

# Przyczyny uszkodzenia ścian działowych w nowo oddanym budynku

PIOTR DYBEL\*, MILENA KUCHARSKA  
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono studium przypadku dotyczące uszkodzenia ścian działowych w pięciokondygnacyjnym budynku laboratoryjno-biurowym. Celem pracy było ustalenie powodu wystąpienia zarysowań oraz propozycja technologii naprawczej. Do identyfikacji przyczyn posłużyły badania i ocena stanu istniejącego budynku, analiza obliczeń statyczno-wytrzymałościowych oraz pomiary geodezyjne odkształceń elementów konstrukcyjnych stropów. Stwierdzono nadmierne ugięcia czynne stropów podpierających ściany działowe piętra II i III. Wobec tego związane zaobserwowane zarysowania ścian działowych z niewłaściwym ograniczeniem wartości ugięć elementów konstrukcyjnych stropów na etapie projektowym oraz zastosowaniem uproszczenia w projekcie konstrukcyjnym m.in. w postaci zastępczego oddziaływania obciążenia od ścianek działowych.

**Słowa kluczowe:** zarysowania, ściany działowe, ugięcia czynne, budynek laboratoryjno-biurowy, nadmierne ugięcia stropów, błędy projektowe.

## 1. Wprowadzenie

Zarysowania ścian działowych to jedno z najczęstszych uszkodzeń w budynkach, które spowodowane mogą być różnymi czynnikami projektowymi, wykonawczymi oraz eksploatacyjnymi. Statystycznie rzecz ujmując [1], około 60–70% zarysowań ścian nienośnych w centralnej i wschodniej Europie spowodowanych jest odkształceniami konstrukcyjnych elementów podporowych. Uszkodzenia nienośnych ścian wykonanych na podatnych stropach są wynikiem niezgodności zaleceń norm do projektowania konstrukcji żelbetowych i murowych. Dopuszczalne ugięcia konstrukcji żelbetowych, przyjmowane przez normy, są bowiem zbyt duże i przy ich granicznym spełnieniu prawie zawsze powstają zarysowania ścian. Kolejnym czynnikiem sprzyjającym powstawaniu uszkodzeń jest dobór materiałów podatnych na zarysowania do konstrukcji ścian działowych.

Jedną z koncepcji zabezpieczenia elementów niekonstrukcyjnych i wykończeniowych jest ograniczenie tzn. ugięcia czynnego konstrukcyjnych elementów zginanych. Ugięciem czynnym w rozumieniu normy PN-EN 15037-1:2011 [2] i PN-EN 13747:2011 [3] jest różnica między ugięciem całkowitym i wyznaczonym bezpośrednio po zakończeniu procesu podparcia montażowego i wbudowaniu elementu niekonstrukcyjnego, np. ścianek działowych. Normy te wskazują również dopuszczalne wartości czynnego ugięcia, uzależniając je od rodzaju oddziaływań przenoszonych przez strop (kruchości ścianek działowych, wykończenia

---

\*Autor do korespondencji: dybel@agh.edu.pl

stropu itp.) i ogranicza je do następujących wartości: 1/500 rozpiętości w przypadku murowanych ścianek działowych i/lub kruchego wykończenia stropu; lub 1/350 rozpiętości dla innych ścianek działowych i/lub niekruchego wykończenia stropu.

W przypadku normy dla konstrukcji żelbetowych PN-EN 1992:2008 [4] stwierdza się, iż odkształcenia konstrukcji nie powinny przekraczać wartości, przy których uszkodzeniu mogłyby ulec niekonstrukcyjne elementy współpracujące, np. ścianki działowe, oszklenia, okładziny, elementy wyposażenia lub wykończenia, a także ograniczenie może wynikać z uwagi na właściwe funkcjonowanie urządzeń lub aparatury, które są oparte na elementach ustroju nośnego. Podstawową granicą ugięcia powstającego pod działaniem obciążeń quasi-stałych po zakończeniu wznoszenia konstrukcji jest 1/500 rozpiętości, którą to wartość można dostosować do wrażliwości części przylegających. Więcej informacji dotyczących ugięć i ich wartości granicznych można odnaleźć w normie ISO 4356 [5], do której Eurokod 2 [4] się odwołuje.

