

Diagnozy budynków wielkopłytowych posadowionych na terenach górniczych Śląska

XVI
KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA
WARSZTAT PRACY
RZECZOZNAWCY BUDOWLANEGO 2020

Dr hab. inż. Marian Kawulok, prof. Instytutu, dr inż. Kazimierz Konieczny, dr inż. Leszek Słowik,
Instytut Techniki Budowlanej

1. Wprowadzenie

W wyniku podziemnej eksploatacji górniczej następują przemieszczenia elementów górotworu, które powodują deformacje powierzchni. W zależności od uwarunkowań geologiczno-górniczych mogą to być deformacje o charakterze ciągłym lub nieciągłym. Eksploatacja górnicza może też być związana z powstawaniem zjawisk sejsmicznych w górotworze, zwanych wstrząsami górniczymi. Na powierzchni objawiają się one w postaci drgań podłoża. W konsekwencji, budynki zlokalizowane w obszarach ujawniania się wpływów eksploatacji górniczej narażone są na tzw. oddziaływania górnicze [1].

Przedmiotem niniejszego artykułu jest omówienie wpływu skutków oddziaływań górniczych na istniejące budynki wielkopłytowe, na skutek których mogą powstać zagrożenia bezpieczeństwa konstrukcji lub warunków użytkowania. Na podstawie doświadczeń zebranych z zachowania się budynków wzniesionych w różnych systemach budownictwa wielkopłytowego na terenach górniczych przedstawiono:

- skutki oddziaływań górniczych w budynkach wielkopłytowych,
- możliwe przypadki zagrożenia bezpieczeństwa budynków wielkopłytowych lub warunków ich użytkowania,
- schemat metodyki postępowania dotyczącej oceny stanu technicznego budynków wielkopłytowych wraz z technicznymi sposobami usunięcia występujących zagrożeń,
- zalecane sposoby wzmocnień warstwy fakturowej.

Niniejszy artykuł został przygotowany na bazie opracowania wydanego przez ITB w 2002 roku: Budynki wielkopłytowe podlegające wpływom górniczych deformacji terenu. Seria: Budynki Wielkopłytowe Wymagania Podstawowe, zeszyt 2 (autorzy: Kawulok M., Selańska-Herbich K.). Podana w artykule treść jest częściowo aktualizacją tego opracowania, a częściowo jego rozszerzeniem.

2. Charakterystyka budynków wielkopłytowych wzniesionych na terenach górniczych Śląska

Budynki wielkopłytowe stanowią dominującą część zabudowy osiedli mieszkaniowych wzniesionych w latach 1965–1990 na terenach górniczych. Zrealizowano je w różnych systemach technologiczno-konstrukcyjnych, na ogół o pięciu lub jedenastu kondygnacjach nadziemnych. Do najczęściej spotykanych na terenie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP) należą:

- „płyta NRD”, wykonywana początkowo – na przełomie lat 60. i 70. ubiegłego wieku, w wersji podstawowej IW-66/P2, a później w unowocześnionych odmianach tego systemu: ZSP-2, FADOM-T i FADOM-Żory,
- wykonywane w latach 70. i 80. budynki systemu:
 - W-70/SG i jego wersja W_k-70/SG ,
 - DOMINO-68 i OWT-67; w których zrealizowano część zabudowy niższej, głównie budynków pięciokondygnacyjnych,
 - budynki systemu „Szczecin”, realizowane w latach 80. Budynki systemu „płyta NRD” były realizowane praktycznie tylko w obszarze GOP. W celu ich przystosowania do przejmowania skutków oddziaływań górniczych, w stosunku do pierwotnego – źródłowego rozwiązania, wprowadzono odpowiednie modyfikacje konstrukcyjne. W początkowych rozwiązaniach nie były one jednak w pełni satysfakcjonujące, szczególnie w zakresie oceny wytrzymałości złączy elementów ściennych i stropowych [2]. Budynki wykonane w pozostałych systemach są zasadniczo zgodne z rozwiązaniami stosowanymi w całym kraju [3], [4]. Także w tych przypadkach wprowadzano modyfikacje konstrukcyjne dotyczące w szczególności kształtowania obrzeży elementów prefabrykowanych i konstrukcji styków (w systemach W-70 i W_k-70 modyfikacje te zaznaczono przez „SG”). Konstrukcję budynków wielkopłytowych wykonanych na terenach górniczych GOP można w pewnym uogólnieniu scharakteryzować następująco:
 - budynki wzniesione zostały w większości w zabudowie

wielosegmentowej, o długości niezależnych konstrukcyjnie segmentów do 30 m, posadowionych na układzie żelbetonowych łąw fundamentowych lub płycie fundamentowej, o wysokości pięciu lub jedenastu kondygnacji, rzadziej realizowane jako punktowce, natomiast rzadko realizowane były punktowce o większej liczbie kondygnacji,

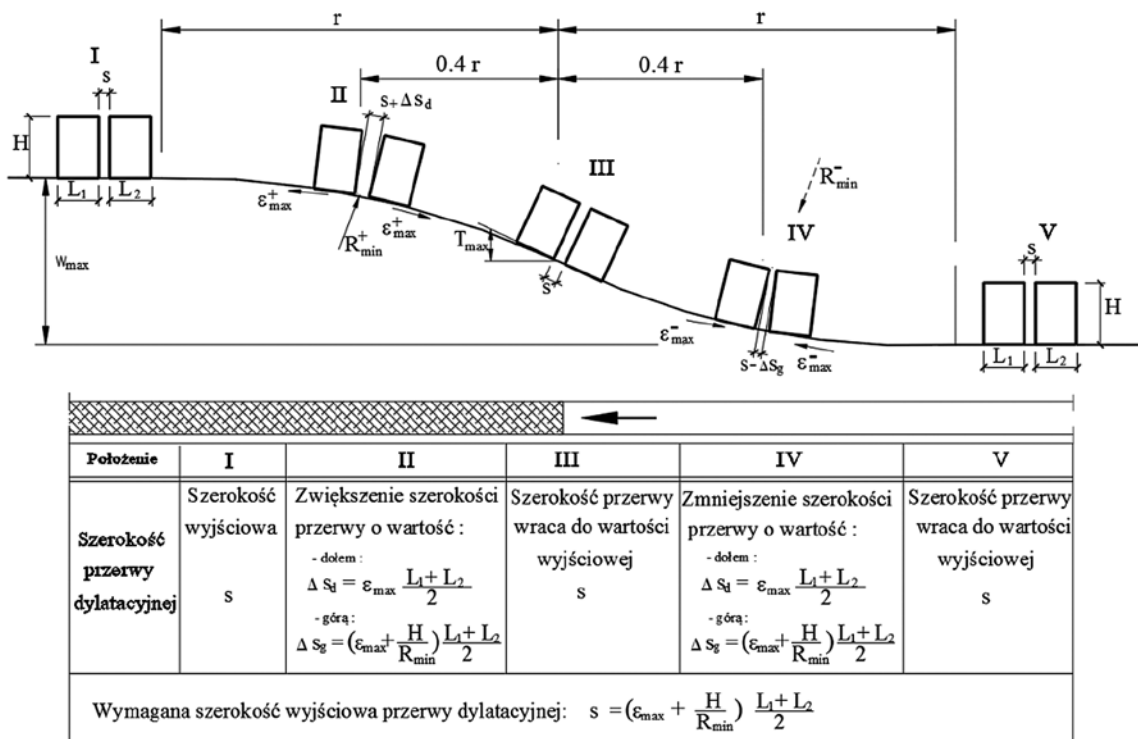
- rozmieszczenie ścian nośnych i usztywniających jest regularne (zbliżone do symetrycznego), z ciągłą podłużną ścianą usztywniającą,
- kondygnacja piwniczna skonstruowana jest w formie sztywnej skrzyni – o monolitycznych żelbetonowych ścianach oraz monolitycznym stropie, rzadziej o stropie z płyt prefabrykowanych (na ogół zmonolityzowaną zbrojoną warstwą nadbetonu); były także nieliczne realizacje ścian piwnic wykonanych w konstrukcji prefabrykowanej,
- stropy kondygnacji nadziemnych są wykonane jako prefabrykowane, niekiedy wzmocnione warstwą zbrojonego nadbetonu,
- prefabrykowane elementy ścian konstrukcyjnych i stropów kondygnacji nadziemnych są monolityzowane poprzez wzajemne ich zespolenie za pomocą odpowiednio wykształconych i skonstruowanych połączeń – o zróżnicowanych rozwiązaniach w poszczególnych systemach,

- w poziomach stropów, wzdłuż ścian obwodowych i nośnych wykształcone są monolityczne wieńce żelbetowe,
- zewnętrzne ściany podłużne i ściany szczytowe kondygnacji nadziemnych w systemie OWT, W-70, W_k-70/SG wykonywane jako konstrukcyjne i osłonowe – trójwarstwowe, ocieplenie warstwą styropianu lub wełny mineralnej grubości 5–6 cm,
- zewnętrzne ściany w systemie szczecińskim „S-Sz” samonośne oraz ściany szczytowe w wariantowym rozwiązaniu jako jednowarstwowe lub trójwarstwowe,
- budynki o wysokości powyżej pięciu kondygnacji są wyposażone w dźwigi osobowe.

