

NOŚNOŚĆ PRZESEŁ SKRZYNKOWYCH W ŚWIETLE BADAŃ MODELÓWYCH

ZBIGNIEW MAŃKO I KRZYSZTOF KLUK (WROCLAW)

Przedstawiono wyniki badań doświadczalnych, mających na celu określenie nośności granicznych oraz form utraty stateczności w przęsłach skrzynekowych. Badania przeprowadzono na 12 modelach takich przeseł, wykonanych z blach mosiężnych dla 4 schematów obciążeń.

1. WSTĘP

Stateczność i nośność konstrukcji cienkościennych jest obecnie zagadnieniem szeroko badanym w świecie w związku z licznymi awariami, zwłaszcza stalowych przeseł mostów skrzynekowych [1, 2, 3 i 4]. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące zachowania się modeli przeseł skrzynekowych pod działaniem obciążeń niszczących. Celem badań było określenie nośności granicznych takich przeseł i pomostu oraz charakteru utraty lokalnej stateczności w tego typu ustrojach [5 i 6].

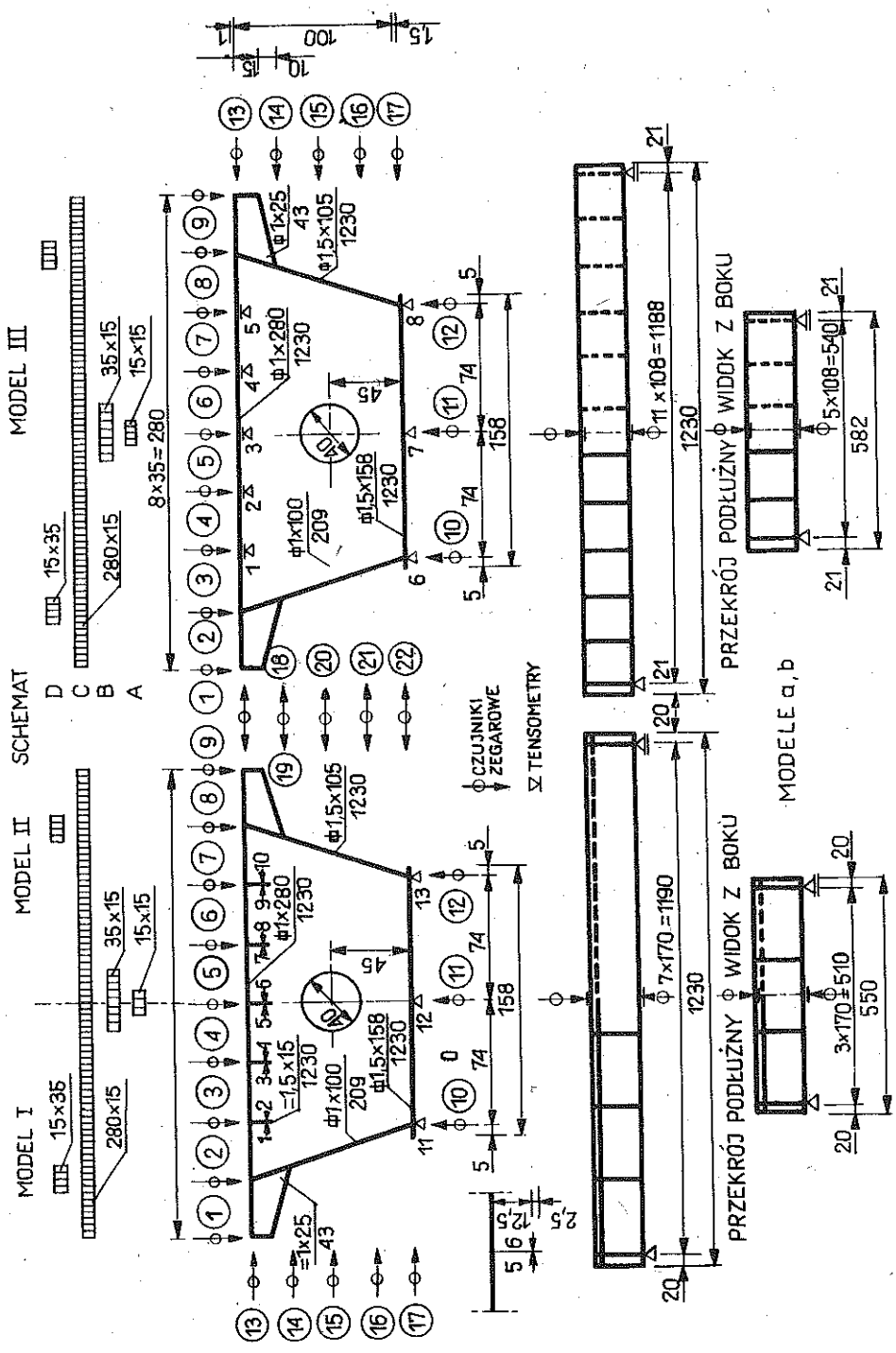
2. OPIS MODELI I BADAŃ

Wszystkie modele wykonane zostały jako jednoprzęsłowe, wolnopodparte z blachy mosiężnej M63 o zróżnicowanej grubości dla poszczególnych elementów przeseł. Elementy te połączone zostały w całość za pomocą lutowania cyną.

