

STATYCZNIE DOPUSZCZALNE POLA MOMENTÓW PLASTYCZNYCH DLA PŁYT

WITOLD GUTKOWSKI I WOJCIECH SZCZEPIŃSKI (WARSZAWA)

1. WSTĘP

Wyznaczanie nośności granicznej płyt o złożonych kształtach w planie, np. płyt z otworami lub płyt o nieciągłych warunkach brzegowych, związane jest z wielkimi trudnościami. W szczególności trudne jest otrzymanie rozwiązań kompletnych, spełniających wszystkie warunki statyczne i kinematyczne. W takich przypadkach nie znając ścisłej wartości nośności można próbować oszacować ją za pomocą zasad ekstremalnych teorii plastyczności. Poniżej przedstawiono sposób wyznaczania dolnej oceny nośności płyt o stałej grubości, ale skomplikowanym kształcie, za pomocą nieciągłych, statycznie dopuszczalnych, granicznych pól momentów. Wprawdzie pola te można zastosować tylko do płyt znajdujących się w stanie czystego zginania, niemniej jednak płyty te mogą mieć bardzo złożone kształty w planie. Ważnym zastosowaniem pól momentów może być wyznaczanie optymalnych kształtów płyty, a w szczególności najkorzystniejszego rozstawienia otworów w płytach perforowanych. Przedstawione rozważania dotyczą zarówno płyt o przekroju pełnym jak i płyt sandwichowych.

Rozpatrywane w pracy płyty znajdują się w stanie czystego zginania, przez co rozumiemy, że w żadnym miejscu nie występują siły poprzeczne i siły podłużne (membranowe). Stan taki występuje w przypadku obciążenia płyty na jej krawędziach rozłożonymi w sposób ciągły momentami zginającymi i skręcającymi. Omawiane pola momentów wewnętrznych w płycie składają się z obszarów jednorodnego stanu zginania, przedzielonych liniami nieciągłości momentów.

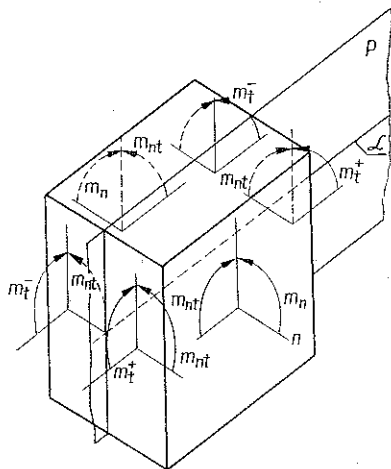
2. LINIE NIECIĄGŁOŚCI MOMENTÓW

Niech P będzie powierzchnią walcową o tworzącej prostopadłej do płaszczyzny środkowej płyty, oddzielającą dwa obszary, w których istnieją różne stany momentów⁽¹⁾ (rys. 1). Linie \mathcal{L} przecięcia powierzchni środkowej płyty z powierzchnią P

⁽¹⁾ Jedyne na rys. 1 momenty pokazano na przestrzennym schemacie. Na dalszych rysunkach momenty zostały zaznaczone wektorowo. Nie ma przy tym możliwości pomyłki z wektorami sił, ponieważ te ostatnie w rozpatrywanych przypadkach są tożsamościowo równe zeru w całym badanym obszarze płyty.

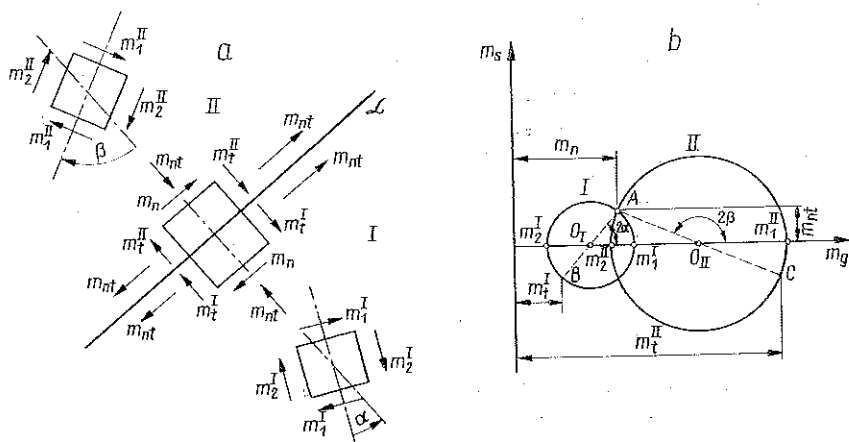
będziemy nazywali linią nieciągłości momentów. Na liniach nieciągłości występują przeskoki momentów. Ta nieciągłość nie może być jednak dowolna, gdyż nie może naruszać warunków równowagi.