3. Skutki oddziaływania eksploatacji górniczej w budynkach wielkopłytowych

Proces pełnego przejścia niecki obniżen pod dwusegmentowym budynkiem objaśnia rysunek 1, na którym wyróżniono pięć charakterystycznych położen budynku [1].

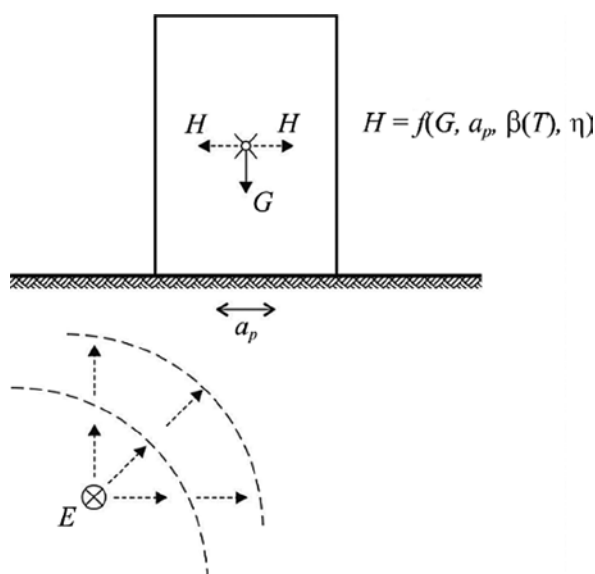
W wyniku przejścia niecki górniczej teren ulega obniżeniu o wartość w_{max} co jest związane z pionowym przemieszczeniem budynku z położenia I do położenia V. W położeniach pośrednich II i IV segmenty podlegają oddziaływaniom wartości poziomych odkształceń



Rys. 1. Charakterystyczne położenia budynku na niecce obniżeniowej: r – promień rozproszenia wpływów [1], s – szerokość przerwy dylatacyjnej, L_1, L_2 – długości segmentów, H – wysokość budynku; pozostałe objaśnienia w tekście

(ε_{max}^+ , ε_{max}^-) i krzywizny terenu o promieniu (R_{min}^+ , R_{min}^-), powodujących ekstremalne siły w konstrukcji. W wyniku wzajemnych przemieszczeń segmentów powodowanych wpływem tych deformacji, w położeniach tych występują ekstremalne zmiany szerokości przerw dylatacyjnych – w położeniu II zwiększenie, a w położeniu IV zmniejszenie szerokości przerwy. W położeniu III następuje natomiast maksymalne nachylenie terenu T_{max} .

Oddziaływania powodowane wstrząsami górniczymi wywołują poziomą siłę składową H , która zależy od ciężaru budynku G , przyspieszenia drgań podłoża a_p , oraz cech dynamicznych obiektu (rys. 2) [1]. Powodują one w budynkach wielkopłytowych głównie intensyfikację istniejącego zarysowania złączy, rzadko wystąpienie uszkodzeń elementów konstrukcyjnych.



Rys. 2. Oddziaływanie wstrząsów górniczych na obiekt

Z reguły nie lokalizuje się budynków wielkopłytowych na terenach zagrożonych deformacjami nieciągłymi lub prognozowanymi oddziaływaniami niecki obniżeniowej o dużej intensywności, w odniesieniu do poziomych odkształceń ε , promienia wygięcia R lub nachylenia terenu T , odpowiadających V kategorii terenów górniczych [5]. W przypadku zaistnienia tego rodzaju sytuacji skutki występujące w budynku wymagają każdorazowo indywidualnej analizy.

Obserwacje budynków wzniesionych w systemach budownictwa wielkopłyтового wskazują, że do najistotniejszych skutków oddziaływań górniczych należą:

- uszkodzenia konstrukcji nośnej i wypełniającej

w strefach przydylatacyjnych, będące efektem wzajemnych oddziaływań segmentów w następstwie nieprawidłowego stanu przerw dylatacyjnych, w tym również powodowanych prowadzeniem robót montażowych sąsiadujących segmentów w trakcie ujawniania się deformacji terenu,

- wychylenia budynków od pionu o wielkościach bardzo często przekraczających 10‰, wynikające zazwyczaj z sumowania się wpływów wielokrotnie prowadzonej eksploatacji górniczej,
- rysy w połączeniach elementów prefabrykowanych, zwłaszcza w poziomych złączach elementów podłużnych ścian osłonowych z płytami stropowymi oraz w pionowych złączach elementów tych ścian i poprzecznych ścian nośnych – na ogół intensywniejsze niż obserwowane na terenach pozagórniczych,
- zarysowania konstrukcji monolitycznych ścian kondygnacji piwnicznej.

Potencjalnie istnieje także zagrożenie utratą nośności zamocowania płyt warstwowych do konstrukcji nośnej budynku, a także zamocowań w trójwarstwowej konstrukcji prefabrykatów ściennych, powodowane głównie siłami wynikającymi z oddziaływania wstrząsów górniczych, a także odkształceniem konstrukcji nośnej budynku w przypadku przechodzenia niecki górniczej pod budynkiem. Tego rodzaju przypadków dotychczas jednak nie odnotowano.

4. Przypadki zagrożenia bezpieczeństwa budynków wielkopłytowych na skutek wpływów górniczych

4.1. Nieprawidłowy stan przerw dylatacyjnych

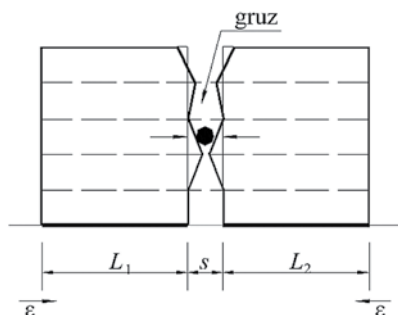
Jednym z podstawowych wymogów bezpiecznego przejmowania oddziaływań górniczych przez budynki wielosegmentowe jest poprawne ukształtowanie przerw dylatacyjnych, zapewniające niezależną pracę konstrukcji sąsiadujących segmentów w każdym stadium rozwoju niecki górniczej. Oznacza to, że szerokości przerw dylatacyjnych s powinny być ustalone z uwzględnieniem możliwych przemieszczeń sąsiadujących segmentów określonych na rysunku 1. Jednocześnie przerwy dylatacyjne powinny być skonstruowane w jednej płaszczyźnie pionowej – na całej wysokości budynku, a przestrzenie ich prześwitów powinny być puste. Niedotrzymanie tych warunków, a w szczególności:

- zanieczyszczenia przestrzeni przerw dylatacyjnych gruzem betonowym lub innymi odpadowymi materiałami budowlanymi – powszechnie stwierdzone w budynkach wzniesionych do połowy lat 80.,

- niewystarczające szerokości przerw dylatacyjnych – najczęściej wynikające z wykonania dylatacji niezgodnie z dokumentacją projektową lub z wystąpienia niekorzystniejszych deformacji niż przyjęte jako dane wyjściowe do projektowania,
- zmniejszenie szerokości prawidłowo zaprojektowanej przerwy dylatacyjnej na skutek prowadzenia montażu poszczególnych segmentów w różnym czasie ujawniania się deformacji terenu, są głównymi przyczynami uszkodzeń budynków wielkopłytowych na skutek przekroczenia nośności elementów konstrukcyjnych lub osłonowych.

Przykłady oddziaływania sąsiadujących segmentów w obrębie przerw dylatacyjnych spowodowane niewłaściwym ich wykonaniem lub za małą szerokością przedstawiono poniżej..

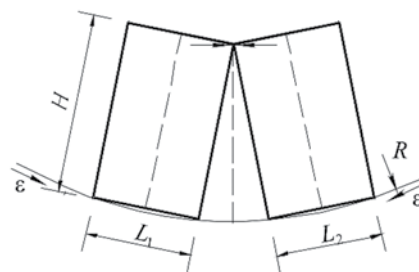
Uszkodzenie przydylatacyjnej ściany – w jednym pomieszczeniu – lub uszkodzenie przydylatacyjnego elementu ściany osłonowej wiązać można z jednoznacznie umiejscowionymi strefami kontaktu, będącymi głównie następstwem lokalnie niedrożnych przestrzeni przerw dylatacyjnych (rys. 3). Przypadki takie wynikają zazwyczaj ze względów wykonawczych.



