CZASOPISMO TECHNICZNE Ś
WYDAWNICTWO POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

z. 2-Ś/2008
ISSN 0011-4561
ISSN 1897-6336

ZYGMUNT KURAŁOWICZ*, EUGENIUSZ LEPACKI**

NOWE TECHNOLOGIE GEODEZYJNE NA WYBRANYCH BUDOWACH W GDAŃSKU

NEW GEODETIC TECHNOLOGIES ON SELECTED CONSTRUCTION SITES LOCALIZED IN GDAŃSK

Streszczenie

W niniejszym artykule scharakteryzowano kilka budowli inżynierskich lądowych i morskich, na których realizowano obsługę geodezyjną. Przedstawiono nowe technologie geodezyjne stosowane na tych budowach w warunkach gęstej zabudowy oraz na wodzie. Opisano przyjęte osnowy realizacyjne oraz przydatność nowoczesnego sprzętu.

Słowa kluczowe: *nowe technologie geodezyjne*, *obsługa geodezyjna budowli inżynierskich*

Abstract

A few engineering naval and land buildings for which geodesic support have been given are characterized in the paper. A new geodesic technologies used during development of these buildings, both in compact settlement and in naval conditions, are presented. The realization warps and suitability of modern geodesic equipment are described.

Keywords: *new geodesic technology*, *geodesic support of construction site*

* Dr hab. inż. Zygmunt Kurałowicz, Zakład Geodezji, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska.
** Inż. Eugeniusz Lepacki, FU-H DIAZ Gdańsk.

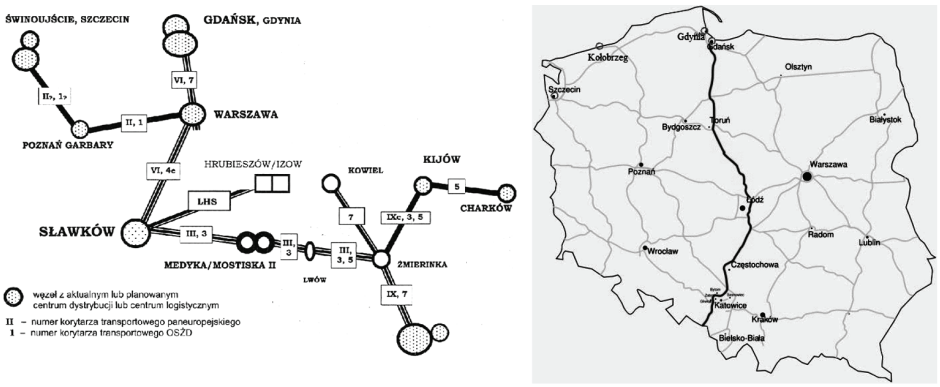
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1. Wstęp

Do ważniejszych i technologicznie ciekawych obiektów inżynierskich zrealizowanych w ostatnich latach w Gdańsku należy zaliczyć Terminal Kontenerowy wraz z zapleczem w Porcie Północnym w Gdańsku, Galerię Bałtycką w Gdańsku-Wrzeszczu oraz Halę Sportowo-Widowiskową w Gdańsku-Żabiance. Nietypowa technologia ich realizacji w trudnych warunkach terenowych i wodnych znacząco rzutowała również na prace geodezyjne. Gabaryty budowli, lokalizacja i tempo robót wymuszały na zespołach geodezyjnych konieczność dobrej współpracy i koordynacji działań z różnymi branżami realizującymi daną inwestycję. Tereny pod zabudowę różniło m.in. uzbrojenie w sieci podziemne, warunki pogodowe (silne falowanie wody w Zatoce Gdańskiej) i dostępność osnowy geodezyjnej. Te uwarunkowania miały wpływ na wybór zastosowanego sprzętu i metod pomiarów geodezyjnych.