Normy do projektowania konstrukcji murowych są oszczędne, jeśli chodzi o wskazówki, jakie ugięcia stropów są bezpieczne dla ścian. Jedynie w normie PN-B-03002:2007 [6] podano warunek, którego spełnienie ma zagwarantować ochronę ścian przed zarysowaniem. Zgodnie z zaleceniami niniejszej normy, aby nie doszło do zarysowania ściany murowanej wspartej na stropie, musi być spełniony warunek nieprzekroczenia jej deformacji postaciowej, która jest charakteryzowana przez kąt odkształcenia postaciowego. Warunek ten dotyczy tylko ścian usztywniających, ale również może być stosowany do innych typów ścian w budynkach. Po przeprowadzeniu oszacowania dopuszczalnej wartości ugięcia stropów przy założeniu nieprzekroczenia normowej granicznej wartości odkształcenia postaciowego ścian działowych stwierdza się, że dla większości materiałów graniczne ugięcie jest bardzo restrykcyjne i w praktyce projektowej najczęściej niemożliwe do spełnienia lub zupełnie nieuzasadnione ekonomicznie [7].

Badania laboratoryjne wskazują na to, że osobne ograniczenia mogą zostać zastosowane dla ścian z i bez otworów [8]. W badaniach analizowano ściany wykonane z cegły pełnej i stwierdzono, że bezpiecznym ograniczeniem strzałki ugięcia w przypadku ścian bez otworów jest 1/500 rozpiętości przeszła, a w przypadku ścian z otworami jest to 1/1000. Dodatkowo otwory w ścianach mają znaczący wpływ na rozkład i przebieg zarysowań.

Doświadczenia opisane w pracach eksperckich i artykułach dotyczących przedmiotowego zagadnienia [1, 9–16] wskazują, że zarysowania nienośnych ścian, niezależnie od grupy materiałowej, są zjawiskiem często spotykanym. Problem ten jest też zwykle pomijany w analizach i obliczeniach statyczno-wytrzymałościowych ustrojów nośnych projektowanych budynków.

W niniejszej pracy przedstawiono przykład budynku laboratoryjno-biurowego, w którym zastosowano m.in. niewystarczające ograniczenia ugięć oraz uproszczenia projektowe, które doprowadziły do rozległych zarysowań ścian działowych ciągów komunikacyjnych i pomieszczeń.

