

Ochrona budynków murowanych na terenie górnictwem.

Część 1 – rozważania teoretyczne

Protection of masonry buildings in the mining area. Part 1 – theoretical discussion



*Dr hab. inż. Jan Fedorowicz,
prof. Pol. Śl.*)*



Dr inż. Magdalena Mrozek)*



Dr inż. Dawid Mrozek)*

Treść: W pracy omówiono zasady ochrony istniejącej zabudowy terenu górnictwa nieprzystosowanej do przenoszenia wpływów eksploatacji górnictwa. W części 1 pracy omówiono skutki eksploatacji ujawniające się na powierzchni terenu, omówiono również w skrócie zasady postępowania oraz metodykę przeprowadzania analizy statycznej budynków o konstrukcji ściennej, zlokalizowanych w obrębie czynnego obszaru górnictwa oraz metodykę i możliwości postępowania w przypadku wykorzystywania do analiz statycznych jako narzędzia metody elementów skończonych.

Abstract: This paper presents the protection principles of the existing building development which is not adapted to carry the impacts of mining exploitation. Part 1 describes the influence of mining on subsoil surfach, the principles of procedure and methodology for the static analysis of wall structures located within the active mining area as well as the methodology and capabilities for proceeding with static analysis, as a tool for the Finite Element Method

Słowa kluczowe:

tereny górnicze, ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych, analizy numeryczne, modele nieliniowe z degradacją

Key words:

mining areas, protection of built features in mining areas, numerical analyses, models of inelastic material degradation

1. Wprowadzenie

Skutki działalności górnictwa ujawniające się na powierzchni terenu w znacznej mierze zależne są od uwarunkowań geologicznych. Na rysunku 1 pokazano za [1,2] schemat klasyfikacji skutków eksploatacji górnictwa, ujawniających się na powierzchni terenu i wywołujących dodatkowe obciążenie konstrukcji budowlanej. Procesom tym na ogół towarzyszy pojawiająca się na powierzchni terenu niecka obniżenia (rys. 2), wędrująca wraz z frontem eksploatacji i powodująca zmieniające się w czasie przesuwania się frontu eksploatacji stany odkształceń w materiale podłoża budowlanego. Wtórny efekt działalności górnictwa są zmiany warunków grunto-wo-wodnych, które w połączeniu z odwodnieniem górotworu mogą wywołać na powierzchni dodatkowe „nieckowe” obniżenia powierzchni terenu. Przy odpowiednio niekorzystnych uwarunkowaniach geologicznych (np. w przypadku, gdy złożo eksploatacyjne występuje w spągu zwięzłych, sztywnych skał, a powyżej i poniżej zalegają skały słabe) eksploatacja może

być przyczyną gwałtownych przemieszczeń mas skalnych, objawiających się w postaci wstrząsów górnictwa, mających charakter słabych, lokalnych trzęsień ziemi. Miarą tych odkształceń w praktyce inżynierskiej są wartości wskaźników opisujących kolejno:

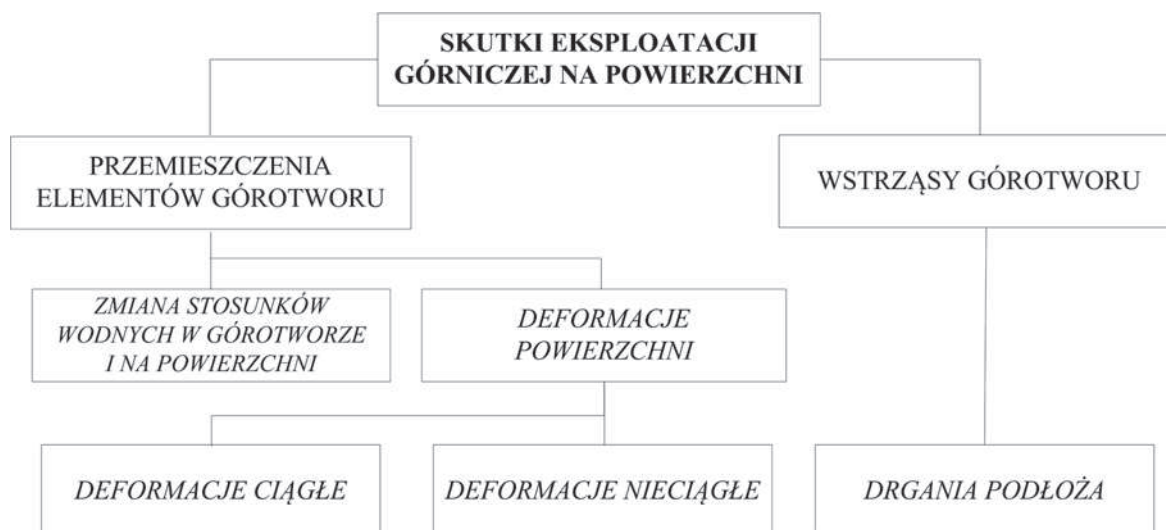
- w, u, m – pionowe i poziome przemieszczenia punktów przy-powierzchniowej warstwy górotworu,
- ϵ , mm/m – poziome odkształcenie gruntu w przypowierzchniowej warstwie górotworu,
- $K, R, I/\text{km}, \text{km}$ – krzywizna i promień krzywizny profilu powstającej niecki obniżenia,
- T , mm/m – nachylenie powierzchni terenu.

