

Analiza możliwości wzmocnienia stropu budynku przemysłowego

Analysis of the possibilities of strengthening the ceiling of an industrial building

dr inż. Piotr Bogacz (ORCID: 0000-0003-0011-676X), mgr inż. Norbert Michałowski, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

DOI: 10.5604/01.3001.0054.1311

Streszczenie: Zmiana sposobu użytkowania lub zmiana funkcji obiektu budowlanego często wiąże się z koniecznością nowego układu funkcjonalnego, co powoduje zmianę układu obciążeń. To z kolei determinuje konieczność przeprowadzenia głębokiej analizy konstrukcji budynku pod względem układu obciążeń oraz konieczności spełnienia stanu granicznego nośności oraz stanu granicznego użyteczności. W pracy przeanalizowano koncepcję zmiany sposobu wykorzystania istniejącego obiektu, który wymaga wzmocnienia, głównie stropu znajdującego się nad parterem. Zweryfikowano spełnienie warunków normowych dla Polskich Norm oraz Eurokodów. Te drugie powodują konieczność wzmocnienia stropu. Zaproponowano dwie, różne metody, które, jak potwierdzają obliczenia, dają doskonałe rezultaty.

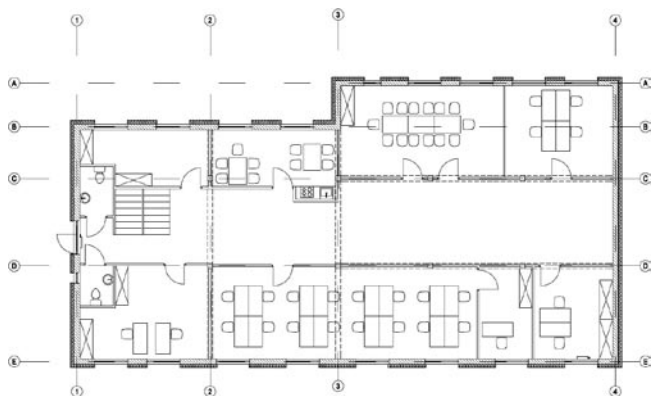
Słowa kluczowe: zmiana sposobu użytkowania, strop, wzmocnienie, taśmy kompozytowe.

Abstract: Changing the method of use or changing the function of a building often involves the need for a new functional arrangement, which results in a change in the load arrangement. This, in turn, determines the need to conduct an in-depth analysis of the building structure in terms of the load system and the need to meet the load-bearing limit state and the serviceability limit state. The work analyzed the concept of changing the use of an existing facility, which requires strengthening, mainly the ceiling located above the ground floor. The fulfillment of standard conditions for Polish Standards and Eurocodes was verified. The latter make it necessary to strengthen the ceiling. Two different methods have been proposed, which, as confirmed by calculations, give excellent results.

Keywords: change of use, ceiling, reinforcement, composite tapes.

1. Wprowadzenie

Przebudowa obiektu budowlanego wiąże się niejednokrotnie z koniecznością zmiany układu konstrukcyjnego oraz funkcjonalnego w celu dostosowania obiektu do nowych potrzeb. Powoduje to konieczność wzmocnienia konstrukcji budynku. Z uwagi na to, że obiekt będący przedmiotem analizy był wybudowany jeszcze przed przyjęciem do polskiego prawodawstwa Eurokodów [1–4], przeprowadzona analiza możliwości wzmocnienia obejmuje wymagania z Polskich Norm [5, 6] oraz Eurokodów (sposób zbierania obciążeń oraz ich wartości).



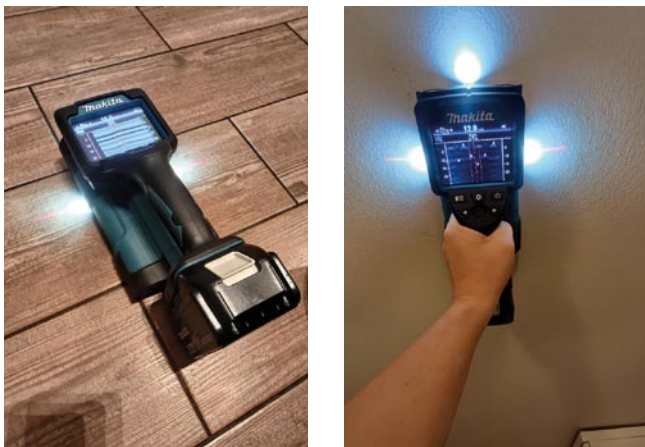
Rys. 1. Rzut piętra przed przebudową

Budynek będący przedmiotem pracy wybudowany został w 1976 roku. Zmiana sposobu użytkowania wiąże się z koniecznością zainstalowania specjalistycznego sprzętu oraz wyznaczenia toru jezdni wózka przewożącego półfabrykaty oraz gotowe wyroby.