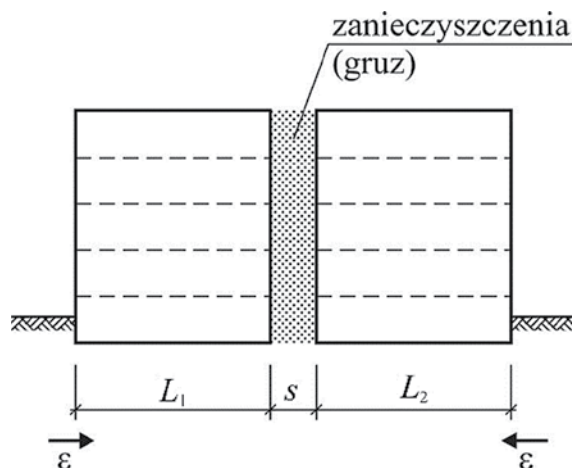
Rys. 3. Oddziaływanie segmentów na skutek niewłaściwie wykonanej przerwy dylatacyjnej

Uszkodzenia znacznie szerszych obszarów konstrukcji mogą być efektem wzajemnych oddziaływań segmentów na skutek:

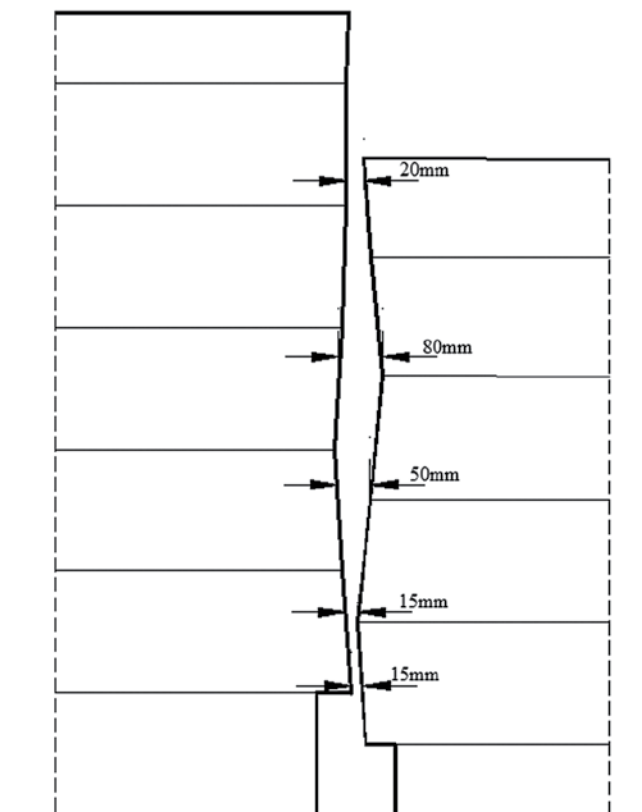
- zbyt małej zaprojektowanej lub wykonanej szerokości przerwy (rys. 4),
- zanieczyszczenia przerwy na znacznej wysokości (rys. 5),
- niewłaściwie wykonanej przerwy dylatacyjnej na całej wysokości (rys. 6),
- niedokładności wykonawczych w strefie posadowienia sąsiadujących segmentów, zwłaszcza w przypadku zróżnicowania tego posadowienia (rys. 7).



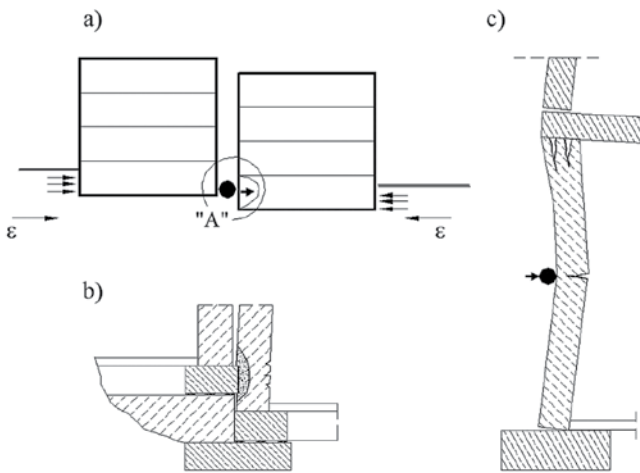
Rys. 4. Zbyt mała szerokość przerwy



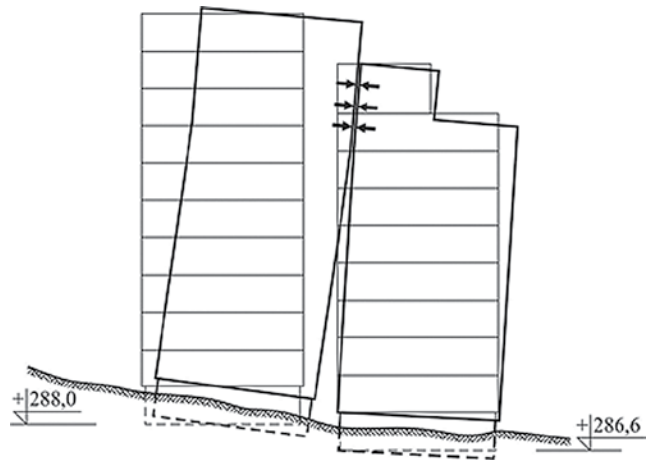
Rys. 5. Zanieczyszczenie przerwy dylatacyjnej na znacznej jej obszarze (wysokości)



Rys. 6. Przykład niewłaściwie wykonanej przerwy dylatacyjnej na całej wysokości (posadowienie segmentów na różnych poziomach)



Rys. 7. Możliwe skutki oddziaływania segmentów przy różnym poziomie posadowienia: a) schemat oddziaływania, b) szczegół A (w poziomie fundamentów), c) szczegół A (na wysokości ściany piwnicy)



Rys. 9. Segmenty budynku na małej pochyłości terenu – posadowione na różnych poziomach: obrys projektowany (—), obrys rzeczywisty (—)

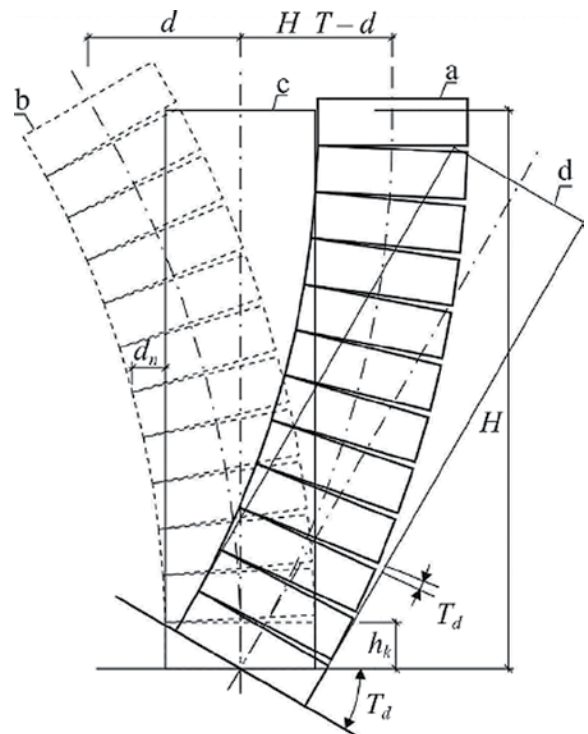


Rys. 8. Uszkodzenia stropu piwnicy w partiach przydylatacyjnych

Zakres i rozmiar uszkodzeń może ulegać znacznej intensyfikacji, gdy sąsiadujące segmenty są posadowione na różnych poziomach (rys. 6 i 7). Wtedy bowiem poziome oddziaływania, w tym w szczególności z fundamentów lub stropów jednego segmentu mogą być przekazywane na ściany przydylatacyjne drugiego segmentu, powodując ich zginanie w kierunku prostopadłym do płaszczyzny nośnej, co przykładowo zilustrowano na rysunku 7.

Jako efekt wzajemnego oddziaływania segmentów wskutek niewłaściwego stanu przerw, oprócz uszkodzenia ścian przydylatacyjnych, występują często także uszkodzenia stropów w partiach przylegających do dylatacji. Tego rodzaju uszkodzenie stropu Akermana przedstawia rysunek 8.

Dodatkowo niekorzystny wpływ może mieć posadowienie sąsiadujących segmentów chociażby na małej pochyłości terenu, gdy niedokładności wykonania przerw dylatacyjnych mogą się nałożyć na niedokładności w wykonaniu posadowienia obiektu. Przykład



Rys. 10. Budynek wykonany przy zmieniającym się nachyleniu terenu: a – budynek po wykonaniu, b – budynek po powrocie terenu do poziomu, c – budynek prawidłowy, d – budynek wychylony do wartości T_d (warunki realizacji obiektu podane są w [1])

taki obrazuje rysunek 9, gdzie czynnikiem łagodzącym wzajemne oddziaływanie segmentów była podatna izolacja cieplna, założona między konstrukcją nośną warstwowych ścian przydylatacyjnych.