Przekroje poprzeczne i podłużne modeli wraz z ich szczegółowymi wymiarami przedstawiono na rys. 1. Wyróżniono trzy podstawowe typy modeli. Model I stanowił przęsło skrzynekowe z pomostem w postaci płyty ortotropowej i był usztywniony przeponami.

Model II różnił się od modelu I brakiem przepon pośrednich, natomiast w modelu III pomost wykonany został w postaci płyty izotropowej z zagęszczonymi przeponami w stosunku do modelu I.

Ogółem przebadano 12 modeli dla 4 schematów obciążeń przedstawionych na rys. 1. przy czym wykonano dwa modele I (I1, I2), trzy modele II (II1, II2, II3) oraz jeden model III (III1). Po wykonaniu na modelach I i III pełnych badań doświadczalnych aż do zniszczenia i wycięciu z nich przedziału uszkodzonego między dwoma przeponami powstało sześć dodatkowych modeli o mniejszych rozpiętościach teoretycznych.



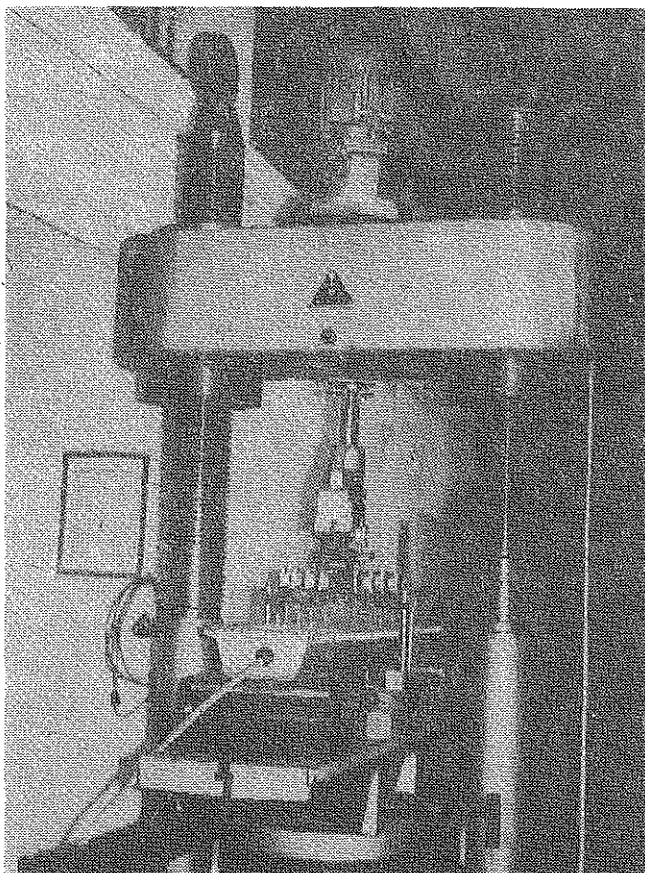
Rys. 1

W badaniach zastosowano trzy niezależne od siebie układy pomiarowe:

1. Układ służący do rejestrowania i kontroli realizowanych obciążeń.
2. Układ przeznaczony do pomiaru odkształceń jednostkowych, pozwalających określić wielkości naprężeń normalnych w wybranych punktach wszystkich żeber podłużnych oraz w płytach dolnej i górnej.
3. Układ służący do pomiaru przemieszczeń pionowych i poziomych w żebrach podłużnych, wybranych punktów środników i pomostu oraz płyty dolnej.

