

PROBLEMY WYSTĘPUJĄCE PRZY LIKWIDACJI SŁUPA ŻELBETOWEGO W HALI PRODUKCYJNEJ O KONSTRUKCJI ŻELBETOWEJ, SŁUPOWO-BELKOWEJ SYSTEMU P-70

Wiesław Buczkowski, Anna Szymczak-Graczyk

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Streszczenie. W pracy przedstawiono koncepcję oraz obliczenia statyczno-wytrzymałościowe związane z koniecznością usunięcia jednego słupa w hali produkcyjnej, wynikającą ze zmiany technologii. Słupy żelbetowe rozmieszczone były co 6 m, a na każdy słup przypadało obciążenie z dwóch naw o rozpiętości 12 m. Usunięcie słupa zaprojektowano w sposób, który gwarantował nienaruszenie konstrukcji dachowej. Zakładano, że prace wyburzeniowe nie spowodują jakichkolwiek przemieszczeń istniejącej konstrukcji. Oprócz obliczeń statyczno-wytrzymałościowych opracowano technologię prowadzenia robót oraz monitoring prowadzonych prac. W końcowej części zamieszczono zdjęcia obrazujące przebieg realizacji prac.

Słowa kluczowe: likwidacja słupa, obciążenia konstrukcji, system P-70

WSTĘP

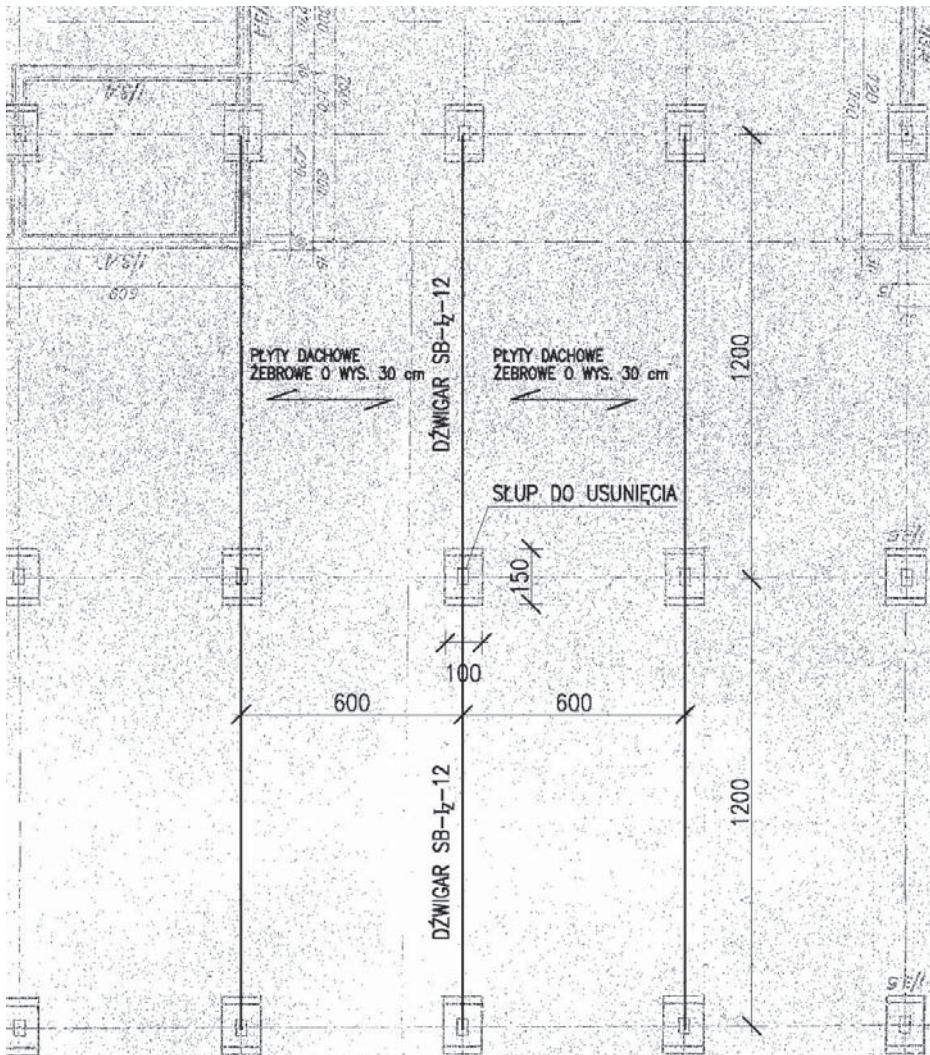
W pierwszej połowie lat siedemdziesiątych XX wieku (przed około 40 laty) w jednym z zakładów przetwórstwa spożywczego w Wielkopolsce wybudowano halę przemysłową, jednokondygnacyjną, czteronawową, o wymiarach 66 x 48 m. Hala wykonana została według typowego systemu konstrukcyjno-montażowego prefabrykowanych hal przemysłowych P-70. System P-70 został opracowany w Biurze Studiów i Projektów Typowych Budownictwa Przemysłowego BISTYP [Dąbrowski i in. 1976].