Wzajemne oddziaływanie sąsiednich segmentów, zwłaszcza w poziomie górnych kondygnacji, może także następować na skutek montażu ich konstrukcji w czasie prowadzenia eksploatacji górniczej.

Występowanie bowiem w okresie realizacji budynku nierównomiernych obniżen terenu oraz towarzyszących zmian jego nachylenia powoduje, że przy prawidłowym (do pionu i poziomemu) wykonywaniu każdej kondygnacji w efekcie końcowym nie uzyska się prostoliniowości krawędzi pionowych budynku oraz równoległości wszystkich jego stropów. W efekcie po wybudowaniu kształt budynku może na przykład odpowiadać schematowi przedstawionemu na rysunku 10. Jeżeli sąsiadujący segment nie był realizowany w podobnych warunkach, może następować zmniejszenie szerokości przerwy dylatacyjnej, a w konsekwencji wzajemne oddziaływanie konstrukcji.

Każdy przypadek niewłaściwego stanu przerw dylatacyjnych z uwagi na możliwe zagrożenia nośności konstrukcji w strefach przydylatacyjnych segmentów wymaga indywidualnej analizy.

4.2. Wychylenie budynków od pionu

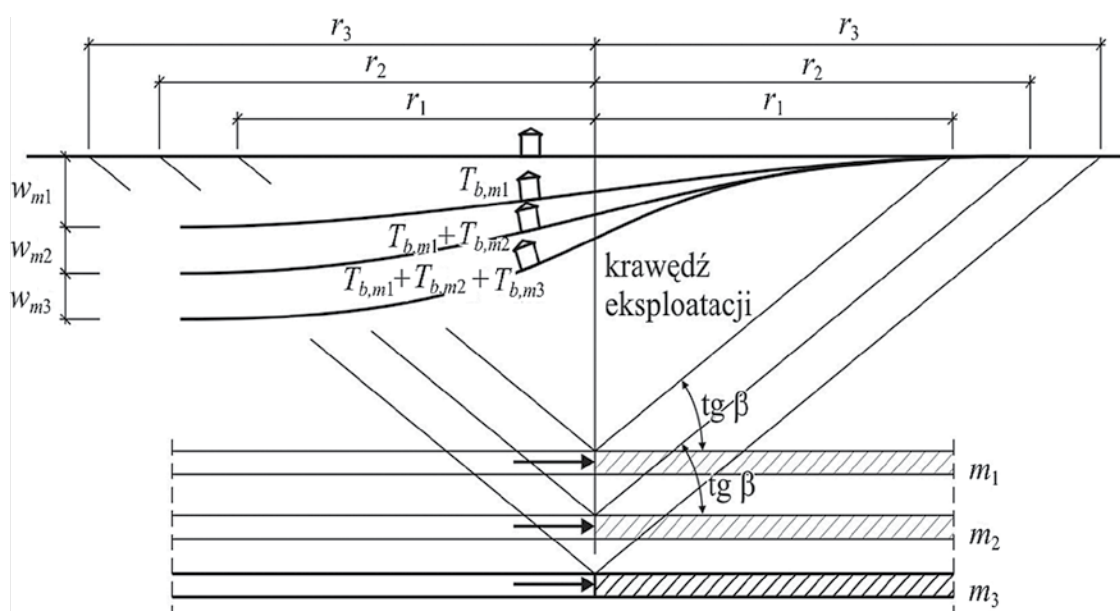
Nieuniknionym efektem wpływu nachyleń terenu wynikających z górniczej niecki obniżen są wychylenia budynków. Mogą to być:

- wychylenia o charakterze przejściowym – towarzyszące procesowi pełnego przejścia niecki obniżen pod budynkiem,
- wychylenia o charakterze trwałym – wynikające z ustalonego nachylenia terenu powodowanego wykształceniem się obrzeża niecki górniczej pod budynkiem, gdy front eksploatacji zatrzyma się względem budynku w odległości mniejszej od promienia rozproszenia wpływów r (rys. 11), a najczęściej, gdy sytuacje tego rodzaju się powtarzają.

W istniejących budynkach wielkopłytowych na terenach górniczych, o wysokości 5 i 11 kondygnacji, nierzadko są stwierdzane trwałe wychylenia przekraczające 15‰, a są także budynki 11-kondygnacyjne o wychyleniu rzędu 30‰.

Wychylenie budynków od pionu powoduje w konstrukcji powstanie dodatkowych sił poziomych jako składowych od obciążeń pionowych. Siły poziome oddziałują na cały budynek i muszą być przeniesione przez jego układ nośny, przy zachowaniu wymaganych warunków stateczności i wytrzymałości [6]. Zagrożenie wynikające z wychylenia zależy od cech geometryczno-konstrukcyjnych budynku, stanu technicznego oraz wielkości samego wychylenia.

Wychylenie budynków ma szczególnie niekorzystny wpływ na ich wartości użytkowe, co objawia się w codziennej uciążliwości wynikającej na przykład z nachylenia podłóg i posadzek i związanych z tym trudności lokomocyjnych, zaburzeń w prawidłowym funkcjonowaniu drzwi i okien, mogących powodować także



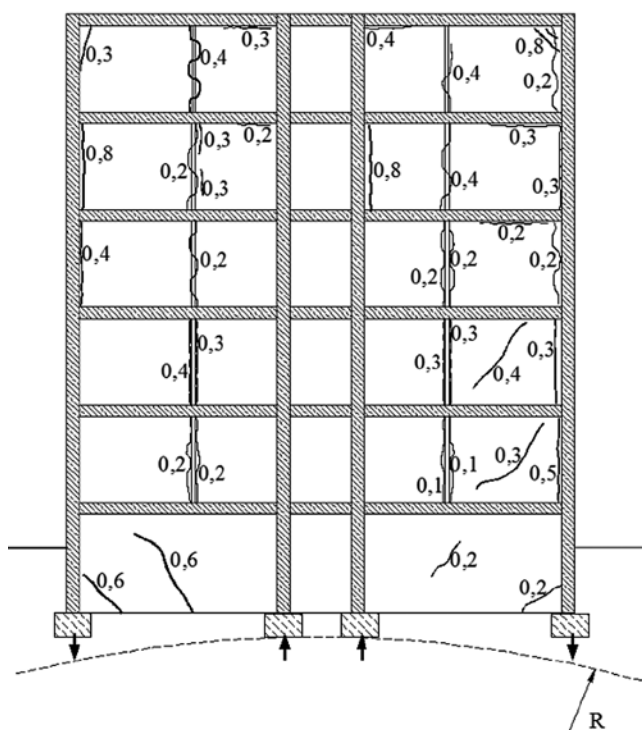
Rys. 11. Wychylenie budynku na krawędzi eksploatacji kilku pokładów: β , r_i – kąt i promień zasięgu wpływów głównych, w_{mr} , $T_{b,mi}$ – obniżenie terenu i wychylenie obiektu od eksploatacji kolejnych pokładów [1]

osłabienie ich szczelności. Może powodować także zakłócenia pracy różnych urządzeń technologicznych stanowiących wyposażenie budynku, względnie przyspieszenie ich zużycia. W budynkach mieszkalnych dotyczy to głównie dźwigów windowych.

4.3. Rysy w elementach konstrukcyjnych i złączach elementów prefabrykowanych

Oddziaływania górnicze wynikające w szczególności z wygięcia terenu o promieniu R , a także ze wstrząsów górniczych mają istotny wpływ na warunki przestrzennej pracy budynków wielkopłytowych. Są one przejmowane przez: podstawowe elementy konstrukcyjne – ściany, stropy, wieńce i złącza elementów prefabrykowanych. Mimo zastosowanych zabezpieczeń konstrukcji na przejście oddziaływań wynikających z wpływów górniczych nierzadko obserwowane są uszkodzenia budynków, głównie w formie zarysowania złączy elementów prefabrykowanych kondygnacji, a w mniejszym stopniu także monolitycznych ścian piwnic.

Przykład zarysowania nośnej ściany poprzecznej budynku wielkopłytowego typu „płyta NRD” – IW66/P2, poddanej oddziaływaniu wypukłej krzywizny terenu o promieniu R , przedstawiono na rysunku 12 (budynek był projektowany na oddziaływania górnicze odpowiadające III kategorii terenu górniczego, w piwnicach wykonano ściany monolityczne).



Rys. 12. Przykład uszkodzenia wyginanej ściany poprzecznej budynku (R – promień wygięcia terenu)

Złącza elementów prefabrykowanych w budynkach wielkopłytowych na terenach górniczych pracują w złożonym stanie obciążeń.

W złączach pionowych siłom ścinającym towarzyszą zazwyczaj siły normalne – rozciągające lub ściskające, o wartościach mających wpływ na warunki pracy złączy. Działanie sił rozciągających powoduje zwiększenie rozwartości rys wynikających z działania sił ścinających. Szczególnie niekorzystne konsekwencje w postaci znacznych zarysowań występują przy braku dyblowych kształtów obrzeży elementów prefabrykowanych oraz odpowiednich łączników do przenoszenia normalnych sił rozciągających.

