

MODELE KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH UWZGLĘDNIAJĄCE ZMIANY W CZASIE PARAMETRÓW GEOMETRYCZNYCH, MATERIAŁOWYCH I SCHEMATU STATYCZNEGO

Anna ŻAKOWICZ*, Czesław MIEDZIAŁOWSKI

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 A, 15-351 Białystok

Streszczenie: W artykule zaprezentowano modele obliczeniowe stosowane w analizie różnych konstrukcji budowlanych oraz w analizie układu budowla-podłoże gruntowe. Przedstawiono ich podstawowe schematy i założenia oraz możliwości uwzględnienia zmian w czasie parametrów geometrycznych, materiałowych i warunków brzegowych.

Słowa kluczowe: model obliczeniowy, elementy kontaktowe, zmiana parametrów, modele śledzące, współpraca budowli z podłożem gruntowym.

1. Wstęp

Podczas projektowania konstrukcji, uwzględnienie zmian zachodzących w czasie jej eksploatacji może znacząco wpływać na bezpieczeństwo jej użytkowania. Do najczęstszych zmian zachodzących w konstrukcji jakie można zaobserwować należą:

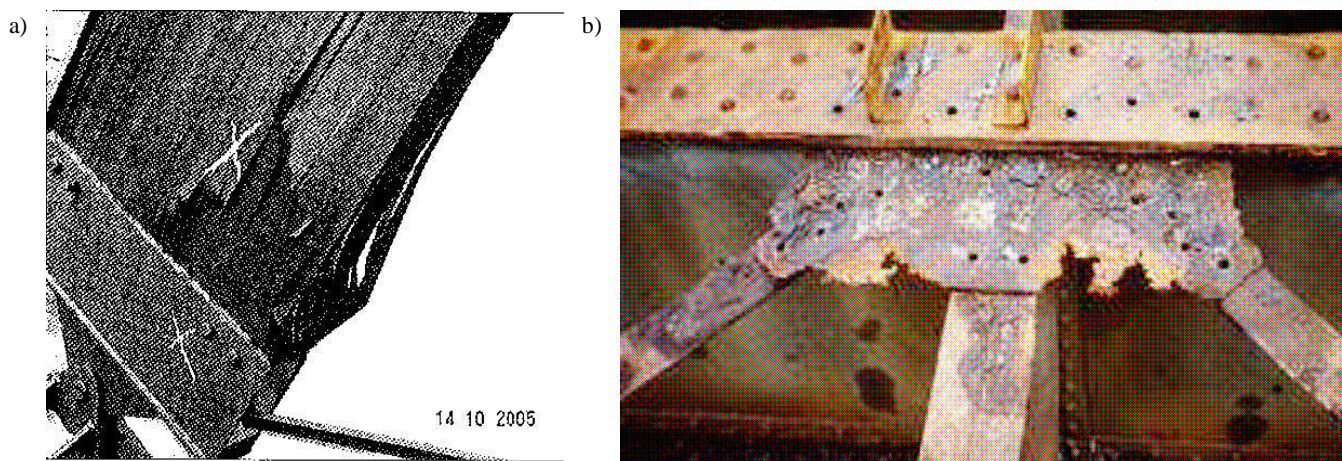
- zmiany geometrii konstrukcji spowodowane korozją oraz degradacją w czasie;

- zmiany właściwości materiałowych (betonu, stali, muru, drewna);
- zmiany schematu statycznego (rys. 1 i 2) spowodowane między innymi korozją połączeń, zmianami poziomu wód gruntowych, rozluźnieniem gruntu, przebudową czy rozbudową, nadmiernym obciążeniem, błędami konstrukcyjnymi, niestabilnością podpór oraz w przypadku konstrukcji drewnianych pojawianiem się luzów w wyniku zsuchania się połączeń.



Rys. 1. Uszkodzenia konstrukcji: a) powstałe w wyniku nierównomiernego osiadania (Kwiecień, 2007), b) powstałe w wyniku wykołowania pociągu (Bień, 2009)

* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: a.zakowicz@kmb.pb.edu.pl



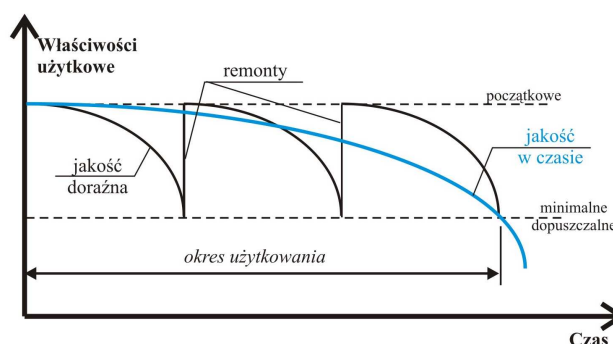
Rys. 2. Uszkodzenia konstrukcji: a) powstałe w wyniku zawilgocenia i działania grzybów (Jeruzal i in., 2006), b) powstałe w wyniku korozji połączeń (Bień, 2009)

Przemieszczanie się podpór jest najczęściej spowodowane dodatkowym osiadaniem podłoża lub obciążeniami wyjątkowymi takimi jak uderzenia pojazdów i wybuchy; natomiast degradacja materiału konstrukcyjnego (rys. 3) może być spowodowana oddziaływaniem czynników atmosferycznych.