Słupy żelbetowe rozmieszczone zostały w kierunku długości hali co 6 m ($6 \times 11 = 66$ m), natomiast w kierunku szerokości co 12 m, tworząc cztery nawy ($4 \times 12 = 48$ m). Słupy żelbetowe o przekroju 30 x 40 cm osadzone zostały w stopach szklankowych (kielichowych) posadowionych na głębokości 1,20 m poniżej poziomu

Adres do korespondencji – Corresponding author: Wiesław Buczkowski, Anna Szymczak-Graczyk, Uniwersytet Przyrodniczy, Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska, Instytut Budownictwa i Geoinżynierii, ul. Piątkowska 94, 60-649 Poznań, e-mail: agraczyk@up.poznan.pl; ibig@up.poznan.pl

posadzki. Na słupach oparto dźwigi strunobetonowe, typowe, dwuspadowe, o rozpiętości 12 m ($l = 1196$ cm), o symbolu SB-I_z-12.

Przekrycie dachowe wykonano z płyt dachowych żebrowych wysokości 30 cm, opartych na dźwigarach strunobetonowych, o liniowo zmiennej wysokości prefabrykatu, z nadbetonem wypełniającym przestrzeń między opartymi na dźwigarach płytami żebrowymi. Na płytach dachowych wykonana została szlichta cementowa o grubości 1 cm, na której jako ocieplenie zastosowano 4-centymetrową warstwę płyt pilśniowych pokrytych 2-krotnie papą na lepiku. Wysokość hali, od posadzki do spodu dźwigarów strunobetonowych, wynosiła 5,40 m.

