

Andrzej Ajdukiewicz

## ŻELBETOWE PRZEKRYCIA STROPCWE DUŻEJ ROZPIĘTOŚCI DLA BUDOWNICTWA HANDLOWEGO

**Streszczenie:** Referat przedstawia dwie koncepcje rozwiązań konstrukcji żelbetowych przekryć stropowych, dostosowanych do dużych obciążeń użytkowych ( $600$  do  $700 \text{ kg/m}^2$ ) i do znacznych rozpiętości między podporami (od  $9 \times 12 \text{ m}$  do  $12 \times 12 \text{ m}$ ). Rozwiązania te spełniają wymagania dla nowoczesnych, wielokondygnacyjnych domów towarowych.

### 1. Wstęp

Budownictwo dużych obiektów handlowych, w rodzaju wielokondygnacyjnych domów towarowych, stawia szereg wymagań elementom konstrukcyjnym. Główny wpływ ma tu konieczność uzyskania możliwie dużych rozstawów podpór we wnętrzu obiektu oraz duże obciążenie użytkowe stropów. W nowoczesnych domach towarowych o powierzchni handlowej jednej kondygnacji powyżej tysiąca  $\text{m}^2$  uznano dla warunków krajowych jako minimalne rozstawy podpór słupowych - siatki modularne  $9 \times 12 \text{ m}$  lub  $12 \times 12 \text{ m}$ . Jednocześnie normatywy dla tych obiektów przewidują obciążenia w salach sprzedażowych w wartości  $600 \text{ kg/m}^2$ , a w salach magazynowych  $700 \text{ kg/m}^2$ . Oprócz tych podstawowych czynników przy rozwiązywaniu konstrukcji stropów wymagane jest uwzględnienie następujących postulatów, charakterystycznych dla krajowego budownictwa handlowego:

- dostosowanie rozwiązań do wykonawstwa o różnym poziomie technicznym, z jednoczesnym umożliwieniem prefabrykacji konstrukcji;
- spełnienie ostrych wymogów ognioodporności konstrukcji (klasa C),

- możliwie pełna integracja konstrukcji przekryć z silnie rozbudowaną siecią instalacyjną, zwłaszcza wentylacyjną.

W aktualnych warunkach krajowych, w poszukiwaniach rozwiązań konstrukcji żelbetowych stropów dużej rozpiętości dla budownictwa handlowego, chcąc uwzględnić uprzemysłowienie tego budownictwa, napotyka się na dwa przeciwstawne problemy:

- 1<sup>o</sup> - naturalną drogą uprzemysłowienia, przy eliminacji procesów sezonowych i szczególnie pracochłonnych, jest prefabrykacja elementów konstrukcji;
- 2<sup>o</sup> - konstrukcje stropowe silnie obciążone, o dużych rozstawach podpór w obydwu kierunkach, prowadzą do występowania elementów wielkometrycznych, ciężkich, których transport i montaż jest utrudniony i nieekonomiczny.

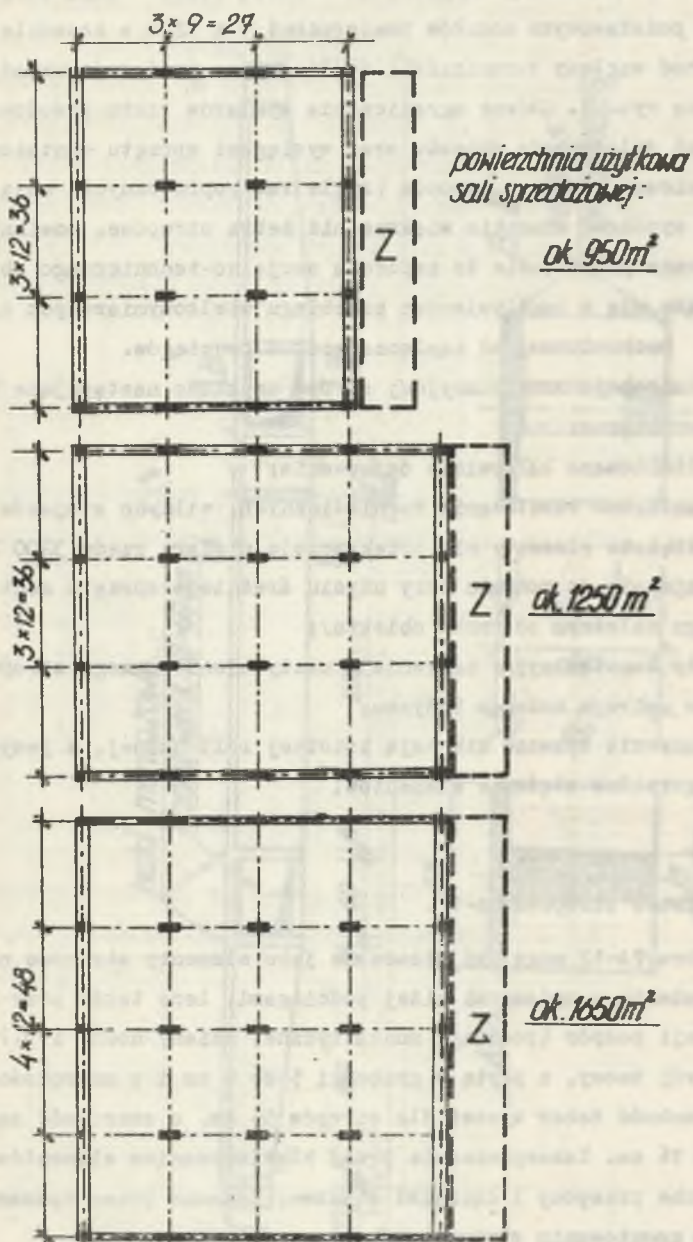
Adaptacja istniejących rozwiązań przekryć typowych, polegająca na zwiększeniu rozpiętości, prowadzi do poważnego wzrostu ciężaru elementów, najczęściej bez realnych możliwości ich montażu. Dokonywane ostatnio próby rozwiązań systemowych budownictwa handlowego, w rodzaju tzw. systemu T nie spełniają wymagań dla domów towarowych w aspekcie zwiększonych rozpiętości przekryć niezależnie od innych poważnych zarzutów stawianych tym rozwiązaniom.