2. Terminal Przeładunkowy – I etap inwestycji

Zarząd Morski Portu Gdańsk wydzierżawił tereny o powierzchni ok. 42 ha Konsorcjum Brytyjskiemu DCT Gdańsk SA pod budowę Terminalu Przeładunkowego. Budowany przez 46 miesięcy terminal należy do jednej z największych realizowanych budowli hydrotechnicznych przewidzianych dla potrzeb niedoinwestowanej w ostatnich latach gospodarki morskiej. Docelowa moc przeładunkowa tego terminalu rzędu 1 mln TEU wraz z Terminalem Przeładunkowym w Gdyni świadczą o randze portów, jaką będą pełnić w akwenie Morza Bałtyckiego. Terminale w Trójmieście łącznie z autostradą A-1 będą stanowić ważny układ komunikacyjny morsko-lądowy w Transeuropejskim Korytarzu Północ–Południe (rys. 1). W celu zbudowania terminalu powołano doświadczone w realizacji budowli hydrotechnicznych brytyjskie konsorcjum Deepwater Container Terminal Gdańsk SA. Inwestycja została sfinansowana przez inwestorów brytyjskich oraz ze



Rys. 1. Trasa morsko-lądowa przez Polskę (Transeuropejski korytarz Północ–Południe)
Fig. 1. Route of Trans-European Corridor

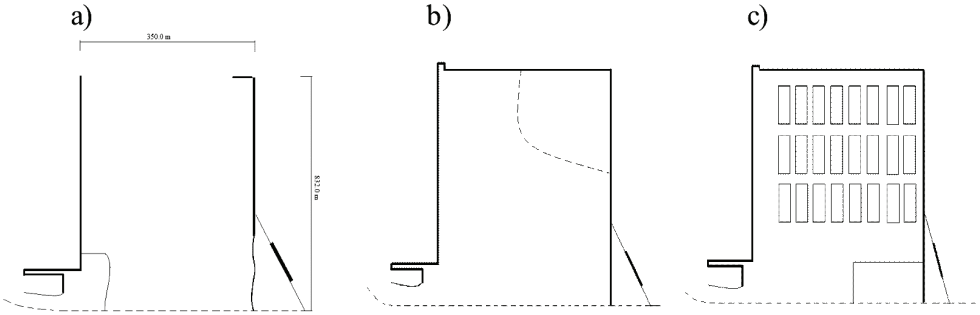
środków konsorcjów bankowych brytyjskich i niemieckich. Wykonawcą był koncern niemiecki HOCHTIF wraz z innymi firmami zagranicznymi i polskimi, m.in. Przedsię-

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

biorstwem Robót Czerpalnych i Podwodnych, firmami Elektromontaż, DAGBUD, WAKOZ Sp. z o.o.

2.1. Charakterystyka lokalizacji Terminalu Przeładunkowego

W pierwszym etapie realizacji przewidziano budowę dwóch stanowisk postojowych dla statków o długości do 330 m oraz jedno stanowisko ro–ro o zanurzeniu do 15 m, do przeładunku 500 tys. TUE rocznie. Ze względu na duży niezagospodarowany obszar lądowy i odpowiednią głębokość akwenu terminal został zaprojektowany jako zarefulowany półwysep o długości 832,0 m i szerokości 350,0 m (rys. 2). Budowie terminalu sprzyjały odpowiednie warunki geologiczne, jakie występują w tym rejonie. Opisywany akwen stanowi fragment Zatoki Gdańskiej o następujących współrzędnych geograficznych: 54º23' i 54º24' szerokości geograficznej południowej oraz 18º41' i 18º48' długości geograficznej wschodniej. Maksymalna głębokość zatoki w tym rejonie jest zbliżona do 14 m. Obecnie w bezpośrednim sąsiedztwie funkcjonują Pirs Rudowy, Pirs Paliwowy i Pirs Węglowy. Zaprojektowany terminal opisuje oś podłużna (prostopadła do linii brzegowej) w układzie Gdańsk 70, przeliczanym na układ WGS 84.