Rozpatrzmy równowagę małego elementu, przez który przechodzi powierzchnia nieciągłości P . Z rozważań stanu równowagi w kierunku normalnym do P wynika, że moment zginający m_n na ścianie równoległej do P musi być ciągły. Również momenty skręcające m_{nt} po obu stronach powierzchni nieciągłości muszą mieć tę samą wartość, co wynika z warunku równowagi momentów względem normalnej n do P . Jednakże łatwo zauważyć, że element pozostanie w równowadze, jeżeli momenty zginające m_t , działające na ściankach prostopadłych do P , będą miały różne wartości po obu stronach powierzchni nieciągłości.



Rys. 1

momenty zginające m_t są nieciągłe, natomiast momenty zginające m_n i skręcające m_{nt} pozostają ciągłe.



Rys. 2

Duże znaczenie praktyczne mają prostoliniowe linie nieciągłości rozdzielające obszary, w których panują jednorodne stany momentów. Dalej będziemy zajmować się głównie tego rodzaju liniami nieciągłości.

Niech w jednym z dwu obszarów przedzielonych linią nieciągłości, oznaczonym jako obszar I (rys. 2a), stan momentów będzie określony przez momenty główne m_1^I i m_2^I , przy założeniu $m_1^I > m_2^I$. Normalna do kierunku działania większego momentu głównego m_1^I tworzy z normalną do linii nieciągłości kąt α . W drugim obszarze II występują momenty główne m_1^{II} i m_2^{II} ($m_1^{II} > m_2^{II}$), a normalna do kierunku działania większego momentu głównego m_1^{II} tworzy z normalną do linii nieciągłości kąt β . Stan momentów w obu obszarach można odwzorować na płaszczyźnie Mohra odpowiednio przez koła I i II (rys. 2b). Wielkości momentów m_n i m_{nt} w przekroju równoległym do linii nieciągłości odwzorowuje punkt A , w którym przecinają się oba koła. Obydwa momenty są zatem jednakowe po obu stronach linii nieciągłości, jak tego wymagają warunki równowagi. Momenty m_t po obu stronach linii nieciągłości w przekrojach do niej prostopadłych są odwzorowane odpowiednio przez punkty B i C . Z rys. 2b bezpośrednio wynikają związki

$$(2.1) \quad \begin{aligned} m_1^I \cos^2 \alpha + m_2^I \sin^2 \alpha &= m_1^{II} \cos^2 \beta + m_2^{II} \sin^2 \beta, \\ (m_1^I - m_2^I) \sin \alpha \cos \alpha &= (m_1^{II} - m_2^{II}) \sin \beta \cos \beta, \end{aligned}$$

które muszą być spełnione, aby nieciągłość momentów na linii \mathcal{L} była statycznie dopuszczalna.

3. WŁASNOŚCI LINII NIECIĄGŁOŚCI W GRANICZNYCH, STATYCZNIE DOPUSZCZALNYCH POLACH MOMENTÓW

Pole momentów będziemy nazywali statycznie dopuszczalnym, jeżeli: a) w każdym jego punkcie będą spełnione warunki równowagi, a gdy w polu występują linie nieciągłości momentów, to wzdłuż nich muszą być spełnione warunki (2.1); b) spełnia ono rzeczywiste warunki brzegowe na krawędziach swobodnych i krawędziach obciążonych momentami zewnętrznymi; c) w żadnym jego punkcie nie jest przekroczony warunek plastyczności. Jeśli przy tym przyjmiemy warunek plastyczności Treski, muszą być spełnione nierówności:

$$(3.1) \quad \begin{aligned} m_1 - m_2 &\leq m_{pl} \quad \text{dla} \quad m_1, m_2 \leq 0; \\ |m_1| &\leq m_{pl} \quad \text{albo} \quad |m_2| \leq m_{pl} \quad \text{dla} \quad m_1 m_2 > 0. \end{aligned}$$