Wartości tych parametrów wyznaczyć można przykładowo z teorii Budryka-Knothe'go. Otrzymujemy (rys. 2):

- przemieszczenie pionowe punktu powierzchni

$$w(x) = \frac{w_{max}}{r} \cdot \int_x^{+\infty} e^{-\pi \cdot \frac{x^2}{r^2}} dx^2$$

*) Politechnika Śląska, Gliwice

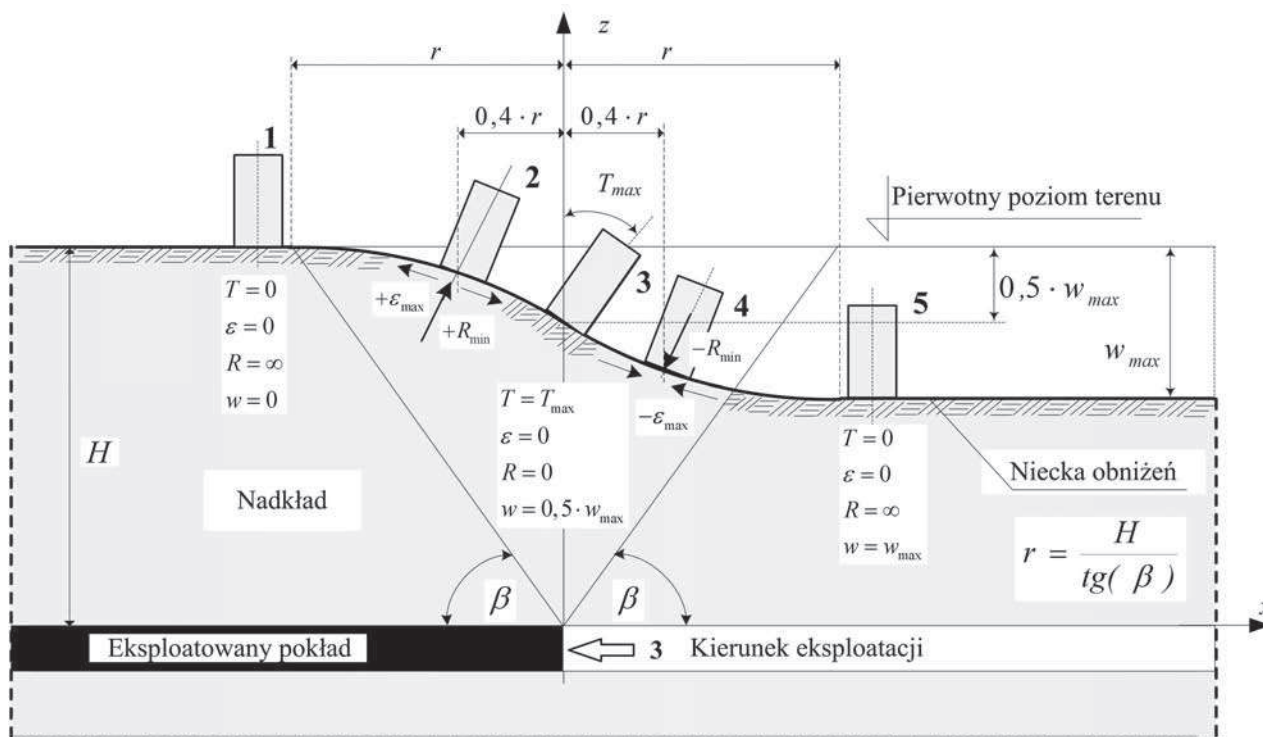


Rys. 1 Schemat klasyfikacji skutków eksploatacji górniczej

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 1. Scheme of classification of mining effects

Own elaboration



Rys. 2 Schemat przejścia niecki górniczej pod budowlą;

1 – budowla nieobciążona wpływami górnymi,

2 – ekstremalne wygięcie $(+R_{\min}, +\varepsilon_{\max}, w=0)$,3 – ekstremalne nachylenie $(T_{\max}, w=0,5w_{\max})$,4 – ekstremalne ugięcie $(-R_{\min}, -\varepsilon_{\max})$,5 – budowla nieobciążona wpływami po przejściu niecki górniczej $(w=w_{\max})$

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 2. Diagram of transition of the subsidence basin under a building:

1 – lack of mining influence,

2 – convex basin $(+R_{\min}, +\varepsilon_{\max}, w=0)$,3 – extreme slope $(T_{\max}, w=0,5w_{\max})$,4 – concave basin $(-R_{\min}, -\varepsilon_{\max})$,5 – after transition of the subsidence basin $(w=w_{\max})$

Own elaboration

– nachylenie linii profilu niecki:

$$T(x) = \frac{dw(x)}{dx} = -\frac{w_{max}}{r} \cdot e^{-\frac{\pi \cdot x^2}{r^2}},$$

– krzywizna profilu niecki górnicyj:

$$K(x) = \frac{d^2w(x)}{dx^2} = +\frac{2 \cdot \pi \cdot w_{max}}{r^3} \cdot x \cdot e^{-\frac{\pi \cdot x^2}{r^2}},$$

– promień krzywizny profilu niecki górnicyj:

$$R(x) = \frac{1}{K(x)} = +\frac{r^3}{2 \cdot \pi \cdot w_{max}} \cdot \frac{1}{x} \cdot e^{\frac{\pi \cdot x^2}{r^2}},$$

– przemieszczenie poziome punktu powierzchni:

$$u(x) = +\frac{w_{max}}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{\pi \cdot x^2}{r^2}},$$

– odkształcenie poziome powierzchni terenu:

$$\varepsilon(x) = \frac{du(x)}{dx} = -\frac{w_{max} \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}}{r^2} \cdot x \cdot e^{-\frac{\pi \cdot x^2}{r^2}},$$

gdzie we wzorach tych oznaczono:

$$r = r_z = \frac{1}{\text{tg}\beta} \cdot \frac{z^n}{H^{n-1}} - \text{promień zasięgu wpływów głównych},$$

w_{max} – maksymalne obniżenie terenu,

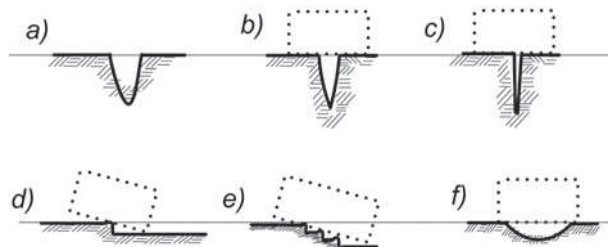
n – parametr zmian promienia zasięgu wpływów głównych,

β – kąt zasięgu wpływów głównych.

