

Modernizacja płyty wielkich sił w hali laboratoryjnej wydziału budownictwa

Prof. dr hab. inż. Barbara Goszczyńska, dr inż. Jacek Ślusarczyk, dr inż. Artur Wójcicki,
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

1. Wprowadzenie

Hala laboratoryjna wydziału budownictwa powstała w latach siedemdziesiątych XX wieku. Została wykonana jako żelbetowa konstrukcja szkieletowa z ram systemu konstrukcyjno-montażowego prefabrykowanych hal przemysłowych typu P-70 [1]. Jedną z podstawowych funkcji, które zapewnia hala, jest prowadzenie badań doświadczalnych różnego rodzaju wielkowymiarowych elementów konstrukcyjnych (belek jedno- i wieloprzęsłowych do około 15,0 m rozpiętości całkowitej, słupów w pozycji poziomej, płyt, tarcz itp.). Złożone programy obciążeniowe są realizowane przy użyciu siłowników hydraulicznych. Stosowany najczęściej w badaniach schemat rozporowy jest realizowany z jednej strony przez odpowiednie stalowe konstrukcje nastendowe, a z drugiej – odpowiednie fundamenty tzw. płytę wielkich sił. Zarówno doposażenie laboratorium, jak i zamiar rozszerzenia możliwości badawczych spowodowały konieczność modernizacji głównego układu fundamentowego urządzeń badawczych. Konieczne stało się zwiększenie wymiarów płyty wielkich sił w planie, przez dodanie nowej części do już istniejącej płyty.

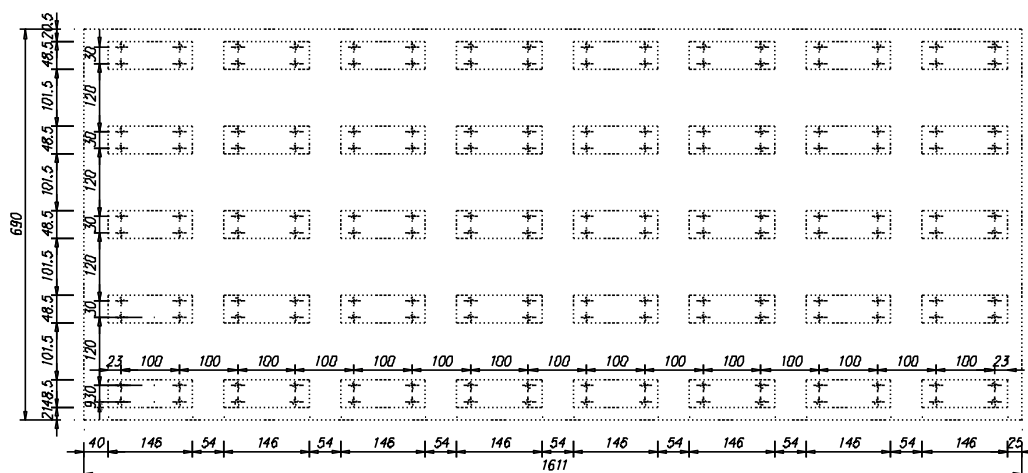
2. Badania parametrów istniejącego fundamentu

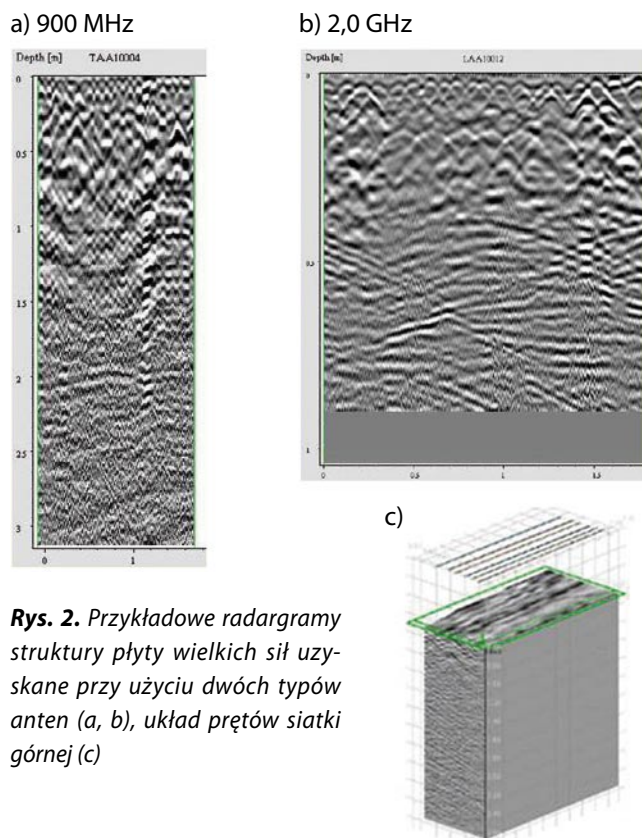
Ze względu na brak archiwalnej dokumentacji projektowej i powykonawczej wykonano niezbędną inwentaryzację modernizowanego fundamentu.