Jeśli założymy warunek plastyczności Hubera-Misesa, to nierówność dla momentów głównych ma postać

$$(3.2) \quad m_1^2 - m_1 m_2 + m_2^2 \leq m_{pl}^2.$$

Występująca we wzorach (3.1) i (3.2) wielkość m_{pl} oznacza graniczną wartość momentu zginającego przy czystym walcowym zginaniu, przy czym

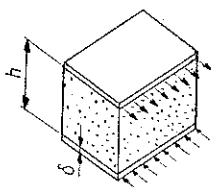
$$(3.3) \quad m_{pl} = \frac{\sigma_{pl} h^2}{4}$$

dla płyt o przekroju pełnym i

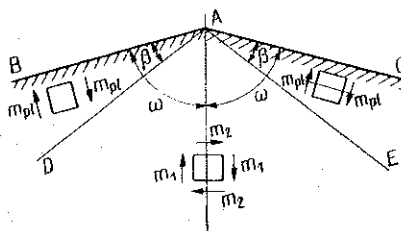
$$(3.4) \quad m_{pl} = \sigma_{pl} \delta h$$

dla płyt sandwiczowych (rys. 3), gdzie σ_{pl} oznacza granicę plastyczności materiału płyty.

Dla określonego typu pola momentów najlepszą, a więc najwyższą wartość dolnej oceny nośności otrzymamy zakładając, że pole to znajduje się w stanie granicznym. Stan taki otrzymujemy zakładając we wszystkich obszarach pola występo-



Rys. 3



Rys. 4

wanie stanu plastycznego, co oznacza, że we wzorach (3.1) lub (3.2) przyjmujemy znak równości. Wzajemne położenie linii nieciągłości w przypadkach stanów granicznych jest ściśle określone. Poniżej omówiono dwa najczęściej spotykane przypadki.

Zbadajmy najpierw bardzo ważny praktycznie przypadek schodzenia się dwóch linii nieciągłości w narożniku utworzonym przez dwie prostoliniowe, nie obciążone krawędzie AB i AC (rys. 4), tworzące kąt $2\omega < 180^\circ$. Linie nieciągłości AD i AE dzielą obszar naroża na trzy części. Jeżeli pole ma być w stanie granicznym, to wszystkie trzy jego części muszą być w stanie plastycznym. Należy określić kąt β , jaki tworzą linie nieciągłości ze swobodnymi krawędziami oraz stan momentów w wycinku DAE . Ze względu na konieczność spełnienia warunków brzegowych na krawędziach AB i AC w obu zewnętrznych polach BAD i CAE musi panować stan jednokierunkowego zginania momentami m_{pl} .

Na linii AE muszą być spełnione równości

$$(3.5) \quad \begin{aligned} m_1 \cos^2(\omega - \beta) + m_2 \sin^2(\omega - \beta) &= m_{pl} \sin^2 \beta, \\ (m_1 - m_2) \sin(\omega - \beta) \cos(\omega - \beta) &= m_{pl} \sin \beta \cos \beta, \end{aligned}$$

wynikające bezpośrednio z (2.1). Rozwiązując te równania względem m_1 i m_2 otrzymujemy formuły

$$(3.6) \quad m_1 = m_{pl} \frac{\sin \beta \sin \omega}{\cos(\omega - \beta)}, \quad m_2 = -m_{pl} \frac{\sin \beta \cos \omega}{\sin(\omega - \beta)}.$$

Poza równaniami równowagi (3.5) należy jeszcze spełnić dany warunek plastyczności.