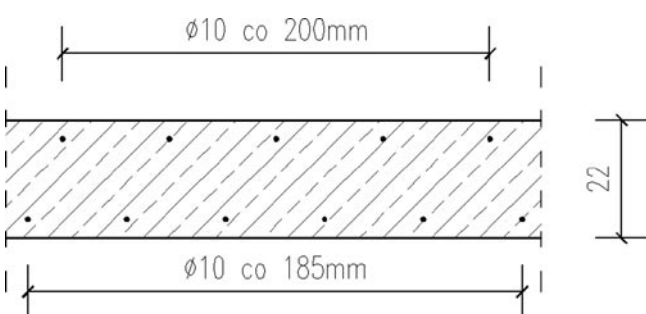
2. Analiza obciążeń

Na podstawie przeprowadzonej inwentaryzacji sporządzono model przestrzenny. Pozwoliło to lepiej zobrazować rozkład obciążeń pochodzący od specjalistycznego wyposażenia oraz wózka jezdni. Po przeprowadzonej analizie w ławach fundamentowych stwierdzono, że są one w stanie wytrzymać nowo projektowane obciążenie bez konieczności ich wzmocnienia. W związku z powyższym skupiono się na dokładnej analizie istniejącego stropu and parterem [10]. W celu potwierdzenia zgodności układu zbrojenia z otrzymaną dokumentacją projektową wykonano skanowanie powierzchni stropu przy użyciu Makita DWD 181.

Otrzymane wyniki potwierdzają zgodność wykonanego zbrojenia w stropie z otrzymaną dokumentacją projektową. W oparciu o zebrane obciążenia wykonano obliczenia momentów zginających oraz zbrojenia teoretycznego dla stanu istniejącego (przed zmianą sposobu wykorzystania piętra).



Rys. 2. Skanowanie stropu w celu weryfikacji zbrojenia w stropie



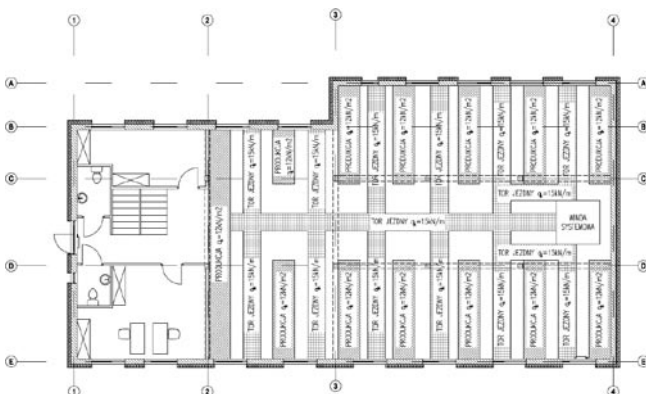
Rys. 3. Zweryfikowane zbrojenie dolne i górne stropu

Na tej podstawie stwierdzono, że stopień wyężnienia stropu jest równy ~55–60%. Po przeprowadzeniu obliczeń po zebraniu obciążeń w stanie projektowanym stwierdzono wyężnienie przekraczające wartości graniczne, zarówno w SGN jak i SGU, co powoduje konieczność wzmocnienia istniejącej konstrukcji.

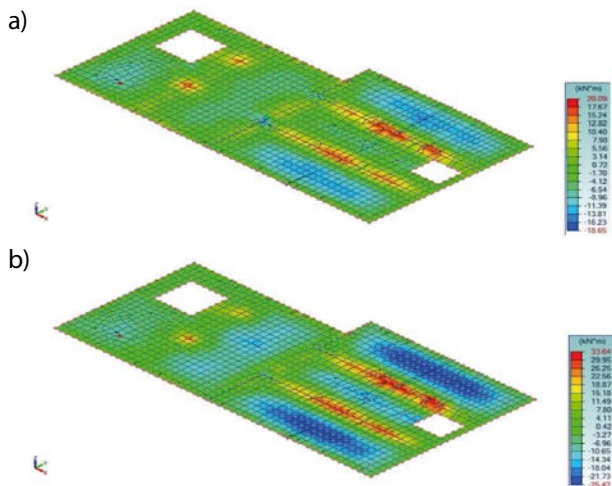
3. Wzmocnienie stropu

3.1. Taśmy węglowe (FRP)

Pierwszą metodą jest analiza z użyciem taśm węglowych, które są coraz bardziej powszechnym rozwiązaniem w obszarze wzmocniania konstrukcji. Do ich wytworzenia wykorzystywane są włókna węglowe znajdujące swoje zastosowanie w zakresie, w którym wzmocnienia wymagają rozciągane