Rys. 3. Ubytki materiału konstrukcyjnego (Bień, 2009)

W wyniku opisanych wyżej zmian w czasie jakość konstrukcji zmniejsza się w trakcie jej użytkowania, co przedstawia rysunek 4 (Miedziałowski i Malesza, 2009). Okresowe naprawy i remonty pozwalają przeważnie na częściowe podniesienie jakości konstrukcji i przedłużenie okresu jej użytkowania.



Rys. 4. Wpływ czasu na właściwości użytkowe konstrukcji (Miedziałowski i Malesza, 2009)

Poprawna analiza statyczna budynku wymaga uwzględnienia odpowiedniego schematu statycznego oraz doboru właściwego modelu obliczeniowego, który powinien z odpowiednią dokładnością opisywać pracę danego układu i możliwość rozwiązania zadania. Najbardziej wiarygodne, dające najwięcej możliwości oraz najbardziej uniwersalne są modele trójwymiarowe tworzone metodą elementów skończonych (MES) (Krętowska i Miedziałowski, 2001; Lourenco, 2006; Roca i in., 2008). W przypadku przestrzennych konstrukcji MES wymaga użycia bardzo dużej liczby elementów do dyskretyzacji i prowadzi do otrzymania dużych układów równań, a co za tym idzie do dużej liczby niewiadomych. Różne hybrydowe warianty MES ułatwiają zmniejszenie powyższego problemu (Miedziałowski, 1994; Krętowska i Miedziałowski 2001).

Aby każdorazowo nie budować od nowa modelu obliczeniowego i nie prowadzić niezależnych obliczeń, można użyć modeli, w których łatwo zmienia się lub uzupełnia odpowiednie bloki i jednocześnie wykorzystuje wyniki z poprzednich etapów. Taki rodzaj modeli nazwano „śledzącymi”.

W artykule zostaną przedstawione modele obliczeniowe stosowane przy analizie różnych konstrukcji budowlanych oraz w analizie układu konstrukcja- podłoże gruntowe z uwzględnieniem zmian parametrów w czasie.

2. Przegląd wybranych modeli obliczeniowych

Metoda elementów skończonych jest dość powszechnie stosowana przy modelowaniu konstrukcji przestrzennych do których należą między innymi historyczne i zabytkowe konstrukcje budowlane (katedry, kościoły) (Szołomicki, 2006; Lourenco, 2006; Dudkiewicz i in., 2006; Jasięko i Engel, 2006; Massarelli, 2008; Roca i in., 2008), wielokondygnacyjne budynki wielkopłytowe (Barański i in., 2006) oraz konstrukcje budynków z uwzględnieniem interakcji z podłożem gruntowym (Krętowska i Miedziałowski, 2001).