Złożony charakter zagadnień, przy niezadowolających wynikach dotychczasowych prób rozwiązań prowadzonych przez jednostki projektowe, był powodem podjęcia w Instytucie Konstrukcji Budowlanych Politechniki Śląskiej kompleksowej pracy studialnej na zlecenie Związku Spółdzielni Spożywców. W pierwszej fazie pracy ograniczono się do rozwiązań przekryć żelbetowych, niesprężonych, z których dwie opracowywane w fazie technicznej koncepcje przedstawiono poniżej.

## 2. Strop prefabrykowany "SPOŁEM"

### 2.1. Charakterystyka koncepcji

Strop przewidziano dla siatki podpór słupowych 9 x 12 m, przy założeniu, że główne elementy nośne - rozpory ram szkieletu - mają rozpię-



Rys. 1. Przykłady rzutów kondygnacji domów towarowych z zastosowaniem siatki podpór 9 x 12 m

tość 9 m, a elementy drugorzędne - żebra teowe - mają rozpiętość 12 m. Ilość podstawowych modułów powierzchni 9 x 12 m w zasadzie jest dowolna, choć względy techniczne i realizacyjne preferują układy rzutów podane na rys. 1. Główne ograniczenia wymiarów rzutu powodowane są wymaganiami dylatowania obiektu oraz wysięgami sprzętu montażowego.

Ponieważ podciągi stropów (rygle ram poprzecznych, mają z konieczności wysokość znacznie większą niż żebra stropowe, powinny być one ułożone prostopadle do zaplecza socjalno-technicznego obiektu. Reguła ta wiąże się z umożliwieniem przebiegu wielkowymiarowych kanałów wentylacji mechanicznej od zaplecza wzdłuż podciągów.

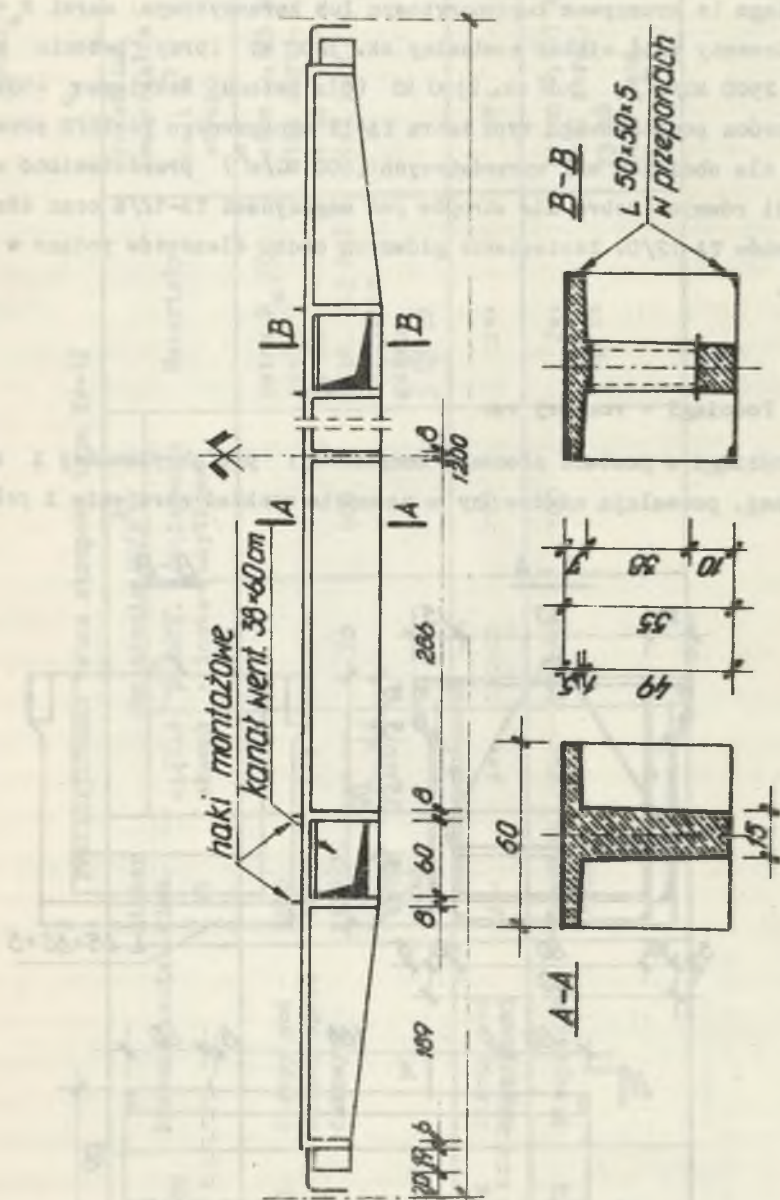
W koncepcji konstrukcyjnej stropu uzyskano następujące korzystne cechy techniczne:

