Wytyczne i przykłady obliczania układów przestrzennych wg programu BUD-60 na EMC ODRA 1204, Główny Biuro Studiów i Projektów Górniczych, Katowice, XII, 1973.
- [3] Borowiec Z., Król A.: Badania numeryczne układów przestrzennych złożonych z elementów tarczowych i płytowo-tarczowych, Główny Biuro Studiów i Projektów Górniczych, Katowice, VI, 1974.
- [4] Absi E.: La théorie des équivalences et son application a l'étude des ouvrages d'art. Annales de l'ITBTP, nr 298, X, 1972 (The theory of equivalences and its application in structural engineering design. Annales de l'ITBTP, Nr 325, II, 1975).
- [5] Zienkiewicz O.C.: Metoda elementów skończonych. Arkady, Warszawa 1972.
- [6] Mc Cormick C.W.: Plane Stress Analysis. Journal of the Struc. Div., Proc. of the ASCE, Vol. 89, Nr ST 4, VIII, 1963.
- [7] Założenia do programu na EMC "Obliczanie budynków mieszkalnych na wpływy eksploatacji górniczej". Praca zbiorowa pod kier. prof. dr hab. inż. F. Andermanna, Politechnika Śl. Gliwice, 1972.
- [8] Andermann F.: Obliczanie sześciennego ustroju skrzyniowego, obciążonego w płaszczyznach ścian, Archiwum Inżynierii Lądowej 1/1971.
- [9] Kącowski Z., Stolarski M., Witkowska Z.: Analiza statyczna współpracy ścian w budynkach wysokich, Konferencja KI PAN i KN PZiTb, Warszawa-Krynica 1973.
- [10] Liszak W.I.: Rasczot niesuszczich stien beskarkasnych zdaniy powyżsennoj etażnosti kak sostawnoj prostranstwiennoj płastinaczatoj si-stiemy. W zbiorze "Rabota konstrukcij žylych zdaniy iz krupnorazmiernych elementow" pod red. G.A. Szapiro. Izd. Lit. po Stroitel'stwu, Moskwa 1971.

- [1] Lewicki B.: Budynki mieszkalne z elementów wielkowymiarowych, Arkady, Warszawa 1964.
- [2] Szmelter J., Dacka M., Pyrak S.: Analiza statyczna przestrzennych układów prętowych metodą elementów skończonych, Inż. i Bud. 7/1972.
- [3] Kozłowski Z., Samborski J.: Obliczenia statyczne na EMC układów o dużej liczbie prętów. III Krajowa Konferencja Zastos. Informatyki w Zarządzaniu i Plan. w Przeds. Bud., Krynica X, 1972.
- [4] Kociatkiewicz K., Krzyszewski H., Wadecka G.: Przegląd programów dla EMC z zakresu projektowania budowlanego, Arkady, Warszawa 1974.

О СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ ОРТОГОНАЛЬНЫХ СТЕН  
СООРУЖЕНИИ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА  
НЕКОТОРЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МОДЕЛЕЙ

Р е з ю м е

На примере двух монолитных перпендикулярных систем представлен метод дискретизации дисков и плит с помощью стержневых систем. Полученные пространственные модели рассматривались для характерных случаев нагрузок с использованием электронной вычислительной машины. Для стен, работающих прежде всего как диски, была определена ширина совместно работающих полос поперечных стен.

Для нагрузки, вызывающей изгиб и кручение, подан другой способ трактовки этих воздействий.

ON THE COOPERATION OF ORTHOGONAL WALLS IN BUILDING  
STRUCTURES ON THE BASIS OF COMPUTER-AIDED ANALYSIS  
OF SOME THREE-DIMENSIONAL MODELS

S u m m a r y

In the paper a method of discretization of shields and slabs by a bar system has been presented by the example of two monolithic box structures. For the three-dimensional bar models under characteristic loads a computer-aided analysis has been carried out.

For the walls mainly subjected to load in their plains the widths of cooperating strips of orthogonal walls have been determined. For loads causing bending and torsion a method of separate treatment of those two influences has been presented.