ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1992

Seria: MECHANIKA z. 107 Nr kol. 1154

Andrzej Ajdukiewicz, Stanisław Majewski
Instytut Konstrukcji Budowlanych
Politechnika Śląska

MODEL PODŁOŻA W TERENIE GÓRNICZYM DO OCENY ODDZIAŁYWAŃ NA BUDYNKI

Streszczenie. Rozważono korektę dotychczasowego modelu podłoża poddanego górniczym osiadaniom terenu na podstawie losowego charakteru deformacji.

Резюме. Рассмотрена корректура модели строительного основания подданного горным осадкам на базе вероятности деформации.

Summary. The correction of the recent model of subsoil subjected to mining subsidence has been considered on the basis of random character of deformations.

1. WSTĘP

Obciążenia budowli spowodowane górniczymi deformacjami podłoża w rejonach, w których prowadzona jest eksploatacja kopalin, są równie powszechne jak te, które bezdyskusyjnie zalicza się do grupy obciążeń zasadniczych, a w swoich skutkach niejednokrotnie bardziej dla budowli niekorzystne. Wynika stąd konieczność z jednej strony możliwie precyzyjnego oszacowania parametrów wyjściowych, a więc wielkości i wzajemnej relacji działających na budowlę wpływów, a z drugiej, budowy dokładniejszych modeli obliczeniowych, stanowiących podstawę do wyznaczenia generowanych przez te wpływy sił wewnętrznych. Działania te powinny być prowadzone równolegle, gdyż równie niecelowe jest dokładne określanie parametrów wyjściowych i obliczanie sił na podstawie analizy dalekiego od rzeczywistości modelu pracy konstrukcji, jak i działanie odwrotne. Niniejsza praca jest poświęcona pierwszemu członowi tych działań, a więc stanowi próbę udzielenia odpowiedzi, jakie wpływy powinny być uwzględniane przy projektowaniu budowli posadowionych na terenach górniczych.

Przyjmowany dotąd model obliczeniowy podłoża w terenie górniczym zakładał, że grunt zachowuje się pod budynkiem jak pasmo gumy. Pasmo to poddane poziomym odkształceniom rozciągającym przekazuje przez tarcie w płaszczyźnie styku z fundamentem budynku znaczne siły rozciągające. Dla tego uproszczonego modelu przyjmuje się parametry wyjściowe do projektowania zabezpieczeń jednym z dwóch sposobów:

1. Określenie "kategorii terenu" i projektowanie na ekstremalne wartości wskaźników deformacji właściwe dla danej kategorii.

2. Określenie przewidywanych dla danego obszaru wielkości ekstremalnych wskaźników deformacji, z uwzględnieniem założonego sposobu eksploatacji pokładów i rzeczywistych warunków geologicznych, na podstawie programów komputerowych opracowanych dla założonych modeli górotworu [1].

W obydwu wypadkach operuje się pojęciem ekstremalnych wskaźników deformacji, którymi są: odkształcenie poziome ε_{max}, promień krzywizny R_{min} oraz pochylenie T_{max}. Podstawą do ich wyznaczenia jest uśredniony przebieg niecki osiadania. Pomija się losowy charakter złożonego zjawiska, jakim jest deformacja górotworu. Na ten istotny mankament zwracano już uwagę, wskazując na konieczność probablistycznego określania wskaźników [2].

Przyjęty sposób określania parametrów wyjściowych można uznać za dopuszczalny przy stosowanych obecnie, uproszczonych modelach obliczeniowych. Niecelowe bowiem byłoby dokładniejsze określanie parametrów wyjściowych, skoro siły wewnętrzne są wyznaczane na podstawie modelu stanowiącego dość grube przybliżenie zachodzących zjawisk. Przygotowując jednakże dane wyjściowe dla dokładniejszych modeli trzeba określić wartości wzajemnie sprzężonych wskaźników deformacji z uwzględnieniem ich losowego charakteru.

2. ANALITYCZNE OKREŚLENIE MIARODAJNYCH WSKAŹNIKÓW DEFORMACJI

Spośród trzech wskaźników charakteryzujących deformacje terenu górniczego zajmiemy się w dalszym ciągu wzajemnie sprzężoną parą odkształcenie poziome ε - krzywizna K (charakteryzowana promieniem R=1/K).

