

dr inż. Tomasz Kania<sup>1\*)</sup>

ORCID: 0000-0002-7197-2275

dr inż. Zygmunt Matkowski<sup>1)</sup>

ORCID: 0000-0003-4571-2821

dr inż. Rafał Nowak<sup>2)</sup>

ORCID: 0000-0001-8903-6322

# Pęknięcie ścian wypełniających w budynku szkieletowym

## *Cracking of infill walls in a frame building*

DOI: 10.15199/33.2022.11.39

**Streszczenie.** Coraz większe tempo projektowania i realizacji inwestycji budowlanych sprawia, że występuje coraz więcej problemów związanych z pękaniem ścian wypełniających. Przyczyną uszkodzeń jest m.in. wykonywanie konstrukcji stropowych o dużej rozpiętości oraz nieprawidłowo zrealizowane ich połączenie z elementami konstrukcji nośnej budynku. W artykule przedstawiono analizę przyczyn uszkodzeń ścian nienośnych w budynku wielorodzinnym o konstrukcji szkieletowej zrealizowanym w technologii monolitycznej, żelbetowej. Ściany nienośne wewnątrz mieszkaniowe wykonano z bloczków betonu komórkowego, a ściany międzymieszkaniowe i wypełniające zewnętrzne z pustaków betonowych. Jeszcze przed oddaniem lokali do użytkowania, podczas prowadzenia prac wykończeniowych, stwierdzono ich intensywne zarysowania i pęknięcia. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów i analiz przedstawiono błędy wykonania ścian nienośnych, które doprowadziły do ich awarii.

**Słowa kluczowe:** ściany działowe; ściany wypełniające; pęknięcie; ugięcia stropów, budynki szkieletowe.

**Abstract.** The ever-increasing pace of design and construction projects is causing an increase in problems related to the cracking of infill walls. The causes of their damage include the construction of slender floor structures with long spans as well as improperly implemented connections to elements of the building's load-bearing structure. The article presents an analysis of the causes of damage to non-load-bearing walls in a multifamily building. The frame building was constructed using monolithic reinforced concrete technology. The walls in the apartments were made of aerated concrete. The walls between the apartments and external infilling walls were made of concrete hollow blocks. Even before the premises were put into use, intensive cracking was found when finishing work was carried out. On the basis of measurements and analysis, errors in the construction of non-load-bearing walls were presented, which led to the walls' failure.

**Keywords:** partition walls; infilling walls; cracking; deflections of floors; frame buildings.

Pęknięcie ścian nienośnych w nowych budynkach jest częstym zjawiskiem, trudnym do całkowitego wyeliminowania. Wynika to m.in. z braku możliwości precyzyjnego przewidywania przestrzennego zachowania się konstrukcji, a stosowanie silnie przewymiarowanych przekrojów konstrukcji okalającej elementy nienośne w celu wyeliminowania ich niewielkich zarysowań jest nieuzasadnione ekonomicznie. Sporadycznie występujące rysy i pęknięcia ścian działowych o niewielkiej rozwarości nie są na ogół powodem do niepokoju, często jednak skala uszkodzeń jest niemożliwa do zaakceptowania przez nabywców, tym bardziej że w myśl rozporządzenia [1] w konstrukcji budynku nie powinny występować lokalne uszkodzenia, w tym rysy, które mogą ujemnie wpływać na przydatność użytkową, trwałość i wygląd zarówno przegród i elemen-

tów nośnych, jak i przyległych ścian nienośnych. Projektanci i wykonawcy powinni znać i stosować rozwiązania zmniejszające prawdopodobieństwo pęknięcia ścian nienośnych posadowionych na odkształcających się podłożach. W przeciwnym wypadku dochodzi do przyspieszonych remontów, często jeszcze przed rozpoczęciem użytkowania obiektu lub w jego początkowym okresie. Przykładem tego są poddane analizie uszkodzenia ścian w budynkach o słupowej konstrukcji żelbetowej.

