

dr inż. Maciej Yan Minch¹⁾

Problemy konstrukcyjne kształtowania wspornika żelbetowego o dużym wysięgu poziomym

Structural problems of reinforced concrete bracket design with a large horizontal outreach

DOI: 10.15199/33.2015.06.35

(Studium przypadku)

Streszczenie. W artykule opisano problemy konstrukcyjne dotyczące kształtowania nietypowego wspornika o dużym 13 m wysięgu poziomym. W celu spełnienia warunku nośności i ugięć przyjęto w słupie wspornika zbrojenie sztywne. Dodatkowo zastosowano szereg rozwiązań konstrukcyjnych umożliwiających właściwe posadowienie konstrukcji i bezpieczeństwo eksploatacyjne części przewieszanej.

Słowa kluczowe: wspornik, konstrukcja żelbetowa, duża rozpiętość, zbrojenie sztywne.

Abstract. This paper describes the structural problems of forming an unusual bracket with large horizontal outreach for 13 m. To fulfill the condition of load capacity as well as deflection capacity in the supporting column rigid reinforcement was built in. In addition, a number of structural solutions were used to enable the proper foundation and operational safeness of the structure.

Keywords: bracket, reinforced structure, large span, rigid reinforcement.

W artykule przedstawiono skomplikowane technicznie rozwiązania konstrukcyjne, które zostały wymuszone przez projekt architektoniczny. Opisany przykład dotyczy słupowego wspornika pionowego z wysięgnikiem poziomym (przewieszeniem) o długości ok. 13 m, zrealizowanym w budynku Afrykarium-Oceanarium na terenie Zoo we Wrocławiu [1].

Projekt architektoniczny zakładał, że wejście do budynku Afrykarium będzie prowadziło pod podcieniem mieszczącym pomieszczenia central wentylacyjnych, które są wspornikowo przewieszane nad wejściem bez jakichkolwiek podpór pośrednich. Trudnością realizacyjną tego rozwiązania (oprócz dużego wysięgu poziomego wspornika) był fakt, że pomieszczenia central wentylacyjnych generowały duże obciążenia użytkowe na wsporniku. Nie było również możliwości zastosowania układu statycznie niewyznaczalnego w płaszczyznach układu nośnego budynku Afrykarium, np. w postaci ram żelbetowych, które umożliwiłyby przeniesienie części momentu zginającego ze wsporników na rygle ramy. Podyktowane to było faktem, iż ewentualna druga podpora ramy żelbetowej musiałaby się znajdować w odległości 43 m od osi słupa wspornikowego (rysunek 1). Podpory zewnętrzne budynku Afrykarium



Rys. 1. Schematyczny układ konstrukcji dachu wraz z podcieniem przyjęty do obliczeń
Fig. 1. Computation schematic layout of the roof structure together with an arcade

zostały spięte dźwigarami drewnianymi, które nie mogły stanowić istotnego z punktu widzenia stateczności i nośności wspornika układu go wspomagającego.

Dźwigary dachowe budynku Afrykarium ukształtowano z drewna klejonego w formie luków wklęsłych stylizowanych na konstrukcję cieżgnową (rysunek 1). Takie skonstruowanie zmniejsza nieco momenty zginające w części pionowej słupów, na których zawieszono są wspornikowo pomieszczenia podcienia wejściowego. Podparcia dźwigarów zrealizowano na podkładkach teflonowych, co umożliwiło przesuw dźwigarów i znacznie zmniejszyło reakcje poziome od deformacji związanych z ugięciem od obciążeń krótkotrwałych, tzn. śniegiem i temperaturą [2].

Przyjęte założenia obliczeniowe

W przypadku gdy w obliczeniach statycznych nie uwzględnia się współpracy poziomej skrzyni przewieszanej nad wejściem

z pionowymi tarczami żelbetowymi na jej końcach (rysunek 2), to założony układ statyczny wspornika podcienia jest statycznie wyznaczalny. Należy wówczas zwiększyć współczynnik bezpieczeństwa oraz zapewnić maksymalną kontrolę obliczeniową i użytkową w analizie obliczeniowej i w rozwiązaniach konstrukcyjnych. W celu otrzymania wiarygodnych wyników analizy statycznej, z uwzględnieniem żelbetowych tarcz pionowych w płaszczyznach słupów (rysunek 2), zdecydowano się na zastosowanie metody elementów skończonych, modelujących przyjęty układ oraz wykonanie obliczeń w modelu przestrzennym.