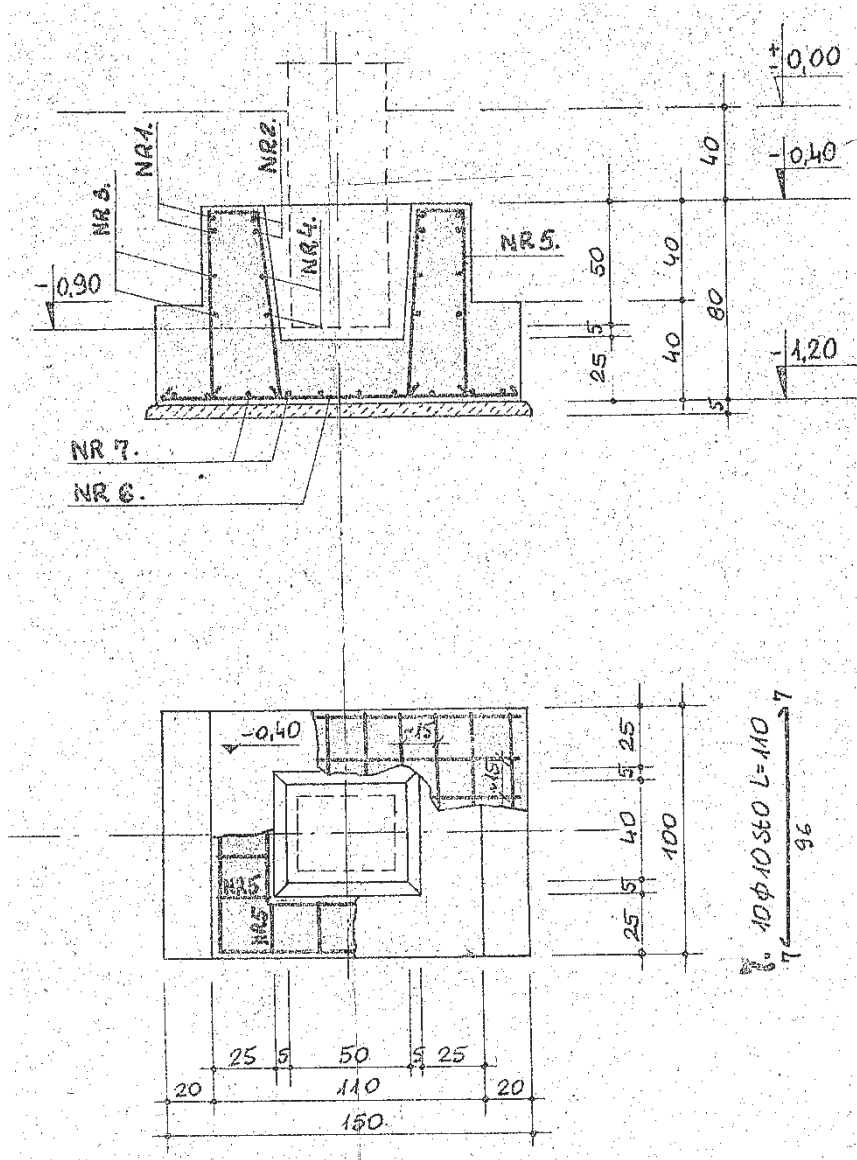


Rys. 1. Fragment rzutu poziomego hali

Fig. 1. The horizontal projection of the portion of the hall

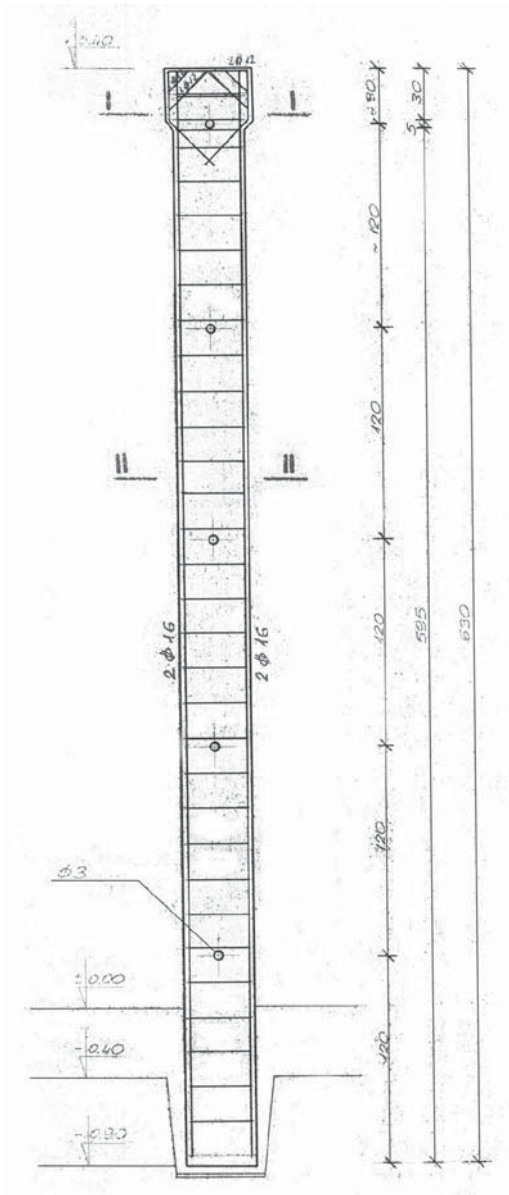
Na rysunkach 1–4 pokazano na kserokopiach wykonanych z dostępnej dokumentacji: fragment rzutu poziomego hali (rys. 1), stopę fundamentową pod słupem środkowym (rys. 2), słup środkowy (rys. 3) oraz dźwigar strunobetonowy SB-I₂-12 (rys. 4).

W hali o przedstawionej konstrukcji w związku z przejściem zakładu przez nowego właściciela i zmianami w technologii produkcji zaszła konieczność usunięcia jednego ze słupów w środkowej części hali.



