ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1976

Seria: Budownictwo z. 41 Nr kol. 478

Wiesław Zamorowski

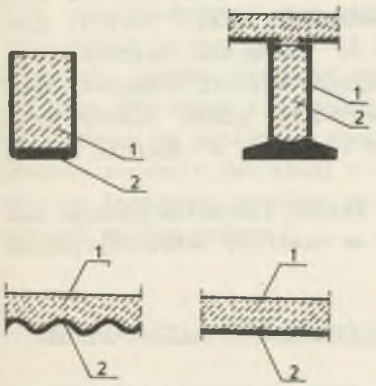
AZBESTOCEMENT JAKO DESKOWANIE WSPÓŁPRACUJĄCE Z BETONEM I STALĄ W PRZENOSZENIU OBCIĄŻEŃ

Streszczenie. Przeprowadzono badania płyt wykonanych z azbestocementu płaskiego i falistego. Płyty warstwowe azbestobetonowe składają się z warstwy betonu, przenoszącej ściskania oraz z warstwy azbestocementu, stanowiącej deskowanie i przenoszącej rozciągania.

Określono wpływ wytrzymałości betonu na nośność płyt oraz wpływ wielkości obciążeń na położenie osi obojętnej. Podano wielkości ugięć i odkształceń dolnych i górnych włókien dla poszczególnych poziomów obciążeń.

1. Wprowadzenie

Analizowany w niniejszej pracy problem współpracy betonu z azbestocementem stanowi wycinek z zagadnienia wzmacniania betonu materiałami niestalowymi. Wzmocnienie to dotyczy, podobnie jak w przypadku konstrukcji żelbetowych, głównie stref rozciąganych, gdzie z uwagi na małą wytrzymałość betonu na rozciąganie jest szczególnie wskazane. Stosowany tu azbestocement spełnia podwójną rolę: przenosi w całości lub w części naprężenia rozciągające oraz stanowi deskowanie dla wykonywanego elementu.



Rys. 1. Przekroje poprzeczne zginanych elementów nośnych

Na rys. 1 przedstawiono przekroje poprzeczne proponowanych zginanych elementów nośnych, wykonanych bądź to w kształcie płyty z dolną powierzchnią płaską lub falistą, bądź to w kształcie belki. Przekrój taki stanowi wypełnienie z betonu przenoszące naprężenia ściskające oraz kształtka przenosząca samodzielnie lub przy współudziale stali naprężenia rozciągające. Dla lekkich elementów zbrojenie stalą może być zbędne, dla elementów bardziej obciążonych zbrojenie jest wskazane, ale jego powierzchnia przekroju poprzecznego jest odpowiednio zredukowana. Należy zauważyć, że azbestocement może zastępować

stal zbrojeniową w żelbecie nie tylko w przypadku elementów zginanych ale również w przypadku słupów. Słupy te, coraz częściej stosowane w Związku Radzieckim, wykonywane w postaci zabetonowanych rur azbestocementowych dają oszczędności rzędu 50%. Zespolenie i współpraca betonu z azbestocementem w jednym elemencie azbestobetonowym są możliwe, ponieważ materiały te wykazują dużą przyczepność oraz identyczną rozszerzalność termiczną. Jakkolwiek wytrzymałość azbestocementu jest wielokrotnie mniejsza od wytrzymałości stali, to jednak powierzchnia jego przekroju może być odpowiednio duża. Współpraca stali i azbestocementu w przenoszeniu obciążeń jest również możliwa z uwagi na dość dobrze dopasowane moduły sprężystości tych materiałów. Pierwszym etapem badań objęto płyty zespolone, w których naprężenia rozciągające przenosi niewspomagany stalą azbestocement. W dalszej części pracy przewiduje się badania elementów azbesto-żelbetowych. W celu sprawdzenia możliwości współpracy takich materiałów w niniejszej pracy przeprowadzono również wyrywkowe badania tych elementów. Należy nadmienić, że azbestobetonowe płyty czy belki stosowane w budownictwie posiadałyby cały szereg zalet i w pewnych określonych przypadkach byłyby konkurencyjne dla żelbetowych. Cechują się one łatwością wykonania, krótkim czasem trwania robót, a to dzięki wyeliminowaniu prac związanych z przygotowaniem deskowań, dzięki wyeliminowaniu lub ograniczeniu robót zbrojarskich oraz dzięki wyeliminowaniu robót tynkarskich. Ponadto tak wykonane elementy cechują się szczelnością, znaczną odpornością na korozję i prowadzą do oszczędności stali i drewna. Przedstawione elementy mogłyby mieć zastosowanie szczególnie w budownictwie indywidualnym - mieszkaniowym, w budynkach wiejskich inwentarskich i gospodarczych jako elementy nośne stropodachu a nawet stropu, klatki schodowej lub tp., ponadto jako elementy nośne stropodachów w magazynach i garażach. Wydaje się że szczególnie efektywne może być ich wykorzystanie w budownictwie wiejskim, związanym z produkcją rolną. Decyduje o tym w pierwszym rzędzie lekkość elementów azbestocementowych (w przeciwieństwie do elementów prefabrykowanych żelbetowych), stwarzająca niezwykle korzystne warunki transportu tych elementów na odległe od wytwórni i często niewielkie place budowy oraz ich montażu w oparciu o lekki i prosty sprzęt a często w oparciu o siłę ludzkich mięśni.

