

Dr hab. inż. **Tadeusz Urban**, prof. PŁ

Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

Katedra Budownictwa Betonowego

Recenzja pracy doktorskiej  
Wykonanej na Wydziale Inżynierii Lądowej  
Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki  
w Instytucie Materiałów i Konstrukcji Budowlanych  
w Katedrze Konstrukcji Sprężonych

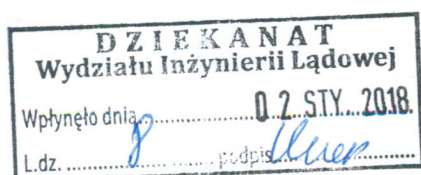
**NOŚNOŚĆ NA ŚCINANIE STRUNOBETONOWYCH PŁYT  
KANAŁOWYCH Z UWZGLĘDNIENIEM NADBETONU, OPARTYCH  
NA PODPORACH PODATNYCH**

Autor rozprawy: **mgr inż. Mateusz Surma**

Promotor: **prof. dr hab. inż. Kazimierz Flaga, dr h.c.m.**

Promotor pomocniczy: **dr hab. inż. Wit Derkowski**

Łódź, grudzień 2017r.



## **1. Uwagi wstępne**

Recenzję opracowano na podstawie uchwały Rady Wydziału Inżynierii Lądowej z dnia 25 września 2017 roku i zlecenia skierowanego przez Dziekana pismem z dnia 26 września 2017 roku.

Rozprawa doktorska „Nośność na ścinanie strunobetonowych płyt kanałowych z uwzględnieniem nadbetonu, opartych na podporach podatnych” opracowana przez mgr. inż. Mateusza Surmy pod kierownictwem prof. dr hab. inż. Kazimierza Flagi i dr hab. inż. Wita Derkowskiego, jako promotora pomocniczego, liczy 173 strony i składa się z 8 rozdziałów oraz 3 załączników stanowiących cenne uzupełnienie części podstawowej rozprawy o szczegółowe informacje dotyczące analiz obliczeniowych i badań własnych.

Spis piśmiennictwa liczy 167 pozycji (recenzent różni się w tym względzie od liczby podanej przez autora – 176). W pracy umieszczono dwa streszczenia po polsku i angielsku. W rozprawie znajduje się obszerna lista użytych w niej symboli zajmująca aż 4 strony. Kolejne 5 stron zajmuje wykaz rycin, fotografii i tablic.

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

W **rozdziale 1** zatytułowanym „**Wprowadzenie – geneza problemu**” Autor rozprawy wprowadza czytelnika w przedmiot rozważanej tematyki i uzasadnia celowość jej podjęcia.

W **rozdziale 2 - „Cel, zakres i tezy pracy”** w zwięzły sposób określono metodykę rozwiązania zamierzonego problemu, którym jest stan graniczny nośności na ścinanie strunobetonowych płyt kanałowych opartych na podporach podatnych, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu nadbetonu. Cel pracy, Autor rozprawy starał się osiągnąć włączając w zakres swych rozważań:

- obszerne studium literaturowe problemu,
- analizę parametryczną istniejących modeli obliczeniowych,
- propozycję własnego modelu obliczeniowego,
- własne badania eksperymentalne,
- analizę numeryczną.

Podsumowaniem **rozdziału 2** jest sformułowanie trzech tez pracy:

1. Wzrost podatności podpory powoduje niekorzystną zmianę naprężeń płyty kanałowej, która może powodować przekroczenie stanu granicznego nośności ścinania.
2. Układanie dodatkowej warstwy nadbetonu na prefabrykowanych, stropowych płytach kanałowych podnosi w znaczący sposób bezpieczeństwo stropu z uwagi na stan graniczny nośności ścinania.
3. Za podpory podatne należy uważać dźwigary, których przyrost doraźnego ugięcia na skutek obciążeń powstałych po wypełnieniu styków między płytami kanałowymi jest większy niż  $1/1350$  rozpiętości.