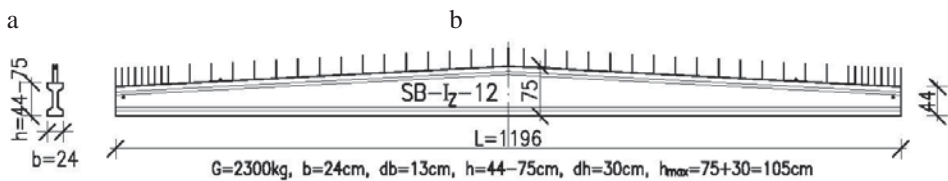
Rys. 2. Stopa fundamentowa pod słupem środkowym

Fig. 2. The foundation under the middle pillar



Rys. 3. Słup środkowy

Fig. 3. Middle column



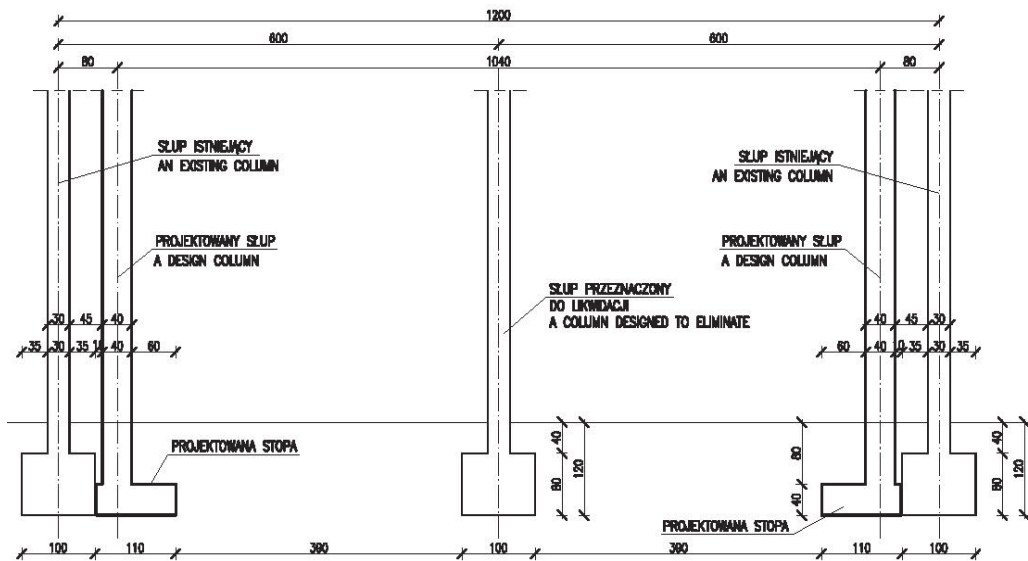
Rys. 4. Dźwigar strunobetonowy SB-I_z-12 [Kobiak i Stachurski 1979]: a – przekrój poprzeczny bez nadbetonu, b – schemat dźwigara

Fig. 4. Reinforced beam SB-I_z-12 [Kobiak and Stachurski 1979]: a – cross section without concrete, b – the schema of beam

METODYKA

Podstawowym założeniem było, aby po usunięciu słupa pomiędzy pozostałymi słupami pierwotnie rozstawionym co 6 m pozostała wolna przestrzeń o świetle 10 m i wysokości 3,3 m. Kolejnym założeniem było przyjęcie takiego rozwiązania i technologii realizacji prac, które zagwarantują wykonanie robót bez konieczności rozbierania na przykład fragmentu dachu oraz nie spowodują jakichkolwiek przemieszczeń pozostałych elementów konstrukcyjnych hali.

Biorąc powyższe pod uwagę, zdecydowano się na rozwiązanie polegające na tym, że przewidziano wykonanie dwóch nowych słupów wysokości 3,3 m powyżej posadzki w rozstawie zapewniającej prześwit 10 m, na których oparty będzie odpowiednio dobrany dźwigar stalowy, na którym w środku rozpiętości oparty zostanie górny, około 1,65-metrowy, odcinek usuwanego słupa. Fragment przekroju poprzecznego przedstawiającego stan istniejący i proponowane rozwiązanie pokazano na rysunku 5.