Szczelność i znaczna odpornosc na korozję takich elementów stwarza możliwość stosowania ich jako ścian zbiorników na niektóre materiały płynne

2. Przedmiot, cel i zakres badań

Przedmiotem badań były warstwowe płyty azbestobetonowe. Dolną warstwę płyt przenoszącą naprężenia rozciągające stanowiły:

- płyty azbestocementowe płaskie prasowane,
- płyty azbestocementowe płaskie prasowane, wzmocnione laminatem epoksydowym lub poliestrowym,
- płyty azbestocementowe płaskie nieprasowane,
- płyty azbestocementowe faliste nieprasowane,
- płyty azbestocementowe faliste nieprasowane i zbrojenie uzupełniające ø 5,5 mm ze stali STO ułożone w każdej fali, tj. co 13 cm.

Górną warstwą przenoszącą naprężenia ściskające był:

- beton żwirowy o różnych wytrzymałościach na ściskanie,
- beton na kruszywie lekkim,
- zaprawa cementowa.

Celem badań było określenie następujących wielkości:

- momentu niszczącego,
- ugięć dla poszczególnych poziomów obciążeń,
- podłużnych odkształceń jednostkowych górnych i dolnych włókien, a na ich podstawie wielkości naprężeń dla poszczególnych poziomów obciążeń.

Ponadto badania miały określić wpływ wytrzymałości stosowanego betonu na nośność płyt i wielkość ugięć płyt.

3. Sposób prowadzenia badań

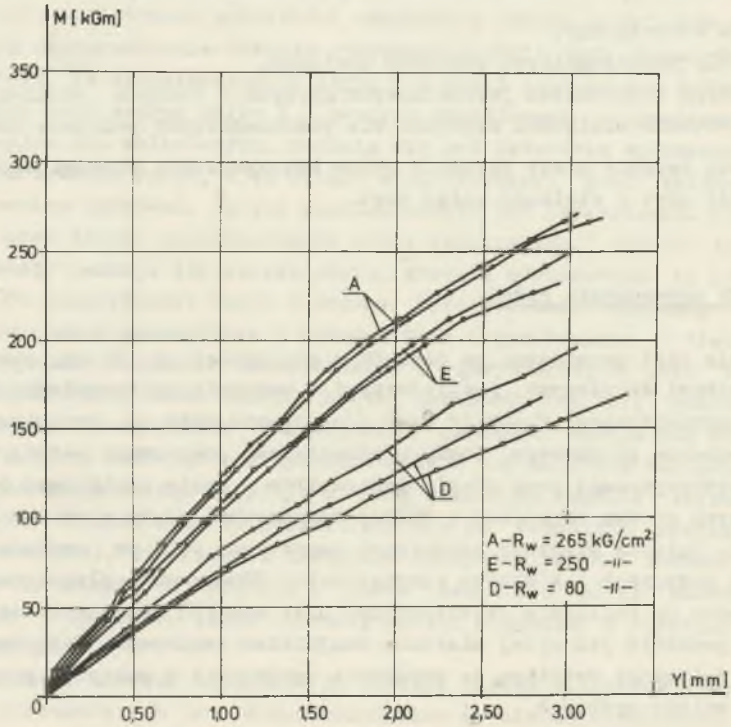
Badania płyt prowadzono na pasmach o szerokości ok. 30 cm, obciążonych dwiema siłami skupionymi, realizowanymi w maszynie wytrzymałościowej o napędzie hydraulicznym. Wielkość siły odczytywana była na czujniku zegarowym siłomierza pałąkowego. Pomiaru odkształceń dokonywano metodą tensometrii elektrooporowej przy użyciu tensometrów o bazie pomiarowej 60 i 75 mm naklejanych po dwa na górnej i dolnej powierzchni płyty w środku jej rozpiętości. Ugięcia mierzono czujnikami zegarowymi 0,01 mm usytuowanymi po dwa przy podporach i w środku rozpiętości. Obciążenia długotrwałe płyt realizowano na poligonie grawitacyjnie przy stałych poziomach obciążenia, ugięcia podobnie jak wyżej mierzono czujnikiem zegarowym. Wytrzymałość betonu na ściskanie ustalono na podstawie zgniatania w maszynie wytrzymałościowej walców próbnych.

4. Badania płyt z dolną powierzchnią płaską

Przebadano ogółem 32 płyty wykonane z betonu żwirowego o różnych wytrzymałościach walcowych. Dolną powierzchnię płyt stanowiły azbestocementowe płaskie płyty prasowane o grubości 6 mm oraz nieprasowane o grubości 4 mm. Płyty posiadały rozpiętość w osiach podpór 140 cm, grubość łączną obydwu warstw 7 cm, szerokość 31,5 cm.

