

Prof. dr hab. inż. Michał Knauff
Politechnika Warszawska
Wydział Inżynierii Lądowej
Zakład Konstrukcji Budowlanych

**Recenzja pracy doktorskiej
wykonanej na Wydziale Budownictwa, Architektury
i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej**

**WPLYW RÓŻNYCH BETONÓW PŁYTY STROPOWEJ
I SŁUPA NA NOŚNOŚĆ MONOLITYCZNYCH POŁĄCZEŃ
PŁYTOWO-SŁUPOWYCH**

Autor rozprawy: mgr inż. Michał Gołdyn

Promotor: dr hab. inż. Tadeusz Urban, prof. PŁ

Warszawa, styczeń 2016

Recenzję opracowano na podstawie zlecenia Dziekana Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej z dnia 15 grudnia 2015 roku.

Rozprawa doktorska „Wpływ różnych betonów płyty stropowej i słupa na nośność monolitycznych połączeń płytowo-słupowych” opracowana przez mgr. inż. Michała Gołdyna pod kierownictwem prof. Tadeusza Urbana składa się z 8 rozdziałów, liczących 294 strony, do których dołączono cztery tablice przedstawiające charakterystyki zbadanych modeli oraz z Załącznika (250 stron) zawierającego szczegółowe opisy i wyniki badań. Załącznik jest bardzo wartościową częścią pracy, gdyż umożliwia innym badaczom ewentualne wykorzystanie wyników badań eksperymentalnych. Spis piśmiennictwa liczy 82 pozycje. W pracy umieszczono streszczenia po polsku, po angielsku i po niemiecku. Rozprawa zawiera obszerny wykaz oznaczeń.

2. Treść rozprawy doktorskiej i uwagi krytyczne związane z poszczególnymi rozdziałami

W **rozdziale 1** zatytułowanym „Wprowadzenie” przedstawiono problemy, które wystąpiły w praktyce i stały się inspiracją do podjęcia tematu.

Fragmencie dotyczący błędów w projekcie wymienionym w wykazie literatury jako poz. [5], opracowany na podstawie ekspertyzy [75], może budzić zastrzeżenia. Informacje zawarte w pracy nie są wystarczająco jasne i obszerne do wyrobienia sobie poglądu na projekt, a przecież doktorant zarzuca projektantowi (wymienionemu po nazwisku w wykazie literatury) poważne błędy. Nie należałoby powtarzać tego w przyszłych artykułach opartych na pracy doktorskiej. Może się zdarzyć, że błąd wykryty w ekspertyzie jest tak pouczający lub nagminny, że należałoby przestrzec przed nim innych projektantów – w takim przypadku może on być przedmiotem publikacji, ale należałoby unikać piętnowania konkretnych osób.

W dalszej części „Wprowadzenia” opisuje się różne rozwiązania, które można zastosować w konstrukcjach, w których strop jest wykonany z betonu słabszego niż słupy. Związane z tym zagadnienia są zasadniczym tematem rozprawy doktorskiej.

W **rozdziale 2** „Tematyka badań własnych” doktorant najpierw uzasadnia potrzebę podjęcia tematu, a następnie jasno precyzuje istotę oraz zakres pracy. Jak pisze doktorant „Program badań własnych sformułowany zastał w taki sposób, by możliwa była doświadczalna weryfikacja tez postawionych w niniejszej rozprawie...” po czym przedstawia trzy tezy dotyczące nośności węzłów, w których płyta stropowa jest wykonana z betonu słabszego niż słup. Tezy te to spostrzeżenia o charakterze jakościowym – pierwsza z nich jest oczywista i można by ją pominąć. Ponadto w pracy podjęto próbę opracowania metody obliczania, a właściwie nawet projektowania węzłów, a w tezach nie ma o tym mowy.

Rozdział 3 nosi tytuł „Stan wiedzy”. Najpierw rozpatruje się cztery normy (USA, Australia, Kanada, Nowa Zelandia), w których można znaleźć informacje dotyczące problematyki pracy, a następnie porównuje się zalecenia tych norm z wynikami badań opisanych w piśmiennictwie przedmiotu.