Rys. 2. Schematyczny przebieg budowy Terminalu Przeładunkowego w Gdańsku: I etap – wykonanie ścianki szczelnej na wodzie (a), II etap – zarefulowanie zamkniętej powierzchni akwenu piaskiem morskim (b), III etap – wykonanie nawierzchni placów składowych (c)

Fig. 2. Schematic presentation of Gdańsk Deep Water Container Terminal realization: 1st stage – placement of sheet piling wall (a), IInd stage – filling an area closed by steel sheet pile wall with a sea sand (b), IIIrd stage – realization of the store place pavement (c)

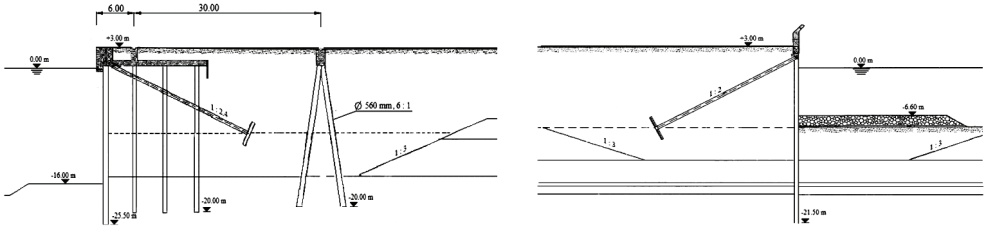
Podłoże akwenu do głębokości rozpoznania (wierceń) tworzą osady czwartorzędowe należące do holocenu i pleistocenu. Holocen jest reprezentowany przez utwory piaszczyste, piaszczysto-żwirowe i namuły. W części przybrzeżnej strop holocenu stanowią piaski leżące na namułach, natomiast w części wschodniej namuły organiczne. W podłożu w ciągłych poziomach namułów występują liczne przewarstwienia piaszczyste o miąższości od kilku milimetrów do kilkudziesięciu centymetrów (kompleks piaszczysto-namułowy). Poniżej namułów zalegają holoceńskie piaski morskie, pod którymi występują osady pleistoceńskie reprezentowane przez żwiry, piaski, gliny oraz sporadycznie iły. Badania hydrogeologiczne wykazały, że w rejonie lokalizacji terminalu występują w podłożu trzy poziomy wody gruntowej, z których najwyższy, podobnie jak woda morska, ma agresywne

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

właściwości względem betonu. Stwierdzono również, że poziom wody w akwenie waha się w warunkach bezsztormowych od –0,5 m do +0,5 m.

2.2. Opis konstrukcji i przebiegu budowy terminalu

Terminal został zaprojektowany jako sztuczny półwysep (o wcześniej wspomnianej szerokości i długości 676,0 m liczonej od linii nabrzeża) osłonięty stalową ścianką szczelną. Projekt opracowali krajowi specjaliści z hydrotechniki morskiej z takich biur w Trójmieście, jak m.in.: Biuro Projektów Budownictwa Morskiego PROJMORS z Gdańska, WUPROHYD z Gdyni oraz NORTH-INVESTMENTS Gdańsk. Wykonawcą generalnym była firma HOCHTIF Polska.



Rys. 3. Przekroje poprzeczne terminalu osłoniętego ścianką szczelną stalową z profili HZ
Fig. 3. Cross-section of terminal protected by steel sheet pile wall made of HZ profiles

Ze względu na występowanie w obszarze objętym inwestycją gruntów słabonośnych poniżej dna w pierwszej kolejności wybagrowano grunty słabe do głębokości 15 m (w obrysie ścianki od strony wewnętrznej). Następnie rejon dna wyrównano refulatem z piasku morskiego. W dalszej kolejności – używając wielofunkcyjnej platformy Odia – wbito pale kierujące oraz profile zamykającej pirs ścianki szczelnej. Po wypełnieniu refulatem i uzyskaniu odpowiedniego jego zagęszczenia wykonano dwa lub trzy rzędy pali Franki o średnicy 560 mm, stanowiące element nośny nabrzeża płytowego (rys. 3).