Płyta wielkich sił miała wymiary w planie 16,10x6,90 m. Wykończenie powierzchni górnej stanowiła posadzka żywiczna. Kotwienie słupów stalowych konstrukcji nastendowych było możliwe dzięki gniazdom rozmieszczonym jak na rysunku 1. Gniazda po wkręceniu śrub o średnicy $\varnothing 65$ mm umożliwiały połączenie stalowego stendu z płytą fundamentową. Oszacowana nośność jednej śruby w gnieździe ze względu na wyciąganie osiowe to minimum 650 kN, a na obciążenie siłą poziomą 50 kN (ze względu na docisk). Liczba gniazd wynosiła 160 sztuk. Uniwersalny układ stalowych elementów nastendowych (słupów, rygli, podpór) umożliwiał różne konfiguracje montażowe do badań budowlanych elementów konstrukcyjnych. Ustalenia struktury i głębokości posadowienia dokonano dostępnymi metodami nieniszczącymi. Przy zastosowaniu georadaru typu IDS Aladdin przeprowadzono badania na obszarze pomiędzy wybranymi płytami kotwiącymi. Na etapie wstępnym grubość płyty fundamentowej nie była dokładnie znana, stąd użyto dwóch rodzajów anten. W poszczególnych etapach badań szacowane grubości płyty na podstawie radargramów wynosiły od 80 cm do około 150 cm w zależności od przewidywanej (deklarowanej w urządzeniu) prędkości propagacji fali w ośrodku.

Przykładowe uzyskane radargramy przedstawia rysunek 2. Rozpoznano także tą metodą układ siatki zbrojeniowej przy powierzchni górnej płyty (siatka 10x10 cm), natomiast rozmieszczenia pozostałych warstw zbrojenia nie udało się jednoznacznie ustalić.

Rys. 1. Rzut powierzchni stendu przed modernizacją





Rys. 2. Przykładowe radargramy struktury płyty wielkich sił uzyskane przy użyciu dwóch typów anten (a, b), układ prętów siatki górnej (c)

Ze względu na potrzebę weryfikacji wyników badań nieniszczących (dokładne określenie grubości płyty fundamentowej), a także dokładnego określenia dla badanego ośrodka prędkości propagacji fali przewidziano odpowiednią kalibrację poprzez wykonanie odkrywki fundamentu (rys. 3). Potwierdzona pomiarem bezpośrednim w odkrywce grubość płyty wyniosła 150 cm. Jednocześnie na podstawie wykonanej odkrywki ustalono, że podłoże gruntowe stanowią piaski drobne i pylaste z domieszką glin. Obecności wody gruntowej nie stwierdzono. Grunty określono jako nośne, odpowiednie dla zakładanej modernizacji. Stwierdzono, że płyta została wykonana w szalunku traconym w postaci muru z cegieł pełnych widocznych fragmentarycznie w wykopie.



Rys. 3. Odkrywka płyty wielkich sił od strony planowanej styku

Odsłonięcie ściany pionowej fundamentu umożliwiło również lokalne zbadanie wytrzymałości betonu istniejącej płyty wielkich sił. Opracowanie wyników badań wykonanych przy użyciu młotka Schmidta typu NR wskazywało na beton klasy C16/20 (dawna klasa B20).

3. Założenia oraz podstawowe dane techniczne projektowanej części płyty

Przewidywano pewne klasy elementów (typy i gabaryty), których badania miały być możliwe po rozbudowie płyty, tj.:

- belki oraz dźwigary sprężone o rozpiętości do 30 m (determinowane także przez skrajnie transportu zewnętrznego, tj. wjazd i wewnętrzny – wymiary hali) oraz wysokości do 1,5 m,
- tarcze żelbetowe o wymiarach maksymalnych 3,0x2,0 m (badane w pozycji pionowej),
- słupy żelbetowe o wysokości 3,0 m (przy badaniu w pozycji pionowej).