Bardzo wartościową częścią tego obszernego rozdziału (60 stron) jest opis badań doświadczalnych przedstawionych w piśmiennictwie. Doktorant znalazł i starannie, z dużą wnikliwością przedstawił wyniki wielu badań doświadczalnych (Bianchini, Gamble i Kliner, Kayani, Shu i Hawkins, Siao, McHargi inni, Helene i inni, Freire, Lee i Mendis, Shah i inni, Quirke i inni, Lee i inni, Rinhofer i inni, Muttoni i inni) oraz analitycznych. Rozdział kończy wartościowe podsumowanie, w którym doktorant scharakteryzował czynniki wpływające na nośność słupów przewarstwionych słabszym betonem.

Opis badań własnych doktoranta przedstawiono w **rozdziale 4** (15 stron). Program badań oparto na przejrzystej zasadzie. Obejmował on 10 modeli: cztery z płytą otaczającą słup ze wszystkich stron (modele centralne), trzy z płytą otaczającą słup z trzech stron (modele krawędziowe) i trzy ze słupem przy narożu płyty (modele narożne). Opis badań jest precyzyjny, jasny i wyczerpujący, chociaż nie wszędzie udało się uniknąć rozwlekłości i niezręcznych sformułowań. Tak np. na str. 91 zamiast, cytuję „Płyty modeli rozważanych w badaniach charakteryzowała jednakowa grubość równa 120 mm”, należałoby napisać „Grubość płyty we wszystkich modelach wynosiła 120 mm”.

Przedmiotem **rozdziału 5** są wyniki badań. Obszerny opis wyników (71 stron), zilustrowany wieloma fotografiami oraz starannie opracowanymi rysunkami i wykresami, jest bardzo drobiazgowy i wnikliwy – pod względem uporządkowania może on stanowić wzór dla innych prac eksperymentalnych. Niestety języka tego opisu nie można polecać jako wzorowego.

Tak np. na str. 122 zdanie „Obciążenie modeli wewnętrznych połączeń płytowo-słupowych miało charakter symetryczny, dlatego też na żaden ze słupów nie przekazywał się moment niezrównoważony” należałoby zastąpić przez „Obciążenie modeli M i ML było symetryczne, a zatem słupy modeli były osiowo ściskane”.

Stosunek v_{Ed}/v_{Rd} (tablica 5.2) nie powinien być nazywany wyężeniem – jest to stopień wykorzystania nośności, jak słusznie pisze autor na początku str. 123.

Najpierw omawia się modele centralne. Stwierdza się, że stopień wykorzystania nośności na zginanie płyt wynosił od 0,26 do 0,75 (w zależności od sił przykładanych do płyt poszczególnych modeli), a stopień wykorzystania nośności na ścinanie od 0,33 do 1,00. Jak

się okazało wpływ obciążenia płyt na wynik doświadczenia (nośność słupa) był niezbyt wielki (max. 9%).

Ostatnie zdanie p. 5.1 jest źle sformułowane – chyba chodzi w nim o to, że model, w którym płytę wykonano z betonu zwykłego miał nośność większą niż jego odpowiednik z płytą z betonu lekkiego. Jednakże był tylko jeden taki model, a różnica wyników była nieznaczna. Dlatego należałoby poprzestać na zdaniu poprzednim, w którym stwierdzono (w odniesieniu do wszystkich modeli), że nośność modeli była o około 20% niższa od nośności słupów –świadców, wykonanych w całości z betonu o wysokiej wytrzymałości.

Na str. 120 cytuje się „według Elstnera i Hognestada” wzór (5.1). Wzór ten przedstawia (z błędem) moment graniczny m_R na jednostkę długości i wynika z prostego przekształcenia wzoru na M_R , w którym zastosowano prostokątny wykres naprężeń w betonie i średnie wartości wytrzymałości betonu i granicy plastyczności stali. Moment m_R wynosi zatem

$$m_R = \frac{M_R}{b} = \frac{A_s f_{ym} \left(d - 0,5 \frac{A_s f_{ym}}{b f_{cm}} \right)}{b} = \rho_l f_{ym} d^2 \left(1 - 0,5 \frac{\rho_l f_{ym}}{f_{cm}} \right).$$

Przypisywanie wzoru (5.1) autorom („według Elstnera i Hognestada”) stwarza wrażenie, że za tą zależnością kryje się coś specjalnego, odkrytego przez zacytowanych autorów, a przecież tak nie jest. Należy jednak wyjaśnić, czy błąd we wzorze pochodzi z pracy Elstnera i Hognestada, czy powstał w opracowaniu doktoranta? Czy ten błąd miał wpływ na analizy przeprowadzone w doktoracie (tu warto zauważyć, że wyniki obliczeń płyt ze wzoru błędnego i z wzoru poprawnego są bardzo zbliżone, a więc zapewne błąd ten nie ma praktycznego znaczenia).