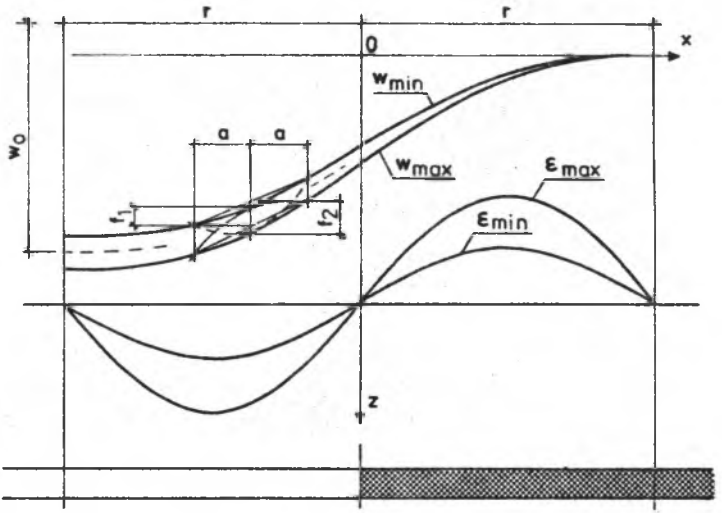
W wyniku "wybrania" podziemnego pokładu i związanej z tym deformacji górotworu na powierzchni terenu tworzy się przestrzenna niecka charakteryzowana przemieszczeniem pionowym w oraz poziomym u. Rozważać będziemy zagadnienie płaskie, które występuje w obszarze odpowiadającym środkowej części bardzo długiego frontu eksploatacji.

W przyjętym układzie współrzędnych, dla $-r \le x \le +r$ (rys.1), równanie osiadania powierzchni określa zależność [2]:

$$z = \frac{w_o}{2} \cdot [1 - \frac{x}{r} - \frac{1}{\Pi} \sin(\frac{\Pi x}{r})] \qquad (1)$$

Interesujące nas wskaźniki deformacji można obliczyć ze wzorów [2]:

$$\varepsilon = \frac{0.2\Pi w_o}{r} \sin(\frac{\Pi x}{r}) , \qquad K = - \frac{\Pi w_o}{2r^2} \sin(\frac{\Pi x}{r}) \qquad (2)$$



Rys.1 Obwiednie obniżenia terenu i odkształceń poziomych

Fig.1 Envelopes of ground subsidence and horizontal deformation

Zależności (1) i (2) określają zmienność średniej wartości poszczególnych parametrów, które w rzeczywistości podlegają mniejszym lub większym rozrzutom. Na podstawie dotychczasowych weryfikacji pomiarowych [3], przyjmuje się normalne rozkłady losowe poszczególnych parametrów deformacji. Analizując wyniki pomiarów prowadzonych dla polskich zagłębi górniczych, E. Popiołek [3] określił wartości przeciętnego rozproszenia losowego wskaźników deformacji, uzyskując dla obniżenia terenu $\nu=\pm0.04$, dla poziomych odkształceń rozciągających $\nu=\pm0.20$, a dla krzywizny profilu niecki $\nu=\pm0.43$. Określone przez E.Popiołka współczynniki zmienności doty-

czą maksymalnych wartości poszczególnych wskaźników przy bazie pomiarowej b=25m. Wydaje się, że w odniesieniu do obniżenia oraz odkształceń poziomych mogą one być ekstrapolowane na cały przebieg tych wskaźników w obrębie niecki górniczej. Przy tym założeniu uzyskamy obwiednię możliwych przebiegów obniżenia terenu w oraz odkształceń poziomych ε (rys.1).

