

Zalecana postać systemowego fundamentu zespolonego

Recommended shape of system of combined foundation

JANUSZ RĘBIELAK *

Materiały z XX SKWPWiE, Jurata 2016 r.
DOI: 10.17814/mechanik.2016.7.184

Przedmiotem pracy jest zdefiniowanie zalecanej, rozumianej jako najbardziej praktycznie użytecznej, postaci systemowego fundamentu zespolonego uprzednio opracowanego przez autora. Ten system konstrukcyjny jest przeznaczony do bezpiecznego posadowienia silnie obciążonych budynków na gruntach o bardzo niskiej nośności i na terenach aktywnych sejsmicznie. Proponowany system konstrukcyjny fundamentu dzięki swej budowie wewnętrznej cechuje się możliwością pochłaniania drgań oraz nie wymaga stosowania głębokich wykopów. Jego elementy składowe mogą przyjmować różnorodne kształty i w różny sposób rozmieszczane w jego przestrzeni. W pracy przedstawiono najprostszą postać elementów pośrednich wraz ze sposobem ich ekonomicznego rozmieszczenia w przestrzeni takiej konstrukcji, co umożliwia rozdzielenie sił przyłożonych do węzłów obciążenia na bardzo dużą liczbę węzłów brzegowych, które niekoniecznie muszą być zlokalizowane w strefie obwodowej fundamentu. Prezentowana postać systemu ma cechy optymalnego rozwiązania technicznego spełniającego w sposób zadawalający często sprzeczne wymagania konstrukcyjne z wymogami natury funkcjonalnej.

SŁOWA KLUCZOWE: fundament, grunt o niskiej nośności, teren sejsmiczny

Subject of the paper is to define the recommended and considered as practically the most useful shape of the system of combined foundation previously invented by the author. The structural system is intended for needs of the safe location of the heavily loaded buildings located on subsoil of very small load carrying ability and in the earthquake areas. Proposed structural system of the foundation, due to its inner build, has an inherent feature of absorbing energy caused by vibrations and it does not require to make the deep trenches. Its component parts can take various forms and they can be arranged in different ways in its space. In the paper there are presented the simplest shapes of intermediate members together with an economic way of their distribution in space of such a system what makes possible to spread forces, applied to the load nodes, among possible big number of the boundary nodes, which can be not necessarily placed along perimeter of the foundation. Presented shape of the system has characteristics of an optimum technical solution, which in satisfactory way can fulfill sometimes contradictory structural and functional requirements.

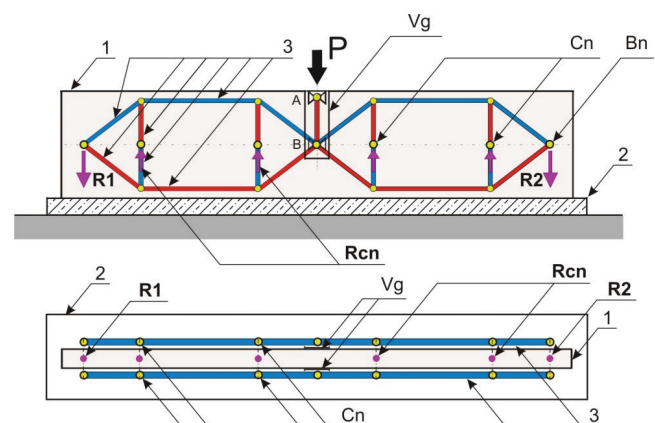
KEYWORDS: foundation, subsoil of small load capacity, earthquake area

Pierwsza koncepcja fundamentu zespolonego [1] została opracowana zgodnie z podstawowymi wymogami dotyczącymi zasad kształtowania takich konstrukcji [2, 3] dla obiektów posadowionych na terenach aktywnych sejsmicznie [4, 5] i następnie była stopniowo przekształcana do swej końcowej postaci [6]. Istotą tego rozwiązania konstrukcyjnego jest dążenie do przekazania dużych wartości sił obciążających, przyłożonych punktowo do odpowiednich węzłów fundamentu, do możliwie dużej liczby węzłów pośrednich rozmieszczonych na możliwie największej jego powierzchni. Proponowany system umożliwia konstruowanie fundamentu o teoretycznie nieograniczonej powierzchni, co z kolei pozwala na wznoszenie obiektów silnie obciążonych na podłożu

gruntowym o bardzo małej nośności, uważanym obecnie za nieprzydatne dla celów budowlanych. System fundamentu zespolonego ma cechy strukturalne umożliwiające efektywne tłumienie drgań spowodowanych np. wstrząsami tektonicznymi. Efektywność tłumienia może zostać istotnie zwiększona poprzez rozmieszczenie np. siłowników hydraulicznych sterowanych komputerowo w odpowiednich częściach tego systemu, którego elementy składowe mogą przybierać wiele różnorodnych form.