**Rozdział 3** zatytułowany „Przegląd literaturowy” stanowi obszerne studium rozważanej problematyki. W rozdziale tym zawarto również opisy technologii prefabrykacji płyt kanałowych - ekstruzji i ślizgowej (p. 3.1) oraz ich charakterystyki (p. 3.2). W (p. 3.3) przedstawiono założenia do projektowania płyt kanałowych, a w dalszych punktach tego rozdziału opisano stan graniczny nośności na ścinanie rozróżniając dwie sytuacje – płyty oparte na podporach sztywnych (p. 3.4) i podatnych (p. 3.5). W poszczególnych podpunktach przedstawiono badania doświadczalne i analizy obliczeniowe. Wyróżniono w tym polskie doświadczenia naukowe z tego zakresu, wymieniając prace *Starosolskiego*, *Ajdukiewicza*, *Cholewickiego*, *Szulca* i *Bodzaka*. Ponieważ Autor dysertacji zamieścił informację o „wąskim zakresie badań doświadczalnych na Politechnice Łódzkiej”, recenzent czuje się w obowiązku skorygować to stwierdzenie informując o przeprowadzeniu badań niszczących ponad 50 płyt kanałowych w laboratorium Katedry Budownictwa Betonowego Politechnik Łódzkiej. Należy jednak usprawiedliwić Autora dysertacji, ponieważ badania te nie mają dostatecznego odzwierciedlenia literaturowego, przynajmniej do połowy 2017r.

W podrozdziale 3.5 przedstawiono konstrukcję stropów „Slim Floor”, które zapoczątkowały problematykę podatnych podpór płyt kanałowych. W dalszej części tego podrozdziału Autor rozwija problematykę podatności podpór i jej wpływu na ścinanie płyt kanałowych. Szeroko komentuje w tym kontekście badania i analizy obliczeniowe. Są to przede wszystkim badania ośrodków skandynawskich oraz niemieckich.

W **rozdziale 4** Doktorant przedstawił studium parametryczne wcześniej opisanych modeli obliczeniowych. We wnioskach tej analizy zostały zawarte bardzo ważne konkluzje sformułowane przez Autora dysertacji, wykazujące brak jednoznaczności w przepisach normowych, jak również podejściach autorskich. Zwłaszcza fakt rozbieżnych na wpływ



warstwy nadbetonu na nośność na ścinanie był inspiracją do podjęcia tej tematyki przez Doktoranta. **Podsumowując rozdział 3 i 4 Recenzent wysoko ocenia krytyczne podejście Autora we wnikliwej ocenie istniejącego stanu wiedzy rozważanej problematyki.**

Bardzo ważną częścią pracy jest **rozdział 5**, w którym Doktorant przedstawia autorski model obliczeniowy nośności na ścinanie strunobetonowych płyt kanałowych opartych na podporach podatnych. Metoda ta jest rozwinięciem metody opracowanej przez *Cholewickiego* w latach 70-tych ubiegłego stulecia do obliczania ścian usztywniających budynków wysokich – tzw. metody pasmowej. W recenzowanej rozprawie została ona przez Doktoranta twórczo przystosowana do wyznaczania poziomego naprężenia stycznego w płytach kanałowych opartych na podatnych podporach. W załączniku A metoda ta została zilustrowana przykładem obliczeniowym. **Dla recenzenta pewnym zaskoczeniem jest umieszczenie tego rozdziału w tym miejscu. Mógłby on być twórczym podsumowaniem całej dysertacji.**

W **rozdziale 6** na 45 stronach zostały przedstawione własne badania doświadczalne, które stanowią niepodważalny wkład Doktoranta do rozwoju wiedzy w analizowanej problematyce. Program badań obejmował trzy etapy:

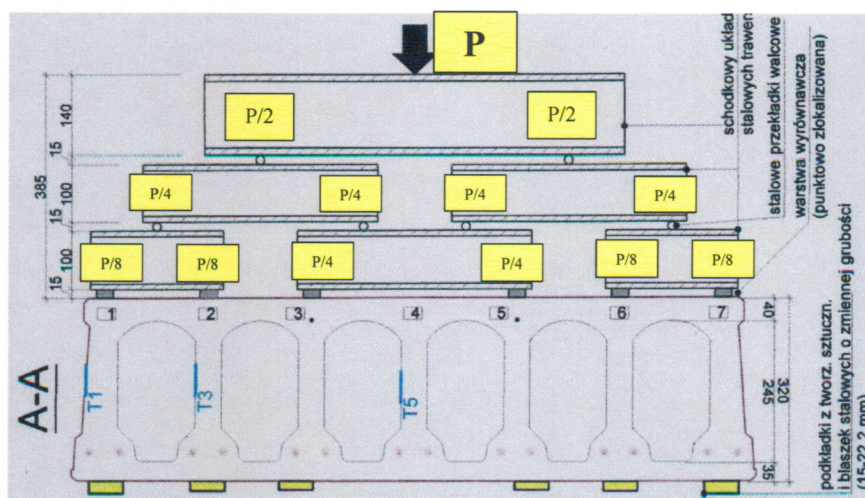
- etap I – badania płyt na podporach sztywnych (3 elementy),
- etap II – badania płyt na podporach podatnych (6 elementów),
- etap III – badania płyt na podporach podatnych ale z dodatkową siłą poziomą (6 elementów).

W sumie zostało zbadanych 15 płyt o różnych wysokościach z nadbetonem i bez. Z analizy wykluczono 3 elementy, jak stwierdza Autor „z uwagi na wady technologiczne – znaczące odchyłki geometryczne, mające wpływ na pracę płyt pod obciążeniem”. Jedną z tych płyt została oznaczona symbolem HC200m/T, ale w Tablicy 2.1, gdzie zestawiono oznaczenia elementów badawczych, takiej płyty nie ma. Recenzentowi brakuje tutaj również jednoznacznej informacji o technologii wykonania tych elementów – ślizgowej czy ekstruzji? Na podstawie kształtu kanałów można się domyślać, że była technologia ślizgowa. Potwierdzeniem tego domysłu jest informacja pojawiająca się dopiero p. 6.3.2.1 na stronie 124.

Analizując informacje zawarte w Tablicy 24 recenzentowi nasuwają się pewne wątpliwości, czy podane wyniki odzwierciedlają jednoznacznie wpływ zmiany schematu statycznego. Wszystkie badane płyty były wykonywane w różnych terminach, czyli z różnych zarobów i prawdopodobnie w niektórych przypadkach z różnych materiałów.

Dwa pierwsze wyniki, gdzie uzyskano stosunki 0,96 i 1,06 mogłyby być nawet potwierdzeniem tezy, że sztywność podpór nie ma znaczenia na nośność na ścinanie. Oczywiście nie jest to prawda, a jedynie wynik niedoskonałości eksperymentu.

Przykładem takiej niedoskonałości jest również sposób realizacji obciążania płyt, który zgodnie z intencjami badacza powinien odzwierciedlać realną sytuację w budynku. Zgodnie z zalecaniami normy PN-EN 1168 2011 obciążenie powinno być w postaci siły liniowej, w domyśle stałej na całej szerokości elementu. Oczywiście, w sytuacji podatnej podpory realizacja takiego postulatu jest trudna. Najwłaściwszym sposobem byłoby przyłożenie jednakowych sił na każde żebro o wielkości  $P/7$ . Przy nieparzystej liczbie żebrowym wymagałoby to 7. niezależnie działających siłowników. Przy parzystej można byłoby się ograniczyć liczbę siłowników do połowy liczby żebrowym. Pokazany na poniższym rysunku sposób obciążania badanych modeli nie spełniał postulatu normowego równomiernego obciążenia liniowego. Na żebro 3 i 5 przyłożona była siła  $P/4$ , a środkowe 4 nie było wcale obciążone. Uzyskane w ten sposób wyniki mogą budzić wątpliwości.



Obciążenie poszczególnych żebrowym płyty analizowanych badań

Podobnie ma się sprawa ze sposobem wywołania podatności podpory. Pomysł nawiązywał do badań szwedzkich (Ferreira 2002), ale nie do końca. W badaniach szwedzkich krzywizna podpory była ściśle określona poprzez zróżnicowanie średnicy stalowych rolek. W badaniach Doktoranta zastosowano podkładki z „tworzywa sztucznego”, a zróżnicowanie grubości poszczególnych podpór za pomocą pakietów blaszek stalowych. Podatność tych quasi punktowych podpór nie jest znana. Zdaniem recenzenta można było wyskalować sztywność tych podpór eksperymentalnie uzyskując zależności siła-odkształcenie. Następnie mierząc zmiany grubości pod obciążeniem płyty, można byłoby uzyskać wielkości reakcji pod poszczególnymi żebrowym.



