

Tytuł referatu: Systemy monitoringu geotechnicznego NeoStrain na przykładzie tunelu pod Martwą Wisłą

mgr inż. MARCIN TALIK

mgr inż. ARTUR POREBSKI

STRESZCZENIE: Element monitoringu konstrukcyjnego pojawia się w coraz większej ilości realizacji. W przypadku budowy tunelu pod Martwą Wisłą w Gdańsku zastosowano monitoring ścian szczelinowych głębokich wykopów. System monitorowania opierał się na pomiarach inklinometrycznych oraz pomiarach geodezyjnych. Całość dopełniały analizy numeryczne stateczności wykopu.

SŁOWA KLUCZOWE: monitoring, konstrukcje, inklinometry, badania, wykopy, tunel.

NeoStrain Sp. z o.o. jest wiodącym dostawcą kompleksowych rozwiązań z dziedziny technologii pomiarowych stosowanych w monitoringu bezpieczeństwa i trwałości konstrukcji obiektów budowlanych. Zajmujemy się projektowaniem, produkcją i integracją zaawansowanych systemów monitoringu technicznego konstrukcji. Jednym z głównych celów firmy jest produkcja i rozwój elementów, pozwalających na tworzenie kompleksowych systemów monitoringu geotechnicznego – Inspector Geo.

Aktualnie w Polsce rozwój systemów monitoringu konstrukcji staje się coraz bardziej dynamiczny. Szczególnie w przypadku obiektów użyteczności publicznej, takich jak tunele, mosty, drogi, stadiony i hale, gdzie mamy do czynienia z dużą skalą konstrukcji do budowy których wykorzystywane są nowe technologie. Monitoring konstrukcji daje możliwość bezpiecznego prowadzenia prac w trakcie wznoszenia obiektu oraz podczas jego eksploatacji a także pozwala na uzyskanie niezbędnych danych służących do późniejszej optymalizacji podobnych konstrukcji.

Jedną z realizacji firmy jest instalacja systemu monitoringu inklinometrycznego Tunelu pod Martwą Wisłą w Gdańsku. Instalacja polegała na wykonaniu 67 punktów do pomiarów inklinometrycznych utworzonych w ściankach szczelinowych zabezpieczających trasy dojazdowe do tunelu. W trakcie użytkowania systemu zaimplementowany został także moduł ekspercki, polegający na stworzeniu modelu numerycznego obiektu.

W części dojazdowej do centralnego odcinka obiektu, tunel wykonywany był metodą odkrywkową. Wiązało się to z utworzeniem głębokiego wykopu dla części wejściowej i wyjściowej drążonego tunelu o długości około 1100 m oraz głębokości dochodzącej do 22 m. Aby go zabezpieczyć, wykonano żelbetowe ścianki szczelinowe o grubości od 0,8 do 1,2 metra.



Rys. 1. Instalacja rury inklinometrycznej
Figure 1. Installation of inclinometer casing

Ze względu na zagrożenie wynikaniem dużych przemieszczeń ścianki szczelinowej, potrzebę odpowiedniego nadzoru nad prawidłowością pracy konstrukcji oraz zapewnienia bezpieczeństwa realizacji zdecydowano się zaimplementować system monitoringu konstrukcji ścianek szczelinowych.

System składał się ze specjalnych pionów służących do wykonywania pomiarów inklinometrycznych oraz pomiarów geodezyjnych. Pozwalał on na śledzenie przez generalnego wykonawcę, inwestora i projektantów zachowania się konstrukcji ściany szczelinowej na każdym z etapów propagacji wykopu. Informację uzyskiwane za pomocą monitoringu dawały możliwość ewentualnej zmiany technologii prac w trakcie wykonywania wykopu oraz zmniejszenia ryzyka wystąpienia wypadku czy katastrofy budowlanej.

W wyniku potrzeby instalacji omawianego powyżej systemu, firma NeoStrain opracowała szczegółowy program monitoringu ścian szczelinowych. Opierał się on na danych otrzymanych od wykonawcy i projektanta zabezpieczenia opisywanego wykopu, firmy Keller Polska Sp. z o.o. na temat spodziewanych maksymalnych przemieszczeń oraz punktów referencyjnych pomiarów. Do sporządzenia programu wykorzystano także dokumentację projektową konstrukcji tych ścian, harmonogramy realizacji wykopów, dokumentację geologiczną i hydrologiczną oraz harmonogramy odpompowania wód gruntowych.

