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

MGR INŻ. MATEUSZ SURMA

STRESZCZENIE

W rozprawie doktorskiej, podjęto refleksję o charakterze naukowo-technicznym nad zagadnieniem wpływu podatności dźwigara na redukcję nośności ścinania strunobetonowych płyt kanałowych, ze szczególną rolą warstwy nadbetonu. Gruntowny przegląd literaturowy oraz studium parametryczne modeli obliczeniowych i europejskich normatywów wskazały, częściowo rozpoznany w świecie problem, iż wraz ze wzrostem ugięcia podpór następuje deformacja poprzeczna układu płyt. W konsekwencji płyty oparte na rozciąganej półce dźwigara, mają tendencję do przemieszczenia się w kierunku podłużnym podpory, czemu przeciwstawiają się adhezyjne siły przyczepności oraz tarcia w złączu płyta-dźwigar. Efektem takiej współpracy elementów stropowych jest pojawienie się strumienia poziomych naprężeń stycznych τ_{zx} w żeberku płyty, o przebiegu równoległym do osi dźwigara, co może prowadzić do zniszczenia zewnętrznych żeberek skrajnych płyt pola stropowego przy obciążeniu znacznie mniejszym, niż w przypadku oparcia na podporach sztywnych.

Badania doświadczalne, odwzorowujące rzeczywiste warunki pracy płyt kanałowych przy określonym sposobie podparcia, zależnym od lokalizacji elementu na stropie, przeprowadzone na 15 płytach różnych wysokości, potwierdziły znaczący wpływ poziomego naprężenia ścinającego na nośność ścinania, redukującego jej wartość nawet o ok. 40 %. Jednocześnie badania wykazały pozytywny wpływ warstwy nadbetonu (wzrost nośności nawet o ok. 80 %), której efektywność jest tym większa, im mniejsza jest wysokość nominalna płyty kanałowej. Wnioski badawcze potwierdziła również analiza numeryczna, z wykorzystaniem metody elementów skończonych, którą przeprowadzono, aby określić wielkości fizyczne, których pomiar w badaniach doświadczalnych był niemożliwy lub utrudniony, jak również w celu śledzenia rozwoju zarysowania betonu, którego obserwacja w doświadczeniach nie była możliwa z uwagi na nagły typ zniszczenia. Badania i analizy potwierdziły, iż najbardziej wyczerpanym fragmentem płyty jest żeberko skrajne.

W analizach numerycznych wykonano także symulacje pola stropowego, odpowiadającego możliwemu, rzeczywistemu ukształtowaniu konstrukcji Slim Floor, w celu określenia takiej wartości sztywności giętej dźwigara, dla której w obliczeniach nośności płyt na ścinanie należy uwzględnić podatność podpory. Zagadnienie to mogło znaleźć rozwiązanie jedynie na drodze symulacji komputerowej, ponieważ potrzebna liczba elementów konstrukcyjnych oraz rozmiary stanowiska przekraczały możliwości badań eksperymentalnych. Analiza numeryczna wykazała, iż doraźne ugięcie na poziomie 1/1350 rozpiętości można uznać za wartość, od której dźwigar traktuje się jako podporę podatną.

W pracy zaproponowano koncepcję autorskiego modelu obliczeniowego nośności płyt kanałowych na ścinanie, którego podstawę teoretyczną stanowi model pasmowy autorstwa Cholewickiego i model fiński autorstwa Pajari'ego i Leskelä. Celem rozwinięcia modelu było znalezienie alternatywnej metody do wyznaczania poziomego naprężenia stycznego τ_{zx} , którego wystąpienie ma decydujące znaczenie dla redukcji nośności na ścinanie płyt kanałowych opartych na podporach podatnych. Model autorski daje wyniki pośrednie pomiędzy modelami fińskim i niemieckim, co wydaje się być efektem pożądanym z uwagi na zachowawczy charakter modelu fińskiego. Rozwiązanie autorskie stanowi jak dotąd pierwszą próbę analitycznego uwzględnienia wpływu podatności żeberek, która może mieć duże znaczenie dla zachowania odpowiedniej nośności płyty kanałowej. W pozostałych modelach żeberka traktowane są jako układ sztywny, łączący poziome półki płyty. Analiza parametryczna modelu autorskiego potwierdza, że jest on ciekawą koncepcją obliczeniową, stanowiącą istotny wkład w rozwój zagadnienia stanu naprężeń i szacowania nośności na ścinanie strunobetonowych płyt kanałowych opartych na podporach podatnych. Model stanowi proste narzędzie obliczeniowe, przystępne dla inżynierskiej analizy przez projektantów konstrukcji Slim Floor. Uzyskane rezultaty mogą stanowić też punkt odniesienia dla wartości według modelu fińskiego i niemieckiego.