W budynkach podlegających wpływom ukośnej krzywizny terenu, powodującej przestrzenne deformacje bryły odpowiadające stanowi jej skręcania, w złączach poziomych, głównie ściana-strop, występują siły ścinające. Początkowe realizacje budynków wielkopłytowych nie uwzględniały tego obciążenia. W konsekwencji, przy konstruowaniu samonośnej – podłużnej ściany, bez właściwego – odpowiednio zdyblowanego połączenia z płytą stropową poprzez wieńiec, wystąpiły w tym miejscu znaczne – kilkumilimetrowe rysy (wykonane obliczenia sprawdzające tego rodzaju połączeń dla systemu „płyta NRD” – IW66/P2 wykazały, że nośność tych złączy jest zdecydowanie mniejsza od siły wynikającej ze skręcania budynku posadowionego na terenie III kategorii [2]). Uszkodzenia tego rodzaju są dość powszechne, lecz nie ma to znaczącego wpływu na bezpieczeństwo budynku.

Według [7] wstrząsy górnicze w budynkach o konstrukcji tradycyjnej, zlokalizowanych na terenach, gdzie wydobywa się węgiel kamienny, w zależności od przyspieszenia mogą wywoływać:

- nieznaczną intensyfikację istniejących uszkodzeń elementów niekonstrukcyjnych, przy $a_p = 300-600 \text{ mm/s}^2$,
- powstanie nowych uszkodzeń niekonstrukcyjnych, przy $a_p = 600-900 \text{ mm/s}^2$,
- lekkie uszkodzenia elementów konstrukcyjnych, przy $a_p = 900-1300 \text{ mm/s}^2$,
- uszkodzenia konstrukcyjne, przy $a_p > 1300 \text{ mm/s}^2$.

Natomiast obserwacje budynków wielkopłytowych na Śląsku wykazały, że na skutek wstrząsów pojawiają się zarysowania złączy, głównie pionowych, odspojenie płyt osłonowych od elementów konstrukcji nośnej, może następować także intensyfikacja istniejącego stanu zarysowania.

Intensywniejsze uszkodzenia budynków, w tym także wykonanych w konstrukcji wielkopłytowej, obserwuje się w LGOM, gdzie jest wydobywana miedź.

Oceny rys ujawniających się na skutek wpływów

górnicych, można dokonywać na analogicznej zasadzie jak na terenach niegórnicych, czyli według [8].

5. Ocena stanu technicznego budynków

5.1. Procedura diagnostyczna

Ocena stanu technicznego wzniesionych budynków wielkopłytowych jest wyjściowym zadaniem określenia ich aktualnego bezpieczeństwa. W budynkach zlokalizowanych na terenach górniczych, oprócz ogólnych prac przewidywanych w tym zakresie [8], należy przeprowadzić procedurę diagnostyczną stanu technicznego budynku, z uwagi na wpływy eksploatacji górniczej. Uwzględniając specyfikę terenów górniczych w procedurze tej wyróżnia się czynności zgodne ze schematem pokazanym na rysunku 13. W zależności od uwarunkowań górniczych, zagadnienia te należy każdorazowo rozpatrywać dla jednej z następujących sytuacji:

A. budynek podlegał oddziaływaniom górniczym

i w przyszłości już nie przewiduje się tego rodzaju oddziaływań,

B. budynek podlegał oddziaływaniom górniczym i będzie w dalszym ciągu (lub ponownie) narażony na te oddziaływania,

C. budynek dotychczas nie podlegał oddziaływaniom górniczym, lecz w bliskiej przyszłości należy się ich spodziewać

W sytuacji A konieczne jest przede wszystkim rozważenie potrzeby i sposobu usunięcia zaistniałych skutków, a w sytuacji C potrzeby sprawdzenia bezpieczeństwa konstrukcji na prognozowane oddziaływania górnicze. Natomiast w sytuacji B wymagane jest rozważenie obydwu tych problemów.

5.2. Ocena skutków eksploatacji górniczej

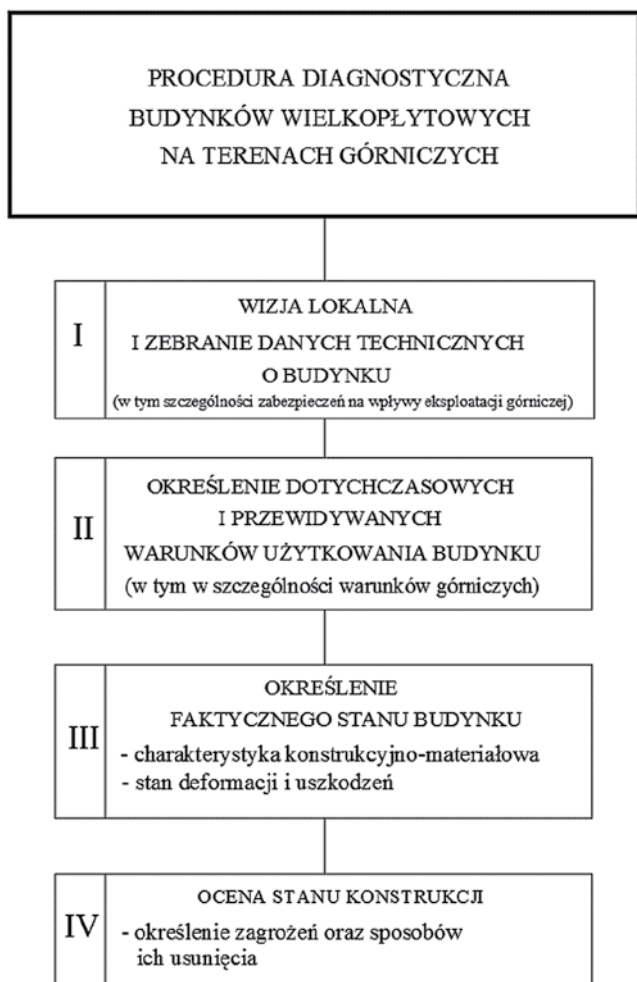
Konstrukcję budynku należy rozpatrywać w zależności od rodzaju zagrożeń omówionych w p. 4. oraz sytuacji A, B, C, wynikających z warunków górniczych.

Nieprawidłowy stan przerw dylatacyjnych

Należy mieć na uwadze, że skutki nieprawidłowego stanu przerw dylatacyjnych występują w budynkach zasadniczo w trakcie ujawniania się wpływów eksploatacji górniczej, gdy następuje zaciskanie przerw dylatacyjnych, co odpowiada położeniu IV na niecce górniczej (rys. 1). Z tych względów w budynkach, które narażone już były na wpływy eksploatacji górniczej, zagrożenie tego rodzaju zostało już usunięte.

W celu zapobiegania powstawaniu uszkodzeń konstrukcji budynków spowodowanych niewłaściwym stanem przerw dylatacyjnych, przy niemożliwości lub przewidywanej nieskuteczności rekonstrukcji ścian przydylatacyjnych, wykonywano zabiegi profilaktyczne polegające na:

- zapewnieniu wymaganych szerokości przerw dylatacyjnych przez:
 - usunięcie zanieczyszczeń prześwitów przerw dylatacyjnych; prace te wykonywano za pomocą specjalnego urządzenia działającego na zasadzie piły [9], np. w budynkach w Jastrzębiu na Śląsku, a także w LGOM,
 - ograniczenie możliwości zwierania się przerw dylatacyjnych w poziomie fundamentów, przez zakładanie korków dębowych w poziomie fundamentów,
 - rozsuniecie segmentów za pomocą siłowników hydraulicznych; jest to trudne w realizacji, lecz sprawdzone już w praktyce [10],
- zastosowaniu profilaktyki górniczej [11], prowadzącej do zmniejszenia intensywności prognozowanych deformacji terenu, np. przez ograniczenie zakresu planowanych robót górniczych, zmianę systemu wybierania lub zmianę kierunku postępu robót górniczych.



Rys. 13. Procedura diagnostyczna obiektów posadowionych na terenach górniczych

W zasadzie obecnie nie podejmuje się już pierwszej – „dziewiczej” eksploatacji pod budynkami wielkopłytowymi. W tych okolicznościach analizy wymagają przede wszystkim sytuacje A i B.

Jeżeli w sytuacji A, gdy budynek w przyszłości nie będzie już podlegał oddziaływaniom górniczym, stwierdzone uszkodzenia spowodowane nieprawidłowym stanem przerw dylatacyjnych wymagają oceny bezpieczeństwa konstrukcji. Wiąże się to z koniecznością wykonania analizy statyczno-konstrukcyjnej, na ogólnie przyjętych zasadach. Wynikiem analizy powinno być wskazanie sposobów doprowadzenia uszkodzonych części konstrukcji do wymagań bezpieczeństwa. Sposoby te mogą polegać na usunięciu istniejących uszkodzeń lub wzmocnieniu konstrukcji.