Szczegółowy układ czujników zegarowych oraz tensometrycznych dla poszczególnych modeli pokazano na rys. 1, a widok ogólny stanowiska badawczego na rys. 2.

Modele poddawane były wzrastającym monotonicznie obciążeniom co 250 N aż o siły niszczącej. Za siłę niszczącą przyjmowano wielkość obciążenia, przy którym następowały plastyczne odkształcenia pomostu lub środników, towarzyszące lokalnej utracie stateczności tych elementów. Niekiedy przy dużych deformacjach występował rozdział materiału, np. przebicie blachy lub pęknięcie spoin.



Rys. 2

3. WYNIKI BADAŃ

Poniżej przedstawiono niektóre wyniki badań, uzyskane z pomiarów w połowie rozpiętości przęseł. Końcowe wielkości przemieszczeń przekroju poprzecznego przy sile niszczącej dla trzech typów i różnych schematów obciążeń przedstawiono na rys. 3. Jednocześnie na rys. 4 przedstawiono wykresy zależności między siłą (P), a przemieszczeniem pionowym (w) wybranego, charakterystycznego punktu przekroju poprzecznego przęsła dla wszystkich modeli, w pełnym zakresie obciążeń co 1 kN, aż do zniszczenia. Punktami tymi były punkt 5 (żebro środkowe lub środek płyty) oraz punkt 8 (nad środkiem) w zależności od tego, który element przęsła uległ zniszczeniu.

Na rys. 4 podano również wykresy zależności $P = P(\varepsilon)$ punktu 5 dla wybranych modeli. Poza tym na rys. 5 przedstawiono końcowe wykresy postaci form wyboczenia lokalnego dla wszystkich modeli i schematów obciążeń po ich odciążeniu.

Na rys. 6 przedstawiono widok przebiccia pomostu modelu I2a dla obciążenia według schematu A. Na rys. 7 pokazano antysymetryczną postać odkształcenia plastycznego pomostu w modelu I2b od obciążenia według schematu B.