4.1. Płyty z dolną powierzchnią płaską wykonaną z azbestocementu prasowanego

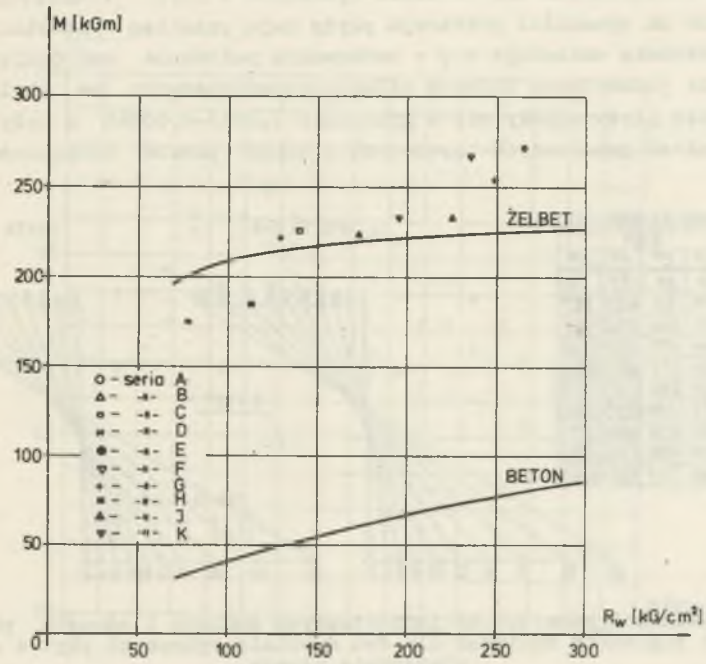
Płyty obciążono aż do zniszczenia dwiema siłami skupionymi, realizowanymi w maszynie wytrzymałościowej, prowadząc pomiar ugięć i odkształceń przy zadanych poziomach obciążenia. Na podstawie uzyskanych z pomiarów wyników sporządzono wykresy zależności ugięcie-obciążenie. Rys. 2 przedstawia przykładowo taką zależność dla niektórych płyt serii A (R_w = 265 kG/cm^2), serii E (R_w = 250 kG/cm^2) serii D (R_w = 80 kG/cm^2). Wykresy na rysunku grupują się dla poszczególnych wytrzymałości betonu, przy czym widać wyraźny spadek nośności płyt dla zmniejszających się R_w. Kształt krzywych zbliżony jest do linii prostej, co sugeruje bardziej sprężystą pracę tych płyt niż żelbetowych.



Rys. 2. Wykresy zależności moment-ugięcie dla niektórych płyt z dolną powierzchnią płaską

Wielkości maksymalnych ugięć niezależnie od wytrzymałości betonu nie przekraczały 3,5 mm a przeciętnie wynosiły 2,8 mm, co stanowi $\frac{1}{500}$ rozpiętości.

Rys. 3 przedstawia zależność momentu niszczącego płytę od walcowej wytrzymałości betonu na ściskanie. W badaniach stosowano beton o dziesięciu różnych wytrzymałościach, wyniki badań świadczą o dużym wpływie R_w na nośność płyty. Dla porównania na wykres naniesiono teoretyczną krzywą zależności momentu niszczącego od marki betonu dla porównywalnej płyty żelbetowej. Obliczenia przeprowadzono metodą OP, przyjmując płytę o grubości 7 cm zbrojoną stalą o Q_r = 2500 kG/cm^2 przy procencie zbrojenia równym 1%.



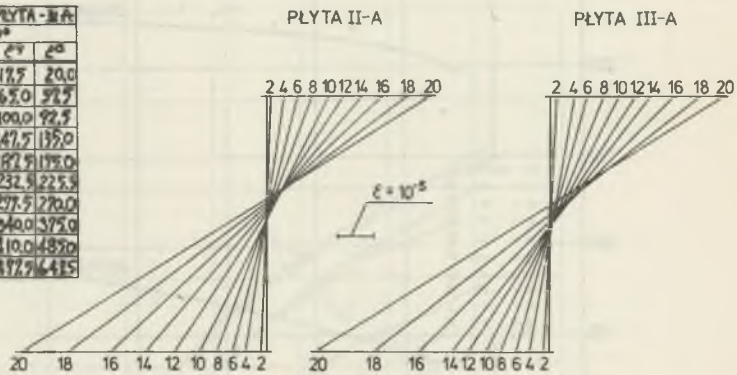
Rys. 3. Wpływ wytrzymałości betonu na nośność płyt azbestobetonowych płaskich, żelbetowych i betonowych

Z porównania wynika, że wzrost krzywej dla płyt azbestobetonowych jest szybszy od wzrostu obliczonego dla płyt żelbetowych. Dokładnego porównania samej nośności azbestobetonu i żelbetu nie można tu przeprowadzić, ponieważ po pierwsze krzywa dla żelbetu jest krzywą teoretyczną a nie uzyskaną z badań, a po drugie przyjęcie do porównań płyty żelbetowej o procencie zbrojenia 1% przy stali Q_r = 2500 kG/cm^2 jest dlatego na korzyść żelbetu, gdyż z proporcji Q_r (dla stali) i wytrzymałości na rozciąganie azbestocementu wynika, że dla takiego procentu zbrojenia grubość samego azbestocementu powinna wynosić 9 mm. Do badań przyjęto - ze względów, o których mowa później - grubość 6 mm. Należy przypuszczać, że przy grubo-

ści 9 mm nośność płyt może wzrosnąć prawie o 50%. Sprawa ta zostanie wyjaśniona w przewidywanym drugim etapie badań.