W pracy wskazano też ciekawe kwestie poboczne, traktujące m.in.: o różnicach parametrów wytrzymałościowych betonu żeberek płyt kanałowych, czy warunkach zespolenia w styku płyta-nadbeton.

SHEAR CAPACITY OF PRESTRESSED HOLLOW CORE SLABS WITH CONCRETE TOPPING ON FLEXIBLE SUPPORTS

MSc. Eng. Mateusz Surma

ABSTRACT

The dissertation presents a scientific and technical reflection on the influence of flexible supports on the reduction of shear capacity of prestressed Hollow Core slabs with the particular role of concrete topping layer. Thorough literature review and parametric study of computational models and European norms have pointed out the problem, which had already been partly recognized in the world, that deflection of the support beam results in transverse deformation of the slabs system. As a consequence, the precast units supported on the tensioned beam flange tend to move in the longitudinal direction of the support beam, which is reduced by adhesion forces and friction in the slab-beam joint. Such cooperation of the floor elements results in horizontal shear stress τ_{zx} in the web of the slab, parallel to the axis of the beam, which can lead to the destruction of the outer webs of the extreme floor slabs, taking much lower load than with the support on the rigid supports.

Experimental research simulating the real behaviour conditions of the floor units with a specific support conditions, depending on the location of the unit on the floor, carried out on 15 precast slabs of different heights, confirmed the significant effect of horizontal shear stress on shear capacity, reducing its value by up to

40 %. What is more, the research showed the positive effect of concrete topping layer (increase of shear capacity by up to 80 %), which efficiency increases with the decrease of nominal height of the slab. Research conclusions were also confirmed by numerical analysis, using the FEM, which was performed to determine the physical quantities that were impossible or difficult to measure in experimental research as well as to track the development of cracking of concrete that could not be observed in experiments due to the brittle type of damage. Research and analyses have confirmed that the outer web is the one that is most loaded.

In the FEM analysis, simulations of the floor slabs corresponding to the actual shape of the Slim Floor were performed to determine the value of the rigidity of the support beam, for which the flexibility of the support should be taken into account in the calculation of the shear capacity of the slab. This problem could only be solved by computer simulation, because the required number of structural components and the size of the test stand exceeded the possibilities of our laboratory. The limit value of the immediate deflection of the support beam was found to be the deflection at 1/1350.

The dissertation proposes the concept of the author's model of calculating the shear capacity of HC slabs, the theoretical basis of which is the Cholewicki band model and the Finnish model by Pajari and Leskelä. The purpose of the model development was to find an alternative method for determining the horizontal tangential stress τ_{zx} which occurrence is decisive for reducing the shear resistance of channel plates based on susceptible supports. The author's model gives intermediate results between Finnish and German models, which seems to be desirable, taking the conservative character of the Finnish model into account. The author's model is so far the first attempt at analytical consideration of the effect of web flexibility, which may be important to maintain the proper capacity of the slab. In the other models, the webs are treated as a rigid system, connecting the horizontal flanges of the plate. Parametric analysis of the author's model confirms that it is an interesting computational concept, which makes an important contribution to the development of the knowledge on the state of stresses and the estimation of the load-bearing capacity of HC slabs supported on flexible supports. The model is a simple calculation tool, affordable for engineering analysis by Slim Floor designers. The results obtained may also be a reference point for values obtained by the Finnish and German models.

Other interesting side issues, including: variation of mechanical properties of concrete or conditions of composite action in the slab-topping joint, are also pointed out in the thesis.