Rys. 5. Hala produkcyjna. Fragment przekroju pionowego – stan istniejący oraz proponowana lokalizacja nowych słupów

Fig. 5. Production hall. An excerpt of the vertical cross-section-the state of the existing and the proposed location of the new columns

OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE

Obliczenia statyczne wykonano na podstawie obciążeń wyznaczonych zgodnie z normami PN-82/B-02001 oraz PN-80/B-02010. Obciążenia przypadające na 1 m² dachu zestawiono w tabeli 1, natomiast obciążenia przypadające na 1 słup podano w tabeli 2.

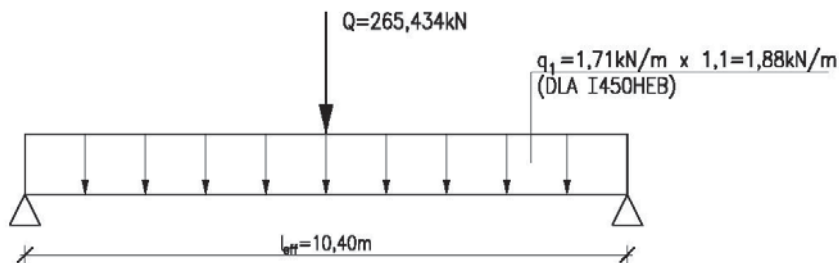
Tabela 1. Zebranie obciążeń przypadających na 1 m² dachu [kN·m⁻²]Table 1. Collect loads per 1 m² of roof [kN·m⁻²]

Rodzaj obciążenia Type of load	Obciążenie charakterystyczne Characteristic load	Współczynnik obciążenia Load factor	Obciążenie obliczeniowe Calculated load
Płyta żebrowa – Plate with beams (5,87 x 149 x 30, G = 1310 kG) 13,10 : (5,87 · 1,49)	1,498	1,1	1,648
Szlichta cementowa – A layer of cement 0,01 · 21,0	0,210	1,3	0,273
Płyta pilśniowa – Fiberboard 0,04 · 3,0	0,120	1,3	0,156
2 x papa na lepiku – 2 x tarpaper	0,100	1,3	0,130
Śnieg – Load of snow 0,7 · 0,8 · 1,2	0,672	1,4	0,941
Razem – A total of	$q_k = 2,600$	x	$q = 3,148$

Tabela 2. Zebranie obciążeń przypadających na 1 słup z powierzchni 6 x 12 m = 72 m² [kN]Table 2. Collect loads per 1 column from area 6 x 12 m = 72 m² [kN]

Rodzaj obciążenia Type of load	Obciążenie charakterystyczne Characteristic load	Współczynnik obciążenia Load factor	Obciążenie obliczeniowe Calculated load
Konstrukcja dachu – Roof constuction	$2,600 \cdot 72 =$ $= 187,200$		$3,148 \cdot 72 =$ $= 226,656$
Dźwigar SB-I _z -12 – Beam SB-I _z -12	23,000	1,1	25,300
Wypełnienie między płytami – Fill between the plates 0,13 · 0,30 · 12,0 · 24	11,232	1,2	13,478
Razem – A total of	$Q_k = 221,432$	x	$Q = 265,434$

Poniżej podano obliczenia dźwigara, który ma przejąć obciążenia z konstrukcji dachowej po likwidacji słupa (rys. 6).



Rys. 6. Schemat statyczny obliczanego dźwigara

Fig. 6. Static scheme calculated beam

Rozpiętość efektywna $l_{eff} = 10,40$ m

Maksymalny moment zginający

$$M_{\max} = M_{Ed} = \frac{Q \cdot l_{eff}}{4} + \frac{q_1 \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{265,434 \cdot 10,4}{4} + \frac{1,88 \cdot 10,4^2}{8} = 690,128 + \\ + 25,418 = 715,546 \text{ kNm}$$

Dla stali St3SX $f_d = 205$ MPa

Potrzebny wskaźnik wytrzymałości

$$W_x = \frac{M_{Ed}}{f_d} = \frac{715,546}{205\,000} = 3,490 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 3490 \text{ cm}^3$$

Przyjęto HEB 450 $\rightarrow W_x = 3550 \text{ cm}^2$, $J_x = 79\,890 \text{ cm}^4$, $g = 1,71 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$

Sprawdzenia ugięć:

– od ciężaru własnego

$$f_1 = \frac{5}{384} \frac{q \cdot l^4}{E \cdot J_x} = \frac{5}{384} \frac{1,71 \cdot 10,4^4}{205 \cdot 10^6 \cdot 79\,890 \cdot 10^{-8}} = 1,59 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,159 \text{ cm}$$