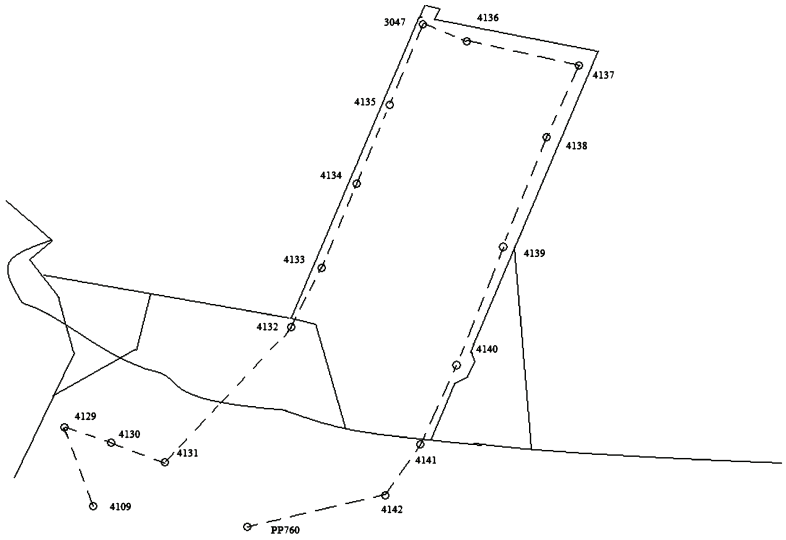
2.3. Prace geodezyjne na budowie terminalu

Do obsługi geodezyjnej realizowanej inwestycji (terminalu i dróg dojazdowych) zostało powołanych 6 zespołów trzyosobowych. Głównym wykonawcą prac geodezyjnych była firma Usługowo-Handlowa DIAZ z Gdańska.

Na obszarze ok. 32 ha wykorzystano istniejącą osnowę III i II klasy (rys. 4). Osnowa szczegółowa składała się z 32 punktów w postaci elementów betonowych z wyrytymi na płytkach krzyżami oraz dodatkowo wyposażonych w trzpienie – stanowiące repery, stabilizowanych na już zarefulowanym obszarze odpowiednio do postępu prac. Krzyże na wspomnianych punktach wykonano po precyzyjnym wyrównaniu osnowy. Po zakończeniu budowy pozostawiono 15 punktów osnowy realizacyjnej, które włączono do osnowy państwowej III klasy.

Do obsługi geodezyjnej wykorzystywano tachimetry elektroniczne RTS 801 i 802 firmy Leica i GTS 225 PG firmy Topcon oraz niwelatory precyzyjne DINI 11 Zeiss Jena i DNA 03 firmy Leica z łatą kodową wraz z oprogramowaniem. Zastosowany sprzęt i techniki pomiaru zapewniały wymaganą przez projektantów dokładność tyczenia.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Rys. 4. Istniejąca osnowa państwowa III i II klasy i dowiązanie osnowy szczegółowej
Fig. 4. Existing national survey network of IInd and IIIrd class and linking up of detailed nework

Po założeniu osnowy realizowano następujące pomiary:

- wytyczenie na wodzie osi ścianek szczelnych z profili HZ, stanowiących osłonę pirsu od strony wodnej, dokładność tyczenia 30 mm,
- wytyczenie siatki osi 800 pali typu Vibrex z dokładnością 20 mm,
- wytyczenie osi torowisk na zarefulowanym podłożu terminalu z dokładnością 10 mm,
- założenie 220 reperów do obserwacji osiadania placów przeznaczonych do składowania kontenerów,
- wytyczenie obiektów towarzyszących, m.in. budynków biurowych, hal, parkingów, monitoring refulatu stanowiącego zasyp terminalu.

3. Galeria Bałtycka

3.1. Lokalizacja i charakterystyka obiektu

Centrum handlowe „Galeria Bałtycka" zostało usytuowane w bardzo atrakcyjnym miejscu, przy skrzyżowaniu ulic Grunwaldzkiej i Kościuszki oraz Słowackiego w Gdańsku-Wrzeszczu. Dotychczas na tym terenie był budynek, w którym mieściły się biura projektowe oraz mleczarnia. Pod zabudowę przewidziano działkę o obwodzie 689 m i powierzchni 23 885 m^2.