Analiza najprostszej formy systemu konstrukcyjnego

Systemowy fundament zespolony (rys. 1) tworzą elementy przestrzenne projektowane zwykle w postaci belki lub kilku belek (1) sytuowanych na wspólnej płycie (2) oraz odpowiedni system elementów pośrednich (3) mogących przyjmować formy układu soczewkowego, kratownicowego lub innego. Istotą konstrukcyjną tego systemu jest przekazywanie dużych sił do znacznej liczby węzłów centralnych (Cn) rozmieszczonych równomiernie wzdłuż osi obojętnej belek (1). Na rys. 1 przedstawiono najprostszą strukturalnie formę układu elementów pośrednich (3), składającą się z dwóch segmentów. Siła obciążająca P jest przekazywana za pośrednictwem krótkiego pręta AB, niezależnego od materii belki (1), umieszczonego w prowadnicach (Vg), mającego swobodę ruchu w kierunku pionowym.



Rys. 1. Schematy najprostszej konfiguracji konstrukcyjnej systemu fundamentu zespolonego

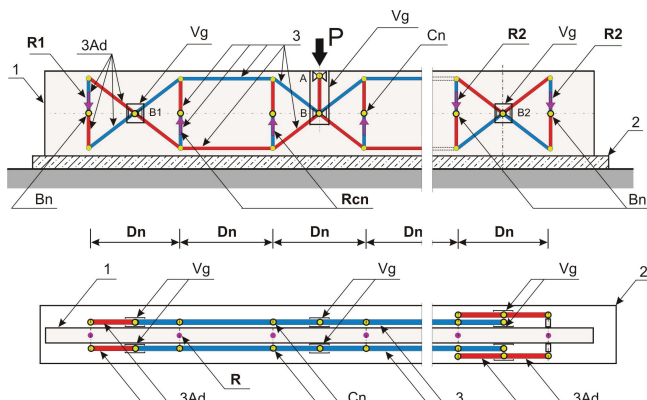
Ten układ ma wiele zalet, ale też jedną i to poważną wadę, ponieważ w węzłach brzegowych (Bn) działają reakcje pionowe o dużych wartościach (R1, R2), które ponadto są niekorzystnie skierowane, a mianowicie w dół. Aby układ ten mógł być uważany za zalecaną postać systemu fundamentu zespolonego, musi zostać odpowiednio zmodyfikowany.

Propozycja zalecanej postaci systemu konstrukcyjnego

Składniki systemu elementów pośrednich (3) muszą być usytuowane symetrycznie względem poziomej osi obojętnej belki (1). Stabilizacja końcówek takich belek (1) w najprostszej postaci tego systemu może być dokonana m.in. poprzez odpowiednie ukształtowanie jego stref brzegowych oraz obciążenie

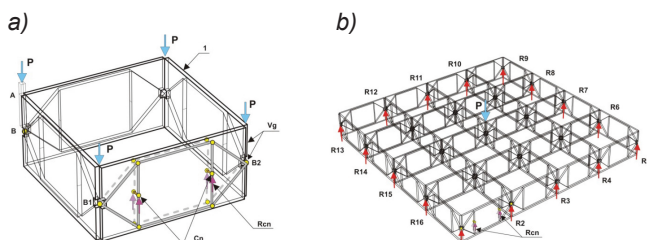
* Prof. dr hab.inż.arch. Janusz Rębielak (j.rebielak@wp.pl) – Politechnika Krakowska, Instytut Projektowania Budowlanego (A-4), Pracownia Konstrukcji Budowlanych (A-44)

ich ciężarem gruntu usytuowanym w odpowiednich klinach odłamu. Jednak efektywnym i praktycznym sposobem eliminacji niekorzystnego kierunku reakcji podporowych w węzłach brzegowych (Bn) jest zastosowanie składników dodatkowych (3Ad) systemu elementów pośrednich (rys. 2). Transmisja siły obciążającej P jest dokonywana za pośrednictwem dodatkowych węzłów centralnych B1 oraz B2, usytuowanych na poziomie osi obojętnej belki (1), posiadających teoretycznie jeden stopień swobody w kierunku pionowym. Węzły centralne (Cn) oraz węzły brzegowe (Bn) są rozmieszczane w jednakowych odstępach Dn.



Rys. 2. Schematy optymalnej konfiguracji konstrukcyjnej systemu fundamentu zespolonego na przykładzie podwójnego zestawu elementów pośrednich umieszczonych wokół jednej belki

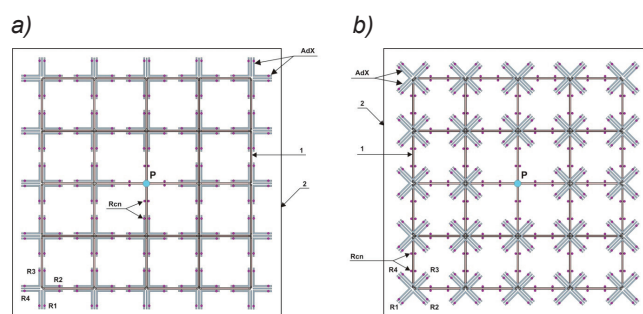
Jednakowy rozstaw węzłów centralnych typu Cn oraz węzłów brzegowych typu Bn nie gwarantuje jeszcze równomiernego rozmieszczenia obciążeń, ponieważ wielkości reakcji R1 i R2 mogą się znacznie różnić od wielkości reakcji Rcn. Ta sytuacja została w sposób poglądowy pokazana dla przykładowej postaci fundamentu na rys. 3b, gdzie wartość pojedynczej siły P jest rozdzielona na stosowną liczbę reakcji, równą 16, w węzłach brzegowych.



