



Zamienny projekt kotwienia

# Pierwsze konstrukcje na Stadionie Narodowym

Tomasz Żyrek, Rafał Czarnecki<sup>1</sup>



Budowa Stadionu Narodowego w Warszawie to przedsięwzięcie, które od momentu przyznania Polsce i Ukrainie prawa do organizacji Mistrzostw Europy w Piłce Nożnej Euro 2012 budzi szczególne zainteresowanie mediów i społeczeństwa. Niemal wszyscy zadają sobie pytanie, czy uda się zdążyć z budową na czas. Zakończony w marcu pierwszy etap inwestycji był dla wykonawców poważnym wyzwaniem geotechnicznym. Swoim zakresem obejmował prace związane z wykonaniem pali fundamentowych oraz ukształtowaniem terenu wewnątrz istniejącej korony Stadionu X-lecia. Podłoże gruntowe w obrębie niecki stadionu stanowią nasypy niebudowlane, składające się głównie z gruntów niespoistych – piasków o różnym uziarnieniu, ale też ze spoistych – pyłów i glin.

Projekt stadionu zakłada realizację konstrukcji poszczególnych segmentów na zróżnicowanych pod względem wysokości platformach roboczych. Różnice te, sięgające nawet 9,5 m, spowodowały konieczność zastosowania konstrukcji oporowych – kotwionych ścianek szczelnych.

Szczególnie odpowiedzialnego zadania, polegającego na zakotwieniu ścianek szczelnych, podjęła się firma Prywatne Przedsiębiorstwo Inżynieryjne Gerhard Chrobok sp.j.

Podstawowy projekt wykonawczy zakładał wykonanie kotew linowych oraz ściągnięć prętowych mocowanych do uprzednio wykonanych pali fundamentowych. Ze względu na dużą pracochłonność wykonania ściągnięć oraz w związku ze zmianą technologii palowania został opracowany przez PPI Gerhard Chrobok sp.j. projekt zamienny kotwienia, w którym ściągnięcia zastąpiono kotwami gruntowymi, co zdecydowanie skróciło czas realizacji prac związanych z zabezpieczeniem wykopów. W projekcie zamiennym zastąpiono również projektowane kotwy linowe samowierzącymi w technologii GONAR oraz BATORY. Zastosowano dwa typy cięgien – GONAR R51N dla kotew o projektowanej nośności buławy 350kN oraz BATORY B47 dla kotew o projektowanej nośności buławy 480 kN i 500 kN. W celu uniknięcia wzajemnej kolizji oraz kolizji z palami fundamentowymi kotwy wykonywano pod różnymi kątami zarówno w planie – do ścianki szczelnej (od 80° do 90°), jak



Platformy robocze

<sup>1</sup> Prywatne Przedsiębiorstwo Inżynieryjne Gerhard Chrobok sp.j.



Tradycje od 1920 roku

# PPI Gerhard Chrobok sp.j.



- pogrążanie i wyciąganie grodzic stalowych
- kotwy, gwoździe gruntowe i mikropale
- wbijanie kształtowników stalowych dla potrzeb ścianek berlińskich
- pale przemieszczeniowe FDP
- kolumny DSM i pale rurowe
- mikrotuneling do  $\varnothing$  1800 mm
- przewiertki i przeciski poziome do  $\varnothing$  2800 mm
- przewiertki sterowane do  $\varnothing$  800 mm
- relining do  $\varnothing$  1000 mm
- projektowanie w zakresie wyżej wymienionych robót inżynierskich

43-220 Bojszowy Nowe  
ul. Kowola 11  
tel. +48 32 218 98 88  
fax +48 32 218 94 47

[www.chrobok.com.pl](http://www.chrobok.com.pl)