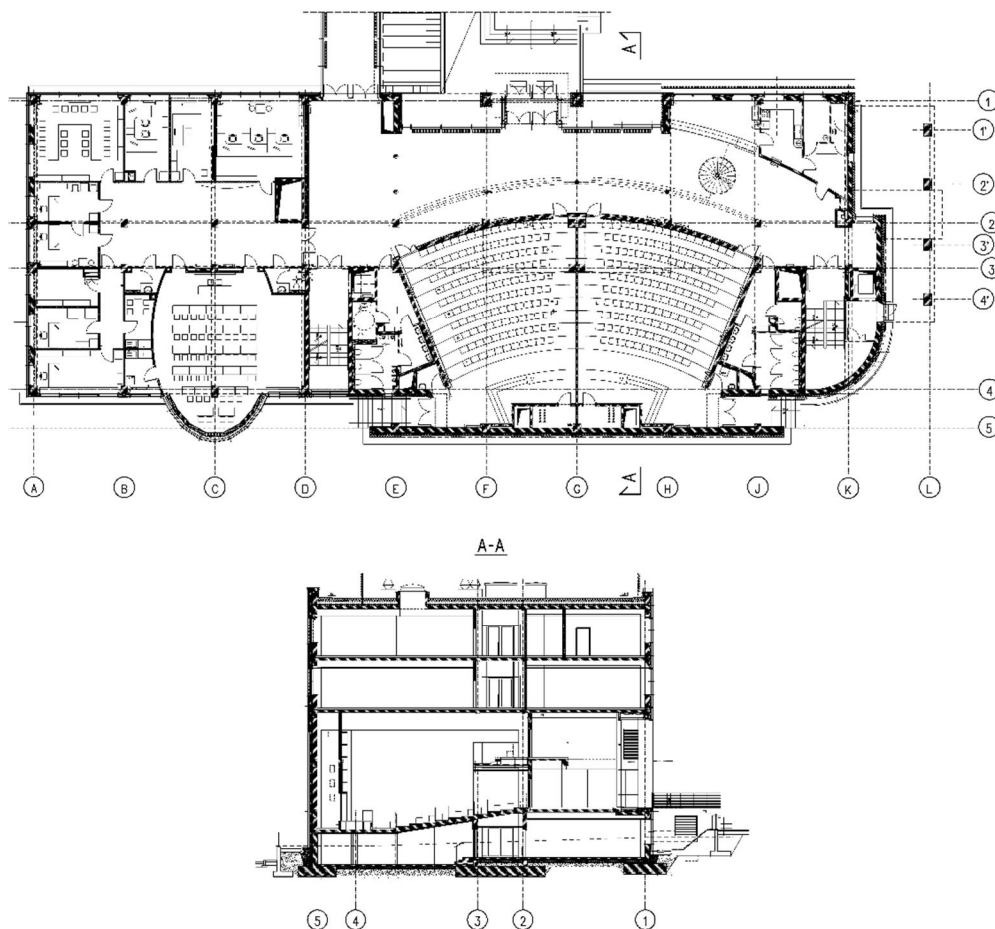
## 2. Opis techniczny budynku

Przedmiotem analiz jest pięciokondygnacyjny budynek wzniesionym w latach 2010–2012 w technologii monolitycznej, o konstrukcji słupowo-ryglowej. Budynek usytuowany jest na rzucie prostokąta z dodanymi od strony południowej i wschodniej ryzalitami. Południowy ryzalit kryje zaprojektowaną za nim salę wykładową, natomiast wschodni mieści pomieszczenia biurowe. Obiekt połączony został przewiązkami z powstałymi wcześniej budynkami położonymi w bliskiej odległości.

Podstawową konstrukcją nośną przedmiotowego obiektu tworzą trzynawowe ramy żelbetowe, na których oparte są żelbetowe płyty stropowe. Ramy rozmieszczone są w module

6,6 m. Rozpiętości rygli w osiach A–D wynoszą 8,9 m + 3,3 m + 8,9 m, w osiach E–H wynoszą 11,7 m + 3,3 m + 8,9 m. W osi J znajduje się rama czteronawowa o rozpiętościach poszczególnych rygli równych 2,8 m + 8,9 m + 3,3 m + 8,9 m. Ramy w osiach F i H na poziomie parteru i I piętra nie zawierają słupów w osi 3, co jest spowodowane lokalizacją sali audytornej na tych poziomach (rys. 1). Powoduje to wydłużenie rygli ram na poziomie stropu nad I piętrem do rozpiętości 15 m, które w osi 3 obciążone są słupami przenoszącymi obciążenia z kondygnacji powyżej (II, III piętro oraz stropodach).

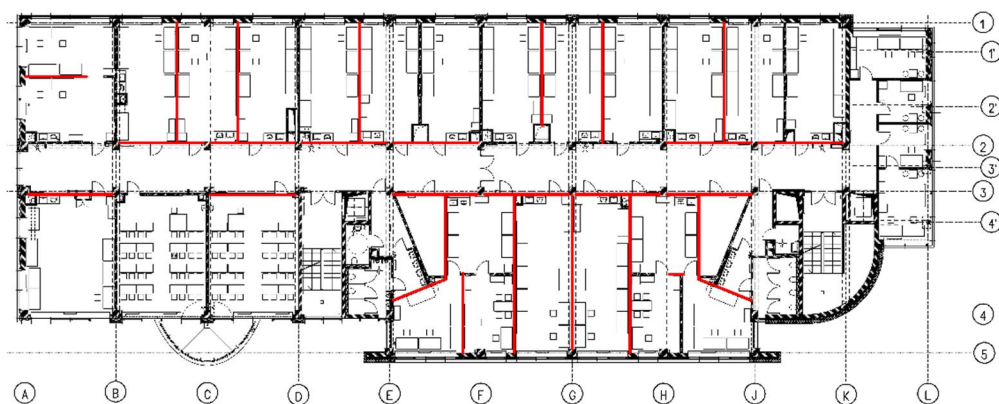
Wszystkie żelbetowe elementy konstrukcyjne budynku (płyty stropowe, belki, słupy, fundamenty) wykonane zostały z betonu C25/30. Zbrojenie główne wykonano ze stali AIIIIN (B500 SP). Ściany murowane wykonano z pustaków Porotherm. Ściany działowe II i III piętra wykonano z bloczków betonu komórkowego o grubości 18 cm. W pomieszczeniach biurowych I piętra ściany działowe wykonano z płyt gipsowo-kartonowych na ruszcie stalowym z wypełnieniem wełną mineralną o grubości 15 cm.