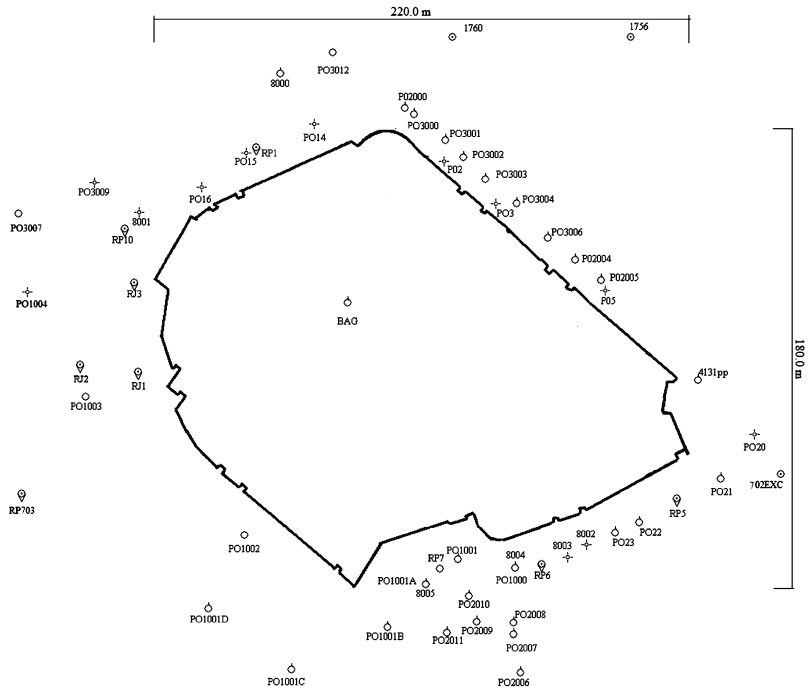
Pięciokondygnacyjny obiekt handlowy ma ok. 110 000 m^2 powierzchni użytkowej. Długość obiektu wynosi ponad 220 m, a szerokość 180 m. Dwie najwyższe kondygnacje zajmuje parking z 1100 miejscami postojowymi. Ze względu na kubaturę budynek został w dwóch miejscach zdylatowany, tworząc odrębne obiekty wznoszone niezależnie od siębie. Realizacja inwestycji obejmowała nie tylko sam obiekt handlowy, ale także przebudowę skrzyżowania ulic Grunwaldzkiej, Kościuszki i Dmowskiego oraz cieku wodnego

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Strzyża wraz z siecią uzbrojenia instalacji podziemnej (gazowej, kanalizacyjnej, wodnej, cieplnej, energetycznej). Należy zaznaczyć, że wszystkie prace budowlano-geodezyjne odbywały się tylko przy częściowo ograniczonym ruchu samochodowym na głównej trasie Gdańsk–Gdynia oraz normalnej pracy dalekobieżnej i lokalnej PKP, na położonej ok. 30 m obok realizowanej inwestycji linii.

3.2. Obsługa geodezyjna

Do obsługi geodezyjnej Galerii w I etapie budowy były oddelegowane dwa trzyosobowe zespoły geodezyjne. Stopniowo, w miarę zaawansowania robót budowlanych, pracowały cztery trzyosobowe zespoły geodezyjne. Ze względu na wielkość oraz miejsce realizacji obiektu tyczenie odbywało się na podstawie osnowy dowiązanej do osnowy państwowej III klasy w Układzie 65 (rys. 5).



Rys. 5. Osnowa realizacyjna na budowie Galerii Bałtyckiej w Gdańsku-Wrzeszczu
Fig. 5. Realization network used on construction site of Baltic Gallery at Gdańsk-Wrzeszcz

W związku z ograniczonym terenem i jednocześnie zwartą zabudową oraz wielkością placu budowy (usytuowanie w centrum miasta przy odbywającym się wokół dużym ruchu ulicznym) zrezygnowano z tradycyjnej naziemnej stabilizacji punktów osnowy, tzn. prętów, kamieni na rzecz folii dalmierczych, umieszczonych na sąsiednich obiektach, m.in. budynkach mieszkalnych i latarniach w pobliżu budowy. W początkowym etapie budowy używano tachimetru elektronicznego firmy Topcon GTS 212 i GTS 225 z oprogramo-