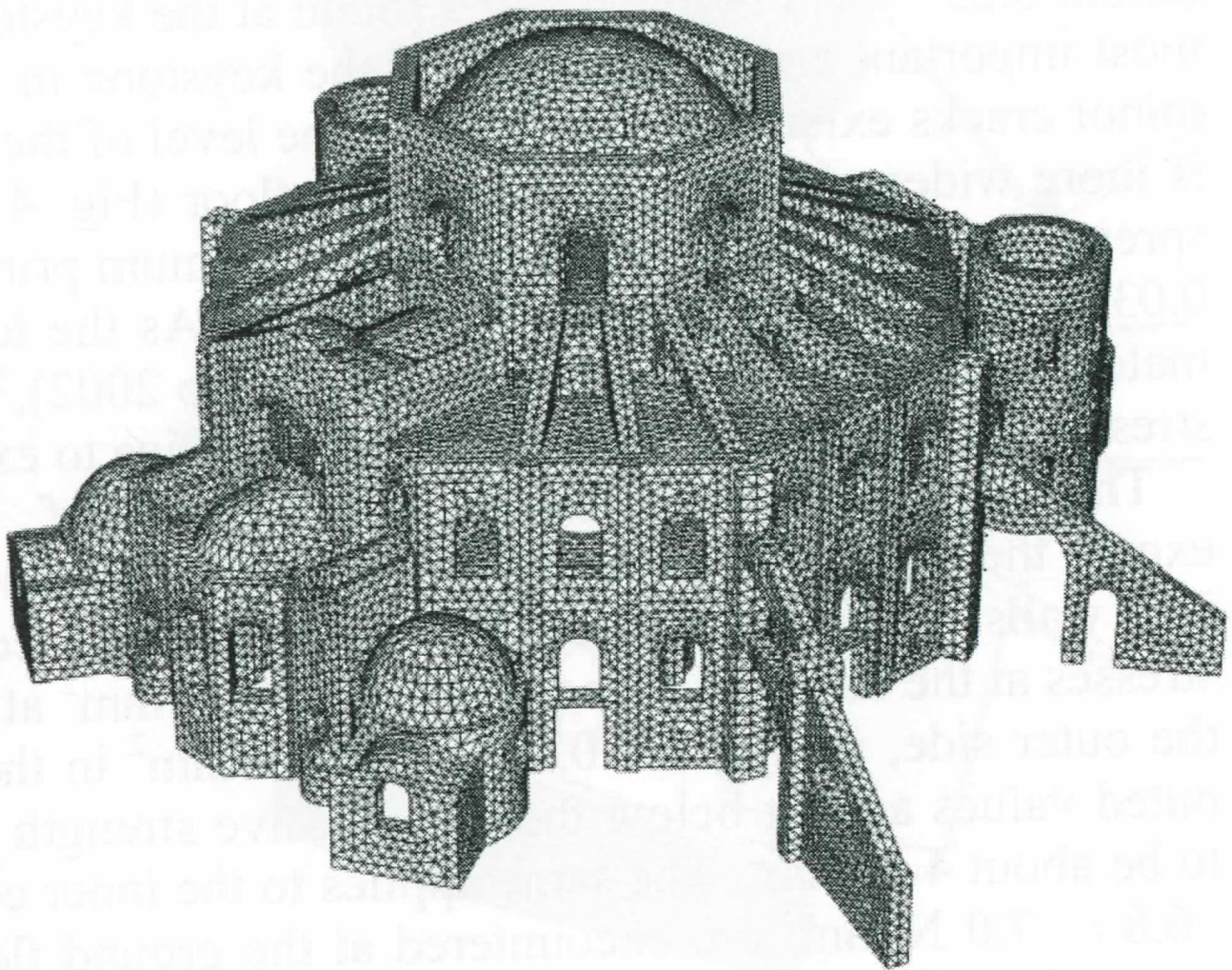
Analiza konstrukcji metodą elementów skończonych polega na sformułowaniu odpowiedniego opisu matematycznego, a następnie przeprowadzeniu rozwiązania zadania. Bardzo ważnym etapem analizy konstrukcji jest dobór odpowiedniego modelu obliczeniowego, od którego w dużym stopniu zależy dokładność wyników (Zagrajek i in., 2005). Poniżej podaje się przykładowe reprezentatywne modele obliczeniowe.

2.1. Model obliczeniowy zabytkowej konstrukcji murowej na przykładzie Bazyliki św. Witalisa w Rawennie (Taliercio i Binda, 2006)

Proces tworzenia modelu numerycznego i wykonywania na nim analizy za pomocą tej metody, można zasadniczo podzielić na następujące etapy (Jasięko i Engel, 2006):

- przygotowanie geometrii modelowanego obiektu,
- ustalenie podstawowych parametrów fizycznych materiału, z którego wykonany jest obiekt oraz przyjęcie związku konstytutywnego opisującego zachowanie się tego materiału,
- przyjęcie warunków brzegowych modelu, które możliwie jak najwierniej oddają rzeczywisty charakter pracy modelowanego obiektu,
- analiza numeryczna w środowisku MES.

W modelu bazyliki wygenerowano siatkę 277411 elementów tetragonalnych drugiego rzędu, dziesięciowęzłowych uzyskując łącznie 4923037 węzłów (rys. 5). Analizę numeryczną modelu bazyliki przeprowadzono w środowisku systemu analizy nieliniowej (Taliercio i Binda, 2006).



Rys. 5. Model MES Bazyliki św. Witalisa w Rawennie (Taliercio i Binda, 2006)

2.2. Model obliczeniowy wielokondygnacyjnych budynków na przykładzie konstrukcji wielkopłytowych (Barański i in., 2006)

Budynki wykonane w technologii wielkopłytovej stanowią bardzo duży procent udziału w ogólnej liczbie budynków mieszkalnych. Prowadzenie długotrwałych badań (wstrząsy parasejsmiczne) w istniejących budynkach mieszkalnych byłoby kosztowne oraz uciążliwe dla mieszkańców. Jedynym rozwiązaniem, dającym duże prawdopodobieństwo otrzymania wiarygodnych wyników odpowiadających rzeczywistości, jest zastosowanie technik modelowania komputerowego. W przeprowadzonej analizie numerycznej zademonstrowano opracowany model metody elementów skończonych budynku z uwzględnieniem podatnych połączeń pomiędzy elementami prefabrykowanymi. Do odwzorowania złączy użyto elementów skończonych typu joint, które pozwalają łączyć ze sobą elementy powierzchniowe za pomocą więzi o zadanych sżtywnościach na kierunkach stopni swobody łączonych elementów (Barański i in., 2006).