Podamy najpierw rozwiązanie dla warunku plastyczności Hubera-Misesa. W przypadku tym momenty m_1 i m_2 muszą spełniać warunek

$$(3.7) \quad m_1^2 - m_1 m_2 + m_2^2 = m_{pl}^2.$$

Podstawiając wyrażenia (3.6) do warunku (3.7) otrzymujemy równanie

$$(3.8) \quad \frac{\sin^2 \omega}{\cos^2 (\omega - \beta)} + \frac{\cos^2 \omega}{\sin^2 (\omega - \beta)} + \frac{\sin 2\omega}{\sin 2(\omega - \beta)} - \frac{1}{\sin^2 \beta} = 0,$$

określające wartość kąta β dla danego kąta ω . Obliczone wartości β dla niektórych ω przedstawia tablica 1.

Tablica 1

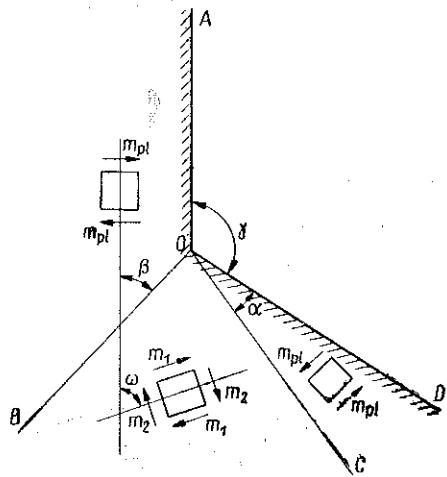
| | | | | | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ω | 30° | 33° | 36° | 39° | 42° | 45° | 48° | 51° |
| β | 15°30' | 27°09' | 18°50' | 20°34' | 22°19' | 24°06' | 25°55' | 27°46' |
| ω | 54° | 57° | 60° | 60° | 63° | 69° | 72° | 78° |
| β | 29°39' | 31°33' | 33°29' | 35°30' | 39°35' | 41°39' | 43°46' | 45°55' |

Jeżeli przyjmiemy warunek plastyczności Treski, to z podobnego rozumowania jak dla warunku Hubera otrzymamy $\beta = \omega/2$ oraz

$$(3.9) \quad m_1 = m_{pl}(1 - \cos \omega), \quad m_2 = -m_{pl} \cos \omega.$$

W przypadku $\omega > 90^\circ$ należy przyjąć $\beta = 90^\circ$ w obu warunkach plastyczności. W centralnym obszarze panuje izotropowe zginanie momentami $m_1 = m_2 = m_{pl}$.

Drugi ważny przypadek schodzenia się dwóch nieobciążonych krawędzi OA i OD przedstawia rys. 5. Z punktu O wychodzą dwie linie nieciągłości OB i OC , dzieląc cały obszar na trzy części, z których każda znajduje się w stanie plastycznym. Obszary AOB i DOC znajdują się w stanie jednokierunkowego zginania momentami równymi m_{pl} , ale w przeciwieństwie do przypadku z rys. 3 momenty mają w nich różne znaki.



Rys. 5

Zakładając warunek plastyczności Treski można bez trudności wyznaczyć kąty α i β dla danej wartości kąta γ z następujących zależności:

$$(3.10) \quad \cos 2\alpha + \cos 2\beta = 1, \quad \beta - \alpha = \frac{\gamma}{2} - \frac{\pi}{4},$$

a następnie określić stan naprężenia w środkowym obszarze BOC .

Dla warunku Hubera-Misesa ograniczymy się do podania rozwiązania dla szczególnej wartości $\gamma=90^\circ$. W obszarze BOC musi być spełniony warunek (3.7).

Warunki równowagi na linii nieciągłości OB mają postać

$$(3.11) \quad \begin{aligned} m_1 \cos^2(\omega - \beta) + m_2 \sin^2(\omega - \beta) &= m_{pl} \sin^2 \beta, \\ (m_1 - m_2) \sin(\omega - \beta) \cos(\omega - \beta) &= m_{pl} \sin \beta \cos \beta. \end{aligned}$$

Analogicznie na linii nieciągłości OC mamy

$$\begin{aligned} m_1 \sin^2(\omega - \alpha) + m_2 \cos^2(\omega - \alpha) &= -m_{pl} \sin^2 \alpha, \\ (m_1 - m_2) \sin(\omega - \alpha) \cos(\omega - \alpha) &= m_{pl} \sin \alpha \cos \alpha. \end{aligned}$$