- wyeliminowano całkowicie deskowania;
- ograniczono rusztowania do nielicznych, silnych stojaków (stalowych);
- najcięższe elementy nie przekraczają ciężaru rzędu 3200 kg, a zatem nadają się do montażu przy użyciu średniego sprzętu montażowego (o wysięgu zależnym od rzutu obiektu);
- węzły konstrukcyjne zapewniają usztywnienie samego stropu, a także całego ustroju nośnego budynku;
- połączenia spawane nie mają istotnej roli nośnej, a jedynie stanowią drugorzędne stężenie elementów;

## 2.2. Żebra stropowe TA-12.

Żebra TA-12 mogą być stosowane jako elementy stropowe nie tylko w zestawieniu z opisanymi niżej podciągami, lecz także przy dowolnej konstrukcji podpór (podciągi monolityczne, ściany nośne itp.), żebra mają przekrój teowy, z płytą o grubości 5 do 6 cm i o szerokości 60 cm. Łączna wysokość żeber wynosi dla stropów 55 cm, a szerokość samego żeberka 15 do 16 cm. Zabezpieczenie przed klawiszowaniem elementów stanowią poprzeczne przepony i łączniki stalowe, łączone przez spawanie po całkowitym zmontowaniu stropu (rys. 2).

W projekcie uwzględniono możliwość perforacji żeber dla uzyskania kanałów wentylacyjnych w obrębie wysokości stropów.



Rys. 2. Prefabrykowane żebro stropowe typu TA-12

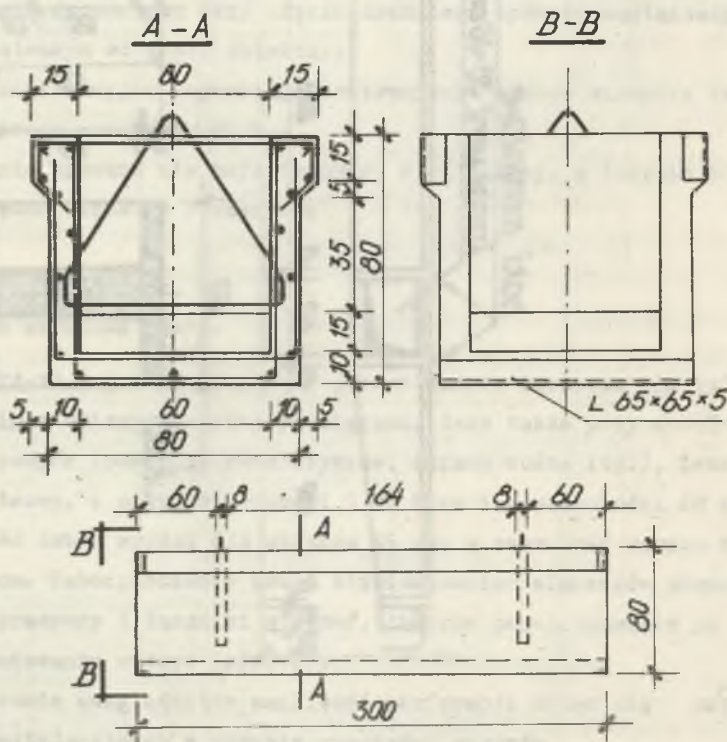
Żebra zaprojektowano jako żelbetowe, z betonu zwykłego lub z betonu lekkiego (z kruszywem łupkoporytowym lub keramzytowym; marki  $R_w = 200$ .

Elementy mają ciężar nominalny ok. 3200 kg (przy betonie zwykłym  $\gamma_0 = 2500 \text{ kg/m}^3$ ) lub ok. 2300 kg (dla betonu lekkiego  $\gamma_0 = 1800 \text{ kg/m}^3$ )

Oprócz podstawowego typu żebra TA-12 oznaczonego TA-12/S przewidziano dla obciążeń sal sprzedażowych ( $600 \text{ kg/m}^2$ ) przedstawiono w koncepcji również żebra dla stropów pod magazynami TA-12/M oraz dla stropodachów TA-12/D. Zestawienie głównych cech elementów podano w tablicy 1.