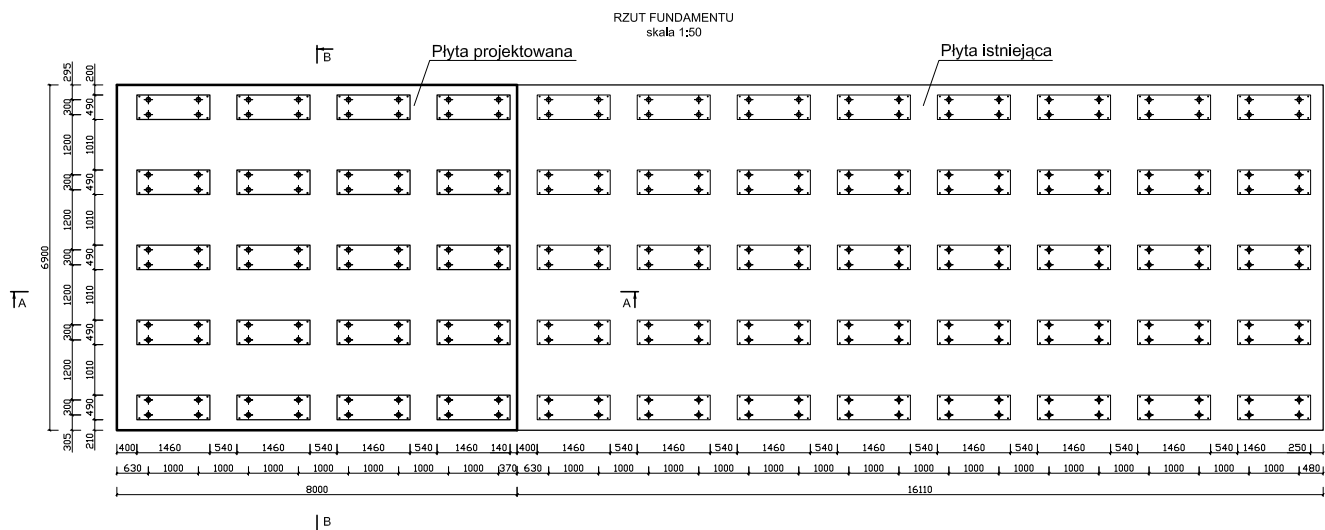
Założono możliwość zarówno wykonywania badań statycznych, jak i dynamicznych [2, 3]. Maksymalne siły skupione obciążające element badany realizowane za pomocą pojedynczych siłowników hydraulicznych to 100, 300 i 1000 kN. Rzędą poziomą 0,00 ustalono na poziomie górnej powierzchni istniejącej płyty fundamentowej.

W wykonanych wokół istniejącego stanowiska odkrywkach kontrolnych (do głębokości rozpoznania wynoszącej 1,5–2,5 m) nie stwierdzono wód gruntowych, jednak wzięto pod uwagę potencjalną możliwość, iż okresowo mogą się pojawić wody pochodzenia atmosferycznego. Analiza sytuacji projektowej pozwoliła jednak stwierdzić, że w aspekcie planowanej realizacji nie będą miały one istotnego znaczenia.

