

Poziome próbne obciążenie nabrzeża w Porcie Szczecin

Dr inż. Janusz Rzepka

Członek Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa

Postęp w dziedzinie projektowania nabrzeży portowych posadowionych na palach zmierza w kierunku doskonalenia form i metod obliczeniowych, które byłyby w stanie wyrazić rzeczywistą pracę konstrukcji. Stymulatorem stałego i szybkiego postępu w tej dziedzinie projektowania jest wzrastający tonaż statków. Budowa specjalistycznych stanowisk przeładunkowych wymaga w tych warunkach coraz pełniejszej wiedzy technicznej i fachowej, a zatem lepszej bazy wykonawstwa, jak i dokładniejszych obliczeń [1].

Często jeszcze schemat obliczeniowy rozważany metodami klasycznej mechaniki budowli pozostaje daleki od rzeczywistych warunków pracy konstrukcji. Przyczyną takiego stanu rzeczy bywają:

- daleko posunięta geometryczna schematyzacja oraz fakt wykorzystywania uproszczonych hipotez wytrzymałości materiałów,
- przyjmowanie założeń, że obciążenia zewnętrzne, właściwości materiałów i podłoża są w pełni określone – zdeterminowane.

W tradycyjnych metodach obliczeń największą popularność i uznanie zdobyła sobie interpretacja NÓKKENTVEDA-OSTENFELDA [1, 2] ze względu na przejrzysty mechanizm wyводу. Analizuje się w niej pracę budowli posadowionej na palach względem pewnego szczególnego punktu odniesienia zwanego „centrum elastycznym”.

Do istotniejszych uproszczeń obliczeniowych można zaliczyć brak uwzględnienia wpływu sprężystego ośrodka gruntowego na wartość sił podłużnych i poprzecznych w ustrojach palowych podpierających budowlę.

W tym zakresie wartości parametrów ustalanych na drodze teoretycznych rozważań wciąż ustępują parametrom uzyskiwanym w czasie obciążeń próbnych [3, 4]. Przyczyna takiego stanu często leży w trudnej realizacji tak zwanego „czystego przesunięcia bocznego konstrukcji nośnej”.

Ze względu na zamierzony w latach siedemdziesiątych XX wieku zakup żurawi firmy KONE z Finlandii do portów w Gdańsku i Szczecinie, a jednocześnie stosunkowo skromne zasoby dokumentacji technicznej dotyczących nabrzeży, zwłaszcza tych budowanych przed II wojną światową, podjęto się unikalnej weryfikacji dotychczasowego sposobu obliczeń

za pomocą badań w skali naturalnej pozwalających na ustalenie rzeczywistych warunków pracy ustrojów palowych, to jest z uwzględnieniem sprężystości podłoża. Jednym z unikalnych badań podjętych w Porcie Szczecin stał się pomiar przemieszczeń nadbudowy nabrzeża pod wpływem siły pionowej i poziomej.

Do programu badawczego obciążeń pionowych zakwalifikowano nabrzeża Górnośląskie i Chorzowskie w Basenie Górniczym z zastosowaniem obciążeń suwnicami mostowymi o udźwigu $Q = 150$ kN i ciężarze własnym $G_m = 6\,600$ kN oraz zasobników rudowych o ciężarze własnym $G_z = 1\,700$ kN.

Natomiast do badań przemieszczeń poziomych zakwalifikowano nabrzeże Jugosłowiańskie w Porcie Centralnym z zastosowaniem obciążenia zespołem holowników uwiązanych na dwudziestometrowych holach.

Konstrukcja nabrzeża Jugosłowiańskiego złożona była z 4 sekcji i pozwalała w optymalny sposób wykorzystać obiekt do podjęcia próby w skali naturalnej, to jest 1:1 (rys. 1 i 2).

Przemawiały za tym następujące okoliczności:

- młody wiek nabrzeża – wybudowane w 1964 roku (zapewnienie na potrzeby analizy kompletu dokumentacji wraz z dziennikami budowy oraz atestami próbnych obciążeń),
- mała długość poszczególnych sekcji – 16,40 m (możliwość operowania mniejszymi obciążeniami na jedną sekcję),
- minimalne wykorzystanie nabrzeża do celów eksploatacyjnych (tak zwane nabrzeże postojowe – głębokość techniczna 7,50 m),
- na zapleczu nabrzeża – w odległości około 35,0 m od linii cumowniczej znajduje się ciężki magazyn drobnicowy posadowiony na palach (wykorzystanie jako baza odniesienia przy pomiarach przemieszczeń).