Na rys. 3 naniesiono również krzywą teoretyczną, przedstawiającą wpływ marki betonu na wielkość momentu niszczącego porównywalnej płyty betonowej. Do obliczeń przyjęto grubość płyty 7 cm, szerokość jak w przypadku płyt badanych. Z porównania wynika kilkakrotny wzrost nośności płyt azbestobetonowych w stosunku do płyt betonowych. Rys. 4 przedstawia wielkości odkształceń jednostkowych dolnych i górnych włókien przy kolejno wzrastających obciążeniach dla dowolnie wybranych 2 płyt. Przyjęto, że odkształcenia na wysokości przekroju płyty mają przebieg prostoliniowy i na tej podstawie wnioskuje się o zachowaniu położenia osi obojętnej. Odkształcenia jednostkowe dolnych włókien azbestocementu na chwilę przed zniszczeniem płyty wahały się w granicach 0,0045-0,00065 i były mniejsze od odkształceń granicznych uzyskanych z badań pasków azbestocementowych

Lp	M [kGm]	PŁYTA-II A ε·10⁵		PŁYTA-III A ε·10⁵	
		ε^{g}	ε^{d}	ε^{g}	ε^{d}
2	14,22	10	20	17,5	20,0
4	42,66	50	60	65,0	57,5
6	71,10	90	100	100,0	92,5
8	99,54	130	145	147,5	135,0
10	127,98	180	195	187,5	175,0
12	156,42	220	270	232,5	225,5
14	184,86	275	350	275,5	270,0
16	213,30	330	455	340,0	375,0
18	241,74	400	580	410,0	485,0
20	270,18	460	705	497,5	645,5

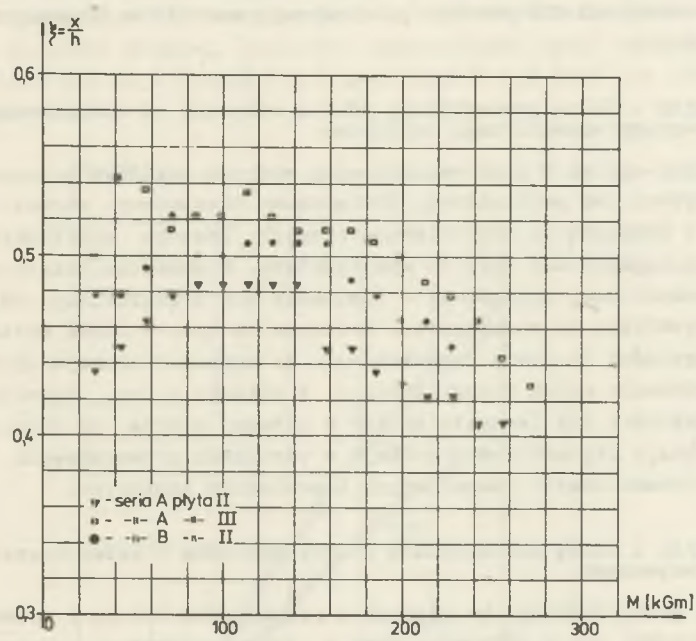


Rys. 4. Wielkości odkształceń jednostkowych dolnych i górnych przy poszczególnych poziomach obciążeń dla dwu dowolnie wybranych płyt z dolną powierzchnią płaską

na rozciąganie ($\varepsilon_{gr.}$ = 0,0009). Odkształcenia jednostkowe, występujące na poziomie styku azbestocementu z betonem, na chwilę przed zniszczeniem były - zgodnie z zależnością liniową - odpowiednio mniejsze od podanych uprzednio wartości lecz kilkakrotnie większe od wartości odkształceń granicznych betonu rozciąganego przyjmowanych zwykle wysokości 0,00015. Powyższe wskazywałoby na fakt, że rozciągana strefa betonu uległa zarysowaniu. Odkształcenia jednostkowe dla górnych włókien betonu ściskanego na chwilę przed zniszczeniem wahały się w granicach 0,00030-0,00050, co świadczyłoby o niepełnym wykorzystaniu wytrzymałości betonu w tej strefie. Przeciwdziałać temu można poprzez odpowiedni dobór stosunku grubości warstw azbestocementu i betonu, a więc poprzez odpowiedni dobór "procentu zbrojenia". W przypadku badanych płyt stosunek grubości nie był najlepiej dobrany. Wynikło to między innymi stąd, że łączna grubość płyt, wynosząca

7 cm, podyktowana była wymiarem istniejących form, a grubość azbestocementu 6 mm była jedyna, jako dostępna wówczas na rynku krajowym. Ponadto grubość taka była podyktowana przewidywanym w drugim etapie badań wzmocnieniem azbestocementu stalą.

Jak już wspomniano wyżej na podstawie odkształceń dolnych i górnych włókien wnioskuje się o zmianie położenia osi obojętnej. Położenie to jest prawdopodobnie stałe do pewnego poziomu odkształceń, po przekroczeniu którego oś obojętna przesuwa się w górę. Zmianę tę lepiej ilustruje rys. 5,



Rys. 5. Wpływ wielkości obciążeń na położenie osi obojętnej dla płyt z dolną powierzchnią płaską

na którym przedstawiono wielkość strefy ściskanej (wyrażonej za pomocą stosunku $\frac{h}{x}$) w zależności od poziomu obciążenia wyrażonego odpowiednim momentem zginającym. Stan ten należałoby tłumaczyć prawdopodobnym faktem zarysowania strefy rozciąganej betonu i związanym z tym podnoszeniem się osi obojętnej. W trakcie badań nie stwierdzono jednak widocznych gołym okiem rys.