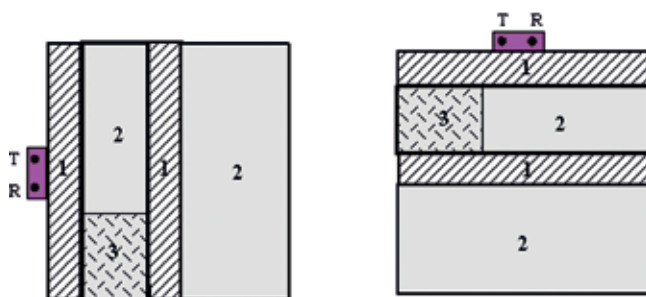
W sytuacji B, w odniesieniu do skutków dokonanej eksploatacji górniczej należy przyjąć analogiczny sposób postępowania jak w sytuacji A. Trzeba jednak mieć na uwadze, że w wyniku planowanej eksploatacji górniczej będą następować zmiany szerokości przerw dylatacyjnych, zgodnie z zasadami podanymi na rysunku 1. Wnioski wynikające z tego rodzaju analizy należy więc uwzględnić także przy opracowaniu sposobu usuwania zaistniałych zagrożeń. W konsekwencji może być konieczne zastosowanie odpowiednich metod ingerencji w konstrukcję lub zastosowanie profilaktyki górniczej, polegającej na zmniejszeniu prognozowanych deformacji terenu [11].

Na analogicznych zasadach należy postępować w ewentualnym przypadku wystąpienia sytuacji C, przy niewystarczającej szerokości przerw dylatacyjnych w stosunku do prognozowanych ruchów segmentów lub przy nieprawidłowym – wyjściowym stanie tych przerw. Przykład współczesnej diagnostyki przestrzeni dylatacyjnej przeprowadzonej w ramach opracowania podany jest dalej [12]. Brak możliwości oględzin przerw dylatacyjnych w czterosegmentowym budynku jedynastokondygnacyjnym, spowodował konieczność zastosowania metody georadarowej (GRP) realizowanej przez Główny Instytut Górnictwa. Metoda georadarowa wykorzystuje zjawisko propagacji impulsów elektromagnetycznych o dużej częstotliwości (50 MHz–2 GHz) dla odwzorowania zmienności własności elektrycznych ośrodków materialnych w tym geologicznych i budowlanych. Badania tą metodą są często wykorzystywane do diagnostyki i inwentaryzacji struktury konstrukcji budowlanych oraz ich podłoża w tym struktur tektonicznych i geologicznych jak płaszczyzny uskoków, progi, szczeliny i inne.

Pomiary georadarowe wykonano cyfrową aparaturą SIR-3000 wyprodukowaną przez amerykańską firmę



Rys. 14. Pomiar georadarem przestrzeni dylatacyjnej pomiędzy przegrodami pionowymi, realizowany w jednym z mieszkań



Rys. 15. Schematy pomiarów radarowych w układzie pionowym (po lewej) i poziomym (po prawej) przekrojów konstrukcji. Oznaczenia: T R – nadawczo-odbiorczy przetwornik anteny, 1 – ściany konstrukcji budowlanej – beton, cegła, 2 – powietrze, 3 – materiał wypełniający dylatację

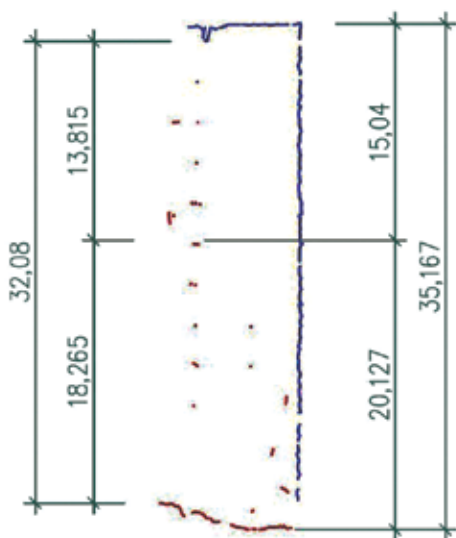
Geophysical Survey Systems Inc., z wykorzystaniem anten o częstotliwościach nośnych 400 i 1000 MHz (rys. 14).

W pomieszczeniach mieszkalnych powierzchnia ścian, po których przesuwano antenę, była gładka (rys. 14). Wykonane tutaj rejestracje są pozbawione zakłóceń. W pomieszczeniach piwnicznych powierzchnie pomiarowe były nierówne (częściowo żelbet, częściowo cegła). Powodowało to powstawanie refleksów zakłócających przy przechodzeniu anteny po nierównościach. Do oceny geometrii dylatacji konieczne jest dysponowanie rejestracjami wykonanymi na tej samej ścianie konstrukcji na poziomie piwnic i pomieszczeń mieszkalnych na wyższych piętrach budynku.

Wszystkie rejestracje radarowe wykonano w warunkach, w jakich badane fragmenty konstrukcji miały taką samą strukturę geometryczną, którą geofizycznie można opisać modelem czterowarstwowym (rys. 15).



Rys. 20. Pomiar szczeliny dylatacyjnej za pomocą skanera laserowego ze specjalnie przygotowanego pomostu



Rys. 21. Pomiar szczeliny dylatacyjnej za pomocą skanera laserowego ze specjalnie przygotowanego pomostu – rysunek



Rys. 22. Widok na pręty montażowe pozostawione z czasów budowy budynku

w postaci gruzu betonowego oraz resztek materiałów budowlanych z procesu budowy oraz termomodernizacji budynku. Z poziomu 10 piętra zaobserwowano ponadto wypełnienie przerw dylatacyjnych supremą, szczególnie w strefie elewacji budynku. Szczelina

dylatacyjna pomiędzy segmentami w poziomie niższych kondygnacji była miejscami zawężona. W jednym miejscu stwierdzono zawężenie do około 3 cm. Przytoczony przykład dotyczy diagnostyki szczelin dylatacyjnych, w odniesieniu do których nie ma możliwości oceny makroskopowej (zamurowane w płaszczyźnie pionowej i poziomej w przejściach korytarzowych lub osłonięte od zewnątrz osłonami).

W innym przypadku dla segmentów, których przerwa dylatacyjna miała szerokość około 40 cm, zastosowany został skaner laserowy wprowadzony w szczelinę pomiędzy segmentami, co pokazano na rysunku 20. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów otrzymano profil pionowy (rys. 21) oraz poziomy dla każdej szczeliny dylatacyjnej. Z profili tych można odczytać m.in. szerokość szczeliny dylatacyjnej.

Profil pionowy przerwy dylatacyjnej przedstawiono na rysunku 21. Kolorem niebieskim zaznaczono wewnętrzną powierzchnię wełny mineralnej ocieplającej szczelinę w płaszczyźnie elewacji oraz dachu. Kolorem czerwonym zaznaczono elementy niepożądane, jak pozostawione pręty żebrowane z czasu budowy budynku, pokazane także na rysunku 22. Czerwona linia w dolnej części rysunku 21 ilustruje granicę strefy zanieczyszczeń szczeliny dylatacyjnej w poziomie piwnic.

Wychylenie budynków

Na podstawie wykonanych już analiz konkretnych przypadków można stwierdzić, że w budynkach o wysokości do 11 kondygnacji, niewykazujących lokalnych zagrożeń spowodowanych złym stanem technicznym, wychylenie do wartości 30‰ nie ma znaczącego wpływu na warunki pracy konstrukcji [1]. Wnioski takie uzyskano z obliczeń budynków konstrukcji wielkopłytowej realizowanych w technologiach wznoszonych na terenach górniczych („płyta NRD”, Fadom, $W_k - 70/SG$, Domino – 5 kond.). Potwierdziły to obserwacje zachowania się budynków.

Potrzebę oceny statyczno-konstrukcyjnej budynku wychylnego musi zatem każdorazowo podjąć rzeczoznawca na podstawie ewentualnych objawów zagrożeń stwierdzonych w konstrukcji, np. nadmiernych zarysowań złączy (głównie poziomych, lecz także pionowych), gdy można je interpretować jako efekt tego wychylenia.

W ocenie właściwości użytkowych budynków wychylnych na skutek eksploatacji górniczej można uwzględnić ustalenia wynikające z przejściowych stanów granicznych użyteczności (PSGU), zgodnie z tabelą 1 [13], podającą poszczególne parametry deformacji w zależności od stopnia uciążliwości użytkowania budynku.