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

waniem. Przy tak rozległym obiekcie utrudnieniem był krótki zasięg pomiaru bezlustrowego (ok. 80 m) – szczególnie przy nawiązaniach do osnowy realizacyjnej. Wymagało to podczas tyczenia elementów obiektu ustawiania instrumentu w pobliżu punktów osnowy realizacyjnej. Oprogramowanie w tych instrumentach pozwalało na tyczenie punktów tylko ze współrzędnych. W związku z potrzebą tyczenia elementów konstrukcyjnych o powierzchniach krzywoliniowych, które nadawały budynkowi charakter galerii (m.in. łuki, elipsy, ściany pochylone), zaistniała konieczność zastosowania instrumentów z bardziej zaawansowanym oprogramowaniem. W tym celu wykorzystano tachimetry elektroniczne firmy Leica serii RTS 800 i GPT 7501 firmy Topcon.

Instrument RTS jest wyposażony w dalmierz działający w zakresie podczerwieni, a instrument GPT ma dodatkowo widzialny laser do bezlustrowego pomiaru odległości do 250 m. W pomiarze zastosowano oprogramowanie do wyznaczenia danych niezbędnych przy tyczeniu łuków, tyczeniu osi i tyczeniu od prostej. Dla porównania, tyczenie łuków za pomocą Topcona GTS 225 wymagałoby wyliczenia współrzędnych ponad 300 punktów łuku i to tylko w jednym przypadku, a następnie ich wyniesienia w terenie po osi X i Y. Z zastosowaniem tachimetru elektronicznego RTS firmy Leica tyczenie to odbywało się w dwojaki sposób:

- przez podanie środka i punktu początkowego łuku,
- przez podanie punku początkowego, końcowego i promienia łuku.

Zatem nie było konieczności wykonywania dodatkowych obliczeń, a tyczenie w terenie odbywało się o połowę szybciej, gdyż należało tylko wpasować się w jedną oś.

Dodatkową zaletą był pomiar bezlustrowy wykorzystywany przy kontroli pionowości szalunków oraz przy sprawdzaniu pionowości ścian i słupów.

W czasie kolejnych etapów realizacji inwestycji – podczas budowy wyższych kondygnacji – instrumenty geodezyjne z funkcją pomiaru bezlustrowego miały wyraźną przewagę nad pozostałymi tachimetrami, gdyż stanowisko można założyć w pobliżu punktów tyczonych, co zwiększało dokładność tyczenia tych punktów.

Instrument RTS firmy Leica, z wbudowanym modułem obliczeniowym COGO, umożliwiał wykonanie obliczeń z wykorzystaniem współrzędnych punktów, azymutów boków pomiędzy punktami i odległości pomiędzy nimi. Realizowano następujące pomiary:

- zadanie geodezyjne – odwrotne (wcięcie wstecz), w celu określenia współrzędnych swojego stanowiska,
- zadanie geodezyjne – proste,
- przecięcie elementów (osi),
- rzut na prostą,
- przedłużenie prostej.

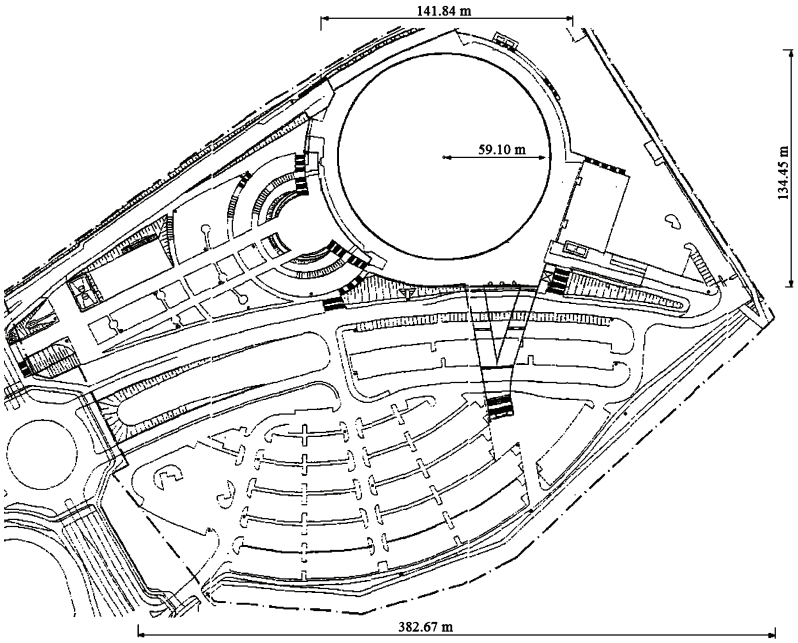
Oprogramowanie COGO znacznie ułatwiło pracę zespołom geodezyjnym przy budowie galerii. Po zorientowaniu stanowiska i obliczeniu osi głównych obiektu wszystkie niezbędne dane obliczano na bieżąco. Wszystkie prace wykonano w okresie 19 miesięcy od kwietnia 2006 do października 2007 r.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