### Przyczyny uszkodzeń ścian nienośnych w budynkach

Najczęstszą przyczyną spękania przegród nienośnych opartych bezpośrednio na stropach lub ryglach ram stalowych i żelbetowych są ugięcia tych elementów [2–4]. Projektowanie żelbetowego elementu zginanego w stanie granicznym użytkowości sprowadza się do sprawdzenia, czy jego ugięcia mieszczą się w zakresie wartości dopuszczalnych. Zgodnie z zasadami obliczeń dla stropów, podanymi w aktualnych normach, ugięcia graniczne stropów żelbetowych nie powinny zazwyczaj przekraczać

1/250 ich rozpiętości. W Eurokodzie 2 stwierdzono, że w przypadku, gdy ugięcia, które powstają po wykonaniu konstrukcji, mogą wywołać uszkodzenia elementów przyległych (np. przegród nienośnych), to należy je ograniczyć do wartości 1/500. Zaleca się też, by ugięcia nie przekraczały wartości, które mogą powodować uszkodzenia przylegających do siebie części konstrukcji [5]. W praktyce trudno jest ustalić tę granicę w sposób dokładny [6]. Ograniczenie strzałki ugięcia rzędu 1/500, narzucone przez Eurokod 2, może zostać złagodzone w przypadku, gdy przegrrody nienośne charakteryzują się wystarczającą wytrzymałością na projektowane odkształcenia.

### Opis obiektu i zmierzonych odkształceń stropów

Opisywane uszkodzenia ścian wystąpiły w jednym z nowo wybudowanych obiektów mieszkalnych we Wrocławiu. Budynek jest wolnostojący i całkowicie podpiwniczony. Ma dwie kondygnacje podziemne oraz od osmiu do dziesięciu kondygnacji nadziemnych. Część nadziemna pełni funkcję mieszkalną. Wy-

<sup>1)</sup> Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

<sup>2)</sup> Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

\*) Adres do korespondencji: tomasz.kania@pwr.edu.pl

konano go jako konstrukcję żelbetową monolityczną, o układzie płytowo-słupowym z niewielką liczbą ścian nośnych w obrysie zewnętrznym budynku (fotografia). Rozstaw słupów konstrukcyjnych o przekroju kwadratowym, o długościach boków 40 – 50 cm wynosi 5,6 – 7,2 m.

Podczas przeprowadzonych oględzin stwierdzono obustronne zarysowania (tj. spękania) ścianek działowych o rozwarości 0,05 – 2 mm. Wyniki geodezyjnych pomiarów ugięcia stropów pod



**Rys. 1. Zarysowanie ukośne ściany działowej wewnątrz mieszkaniowej w obszarze połączenia ze ścianą międzymieszkaniową**  
*Fig. 1. Diagonal scratching of the partition wall inside the apartment in the area of connection with the interhousing wall*

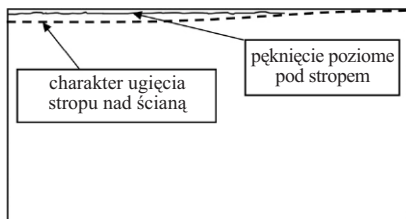


**Elewacja zachodnia i południowa budynku o konstrukcji szkieletowej**  
*West and south façade of the building with a frame structure*

spękanymi ścianami wykazały ich maksymalne deformacje w środku rozpiętości między podporami, w punkcie dociężonym ścianami międzymieszkaniowymi z drażonych bloczków betonowych. Przy rozstawie stropu w świetle podpór wynoszącym 720 cm jego ugięcie względne wyniosło 20,5 mm (1/350 długości stropu), a zmierzony kąt odkształcenia postaciowego względem powierzchni poziomej  $\Theta = 4,44$  mm/m.

### Opis uszkodzeń ścian nienośnych

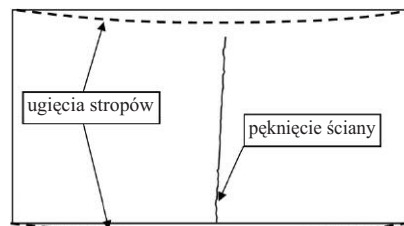
Miejsca zarysowań i pęknięć usystematyzowaliśmy w grupy. Do najczęściej występujących należą **rysy ukośne ścian z betonu komórkowego kierowane w dół**, występujące na części ich długości, rozpoczynające się w górnej części, w miejscu połączenia ze ścianą przyległą o większej masie i sztywności (rysunek 1). Miejscami występują dwie rysy ukośne w układzie równoległym, jedna pod drugą. **Drugim charakterystycznym obszarem zarysowania jest połączenie ściany z betonu komórkowego ze stropem** (rysunek 2). Zarówno



**Rys. 2. Przykład rys występujących wzdłuż połączenia ściany wypełniającej ze stropem**  
*Fig. 2. Example of scratches occurring along the connection of the filling wall with the ceiling*

w ścianach wewnątrz mieszkaniowych z betonu komórkowego, jak i w ścianach międzymieszkaniowych wykonanych z pustaków betonowych występują także **rysy pionowe** (trzecia grupa), czasem w środkowej części, a czasem przy pionowych krawędziach ścian przyległych i elementach wypełniających (rysunek 3).