W p. 5.2 omawia się wyniki badań modeli połączeń krawędziowych. W podsumowaniu (p.5.2.7) dotyczącym tego zagadnienia na pierwszym miejscu występuje niezrozumiałe (lub niejasno sformułowane) zdanie, dotyczące modeli MK-0:

„Mimo braku wszechstronnego ograniczenia odkształceń poprzecznych... możliwe było lokalne jego skrepowanie i ponad dwukrotny wzrost wytrzymałości w stosunku do badania w stanie jednoosiowego ściskania”.

Zapewne chodzi tu o to, że w betonie płyty uzyskano naprężenia ponad dwukrotnie większe od jego wytrzymałości na ściskanie osiowe. To należałoby skomentować, podając jak przedstawia się podobne porównanie dla modeli centralnych.

Dalej doktorant pisze o modelach MK-0,5: „przewieszenie płyty poza krawędź słupa pozwoliło na uzyskanie na tyle efektywnego skrepowania betonu węzła, iż osiągnął on wytrzymałość niemal pięciokrotnie wyższą aniżeli wynikało to z badania prowadzonego w

stanie jednoosiowego ściskania...”. W poprzednim zdaniu była mowa o dwukrotnym wzroście wytrzymałości, a siły F_{col} zestawione w tablicy 5.7 nie różnią się aż tak bardzo. Należałoby tu dodać jakieś wyjaśnienie lub korektę.

P. 5.3 dotyczy modeli narożnych, w których – jak pisze doktorant – „nie należy oczekiwać znaczącego wzrostu efektywnej wytrzymałości betonu węzła, wynikającego ze skrępowania przez otaczającą go płytę”. Opis zagadnienia przedstawiony na str. 151÷153 uważam za trafny.

Rys. 5.31 ma źle sformułowany tytuł „Porównanie średnich odkształceń zbrojenia podłużnego słupa zlokalizowanego bliżej jego wewnętrznej krawędzi”. To nie słup był „zlokalizowany bliżej”, tylko zbrojenie. Odpowiedni byłby np. taki tytuł: „Średnie odkształcenia podłużnego zbrojenia umieszczonego przy wewnętrznej krawędzi słupa”.

W rozdziale 6 przeanalizowano wpływ wybranych czynników na nośność słupów przewarstwionych betonem płyty. Najpierw rozpatrzono wpływ ograniczenia odkształceń poprzecznych płyty w węźle. W punkcie „Zagadnienie w ujęciu procedur normowych” omawia się wpływ trójosiowego rozkładu naprężeń, występującego w węźle, na wytrzymałość betonu na ściskanie podłużne (tzn. ściskanie siłami jednostkowymi wzdłuż osi słupa). Niepotrzebnie zamieszczono tu informacje o ściskaniu dwuosowym – przecież w takim przypadku wytrzymałość na ściskanie wzdłuż jednej osi słabo zależy od ściskania wzdłuż osi do niej prostopadłej. Istotny zmiany wytrzymałości występują tylko przy ściskaniu trójosiowym, co w pracy zilustrowano na rys. 6.4, który przedstawia zależności przyjęte w normach europejskich. W pracy nie powiedziano wyraźnie, że rys. 6.3 przedstawia naprężenia graniczne σ_1 i σ_2 przy $\sigma_3 = 0$, a rys. 6.4 naprężenia graniczne σ_1 przy ściskających naprężeniach $\sigma_2 = \sigma_3$, co może prowadzić do nieporozumień.

Rys. 6.5 jest niepotrzebny, a towarzyszący mu komentarz, cytuję, „... można zauważyć, iż są one 2 ÷ 2,5-krotnie większe od teoretycznych odkształceń granicznych ...” jest mylący. Przecież, jaka wiadomo (i jak pisze sam doktorant ilustrując to na rys. 6.6) odkształcenia graniczne przy trójosiowym ściskaniu są znacznie większe niż przy ściskaniu jednoosiowym, a więc porównywanie wyników badań z odkształceniami granicznymi jednoosiowego ściskania nie ma sensu. Praca i bez tego jest bardzo długa. Ostatecznie metoda obliczeń proponowana w rozprawie opiera się słusznie na szczegółowej analizie wpływu trójosiowego ściskania na wytrzymałość betonu przewarstwienia.