2. Sposoby oszacowania wpływów eksploatacji górnicyj na obiekty budowlane

Na ogół przy niewielkiej intensywności eksploatacji, powodowane przez nią deformacje powierzchni terenu ujawniają się na powierzchni w sposób ciągły. W praktyce inżynierskiej przyjmuje się, że zjawiska te mogą przybrać formę deformacji

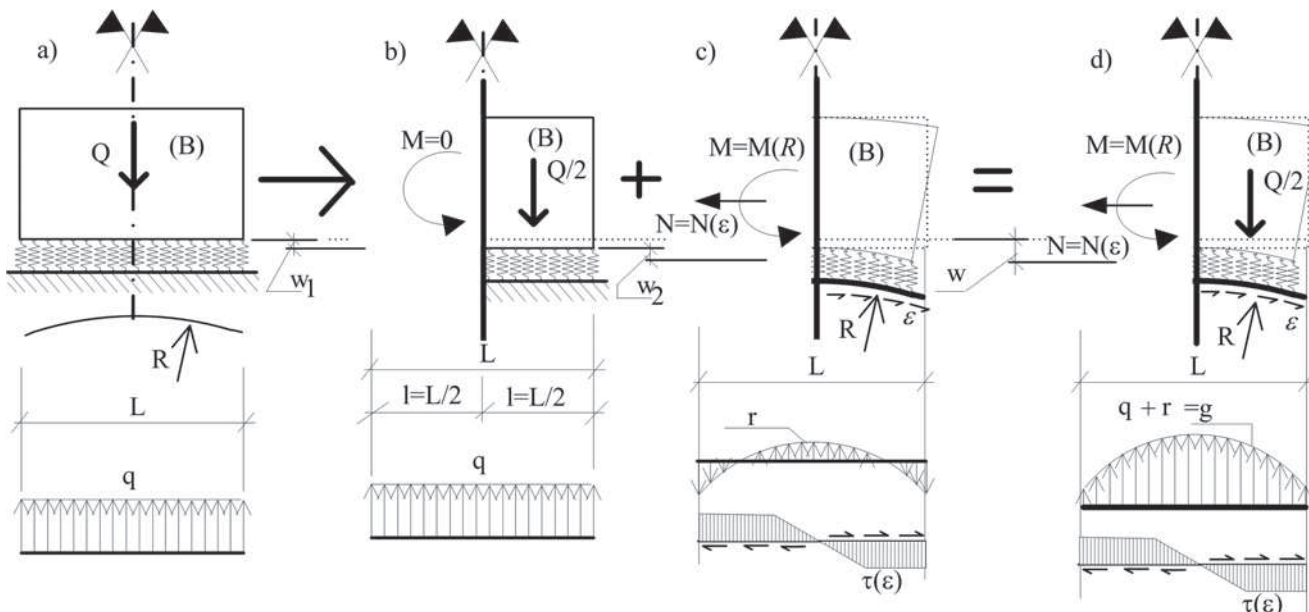
nieciągłych dopiero po przekroczeniu pewnej, zależnej od budowy geologicznej górotworu wartości odkształceń poziomych ε , którą na podstawie obserwacji w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW) można oszacować na poziomie ok. $\varepsilon=9.0$ mm/m. Jak zaobserwowano w terenie, przekroczenie tej wartości odkształcenia poziomego uruchamia procesy umożliwiające powstawanie deformacji nieciągłych o nieprzewidywalnym charakterze, rodzaju i miejscu wystąpienia. Możliwe postacie deformacji nieciągłych pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Rodzaje deformacji nieciągłych powierzchni terenu: a) zapadlisko, b) leja, c) szczelina (pęknięcie), d) i e) progi, f) zapadlisko lokalne

Fig. 3. Types of discontinuous deformations: a) sink hole; b) funnel; c) fracture; d) and e) ground braces; f) local sink
Opracowanie własne
Own elaboration

Wszystkie te wpływy mogą być przyczyną uszkodzeń konstrukcji budowlanych i stanowić zagrożenie zarówno ich stanu nośności, jak i użytkowania. Wynika to z faktu wzbudzenia przez odkształcenia podłoża dodatkowych sił wewnętrznych w budowlę (poprzez współpracę elementów fundamentu konstrukcji budowlanej z podłożem), które w miarę przemieszczania się frontu eksploatacji mogą zmieniać swoją wartość, zwrot i miejsce występowania. Uogólniony charakter i mechanizm powstawania tych dodatkowych obciążeń budowli w przypadku występowania ciągłych deformacji podłoża w zależności od położenia frontu eksploatacji pokazano na rys. 4.

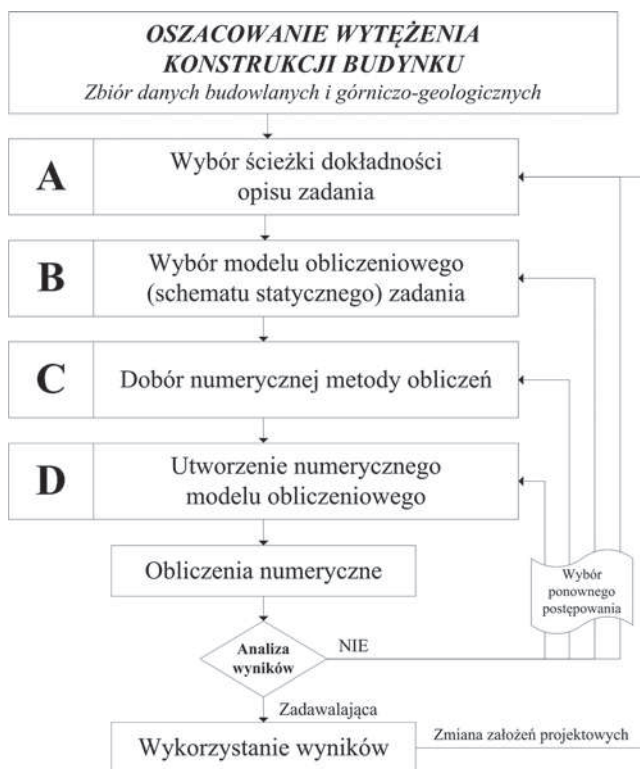


Rys. 4 Schemat powstawania sił wewnętrznych w budowlę zginanej na poziomo rozluźnianym terenie górnicyj – 2 pozycja budowli z rys. 2

Fig. 4. Scheme of formation of internal forces in a bending building on a horizontal loose mining area – 2 building position from fig. 2
Opracowanie własne
Own elaboration