– od obciążenia siłą skupioną przekazywaną ze słupa

$$f_2 = \frac{Q_k \cdot l^3}{48 E J_x} = \frac{221,432 \cdot 10,4^3}{48 \cdot 205 \cdot 10^6 \cdot 79\,890 \cdot 10^{-8}} = 0,0317 \text{ m} = 3,17 \text{ cm}$$

Ugięcie całkowite

$$f = f_1 + f_2 = 0,159 + 3,17 = 3,33 \text{ cm}$$

Dopuszczalna strzałka ugięcia $f_{dop} = \frac{1}{250} \cdot 1040 = 4,16 \text{ cm}$

$$f = 3,33 \text{ cm} < f_{dop} = 4,16 \text{ m}$$

Obciążenie charakterystyczne przypadające na słup, gdy na dachu nie ma śniegu

$$Q_k = 221,432 - 0,672 \cdot 72 = 173,048 \text{ kN}$$

Przy likwidacji słupa pozostanie jego górna część o wysokości 1,65 m, która będzie oparta na projektowanym dźwigarze stalowym (HEB 450).

Ciężar fragmentu słupa wysokości 1,65 m

$$Q_s = 0,3 \cdot 0,4 \cdot 1,65 \cdot 25 = 4,950 \text{ kN}$$

Poniżej sprawdzono, o ile dźwigar obciążony konstrukcją dachu (bez śniegu) i fragmentem słupa powinien się ugiąć:

$$f = 0,159 + \frac{(173,048 + 4,950) \cdot 10,4^3}{48 \cdot 205 \cdot 10^6 \cdot 79\,890 \cdot 10^{-8}} = 0,159 + 2,547 = 2,71 \text{ cm}$$

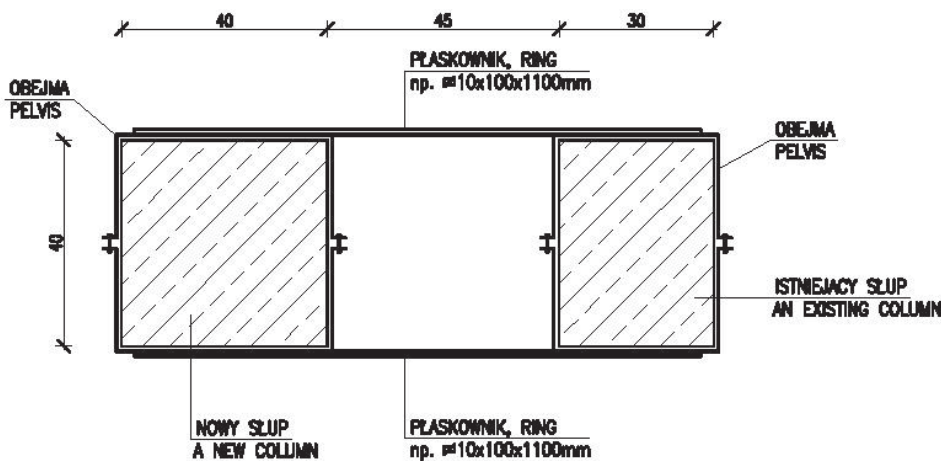
Pod nowo wykonywane słupy, na których oparty będzie dźwigar stalowy HEB 450, zaprojektowano stopy fundamentowe o wymiarach 0,80 x 1,10 x 0,40 m, zbrojone siatką z prętów ϕ 12 mm, w rozstawie co 20 cm, ze stali klasy A III. Przyjęte wymiary stóp gwarantowały przekazywanie naprężeń na grunt o identycznej wartości, jakie przekazują stopy pod istniejącymi słupami. Słupy zaprojektowano o przekroju kwadratowym 40 x 40 cm, zbrojone analogicznie jak słupy istniejące, a więc 4 ϕ 16 ze stali klasy A III. Strzemia przyjęto ϕ 6 co 20 cm, z tym że w stopie i w górnej części słupa rozstaw strzemiem zagęszczono do 10 cm.