Badania płyt z dolną powierzchnią płaską, wykonaną z azbestocementu prasowanego, pozwoliły również na ustalenie wpływu zawilgocenia na nośność tych płyt. Na podstawie 20 przebadanych płyt, z których 10 zanurzono na 48 godzin w wodzie, stwierdzono spadek nośności płyt mokrych w stosunku do porównywalnych płyt suchych. Spadek ten nie przekraczał nigdy 30% a przeciętnie wynosił 20%. Nie stwierdzono wpływu zawilgocenia na wielkość

maksymalnych ugięć. Badania płyt z dolną powierzchnią płaską wykonaną z azbestocementu prasowanego pozwoliły na ustalenie wpływu obciążeń długotrwałych na nośność i wielkość maksymalnych ugięć płyt. Obciążenia długotrwałe realizowano na poligonie grawitacyjnie przy poziomach obciążenia odpowiadających 50, 55, 60 i 65% obciążenia niszczącego doraźnego. Na podstawie przebadanych 12 płyt stwierdzono, że zniszczenie następuje przy obciążeniu długotrwałym, odpowiadającym 65% obciążenia niszczącego doraźnego. Wielkości maksymalnych ugięć (na chwilę przed zniszczeniem) uzyskane w tych badaniach nieznacznie przekraczają wartość największych ugięć z badań doraźnych.

4.2. Płyty z dolną powierzchnią płaską wykonaną z azbestocementu prasowanego wzmocnionego laminatem

Przebadano ogółem 8 płyt wzmocnionych włóknem szklanym przesyconym żywicą epoksydową lub poliestrową. Stwierdzono nieznaczny wzrost nośności tych płyt w stosunku do płyt niewzmacnianych. Znaczna wytrzymałość laminatu na rozciąganie nie była tu wykorzystana. W momencie zniszczenia płyty azbestocementowej naprężenia w laminacie nie przekraczały 10% wartości jego wytrzymałości na rozciąganie. Związane to było z niską wartością modułu sprężystości laminatu produkowanego tu sposobem ręcznym (stosowano do jego zagęszczania wałek fotograficzny). W związku z tym, że wielkość modułu sprężystości dla laminatu zależy w głównej mierze od ciśnienia prasowania, wydaje się możliwa produkcja w warunkach przemysłowych gotowych płyt azbestocementowych wzmocnionych odpowiednim laminatem.

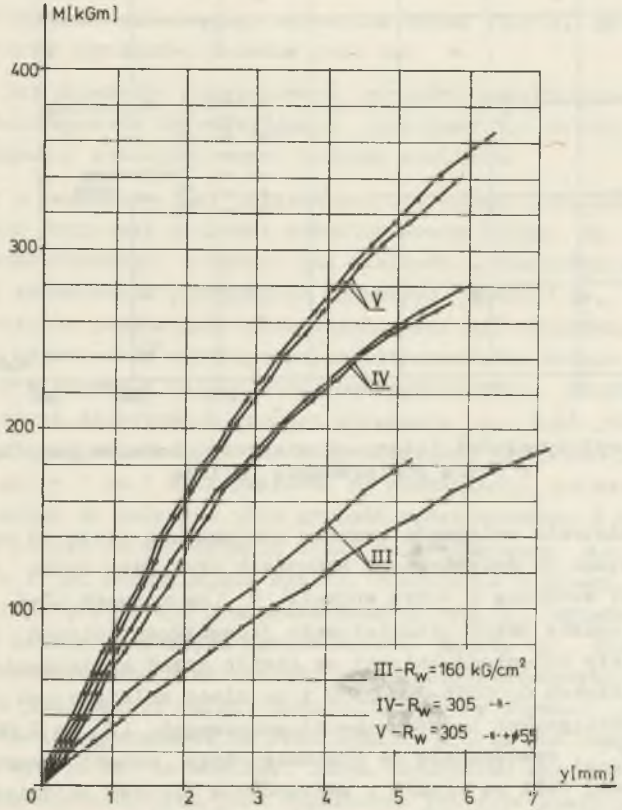
4.3. Płyty z dolną powierzchnią płaską wykonaną z azbestocementu nieprasowanego

Badania przeprowadzono na płytach o rozpiętości 110 cm i grubości 7 cm w sposób podobny jak w przypadku płyt z azbestocementem prasowanym. Do płyt stosowano nieprasowany azbestocement płaski o grubości 4 mm. Z uwagi na niższą wytrzymałość na rozciąganie azbestocementu nieprasowanego, świadczącą o jego mniejszej przydatności do tego rodzaju konstrukcji, badania ograniczono do kilku płyt. Stwierdzono dwu- i półkrotny wzrost nośności tych płyt w stosunku do płyt betonowych niezbrojonych.