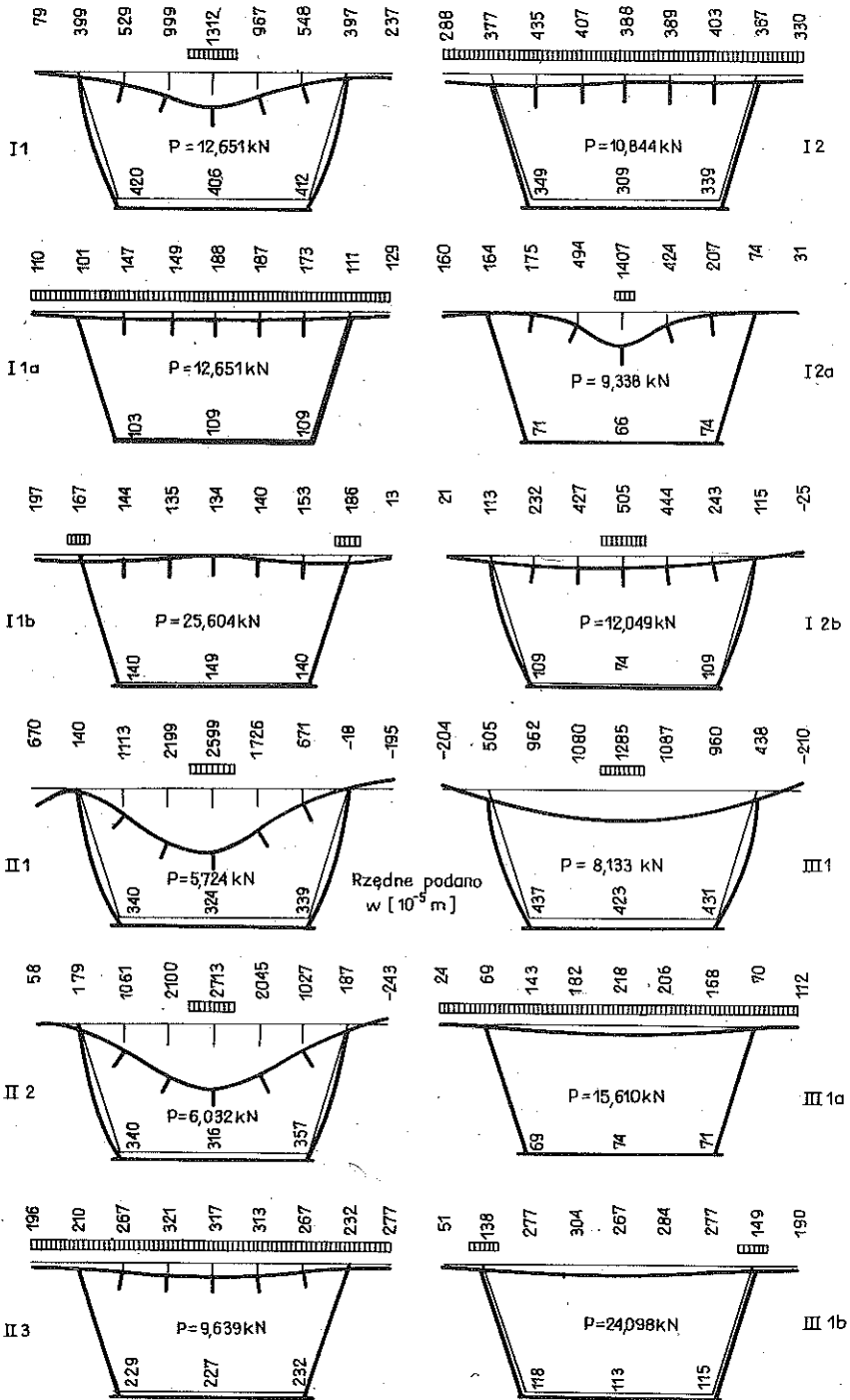
Na rys. 8 przedstawiono widok odkształconego pomostu i środniczka w modelu III1 od obciążenia według schematu B.

4. ANALIZA WYNIKÓW

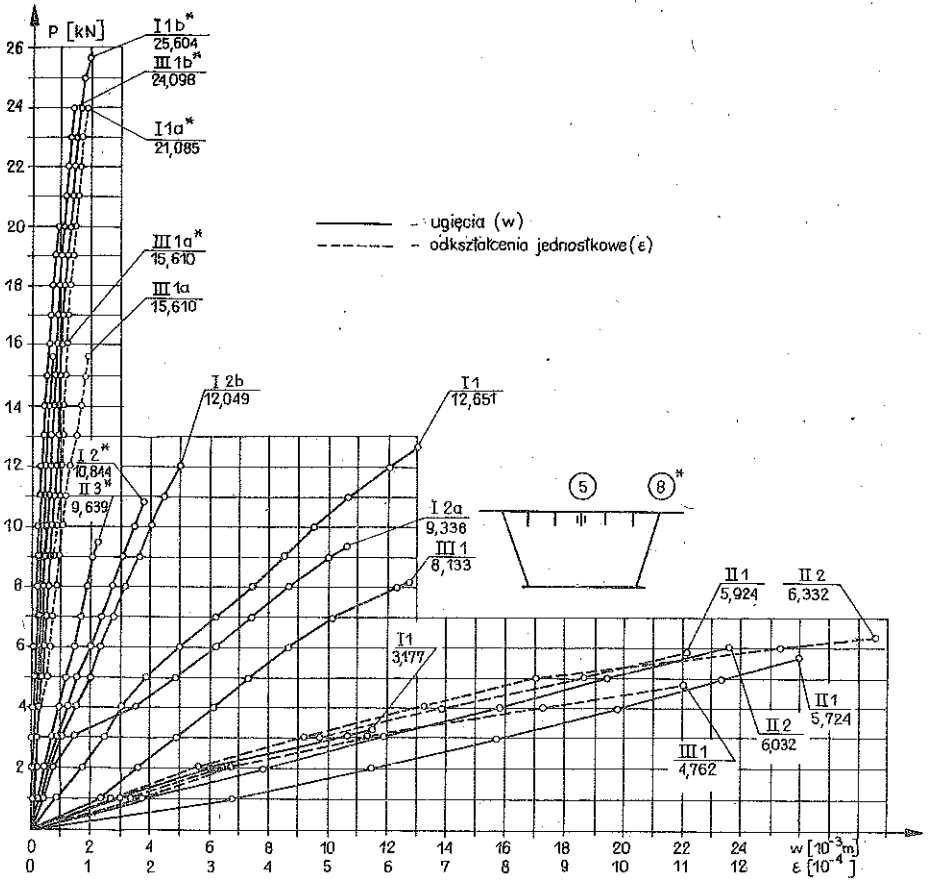
Stwierdzono, że w zależności od rodzaju płyty górnej (izo-ortotropowej) oraz sposobu usztywnień (przepony lub ich brak) zakres odkształceń płyty przenoszącej obciążenia jest różny.