TECHNOLOGIA I KOLEJNOŚĆ WYKONYWANIA ROBÓT

W celu zrealizowania przedstawionego zamierzenia należy:

1. Wykonać stopy fundamentowe o wymiarach 80 x 110 x 40 cm pod nowe projektowane słupy o przekroju 40 x 40 cm i wysokości sięgającej 3,3 m nad poziom posadzki. Stopy i słupy wykonać z betonu klasy C16/20 (B20), zbrojonego stalą żebrowaną klasy A III. Górę słupów zakończyć blachami o grubości 10 mm, z przyspawanymi wąsami, zabetonowanymi w słupie.

2. Nowo wykonane słupy połączyć w górnej części z istniejącymi słupami za pomocą płaskowników przyspawanych z dwóch stron słupa do uprzednio założonych obejm stalowych (rys. 7).



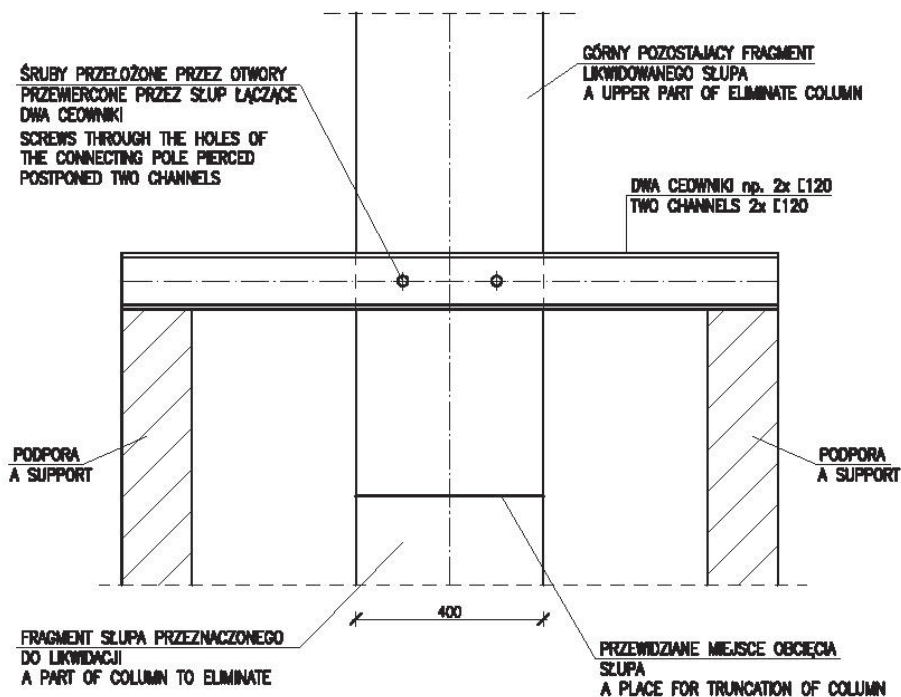
Rys. 7. Schemat połączenia nowo wykonanego słupa ze słupem istniejącym

Fig. 7. Connection the newly made a post with an existing column

3. Odpowiednio przygotować dźwigar stalowy HEB 450. W tym celu należy przyspawać żeberka usztywniające, a także zabezpieczające przed zwichrzeniem. Żeberka z blachy o grubości 15 mm wykonać w osiach podpór oraz w środku rozpiętości dźwigara. Również w środku rozpiętości dźwigara do jego górnej półki przyspawać blachę o wymiarach 34 x 44 cm, o grubości 10 mm. Blacha ta będzie stanowiła dół tzw. buta, w którym będzie osadzony górny koniec obciętego słupa. Tak przygotowany dźwigar ułożyć na posadzce w miejscu jego montażu, równoległe do rzędu istniejących słupów.

4. Zamontować podpory pod belkami strunobetonowymi SB-I_z-12 z obu stron słupa przeznaczonego do likwidacji. Podpory należy ustawić możliwie najbliżej istniejącego słupa, zostawiając tylko niezbędną przestrzeń do podniesienia dźwigara HEB 450. Najlepiej użyć podpór systemowych PERI (np. podpory wysokonożne HD 200). Na dole podpór zastosować odpowiednie podkłady drewniane, które rozłożą przekazywane obciążenie na większą powierzchnię.

5. Wykonać konstrukcję, która będzie podtrzymywała górny fragment likwidowanego słupa. W tym celu z dwóch stron słupa, po uprzednim wykonaniu otworów w słupie, przymocować ceowniki (np. [120), których końce można oprzeć na podporach HD 200, lub zastosować indywidualne podpory PERI (np. PEP 20). Szkic proponowanego rozwiązania pokazano na rysunku 8.