Wypełniające ściany zewnętrzne budynku wykonano z pustaków betonowych skotwionych prętami stalowymi o średnicy 6 mm z krótkimi odcinkami zewnętrznych ścian żelbetowych konstrukcji nośnej. Pręty kotwiące zamocowano przez wsunięcie na głębokość



**Rys. 3. Rysy pionowe w środkowej strefie ścian murowanych lub rzadziej, w strefie przy połączeniu ze ścianą przyległą**

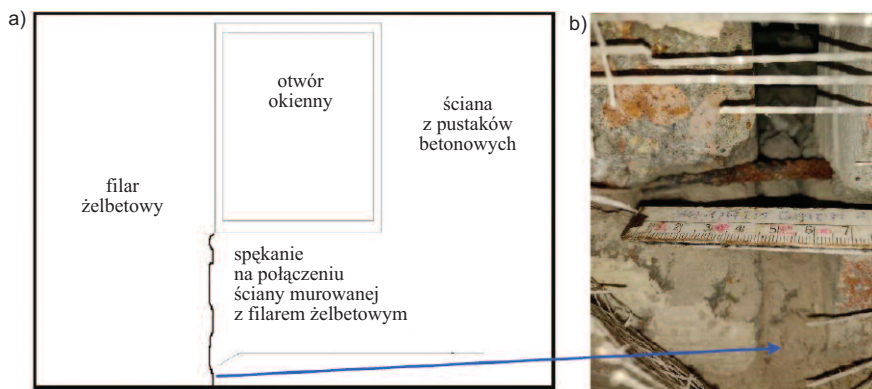
*Fig. 3. Vertical scratches in the middle zone of masonry walls or less frequently, in the zone at the connection with the adjacent wall*

3 – 4 cm w otwory nawiercone w filarach żelbetowych i ułożono w spoinach wspornych murów wypełniających z pustaków betonowych. Wykonano w ten sposób po jednym kotwieniu w każdej spoinie wspornej muru. Powierzchnię ścian pokryto gipsową zaprawą tynkarską zbrojoną siatką z włókna szklanego w linii styku. W miejscach połączeń wystąpiły spęknięcia o rozwarości do 1 mm (rysunek 4).

### Sposoby ograniczenia uszkodzeń ścian nienośnych

Połączenie wzdłuż dolnej, poziomej krawędzi ścian powinno być projektowane w ten sposób, aby zapewnić im możliwość poślizgu zabezpieczającego przed nadmiernym odkształceniem postaciowym przy ugięciu stropu lub podłoża pod ścianą. W praktyce w takich przypadkach konieczne jest zastosowanie przekładek z folii, papy lub innego materiału zapewniającego ograniczenie adhezji oraz siły tarcia między ścianą nienośną i podłożem. Ważne jest w tym przypadku zapewnienie również dylatacji między ścianą i jastrychem podłogi.

Ściany nienośne muszą charakteryzować się wymaganą statecznością, która zależy od smukłości oraz warunków podparcia. Zgodnie z normą [7] w przypadku ścian z elementów murowanych o grubości (t) nie mniejszej niż 100 mm, zamocowanych jedynie wzdłuż górnej krawędzi, ich wysokość (h) powinna być ograniczona zgodnie z warunkiem smukłości  $h/t \leq 30$ . W przypadku zastosowania innych warunków połączenia ścian wzdłuż krawędzi obwodowych ograniczenia warunku smukłości można odczytać z nomogramów zawartych w załączniku F do normy [7].



Rys. 4. Pęknięcie na styku filarka konstrukcyjnego i ściany wewnętrznej wypełniającej: a) szkic miejsca zarysowania; b) odkrytki w miejscu kotwienia

Fig. 4. A crack at the junction of the structural pillar and the indentation wall: a) a sketch of the scratch site; b) the open pit at the anchorage site

W celu zapobiegania pękaniu ścian na skutek deformacji postaciowych od sił działających na ich krawędzie pionowe zaleca się wykonanie połączeń elastycznych. W przypadku, gdy konieczne jest skotwienie ściany wzdłuż tej krawędzi, można zastosować rozwiązanie przedstawione na rysunku 5.

Połączenie ściany ze stropem wzdłuż górnej krawędzi pionowej powinno być również wykonane w sposób elastyczny. Można w tym celu pozostawić pustą przestrzeń na etapie murowania przegrody. Jej wysokość zależy od projektowanej strzałki ugięcia stropu nad ścianą. Zazwyczaj wysokość dylatacji jest nie większa niż 20 mm. Przestrzeń tę należy wypełnić wełną mineralną lub pianką poliuretanową i otynkować lub zabudować sufitem podwieszanym. W przypadku konieczności usztywnienia ściany w linii połączenia z górnym stropem można wykonać połączenie ślizgowe z wykorzystaniem profili stalowych L. Ze wzglę-

dów estetycznych takie połączenie jest możliwe do wykonania jedynie w przypadku wykończenia stropu sufitem podwieszanym.