W przęsłach z płytą ortotropową i przeponami (model I) w widoczny sposób współpracują na długości przęsła tylko trzy sekcje między przeponami w przypadku lokalnych obciążeń pionowych, natomiast w przęsłach bez przepon (model II) współpraca zachodzi na całej długości przęsła, lecz powstają znacznie większe przemieszczenia pomostu (rys. 4). W przęsłach z płytą izotropową (model III) blacha pomostowa współpracuje na całej długości przęsła, przy czym stosunkowo duże ugięcia powstają między przeponami w sekcji bezpośrednio obciążonej. W modelach II i III współpraca przekroju poprzecznego zachodzi na całej szerokości pomostu między środkami, nawet przy wąskich obciążeniach (schematy A i B, rys. 3 i 8) z tym zastrzeżeniem, że ugięcia w modelu III są większe.

Utrata nośności przęseł następuje z powodu lokalnego wyboczenia elementów pomostu (żebra) oraz środkików w zależności od schematu obciążenia. W przypadku obciążeń według schematów A i B utrata stateczności następuje na skutek wyboczenia żebra środkowego lub przebiccia pomostu (schemat A—model I2a, rys. 5 i 6), według zaś schematów C i D przez



Rys. 3

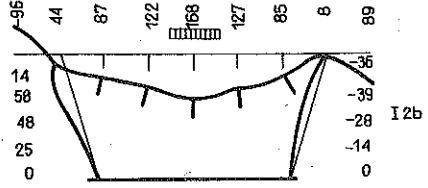
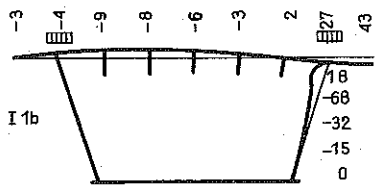
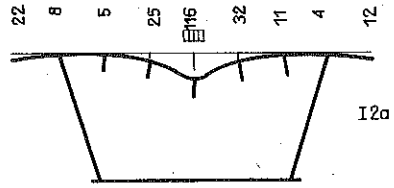
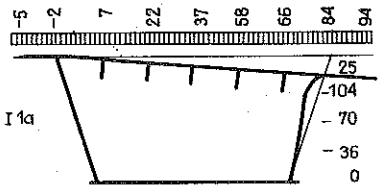
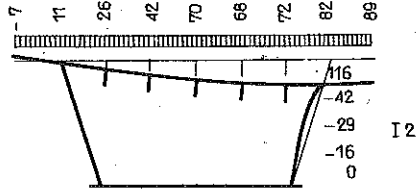
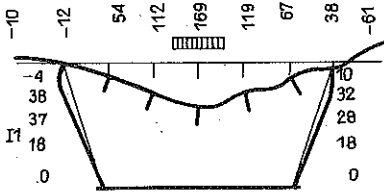


Rys. 4

wyobczenie środników, co doprowadza do pęknięcia spoin łączących środniki z płytą pomostową. Jedynie w modelu II przy obciążeniu według schematu B nastąpiło wyobczenie środnika przy jednoczesnym stosunkowo dużym ugięciu żebier bezpośrednio obciążonych. W tym przypadku, przy wzroście obciążenia, następuje zamykanie przekroju poprzecznego (zmniejszenie odległości między środnikami u góry przęsła), spowodowane brakiem przepon pośrednich. Należy również dodać, że obciążenia według schematów A i B powodują wyobczenia środników na zewnątrz przęsła w sposób symetryczny z wyjątkiem modelu I2b (rys. 5); natomiast według C i D do wewnątrz przęsła. Niesymetryczna utrata stateczności środników wynikać mogła z mimośrodkowego ustawienia obciążenia lub niedokładności wykonania modeli.