Rys. 3. Budowa przykładowego segmentu systemu fundamentu zespolonego w formie skrzyni (a), poglądowy przykład rozłożenia pojedynczej siły P na stosowną liczbę reakcji brzegowych (b)

Własności konstrukcyjne układu elementów pośrednich (3) systemowego fundamentu zespolonego sprawiają, że w węzłach brzegowych pojawiają się siły reakcji, których wielkości są odpowiednią częścią przykładowej siły P i są one tym mniejsze, im większa jest liczba tych węzłów brzegowych (Bn). Można przyjąć, że w przypadku pokazanym na rys. 3b wielkość reakcji tam występujących jest 1/16 wartości siły P. W celu zmniejszenia wartości takich reakcji należy odpowiednio zwiększyć liczbę węzłów brzegowych (Bn), którą można znacząco powiększyć poprzez odpowiedni wzrost liczby dodatkowych elementów pośrednich (3Ad) oraz ich stosowne rozmieszczenie w obszarze samego fundamentu. Te dodatkowe elementy pośrednie (3Ad) mogą być także lokowane po obu stronach węzłów typu B1 oraz B2, łącząc się za ich pośrednictwem z głównym układem elementów pośrednich (3,4) symetrycznie względem linii pionowych prostopadłych do podstawy płyty (2) i przechodzących przez te węzły (patrz rys. 2). Schematy przykładowych sposobów rozmieszcze-

nia dodatkowych elementów pośrednich (3Ad) pokazano na rys. 4.



Rys. 4. Przykładowe schematy usytuowania dodatkowych elementów pośrednich w obszarze fundamentu zespolonego, zwiększających liczbę węzłów brzegowych: a) konfiguracja ortogonalna, czyli równoległa do osi podłużnej belek głównych, b) konfiguracja diagonalna

Dodatkowe składniki systemu elementów pośrednich (3Ad) mogą być lokowane np. w wąskich przestrzeniach pomiędzy krótkimi belkami, które tworzą zestawy krzyżowe (AdX) umieszczane wokół każdego węzła łączącego belki główne (1). Na rys. 4 te dodatkowe zestawy krzyżowe (AdX) nie zostały umieszczone pod węzłem środkowym, gdzie przyłożono siłę skupioną P. W konfiguracji ortogonalnej, przedstawionej na rys. 4a, siła P jest dystrybuowana do 96 węzłów, a w konfiguracji diagonalnej, pokazanej na rys. 4b, ta sama wartość siły P jest przekazywana aż do 176 węzłów o różnych lokalizacjach. Wartości i zwroty reakcji tam występujących są bardzo zróżnicowane mają największe wartości w bezpośrednim sąsiedztwie siły P, gdzie przewiduje się również największe wyężenie belek głównych (1) poddanych zginaniu i ścinaniu w płaszczyznach pionowych. Dzięki sztywnemu połączeniu wszystkich składników tworzących układ belek głównych (1) oraz odpowiedniemu zróżnicowaniu sztywności każdej z nich siły obciążające mogą być dość równomiernie rozłożone na całej powierzchni systemu fundamentu zespolonego.

Uwagi końcowe i wnioski

Przyjęty rodzaj oraz geometria elementów pośrednich proponowanego systemu fundamentu zespolonego decydują o walorach konstrukcyjnych i użytkowych tego rozwiązania. W wybranych elementach systemu pośredniego można umieścić siłowniki hydrauliczne sterowane komputerowo, a ich zastosowanie w istotny sposób wzmocni własności tłumienia drgań, którymi poprzez swą budowę charakteryzuje się system fundamentu zespolonego. Ten proponowany system konstrukcyjny musi być jeszcze przedmiotem wielu kompleksowych studiów i analiz oraz badań testowych.

LITERATURA

1. Rębielak J. *Fundament zespolony*, Politechnika Wroclawska, Polska, Patent Nr 149760, z dnia 31 sierpnia 1990 r., zgłoszenie patentowe nr P-265885, z dnia 25 maja 1987 r.
2. Wilun Z. *Zarys geotechniki*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1987.
3. Biernatowski K. *Fundamentowanie*, PWN, Warszawa, 1984.
4. Ledwoń A.J. *Budownictwo na terenach szkód górniczych*, Arkady, Warszawa, 1983.
5. Moehle J., Bozorgnia Y. i in. *Case studies of the seismic performance of tall buildings designed by alternative means*, Report for the Tall Buildings Initiative, PEER Report 5 (2011) Pacific Earthquake Engineering Research Center, College of Engineering, University of California, Berkeley, CESC Report 11-02.
6. Rębielak J. *Systemowy fundament zespolony*, zgłoszenie patentowe, Patent Nr 221 971 z dnia 14 marca 2016 r., Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej, zgłoszenie nr P.394745, z dnia 2 maja 2011 r. ■