Z układu tego otrzymujemy

$$(3.12) \quad m_1 = m_{pl}/\sqrt{3}, \quad m_2 = -m_{pl}/\sqrt{3}$$

oraz

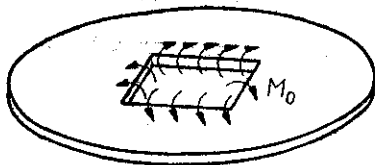
$$\beta = \alpha = 35^\circ 16', \quad \omega = 62^\circ 38'.$$

W ogólnym przypadku, gdy $\gamma \neq 90^\circ$ kąty α i β będą miały różne wartości. Rozwiązanie wymaga jednak kłopotliwych rachunków.

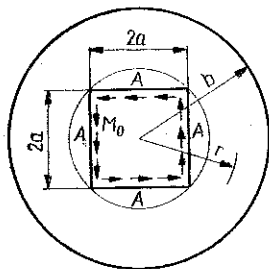
Jak wynika z powyższych rozważań, linie nieciągłości momentów mają te same właściwości, co linie nieciągłości naprężeń w płaskim stanie naprężenia. A zatem inne przypadki układu linii nieciągłości momentu mogą być uzyskane bezpośrednio przez przeniesienie z odpowiednich rozwiązań dla płaskiego stanu naprężenia [1, 2 i 3].

4. DOLNE OCENY NOŚNOŚCI PŁYT Z OTWORAMI

Jako pierwszy zbadamy przypadek płyty kołowej z kwadratowym centralnym otworem, na którego brzegach przyłożono obciążenie zewnętrzne w postaci rozłożonych równomiernie momentów zginających m_0 (rys. 6). Statycznie dopuszczalne



Rys. 6



Rys. 7

graniczne pole momentów, zbudowane dla warunku plastyczności Hubera-Misesa, przedstawia rys. 7. Składa się ono z pierścieniowego obszaru o promieniu zewnętrznym b i promieniu wewnętrznym $a\sqrt{2}$ oraz czterech jednakowych obszarów A w kształcie

wycinków koła, w których panuje izotropowe zginanie momentami $m_1 = m_2 = m_0$. Obszary te dzieli kołowa linia nieciągłości momentów o promieniu $a\sqrt{2}$. Jeżeli przyjąć warunek plastyczności Treski, to stan momentów w obszarze pierścieniowym jest określony przez momenty główne

$$(4.1) \quad m_r = m_{pl} \ln \frac{b}{r}, \quad m_t = m_{pl} \left(\ln \frac{b}{r} - 1 \right).$$

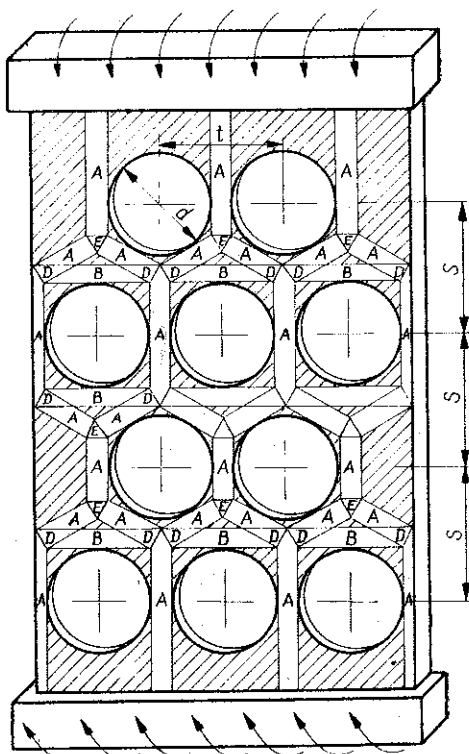
Dla zachowania równowagi na linii nieciągłości oraz równowagi wycinka koła musi być spełniony warunek

$$(4.2) \quad m_0 = m_{pl} \ln \frac{b}{a\sqrt{2}}.$$

Wielkość ta jest dolną oceną nośności płyty, w której $b/a\sqrt{2} \leq e$. Łatwo zauważyć, że ocena ta odnosi się do dowolnego kształtu otworu, jeżeli da się on wpisać w koło o promieniu $a\sqrt{2}$. Należy przy tym pamiętać, że dla różnych otworów zmienia się rzeczywistość, nieznaną nośność takiej płyty, a więc zmienia się i dokładność oszacowania.