Tabela 1. Uciążliwość użytkowania budynków

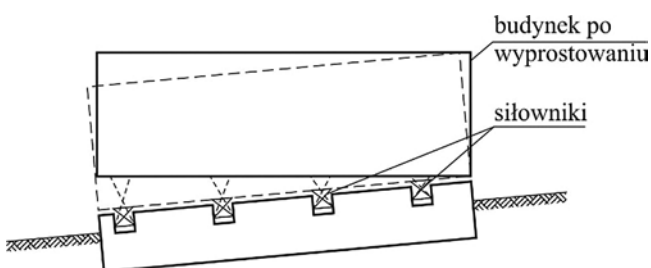
Stopień uciążliwości	Nieodczuwalny	Mały	Średni	Duży
Wchylenie budynku – T_b [‰]	≤ 10	10 ÷ 15	15 ÷ 20	> 20
Odształcenie postaciowe ścian – Θ_b [miliradiany]	≤ 1	1 ÷ 2	2 ÷ 3	> 3

Trzeba podkreślić, że wartości wychyleń budynków przyjmowane z uwagi na uciążliwość użytkowania powinny także uwzględniać konieczność zapewnienia niezawodnej pracy dźwigów windowych. W przypadku dźwigów typu ODA i MDA, produkowanych w latach 70. przez ZREMB i stanowiących dość powszechne wyposażenie budynków wielokopłytowych, z zawodnością ich pracy należy się liczyć przy wychyleniach szybów przekraczających 24‰. Ograniczenie to wynika z dopuszczalnych ugięć prowadnic przeciwwagi oraz możliwości kolizji kabli zasilających z umocowaniami prowadnic kabiny [14]. W przypadku dźwigów osobowych nowszej konstrukcji niezbędna jest indywidualna ocena warunków determinujących niezawodną pracę tych urządzeń.

Obecnie jednak nie ma w zasadzie zgłoszeń dotyczących eksploatacji osobowych dźwigów windowych. Możliwe jest, że mieszkańcy przyzwyczaili się już do ich użytkowania, przy występowaniu utrudnień w ich eksploatacji albo gdy windy poddano modernizacji lub wymianie.

Praktycznie jedynym skutecznym sposobem usunięcia nadmiernej uciążliwości użytkowania budynków wychylonych jest doprowadzenie ich do pionu. Najczęściej dokonuje się tego przez wypionowanie nadfundamentowej części budynku za pomocą siłowników hydraulicznych, co wymaga poziomego rozcięcia ścian piwnicznych (rys. 23). W ten sposób doprowadzono do pionu już około kilkadziesiąt budynków wykonanych w technologiach uprzemysłowionych.

W Zasadach... [13] zalecono nieprzekraczanie małej uciążliwości, czyli wychylenie budynku $T_b \leq 15$ ‰. W nawiązaniu do wyszczególnionych wcześniej sytuacji górniczych, wymóg ten powinien być spełniony



Rys. 23. Wypionowanie nadfundamentowej części budynku za pomocą siłowników

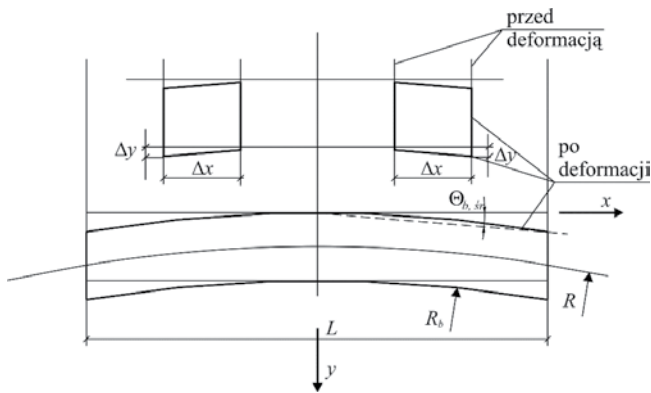
w sytuacji A. W przypadkach występowania natomiast w sytuacjach B i C okresowego (przejściowego) wychylenia budynków – w czasie ujawniania się wpływów górniczych, można na ograniczony czas uznać za możliwe dopuszczenie średniej uciążliwości – $T_b \leq 20$ ‰ [15]. Po ustabilizowaniu się deformacji terenu, budynki wychylone powyżej 15 ‰ powinny zostać także doprowadzone do pierwotnego, pionowego położenia. Każdorazowo koszt prac związanych z doprowadzeniem budynku wychylonego na skutek robót górniczych, do pionowego położenia, pokrywa górnictwo. Z uwagi na dużą liczbę budynków wychylonych ponad 15 ‰, w praktyce przyjęło się, że należy te prace wykonywać przede wszystkim w budynkach, których wychylenie przekracza wartość 25‰.

Rysy w elementach konstrukcyjnych i złączach elementów prefabrykowanych

Istniejące lub potencjalne zagrożenie sygnalizowane stanem uszkodzeń kondygnacji piwnicznej oraz elementów prefabrykowanych kondygnacji nadziemnych i ich złączy wymaga przeprowadzenia obliczeniowej analizy stanu wyteżenia konstrukcji. Oddziaływania górnicze można w tych obliczeniach uwzględnić zgodnie z instrukcjami [5], [16].

Jeżeli natomiast stan uszkodzeń nie stanowi zagrożenia konstrukcji, a jedynie ma wpływ na warunki użytkowe i estetykę pomieszczeń budynku, to należy je usunąć na ogólnych zasadach, podanych w opracowaniu [8]. Nawiązując do przyjętych sytuacji górniczych, względy użytkowe wymagają, by:

- w sytuacji A – wszystkie uszkodzenia spowodowane wpływami eksploatacji górniczej zostały usunięte, na ogólnie znanych zasadach,
- w sytuacji B – istniejące uszkodzenia złączy elementów konstrukcyjnych o uciążliwości kwalifikowanej jako mała oraz złączy elementów niekonstrukcyjnych, o uciążliwości kwalifikowanej jako średnia mogą okresowo pozostać, a po ustąpieniu wpływów górniczych należy je usunąć,
- w sytuacji B i C – przy analizie prognozowanych wpływów eksploatacji górniczej należy przyjmować wartości odształceń postaciowych Θ_b (rys. 24) w obszarze nieodczuwalnej uciążliwości, co powinno zapobiegać występowaniu strukturalnych uszkodzeń konstrukcji.



Rys. 24. Zasada wyznaczania kąta odkształcenia postaciowego Θ_b [16]

Odształcenia postaciowe konstrukcji Θ_b definiuje się jako stosunek pionowych różnic przemieszczeń Δy dwóch punktów konstrukcji odległych od siebie w poziomie o wartość Δx (rys. 24), czyli:

$$\Theta_b = \Delta x / \Delta y \quad (1)$$

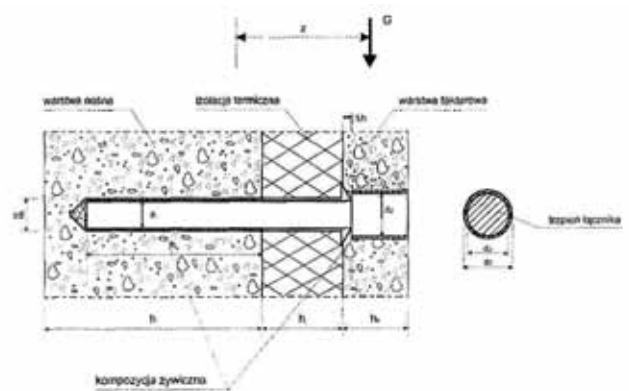
Rysy i uszkodzenia w warstwie fakturowej ścian zewnętrznych

W warstwie fakturowej prefabrykatów zewnętrznych ścian warstwowych mogą wystąpić uszkodzenia polegające głównie na zarysowaniach i pęknięciach betonu, wybrzuszeniach, wyciskaniu masy uszczelniającej styki pomiędzy sąsiadującymi elementami prefabrykowanymi itp.

Zewnętrzne objawy uszkodzeń struktury ścian zewnętrznych powinny dać sygnał do pilnego przeprowadzenia kontroli stanu technicznego ścian i podjęcia decyzji, co do ewentualnego ich wzmocnienia. Podjęcie takiej decyzji może być przyśpieszone koniecznością wykonania dodatkowego docieplenia ścian. Zwiększa się bowiem ciężar własny warstwy fakturowej ściany co w niektórych przypadkach może doprowadzić nawet do zmiany układu przekazywania obciążeń na wieszaki.

Dodatkowe połączenia w ścianach warstwowych polegają zazwyczaj na wzmocnieniu połączeń zewnętrznej warstwy fakturowej ściany z warstwą konstrukcyjną poprzez osadzenie w ścianie stalowych łączników. Łączniki te służą do przejmowania pionowych obciążeń z warstwy fakturowej i przekazywania ich do warstwy nośnej ściany.