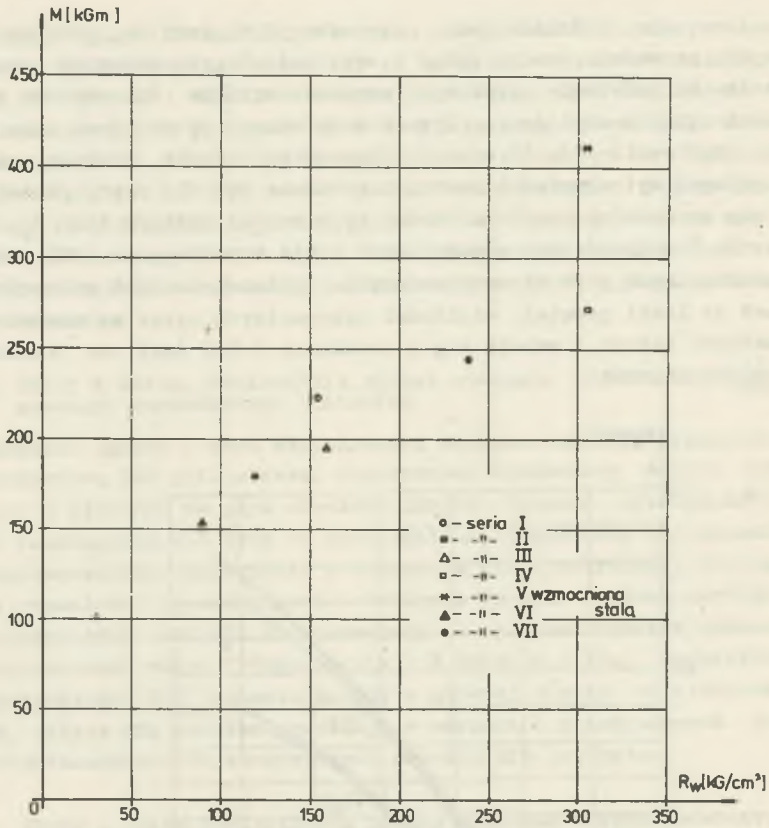
5. Badania płyt z dolną powierzchnią falistą

Przebadano ogółem 14 płyt wykonanych z betonu żwirowego o różnych wytrzymałościach. Dolną warstwę płyt stanowiła azbestocementowa płyta falista (niska fala) o grubości 6 mm, przy czym dla jednej serii wykonano również płyty wzmocnione prętami zbrojeniowymi ø 5,5 mm ze stali gładkiej, ułożonymi w każdej wypukłej fali (co 13 cm). Płyty posiadały rozpiętość w osiach podpór 240 cm i średnią grubość 7,5 cm. Płyty obciążano

aż do zniszczenia podobnie jak w przypadku płyt płaskich, dwiema siłami skupionymi, prowadząc pomiar ugięć i odkształceń przy zadanych poziomach obciążenia. Na podstawie uzyskanych pomiarów wyników sporządzono wykresy zależności ugięcie-obciążenie. Rys. 6 przedstawia przykładowo taką zależność dla płyt serii III, IV oraz V. Wykresy na rysunku grupują się dla poszczególnych wytrzymałości betonu i podobnie jak dla płyt płaskich zaznacza się tu wyraźny spadek nośności przy zmniejszającym się R_w. W przypadku serii V nośność płyt wzmocnionych stalą wzrosła o ok. 30% w stosunku do identycznych płyt nie wzmocnionych. Ogólnie, kształt wykresów zbliżony jest do linii prostej, wielkości maksymalnych ugięć są niezależne od wytrzymałości betonu i wahają się w granicach 5-7,5 (mm) co stanowi ok. $\frac{1}{480}$ - $\frac{1}{320}$ rozpiętości.



Rys. 6. Wykresy zależności moment-ugięcie dla niektórych płyt z dolną powierzchnią falistą



Rys. 7. Wpływ wytrzymałości betonu na wielkość momentu niszczącego płytę z dolną powierzchnią falistą

Rys. 7 przedstawia zależność momentu niszczącego płytę od walcowej wytrzymałości betonu na ściskanie. W badaniach stosowano beton o 6 różnych markach. Wyniki świadczą o dużym wpływie R_w na nośność płyt.

Mierzone w czasie badań odkształcenia jednostkowe dolnych włókien wypukłej fali płyty azbestocementowej na chwilę przed zniszczeniem utrzymywały się w granicach 0,00055-0,000750 i są nieco mniejsze od odkształceń granicznych rozciąganych pasków azbestocementowych (ε_{gr} = 0,0008). Odkształcenia ε_{max}, występujące na poziomie styku azbestocementu z betonem, na tej samej fali są zgodne z zależnością liniową odpowiednio mniejsze od podanych wyżej wartości lecz kilkakrotnie większe od wartości odkształceń granicznych betonu rozciąganego.

Powyższe wskazywałoby na fakt, że strefa rozciągana betonu ulega zarysowaniu. W trakcie badań nie stwierdzono widocznych gołym okiem rys. Odkształcenia jednostkowe dolnych włókien wklęsłej fali płyty azbestocemen-

towej są nadal rozciągające i stanowią ok. 50% wartości odkształceń włókien fali wypukłej. Odkształcenia ε_{max} górnych włókien betonu ściskanego wahają się w granicach 0,00035-0,00055, co odpowiadałoby niepełnemu wykorzystaniu R_m. Lepsze wykorzystanie wytrzymałości betonu w strefie ściskanej można by uzyskać poprzez odpowiedni dobór stosunku: grubości warstw azbestocementu i betonu, poprzez zwiększenie wytrzymałości na rozciąganie azbestocementu lub też poprzez dodatkowe wzmocnienie strefy rozciąganej stalą.