Rysunek 8 przedstawia płytę z otworami, będącą przykładem bardziej skomplikowanego pola momentów. Na podstawie tego pola oszacowano przy danym stosunku t/d optymalny wymiar s rozstawienia rzędów otworów. Jeżeli odległość s między rzędami jest odpowiednio duża, to nośność płyty będzie taka sama jak w przypadku osłabienia tylko jednym rzędem trzech otworów. Zmniejszając tę odległość poniżej pewnej wielkości otrzymamy spadek nośności. Graniczną wartość s nazwiemy optymalną, gdyż daje ona największe zagęszczenie otworów bez obniżenia nośności całej płyty.

W zagadnieniu tym pole momentów zbudowano dla warunku Treski, ale bez trudności można otrzymać analogiczne pole dla warunku Hubera-Misesa. W proponowanym polu momentów wszystkie zakreskowane obszary są wolne od momentów. W obszarach A występuje stan jednokierunkowego zginania momentami równymi m_{pl} . W obszarach B panuje również jednokierunkowe zginanie momentami m_{pl} , ale o znaku przeciwnym niż w A . Obszary E poddane są izotropowemu zginaniu



Rys. 8

momentami m_{pl} . I wreszcie w obszarach D występuje stan czystego skręcania. Omawiane pole może być rozbudowane dla dowolnej liczby rzędów, dowolnej liczby otworów w rzędzie, jak i dla dowolnego stosunku t/d . Wynikająca z rozważań ocena wymiaru s wynosi

$$(4.3) \quad s = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) d + \frac{\sqrt{3}}{2} t.$$

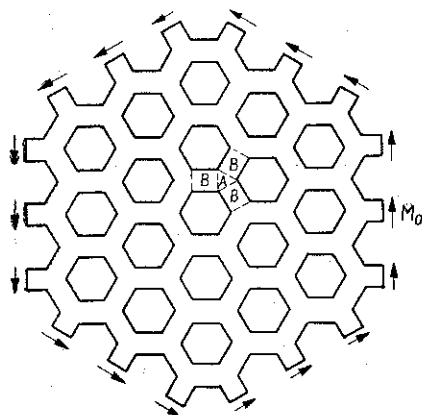
W przypadku przyjęcia warunku plastyczności Hubera-Misesa otrzymujemy z analogicznych pól

$$(4.4) \quad s = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3}{2}} - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) d + \frac{t}{\sqrt{2}}.$$

Można również zbudować statycznie dopuszczalne pola momentów dla perforowanych płyt w przypadku, gdy wymiar s jest dany. Pola te będą miały konfigurację identyczną z polami naprężeń dla rozciąganych pasm z otworami podanymi w pracach W. G. BRADY'EGO i D. C. DRUCKERA [4] oraz P. S. SYMONDSA [5]. Podobnie, wykorzystując znane rozwiązania dla płaskiego stanu naprężenia [6 i 7], można

przez analogię zbudować statycznie dopuszczalne pola momentów dla płyty kwadratowej z centralnym, kołowym otworem.

Na rys. 9 i 10 podano dwa przykłady optymalizacji płyt z otworami wielokątnymi. Do zewnętrznych brzegów tych płyt przyłożone zostały momenty zginające. Rozdzielmy myślowo omawiane płyty na dwa rodzaje obszarów A i B . W obszarach A panuje stan jednokierunkowego zginania. Nietrudno to wykazać rozpatrując statykę kolejnych elementów płyty, idąc od dowolnego miejsca na brzegu. Jeżeli więc moment w obszarze A osiągnie wartość momentu plastycznego m_{pl} , to cały

