

Włodzimierz Starosolski, Adam Zybura

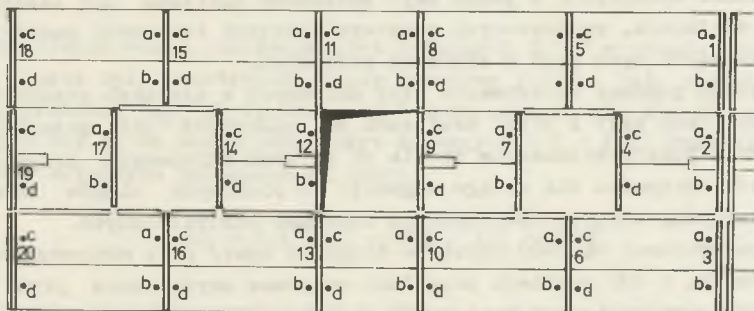
DOKŁADNOŚĆ MONTAŻU PREFABRYKOWANYCH WIELKOPŁYTOWYCH
BUDYNKÓW MIESZKALNYCH WZNO SZONYCH PRZEZ BUDOWLANY
KOMBINAT PRODUKCYJNO-MONTAŻOWY

Streszczenie. W pracy przedstawiono efekty badań dokładności monta-
żu prefabrykowanego, wielkopłytowego 11-kondygnacyjnego budynku
systemu IW 66/P2.

W budynkach mieszkalnych wznoszonych metodami przemysłowymi wystę-
puje szereg nieprawidłowości wykonawczych (por. [2, 3, 7]). Stan taki no-
towany jest pomimo dość ostrych wymogów w zakresie dokładności prac rea-
lizacyjnych (np. [1, 5, 6]). W latach 1973-1975 w Instytucie Konstrukcji
Budowlanych Politechniki Śląskiej podjęto próbę określania dokładności monta-
żu prefabrykowanych budynków wielkopłytowych z uwzględnieniem dokła-
dności wykonania elementów składowych. Zarówno realizacja budynków jak i
produkcja prefabrykatów odbywała się w ramach jednego kombinatu produk-
cyjno-montażowego. W pracy przedstawiono efekty badań dokładności monta-
żu budynku wielkopłytowego, wznoszonego na Osiedlu 700-lecia w Żorach w okre-
sie od stycznia do czerwca 1974 r.

1. Zakres pomiarów

Pomiary niedokładności montażu przeprowadzono w jednym skrajnym seg-
mencie 11-kondygnacyjnego budynku systemu IW66/P2, dla którego układ płyt
ścian nośnych i płyt stropowych przedstawiono na rys. 1. Budynek wznoszo-



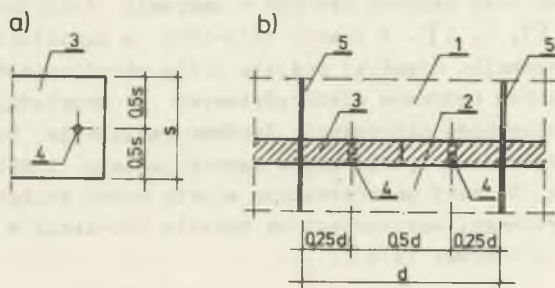
Rys. 1. Układ płyt ścian nośnych i płyt stropowych w skrajnym segmencie
budynku. Punktami zaznaczono miejsca pomiarów

ny był metodą montażu swobodnego według krawędzi prefabrykatów - por. [2, 9].

Błędy montażowe określono dla wszystkich płyt ścian nośnych oraz wszystkich płyt stropowych w danym segmencie na podstawie następujących pomiarów:

- długości oparcia płyt stropowych na ścianach nośnych,
- wzajemnego usytuowania płyt ścian nośnych w złączach poziomych,
- wielkości wychylenia z pionu płyt ściennych,
- nawiązania miejscowych pomiarów usytuowania płyt ściennych w złączach poziomych i wychylenia tych płyt do teoretycznych pionowych osi.

Pomiary długości oparcia płyt stropowych na ścianach nośnych przeprowadzono w jednym miejscu dla każdej krawędzi płyty stropowej, opartej na ścianie. Punkt pomiarowy umiejscowiono w środku szerokości danej płyty - rys. 2a. Wzajemne usytuowanie płyt ścian nośnych w złączach poziomych określono dla każdej płyty w dwóch miejscach odległych od pionowych krawędzi o odcinek równy $0,25$ długości płyty - rys. 2b.