Wykresy funkcji $P = P(w)$ i $P = P(\epsilon)$ dla wszystkich modeli mają charakter liniowy. Jedynie w modelu I2a od obciążenia według schematu A nastąpiła zmiana pochylenia wykresu. Przypuszcza się, że spowodowane to zostało przedwczesnym uszkodzeniem żebra środkowego (rys. 4). Największe

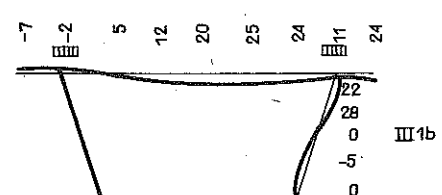
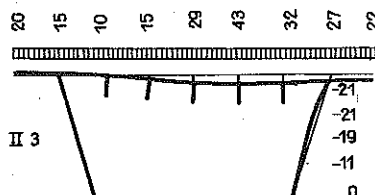
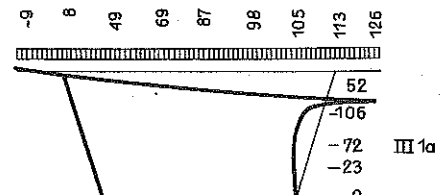
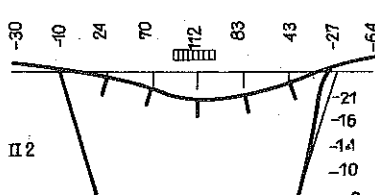
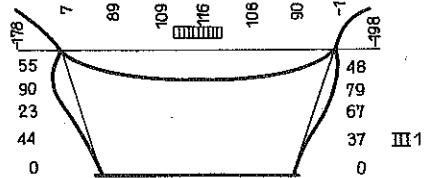
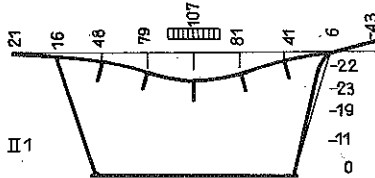
MODEL I



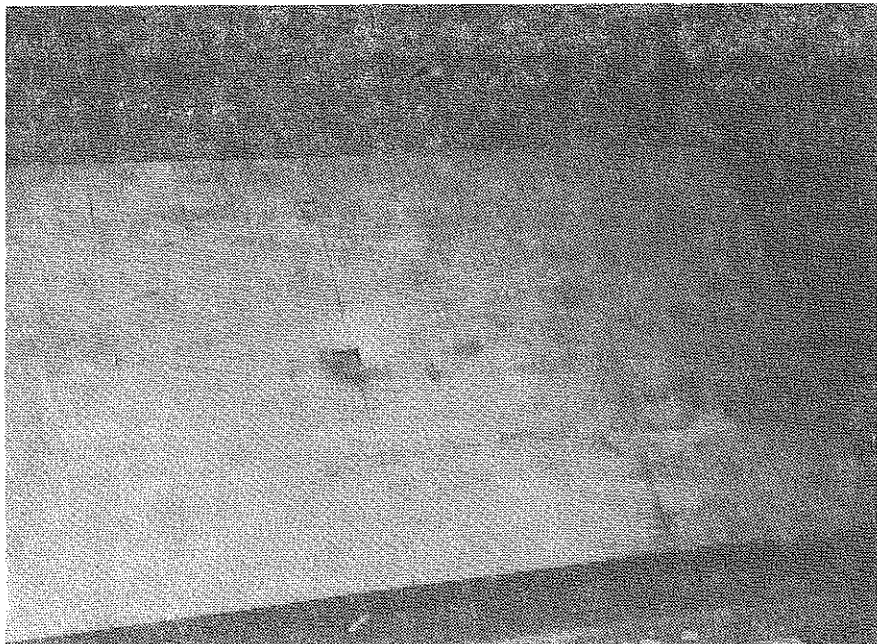
MODEL II Współrzędne w

[10⁻⁴ m]