Rys. 2. Model przestrzenny wspornikowego podcienia wejściowego przyjęty do analizy obliczeniowej

Fig. 2. The computational analysis spatial model of the structure

Na rysunku 2 pokazano model 3D konstrukcji wspornikowego podcienia wejściowego przyjęty do analizy numerycznej. Należy zwrócić uwagę, że w celu zapewnienia dobrej współpracy przestrzennej układu założono na całej długości podcienia sztywną skrzynię pomieszczeń przeznaczonych na centrale wentylacyjne. Wynikowe siły z tej skrzyni przekazywane są na słupy

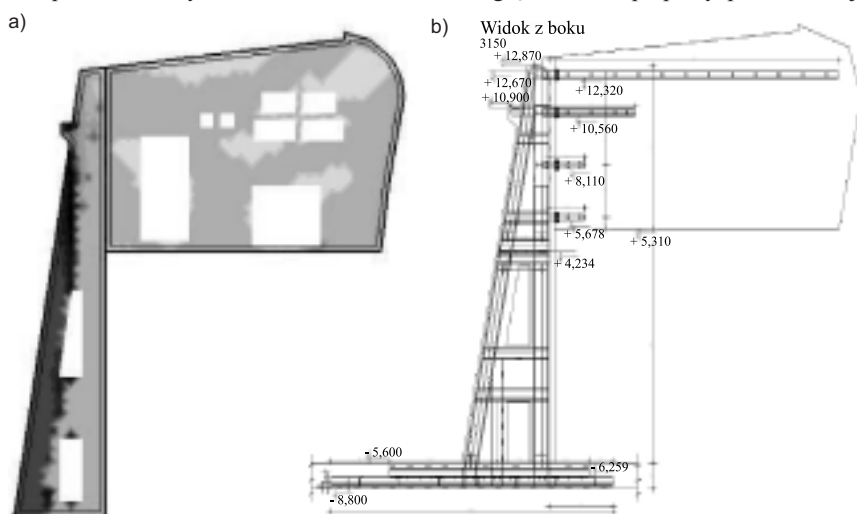
¹⁾ Politechnika Wroclawska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego; e-mail: maciej.minch@pwr.edu.pl

wspornikowe przez mocno perforowane tarcze poprzeczne (mocowane do słupów nośnych – rysunek 2) i tarcze szczytowe wspomagające układ wspornikowy słupów.

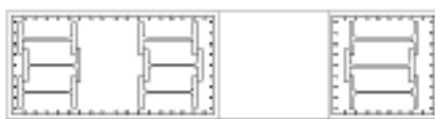
Wyniki obliczeń i rozwiązania konstrukcyjne

Ze względu na ograniczenia geometryczne słupów podtrzymujących wspornikowy podcień narzucony przez architektów, konieczne było zastosowanie słupów dwugałęziowych o dużej sztywności i nośności. Analiza obliczeniowa pokazała [2], że aby spełnić warunki SGN i SGU, trzeba było zastosować zbrojenie sztywne w gałęziach słupów [3] określane również jako zbrojenie samonośne [4], a także beton samozagęszczalny klasy C50/60 oraz tradycyjne zbrojenie prętowe.

Na rysunku 3 pokazano przykładowe pola naprężeń w słupie, które determinowały wbudowanie zbrojenia sztywnego w konstrukcję. Widoczne jest istotne wytężenie gałęzi rozciąganej słupa (ciemne kolory warstw). Rysunek pokazuje również szkicowy układ zbrojenia sztywnego wbudowanego w gałęzie słupa. Zwrócić należy uwagę na sztywne łączniki zespalające tarcze pionowe ze słupami, których zadaniem jest przenoszenie naprężeń rozciągających w górnej części słupa oraz naprężeń stycznych na krawędziach pionowych przylegania tarcz do słupów dwugałęziowych. Oprócz zbrojenia sztywnego, słupy zostały dozbrojone zbrojeniem prętowym o maksymalnym procencie zbrojenia. Poglądowy przekrój przez dwie gałęzie słupa ze zbrojeniem sztywnym i wiotkim pokazano na rysunku 4.