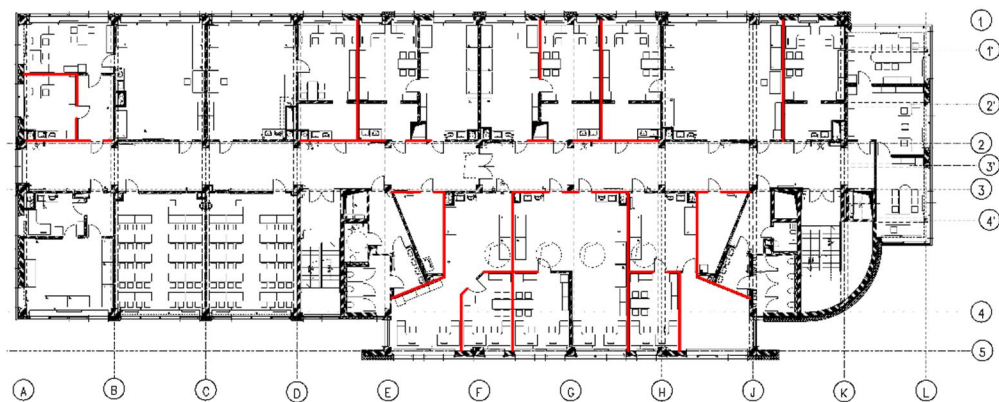
Rys. 1. Rzut piętra I wraz z przekrojem A-A przez salę audytorną.

### 3. Opis uszkodzeń

Uszkodzenia ścian działowych w analizowanym budynku zostały zaobserwowane w krótkim czasie po oddaniu obiektu do użytkowania. Zarysowania występowały wyłącznie na II i III piętrze przedmiotowego budynku (rys. 2 i 3). W czasie wizji lokalnych dokonano szczegółowych oględzin budynku oraz inwentaryzację zarysowań ścian działowych. W odniesieniu do głównych elementów konstrukcyjnych budynku nie stwierdzono występowania żadnych niepokojących zjawisk, które mogłyby wskazywać na ich niewłaściwą pracę. Przeprowadzona inwentaryzacja zarysowań ścian działowych wykazała, że większość rys ma przebieg typowy dla układu zarysowania związanego z nadmiernym ugięciem konstrukcji podpierającej ściany (rys. 4). Rysy w ścianach działowych miały zróżnicowany przebieg. Zaobserwowano zarówno zarysowania pionowe, jak i rysy o wyraźnym przebiegu poziomym oraz ukośnym. Zarysowania poziome przebiegają zazwyczaj przez spoiny wsporne, zaś rysy ukośne wzdłuż spoin wspornych i czołowych lub także przez elementy murowe. Najbardziej znaczące zarysowania zaobserwowano w ścianach działowych pomieszczeń i korytarza znajdujących się nad salą audytorijną. Rozwarcie rys zinwentaryzowanych w tym obszarze wynosiło 0,9–2,4 mm. Pozostałe obserwowane zarysowania osiągały rozwartości 0,3–0,6 mm.



Rys. 2. Rzut piętra II z zaznaczonymi ścianami, które uległy zarysowaniu.



Rys. 3. Rzut piętra III z zaznaczonymi ścianami, które uległy zarysowaniu.



Rys. 4. Przykładowe zarysowania na ścianach działowych korytarzy.

Na analizowanym II i III piętrze przedmiotowego budynku można wyszczególnić pewną prawidłowość lokalizacji zarysowań ścian działowych:

- zarysowania o największej rozwarłości występuje w rejonie osi F, G i H czyli bezpośrednio nad salą audytoryjną. Układ nośny w tej części budynku charakteryzuje się największymi rozpiętościami elementów konstrukcyjnych,
- zarysowania ścian działowych poprzecznych (równoległych do ram nośnych) występują w przypadku oparcia niniejszych ścian bezpośrednio na płytach stopowych. W przypadku oparcia ścian poprzecznych na belkach, zarysowania praktycznie nie występują,
- zarysowania ścian korytarzy występują w segmentach, które są połączone ze ścianami działowymi poprzecznymi, opartymi na płytach stopowych.