Punkt F przedstawiony na rysunku 6 wybrano do porównania przemieszczeń konstrukcji. Wyniki obliczeń można znaleźć w pracy Barańskiego i in., 2006.

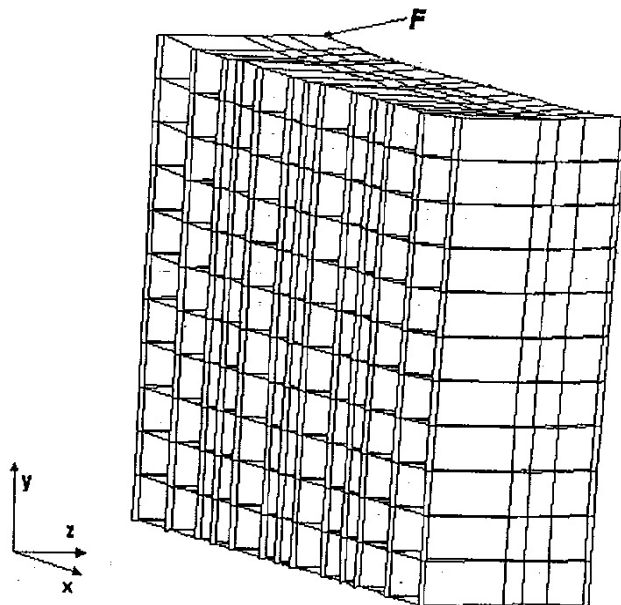
2.3. Model obliczeniowy współpracy budowli z podłożem gruntowym (Krętowska i Miedziałowski, 2001)

Cechą tego modelu jest to, że składa się on z elementów pokrywających się z naturalnymi składowymi układu jakiego z niego można wyodrębnić, takich jak: ściany, stropy, złącza płaskie i przestrzenne, nadproża oraz podłoże gruntowe pod każdym fundamentem (rys. 7).

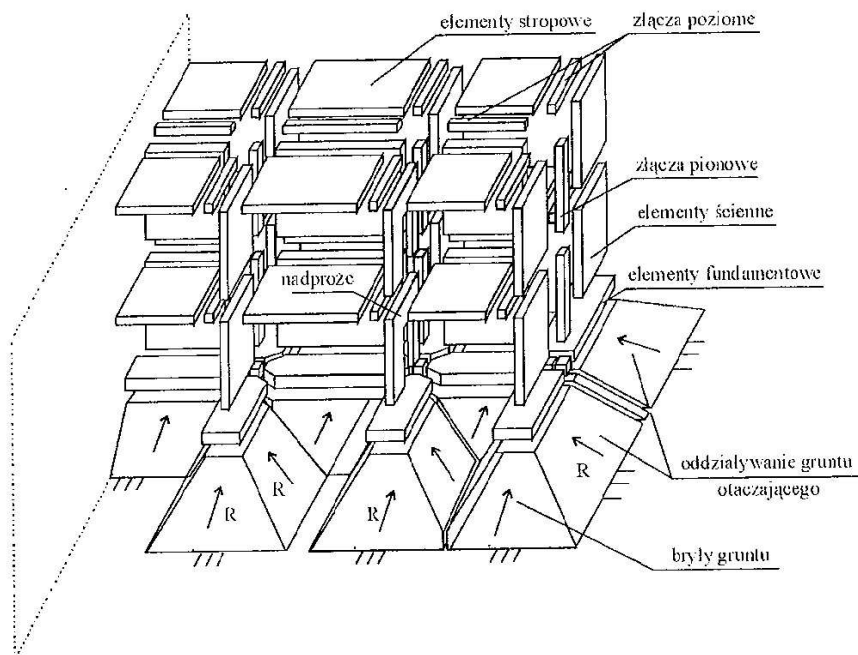
Model obliczeniowy w postaci macierzowego układu równań dla układu budynek-podłoże gruntowe ma postać (Krętowska i Miedziałowski, 2001):

$$\begin{bmatrix} K_{kk} & K_{kg} & 0 \\ K_{gk} & K_{gg} & K_{gb} \\ 0 & K_{bg} & K_{bb} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_k \\ d_g \\ d_b \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P_k \\ P_g \\ 0 \end{Bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \overline{R}^g \end{bmatrix} \quad (1)$$

gdzie: K_{kk} , K_{gg} , K_{bb} , K_{gk} , K_{bg} są blokami macierzy sżtywności, d_k , d_g , d_b są wektorami przemieszczeń, P_k , P_g są to wektory obciążeń, k oznacza stopnie swobody w konstrukcji, g zaś stopnie swobody w podłożu gruntowym, natomiast b stopnie swobody na styku elementów opisujących podłoże gruntowe z gruntem otaczającym,