6. Interpretacja wyników badań, wnioski

6.1. Nośność płyt azbestobetonowych

Wielkość momentu niszczącego azbestobetonową płytę, przy pominięciu mniej istotnych czynników, zależna jest od:

- wymiarów jej przekroju poprzecznego, grubości azbestocementu, wytrzymałości azbestocementu na rozciąganie, wytrzymałości betonu, zawilgocenia azbestocementu, rodzaju i czasu trwania obciążeń.

Pierwszy z czynników jest oczywisty i nie wymaga dodatkowych wyjaśnień. Drugi czynnik dotyczący grubości azbestocementu wpływa na nośność przekroju azbestobetonowego podobnie jak wielkość powierzchni zbrojenia rozciąganego w żelbetowych przekrojach zginanych. Grubość ta, podobnie jak procent zbrojenia przekrojów żelbetowych, musi być właściwie dobrana. Wiąże się to z odpowiednim wykorzystaniem wytrzymałości betonu w strefie ściskanej jak i z ekonomią całego warstwowego przekroju. Przykładowo przyjmowany w płytach żelbetowych procent zbrojenia $\mu = 0,01$ dla stali o $Q_r = 2500$ kG/cm^2 odpowiada grubości azbestocementu ok. 9 mm przy grubości całkowitej płyty 7 cm i wytrzymałości na rozciąganie azbestocementu 165 kG/cm^2. Przyjęta do badanych płyt grubość azbestocementu 6 mm (przewidziana w drugim etapie do wzmocnienia stalą do zastępczego $\mu = 0,01$) dawała w rezultacie i tak zadowalające wyniki. Porównanie nośności tych płyt z żelbetem (przy $\mu = 0,01$), przeprowadzone na rys. 3, wypadało dla większych marek betonu na korzyść azbestobetonu. Należy tu dodać, że przy grubości azbestocementu 9 mm nośność płyt azbestobetonowych wzrośnie prawdopodobnie o 50%. Dalszy wzrost nośności można by uzyskać po zwiększeniu wytrzymałości azbestocementu na rozciąganie. Biorąc pod uwagę zagraniczne osiągnięcia wydaje się to możliwe. Innym czynnikiem wpływającym na nośność płyt azbestobetonowych jest wspomniana już wytrzymałość betonu na ściskanie. Wpływ ten jest tu bardziej wyraźny niż w przypadku zginanych przekrojów żelbetowych i w związku z tym wskazane byłyby tu marki betonu nie mniejsze od 170 kG/cm^2. Duża zależność nośności płyt azbestobetonowych od marki stosowanego do ich wykonania betonu wynika prawdopodobnie z pracy części strefy rozciąganej tego betonu. Należy przypuszczać, że wydłużal-

ność betonu dzięki jego przyleganiu do powierzchni azbestocementu zostaje zwiększona. Ma to niewątpliwy wpływ na pracę betonu w strefie rozciąganej. Badania płyt azbestobetonowych wykazały, że zawilgocenie płyt (poprzez ich moczenie w wodzie) zmniejsza przeciętnie ich nośność o ok. 20%. Natomiast obciążenia długotrwałe zmniejszają nośność o ok. 35%. Podsumowywując zagadnienie nośności płyt azbestobetonowych i porównując je z płytami żelbetowymi wypada stwierdzić, że mimo niekorzystnego wpływu wilgotności i obciążeń długotrwałych nośność płyt azbestobetonowych jest wystarczająco duża, aby można było je stosować jako mniej obciążone elementy budowlane. Elementy bardziej obciążone wymagałyby dozbrojenia stalą.

6.2. Praca płyt azbestobetonowych

Praca płyt azbestobetonowych ma charakter bardziej sprężysty niż płyt żelbetowych. Świadczy o tym m.in. wykres zależności moment-ugięcie. Kształt wykresu jest zbliżony do linii prostej. Wielkości maksymalnych ugięć tuż przed zniszczeniem są stosunkowo małe. Na powyższe czynniki wywierają zasadniczy wpływ cechy mechaniczne azbestocementu. Pewne znaczenie ma tu praca strefy rozciąganej betonu. Trudno dać jednoznaczną odpowiedź czy beton ten ulega zarysowaniu. Jak już wspomniano wcześniej, w badanych elementach nie stwierdzono obecności rys, chociaż za istnieniem ich przemawiają wielkości odkształceń oraz zmiana położenia osi obojętnej. Odkształcenia jednostkowe występujące na poziomie styku azbestocementu z betonem (na chwilę przed zniszczeniem) są kilkakrotnie większe od wartości odkształceń granicznych betonu rozciąganego. Położenie osi obojętnej jest stałe do pewnego poziomu odkształceń, po przekroczeniu którego oś ta przesuwa się w górę. Zagadnienia te jak i fazy pracy przekroju azbestobetonowego wymagają jeszcze wnikliwych badań. Wypada tu dodać, że ewentualnie istniejące zarysowania strefy rozciąganej betonu w przeciwieństwie do żelbetu nie zmniejszają szczelności elementu. Szczelność i znaczną odporność na korozję zapewnia tu istniejący azbestocement, co należy zaliczyć do istotnych zalet tego rodzaju konstrukcji. Faza zniszczenia elementów azbestobetonowych następowała w wyniku przekroczenia wytrzymałości azbestocementu na rozciąganie. Zniszczenie ma charakter nagły, bez wcześniejszych jakichkolwiek objawów. W badanych elementach nie następowało zniszczenie wynikłe z przekroczenia przyczepności azbestocementu i betonu. Na zakończenie należy nadmienić, że w przypadku przyjęcia przez przemysł budowlany proponowanych warstwowych elementów azbestobetonowych i azbestożelbetowych należałoby wysunąć pod adresem producentów azbestocementu kilka sugestii. Przede wszystkim wskazana by była produkcja obejmująca większy asortyment tych elementów. Przydatne by tu również były wszelkiego rodzaju formy-kształtki dla różnych kształtów belek. Wskazane by były większe grubości płyt (nawet do 20 mm) zarówno płaskich jak i odpowiednio profilowanych. Innym życzeniem byłoby zwiększenie wytrzymałości azbestocementu na rozciąganie. Osiągnąć to można drogą wprowadzenia pewnych zmian w