We wnioskach z analizy badań (p. 6.2.8) brakuje odniesienia się do wyników serii referencyjnej. Czy uzyskane wyniki potwierdzały wymogi normy PN-EN 1168 2011? Jest to bardzo ważne zwłaszcza w świetle przeprowadzonych badań dodatkowych (p.6.3.2), gdzie stwierdzono znaczne różnice wytrzymałości betonu na próbkach wyciętych z płyt w porównaniu z próbkami normowymi. **Doktorant na stronie 129 stawia bardzo ważne pytanie „...którą wartość wytrzymałości na rozciąganie betonu żeberek należy przyjmować do inżynierskiego wymiarowania płyty kanałowej jako elementu konstrukcyjnego.”** Chodzi tu oczywiście o wytrzymałość  $f_{ctm}$  wynikającą z klasy betonu, czy realną odpowiadającą wytrzymałości w żeberku płyty. Szkoda tylko, że nie podejmuje próby uwzględnienia stwierdzonych faktów w swych analizach.

Dopiero informacja uzyskana w drodze bezpośredniej korespondencji z Doktorantem wyjaśnia nieco ten problem. Poniżej przedstawiono tablicę przesłaną przez Doktoranta, a nie umieszczoną w rozprawie:

	NOŚNOŚĆ $V_{Rdc}$ [kN]			
	HC 320		HC 320	
	$f_{ctm}=3,28\text{MPa}$ próbki normowe	$f_{ctm}=2,24\text{MPa}$ Próbki wycinkowe	$f_{ctm}=3,28\text{MPa}$ Próbki normowe	$f_{ctm}=2,24\text{MPa}$ Próbki wycinkowe
EC-2	356	269	560	411
EN-1168 (met. dokładna)	<b>278</b>	209	<b>396</b>	290
MC2010 (met. dokładna)	285	215	403	296
TEST	<b>278</b>		<b>356</b>	

Uwaga: W powyższej tablicy jest błąd w oznaczeniu płyty – w drugim wierszu drugiej kolumny powinien być symbol – HC 500.

Przedstawione wyniki płyt referencyjnych wykazały, że najbliższa doświadczeniu jest metoda dokładna zgodnie z normą EN-1168 przy przyjęciu wytrzymałości betonu na rozciąganie z próbek normowych.

Wyjaśnienia wymaga rysunek „Ryc. 40” na stronie 108, gdzie pokazane są dwie niebieskie linie reprezentujące rozwój odkształceń w środkowym żeberku, która linia jest właściwa?

Ważną częścią recenzowanej dysertacji jest **rozdział 7** przedstawiony na 22 stronach, w którym Autor wykazał się umiejętnością wykorzystania komercyjnego programu Ansys Mechanical w analizie numerycznej badanych modeli. Statyczną analizę zagadnienia przeprowadzono z uwzględnieniem nieliniowości geometrycznych i materiałowych, wynikających ze zmian sztywności betonowych elementów modelowanej konstrukcji. Porównanie wyników uzyskanych na podstawie analizy numerycznej MES z wynikami doświadczalnymi wykazało zadawalającą zbieżność.

Osobnym zagadnieniem była analiza modelu pola stropowego (podrozdział 7.2). Celem tej części analizy numerycznej było oszacowanie doraźnego ugięcia dźwigara od obciążeń powstałych po wypełnieniu styków pomiędzy płytami kanałowymi, które można przyjąć za graniczną wartość pomiędzy podporami sztywnymi i podatnymi. Model został zbudowany dla płyt kanałowych HC 500 i dźwigara stalowego IFB systemu Slim Floor. Na tej podstawie Doktorant sformułował trzecią tezę o wartości granicznej strzałki ugięcia dźwigara wynoszącej  $1/1350L_b$  wywołanej obciążeniami powstałych po wypełnieniu styków pomiędzy płytami. **W tym miejscu rodzi się wątpliwość, czy ustalona wartość strzałki ugięcia jest wartością uniwersalną dotyczącą płyt o różnych wysokościach, czy tylko płyt przyjętych w analizie numerycznej o wysokości 500 mm. Jest to bardzo istotne dla charakteru trzeciej tezy – jej uniwersalności.**