### 2.3. Podciąg - rozpory ram

Podciąg w postaci złożonej konstrukcji prefabrykowanej i monolitycznej, pozwalają na dowolny w zasadzie rozkład zbrojenia i pełne po-



Rys. 3. Element prefabrykowany typu PA

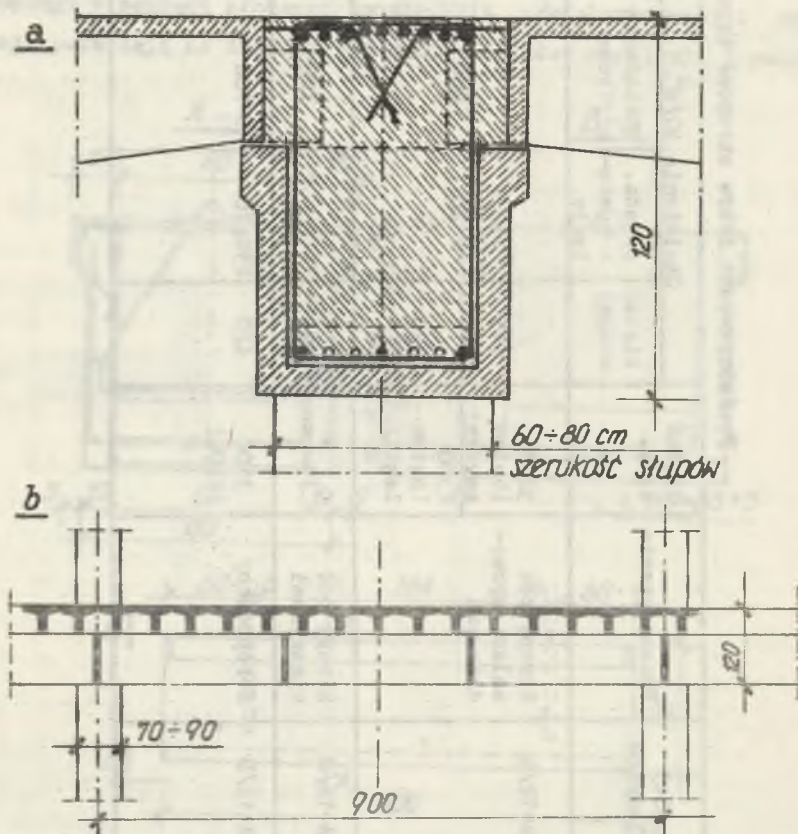
Tablica 1

Prefabrykowane żebra stropowe typu TA-12

| Symbol elementu | Przeznaczenie                   | Ciężar elem. KG     | Obciążenia KG/m <sup>2</sup> |                      |                     | Materiały   | Wskaźniki materiałów na 1 m <sup>2</sup> stropu                    |
|-----------------|---------------------------------|---------------------|------------------------------|----------------------|---------------------|---|--|
|                 |                                 |                     | ciężar własny                | posadz. + instalacje | obciążenie użytkowe |   |  |
| TA-12/S         | Stropy pod salami sprężadżowymi | 3200 (beton zwykły) | 445                          | 110 +                |                     | beton R <sub>w</sub> 200<br>stal<br>34 GS<br>(StO, St3 SX)<br>zbrojenie główne<br>3 $\Phi$ 22 | beton 0,176 m <sup>3</sup><br>stal zbroj. 34 KG<br>stal prof. 4 KG |
|                 |                                 | 2300 (beton lekki)  | 320                          | + 20                 | 600                 |   |  |
| TA-12/M         | Stropy pod magazynami           | Jw.                 | Jw.                          | 140+20               | 700                 | Jw.   | Jw.  |
| TA-12/D         | Stropodachy                     | 3100 (2200)         | 420                          | 250+20               | 100                 | Jw.<br>2 $\Phi$ 22  | beton 0,167 m <sup>3</sup><br>stal zbroj. 25 KG<br>stal prof. 4 KG |

wiązanie ze słupami w ustroju ramowe oraz zapewniają prawidłowe oparcie żeber TA-12 w fazie montażowej i eksploatacyjnej.

Prefabrykowaną część podciągów stanowią segmenty PA w rodzaju koryt o długości 3,0 m, szerokość 80 cm i wysokości także 80 cm, pozwalającej na uzyskanie łącznej wysokości podciągów 120 cm (rys. 3). Segmenty te, zestawione na stojakach stalowych i połączone montażowo przez spawanie łączników krawędziowych, stanowią w fazie montażowej podparcie żeber stropowych. Po całkowitym ułożeniu żeber na korytach podciagu dokonuje się ułożenia betonu wewnątrz koryt, dopełniającego konstrukcję podciagu (rys. 4a). W celu umożliwienia połączenia podciagu ze słupem, zwłaszcza gdy istotne jest zapewnienie sztywnego węzła ramowego, segmenty przysłupowe wymagają wykroju w dolnej płycie (rys. 4b).



