



BEHAVIOR OF MAT FOUNDATION FOR A TEN-STORY BUILDING: FIXED BASE VS THREE-DIMENSIONAL SOIL MODEL

ZACHOWANIE SIĘ PODŁOŻA Z MATĄ DLA BUDYNKU DZIESIĘCIOPIĘTROWEGO: STAŁA BAZA A TRÓJWYMIAROWY MODEL GRUNTU

Farhaj Hasan*, Nazmul Alam
University of Asia Pacific (UAP), Bangladesh
Al Amin
European University of Bangladesh (EUB), Bangladesh
Mahadi Hasan
Engineering & Research Associates (ERA), Bangladesh

Abstract

Soil is an anisotropic, heterogeneous, and inelastic complex material. It is difficult to represent the exact behavior of soil by numerical modelling in practice. Conventionally, soil is simplified to an idealized model where it is considered isotropic, homogeneous, and behaves elastically under loads. The idealization, in this case, is done using the proper elastic modulus, Poisson's ratio, and unit weight of soil depending upon the soil type. Although the exact soil behavior is simplified, using Finite Element Analysis (FEA) a more effective result can be obtained. A superstructure was modelled using ETABS using a fixed-base system and the base reaction forces were obtained. A mat and a soil element on which the mat was laid were modelled as a flexible-base system in Midas GTS NX. The base reactions obtained from ETABS were applied to the mat in the soil model to determine the settlements and, consequently, the spring stiffness. The superstructure was then modelled again, incorporating springs under the respective columns. Convergence in settlement, and base reactions were reached by iteration, and the final results from the flexible-base system were then compared with the fixed-base system. The center column settled the most, about 60 mm, and there was a decrease in settlement by 15% between the first model and the final iterated model. The base reaction for center columns decreased by 24% in the flexible base system compared to the fixed base system. However, an increase in base reaction was observed for both side and edge columns. There was an extremely erratic change in grade beams under a flexible base system, which shows that the superstructure elements are also affected by the change in the base system. It is recommended to use this approach, for the analysis of structures considering flexible base systems instead of fixed bases because it enhances the accuracy of analysis with feasible time consumption and less complex effort.

Keywords: Elastic modulus, Poisson's ratio, Finite Element Analysis (FEA), Midas GTS NX, settlement, spring stiffness etc.

Streszczenie

Gleba jest materiałem złożonym anizotropowym, niejednorodnym i nieelastycznym. W praktyce trudno jest dokładnie odwzorować zachowanie gleby za pomocą modelowania numerycznego. Konwencjonalnie glebę upraszcza się do wyide-

*University of Asia Pacific (UAP), Bangladesh, e-mail: farhaj.ce@gmail.com

alizowanego modelu, w którym uważa się ją za izotropową, jednorodną i zachowującą się elastycznie pod obciążeniem. Idealizacja w tym przypadku odbywa się za pomocą odpowiedniego modułu sprężystości, współczynnika Poissona i masy jednostkowej gruntu w zależności od rodzaju gruntu. Chociaż dokładne zachowanie gleby jest uproszczone, można uzyskać bardziej efektywne wyniki za pomocą analizy elementów skończonych (FEA). Konstrukcja nośna została wymodelowana za pomocą ETABS przy użyciu systemu stałej podstawy i uzyskano siły reakcji podstawy. Matę i element gruntu, na którym została położona, zamodelowano jako układ o elastycznej podstawie w programie Midas GTS NX. Reakcje bazo- we uzyskane z ETABS naniesiono na matę w modelu gruntowym w celu określenia osiadań, a co za tym idzie sztywności sprężystej. Następnie ponownie wymodelowano konstrukcję nośną, włączając sprężyny pod odpowiednimi kolumnami. Zbieżność osiadania i reakcji bazowych została osiągnięta przez iterację, a końcowe wyniki z systemu o elastycznej pod- stawie zostały następnie porównane z systemem o stałej podstawie. Kolumna środkowa osiadła najbardziej, około 60 mm, a między pierwszym modelem a ostatecznym modelem iterowanym nastąpił spadek osiadania o 15%. Reakcja podstawy dla kolumn centralnych zmniejszyła się o 24% w systemie z podstawą elastyczną w porównaniu z systemem z podstawą stałą. Zaobserwowano jednak wzrost odczynu zasadowego zarówno dla kolumn bocznych, jak i krawędziowych. Nastąpi- ła bardzo nieregularna zmiana belek niwelacyjnych pod elastycznym systemem bazowym, co pokazuje, że zmiany w sys- temie bazowym mają również wpływ na elementy konstrukcji nośnej. Zaleca się stosowanie tego podejścia do analizy konstrukcji z uwzględnieniem elastycznych systemów bazowych zamiast stałych baz, ponieważ zwiększa to dokładność analizy przy możliwej czasochłonności i mniejszym wysiłku.