Dokładność oraz wiarygodność sposobów wyznaczania wielkości tych sił decyduje o skuteczności projektowanych i zastosowanych (wprowadzanych) zabezpieczeń budynków narażonych na wpływy górnicze. W klasycznym, inżynierskim procesie oceny wyteżenia budowli na deformującym się podłożu górniczym obliczenia mogą być wspomagane komputerowo, niemniej proces tworzenia schematów (modeli) obliczeniowych konstrukcji, ewentualnie podłoża, oraz sposób przykładania obciążeń reprezentujących wpływ deformującego się podłoża na budowlę jest mocno uproszczony. Uwzględnia on głównie schematy obliczeniowe typu belka, ruszt, ewentualnie rama albo tarcza w odniesieniu do budowli oraz winklerowski analog podłoża liniowo-sprężystego. Wyniki takich analiz prowadzą z konieczności do uogólnień w ocenie wielkości wewnętrznych w dozbrajanych lub w inny sposób wzmacnianych elementach konstrukcyjnych, dając zasadniczo wartości zawyżone w stosunku do otrzymywanych na modelach pełniejszych (np. przestrzennych oraz uwzględniających nieliniową i pozasprężystą pracę konstrukcji i podłoża). Stosowanie pełniejszych numerycznych modeli obliczeniowych wskazane jest nie tylko w celu bardziej ekonomicznego projektowania zabezpieczeń, staje się ono niezbędne np. w obliczeniach budynków o większej kubaturze i nietypowych, rozbudowanych rzutach poziomych.

Rozwój i upowszechnienie komputeryzacji umożliwia obecnie przeprowadzenie obliczeń przy wykorzystaniu metod bardziej zaawansowanych teoretycznie, co pozwala na analizę konstrukcji obciążonej eksploatacją budowli w sposób całościowy. Takie globalne podejście do problemu charakteryzuje się jednak uwzględnieniem wpływu wielu różnych czynników niemożliwych do przeanalizowania w projektowaniu tradycyjnym. Charakter pracy ze współczesnymi środkami obliczeniowymi wymaga jednak od inżyniera umiejętności

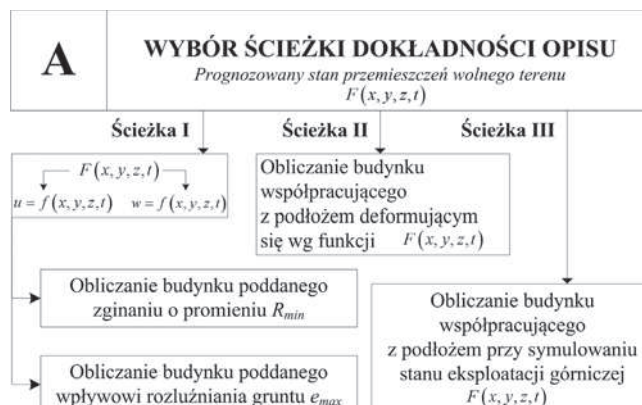


Rys. 5. Proces tworzenia numerycznego modelu obliczeniowego
Źródło: Opracowanie własne

Fig. 5. Process of creation of a numerical computational model
Own elaboration

modelowania badanego obiektu, tj. budowli, podłoża lub obu tych obiektów łącznie, w sposób bez porównania bogatszy aniżeli przy stosowaniu tradycyjnych metod obliczeniowych. Na rysunku 5 przedstawiono schematycznie proces przejścia od rzeczywistego, obciążonego budynku do numerycznego modelu obliczeniowego, poddanego analizie z możliwością wariantowania i optymalizacji rozwiązań.

Pierwszy, decydujący krok w tym procesie jest związany z wyborem niezbędnej lub oczekiwanej precyzji, z jaką zbiór wyników obliczeń zapewni informację o wyteżeniu deformującego się budynku. Reprezentuje go na rys. 5 blok A umożliwiający wybór odpowiedniej ścieżki dokładności opisu zadania pokazany w szczegółach na rys. 6.



Rys. 6. Schemat wyboru ścieżki opisu zadania

Fig. 6. Selection scheme of task description path

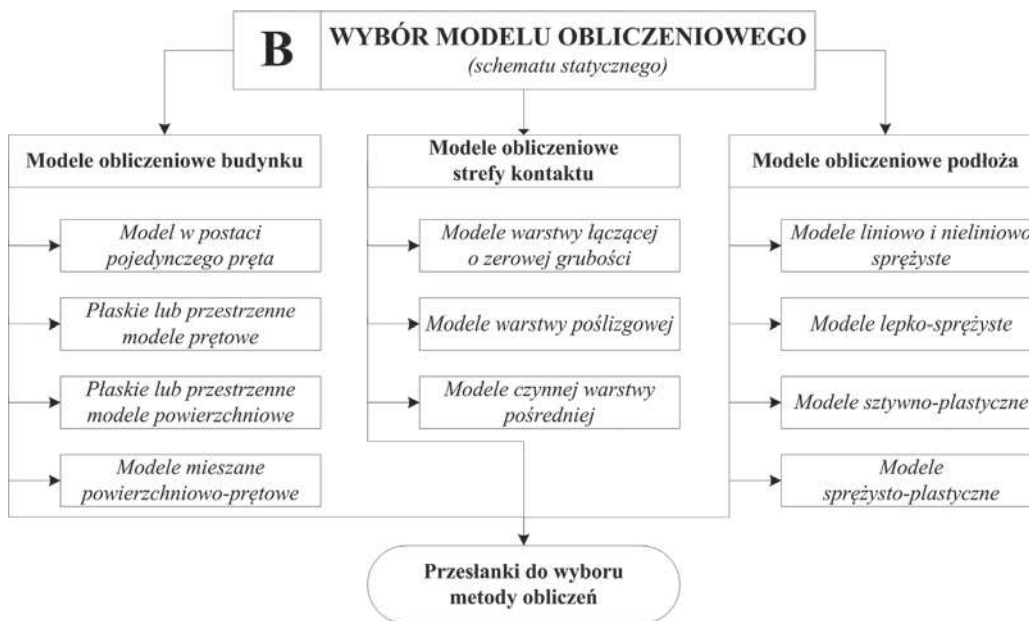
Opracowanie własne
Own elaboration

Ścieżkę I reprezentuje ogólnie przyjęte, tradycyjne postępowanie inżynierskie. Służby geologiczno-górnice, prognozując stan przemieszczeń powierzchni terenu swobodnego, nieobciążonego budynkiem, określają na potrzeby inżynierii budowlanej ogólną, wieloparametrową funkcję przemieszczeń $F(x,y,z,t)$ poprzez stany składowe, opisywane funkcjami przemieszczeń poziomych $u(x,y,z,t)$ i pionowych $w(x,y,z,t)$. Wynika stąd, że obliczenia statyczne budynku prowadzone są osobno w odniesieniu do deformacji pionowych w , wyrażonych poprzez promień krzywizny powierzchni terenu ($w(x,y,z,t) \rightarrow R_{min}$), osobno w przypadku deformacji poziomych u , wywołujących stan rozluźnienia lub zagęszczenia gruntu, opisywany wartościami odkształceń ϵ ($u(x,y,z,t) \rightarrow \epsilon_{max}$).