Rys. 6. Model budynku systemu WWP (Barański i in., 2006)



Rys. 7. Podział układu na elementy składowe (Krętowska i Miedziałowski, 2001)

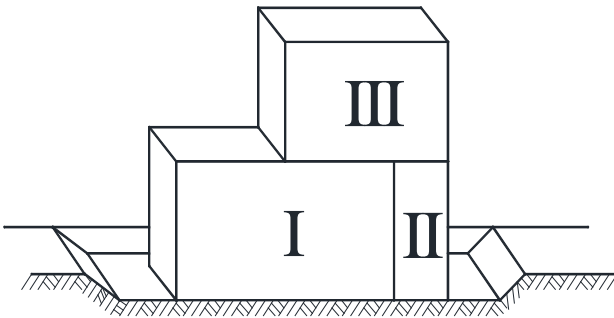
$\bar{\mathbf{R}}^g$ jest macierzą oddziaływania gruntu otaczającego, którą wyznacza się z zależności

$$\bar{\mathbf{R}}^g = \iiint \mathbf{N}^T \cdot \mathbf{r} \cdot \mathbf{N} \cdot d_b \, dx dy dz \quad (2)$$

gdzie: \mathbf{N} jest macierzą funkcji kształtu, zaś \mathbf{r} wektorem jednostkowych sił oddziaływania gruntu otaczającego.

3. Propozycja „modeli śledzących”

Śledzenie zmian i rozmiarów układu obliczeniowego wymaga podziału na etapy (bloki), co może odpowiadać fazom wznoszenia lub rozbudowy budynku (rys. 8).



Rys. 8. Etapy wznoszenia budynku (Krętowska i Miedziałowski, 2001)

Gdy powiększają się rozmiary modelu obliczeniowego struktura zwiększającego się macierzowego układu równań jest następująca:

$$\begin{bmatrix} [\mathbf{K}_{11}] & [\mathbf{K}_{12}] \\ [\mathbf{K}_{21}] & [\mathbf{K}_{22}] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \{\mathbf{d}_1\} \\ \{\mathbf{d}_2\} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \{\mathbf{p}_1\} \\ \{\mathbf{p}_2\} \end{Bmatrix} \quad (3)$$

gdzie: \mathbf{K}_{11} to początkowe bloki macierzy sztywności, \mathbf{K}_{22} dodatkowe bloki macierzy, wynikające z powiększania się układu, \mathbf{p}_2 , \mathbf{d}_2 są to odpowiednio dodatkowe wektory obciążeń i niewiadomych przemieszczeń.

Do rozwiązywania układów równań, z wykorzystaniem wyników wcześniejszych etapów mogą być zastosowane dwie metody: metoda skończona oraz metoda iteracyjna.

W tak skonstruowanym modelu łatwo jest obliczyć zmienne parametry (dane) geometryczne i materiałowe.

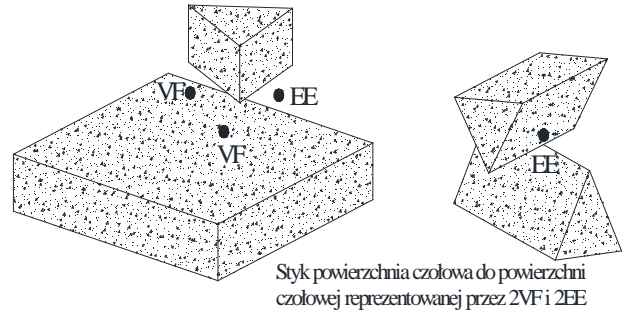
4. Modelowanie za pomocą elementów dyskretnych

4.1. Modelowanie styków

Przy modelowaniu z wykorzystaniem elementów dyskretnych, konstrukcja jest rozpatrywana jako zespół niezależnych bloków, odkształcalnych lub sztywnych, oddziaływujących poprzez jednostronne sprężyste lub sprężysto-plastyczne elementy stykowe. Metoda ta jest przeważnie oparta na sformułowaniu małych odkształceń i dużych przemieszczeń. Może ona modelować

mechanizmy zniszczenia powstałe w następstwie obciążeń lub wstrząsów, co objawia się poślizgami i obrotami. Bloczki oddziałują na siebie poprzez powierzchnię styku, co może prowadzić do utracenia istniejących styków i utworzenia nowych. Na rysunku 9 przedstawiono typy styków, wśród których wyróżnia się:

- krawędź do krawędzi (EE),
- wierzchołek do powierzchni czołowej (VF),
- wierzchołek do wierzchołka (VV),
- krawędź do powierzchni czołowej (EF),
- powierzchnia czołowa do powierzchni czołowej (FF),
- wierzchołek do krawędzi (VE).