Rys. 4. Przekrój podciagu z elementami PA (a, oraz przekrój stropu (b)



## 2.4. Technologia montażu stropu "SPOŁEM"

Zastosowanie oprócz żeber typu TA prefabrykatów korytowych typu PA- stanowiących podparcie żeber, a zarazem rodzaj deskowania rozpór lub podciągów - narzuca dość ściśle cykle procesu technologicznego, przedstawione schematycznie na rys. 5. Cykl wykonania konstrukcji jednej kondygnacji handlowego domu towarowego obejmuje następujące fazy:

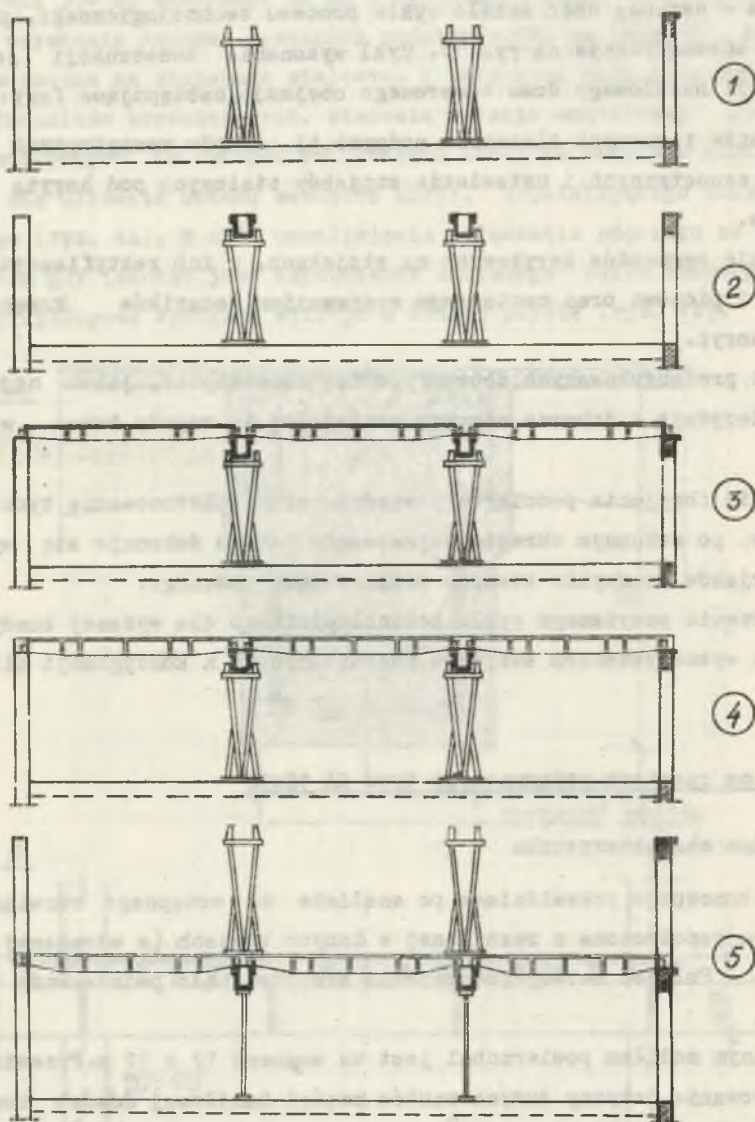
1. Wykonanie pionowych elementów nośnych, tj. słupów wewnętrznych oraz ścian zewnętrznych i ustawienie stojaków stalowych pod koryta podciągów.
2. Ułożenie segmentów korytowych na stojakach, z ich rektyfikacją poziomą i pionową oraz montażowym zespawaniem łączników krawędziowych koryt.
3. Montaż prefabrykowanych żeber typu TA: elementy te, jako najcięższe, decydują o doborze maszyny montażowej (z reguły żuraw wieżowy).
4. Ułożenie zbrojenia podciągów i wieńców oraz zabetonowanie tych elementów, po wstępnym okresie dojrzwania betonu dokonuje się wymianny stojaków na zwykłe stemple podpierające podciągi.
5. Powtórzenie powyższego cyklu technologicznego dla wyższej kondygnacji, z wykorzystaniem stojaków przeniesionych z kondygnacji niższej.

## 3. Strop na rusztach podnoszonych typu RA-12x12

### 3.1. Ogólna charakterystyka

Druga koncepcja przewidziana po analizie do wstępnego rozwiązania została tu zapożyczona z rozwijanej w innych krajach (a wdrażanej obecnie także w Polsce) metody podnoszenia stropów, bądź podnoszenia kondygnacji.

Powtarzalnym modułem powierzchni jest tu segment 12 x 12 m. Przewidywane zastosowanie dotyczy dużych rzutów części handlowej domów towarowych, np. 36 x 36 m (ok. 1250 m<sup>2</sup>) lub 48 x 48 m (ok. 2200 m<sup>2</sup> powierzchni kondygnacji handlowej).



Rys. 5. Schemat technologii realizacji stropu "SPOLEM"

Zasadą rozwiązania jest wykonanie podstawowej konstrukcji przekrycia w postaci bezpłytkowego rusztu o rzucie 12 x 12 m na poziomie posadzki najniższej kondygnacji i następnie podniesienie rusztu na żadaną wysokość. Podnoszenie rusztu odbywa się za pomocą wcześniej zamontowanych w fundamentach słupów szkieletu budynku i wciągarek linowych mocowanych do tych słupów. Ruszty kolejnych kondygnacji wykonywane są w warstwach na dolnym poziomie.