Ścieżka II pozwala na sformułowanie opisu zadania bardziej adekwatnego do rzeczywistości i uzyskanie tym samym pełniejszego obrazu zachowania się konstrukcji budynku.

Ścieżka III stanowi w chwili obecnej głównie aspekt badawczy zagadnienia. W efekcie pełnych obliczeń budynku współpracującego z deformującym się podłożem (przy symulowaniu eksploatacji) otrzymuje się bezpośrednio stan rzeczywistych przemieszczeń w linii kontaktu budynek-podłoże $\Phi(x,y,z,t)$, nierównoważny już stanowi przemieszczenia swobodnej powierzchni terenu ($\Phi(x,y,z,t) \neq F(x,y,z,t)$).

Wybór ścieżki postępowania determinuje dalsze działania obliczeniowe. W przypadku ścieżki I obliczenia mogą być przeprowadzone w sposób opisywany w literaturze [4,7,9], z pominięciem dalszej procedury przedstawionej na rys. 5. Takie postępowanie daje dużą gwarancję określenia skutków górniczej deformacji terenu w sposób bezpieczny w odniesieniu do budynku, co jednak nie jest często równoważne z racjonalnym projektowaniem.



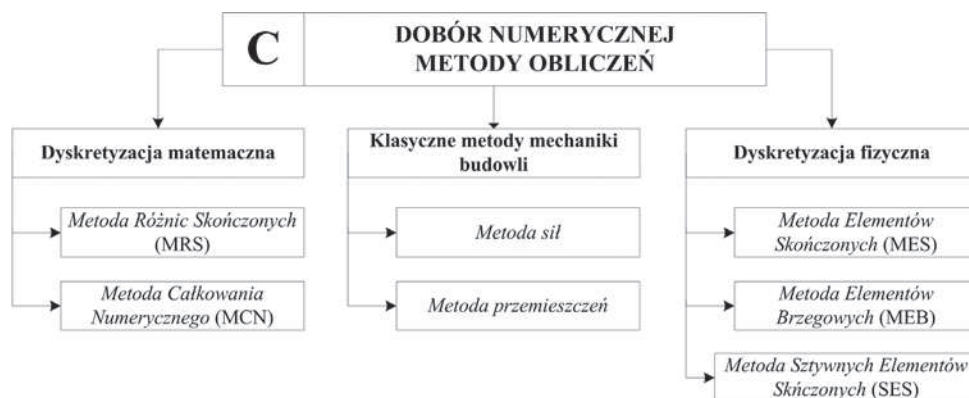
Rys. 7. Schemat wyboru możliwych modeli obliczeniowych
 Fig. 7. Selection scheme of possible computational models
 Opracowanie własne
 Own elaboration

Ścieżki II i III wymagają realizacji bloku B (rys. 5 i rys. 7), w którym dokonywany jest wybór właściwego modelu obliczeniowego. W modelowaniu upraszczamy rzeczywistość do postaci, którą można opisać w sposób formalny. Upraszczenie to jest ograniczone z natury przeciwstawnymi uwarunkowaniami: maksymalną adekwatnością modelu w stosunku do rzeczywistości oraz minimalną złożonością takiego opisu. Istniejące możliwości modelowania rzeczywistości zilustrowano schematycznie na rys. 7 - pokazując, że niezbędny jest zarówno dobór modelu budynku, modelu podłoża jak i strefy kontaktu pomiędzy nimi. Warunki i kryteria doboru odpowiedniego modelu budynku i modelu podłoża można znaleźć w pracach [7,11,12,13,19], szczegółowe natomiast omówienie metod dyskretyzacji i kalibrowania parametrów modeli podano w [11,12,13,14,15,16].

Pełną systematykę i rozwój modeli obliczeniowych podłoża w ujęciu najogólniejszym przedstawiono obszernie w pracach [17,18]. Zaznaczyć w tym miejscu należy, że przedstawione w [17,18] modele gruntów sprawdzane i testowane są w odniesieniu do terenów spokojnych, nienarażonych na wpływy górnice.

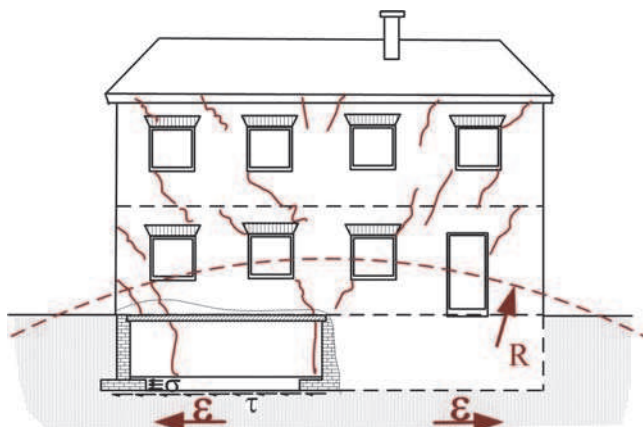
Sformułowany po dokonaniu odpowiedniego wyboru, model obliczeniowy zadania wymaga w następnej kolejności zastosowania odpowiedniej metody numerycznej dla jego rozwiązania. Do dyspozycji mamy oprócz klasycznych metod mechaniki budowli dla układów prętowych (metoda sił, metoda przemieszczeń) metody numeryczne wprowadzające na różne sposoby dyskretyzację układu ciągłego (rys. 8). Wybór modelu obliczeniowego oraz metody rozwiązywania tworzy końcową postać opisu naszego zadania - numeryczny model obliczeniowy (blok D na schemacie z rys. 5).