Rys. 9. Typy styków (Szołomicki, 2006)

Macierz sztywności elementu stykowego można wyrazić w następujący sposób:

$$\mathbf{K}' = \begin{bmatrix} k'_n & 0 & -k'_n & 0 \\ 0 & k'_s & 0 & -k'_s \\ -k'_n & 0 & k'_n & 0 \\ 0 & -k'_s & 0 & k'_s \end{bmatrix} \quad (4)$$

gdzie:

$$k'_n = E_n \cdot \frac{A_c}{x'_m - x'_1} \quad (5)$$

$$k'_s = G_s \cdot \frac{A_c}{x'_m - x'_1} \quad (6)$$

gdzie: A_c jest powierzchnią styku, E_n i G_s jest sprężystym modułem normalnym i stycznym.

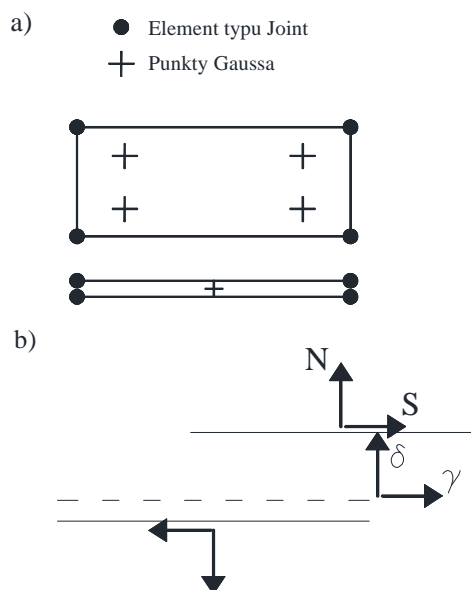
Macierz sztywności w lokalnym układzie współrzędnych jest następnie transformowana do globalnego układu współrzędnych (Szołomicki, 2006):

$$\mathbf{K} = \mathbf{T}^T \mathbf{K}' \mathbf{T} \quad (7)$$

4.2. Modelowanie z wykorzystaniem elementów interfejsowych (FEMDE)

Elementów interfejsowych używa się do opisu kontaktu pomiędzy elementami układu, przykładowo między elementami murowymi. W tej metodzie bloczki modeluje się za pomocą konwencjonalnych elementów ciągłych, liniowych lub nieliniowych. Zaprawa natomiast jest modelowana poprzez elementy interfejsowe (typu *joint*) za pomocą dwóch rzędów węzłów opisanych równaniem

konstrytuwnym tarcia, co przedstawia rysunek 10 (Szołomicki, 2006).



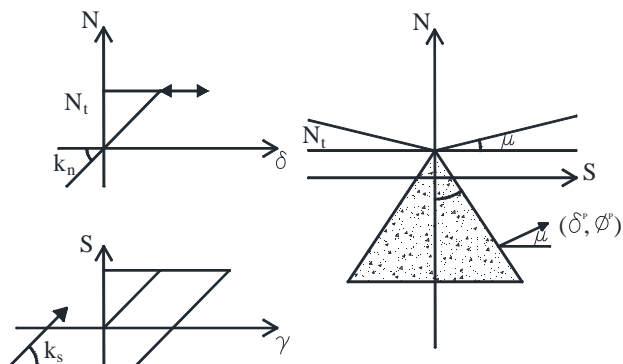
Rys. 10. Dwa rzędy węzłów. a) degeneracja elementu continuum, b) charakterystyczne wielkości w punktach całkowania Gaussa w elemencie typu *joint* (Szołomicki, 2006)

Wprowadzenie elementów interfejsowych do analizy MES jest łatwe, ponieważ niewiadome w węzłach są takie same, jak dla elementów ciągłych. Różnicę stanowi tensor naprężenia, który musi być wyrażony w postaci przemieszczeń węzłowych. Dla elementów continuum w punktach całkowania Gaussa występują składowe tensora lokalnych naprężeń, natomiast dla elementów typu *joint* występują składowe wektora lokalnych naprężeń w interfejsie. Konstytutywne równanie dla składowej ścinania S i składowej prostopadłej N tego wektora musi być zdefiniowane (rys. 10) (Szołomicki, 2006).

Elementy interfejsowe w tym modelu zachowują się sprężysto wewnątrz dziedziny zdefiniowanej przez następujące kryterium:

$$|S| < (N_t - N) \operatorname{tg} \varphi \quad (8)$$

gdzie N_t jest maksymalnym normalnym naprężeniem przy rozciąganiu, a φ jest kątem tarcia (rys. 11).