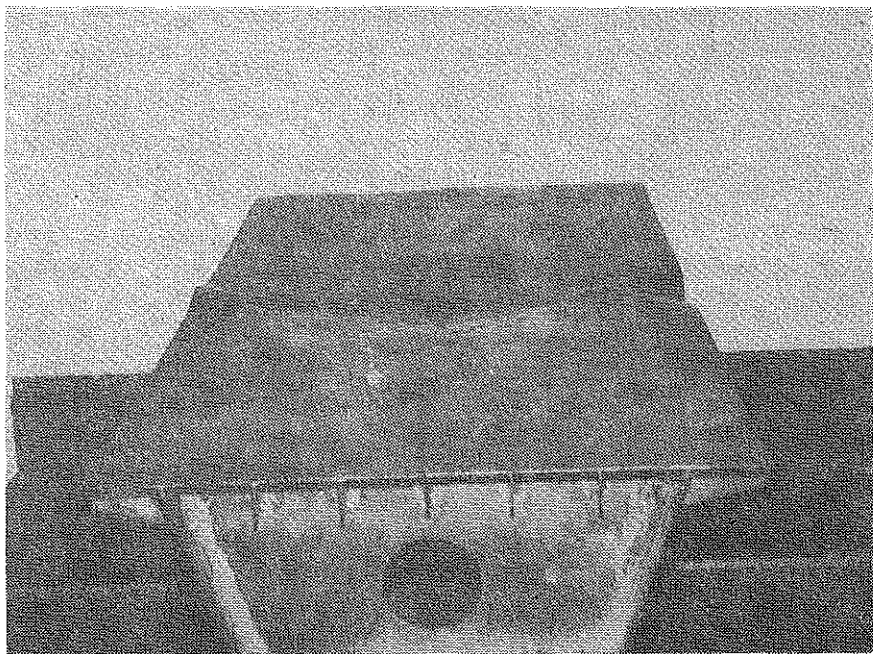
MODEL III



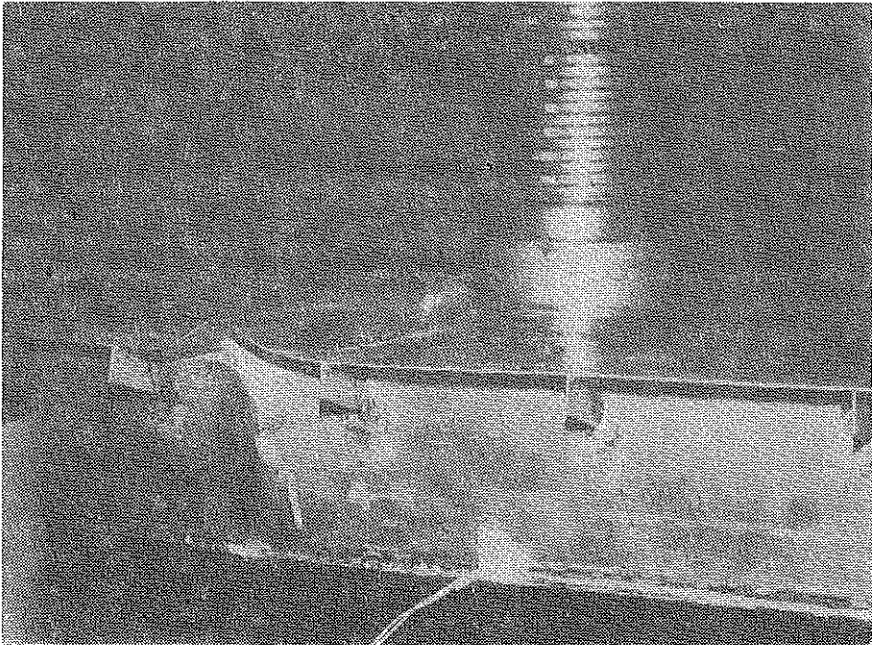
Rys. 5



Rys. 6



Rys. 7



Rys. 8

nośności osiągają modele, w których obciążenia przekazywane są bezpośrednio na środniki (schemat *D*, modele I1b i III1b) oraz przy obciążeniu pomostu pasmem niezależnie od rodzaju pomostu, przy czym są one wyższe w modelach z płytą ortotropową. Jednocześnie modele o mniejszych rozpiętościach osiągają zbliżone nośności w stosunku do modeli o większych rozpiętościach dla tego samego schematu obciążenia (modele I1 i I2b), przy czym ugięcia tych pierwszych są mniejsze.