Pokazane na rys. 4 rozdzielenie wpływów górnicznych (R i ϵ) jest więc pewnym stanem wyidealizowanym, rzadko występującym w rzeczywistości, a otrzymywanym jedynie przy wyborze dokładności opisu wg ścieżki I - rys. 6. Wzbudzone dodatkowe obciążenia w takim przypadku (przedstawione na rys. 4 w postaci uogólnionej siły rozciągającej N i momentu zginającego M) mogą doprowadzić do przekroczenia stanu nośności i spowodować uszkodzenia konstrukcji lub zarysowania jej elementów tym bardziej, że w dalszym ciągu na obszarze (GZW) znajduje się pewna liczba obiektów budowlanych niezabezpieczonych na przyjęcie wpływów pochodzenia



Rys. 8. Schemat możliwej metody numerycznej
 Źródło: Opracowanie własne
 Fig. 8. Scheme of possible numerical method
 Own elaboration

górnictwo. Przy wizualnej ocenie zaistniałych uszkodzeń budowli przyjmuje się, że wpływy górnicze dają czytelny obraz uszkodzeń, o charakterze zgodnym z przewidywanym stanem deformacji konstrukcji, wywołanym oddziaływaniem podłoża gruntowego nierównomiernie osiadającego, podlegającego rozluźnieniu lub przenoszącemu wstrząsy. Na kolejnych rysunkach 9 i 10 pokazano charakter przebiegu możliwych uszkodzeń konstrukcji w trakcie przejścia niecki górniczej pod budynkiem [4,5,6,7,8,20,21,22].

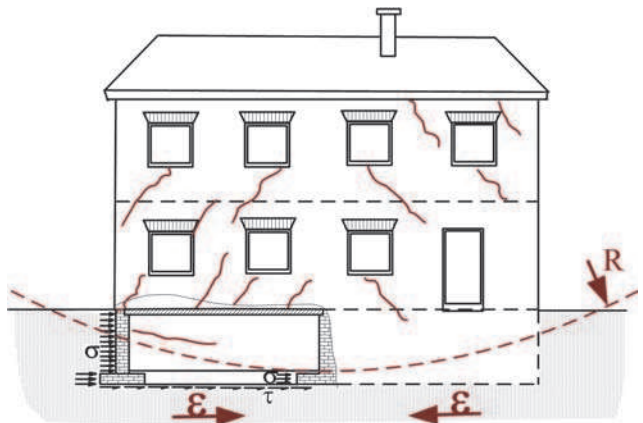


Rys. 9. Charakterystyczne zarysowania budowli dla wpływu niecki wypukłej – pozycja 2 z rys. 2

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 9. Building cracks characteristic for convex basin – position 2 from fig. 2

Own elaboration



Rys. 10. Charakterystyczne zarysowania budowli dla wpływu niecki wklęsłej – pozycja 4 z rys. 2

Źródło: Opracowanie własne

Fig. 10. Building cracks characteristic for concave basin – position 4 from fig. 2

Own elaboration

Zdarza się, że budynki znajdujące się poza zasięgiem bezpośrednich wpływów eksploatacyjnych noszą charakter uszkodzeń, odpowiadający wpływowi nierównomiernych obniżen podłoża [3] bądź wpływowi drgań podłoża. Szczególnie dotyczy to zabudowy niskiej, wykonanej w technologii tradycyjnej. W takich przypadkach konieczne jest określenie wielkości tych dodatkowych obciążeń oraz sprawdzenia czy analizowana konstrukcja może bezpiecznie przenieść te dodatkowe oddziaływania. Natomiast w przypadku stwierdzenia zagrożenia - również zaprojektowania stosownego zabezpieczenia budowli.

W odniesieniu do budownictwa istniejącego podstawowy problem związany jest z dopuszczeniem eksploatacji górniczej pod obiektami. Szczególnie pod obiektami o konstrukcji nieprzystosowanej do przejścia oddziaływań górniczych. W takich sytuacjach konieczna jest ocena odporności obiektu na przewidywane wpływy i ocena przewidywanej ich uciążliwości użytkowania. W zależności od oceny tej odporności konieczne może być odpowiednie przystosowanie obiektu lub wzmocnienie jego konstrukcji. Definicję odporności oraz stopień uciążliwości użytkowania w zależności sformułowano np. w pracy [7]. Podaje ona, że kategoria odporności n oznacza odporność budynku na wpływy deformacji podłoża o maksymalnych wskaźnikach ϵ i R właściwych dla terenu o kategorii górniczej nie większej niż n . Przez pojęcie odporności budynku na wpływy eksploatacji górniczej rozumie się zdolność budynku do przeniesienia określonych deformacji terenu bez zagrożenia bezpieczeństwa użytkowania obiektu, przy jednoczesnym dopuszczeniu wystąpienia w obiekcie niewielkich uszkodzeń elementów konstrukcyjnych i niekonstrukcyjnych, możliwych do usunięcia w ramach remontów bieżących i niemających wpływu na istotne pogorszenie się walorów użytkowych obiektu. Definicja ta jest ściśle związana z klasyfikacją wpływów górniczych, która w zależności od ich intensywności dzieli obszar górniczy na sześć kategorii wg reguły podanej za [7] w tabelicy 1. Podobnie zdefiniowano pojęcie uciążliwości użytkowania. Zasady określania uciążliwości użytkowania określone wg [7] podano w tabelicy 2.