#### 4. Pomiary i analiza odkształceń stropu

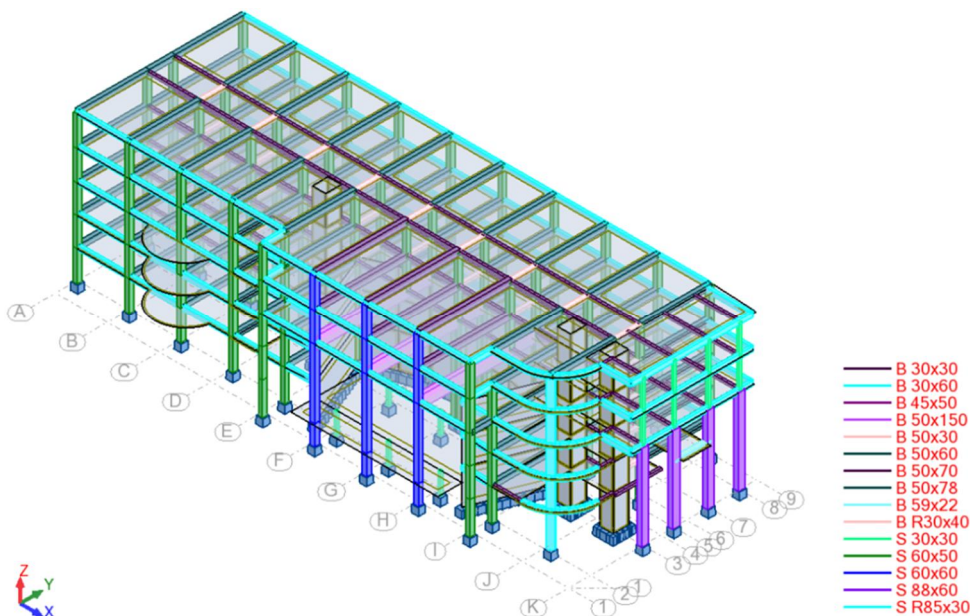
Pomiary ugięć elementów konstrukcyjnych przeprowadzono przy użyciu niwelatora optycznego. Do pomiarów ugięć wytypowano elementy konstrukcyjne, które stanowiły podparcia dla zarysowanych ścian działowych i były ogólnie dostępne. Wykonano pomiary odkształceń dolnej powierzchni niewykończonych elementów konstrukcyjnych stropu II piętra. Wykonane pomiary wykazały, że obecnie ugięcia elementów konstrukcyjnych nie przekraczają wartości granicznej  $1/250$  rozpiętości względem podpór wg normy PN-EN 1992:2008 [17]. Należy jednak zaznaczyć, że w przypadku jednokierunkowo zbrojonych płyt stropowych wartość maksymalnego ugięcia względem podpór była zbliżona do wartości granicznej. Odnotowano strzałki ugięcia w zakresie  $1/255$ – $1/290$  rozpiętości. Należy wziąć pod uwagę fakt, że wskazane ograniczenie ugięcia dotyczy wyłącznie ogólnej estetyki i przydatności konstrukcji żelbetowej. W przypadku wystąpienia możliwości uszkodzenia elementów przylegających do konstrukcji żelbetowej (np. ścianek działowych) konieczne jest dodatkowe ograniczenie ugięć elementów konstrukcyjnych. W przypadku belek odnotowano mniejsze strzałki ugięcia w zakresie  $1/450$ – $1/787$  ich rozpiętości względem podpór.

Oszacowana na podstawie normy PN-B-03002:2007 [6] wartość ugięcia stropów przy założeniu nieprzekroczenia normowej granicznej wartości odkształcenia postaciowego ścian działowych wykonanych z autoklawizowanego betonu komórkowego ( $\theta_{adm} = 0,2$ ) wynosi około  $l_{eff}/10000$ . Należy jednak zaznaczyć, że podane ograniczenie dotyczy przypadku najbardziej niekorzystnego. Niemniej jednak zmierzone strzałki ugięcia znacznie przekraczają tę wartość.