Rozwiązanie charakteryzuje się następującymi głównymi cechami:

- przestrzenną pracą ustroju;
- jednakową wysokością konstrukcyjną stropu, bez wystających podciągów
- eliminacją ciężkiego sprzętu montażowego przy zachowaniu głównych cech prefabrykacji (ograniczenie deskowań, zupełna eliminacja rusztowań).

### 3.2. Zasady konstrukcyjne i technologiczne

Ruszt bezpłytkowy typu RA-12 x 12 (rys. 6) przystosowany jest do kwadratowej siatki podpór słupowych rozstawionych co 12 m. Smukłe żebra rusztu o szerokości 15 do 16 cm i wysokości 70 lub 80 cm krzyżują się wzdłuż osi regularnej siatki 1,50 x 1,50 m. Skrajne żebra obwodowe rusztu mają przekrój wzmocniony, a także wydatnie umocnione są pola przyporowe, ze względu na koncentrację sił poprzecznych. Pod względem materiałowym przewiduje się w pierwszym etapie zastosowanie betonu  $R_w = 200$  i stali 34GS. W przyszłości niewątpliwie celowe będzie wprowadzenie dwukierunkowego sprzężenia.

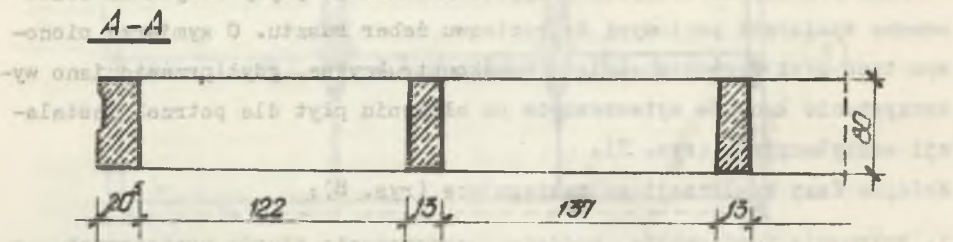
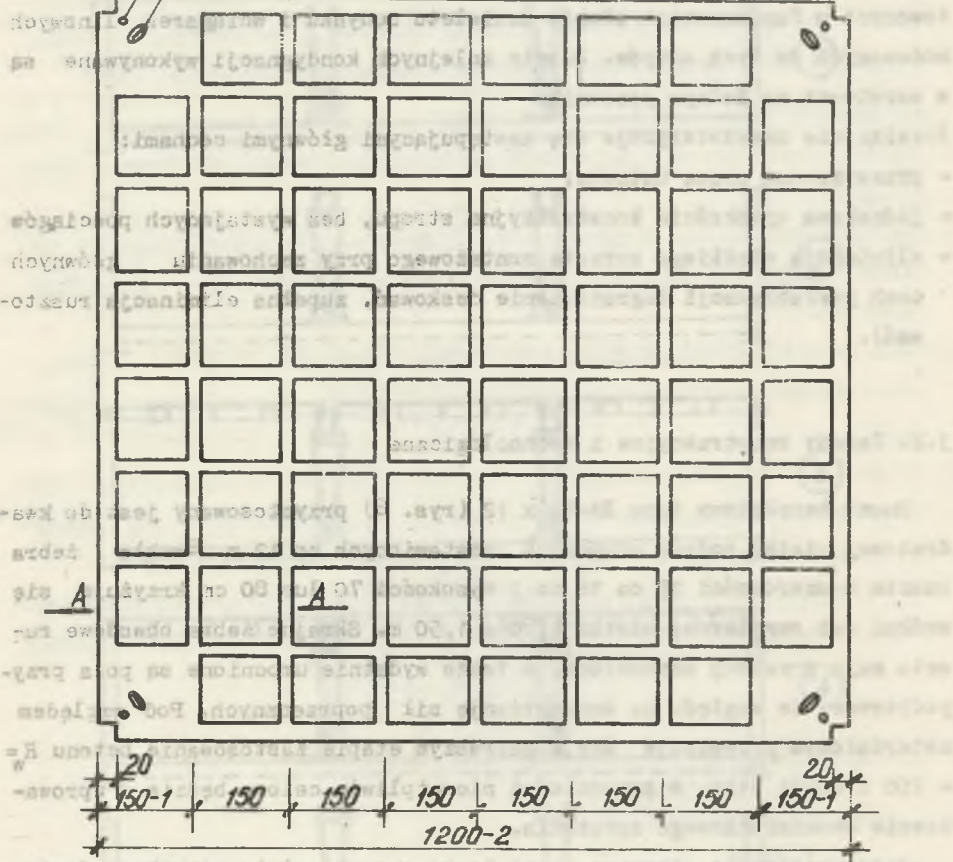
Jako przekrycie stropowe przyjęto na ruszcie płyty korytkowe dostosowane wymiarami poziomymi do rozstawu żeber rusztu. O wymiarze pionowym tych płyt decydują względy pozakonstrukcyjne, gdyż przewidziano wykorzystanie kanałów wytworzonych po ułożeniu płyt dla potrzeb instalacji wentylacyjnej (rys. 7).