Realizację przesunięcia fundamentu nadbudowy na kierunku poziomym przeprowadzono przy wykorzystaniu wspomnianego zespołu holowniczego – złożonego z 4 jednostek o atestowanych parametrach:

- moc jednostki 625 kW,
- uciąg jednostki 120 kN.

Każda jednostka uwiązana była na polderze badanej sekcji i dokonywała próby przez specjalne dynamometry do pomiaru naciągu liny holowniczej (rys. 3 i 4).

Program badań przewidywał nadto taką koncentrację obciążeń, aby oprócz odczytów poziomego przemieszczenia płyty nabrzeża możliwe było także uchwycenie rozpoczynającego się procesu obrotu nadbudowy.

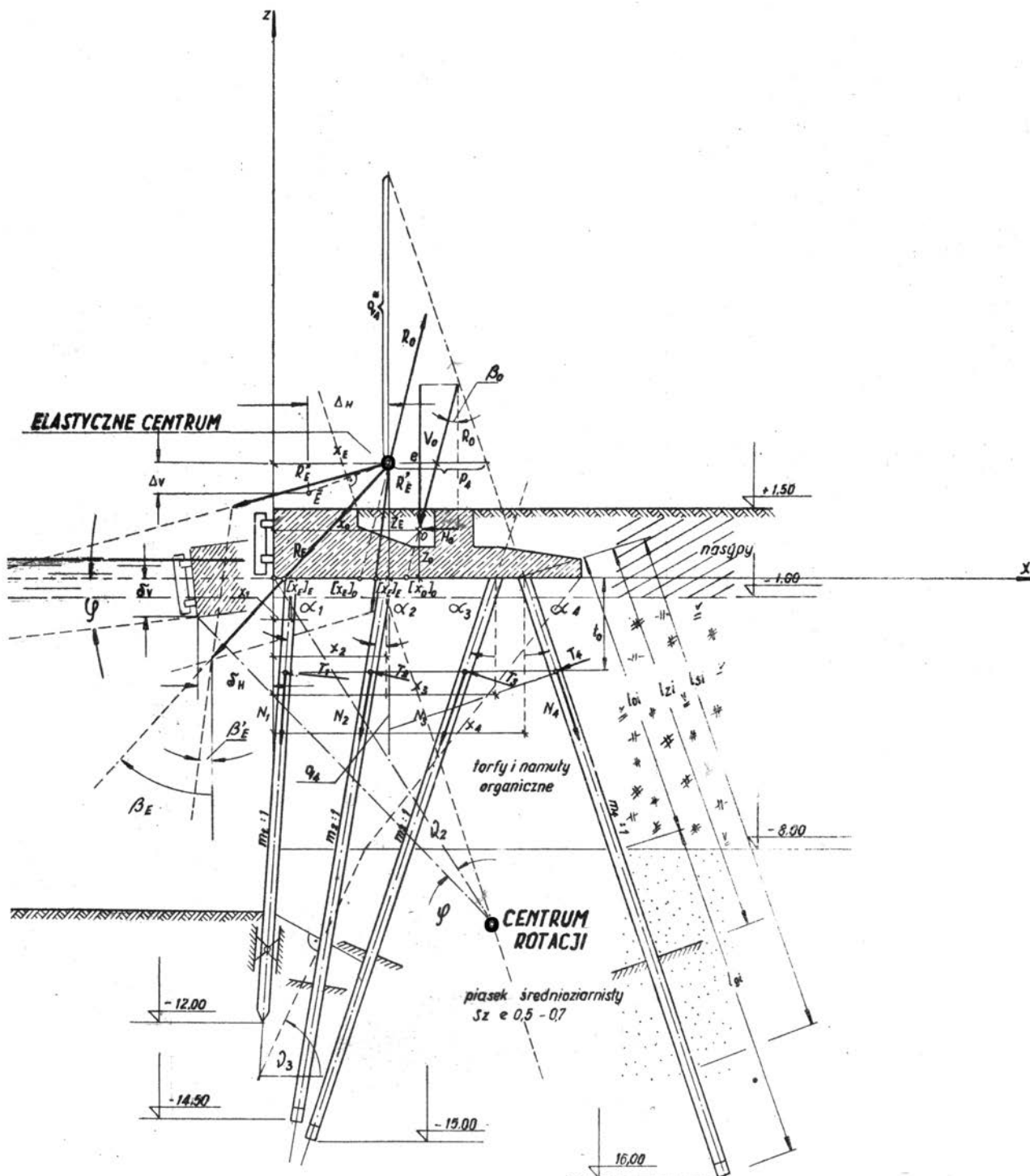
Do pomiaru przemieszczeń nabrzeża zainstalowano 8 czujników zegarowych z dokładnością odczytu 0,01 mm oraz dodatkowo 5 czujników zainstalowanych na specjalnym stanowisku do obserwacji przewidywanego obrotu płyty.