Jest oczywiste, że wyniki doświadczeń silnie zależą od naprężenia normalnego σ_1 osiąganego w przekroju poprzecznym słupa, a graniczna wartość tego naprężenia jest większa od wytrzymałości na ściskanie jednoosiowe. Podstawową trudność w zastosowaniu teorii

wyężenia betonu sprawia wyznaczenie wartości naprężeń poprzecznych $\sigma_2 = \sigma_3$. Doktorant stara się ocenić tę wartość na podstawie zmierzonych odkształceń zbrojenia płyty.

Odształcenia tego zbrojenia przedstawiono na rys. 6.9 ÷ 6.12. Podsumowanie informacji dotyczących tego zagadnienia dla modeli centralnych przedstawiono na rys. 6.14.

W modelach krawędziowych, jak pisze doktorant „skrępowanie betonu w obrębie zewnętrznej powierzchni węzła wynikało przede wszystkim z sił tarcia i adhezji, działających na powierzchniach styku z betonem słupów”. Podobne twierdzenie znajduje się we fragmentach dotyczących modeli narożnych. Uważam, że pominięto tu rolę naprężeń stycznych w styku płyty ze słupem, które działają niezależnie od sił tarcia i adhezji. Siły tarcia i adhezji wysuwają się na plan pierwszy dopiero wtedy, gdy beton przewarstwienia ulega degradacji. Podsumowanie wywodów dotyczących wpływu naprężeń σ_2 przedstawiono na rys. 6.24, z którego wynika, że stosunek wytrzymałości na ściskanie trójosiowe do wytrzymałości przy ścisaniu jednoosiowym w tych modelach wynosił (w przybliżeniu) od 3 do 4.

W modelach narożnych skrępowanie odkształceń poprzecznych było oczywiście słabsze niż w modelach omówionych wcześniej.

Obszerna część rozdziału 6 dotyczy porównania wyników badań modeli z wynikami badań świadków (słupków o wysokości 60 cm) oraz rozważań o wpływie stosunku grubości płyty do szerokości słupa (stosunek ten nazywa się w pracy „smukłością węzła”). W badaniach doktoranta stosunek ten był stały, ale w pracy rozpatrzono także wyniki uzyskane przez innych badaczy i przytoczono wzór empiryczny *Shu* i *Hawkinsa*. Moim zdaniem rozważania dotyczące murów, umieszczone w tym rozdziale, można by pominąć. Pożyteczne są natomiast porównania badanych modeli do próbek o różnych proporcjach, badanych w maszynie wytrzymałościowej, przy różnych warunkach przekazywania obciążenia na powierzchnie próbki.

Rozdział 6 kończy się punktem 6.3.3 zatytułowanym „Efektywna wytrzymałość betonu węzła w świetle badań eksperymentalnych”. Obszerne zestawienie wyników przedstawiono w tablicy 6.11 i na następujących po niej rysunkach. Podstawowym wynikiem jest tu stosunek wytrzymałości na ściskanie słupa do wytrzymałości na ściskanie betonu w przewarstwieniu. Efektywną wytrzymałość betonu węzła f_{ce} oblicza się ze wzoru (6.10).

Uwaga. Opis zmiennych występujących w tym wzorze jest błędny – jak wynika z warunku równowagi $A_{sc,tot}$ powinno oznaczać pole przekroju zbrojenia słupa, a nie płyty, jak napisano na str. 188.

Szczegółowa analiza wyników przeprowadzona przez doktoranta zajmuje kilka stron, ale nie jest zakończona zwięzłym podsumowaniem. W związku z tym trudno wyrobić sobie pogląd na znaczenie licznych czynników mających wpływ na efektywną wytrzymałość.

W rozdziale 7 „Propozycja autorskiej metody obliczeniowej” doktorant przedstawia własną propozycję metody obliczania efektywnej wytrzymałości betonu węzła. Rozdział rozpoczyna się od zwięzłego wyliczenia czynników mających wpływ na tę wytrzymałość. Następnie omawia się kolejno elementy, w których słup jest otoczony przez płytę ze wszystkich stron, elementy krawędziowe i narożne.