Kolejne fazy realizacji są następujące (rys. 8):

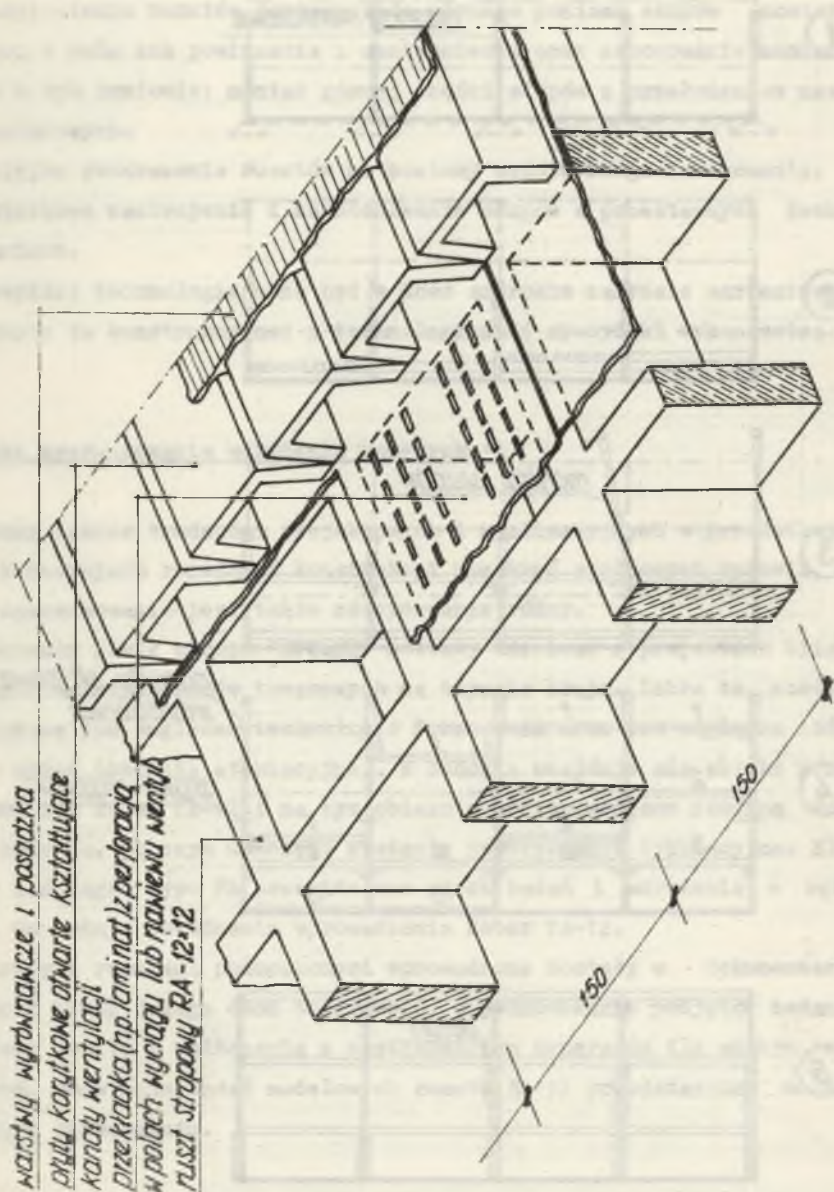
1. Wykonanie fundamentów, podłoża i zamocowanie słupów montażowych o wysokości rzędu 1,5 wysokości kondygnacji, z montażowymi nasadami wyposażonymi w zblocze linowe.

...zobacz...