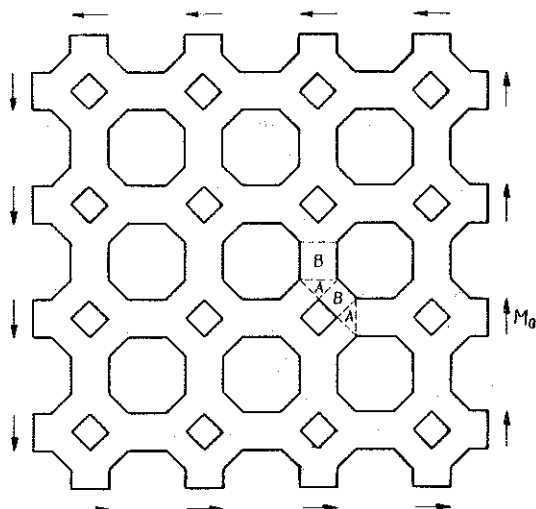


Rys. 9

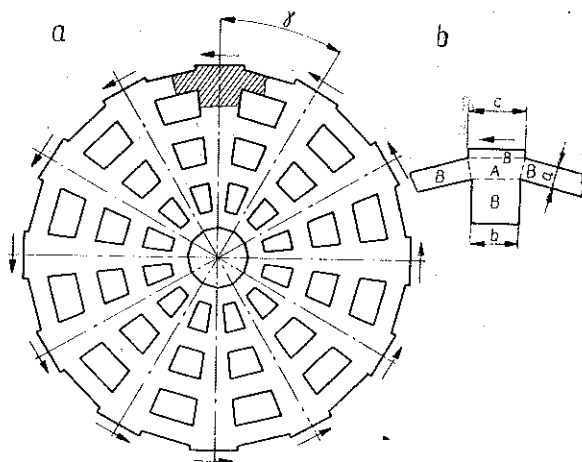
ten obszar będzie uplastyczniony. Jednokierunkowe zginanie momentem m_{pl} w obszarach A powoduje z kolei isotropowe zginanie obszarów B , co wynika z ich równowagi.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że gdyby w płycie o siatce sześciokątnej zamiast otworów sześciokątnych wykonać otwory kołowe o promieniu koła wpisanego w sześciokąt, to powyższy schemat byłby jednocześnie polem statycznie dopuszczalnym dla takiej płyty. Innymi słowy, dla płyt z jednakowymi otworami kołowymi czy sześciokątnymi i obciążonymi wzdłuż całych brzegów, optymalne rozstawienie otworów ma miejsce wzdłuż trzech linii prostych, tworzących nawzajem równe kąty. Już przy rozpatrywaniu płyty przedstawionej na rys. 8 otrzymaliśmy pola statycznie dopuszczalne w kształcie sześciokątów, jednakże nieforemnych ze względu na dwie wolne od obciążeń krawędzie płyty.

Ostatni z przytoczonych przykładów (rys. 11) dotyczy płyty osiowo-symetrycznej, z osiowo-symetrycznie wykonanymi otworami. Również i w tym przypadku przeprowadzono analizę w celu określenia optymalnych wymiarów dla danej liczby otworów. Przyjrzyjmy się bliżej tej analizie.



Rys. 10



Rys. 11

Wytnijmy myślowo część płyty zakreskowaną na rys. 11a. Na brzegu wycinka pokrywającym się z brzegiem płyty przyłożony został dany wypadkowy moment m_0 . Ze względu na równowagę elementu w pozostałych przekrojach muszą wystąpić również momenty zginające.

Jeżeli moment m_0 osiągnie wartość momentu plastycznego m_{pl} , to chcąc uzyskać jednocześnie uplastycznienie w pozostałych przekrojach musimy odpowiednio

zaprojektować wymiary a i b . Zależność wiążącą wymiary a , b i c otrzymamy zestawiając równanie równowagi momentów działających na rozpatrywany wycinek (rys. 11b) wzdłuż osi poziomej. Warunek ten ma następującą postać:

$$(4.5) \quad 2a \sin \gamma + b = c.$$

Jeżeli przyjmiemy, że początkowy wymiar c jest dany, to jeden z wymiarów a lub b możemy ustalić dowolnie. Dowolność ta może być jedynie ograniczona względami praktycznymi.