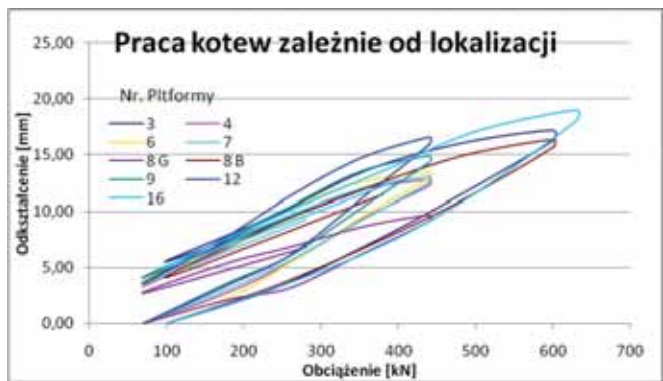


Proces wykonawczy kotew oraz oczepów i rozpór

i przekroju poprzecznym – do poziomu (od 20° do 30°). Buławy kotew formowano koronkami wiertniczymi o średnicy 150 mm – kotwy o nośności 350 kN oraz 200 mm – kotwy o nośności 480 kN oraz 500 kN.

Zgodnie z normą PN-EN 1537 *Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych*. Kotwy gruntowe każda kotew powinna być poddana badaniu odbiorczemu. Takie badanie odbywa się w trakcie sprężania ciągną kotwy i przewiduje rejestrację odkształceń kotwy w funkcji przyrostu obciążenia. Jest to zasadniczy etap wykonania kotwy, pozwalający na jakościową ocenę jej pracy w gruncie oraz potwierdzenie uzyskania projektowej nośności. Na terenie Stadionu Narodowego wykonano ponad 430 kotew, wobec czego uzyskano pokaźną serię wyników obrazujących pracę kotwienia (wykres 1 i 2). Określono ponadto pełzanie kotwy (wykres 3), wyrażone przez współczynnik ks. Dla kotew o nośności 350 oraz 500 kN współczynnik ten wyniósł odpowiednio 0,35 i 0,5 mm, podczas gdy według przyjętej metody badań ograniczenie normowe wynosi 1,2 mm. Wyznaczenie swobodnej (umownie) długości ciągną potwierdziło zgodność geometrii kotew z założoną w projekcie. Natomiast poddając kotwy przeciążeniu (o 25%) względem siły projektowej, potwierdzono nośność zespolenia każdej kotwy z niejednorodnym gruntem nasywowym. Przeprowadzone badania odbiorcze wykonane na wszystkich kotwach oraz badania przydatności czterech kotew potwierdziły poprawność przyjętych założeń projektowych.

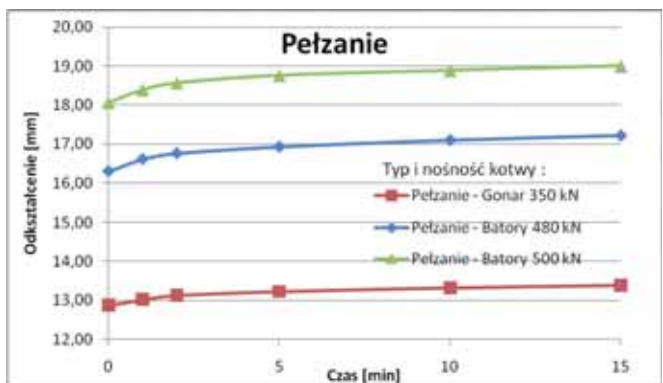
Budowa Stadionu Narodowego dowiodła efektywności technologii kotwienia stosowanej przez PPI Gerhard Chrobok sp.j. zarówno pod względem ekonomicznym, jak i terminowości wykonania. Pokażna seria badań odbiorczych dostarczyła wielu interesujących informacji o charakterystyce zachowania się tego typu kotew w niejednorodnym gruncie nasywowym. Ta inwestycja pozwoliła na zdobycie nowych, cennych doświadczeń, które z pewnością zaowocują w trakcie kolejnych realizacji.



Wykres 1. Zestawienie charakterystyk kotew na poszczególnych platformach



Wykres 2. Charakterystyka pracy kotew



Wykres 3. Przebieg pełzania



Zestaw pomiarowy do badań odbiorczych