4. Hala Widowiskowo-Sportowa

4.1. Charakterystyka lokalizacji hali

Budynek hali o powierzchni 22 863 m^2 został zaprojektowany na terenie byłych ogródków działkowych między Sopotem i Oliwą w dużej dzielnicy mieszkaniowej Żabianka (po stronie północnej). Powierzchnia ok. 15 ha zostanie zagospodarowana na cele sportowe oraz usługowo-gastronomiczne (sale komercyjne, bankietowe, gastronomiczne, konferencyjne oraz sanitariaty dla widzów). Rzut hali pokazano na rys. 6.



Rys. 6. Rzut Hali Widowiskowo-Sportowej wraz z zapleczem w Gdańsku-Żabiance
Fig. 6. Elevation of the Entertainment-Sport Hall and hinterland located at Gdańsk-Żabianka

4.2. Opis konstrukcji i przebiegu budowy terminalu

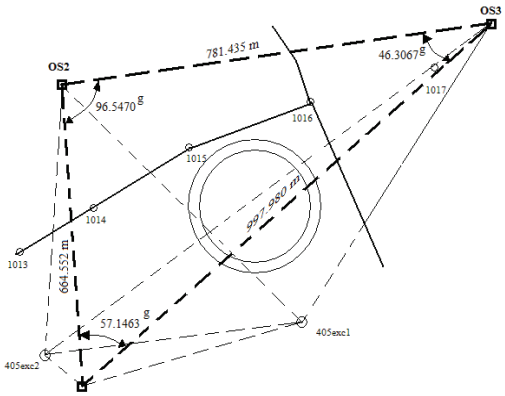
Obiekt został zaprojektowany jako konstrukcja żelbetowa, monolityczna, w układzie płytowo-słupowo-ściennym. Cała hala jest zaprojektowana na okręgu i elipsoidzie. Dach obiektu jest oparty na 4 słupach (pylonach), które spełniają również rolę wind oraz klatek schodowych o 10,8 m średnicy oraz 25 m wysokości. Ze względu na gabaryty hala została podzielona na 9 części i zastosowano 8 dylatacji. Realizacja obiektu obejmowała nie tylko samą halę, ale również parkingi, mury oporowe oraz sieci uzbrojenia podziemnego.

4.3. Prace geodezyjne na budowie hali

Ze względu na brak punktów osnowy państwowej tyczenie odbywało się na podstawie osnowy realizacyjnej, która była dowiązana do osnowy szczegółowej klasy III (rys. 7).

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

W związku z wielkością placu budowy oraz wymaganą dokładnością prac geodezyjnych zastosowano znaki – folie dalmiercze umieszczone na innych obiektach trwałych (budynkach wysokich). Założono również bazę składającą się z 3 luster zamocowanych na stałe na stropodachach oddalonych, dobrze widocznych 11-kondygnacyjnych budynków, dzięki którym wraz z postępem budowy było możliwe stopniowe zagęszczanie osnowy.



Rys. 7. Szkic osnowy realizacyjnej na budowie hali Widowiskowo-Sportowej w Gdańsku-Żabiance
Fig. 7. Seting out survey network of the Entertainment-Sport Hall at Gdańsk-Żabianka

Ze względu na złożoną geometrię hali, a w szczególności liczne łuki, elipsy i skośne elementy, konieczne było zastosowanie wysokiej klasy instrumentu – był nim tachimetr elektroniczny firmy Leica serii RTS 800. Ponieważ hala została zaprojektowana na okręgu i elipsoidzie, stąd – znając promień – możliwe było tyczenie ze środka łuku.