Tabela 1. Klasyfikacja terenu górniczego wg [7]

Table 1. Classification of mining area according to [7]

| Kategoria przydatności terenu do zabudowy | Wartość wskaźnika deformacji terenu | | |
|---|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| | Nachylenie T , mm/m | Promień krzywizny R , km | Odształcenie poziome e , mm/m |
| 0 | $T \leq 0,5$ | $ R \geq 40$ | $ \epsilon \leq 0,3$ |
| I | $0,5 < T \leq 2,5$ | $40 > R \geq 20$ | $0,3 < \epsilon \leq 1,5$ |
| II | $2,5 < T \leq 5$ | $20 > R \geq 12$ | $1,5 < \epsilon \leq 3$ |
| III | $5 < T \leq 10$ | $12 > R \geq 6$ | $3 < \epsilon \leq 6$ |
| IV | $10 < T \leq 15$ | $6 > R \geq 4$ | $6 < \epsilon \leq 9$ |
| V | $T < 15$ | $ R < 4$ | $ \epsilon > 9$ |

Tabela 2. Klasyfikacja uciążliwości skutków eksploatacji górniczej wg [7]

Table 2. Classification of effects nuisance of the mining exploitation according to [7]

| Skutki w budynku | Stopień uciążliwości | | | |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | nie-odczuwalny | mały | średni | duży |
| T , mm/m | $T < 10$ | $10 < T \leq 15$ | $15 < T \leq 20$ | $T > 20$ |
| d , mm | $d < 1$ | $1 < d \leq 5$ | $5 < d \leq 10$ | $10 < d \leq 30$ |
| $\gamma_k \cdot 10^3$ | $\gamma_k \cdot 10^3 < 1$ | $1 < \gamma_k \cdot 10^3 \leq 2$ | $2 < \gamma_k \cdot 10^3 \leq 3$ | $3 < \gamma_k \cdot 10^3 \leq 5$ |
| a_p , mm/s ² | $a_p < 200$ | | $200 < a_p \leq 300$ | $a_p > 300$ |

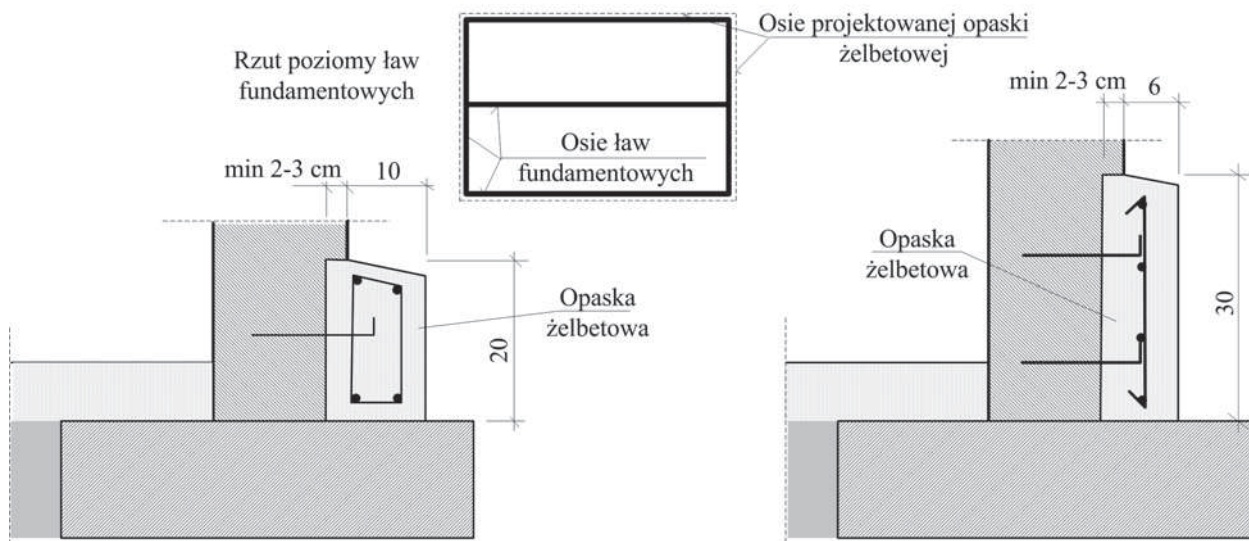
3. Podsumowanie

Dokonanie oceny odporności budowli na wpływy górnicze pozwala na przeprowadzenie zabiegów dostosowujących budowlę do przeniesienia wpływów górniczych lub jej wzmocnienie. W przypadku zabudowy istniejącej można to osiągnąć poprzez:

- wzmocnienie fundamentów i podziemnych części budynku,
- podział budynku na części mniejsze przez wprowadzenie dylatacji,
- redukcję oddziaływań podłoża na podziemną część budynku,
- wzmocnienie nadziemnych części budynku,
- wzmocnienie niektórych elementów budynku i naprawę uszkodzeń.

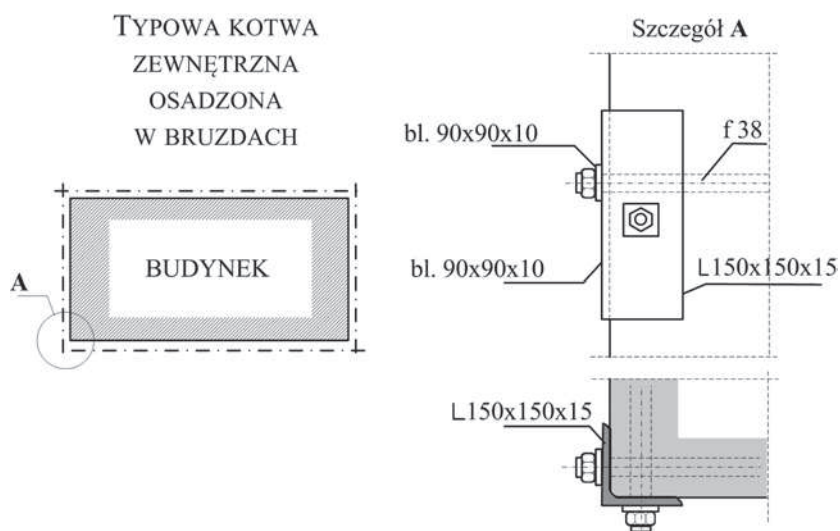
Szczegółowe informacje o zasadach i warunkach stosowania poszczególnych sposobów można znaleźć w literaturze przedmiotu [1,4,6,7,9,20,21], a na rys. 11 i rys. 12 pokazano przykładowe, zastosowane w części 2 pracy wzmocnienie konstrukcji opaską żelbetową i stalowymi obwodowymi kotwami na poziomie skrajnych stropów budynku.