Przeprowadzone pomiary ugięć elementów konstrukcyjnych wykazały również występowanie przemieszczenia słupów w osi F i H względem słupa w osi G na poziomie stropu II piętra. Ramy w osiach F i H na poziomie parteru i I piętra nie zawierają słupów w osi 3, co jest spowodowane lokalizacją sali audytoryjnej na tych poziomach. Podparcie przedmiotowych słupów stanowią podciągi zlokalizowane w stropie nad I piętrzem. Przeprowadzone pomiary wykazały więc wpływ ugięcia niniejszych podciągow na odkształcenia konstrukcji II i III piętra w obrębie sali audytoryjnej.

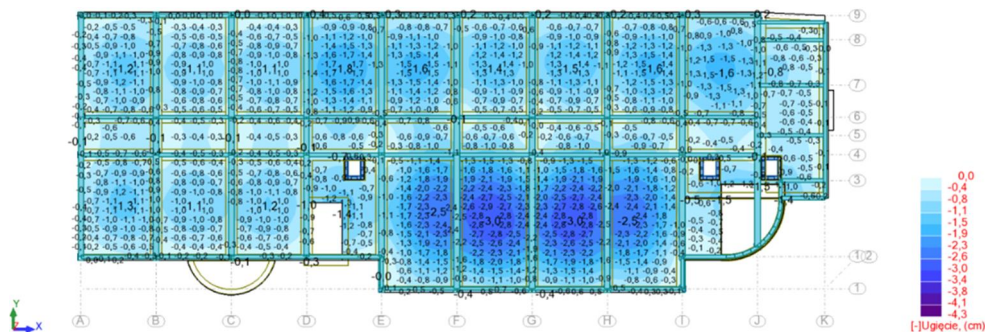
#### 5. Analiza statyczno-wytrzymałościowa budynku

Przestrzenny model obliczeniowy do przeprowadzenia kontrolnej analizy statyczno-wytrzymałościowej konstrukcji oraz analizy deformacji, wykonano w programie Autodesk Robot Structural Analysis 2013. Konstrukcja zamodelowana jest elementami prętowymi i powłokowymi tworzącymi układy ram przestrzennych i stropów. Zestawienie obciążeń przyjęto zgodnie z informacjami zawartymi w projekcie konstrukcyjnym. W obliczeniach uwzględniono oddziaływanie od ścian działowych w postaci obciążenia liniowego w miejscu ich występowania. Na rysunku 5 przedstawiono model obliczeniowy.



Rys. 5. Model obliczeniowy wykonany w programie Autodesk Robot Structural Analysis 2013.

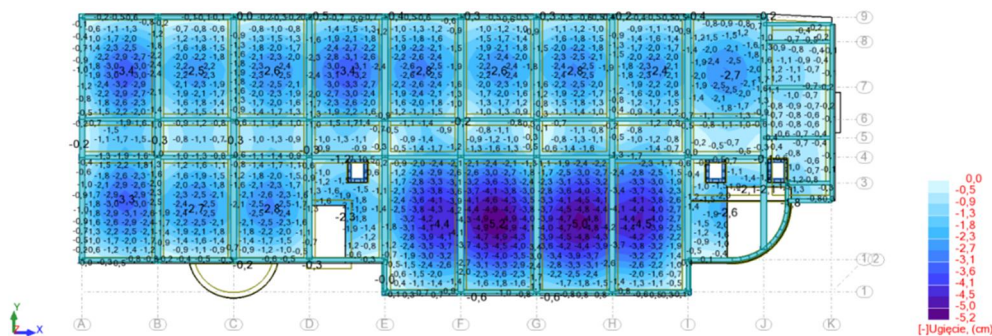
Przeprowadzona analiza statyczno-wytrzymałościowa wykazała, że w głównych elementach konstrukcyjnych budynku nie stwierdzono przekroczenia stanów granicznych nośności. Na rysunkach 6 i 7 przedstawiono przykładowo wyniki ugięć stropu II piętra od obciążeń stałych konstrukcyjnych zaraz po wzniesieniu konstrukcji oraz ugięcia całkowite od obciążeń długotrwałych. Rysunki przedstawiają rozkład i wielkości ugięcia stropu względem punktów nieodkształcalnych przyjętych jako podpory w węzłach słupów lub ścian konstrukcyjnych. Na niniejszych mapach ugięć stropu można zaobserwować sposób odkształcenia się wzajemnie połączonych elementów konstrukcyjnych, płyt i belek ich podpierających.



Rys. 6. Ugięcia stropu II piętra od obciążeń stałych konstrukcyjnych zaraz po wzniesieniu konstrukcji.