Podstawowe pojęcie, którym posługuje się doktorant (podobnie w piśmiennictwie) to *efektywna wytrzymałość betonu węzła* f_{ce} - tak dobrana, na podstawie f_{cc} i f_{cs} , żeby prawdziwy - tzn. bezpiecznie zgodny z doświadczeniami - był wzór na siłę graniczną mający postać

$$P_0 = \alpha_1 f_{ce} (A_g - A_s) + f_y A_s . \quad (1)$$

Współczynnik α_1 jest związany z uwzględnianiem różnic między wytrzymałością betonu w konstrukcji a wytrzymałością próbek (według ogólnych zasad ACI).

Poszukiwanie rozwiązania na tej drodze może co prawda doprowadzić do bardzo prostego wzoru, ale zaciera sens fizyczny zagadnienia i w związku z tym bardziej nadaje się do norm niż do badań naukowych. Racjonalna analiza mogłaby polegać np. na

A. Wyznaczeniu nośności granicznej słupa w przekroju przywęzłowym.

B. Wyznaczeniu nośności granicznej warstwy między słupowej (nazwijmy ją przewarstwieniem - wpływ na nośność przewarstwienia ma wytrzymałość jego betonu, zbrojenie podłużne, zbrojenie poprzeczne i kształt otoczenia).

C. Przyjęciu, że nośność połączenia jest mniejszą z nośności A i B.

Wtedy jaśniejszy stał by się sens takich spostrzeżeń, jak np. (str. 38), „poniżej pewnej wartości ilorazu f_{cc}/f_{cs} przewarstwienie słabszym betonem płyty nie wpływa na nośność słupa”. Nie wpływa, bo nośność graniczna zbrojonego poprzecznie przewarstwienia jest większa od nośności granicznej słupa.

Oczywiście można starać się o przedstawienie wyników za pomocą wzorów o strukturze takiej jak w normie, tzn. za pomocą wzoru (1). Jednakże zasadniczy wynik analizy badań powinien być ujęty w formie „racjonalnej”, a dostosowanie formy racjonalnej do struktury wzorów normowych powinno być ujęte jako zadanie matematyczne. Zresztą doktorant zwraca uwagę na wszystkie czynniki zwiększające nośność przewarstwienia i opisuje ich rolę. Niepotrzebnie jednak nagina analizę do uproszczonej koncepcji opisu zjawisk związanej z normami.

Istota propozycji doktoranta) przedstawiona jest tak rozwlekłe i chaotycznie, bez podziału na punkty i bez wyróżniania podstawowych założeń, że chcąc ją zrozumieć, musiałem przedstawić ją poniżej w krótszej postaci.

Oznaczenia

f_{ce} – efektywna wytrzymałość betonu w przewarstwieniu

f_{cs} - wytrzymałość betonu w przewarstwieniu

f_{cc} - wytrzymałość betonu słupa (poza przewarstwieniem)

ρ – stopień zbrojenia płyty (w przewarstwieniu)

σ_2 – naprężenie poprzeczne w betonie przewarstwienia

k – współczynnik w hipotezie wyężenia

W rozprawie doktorskiej wartość f_{ce} wyznacza się w kilku krokach.

A). Przyjmuje się hipotezę wyężenia betonu przewarstwienia w postaci

$$f_{ce} = \left(1 + k \frac{\sigma_2}{f_{cs}} \right) f_{cs}, \text{ lecz nie więcej niż } f_{cc},$$

$$\text{czyli } f_{ce} = f_{cs} + k\sigma_2, \text{ lecz nie więcej niż } f_{cc}.$$

Wstępnie zakłada się, że poprzeczne rozszerzaniem się przewarstwienia wywołuje w zbrojeniu płyty rozciąganie, a naprężenia σ_2 powstają tylko z tego powodu. W zbrojeniu osiąga się granicę plastyczności. Z warunku równowagi wynika, że

$$\sigma_2 = \rho_l f_{ym}$$

$$\text{i } f_{ce} = f_{cs} + k\rho_l f_{ym}, \text{ lecz nie więcej niż } f_{cc},$$

a zatem

$$k = \frac{f_{ce} - f_{cs}}{\rho_l f_{ym}}, \text{ lecz nie więcej niż } \frac{f_{cc} - f_{cs}}{\rho_l f_{ym}}.$$

Uwzględniając zależność między f_{ce} i f_{cc} określoną wzorem (1) można w układzie współrzędnych f_{cc}/f_{cs} - k nanieść wartości k uzyskane w badaniach (rys. 7.2) i sporządzić wykres k w zależności od f_{cc}/f_{cs} . Jak widać na tym rysunku, dla rozpatrzonych w doktoracie danych można wzorem (7.7) przedstawić k jako liniową funkcję f_{cc}/f_{cs} według wzoru (7.7).