Osobnego komentarza wymaga krzywizna terenu, charakteryzowana zazwyczaj jej promieniem R. Parametr ten, w takim rozumieniu jak jest on obecnie podawany w ekspertyzach górniczych jest naszym zdaniem nieprzydatny do obliczeń statycznych z dwóch powodów:

1. Zarówno promień krzywizny R jak i promień zasięgu wpływów r są wielokrotnie większe od długości analizowanych budynków,

2. Charakteryzujący krzywiznę minimalny promień R odpowiada średniemu przebiegowi niecki osiadania. Jest to jeden z wielu możliwych, może nawet najbardziej prawdopodobny przebieg tej niecki. Na pewno jednak można sobie wyobrazić wiele innych przebiegów, które na długości budynku dadzą mniej korzystną dla niego krzywiznę (rys.1).

Bardziej miarodajnym wskaźnikiem niż przyjmowany obecnie minimalny promień krzywizny średniego przebiegu niecki osiadania są maksymalna i minimalna krzywizny obniżonego terenu, jakie mogą wystąpić na długości budynku. Sposób wyznaczenia tych lokalnych krzywizn wyjaśnia rysunek 1.

Przyjęto, że pod obydwoma końcami budynku obniżenie jest określone górną, a w środku długości dolną obwiednią. Obliczono wynikającą z takiego ustawienia strzałkę wygięcia f_2, a następnie krzywiznę K_{max} łuku kołowego o tej strzałce. W taki sam sposób obliczono krzywiznę minimalną K_{min}. Otrzymano:

$$K_{max} = \frac{f_2}{2a^2} \qquad K_{min} = \frac{f_1}{2a^2} \tag{3}$$

Obwiednie maksymalnego i minimalnego osiadania określają zależności:

$$\left.\begin{aligned} z_{max} &= \frac{w_o}{2}\cdot\left(1 + \frac{a^2}{625}\cdot k_\sigma\cdot\nu_w\right)\cdot\left[1 - \frac{x}{r} - \frac{1}{\Pi}\sin\left(\frac{\Pi x}{r}\right)\right] \\ z_{min} &= \frac{w_o}{2}\cdot\left(1 - \frac{a^2}{625}\cdot k_\sigma\cdot\nu_w\right)\cdot\left[1 - \frac{x}{r} - \frac{1}{\Pi}\sin\left(\frac{\Pi x}{r}\right)\right] \end{aligned}\right\} \tag{4}$$

w których:

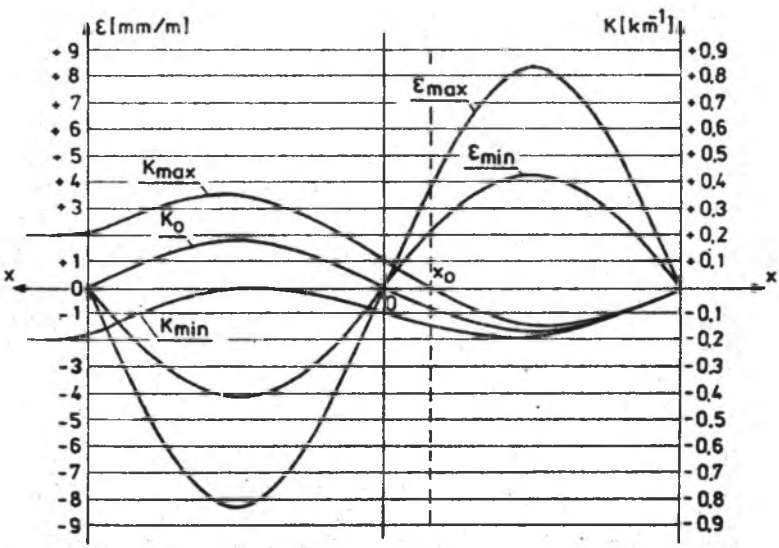
ν_w - współczynnik zmienności obniżenia terenu,

k_σ - współczynnik zależny od przyjętego poziomu ufności przy określaniu obwiedni.

Stosunek $(a/25)^2$ ujmuje zależność współczynnika zmienności ν od długości bazy pomiarowej. Zależność taka niewątpliwie istnieje [3]. Intuicyjnie przyjęto, że będzie to zależność od drugiej potęgi długości bazy. Wymaga to potwierdzenia na podstawie analizy materiału pomiarowego.