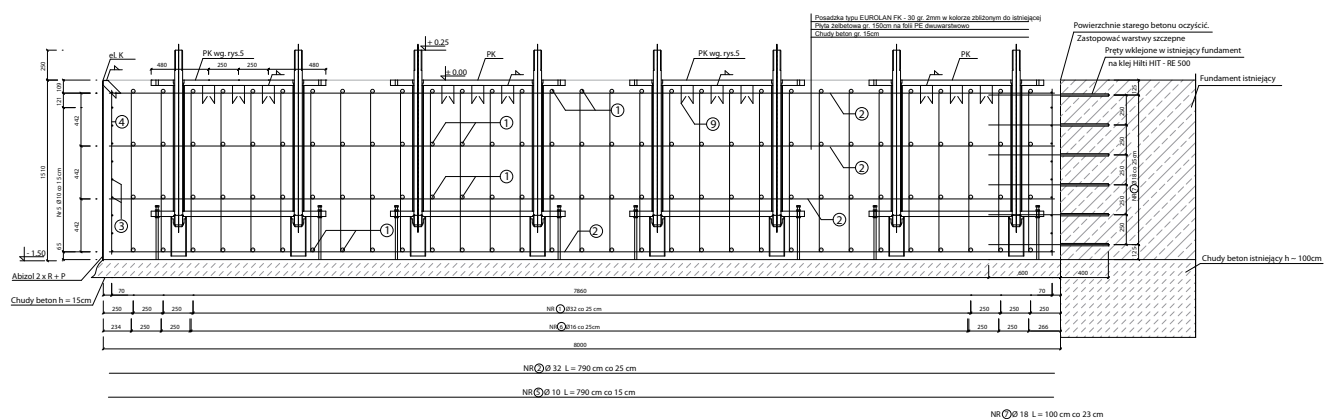
Zaprojektowana nowa część płyty wielkich sił to płyta fundamentowa żelbetowa zespolona z istniejącą i stanowiącą niejako jej przedłużenie [5]. Fundament zaprojektowano jako płytę prostokątną o wymiarach w rzucie 6,9x7,87 m o grubości 1,50 m (rys. 4). Liczbę nowych gniazd kotwiących ustalono na 80 sztuk. Posadowienie płyty fundamentowej zaprojektowano na poziomie -1,50 m p.p.t. Poziom wierzchu płyty fundamentowej (bezpośrednio pod trzonami stalowymi) przewidziano jako +/- 0,00 m p.p.t. Górną powierzchnię postanowiono wykończyć posadzką na bazie żywicy epoksydowej.

Pionowy styk istniejącego fundamentu i nowej części zaprojektowano jako zespolony, stosując pręty uciągające o średnicy 18 mm kotwione w starej części na głębokość 40 cm (rys. 5). Rozmieszczenie prętów jest regularne co 25 cm w poziomie i co 25 cm w pionie z osadzaniem na żywicę konstrukcyjną.

Nową część płyty fundamentowej zaprojektowano z betonu C25/30 zbrojoną stalą klasy A gatunku BSt500. Zbrojenie główne stanowią siatki o oczku 25 cm z prętów o średnicy 32 mm (rys. 6). Na ścianach bocznych zaprojektowano



Rys. 4. Rzut powierzchni górnej płyty fundamentowej po modernizacji



Rys. 5. Przekrój pionowy części nowej wraz ze stykiem pionowym

zbrojenie z siatek o oczku 15 cm z prętów o średnicy 10 mm. Otulina zbrojenia wynosiła zawsze 50 mm.

Z uwagi na, możliwe w fundamencie, termiczne naprężenia własne wynikające z wydzielanej energii podczas hydratacji cementu sprawdzono, czy zaprojektowane zbrojenie spełnia warunki powierzchniowego zbrojenia minimalnego [2]. Założono, że fundament ma średnią masywność, wobec czego głębokość przypowierzchniowej strefy rozciąganej będzie mniejsza niż $h/4$ (gdzie h oznacza wysokość fundamentu). Minimalny stopień zbrojenia powierzchniowego wyznaczono na podstawie ogólnego równania na $A_{s,min}$ [3]. Przyjęto, że $\sigma_s = 0,5f_{yk}$, $k_c = 1$ oraz $k = 0,8$, wobec czego otrzymano:

$$\rho_{min} = \frac{A_{s,min}}{bh} = 0,8 \cdot 0,25 \frac{f_{ct,eff}}{0,5 f_{yk}} = 0,4 \frac{f_{ct,eff}}{f_{yk}}$$

Przyjęto, że $f_{ct,eff}$ w chwili zarysowania odpowiada około 80% wytrzymałości $f_{ct,m}$.

W płycie zaprojektowano bloki kotwiące z gniazdami na śruby rozmieszczone analogicznie jak w części istniejącej.