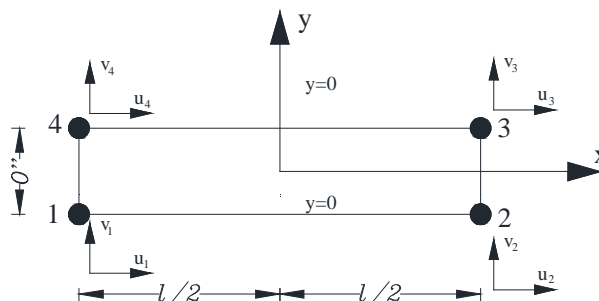
Rys. 11. Model interfejsowy (Szołomicki, 2006)

4.3. Modelowanie z zastosowaniem elementów kontaktowych

Element kontaktowy reprezentuje cienką strefę pojawiającą się między dwoma ciałami lub układami o różnych właściwościach materiałowych. Odpowiednio sformułowane związki konstytutywne tego elementu umożliwiają poprawny opis rzeczywistej pracy układu, jak interakcji konstrukcji z podłożem gruntowym. Początkowo wykorzystywano do analizy strefy kontaktu konstrukcji i podłoża gruntowego związki konstytutywne o charakterze liniowo-sprężystym. W późniejszych przypadkach stosowane były zależności sprężysto-plastyczne lub plastyczne.

Symulacja strefy kontaktu metodą elementów skończonych może być dokonywana z wykorzystaniem następujących elementów:

- elementy kontaktowe o zerowej grubości – dwuwymiarowy 4-węzłowy element kontaktowy o skończonej długości i zerowej grubości; w elemencie tym, przy obliczaniu macierzy sztywności, zakłada się pewną jego grubość, ale wyrazy tej macierzy sprowadza się do wspólnych dla podłoża i fundamentu węzłów w płaszczyźnie styku (rys. 12); w elementach tego typu przyjmuje się najczęściej nieliniowo-sprężyste lub sprężysto-plastyczne zachowanie przy ścinaniu oraz bardzo dużą sztywność elementów na działanie naprężeń normalnych; nie są rozważane naprężenia normalne na kierunku x , stąd element ten nie ujmuje działania sił normalnych w kierunku poziomym;



Rys. 12. Element zerowej grubości (Krętowska i Miedziałowski, 2008)

- cienkowarstwowe elementy kontaktowe – podstawy teoretyczne elementów cienkowarstwowych bazują na założeniu, że strefa kontaktu może być zastąpiona skończonym elementem o bardzo małej grubości i specjalnie określonych związkach konstytutywnych, które umożliwiają analizę różnych sposobów deformacji elementu kontaktowego (poślizg, brak poślizgu, oddzielenie i ponowny kontakt) (Krętowska i Miedziałowski, 2008); macierz związków konstytutywnych kontaktowego elementu dwuwymiarowego ma postać:

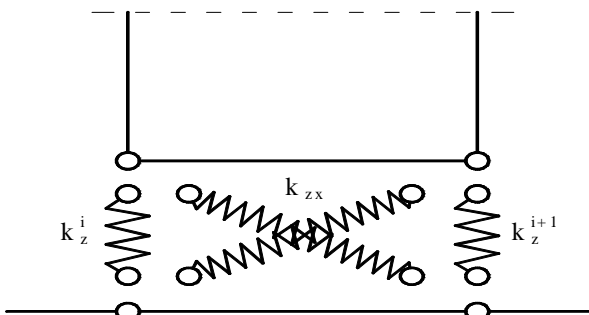
$$[D] = \begin{bmatrix} [D_{ss}] & [D_{sn}] \\ [D_{ns}] & [D_{nn}] \end{bmatrix} \quad (9)$$

gdzie: D_{nn} jest składnikiem reprezentującym wpływ zachowania na kierunku normalnym, D_{ss} jest składnikiem reprezentującym wpływ zachowania na kierunku stycznym, D_{ns} jest składnikiem określającym połączone efekty zachowań na kierunku normalnym i stycznym;

- elementy kontaktowe z systemem sprężyn – sprężyste zachowanie się elementu zapewnia system dyskretnych sprężyn łączących górną i dolną powierzchnię elementu. C1 oraz C2 są współczynnikami sztywności sprężyn (rys. 13); element ten nie odpowiada na działanie sił normalnych w kierunku poziomym (Krętowska i Miedziałowski, 2008).

Właściwe określenie właściwości materiałowych elementu kontaktowego wpływa nie tylko na poprawny opis rzeczywistej pracy układu, ale również na numeryczną stabilność analizy.

Zaleca się określenie właściwości materiałowych elementu kontaktowego na podstawie badań polowych lub z bezpośredniej próby ścinania.