Ponadto dla tych samych schematów obciążeń ugięcia modeli z płytą izo- i ortotropową są zbliżone do siebie (I1 i III1). Modele bez przepon (III1 i II2) w stosunku do modeli z przeponami (I1 i I2, rys. 4) osiągają przy obciążeniu według schematu *B* nośności około dwukrotnie mniejsze. Dla tego schematu obciążenia przeprowadzono badania na dwóch modelach uzyskując dużą zgodność wyników (rys. 3). Równocześnie nośność tego modelu jest zbliżona do modelu z przeponami (model I2) dla obciążenia według schematu *C*.

5. WNIOSKI KOŃCOWE

W wyniku przeprowadzonych badań modeli pręseł skrzynekowych stwierdzono zależności pomiędzy schematem obciążenia a lokalną formą utraty stateczności.

Na nośność takich przeszł decydujący wpływ ma sztywność pomostu oraz charakter obciążenia i jest ona wyższa dla modeli z płytą ortotropową oraz dla obciążeń według schematów C i D.

W tego typu konstrukcjach istotnego znaczenia nabiera rodzaj płyty pomostowej oraz rozmieszczenie na długości przeszł takich elementów jak przepony, żeberka wspornikowe, usztywnienia środków itp. Przeprowadzone badania stanowiły pierwszy etap pracy nad tymi zagadnieniami, a w przyszłości będą wykonane na przeszłach stalowych w dużej skali.

LITERATURA CYTOWANA W TEKŚCIE

1. *Materialy Konferencyjne z X Międzynarodowego Kongresu Stowarzyszenia Mostów i Konstrukcji Inżynierskich IABSE*, Japonia, Tokio 6-11.09.1976.
2. *Materialy Konferencyjne z Międzynarodowego Sympozjum Konstrukcji Stalowych*, International Symposium for Steel Structures, Symposium — 1978. IABSE, Moskwa 6-7.09.1978.
3. Ch. MASSONNET, *Progress in design of steel plate and box girders*, Final Report, Tenth Congress IABSE, Tokyo 6-11, 459-486, Sept. 1976.
4. Ch. MASSONNET, G. DEPREZ, R. MAQUOI, R. MÜLER, G. FONDER, *Calcul des structures sur orlinsieur, Tome I, Analyse materielle des structures*, Paris 1972.
5. K. KLÖPPEL, R. SCHMIED, J. SCHUBERT, *Die Traglast mittig und aussermittig gedrückter dünnwandiger Kastenträger unter Verwendung der nichtlinearen Beultheorie*, Der Stahlbau, 35, H 11, 321-337, 1966.
6. *Steel box girders bridges*, Proceedings of the International Conference organised by the Institution of Civil Engineers, London 13-14, Feb. 1973. Published by the Institution of Civil Engineers, London.

РЕЗЮМЕ

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ЯЩИЧНЫХ ПРОЛЕТОВ В СВЕТЕ МОДЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Представлены результаты экспериментальных исследований, имеющих целью определение предельных несущих способностей и форм потери устойчивости в ящичных пролетах. Исследования проведены на 12 моделях таких пролётов, изготовленных из листовой латуни для 4 схем нагружений.

SUMMARY

LOAD CARRYING CAPACITY OF BOX GIRDERS IN THE LIGHT OF MODEL TESTING

This paper presents the results of experiment investigations aimed at determining the load carrying capacity and the forms of the loss of stability of box girders. These investigations were carried out for 12 models made of brass and for 4 types of loads.

POLITECHNIKA WROCLAWSKA
INSTYTUT INŻYNIERII ŁADOWEJ

Praca została złożona w Redakcji dnia 25 lutego 1981 r.