W części drugiej pracy na przykładzie trzykondygnacyjnego murowanego budynku mieszkalnego pokazano postępowanie w ocenie odporności budynku oraz przedstawiono wyniki analiz wpływu dodatkowych oddziaływań spowodowanych eksploatacją górniczą. Na podstawie oceny stanu technicznego i oszacowania opłacalności przeprowadzenia remontu budynku, jako sposób dostosowania budynku do przeniesienia prognozowanych wpływów górniczych przyjęto podział budynku dylatacjami na cztery części oraz zastosowanie do każdej z części budynku opaski żelbetowej w poziomie fundamentów i zewnętrznych obwodowych kotew stalowych na poziomie stropu nad kondygnacją piwniczną i nad kondygnacją najwyższą. Analizę sił wewnętrznych przeprowadzono dwukrotnie, porównując uzyskane wyniki przy pomocy klasycznych metod inżynierskich z wynikami



Rys. 11. Wzmocnienie fundamentu budynku typową opaską żelbetową
Źródło: Opracowanie własne

Fig. 11. Reinforcement of building foundation with a typical ferroconcrete band
Own elaboration



Rys. 12 Szczegóły wzmocnienia konstrukcji nadziemnej budynku zewnętrzną kotwą stalową w bruzdach
Źródło: Opracowanie własne

Fig. 12. Details of reinforcement of the overground part of building with external steel anchor in grooves
Own elaboration

uzyskanymi przy pomocy przestrzennego modelu MES, z zastosowaniem sprężysto-plastycznego modelu materiału budowli z degradacją jej sztywności.

Obliczenia numeryczne wykonano w Akademickim Centrum Komputerowym AGH-Cyfronet na podstawie przyznanych grantów obliczeniowych nr MNiSW/Sun6800/PŚląska/083/2007, MNiSW/SGI3700/PŚląska/083/2007, a także MNiSW/Sun6800/PŚląska/084/2007, MNiSW/SGI3700/PŚląska/084/2007.

Literatura

- Instrukcja 364/2000: Wymagania techniczne dla obiektów budowlanych wznoszonych na terenach górniczych, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2000.
- Fedorowicz L., Fedorowicz J.: Metody oceny wyczerpania budowli na terenach górniczych. „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”, Seria „Górnictwo” 2000, z. 246.
- Mitzel A., Stachurski W., Suwalski J.: Awarie konstrukcji betonowych i murowych. Arkady, Warszawa 1982.
- Praca zbiorowa: Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi. Wyd. Śląsk, Katowice 1980.
- Kawulok M., Konieczny K.: Kwalifikowanie uszkodzeń oraz zabezpieczenie obiektów sakralnych na terenach górniczych. Wyd. PZITB, Gliwice 1986.
- Kawulok M.: Szkody górnicze w budownictwie. Wydawnictwo ITB, Warszawa 2010.
- Praca zbiorowa: Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych. Wyd. GIG Katowice 1997.
- Wachniewski W.: Zasady kwalifikacji uszkodzeń i sposoby naprawy budynków na terenach górniczych, Seria Problematyka Budownictwa nr 133. Centralny Ośrodek Informacji Budownictwa, Warszawa 1979.
- Instrukcje, Wytoczne, Poradnik 416/2006. Projektowanie budynków na terenach górniczych. Wydawnictwo ITB, Warszawa 2006.
- Polskie normy budowlane: PN-82/B-02001 - Obciążenia budowli. Obciążenia stałe, PN-82/B-02003 - Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne, PN-B-03002 – Konstrukcje murowe. Obliczenia i projektowanie. PKN lipiec 2007.
- Andermann F., Fedorowicz L., Fedorowicz J.: Przegląd badań teoretycznych nad pracą statyczną budynków o konstrukcji ścianowej zginanych na terenie górniczym – modele przestrzenne i płaskie. „Ochrona Terenów Górniczych”, 1987, nr 79, s. 30-38.
- Andermann F., Fedorowicz L., Fedorowicz J.: Przegląd badań teoretycznych nad pracą statyczną budynków o konstrukcji ścianowej zginanych na terenie górniczym – model rusztowy i belkowy. „Ochrona Terenów Górniczych”, 1987, nr 80, s. 30-36.
- Fedorowicz J.: Zagadnienie kontaktowe budowla – podłoże gruntowe. Część 2. Kryteria tworzenia i oceny modeli obliczeniowych układów konstrukcja budowlana – podłoże górnicze. „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”, seria „Budownictwo” 2008, nr 1805, z. 114.
- Andermann F., Fedorowicz L., Fedorowicz J.: Zestaw programów profesjonalno-badawczych do obliczania budynków o konstrukcji ścianowej na terenach górniczych. „Inżynieria i Budownictwo”, 1992, nr 12, s. 484-486.
- Majewski S.: Sprężysto-plastyczny model współpracującego układu budynek-podłoże poddanego wpływom górniczych deformacji terenu. „Zeszyty Naukowe Pol. Śl.”, seria „Budownictwo”, 1995, z. 95.
- Fedorowicz L., Fedorowicz J.: Komputerowe modele przestrzennych układów ścianowych na wyginającym się podłożu górniczym. Materiały II Seminarium „Budownictwo na Terenach Górniczych”, Kamień k. Rybnika, maj 1991.
- Gryczmański M.: Wprowadzenie do opisu sprężysto-plastycznych modeli gruntów. PAN, Warszawa 1995.
- Gryczmański M.: Podstawy teoretyczne w geotechnice. Materiały z XI Krajowej Konferencji Mechaniki Gruntów i Fundamentowania. Geotechnika w Budownictwie i Transporcie, t. 3, Politechnika Gdańska Gdańsk 1997.
- Fedorowicz L.: Zagadnienia kontaktowe budowla – podłoże gruntowe. Część 1. Kryteria modelowania i analiz podstawowych zagadnień kontaktowych konstrukcja budowlana – podłoże gruntowe. „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej”, seria „Budownictwa” 2006, nr 1729, z. 107.
- Ledwoń J.A.: Budownictwo na terenach górniczych. Arkady, Warszawa 1983.
- Bryt-Nitarska I.: Ocena stanu technicznego budynków murowanych na terenach górniczych. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2013.
- Kawulok M., Słowik L., Konsek S., Piasecki W.: Ocena stateczności zabudowy mieszkalnej na obszarze oddziaływania eksploatacji górniczej KWK „Jankowice”, „Przegląd Górniczy” 2013, nr 8, s. 56-61.