Przeprowadzając podobne rozumowanie z kolejnymi elementami płyty idącymi w kierunku do jej środka możemy wyznaczyć pozostałe wymiary płyty. W przypadku gdy na wewnętrznym brzegu płyty działa określone obciążenie, to wymiar b dla skrajnego elementu jest określony warunkiem uplastycznienia; wtedy oczywiście wymiar a jest jednoznacznie określony z tegoż równania (4.5).

Wszystkie przytoczone przykłady wykazują, że proponowane statycznie dopuszczalne pola momentów pozwalają oszacować, często z dużą dokładnością, nośność graniczną całej klasy płyt praktycznie stosowanych. Wprawdzie założenie czystego zginania jest dość silnym ograniczeniem, ale założenie to może być przyjęte jako przybliżenie dla tych przypadków z obciążeniami poprzecznymi płyt, w których efekty brzegowe mają dominujący wpływ na zniszczenie konstrukcji.

LITERATURA CYTOWANA W TEKŚCIE

1. H. FORD and G. LIANIS, *Plastic yielding of notched strips under conditions of plane stress*, Zeitschr. angew. Math. Phys., **8**, 360–382, 1957.
2. W. SZCZEPIŃSKI, *Optimum design of plane elements with complex shape*, Arch. Mech. Stos., **18**, 193–211, 1966.
3. W. SZCZEPIŃSKI, *Projektowanie elementów maszyn metodą nośności granicznej*, Biblioteka Mechaniki Stosowanej, IPPT-PAN, Warszawa 1968.
4. W. G. BRADY and D. C. DRUCKER, *An experimental investigation and limit analysis of net area in tension*, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, **79**, 1953, Separata No. 296.
5. P. S. SYMONDS, *Limit analysis*, rozdział 49 w książce: Handbook of Engineering Mechanics, Mc Graw-Hill Book Co (1963), Redaktor W. Flügge.
6. F. A. GAYDON and A. W. MC CRUM, *A theoretical investigation of the yield point loading of a square plate with concentric circular hole*, J. Mech. Phys. of Solids, **2**, 156–169, 1954.
7. F. A. GAYDON, *On the yield point loading of a square plate with concentric circular hole*, J. Mech. Phys of Solids, **2**, 170–176, 1954.

Резюме

СТАТИЧЕСКИ ДОПУСКАЕМЫЕ ПОЛЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ МОМЕНТОВ ДЛЯ ПЛАСТИНОК

Точное определение несущей способности пластинок, обладающих сложными формами в плане, а в особенности пластинок с разрывными краевыми условиями и перфорированных пластинок, связано с большими трудностями. Однако, относительно легко можно определять нижние оценки несущей способности таких пластинок, подтвержденных чистому, изгибу на основании экстремальных теорем теории пластичности.

В работе, вводится понятие разрывных, статически допускаемых, граничных полей моментов, как для пластинок с сэндвичевыми сечениями так и с контактными сечениями. Эти поля, состоят из областей, подверженных однородной нагрузке, разделенных линиями разрывности, для условий пластичности Трески и Губера-Мизеса.

Во второй части работы, дается несколько примеров определения нижней оценки несущей способности перфорированных пластинок и пластинок с разрывными краевыми условиями. Приводятся, также, примеры оптимизации расположения отверстий в перфорированных пластинках.

SUMMARY

STATISTICALLY PERMISSIBLE FIELDS OF PLASTIC MOMENTS FOR PLATES

An exact determination of the limiting load capacity of plates having in plane composite shapes, and in particular of plates with discontinuous boundary conditions and perforated plates involves great difficulties. However, it is relatively easy to determine the lower estimate of limiting load capacity of such plates, subjected to pure bending, on the basis of the extreme theorems of the theory of plasticity.

In this paper the concept of discontinuous statistically permissible limiting fields of moments is introduced both for plates with sandwich cross-sections and with compact cross-section. These fields are composed of regions subjected to uniform load, separated by the lines of discontinuity for the plasticity conditions of Treska and Huber—Mises.

In the second part of the paper several examples are given for determining the lower estimate of the limiting load capacity of perforated plates and plates with discontinuous boundary conditions. Examples are also given of the optimization of the spacing of holes in perforated plates.

INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

Praca została złożona w Redakcji dnia 4 kwietnia 1970 r.