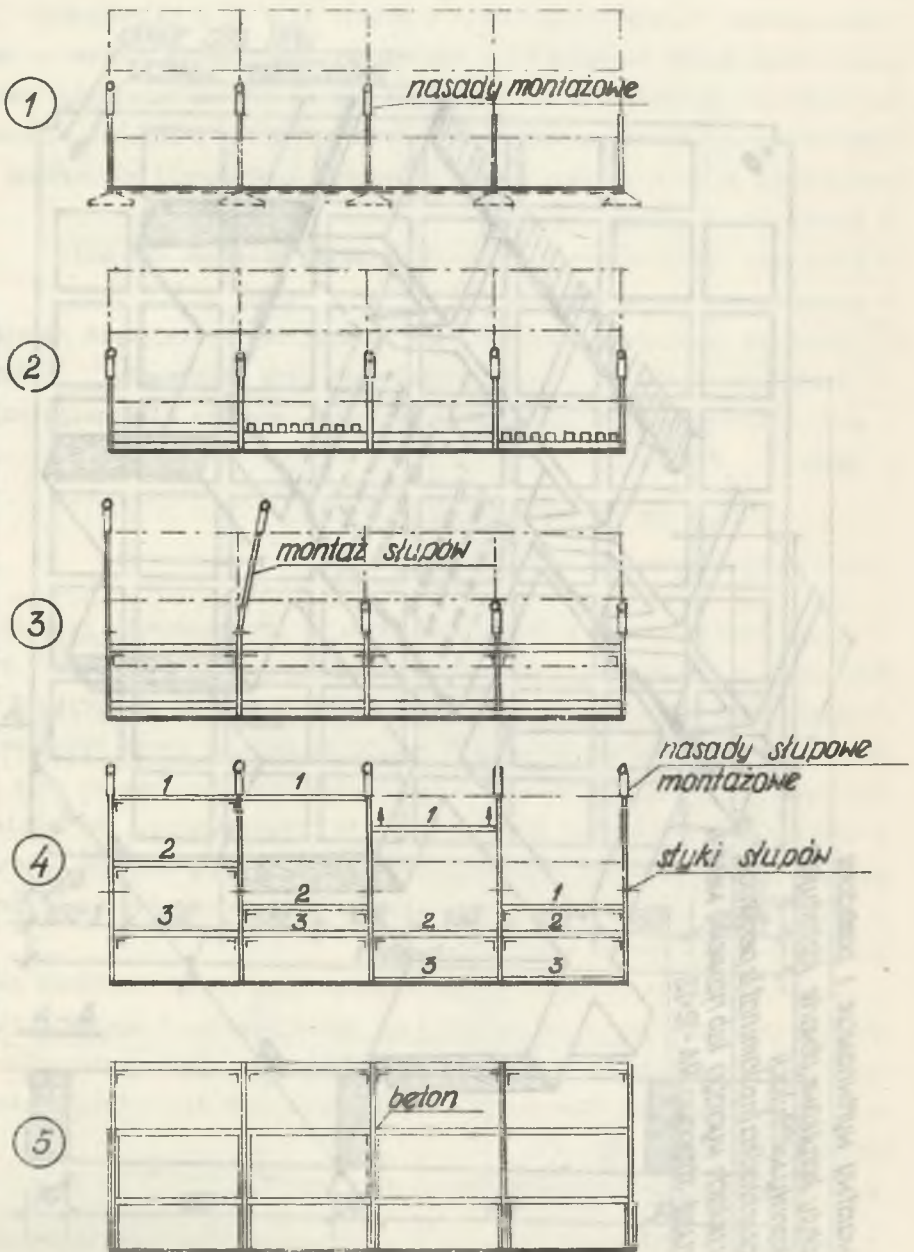
twór dla linu  
uchwyt montażowy



Rys. 6. Ruszt bezpłytkowy podparty narożach typu RA-12x12



Rys. 7. Schemat konstrukcji stropu na ruszcie RA-12x12



Rys. 8. Schemat technologii montażu 3-kondygnacyjnego budynku z podnoszonymi rusztami stropowymi

2. Wykonanie rusztów w warstwach, z zastosowaniem kształtek formujących oraz przekładek pionowych i poziomych.
3. Podniesienie rusztów dachowych do górnego poziomu słupów montażowych w celu ich powiązania i usztywnienia oraz zamocowanie montażowe w tym poziomie; montaż górnej części słupów z przełożeniem nasad montażowych.
4. Kolejne podnoszenie rusztów na poziomy ostatecznego zamocowania.
5. Dodatkowe zazbrojenie i zabetonowanie słupów w przestawnych deskowaniach.

Powyższa technologia może być w dość szerokim zakresie wariantowana stosownie do konstrukcyjnej i technologicznej specyfiki wykonawstwa.

#### 4. Stan zaawansowania wdrożenia konstrukcji

Różny zakres trudności projektowych i realizacyjnych w przedstawionych koncepcjach rozwiązań konstrukcji przekryć stropowych sprawia, że stan zaawansowania jest także zdecydowanie różny.

Elementy TA-12 stropu "SPOŁEM" zostały wdrożone w projektach blisko 10 spółdzielczych domów towarowych na terenie kraju. Żebra te zostały przebadane pod względem technologii formowania oraz pod względem nośności i ugięć (badania atestacyjne). W budowie znajduje się obiekt z zastosowaniem żeber TA-12 i na tym obiekcie przeprowadzone zostaną końcowe badania, po czym wszczęte zostanie postępowanie typizacyjne. Elementy podciągów typu PA przewidziane są do badań i wdrożenia w roku 1973, po pełnym powodzeniu wprowadzenia żeber TA-12.

Stropy z rusztami podnoszonymi wprowadzone zostały w dokumentacji wstępnej (ZTE) dużego domu towarowego, a jednocześnie podjęto badania modelowe rusztu i obliczenia z zastosowaniem programów dla maszyn cyfrowych. Omówienie badań modelowych rusztu RA-12 przedstawiono w oddzielnym opracowaniu.

## ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ БОЛЬШОГО ПРОЛЁТА ДЛЯ ТОРГОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

### Резюме

Статья представляет два проекта решения конструкции железобетонных перекрытий применённых к большим полезным нагрузкам ( $600$  к  $700$  кг/м<sup>2</sup>) и к большим пролётам между подпорами (от  $9 \times 12$  м к  $12 \times 12$  м). Эти решения исполняют требования, выдвигаемые современным многоэтажным торговым зданиям.

## REINFORCED CONCRETE CEILINGS OF A GREAT SPAN BETWEEN SUPPORTS FOR TRADE BUILDING

### Summary

The paper presents two concepts of reinforced concrete floors adapted to intensive live loads ( $600$  to  $700$  kg/m<sup>2</sup>) and to large spans between supports (from  $9 \times 12$  m to  $12 \times 12$  m). These concepts comply with requirements of modern multi-story department stores.