technologii produkcji azbestocementu, przez stosowanie odpowiednich dodatków lub też - jak to wypróbowano w Związku Radzieckim - przez zbrojenie azbestocementu siatką stalową albo wzmocnienie laminatem z włókna szklanego.

LITERATURA

[1] Korngut J., Krzewiński Z., Łęcki W.: Wyroby azbestocementowe. Produkcja i zastosowanie, Arkady, Warszawa 1965.

[2] Abramowa R.P.: Azbiestociemient w ziliszcznom stroitielstwie, Izdatielstwo Litieratury po Stroitielstwu, Moskwa 1972.

[3] Gubienko A.B.: Tiechnołogija izgotowlienija kliejenych panieliej iz płastmass aluminia, asbiestociementa i bietona, Gosudarstwiennoje Izdatielstwo Litieratury po Stroitielstwu, Architiekturie i Stroitielnym Materiałam, Moskwa 1963.

[4] Gosudarstwiennyj Projektnyj Institut Gorstroprojekt: Katałog asbiestociemientnych izdielij i konstrukcij dlja żiłych domow, Izdatielstwo litieratury po Stroitielstwu, Moskwa, 1963.

[5] Kołonny i karkasy iz asbiesto-ciementnych trub. Stroitielstwo i Architiektura, sierpień 1963, s. 20-22.

[6] Bondar E.P.: Asbiestociemientnyje plity i panieli w promyszliennom stroitielstwie. Bjulljetien stroitielnoj tiechniki, nr 8/1969.

[7] Waljukow E.A., Wolcziek J.Z., Mołodcow B.: Izgotowlienije asbiestociementnych izdielij w Giermanskoj Diemokraticzeskoj Respublikie, Stroitielnyje materiały nr 8/1970.

[8] Wołcziek J.Z.: Asbiestnociemientnyje listy SW-40. Stroitielnyje matieriały, nr 10/1970.

[9] Nasonow W.N., Pickiel L.N.: Asbiestociemientnyje pokrytija żiwotno wodczieskich pomieszczenij. Stroitielnyje matieriały, nr 11/1970.

[10] Pickiel L.N., Astaszkiewiczier A.P.: Asbiestociemientnyje konstrukcji dlja sjelskowo stroitielstwa. Stroitielnyje matieriały, nr 3/1973.

[11] Nowyje standarty na asbiestociementnyje izdielija. Stroitielnyje matieriały, nr 4/1973.

[12] PN-67/B-06611 - Wyroby azbestocementowe. Nazwy określenia i klasyfikacja.

[13] PN-70/B-14044 - Wyroby azbestocementowe. Płyty prasowane płaskie okładzinowe.

[14] PN-71/B-14041 - Wyroby azbestocementowe. Płyty faliste i gąsiory nieprasowane.

[15] PN-B-14750 - Rury azbestocementowe ciśnieniowe.

[16] PN-56/B-032260 - Konstrukcje żelbetowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.

АСБЕСТОЦЕМЕНТ КАК "ПОТЕРЯННАЯ ОПАЛУБКА"
РАБОТАЮЩАЯ ВМЕСТЕ С БЕТОНОМ И СТАЛЬЮ
В ПЕРЕНОСЕ НАГРУЗОК

Р е з ю м е

Проведено исследование плит, выполненных из асбестоцемента плоского и волнистого. Слоистые асбестобетонные плиты состоят из бетона, подвергающегося сжатию, а также из слоя асбестоцемента, образующего опалубку и подвергающегося растяжению. Определено влияние сопротивления бетона на грузоподъёмность плит, а также влияние величины нагрузки на положение нейтральной линии. Представлено значение прогибов и деформаций нижних и верхних волокон для отдельных нагрузочных уровней.

ASBESTOS-CEMENT AS A "LOAST" FORM, COOPERATING WITH CONCRETE
AND STEEL IN CARRYING LOADS

S u m m a r y

In the paper tests of panels made of flat and corrugated asbestos-cement boards have been carried out. Sandwich asbestos-cement panels are composed of a concrete layer, carrying compressions, and of asbestos-cement boards, composing the form and carrying tensions.

The influence of the concrete strength on the load carrying capacity of the panels, and the influence of the magnitude of the loads on the position of the neutral axis have been determined. The magnitude of deflections and deformations of the extreme fibers for particular levels of loading has been presented.