Rys. 8. Propozycja podtrzymania górnej części likwidowanego słupa po usunięciu jego dolnej części do chwili oparcia na dźwigarze HEB 450

Fig. 8. The proposal to maintain the upper part of the disposed of after removal of its lower part until the backrest on the gunwale HEB 450

6. Obciąć słup i usunąć jego dolny zbędny fragment.

7. Za pomocą dwóch wózków widłowych osadzić dźwigar (HEB 450) na uprzednio wykonanych słupach. Do blach osadzonych w głowicy słupa, z boku dźwigara HEB 450, przyspawać płaskowniki, które zabezpieczą dźwigar przed ewentualnym bocznym zsunięciem się z podpory. Do blachy uprzednio przyspawanej w środku rozpiętości dźwigara przyspawać ścianki boczne tzw. buta i „but” wypełnić zaprawą (np. Sika Grout 558 – dawniej Addiment VB55-5N). Po uzyskaniu odpowiedniej wytrzymałości zaprawy należy za pomocą podnośników hydraulicznych kolejno unosić końce dźwigara HEB 450 i podłożyć na podporach odpowiedniej grubości blachy, tak aby wymusić ugięcie dźwigara (przy braku śniegu na dachu) – około 2,7 cm.

8. Ostatnim etapem prowadzonych prac powinno być usunięcie wszystkich podpór. W trakcie prowadzonych prac należy kontrolować przemieszczenia (ugięcia) dźwigarów strunobetonowych oraz istniejącej konstrukcji dachowej dźwigara HEB 450.

PODSUMOWANIE

Opisane wyżej prace zostały pomyślnie zrealizowane. Na rysunkach 9–11 zamieszczono fotografie zrobione w trakcie realizacji prac. Pomiary wysokości za pomocą miernika laserowego (Leica DISTO) wykonano pierwotnie po zamontowaniu podpór podtrzymujących konstrukcję dachową, powtórnie – po obcięciu słupa i osadzeniu dźwigara HEB 450, a końcowy pomiar wykonano po przekazaniu obciążeń ze słupa na dźwigar HEB 450 (po usunięciu wszystkich podpór). Przeprowadzone pomiary nie wykazały żadnych przemieszczeń konstrukcji dachowej (dźwigarów strunobetonowych).



Rys. 9. Fragment hali wraz ze słupem przeznaczonym do likwidacji

Fig. 9. The fragment of hall with a column designed to liquidate



Rys. 10. Dźwigar HEB 450 osadzony na podporach

Fig. 10. Beam HEB 450 embedded on supports



Rys. 11. Widok wykonanej konstrukcji po zdemontowaniu podpór. Pomiędzy dźwigarem HEB 450 a pozostawionym dolnym odcinkiem słupa była wolna przestrzeń wysokości około 1 cm

Fig. 11. View of the construction carried out after removing the supports. Between the beam and the lower left column of the 450 HEB was a free space with a height of about 1 cm

PIŚMIENNICTWO

- Dąbrowski K., Stachurski W., Zieliński J.L., 1976. Konstrukcje betonowe. Arkady, Warszawa.
Kobiak J., Stachurski W., 1979. Konstrukcje żelbetowe. Część 2. Arkady, Warszawa.
PN-90/B-03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.
PN-82/B-02001 Obciążenia budowli. Obciążenia stałe.
PN-80/B-02010 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenie śniegiem.

ISSUES THAT OCCUR WITH LIQUIDATION OF PIPES IN THE PRODUCTION DESIGN OF THE REINFORCED CONCRETE BEAM OF P-70 SYSTEM

Abstract. In the work presented the concept and calculation for strength-associated with the need to remove a single column in a production, resulting from a change in technology. Reinforced concrete pillars were arranged at 6 m, and each pole there were a load of the two – bay of 12 m of lengths. Remove the pole is designed in a way that guarantee is not undermined mended. Assumed that the demolition will not cause the displacement of any existing structure. In addition to the calculation for strength of technology, and works carried out monitoring work. In the final part of the posted photos showing the course of the implementation of the work.

Key words: demolition of column, load of structure, P-70 system

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 5.06.2014