Najczęściej spotykanym rozwiązaniem dodatkowych zamocowań w ścianach warstwowych to połączenia realizowane w oparciu o stalowe trzpienie. Ideowy schemat najczęściej stosowanego rozwiązania



Rys. 25. Schemat obciążenia i zamocowania dodatkowego łącznika w ścianie warstwowej

w dodatkowych połączeniach w ścianach warstwowych zilustrowano na rysunku 25.

Niezbędną liczbę dodatkowych łączników do przeniesienia pionowych obciążeń warstwy fakturowej do warstwy nośnej ściany wyznacza się natomiast z zależności:

$$n = \frac{G_{d,1} + G_{d,2}}{N_{Sd}} \geq 2 \quad (2)$$

gdzie:

$G_{d,1}$ – wartość obliczeniowa obciążenia ciężarem własnym warstwy fakturowej wraz z ciężarem wewnętrznej warstwy termoizolacyjnej, dodatkowej warstwy termoizolacyjnej przy termorenowacji ścian,

$G_{d,2}$ – wartość obliczeniowa obciążenia ciężarem własnym dodatkowej warstwy termoizolacyjnej przy termorenowacji ścian,

N_{Sd} – nośność obliczeniowa połączenia wyznaczona z warunku wytrzymałości betonowego podłoża lub ugięcia stalowego łącznika.

6. Podsumowanie

Obecnie najważniejszym problemem związanym z budownictwem wielokopłowym, a ogólniej ujmując zagadnienie z budownictwem realizowanym w technologiach uprzemysłowionych, zlokalizowanym na terenach górniczych Śląska, jest nadmierne wychylenie wielu budynków, przekraczające często 15%, czyli odpowiadające małej i większej uciążliwości użytkowania. Według danych Zakładu Ochrony Powierzchni i Obiektów Budowlanych GIG w rejonie Śląska istnieje około 1500 budynków nadmiernie wychylonych, które powinny zostać poddane procesowi prostowania. Można oceniać, że w tej liczbie jest około 20 %, czyli około 300 segmentów budynków wykonanych w konstrukcjach uprzemysłowionych. Z uwagi na spore koszty wykonawcze operacji prostowania takiego

budynku, górnictwo w istniejącej sytuacji finansowej, nie wykonuje tego przedsięwzięcia według potrzeb, zgodnie z zaleceniami [14]. Praktycznie liczba budynków wykonanych w technologiach uprzemysłowionych i nadmiernie wychylonych pozostaje na tym samym poziomie, bo ile zostaje rocznie wyprostowanych, to tyle znowu zostaje wychylonych na skutek wciąż prowadzonej eksploatacji.

Potrzeba likwidacji nieprawidłowego stanu przerw dylatacyjnych występuje obecnie rzadko, bo jeżeli budynki już wcześniej podlegały wpływom górniczym, to przerwy dylatacyjne zostały przystosowane do warunków jakie narzucała projektowana eksploatacja. W tym względzie podano w referacie stosowane w praktyce zabiegi. Sporadycznie może aktualnie występować problem z budynkami, w których wykonano przerwy dylatacyjne o zbyt małej szerokości, a budynki te narażone zostaną przede wszystkim na wpływy deformacji powodujących zaciskanie tych przerw. Problem jest na tyle złożony, że podjęcie eksploatacji górniczej w tych warunkach wymaga każdorazowo indywidualnej analizy.

W odniesieniu do istniejącego stanu zarysowania konstrukcji i elementów wykończeniowych należy postępować na ogólnie przyjętych zasadach podanych w [8]. W sytuacji gdy planuje się eksploatację górniczą pod budynkiem, w celu możliwości uniknięcia strukturalnych rys w konstrukcji należy przeanalizować odkształcenie postaciowe konstrukcji Θ_b .

**Referat był prezentowany na konferencji
Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego 2020**

BIBLIOGRAFIA

- [1] Kawulok M., Szkody górnicze w budownictwie, ITB, Warszawa, 2015
- [2] Analiza statyczno-wytrzymałościowa wpływów eksploatacji górniczej na konstrukcję prefabrykowanych budynków 5-kondygnacyjnych systemu IW 66/P2 (praca niepublikowana), Instytut Techniki Budowlanej, Oddział w Gliwicach, 1973
- [3] Piliszek E., Ciołek W., Systemy budownictwa mieszkaniowego i ogólnego: W-70, Szczeciński, SBO, SBM-75, WUF-T, OWT-67, WWP, Arkady, 1974
- [4] Dzierżewicz Z., Starosolski W., Systemy budownictwa wielokopertowego w Polsce w latach 1970–1985: przegląd rozwiązań materiałowych, technologicznych i konstrukcyjnych, Oficyna Wolters Kluwer Business, 2010
- [5] Kawulok M. i inni, Wymagania techniczne dla obiektów budowlanych wznoszonych na terenach górniczych, Instytut Techniki Budowlanej, Seria: Instrukcje, Wytyczne, Poradniki 364/2007
- [6] Słowik L., Wpływ wychylenia budynku na wytyczenie konstrukcji w warunkach eksploatacji górniczej, Acta Sci. Pol. Archit., t. 16, 3/2017
- [7] Mutke G. i inni, Zasady stosowania Górniczej Skali Intensywności Sejsmicznej GSI-2017 do prognozy i oceny skutków oddziaływania wstrząsów indukowanych eksploatacją na obiekty budowlane oraz klasyfikacji ich odporności dynamicznej, Główny Instytut Górnictwa, seria: instrukcje, 23/2018, Katowice
- [8] Szulc J., Diagnostowanie techniczne budynków wzniesionych w technologiach uprzemysłowionych, Systemy wielokopertowe: ogólne wytyczne, Instytut Techniki Budowlanej, Seria: Instrukcje, Wytyczne, Poradniki 496/2018
- [9] Motyczka A., Wyrą S., Oczyszczenie szczelin dylatacyjnych w wielosegmentowych budynkach mieszkalnych, Zeszyty Naukowe Pol. Sl. 60/1985
- [10] Ledwoń J. A., Budownictwo na terenach górniczych, Wydawnictwo Arkady, 1983
- [11] Kowalski A., Deformacje powierzchni w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym, Główny Instytut Górnictwa, Katowice, 2015
- [12] Dokumentacja techniczna p.t.: Wykonanie opinii budowlanej dla budynków wielokondygnacyjnych na terenie obszaru górniczego dotyczącej stanu techn. dylatacji pomiędzy segmentami, Konsorcjum ITB-GIG, Katowice, 2018
- [13] Kwiatek J. i inni, Zasady oceny możliwości prowadzenia podziemnej eksploatacji górniczej z uwagi na ochronę obiektów budowlanych, Główny Instytut Górnictwa, seria: instrukcje 12/2000 Katowice
- [14] Gubrynowicz A., Kawulok M., Techniczno-użytkowe aspekty wychylenia budynków mieszkalnych na terenach górniczych, Ochrona Terenów Górniczych, tom 76, 1986
- [15] Kawulok M., Ocena właściwości użytkowych budynków z uwagi na oddziaływanie górnicze, Wydawnictwa Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa, 2000
- [16] Kawulok M., Projektowanie budynków na terenach górniczych, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa, 2006

Konferencja Naukowo-Techniczna

KS2021

KONSTRUKCJE SPRĘŻONE

KS2021

Szanowni Państwo,

Dotychczasowe wydarzenia w ramach cyklu Konferencji Naukowo-Technicznych KONSTRUKCJE SPRĘŻONE, organizowane przez Politechnikę Krakowską, gromadziły co trzy lata wielu Uczestników i były platformą wielu ciekawych prezentacji i dyskusji. Podtrzymujemy niezmiennie plan organizacji dalszych takich spotkań, z których kolejne według trzyletniego harmonogramu miałyby się odbyć w roku 2021.

Biorąc jednak pod uwagę aktualne okoliczności związane z pandemią Covid-19 i ich wpływ na możliwość organizacji obrad konferencji, Organizatorzy cyklu KONSTRUKCJE SPRĘŻONE podjęli decyzję o przesunięciu wydarzenia wyjątkowo o okrągły rok. Uczymy, że jesienią 2021 roku będziemy mogli wszyscy powrócić do pracy normalnej we wszystkich jej wymiarach. Wówczas poinformujemy Państwa o szczegółach czwartej edycji Konferencji Naukowo-Technicznej KONSTRUKCJE SPRĘŻONE, której obrady są w tej sytuacji planowane na wiosnę 2022 roku. W tej chwili chcemy się podzielić jedną informacją o tym wydarzeniu: tematem wiodącym będą KONSTRUKCJE CIĘGNOWE.

Życzymy Państwu zdrowia i sił i liczymy na spotkanie w ramach kolejnych obrad naszej Konferencji!



Katedra Konstrukcji Żelazowych i Sprężonych
Wydział Inżynierii Łączowej, Politechnika Krakowska

dr inż. Piotr Gwoździwicz
Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego

dr hab. inż. Wit Derkowski, prof. PK
Vice Przewodniczący Komitetu Organizacyjnego