Połączenie nienośnych ścian zewnętrznych z międzyokiennymi filarami żelbetowymi należy wykonać w sposób sztywny, np. przez wklejenie chemiczne prętów kotwiących w elementy konstrukcyjne. Dodatkowo ściany wypełniające powinny być zbrojone w spoinach wspornych strefy rozciąganej. Ilość potrzebnego zbrojenia można wyznaczyć, przyjmując, że całkowite naprężenie rozciągające powinno być przejęte przez stal zbrojeniową. W zależności od wymiarów geometrycznych, ściany oblicza się jako elementy belkowe lub belki wysokie wolno podparte [7].

### Podsumowanie

Do występujących uszkodzeń ścian nienośnych w budynkach często przyczynia się projektowanie podpartych punktowo, smukłych stropów żelbetowych o znacznej rozpiętości. Projektowanie budynków szkieletowych zapewnia swobodę aranżacji układów pomieszczeń poszczególnych kondygnacji, ale przy wykonywaniu murowanych ścian wypełniających pociąga za sobą konieczność stosowania przemyślanych rozwiązań w celu ograniczenia ich deformacji postaciowych. Możliwe do zastosowania sposoby zapobiegania pękaniu dotyczą przede wszystkim

zbrojenia ścian w strefie rozciąganej oraz właściwego projektowania połączeń z konstrukcją nośną budynku.

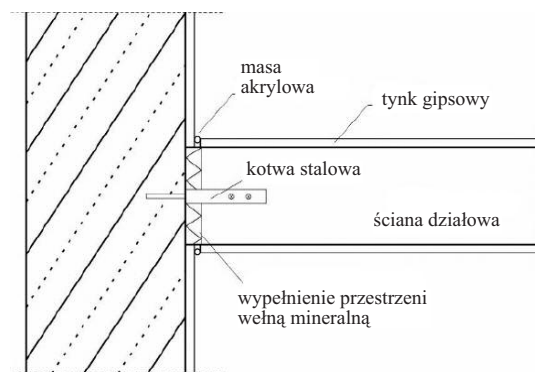
Podstawowymi sposobami ograniczenia odkształceń postaciowych połączeń przegrody nienośnej z odkształcalnym podłożem jest zastosowanie przekładki ślizgowej pod ścianą oraz wykonanie dylatacji na styku z warstwami podłogi. W przypadku połączeń ścian wzdłuż górnej krawędzi poziomej zalecane jest wykonanie szczelin dylatacyjnych, których wysokość powinna odpowiadać projektowanej strzałce ugięcia stropu. Dylatację można wypełnić pianką montażową lub wełną mineralną.

W celu ograniczenia odkształceń postaciowych korzystne jest wypełnienie przerw po wykonaniu ścian działowych oraz podłogi na wszystkich kondygnacjach budynku. Połączenia pionowe ścian wypełniających z innymi elementami konstrukcji budynku również mogą zostać wykonane w sposób elastyczny. Należy w tym przypadku pamiętać o odcięciu powłok tynkarskich na styku pionowym i jego późniejszym wypełnieniu elastyczną masą akrylową.

### Literatura

- [1] Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2019 poz. 1065 z późniejszymi zmianami).
- [2] Brameshuber W, Beer I, Kang B. Untersuchungen zur Vermeidung von Rißschäden bei nich tragenden Trennwänden. Mauerwerk. 2007; 11: 54.
- [3] Деркач В.Н. Исследования напряженно-деформированного состояния каменных перегородок при прогибе перекрытия//Промышленное и гражданское строительство.- №6.-2013:62-66.
- [4] Drobiec Ł, Kubica J. Zapobieganie zarysowaniom ścian murowych opartych na stropach żelbetowych. Materiały Budowlane. 2006, 4: 21 – 23.
- [5] PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1.
- [6] Kania T, Stawiski B. Research on Crack Formation in Gypsum Partitions with Doorway by Means of FEM and Fracture Mechanics, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017; 245.
- [7] PN-EN 1996-1-1+A1:2013-05 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych – Część 1-1: Reguły ogólne dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych.

Przyjęto do druku: 05.10.2022 r.



Rys. 5. Kotwienie pośrednie ściany działowej – przekrój poziomy przez spoinę wsporną

Fig. 5. Intermediate anchoring of the partition wall – horizontal section through the supporting weld