Problemem jest przyjęcie poziomu ufności, na jakim powinny być ustalane obwiednie obniżenia i wynikająca stąd wartość współczynnika k_σ. Niestety, niemożliwe jest matematyczne określenie prawdopodobieństwa wystąpienia sytuacji, w której skrajne punkty budynku znajdą się na jednej, a punkt środkowy na drugiej obwiedni granicznej. Jedynym kryterium może być statystyczna analiza dużego zbioru wyników pomiarów.

Na rysunku 2 przedstawiono zmienność określonej opisaną metodą maksymalnej i minimalnej krzywizny oraz maksymalnego i minimalnego odkształcenia poziomego w całym obszarze objętym zasięgiem wpływów. Przy sporządzaniu tych wykresów obwiednie graniczne osiadania ustalono na poziomie ufności 0.8 (k_σ=0.84), a obwiednie rozpełzania na poziomie 0.95 (k_σ=1.64). Przyjęto obniżenie maksymalne terenu w_o=0.9 m, a promień zasięgu wpływów r=90 m, co odpowiada wskaźnikom deformacji R=6000 m i ε=6mm/m.



Rys. 2 Ekstremalne krzywizny i odkształcenia poziome terenu

Fig. 2 Envelope curves of curvature and horizontal deformation

Przedstawione wykresy wskazują, jak dalece może odbiegać lokalna krzywizna terenu od średniej, przyjmowanej dotąd za miarodajną przy analizie oddziaływań podłoża na budynek. Zauważmy, że istnieje obszar ($x<x_o$), w którym może wystąpić krzywizna różnych znaków. Niewielki odcinek tego obszaru, dla $0<x<x_o$, może być szczególnie niebezpieczny, ze względu na możliwość sumowania się wpływów rozpełzania i krzywizny.

3. PODSUMOWANIE

Podstawowe rozważania na temat bardziej miarodajnych wskaźników deformacji podłoża górniczego z punktu widzenia oddziaływań na budynki są próbą ukierunkowania poszukiwań w tym zakresie. Genezę tych rozważań stanowi niepokój związany z dysproporcją między rozwojem możliwości analizy skutków oddziaływań podłoża na budynki a brakiem postępu w uściślaniu parametrów tych oddziaływań. Pod względem formalnym budzi zastrzeżenia coraz pełniejsze wprowadzanie probablistyki do projektowania konstrukcji, podczas gdy u podstaw oceny wpływów górniczych leżą bardzo zgrubnie oceniane, deterministyczne wartości wskaźników deformacji podłoża.

LITERATURA

[1] Drzęźla B.: Opis programów prognozowania deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s.Górnictwo, z.165, Gliwice 1989.

[2] Kleczeńska-Gil B.,Kwiatek J.: Oddziaływanie między fundamentami rusztowymi budowli a podłożem górniczym. PAN, Oddział w Katowicach Komisja Ochrony terenów Górniczych, PAN, Katowice 1987.

[3] Popiołek E.: Ochrona terenów górniczych. Skrypt AGH. Wydawnictwo AGH, Kraków 1989

MODEL OF THE SUBSOIL IN THE MINING REGION FOR THE ASSESSMENT OF ACTIONS ON BUILDINGS

Influences on buildings transmitted from the subsoil due to mining subsidences are the important kind of actions in the mining regions.

These actions should be estimated much more exactly than the recent practice is taking them into account. The reason is that the possibilities of structural analysis are in constant progress due to computer calculations. Similarly to the properties of materials and the loading of structures which are considered as random values in analysis, the actions of subsoil in mining regions should be estimated according to their random character. Particular considerations have to be undertaken on the problems of the variations of local curvatures of the ground; in the specific situations not only the value of the curvature radius may differ significantly from the mean value, but also the sign of the curvature may change. Unfortunately, the records of measurements are not available in such a number, that the theoretical investigations could be verified enough. Therefore the envelopes of probable values of deformations coefficients (Fig.1) should be assessed by the analytical way and then the extreme values could be estimated. The main problem is with the level of confidence which ought to be taken into account, because it influences significantly on the extreme values (Fig.2).

The first attempt to the problem and the trial of indication of considerations direction have been undertaken in the report.