Rys. 3. Pola naprężeń w modelu podcienia z widocznym wytężeniem gałęzi rozciąganej (a) oraz szkicowy układ zbrojenia sztywnego w słupie dwugałęziowym i tarczy wspornika (b)
Fig. 3. Stress field in the structural model with visible intensity of stretched branches (a) and sketchy rigid reinforcement system in the column and wall-beam bracket (b)



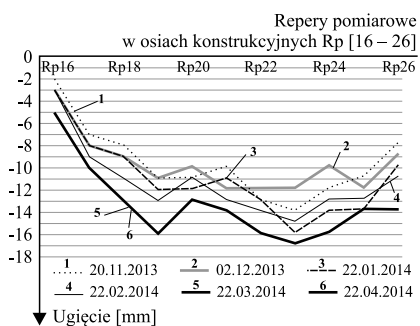
Rys. 4. Szkicowy przekrój przez słup dwugałęziowy z poglądowym rozłożeniem zbrojenia sztywnego i wiotkiego

Fig. 4. Sketchy cross-section of the column with pictorial distribution of reinforcement rigid and ribbed bars

Słupy ze względów wykonawczych podzielono montażowo na 3 części. Dolna część wykonana została w kształcie sztywnego rusztu powierzchniowego, który został zabetonowany w płycie fundamentowej (rysunek 3). Ruszt ten miał za zadanie rozłożenie dużych sił rozciągających i dociskowych w gałęziach słupów na większą powierzchnię płyty fundamentowej. Takie konstruowanie zamocowania słupów eliminowało ponadnormatywne zarysowanie płyty, co w konsekwencji mogłoby doprowadzić do rozszczelnienia konstrukcji znajdującej się pod wodą. W celu właściwego poziomowania rusztu, który decydował o pionowym ustawieniu całej konstrukcji słupów, zastosowano w nim podpory śrubowe, umożliwiające rektyfikację położenia rusztu. Podczas montażu nadano wspornikom tarczowym słupów wstępną strzałkę odwrotną o wartości 5 cm.

Po demontażu stemplowania podcienia i zmontowaniu konstrukcji dachu budynku Afrykarium wykonywano comiesięczne geodezyjne pomiary ugięcia wspornika. Miały one na celu sprawdzenie bezpieczeństwa konstrukcji zgodnie z kryterium SGU. Obliczeniowe ugięcia wspornika bez uwzględnienia współpracy przestrzennej

podcienia z tarczami bocznymi szacowane były na ok. 35 mm. Maksymalne pomierzone ugięcie, po zainstalowaniu pełnego obciążenia instalacyjnego i okładzin elewacyjnych, wyniosło 17 mm (rysunek 5). Ze względów bezpieczeństwa zalecono również monitorowanie odkształceń wspornika.



Rys. 5. Wyniki pomiarów ugięć wspornika podcienia prowadzone w cyklu miesięcznym
Fig. 5. The measurements deflection results of the wall-beam research on a monthly period

Wnioski

Wykonanie zaprojektowanej konstrukcji podcienia wymagało od wykonawcy robót oraz nadzoru inwestorskiego skrupulatnej kontroli prowadzonych prac. Należy zwrócić uwagę, że przy wykonywaniu skomplikowanych i odpowiedzialnych konstrukcji konieczna była szczególnie dokładna kontrola robót zanikowych.

Mimo uwzględnienia w analizie statyczno-wytrzymałościowej modelu przestrzennego konstrukcji rzeczywista sztywność ustroju nośnego okazała się znacznie większa. Można stwierdzić, że pośrednie współczynniki obliczeniowe i materiałowe przyjmowane w analizie obliczeniowej SGN i SGU powodują, iż rzeczywisty współczynnik bezpieczeństwa projektowanego układu konstrukcyjnego jest dużo większy, niż zakładany w obliczeniach ze względu na asekuracyjne podejście do przyjmowanego teoretycznego modelu przestrzennej pracy konstrukcji.

Literatura

- [1] Minch M.: Beton architektoniczny w budynku Afrykarium – Oceanarium w Zoo, Materiały Budowlane 6/2014, s. 52 i 53.
- [2] Projekt Wykonawczy konstrukcji budynku Afrykarium-Oceanarium we Wrocławiu opracowany przez Biuro Projektów i Realizacji Inwestycji VEGACAD.
- [3] Kucharczuk W., Labocha S.: Konstrukcje zespolone stalowo-betonowe budynków, Arkady Warszawa 2008.
- [4] Danielecki W., Mayzel B.: Konstrukcje żelbetowe ze zbrojeniem samonośnym, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1957.

Otrzymano 20.04.2015 r.