B). W dalszych wywodach rozpatruje się wyznaczanie szerokości współpracującej płyty w stropach płytowo –słupowych oraz zmniejszenie roli zbrojenia w przypadkach, w których jest ono rozciągane na skutek zginania płyty. W celu uzyskania korzyści, które przynosi zbrojenie w płytach, które nie są zginane, należy zastosować zbrojenie większe od tego, które jest wystarczające ze względu na zginanie. Tu rozróżnia się połączenia wewnętrzne, krawędziowe i narożne oraz rozpatruje słupy o przekroju kołowym i prostokątnym.

Jak już wspomniano w rozprawie brak przejrzystego podsumowania całości wywodów. Rolę takiego podsumowania ma zapewne pełnić punkt 7.5 zatytułowany „Przykłady praktycznego zastosowania proponowanej metody obliczeniowej”.

Czytając p.7.5 zadaję sobie pytanie, czy naprawdę trzeba rozpatrywać przykład całego budynku, żeby zilustrować metodę obliczeń węzłów. W związku ze znaczną długością przykładu trudno jest zorientować się na czym polega autorska metoda obliczeń. Na początku przykład zawiera zbędną i niepoprawną uwagę o „optymalnym wykorzystaniu parametrów wytrzymałościowych materiałów”. Oczywiście, obliczając węzeł trzeba znać zbrojenie płyty, ale można by chyba podać niektóre wartości jako dane, a nie wyznaczać ich w przykładzie. We wszystkich wzorach na względne momenty graniczne ((7.36a), (7.36b) i inne) występuje ten sam błąd co we wzorze (5.1).

W przykładzie razi także zbyt daleko posunięte naśladowanie oznaczeń z prac kręgu związanego z przepisami ACI, np. $\rho_{lx,top}$, $\rho_{lx,bottom}$.

Rozdział 8 zawiera wnioski i - jak pisze autor - „przesłanki do dalszych badań”. Najpierw stwierdza się, że wyniki badań potwierdziły tezy sformułowane na początku pracy, tzn. pozytywny wpływ ograniczenia poprzecznych odkształceń słupa w węzle, a także potrzebę rozróżniania w analizie słupów centralnych, krawędziowych i narożnych. Wpływ zbrojenia płyty okazał się istotny. Istotne znaczenie ma także różnica modułów sprężystości betonu zwykłego i lekkiego.

Nośność węzłów rozpatrywanych w pracy zależy od wielu czynników. Dlatego trudno uznać nagromadzone do dziś wyniki doświadczeń za wystarczające, co otwiera pole do dalszych badań.

3. Uwagi krytyczne dotyczące całej pracy

Przede wszystkim muszę zauważyć, że pracę czyta się z wielkim trudem, bo brak w niej zwięzłego podsumowania najważniejszych osiągnięć i brak zwięzłego algorytmu metody projektowania proponowanej przez autora.

Podsumowując trzeba stwierdzić, że język polski nie jest mocną stroną doktoratu. W wielu miejscach występują niezręcznie sformułowane zdania, które można by z korzyścią dla pracy zastąpić zdaniami prostszymi. Przykłady przedstawiłem omawiając poszczególne rozdziały, ale tego typu niezgrabnych sformułowań jest w pracy znacznie więcej. Przedstawione tu uwagi krytyczne dotyczą terminologii i problematyki przewijającej się przez kilka rozdziałów lub powtarzającej się w całej pracy.

Tytuł pracy odpowiada jej zawartości, ale nie mogę uznać go za zgrabnie sformułowany. Lepszy byłby np. tytuł „Nośność monolitycznego połączenia płyty stropowej ze słupami wykonanymi z betonu mocniejszego niż płyta”.