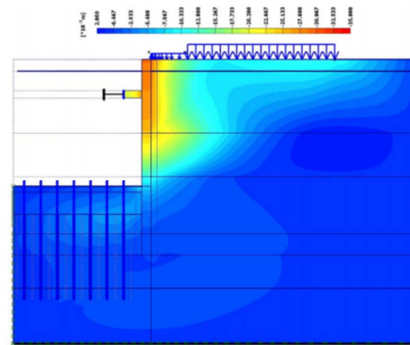


Rys. 2. Rura inklinometryczna
Figure 2. Inclinator pipe

W ramach systemu wykonano 67 punktów pomiarów inklinometrycznych oraz 130 punktów do pomiarów geodezyjnych na oczepach ścian szczelinowych (we współpracy z firmą GEO-BOR). Pomiary uzupełniały się wzajemnie. W takich sytuacjach na korzyść pomiarów inklinometrycznych działa możliwość badania przemieszczeń na całym przekroju ścianki a nie jak w przypadku pomiarów geodezyjnych jedynie przemieszczeń na powierzchni terenu lub po wykonaniu kolejnych etapów wykopu. Pomiar inklinometryczny traktuje jako swój punkt referencyjny dno pionu inklinometrycznego przy założeniu, że jest ono stałe i nie przemieszcza się w trakcie prac. Może to być przyczynkiem do

różnego rodzaju zaburzeń dokładności pomiarowej, dlatego ważne jest aby same pomiary geodezyjne były częścią pomiarów inklinometrycznych.

Rura inklinometryczna wykorzystana w przypadku inwestycji pod Martwą Wisłą została uszczelniona chemicznie i mechanicznie w najsłabszych punktach pionu. We wnętrzu rury znajdują się 4 rowki, pełniące funkcje przewodnicy dla inklinometru. Do pomiarów wykorzystano inklinometr ręczny. Pomiar odbywał się poprzez wpuszczanie sondy na dno otworu i wykonanie pierwszego odczytu jej nachylenia w stosunku do pionu. Następnie była ona podnoszona o jednostkowy odcinek 0,5 m, po czym dokonywano następnego odczytu na poszczególnych głębokościach aż do chwili wydobycia sondy na powierzchnię. W kolejnym etapie za pomocą obliczeń, stosując



Rys. 3. Jeden z modeli numerycznych wykopu
Figure 3. One of numerical models of excavation

stosowne algorytmy, otrzymuje się w stosunku do pomiaru zerowego,

otrzymując przemieszczenia całkowite lub względem pomiaru poprzedniego, co daje przyrosty przemieszczeń. W wyniku pomiarów uzyskanych dzięki aparaturze inklinometrycznej można było w sposób ciągły kontrolować metodologie wykonywania otworu.

W przypadku systemów stosowanych przez firmę NeoStrain, jednym z ich elementów jest tzw. moduł ekspercki. Polega on na angażowaniu do współpracy ekspertów z różnych dziedzin związanych z inżynierią konstrukcyjną. Dokonują oni stosownych analiz matematycznych, pozwalających na opracowanie i dopełnienie danych uzyskanych za pomocą monitoringu konstrukcji. Dzięki współpracy z licznymi ośrodkami naukowymi w całej Polsce, proces nawiązywania współpracy jest znacznie prostszy.

Dla pomiarów wykonywanych w ramach tworzenia tras dojazdowych do tunelu wyniki ukazujące przemieszczenia poziome ścianki szczelinowej były satysfakcjonujące i mieściły się w dopuszczalnych granicach. W przypadku dwóch punktów pomiarowych przemieszczenia minimalnie przekroczyły dopuszczalną w projekcie granicę 30 mm. Tego rodzaju informacje stały się podstawą do wykonania obliczeń numerycznych, które potwierdziły możliwość powstania przemieszczeń tej wielkości, ale zarazem wykluczyły mobilizację mechanizmu zniszczenia ośrodka gruntowego. Nie mniej jednak, część analityczną można potraktować jako bardzo ważny element całego systemu, gdyż pozwala dopełnić i stosownie przeanalizować poprawność uzyskanych wyników.

W czasach, gdy wynajdywane są nowe materiały, podejmowane są coraz trudniejsze wyzwania inżynierskie a projektowaniem oraz tworzeniem konstrukcji właściwie staje się sztuką, niezbędne wydają się zintensyfikowanie wysiłków związanych z nadzorem oraz monitoringiem bezpieczeństwa konstrukcji. Daje to szansę na gromadzenie danych, które stają się podstawą nie tylko do uniknięcia wypadków czy katastrof, ale także do stosownej optymalizacji konstrukcyjnej i ekonomicznej danego obiektu.

LITERATURA

- [1] Porębski A., Szlachcikowska E.: Pomiar przemieszczeń ścian zabezpieczających głębokie wykopy na przykładzie tunelu drogowego pod Martwą Wisłą, Inżynieria i Budownictwo nr 5, s. 260-262, 2014.
- [2] Horodecki G.A., Bolt A.F., Dembicki E.: Przemieszczenia ścian szczelinowych stanowiących obudowy wykopów głębokich. XLIX konferencja naukowa KILiW PAN i Komitetu Nauki PZITB, tom V. Warszawa – Krynica, 2003.
- [3] GK-604D Inclinometer Readout Application User's Manual. 01/2015.Geokon.
- [4] Cudny M.: Analiza pracy ściany szczelinowej obudowy tunelu pod Martwą Wisłą, Sekcja Nr 23, 2012.

TITLE: Systems of geotechnical monitoring designed by NeoStrain with example of a tunnel under the Martwa Wisła.

SUMMARY: The growing number of implementation includes the health monitoring of structure have become a fact. In case of tunnel construction under Martwa Wisła, NeoStrain company prepared a system of monitoring of walls protecting deep trenches. Structural health monitoring consist of inclinometer and surveying measurement points and special numerical analysis of object.