Słowa kluczowe: moduł sprężystości, współczynnik Poissona, analiza elementów skończonych (FEA), Midas GTS NX, osiadanie, sztywność sprężyny itp.

REFERENCES

- [1] Abdolrezayi A., Khayat N.: *Comparative Three-Dimensional Finite Element Analysis of Piled Raft Foundations*. Computational Engineering and Physical Modeling, 4 (1), 2021, pp. 19-36; Doi.org/10.22115/CEPM.2020.234834.1111.
- [2] Al-Shayea N., Zeedan H.: *A new approach for estimating thickness of mat foundations under certain conditions*. Arabian Journal for Science and Engineering, 37(2), 2012, pp. 277-290; Doi.org/10.1007/s13369-012-0178-5.
- [3] Al-Taie E., Al-Ansari N., Knutsson S.: *Estimation of Settlement under Shallow Foundation for Different Regions in Iraq Using SAFE Software*. Engineering, 7(07), 2015, p. 379; Doi.org/10.4236/eng.2015.77034.
- [4] Banadaki A.D., Ahmad K., Ali N.: *Initial settlement of mat foundation on group of cement columns in Peat-Numerical analysis*. Electronic journal of geotechnical engineering, 17(Bundle O), 2012, pp. 2243-2253.
- [5] BNBC (2020): "Bangladesh National Building Code", Housing and building Research Institute, Dhaka.
- [6] Chang D.W., Hung M.H., Lien H.W.: *2D Soil Springs for Elastic Settlements of Mat Foundation under Vertically Uniform Loads*. In 2020 International Conference on Mathematics and Computers in Science and Engineering (MACISE), 2020, January, pp. 188-191. IEEE; Doi.org/10.1109/macise49704.2020.00041.
- [7] Colasanti R.J., Horvath J.S.: *Practical subgrade model for improved soil-structure interaction analysis: software implementation*. Practice periodical on structural design and construction, 15(4), 2010, pp. 278-286.
- [8] Daloglu A.T., Vallabhan C.G.: *Values of k for Slab on Winkler Foundation*. Journal of Geotechnical and Geo-environmental Engineering, 126(5), 2000, pp. 463-471; Doi.org/10.1061/(asce)1090-0241(2000)126:5(463).
- [9] Horvath J.S., Colasanti R.J.: *Practical subgrade model for improved soil-structure interaction analysis: Model development*, International Journal of Geomechanics, 11(1), 2011, pp. 59-64; doi.org/10.1061/(asce)gm.1943-5622.0000070.
- [10] Loukidis D., Tamiolakis G.P.: *On the Pseudo-Coupled Winkler Spring Approach for Soil-Mat Foundation Interaction Analysis*, In Proceedings of China-Europe Conference on Geotechnical Engineering, 2018, pp. 386-389. Springer, Cham; Doi.org/10.1007/978-3-319-97112-4_86.
- [11] Limkar S.D., Kalyanshetti M.G., Halkude S.A.: *Analysis of raft foundation using finite element approach*. Int J Latest Trends Eng Technol, 8(3), 2017, pp. 014-028; Doi.org/10.21172/1.83.003.
- [12] Poulos H.G.: *Piled raft foundations: design and applications*. Geotechnique, 51(2), 2001, pp. 95-113; doi.org/10.1680/geot.51.2.95.40292.
- [13] Sadrekarimi J., Akbarzad M.: *Comparative study of methods of determination of coefficient of subgrade reaction*. Electronic Journal of Geotechnical Engineering, 14(1), 2009, pp. 45-61.
- [14] Shah H.J., Goh S.H., Lacy H.S., Kellogg D.R.: *Numerical Modeling and Analysis of a Large Mat Foundation Supported above a Varved Silt and Clay Formation of New York City*. In GeoCongress 2006: Geotechnical Engineering in the Information Technology Age, 2006, pp. 1-6; Doi.org/10.1061/40803(187)89.

- [15] Shah H.J., Goh S.H., Lacy H.S., Kellogg D.R.: *Numerical Modeling and Analysis of a Large Mat Foundation Supported above a Varved Silt and Clay Formation of New York City*. In *GeoCongress 2006: Geotechnical Engineering in the Information Technology Age*, 2006, pp. 1-6; Doi.org/10.1061/40803(187)89.
- [16] Saini S., Goyal, E.T.: *Analysis of piled raft foundation using MIDAS GTS NX*. *Int Res J Eng Technol*, 6 (5), 2019, pp. 5491-5499.
- [17] Tabsh S.W., El-Emam M.: *Influence of Foundation Rigidity on the Structural Response of Mat Foundation*. *Advances in Civil Engineering*, 2021; Doi.org/10.1155/2021/5586787.