Zastosowanie pomiaru bezlustrowego okazało się również niezbędne przy kontroli pionowości wysokich szalunków oraz przy sprawdzaniu pionowości ścian i słupów. Pomiar ten pozwolił również rozwiązać problem stanowisk oddalonych > 80 m, gdyż sygnał na folię dalmierczą był silniejszy i umożliwiał dokładną orientację instrumentu w terenie. Pomiar bezlustrowy stosowano, gdy brak było możliwości postawienia lustra. W takich przypadkach tyczono bez użycia lustra (RL-Short) ze wskazaniem miejsca promieniem w podczerwieni, zaznaczając to miejsce markerem.

Jedną z przydatnych funkcji było tyczenie osi, dzięki której łatwo wytyczano oraz kontrolowano osie budowli i dróg. Linia bazowa była definiowana w odniesieniu do linii znanej i mogła być dowolnie przesuwana po długości, równolegle lub obracana wokół pierwszego punktu. Wysokość można było zdefiniować lub przyjąć z pierwszego lub drugiego punktu. Linie bazowe definiowano, korzystając z trzech możliwości:

- pomiaru punków,
- wprowadzenia współrzędnych,
- wyboru punktów z pamięci.

Tyczenie to sprawdzało się podczas wytyczania krawędzi ścian. Przykładowo, gdy dostawiano szalunek, znaki geodezyjne były zasłonięte i aby tego uniknąć, stosowano przesunięcie o 20 cm, co pozwala na kontrolę ustawienia i pionowości ścian. Do tego zadania

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

używano pomiaru bezlustrowego (RL-Short), mierząc odległości zredukowane, celując na najwyższy oraz najniższy punkt ściany. Obliczając różnicę między tymi dwoma odczytami, określano wartość odchylenia od pionu.

Bardzo przydatną opcją w Leica serii RTS 800 było korzystanie z funkcji „przeniesienie wysokości". Funkcja ta pozwalała na szybkie ustalenie wysokości osi celowej instrumentu. Była bardzo przydatna w trakcie kontrolnego sprawdzania wysokości – podczas doraźnego braku niwelatora lub gdy przewyższenie było zbyt duże lub punkt był niedostępny.

W początkowym etapie prace realizował jeden trzyosobowy zespół geodezyjny, a w miarę postępu budowy niezbędne były 3 zespoły.

5. Podsumowanie i wnioski

Zastosowanie nowoczesnych technologii do pomiarów geodezyjnych zdecydowanie poprawia jakość oraz przyspiesza wykonanie prac geodezyjnych i budowlanych. Gęsta zabudowa w warunkach miejskich i nietypowe budowle hydrotechniczne wymuszają stosowanie nowych technologii. Jednak ze względu na oddziaływanie środowiska nie wszystkie nowoczesne instrumenty i technologie mogą być stosowane równie efektywnie.

Przykładowo, dysponując instrumentem technologicznie mniej zawansowanym, tyczenie łuków odbywa się przez wyliczenie za pomocą odpowiednich programów geodezyjnych współrzędnych punktów łuku lub ustawienie instrumentu w środku okręgu i tyczenie łuku za pomocą promienia. Oba te sposoby mają bardzo duże wady ze względu na znaczną czasochłonność, a często przeszkody i brak wizur.

Efektywna realizacja prac pomiarowych w warunkach opisanych w artykule nie jest możliwa, jeśli zespół nie dysponuje tachimetrem bezlustrowym.

Barierą we wdrażaniu nowoczesnego sprzętu i technologii są koszty zakupu sprzętu. Dlatego małe i średnie firmy geodezyjne stosują różne formy pozyskiwania sprzętu, np. wypożyczają sprzęt na czas realizacji inwestycji. Z doświadczenia praktycznego wynika, że nowoczesny sprzęt wymaga podwyższenia jakości pod względem m.in. wodoszczelności i pyłoszczelności.

W publikacji wykorzystano wybrane materiały z dokumentacji budowlanych i geodezyjnych udostępnionych przez firmę FU-H DIAZ z Gdańska.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