Rys. 13. Element kontaktowy z systemem sprężyn (Krętowska i Miedziałowski, 2008)

4. Podsumowanie

Zmiany zachodzące w okresie wznoszenia obiektu oraz przy degradacji w czasie, naprawie i rozbudowie konstrukcji budynków wpływają na zmianę schematów statycznych konstrukcji i zmiany konfiguracji układu. Ma to istotne znaczenie przy prawidłowym wyznaczaniu sił wewnętrznych i ocenie jakości konstrukcji w czasie jej użytkowania. Przedstawiony model układu budowlano-podłoże gruntowe charakteryzuje się jawnym, blokowym opisem, w nawiązaniu do podstawowych elementów konstrukcyjnych układu. Dzięki stosunkowo małym rozmiarom możliwa jest łatwa jego modyfikacja i rozbudowa. Opisany model daje możliwość uwzględnienia zmian zachodzących podczas eksploatacji budowli, poprzez wprowadzenie zmieniających się w czasie parametrów.

Literatura

- Barański J., Berkowski P., Sieczkowski J. M. (2006). Modelowanie komputerowe wielokondygnacyjnych budynków wielkopłytych na terenie LGOM. W: materiały XII Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i obiektach zabytkowych”. Wrocław, 570-575.
- Bień J. (2009). Mosty kolejowe – uszkodzenia, awarie, katastrofy. W: materiały XXIV Konferencji Naukowo-Technicznej „Awarie budowlane”. Szczecin-Międzyzdroje.
- Dudkiewicz J., Gierczak J., Ignatowicz R. L. (2006). Uproszczona analiza MES łuku ceglanoego. W: materiały XII Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i obiektach zabytkowych”, Wrocław, 292-299.
- Jasieńko J., Engel L. J. (2006). Badania, konserwacja i wzmocnienie konstrukcji ceglanej kopuły kościoła św. Jana w Owińskach. W: materiały XII Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i obiektach zabytkowych”, Wrocław, 321-333.
- Jeruzal J., Bogusławska-Kozłowska J., Sitnicki M. (2006). Problemy eksploatacyjne w obiektach sportowych wykonanych z dźwigarów z drewna klejonego warstwowo. W: materiały XII Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i obiektach zabytkowych”, Wrocław, 589-596.
- Krętowska J., Miedziałowski Cz. (2001). Modele interakcyjne i modele śledzące konstrukcji budynków. Zeszyty Nukowe Politechniki Białostockiej, Budownictwo, Z. 21, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok.
- Krętowska J., Miedziałowski Cz. (2008). Elementy kontaktowe stosowane przy modelowaniu układu konstrukcja-podłoże gruntowe metodą elementów skończonych. Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, Budownictwo, Z. 32, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok.
- Kwiecień A. (2007). Naprawa pękniętych budynków murychanych metodą złącza podatnego. W: materiały XXIII Konferencji Naukowo-Technicznej „Awarie budowlane”, Szczecin-Międzyzdroje.
- Lourenco P. B. (2006). Conservation of cultural heritage structures in seismic regions. W: materiały XII Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i obiektach zabytkowych”, Wrocław, 241-258.
- Massarelli T. M. (2008). Inspections and structural knowledge to the restoration of the Basilica Concattedrale di Trinitapoli. W: proc. of the International RILEM Conference SACoMaTiS 2008, Italy, 633-639.
- Miedziałowski Cz. (1994). Dyskretny model złożonych konstrukcji ścianowych budynków uwzględniający współpracę podłoża gruntowego. Rozprawy Naukowe, Nr 24, Politechnika Białostocka, Białystok.
- Miedziałowski Cz., Malesza M. (2009). Wpływ czasu i warunków atmosferycznych na odkształcenia połączeń budynków drewnianych. W: materiały konferencji „Drewno i materiały drewnopochodne w konstrukcjach budowlanych”, Szczecin, 2009, 157-166.
- Roca P., Clapes J., Caselles O., Vendrell M., Giraldez P., Sanchez-Beitia S. (2008). Contribution of inspection techniques to the assessment of historical structures. W: proc. of the International RILEM Conference SACoMaTiS 2008, Italy, 621-632.
- Szołomicki J. (2006). Różne metody komputerowego modelowania historycznych konstrukcji murowych. W: materiały XII Konferencji Naukowo-Technicznej

„Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i obiektach zabytkowych”, Wrocław, 259-266.

Taliercio A., Binda L. (2006). Stress analysis of San Vitale's Basilica in Ravenna: current state and mid-term predictions. W: proc. of the *Structural analysis of historical constructions*, Vol. 3, New Delhi 2006, 2005-2012.

Zagrajek T., Krzesiński G., Marek P. (2005). Metoda Elementów Skończonych W Mechanice Konstrukcji. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.

BUILDING STRUCTURES MODELS TAKING INTO ACCOUNT TIME-DEPENDABLE GEOMETRIC AND MATERIAL PARAMETERS AND STATICAL SCHEMES

Abstract: The paper presents the calculation models used in the analysis of various building structures and soil-structure interaction. The basic schemes, principles and possibilities, which take into consideration the changing in time geometric parameters, material and boundary conditions are described.