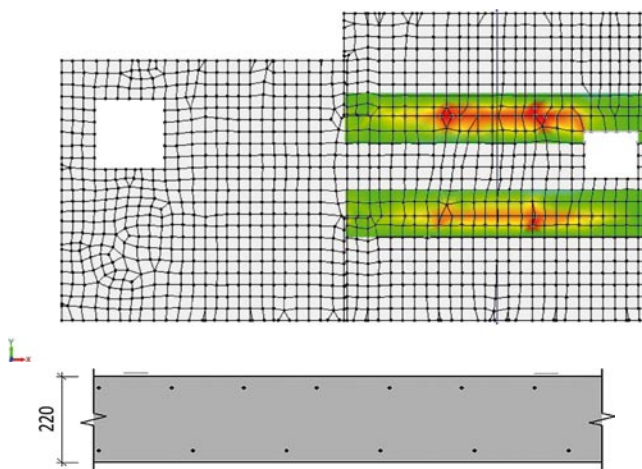


Rys. 4. Rzut piętra po przebudowie



Rys. 5. Wykresy M_{xx} przed zmianą sposobu wykorzystania (a) i po zmianie sposobu wykorzystania (b)

elementy konstrukcyjne. Taśmy węglowe zapewniają również zwiększoną wytrzymałość pod względem rozciągania, zginania oraz zmniejszenia szerokości występujących rys, a także ugięcie. Efektywność wzmocnienia taśmami kompozytowymi zależy przede wszystkim od rodzaju taśm, rodzaju obciążenia, liczby ich warstw oraz poprawności wykonania. W przypadku gdy wymagane jest wzmocnienie konstrukcji, taśmy naklejane są zgodnie z obwiednią momentów zginających. Ze względu na różnice w wartościach taśmy mogą być naklejane w jednej, a także większej liczbie warstw i mieć różne długości (rozwiązanie jest w pewnym stopniu analogiczne do układu zbrojenia prętami w elementach zginanych). W celu uzyskania przez wzmocnione elementy żelbetowe mechanizmu sygnalizowanego zniszczenia musi być spełniona zasada, iż płyta żelbetowa przeniesie obciążenie stałe, 50% stałego ciężaru własnego, a obciążenie zmienne zostanie przeniesione przez taśmy kompozytowe. Nie wolno traktować taśm jako wzmocnienia, na którym spoczywa całe obciążenie. Przykład zaproponowanego wzmocnienia jednego z obszarów przedstawia rysunek 6.



Rys. 6. Obszar wzmocnienia fragmentu stropu taśmami FRP: Sika® CarboDur® S512 – rozstaw 900 mm

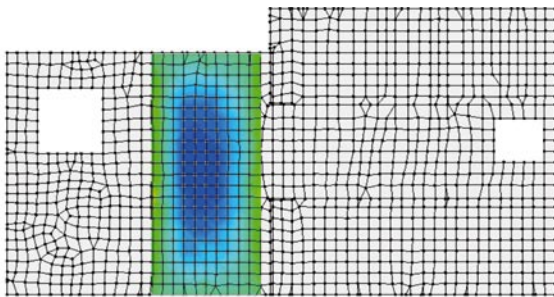
Analizę wytrzymałości obszarów wzmocnionych przeprowadzono przy użyciu programu Sika CarboDur, bazującej na podstawie PN-EN 1992-1-1. Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków.

Tabela 1. Rezultaty wzmocnienia dla fragmentu płyty z rysunku 6

Obciążenie	M_{Ed} (kN·m/m)	M_{Rd} (kN·m/m)	$M_{Rd} \cdot M_{Ed}$ ($N_{Ed} = N_{Rd}$)
$S_{Ed} = 1.35 \cdot S_G + 1.50 \cdot S_Q$	42,53	46,81	Przekrój wzmocniony 46,81 kN·m/m \geq 42,53 kN·m/m

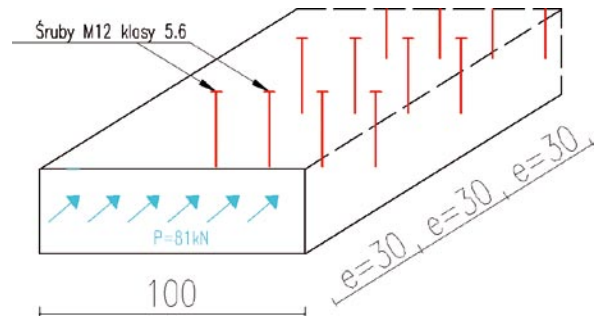
3.2. Wzmocnienie poprzez nadlanie warstwy betonu