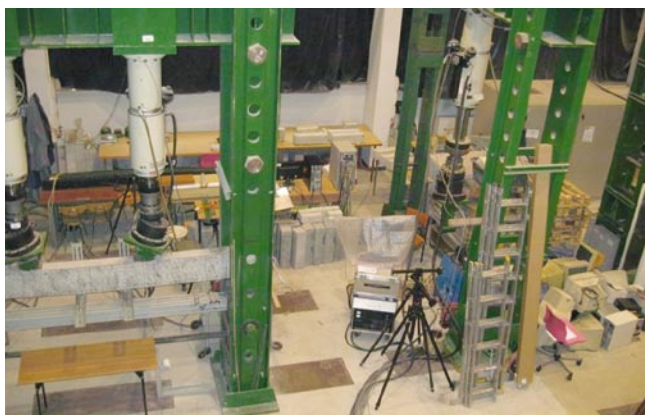
Rozmieszczenie i układ bloków kotwiących pokazano na rysunkach 4 i 5. Bloki z gniazdami na śruby pozwalają na kotwienie urządzeń nastendowych w wielu konfiguracjach. Płytę zaprojektowano na warstwie wyrównawczej minimum 15 cm z „chudego betonu”. Izolacja pozioma została przewidziana w postaci podwójnej warstwy folii PE, natomiast pionową przyjęto jako powłokę bitumiczną z Abizolu 2R+P.

4. Kluczowe etapy realizacji robót

Betonowanie masywnej płyty wymaga najczęściej indywidualnego programu oraz przestrzegania reżimu wykonawczego. Nadmierny lub nierównomierny samonagrzew dużej masy betonu może skutkować powstaniem nieznaczonych naprężeń i zarysowaniem płyty [6]. Ponadto mając na względzie skurcz betonu, dokonano podziału wykonawczego konstrukcji nowej części na dwa fragmenty, bloki betonowane wykonywane jednoetapowo, ale w różnym czasie [7]. W pierwszej kolejności, po usunięciu muru ceglanego stanowiącego szalunek tracony wykorzystany przy realizacji pierwotnej wersji płyty, powierzchnię pionowego styku



Rys. 6. Widok zbrojenia płyty



Rys. 7. Widok stanowisk badawczych na zmodernizowanej płycie fundamentowej

odpowiednio przygotowano z zastosowaniem warstw szczipnych włącznie oraz wklejając stalowe pręty na żywicę. Po wykonaniu robót zbrojarskich i osadzeniu bloków z gniazdami kotwiącymi wykonano od strony istniejącego fundamentu w odległości około 2,0 m „zastawkę” boczną z użyciem

siatek stalowych, odpowiednio usztywnionych. Zabetonowano pierwszy blok o wymiarach w planie 6,9x5,9 m. Po około dwóch tygodniach, po usunięciu zastawki, przystąpiono do wykonania bloku pośredniego wypełniającego pustą przestrzeń między pierwszym blokiem a fundamentem istniejącym.

Do betonowania użyto mieszanki betonowej na cemencie hutniczym CEM III/A 32,5 N-LH/HSR/NA o cieple hydratacji poniżej 180 J/g. Pielęgnację betonu prowadzono przez 21 dni od momentu ułożenia mieszanki betonowej [8].

5. Podsumowanie

Przedstawiony w pracy projekt modernizacji płyty wielkich sił został pomyślnie zrealizowany. Spełnienie zakładanych wymagań techniczno-użytkowych zmodernizowanej płyty wielkich sił oraz jednocześnie skuteczność zastosowanych rozwiązań zostało praktycznie potwierdzone poprzez realizację wielu różnych badań eksperymentalnych elementów konstrukcyjnych na zmodernizowanej płycie (rys. 7).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Systemy budownictwa przemysłowego P-70, Arkady, Warszawa, 1976
- [2] PN-EN 1997-1:2008/Ap2:2010 Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne
- [3] Lipiński J., Fundamenty pod maszyny, Arkady, Warszawa, 1985
- [4] PN-EN 1992-1-1:2008/NA:2010 Eurokod 2. Projektowanie konstrukcji z betonu. Część 1-1. Reguły ogólne i reguły dla budynków
- [5] Goszczyński S., Wójcicki A., Projekt budowlano-wykonawczy modernizacji fundamentu płyty wielkich sił laboratorium Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska PŚk, 2008
- [6] Flaga K., Klemczak B., Konstrukcyjne i technologiczne aspekty naprężeń termiczno-skurczowych w masywnych i średnio masywnych konstrukcjach betonowych. Monografia nr 521, Wydawnictwo PK, Kraków, 2016
- [7] Kiernożycki W., Betonowe konstrukcje masywne, Wydawnictwo Polski Cement, Kraków, 2003
- [8] Bajorek G., Pielęgnacja betonu w okresie dojrzewania, Wydawnictwo Polski Cement, Kraków, 2017




TARGI

Nowy DOM Nowe MIESZKANIE

7-8

września

STADION WROCŁAW





targimieszkanie.pl