Pomiary przeprowadzono w dniu 28 października 1973 roku od godz. 10.00 do godz. 14.30 przy prowadzonej kontroli geodezyjnej Zakładu Geodezji Politechniki Szczecińskiej z zastosowaniem specjalnie przygotowanych tak zwanych sygnałów do obserwacji ruchu pionowego i poziomego.

Pierwsze symptomy obrotu płyty nabrzeża zaobserwowano przy „zawieszeniu” dwóch holowników na jednej sekcji (rys. 2).

$$\sigma_H = +260 \times 10^{-6} \text{ m} \quad \varphi = -5 \times 10^{-6} \text{ rad}$$

Uogólnione przemieszczenia sprężyste zarejestrowane w czasie pomiarów bezpośrednich w skali naturalnej stanowią



Rys. 5. Analiza rozkładu sił tworzących „elastyczne centrum” oraz „centrum obrotu” – tzw. „centrum rotacji”

podstawowy czynnik kontroli obliczeń fundamentów na palach. Już wstępna analiza wyników pozwoliła wykazać, że:

- obciążenia zewnętrzne przekazywane na budowlę aktywizują całą sekcję i należy przyjmować je w rozkładzie na tę sekcję - nie zaś na 1mb budowli (dotyczy w szczególności obciążeń pionowych),
- wpływ sąsiednich sekcji nabrzeża ma zasadnicze znaczenie przy ocenie bezwzględnych wielkości przemieszczeń,
- przytoczone próby przemieszczeń winny służyć do dalszego wykorzystania inżynierskiego, zwłaszcza że były realizowane w warunkach normalnej pracy portu,
- badania przeprowadzone na obiektach w skali 1:1 potwierdzają, że sprężyste osiadanie pali wykonane na obiekcie w czasie budowy (tu próbne obciążenie pali) może być miarodajne w przypadku oceny pracy budowli.

Praca budowli hydrotechnicznej analizowana względem wcześniej omawianego „centrum elastycznego” zmienia w sposób istotny swój charakter i przy uwzględnieniu sprężystości podłoża staje się „centrum obrotu” nadbudowy (rys. 5) i ujawnia odmienne położenie tego centrum w porównaniu z uproszczonymi metodami, które nie uwzględniały tych sprężystości.

Głębsze studium nad pracą badanych budowli wykazuje, że wystarczy nieduże podparcie boczne (w praktyce udzielane przez każdy grunt o odpowiedniej konsystencji), aby uczynić te systemy stabilnymi. Powyższe ma olbrzymie znaczenie praktyczne przy ocenie nośności bocznej systemów wspartych na palach pionowych i pochyłych.

Ze względu na dużą wrażliwość „wysokich ustrojów na palach” na obciążenia poziome ocena bocznej reakcji podłoża pozostaje w programie pomiarów poziomych w skali naturalnej zawsze dokładniejsza niż odpowiednie próby obciążeń pionowych.

W obecnych warunkach eksploatacji nabrzeży i możliwej techniki pomiarów realizacja przemieszczenia poziomego jest wielokrotnie droższa i trudniejsza do przeprowadzenia od próby pomiarów na kierunku pionowym.

Na tej podstawie należy zauważyć, że przeprowadzone pomiary w skali naturalnej na nabrzeżach portowych nakazują zwrócić baczność uwagę zarówno na techniczną stronę projektowania budowli hydrotechnicznej na palach, jak i późniejsze ich użytkowanie.

LITERATURA

1. Dembicki E., Najder T.: Wyznaczanie sił w ustrojach palowych. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej: „Pale i fundamenty na palach”, Gdańsk 1974.
2. Praca zbiorowa pod redakcją S. Pyraka: Fundamentowanie. Wydawnictwo „Arkady”, Warszawa 1988.
3. Rzepka J.: Wysokie ustroje palowe (badania w skali naturalnej). Archiwum Hydrotechniki, nr 2/1981.
4. Węgrzyn M.: Wyznaczanie nośności bocznej pali pojedynczych z wykorzystaniem obciążeń próbnych. Archiwum Hydrotechniki, nr 3/1962.