### 3. Semantyka i nie tylko

Recenzent ocenia wysoko pod względem edytorskim i językowym analizowaną rozprawę. Przede wszystkim na pochwałę zasługuje zwięzłość przedstawiania problematyki, która jednak miejscami stanowiła dla recenzenta utrudnienie przy weryfikacji wyników obliczeń własnych Doktoranta. Do dyskusyjnych i polemicznych uwag można zaliczyć:

- osobna numeracja fotografii i rysunków, w tym pretensjonalne oznaczenie rysunków skrótem „Ryc.”,
- sposób cytowania bez podania numerów poszczególnych pozycji,
- liczba pozycji literaturowych 176, zdaniem recenzenta jest nieprawdziwa, według niego jest 167 (tego błędu można było uniknąć przy automatycznej numeracji),
- podawania wyników obliczeń (załącznik A) bez podania wartości liczbowych we wzorach,
- używanie słowa „ilość” zamiast „liczba” (patrz str. 163),
- używanie terminu „wytężenie” w odniesieniu do płyt (wielokrotnie w wielu miejscach, np. Tablica 3. na str. 73 i na kolejnych stronach 74, 75, 76 i 77 ...),
- termin „wymiażdżenie betonu” użyty dwukrotnie na str. 32 ? Czyżby to nowy regionalizm ?

(Ciekawość recenzenta była na tyle duża, że szukał tego słowa w sieci i znalazł: termin stomatologiczny – *wyluszczenie miazgi*, archeologiczny – *wymiażdżenie grotu krzemiennego*. Chyba jednak terminy „zmiażdżenie” i „miażdżenie” w budownictwie są powszechnie używane i Autor również je używa - patrz str. 135, 136 i 137).



#### 4. Podsumowanie

Zagadnienie, będące przedmiotem rozprawy jest jasno określone w początkowej części rozprawy. Zdaniem recenzenta, przedmiot rozprawy należy zaliczyć do bardzo trudnych zagadnień współczesnego budownictwa. Stąd tylko nieliczne ośrodki badawcze podejmują wyzwanie ich rozwiązania i to tylko zwykle w ograniczonym zakresie. Rozdział 3 dysertacji doskonale odzwierciedla taki stan rzeczy. Mimo złożoności i trudności badawczych rozważanej problematyki, to jednak należy ją zaliczyć do bardzo ważnej dla rozwoju współczesnego budownictwa kubaturowego. Postulat aktualności tematu dysertacji, zdaniem recenzenta, jest w pełni uzasadniony.

Mocne strony pracy:

- bardzo wnikliwy i głęboki przegląd piśmiennictwa zakończony wartościowym podsumowaniem;
- wartościowa analiza zjawisk w płytach kanałowych będących przedmiotem pracy;
- autorski model obliczeniowy nośności na ścinanie strunobetonowych płyt kanałowych opartych na podporach podatnych;
- uwzględnienie w badaniach doświadczalnych i teoretycznych wpływu nadbetonu na nośność na ścinanie płyt kanałowych;
- próba numerycznej analizy MES.

Słabsze strony pracy:

- zdaniem recenzenta przyjęty sposób realizacji podatności podpory nie odwzorowuje dobrze sytuacji w realnej konstrukcji;
- wątpliwości budzi również 3 teza i przypisana jej wartość  $1/1350L_b$ , która została ustalona dla płyt o wysokości 500 mm, czy taka sama wartość ugięcia będzie adekwatna dla płyt niższych ?

Recenzent z całą mocą podkreśla, że mocne strony rozprawy zdecydowanie przeważają nad słabszymi, które w głównej mierze są wynikiem ograniczonych możliwości realizacyjnych laboratorium, jak również nakładów finansowych i czasowych.

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. Mateusza Surmy* i dopuszczenie jej do publicznej obrony.



.....

*Tadeusz Urban*