W celu obliczenia ugięcia czynnego (powodującego zarysowanie ścian) konieczne jest wyznaczenie różnicy między ugięciem całkowitym od obciążeń długotrwałych z uwzględnieniem zarysowania, pełzania i skurczu, a ugięciem krótkotrwałym od obciążeń stałych konstrukcyjnych działających zaraz po wzniesieniu konstrukcji, tj. usunięciu podparcia stropu. Obliczenia przeprowadzono przy założeniu stopnia zbrojenia wynikającego ze spełnienia warunków stanu granicznego nośności i dopuszczalnej szerokości rozwarcia rys 0,3 mm oraz

wilgotności względnej RH 50%. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń można oszacować, że wartości ugięcia czynnego dla stropów I i II piętra względem nieodkształcalnych podpór wynoszą od 1,2 do 2,3 cm. Uzyskane wartości przekraczają więc dopuszczalne ugięcia czynne wyznaczone na podstawie normy PN-EN 1992:2008 [4] i ISO 4356 [5]. Uzyskane rozkłady oraz wartości ugięć całkowitych od obciążeń długotrwałych otrzymane na podstawie obliczeń numerycznych są zbliżone z pomiarami rzeczywistych ugięć elementów konstrukcyjnych. Jak również z przeprowadzonymi kontrolnymi obliczeniami analitycznymi wybranych elementów konstrukcyjnych.



Rys. 7. Ugięcia całkowite stropu II piętra od obciążeń długotrwałych.

## 6. Analiza przyczyn powstania uszkodzeń ścian działowych

Bezpośrednią przyczyną zarysowania ścian działowych w obrębie piętra II i III był przyrost ugięcia stropów podpierających ściany działowe, który wystąpił po zakończeniu wznoszenia konstrukcji. Uzyskane wartości ugięcia czynnego dla stropów I i II piętra powodują znaczne przekroczenie wartości dopuszczalnego kąta odkształcenia postaciowego muru wykonanego z autoklawizowanego betonu komórkowego. Należy również zaznaczyć, że przyjęty schemat statyczny w obrębie sali audytorijnej dodatkowo potęguje przedstawioną przyczynę zarysowania ścian działowych. Przyrost ugięcia podciągów stropu sali audytorijnej w osi F i H w wyniku zjawisk reologicznych, powoduje każdorazowo przemieszczenie elementów konstrukcyjnych stropu II i III piętra. Dodatkowo wykazano również inne błędy projektowe polegające m.in. na zastosowaniu zastępczego oddziaływania obciążenia od ścianek działowych pomimo ich ustawienia prostopadłe do rozpiętości stropu czy niedoszacowania wartości obciążeń od instalacji podwieszanych.

Jako czynniki dodatkowe wpływające na powstanie zarysowania ścian działowych należy wskazać brak w dokumentacji projektowej stosownych wytycznych technologicznych do wykonania ścian działowych na stropach o znacznych rozpiętościach oraz zastosowanie na ściany działowe materiału podatnego na zarysowanie – betonu komórkowego. Nie wyklucza się również wpływu dodatkowych czynników związanych z procesem wznoszenia przedmiotowej konstrukcji.

## 7. Podsumowanie

Uszkodzenia ścian działowych często pojawiają się w nowych obiektach w początkowym okresie ich eksploatacji. Związane jest to najczęściej z odkształceniami elementów konstrukcyjnych podpierających niniejsze ściany. Normy dotyczące konstrukcji, na których stawiane są ściany działowe, podają różne dopuszczalne wartości ich ugięć. Ponadto wytyczne



normowe nie uwzględniają wpływu usytuowania otworów drzwiowych w stosunku do długości ścian, warunków oparcia stropu oraz warunków połączenia ściany z otaczającymi konstrukcjami na ich odporność na zarysowanie. Celowe jest zatem przeprowadzenie badań nad zachowaniem się ścian działowych usytuowanych na podatnych stropach i uściślenie wytycznych normowych dla analizowanego zagadnienia. Dzięki temu możliwe będzie wyeliminowanie uszkodzeń ścian działowych w nowo projektowanych obiektach.