W „Streszczeniu” występuje niejasny, a może błędny „zwrot „9 modeli stanowiących słupy z betonu...”. Powinno być np. „Każdy z dziewięciu zbadanych modeli składał się ze słupa i płyty wykonanej z betonu słabszego niż słup”.

Doktorant w wielu miejscach używa określenia „moc zbrojenia” (gdzieniegdzie występuje także „efektywna moc zbrojenia”). Określenia takie można czasem spotkać w publikacjach, ale nie można ich uznać za poprawne. Przecież przez moc rozumie się pracę wykonaną na jednostkę czasu. Wskaźnik $\rho f_y / f_{ck}$ przedstawia coś, co trzymając się nazewnictwa stosowanego w fizyce, można by nazwać „względną gęstością granicznej siły w zbrojeniu”. Można by także stosować nazwy krótsze jak „graniczna intensywność siły w zbrojeniu” lub po prostu „graniczna intensywność zbrojenia” (ta wydaje mi się najlepsza). Wtedy wskaźnik $\rho \sigma_s / f_{ck}$ można by nazwać intensywnością siły w zbrojeniu.

Na str. 32 pojawia się określenie „niejednorodność wyrażona ilorazem wytrzymałości” słupa i płyty. Ta niejednorodność i stopień niejednorodności pojawia się w pracy jeszcze wiele razy. „Niejednorodność” nie jest tu właściwym określeniem – należało raczej użyć słów „zróznicowanie” i „stopień zróznicowania”.

Na str. 91 w tytule tablicy występują „charakterystyki geometryczne”, a należałoby użyć słowa „wymiary”. W wielu miejscach, w których mowa o kształcie połączenia, występuje „geometria połączenia”. Muszę tu jednak zauważyć, że od pewnego czasu stosowanie słowa „geometria” zamiast słowa „kształt” jest bardzo często spotykane (zapewne wpływ języka angielskiego).

Na str. 130 u dołu występuje „działanie niezrównoważonego momentu zginającego”. Określenie „niezrównoważony moment” pojawia się także w kilku innych miejscach w pracy. Przecież zgodnie z podstawowymi prawami równowagi nie ma żadnych niezrównoważonych momentów. Na str. 130 chodziło po prostu o moment zginający w płycie, po jednej stronie słupa.

4. Podsumowanie

Zagadnienie, będące przedmiotem rozprawy doktorskiej jest jasno określone w początkowej części tej rozprawy.

Praca ma wiele godnych uwagi zalet oraz trochę wad. Wady dotyczą głównie języka i sformułowań, niekiedy niezręcznych, a niekiedy rażących rozwlekłością. Ponadto w pracy

brak syntetycznego opisu głównych wyników i metody obliczeń proponowanej przez doktoranta.

Zalety to:

- bardzo wnikliwy i głęboki przegląd piśmiennictwa zakończony wartościowym podsumowaniem
- wartościowe, starannie zaplanowane, wykonane i opisane doświadczenia
- bardzo staranne i przejrzyste rysunki ilustrujące zarówno doświadczenia jak i tezy teoretyczne
- wartościowa analiza zjawisk zachodzących w połączeniach będących tematem pracy.

Zalety tak zdecydowanie przeważają nad wadami, że pozwalają nawet zastanawiać się nad postawieniem wniosku o wyróżnienie pracy. Wady łatwo będzie wyeliminować w przyszłych publikacjach.

Rozprawa mgr. inż. Michała Gołdyna jest oparta na obszernym i właściwie dobranym piśmiennictwie, które zostało wnikliwie przeanalizowane. Podstawą rozprawy są oryginalne, pracołłonne i trudne badania doświadczalne, które wykonano z dużym nakładem pracy i dużą starannością. Praca zawiera kilka cennych spostrzeżeń empirycznych oraz analiz opartych na współczesnym stanie teorii żelbetu i jest istotnym krokiem na drodze do rozwiązania skomplikowanego zagadnienia.

Rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Doktorant wykazał, że ma ogólną wiedzę teoretyczną w dziedzinie konstrukcji budowlanych oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w tej dziedzinie. Rozprawa spełnia zatem wymagania określone w art. 13.1 „Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym...”.

Stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr. inż. Michała Gołdyna i dopuszczenie jej do publicznej obrony.



Prof. dr hab. inż. Michał Knauff