Poprzez połączenie starego betonu z nowym można, niezależnie od wieku pierwotnego betonu, uzyskać strop o wytrzymałości zbliżonej do 100% wytrzymałości monolitycznego betonu. Wytrzymałość betonu na ścinanie i rozciąganie jest o wiele niższa od wytrzymałości na ściskanie. W związku z powyższym pojawia się problem na styku nowego betonu ze starym. Zapewnienie adhezji nowego betonu ze starym równa się z zapewnieniem ciągłości, lecz nie nośności w związku ze ścinaniem i odrywaniem. W tym celu stosuje się żywice epoksydowe, które wykazują się dobrą przyczepnością w warunkach suchych, lecz znacznie gorszą w wilgotnych.



Rys. 7. Obszar wzmocnienia fragmentu poprzez nadlanie betonem C20/25 zbrojonym przeciwskurczowo Ø8 w siatce 25x25 cm

Przy łączeniu betonów wymagany jest środek o adhezyjnej wytrzymałości, która jest nie mniejsza od wytrzymałości betonu na ściskanie lub rozciąganie. Dodatkowym łącznikiem może być również zbrojenie konstrukcyjne, odsłonięte w pierwotnej części konstrukcji w taki sposób, aby nowa mieszanka betonowa była trwale związana ze starą. Natomiast gdy grubość otuliny uniemożliwia przywiązanie do istniejącego zbrojenia, należy związać stary beton z nowym kołkami stalowymi, które osadzone są lub wstrzeliwane w uprzednio wywierconych otworach. Kołki zapewniają zabezpieczenie przeciw ścinaniu i odrywaniu. Umonolotycznienia betonu można dokonywać za pomocą różnych wyrobów firmowych mających aprobaty techniczne i ważne certyfikaty. Zapewnienie przyczepności nowego betonu ze starym za pomocą łączników mechanicznych pozwoli na potraktowanie



Rys. 8. Rozstaw łączników zapewniających współpracę starego i nowego betonu

warstwy starego i nowego betonu jako monolit. Wykonane obliczenia w oparciu o siłę tnącą determinują przedstawione na rysunku 8 rozstawy łączników.

4. Podsumowanie

Zgodnie z początkowym założeniem wartości obciążeń przyjętych zgodnie z procedurą Eurokodu są większe od przyjętych w Polskiej Normie. W związku z powyższym można stwierdzić, iż budynki, które zostały zaprojektowane na graniczne wyężenie według procedury PN, liczone na podstawie obecnie obowiązującego Eurokodu mogą okazać się, iż będą wymagały dodatkowego wzmocnienia w celu spełnienia obowiązujących przepisów. Przedmiotowy budynek poddany analizie polegającej na sprawdzeniu, czy przy zwiększonym obciążeniu ze względu na zmianę funkcji budynku będzie w stanie przenieść planowane obciążenia przemysłowe. Dogłębna analiza wykazała, iż w celu uniknięcia zarysowań bądź innych awarii konstrukcji ze względu na przekroczenie stanów granicznych niezbędne będzie odpowiednie wzmocnienie istniejącego stropu. Przeanalizowano dwa sposoby wzmocnień – za pomocą taśm węglowych oraz za pośrednictwem nadlania nowej warstwy płyty żelbetowej, która zabezpieczona została na siłę rozwarstwiającą obie płyty, co pozwoliło traktować je jako konstrukcję monolityczną. Każda konstrukcja wymaga indywidualnego podejścia do problemu. Niezwykle ważne jest przeanalizowanie aktualnego oraz projektowanego sposobu obciążenia elementów konstrukcyjnych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 1990 Eurokod 0: Podstawy projektowania konstrukcji
- [2] PN-EN 1991 Eurokod 1: Oddziaływanie na konstrukcje
- [3] PN-EN 1992 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu
- [4] PN-EN 1996 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych
- [5] PN-82 B-02001: Obciążenia budowli. Obciążenia stałe
- [6] PN-82 B-02003: Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne
- [7] Concrete Society Technical Report No. 55 (TR 55): Design guidance for strengthening concrete structures using fibre composite materials, wydanie trzecie z 2012 r.
- [8] Małyszko L., Orłowicz R., Konstrukcje murowe. Zarysowania i naprawy, Wydawnictwo UWM w Olsztynie, 2000
- [9] Rajczyk M., Stachecki B., Przyczyny uszkodzeń i sposoby wzmocnienia fundamentów budynku mieszkalnego jednorodzinne, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Budownictwo, 2014 tom 20, str. 232–238
- [10] Mitzel A., Stachurski W., Suwalski J., Awarie konstrukcji betonowych i murowych, Wydawnictwo Arkady, 1982