Wyniki przeprowadzonych w niniejszej pracy analiz pozwoliły na sformułowanie zaleceń dotyczących naprawy zarysowań ścian działowych. Ponieważ zinwentaryzowane rysy występujące na II i III piętrze miały zróżnicowanie rozwartości, proponuje się dwie metody naprawy zarysowań. Dla rys o rozwartości do 1 mm zalecono naprawę w postaci powierzchniowego zamknięcia z dozbrojeniem tynku w obszarze rysy. W przypadku rys o większej rozwartości zalecono wykonanie naprawy w postaci zszywania pęknięć za pomocą łączników metalowych. Zaproponowano systemowe rozwiązanie w postaci spiralnych prętów zbrojeniowych układanych w bruzdach prostopadłych do rys na systemowej zaprawie. Ponadto zwrócono uwagę na ograniczenie wprowadzania dodatkowych obciążeń, w szczególności ciężkimi urządzeniami laboratoryjnymi, w pomieszczeniach II i III piętra. Należy jednak zaznaczyć, że żadna technologia naprawy nie daje pełnej gwarancji, że zarysowania uszkodzonych ścian nie pojawią się ponownie.

## Literatura

1. Kania T, Derkach V, Nowak R. Testing crack resistance of non-load-bearing ceramic walls with door openings. *Materials*. 2021;14(6):1–21.
2. Polski Komitet Normalizacyjny. PN-EN 15037-1:2011: Prefabrykaty z betonu. Belkowo-pustakowe systemy stropowe. Część 1: Belki. 2011.
3. Polski Komitet Normalizacyjny. PN-EN 13747: Prefabrykaty z betonu. Płyty stropowe do zespolonych systemów stropowych. 2011.
4. Polski Komitet Normalizacyjny. PN-EN 1992-1-1. Projektowanie konstrukcji z betonu: Reguły ogólne i reguły dla budynków. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny; 2016.
5. Technical Committee ISO/TC 98. ISO 4356: Bases for the design of structures. Deformations of buildings at the serviceability limit states. 1977.
6. Polski Komitet normalizacyjny. PN-B-03002: Konstrukcje murowe – Projektowanie i obliczanie. 2007.
7. Drobiec Ł, Jasiński R, Piekarczyk A. Konstrukcje murowe wg Eurokodu 6 i norm związanych. Tom 3. Wydawnictwo Naukowe PWN; 2017.
8. Rolanda OGJ, Ramal HMA., Correa MRS. Experimental and numerical analysis of masonry load-bearing walls subjected to differential settlements. In: *Proceedings of the 9th North American Masonry Conference*. Clemson, SC, USA; 2003. p. 134–145.
9. Kania T, Kobusiński A, Pietraszek P, Kania S. Analiza przyczyn pęknięcia ścian działowych w nowo oddanym wysokim budynku mieszkalnym w Warszawie. In: *XXV Konferencja Naukowo-Techniczna*. Międzyzdroje; p. 443–50.
10. Szulc J. Ugięcia czynne stropów żelbetowych a uszkodzenia elementów do nich przylegających. *Materiały budowlane*. 2013;4(488):35–8.
11. Wesołowski M. Awarie w budynkach spowodowane błędnymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi. *Przegląd Budowlany*. 2017;6:46–50.
12. Szulc J, Lechman M. Uszkodzenia ścian murowanych budynku w stadium realizacji. In: *XXVIII Konferencja Naukowo-Techniczna Awarie Budowlane*. 2017.
13. Sousa H, Sousa R. Analysis of Reinforcement Techniques for Partition Walls Subjected to Vertical Deformations of Concrete Slabs. In: *XII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation*. Porto, Portugal; p. 1–14.
14. Graubohm M, Brameshuber W. Crack safety of non-load-bearing partition walls made of autoclaved aerated concrete. In: *9th International Masonry Conference*. 2014. p. 1–12.

15. 15. Drobiec Ł. Przyczyny uszkodzeń murów. In: XXII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji. Szczyrk; 2007. p. 105–48.
16. 16. Drobiec Ł, Kubica J. Zapobieganie zarysowaniom ścian murowych opartych na stropach żelbetowych. *Materiały Budowlane*. 2006;4(72):21–3.
17. 17. PN-EN 1992-1-2. Projektowanie konstrukcji z betonu: Reguły ogólne. Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny; 2008.

### **The causes of partition walls damage in recently completed building**

**Key words:** cracks, partition walls, non-load-bearing walls, active deflections, laboratory and office building, excessive slab deflections, design errors