Rys. 2. Usytuowanie miejsc pomiarowych

a) przy określaniu długości oparcia płyt stropowych na ścianach, b) przy wyznaczaniu wzajemnych przesunięć ścian nośnych w złączach poziomych;

1 - płyta ścienna nad stropem, 2 - płyta ścienna pod stropem, 3 - płyta stropowa, 4 - otwór w płycie stropowej, 5 - złącze pionowe płyt ściennych

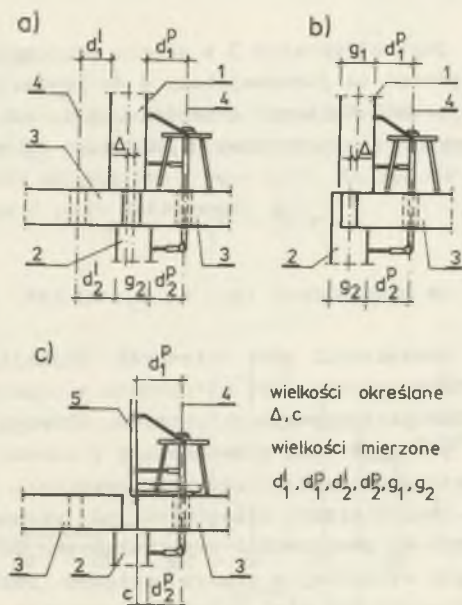
Wielkości wychylenia z pionu płyt ściennych mierzono dla każdej płyty w dwóch miejscach, wyznaczonych pionowymi liniami łączącymi punkty pomiarów usytuowania tych płyt w złączach poziomych.

Miejscowe pomiary usytuowania płyt ściennych w złączach poziomych oraz wychylenia tych płyt z pionu nawiązano do pionowych osi przechodzących przez stałe punkty zaznaczone trwale na płytach stropowych przyziemia. W ten sposób otrzymano dla całego segmentu 40 pionowych ciągów ustawienia płyt ściennych, będących podstawą do rozważań statystycznych.

Ogółem wykonano ok. 600 pomiarów długości oparcia płyt stropowych na ścianach nośnych, w 400 punktach określono wzajemne usytuowanie płyt ściennych w złączach poziomych oraz w 440 miejscach pomierzono wielkości wychylenia płyt ściennych z pionu.

2. Przebieg pomiarów

Wzajemne usytuowanie prefabrykatów ściennych w poziomych złączach określono w oparciu o pomiar odległości odpowiednich krawędzi od pionowej bazy, przechodzącej przez otwory w stropach - rys. 3 [4].



Rys. 3. Sposób pomiarów usytuowania prefabrykatów w poziomych złączach budynków

a) określenie wzajemnego przesunięcia płyt ściennych dla ścian wewnętrznych, b) określenie wzajemnego przesunięcia płyt ściennych dla ścian szczytowych, c) określenie długości oparcia płyty stropowej;

1 - płyta ścienna nad stropem, 2 - płyta ścienna pod stropem, 3 - płyty stropowe z otworami technologicznymi, 4 - pionowa baza wyznaczana trzonem instrumentu pomiarowego, 5 - element przedłużający krawędź płyty stropowej w złączu poziomym

Pełne odwzorowanie położenia płyt ściennych 1 i 2 w złączu poziomym, w którym oparte były obustronnie płyty stropowe 3 (rys. 3a), przeprowadzono mierząc grubości g_2 płyty ściennej 2 oraz odległości d_1^1 , d_1^p , d_2^1 , d_2^p od pionowych baz 4, do powierzchni płyt ściennych 1 i 2 [4]. Przesunięcie osi tych płyt ściennych obliczono wg wzoru:

$$\Delta p = 0,5 \left[(d_1^p - d_2^p) - (d_1^1 - d_2^1) \right].$$

Położenie płyt ściennych 1 i 2 w złączu poziomym, w którym oparte były jednostronnie płyty stropowe 3 (rys. 3b), określono mierząc grubości g_1

i g_2 płyt ściennych 1 i 2 oraz odległości d_1^p , d_2^p od pionowej bazy 4 do powierzchni płyt ściennych 1 i 2 [4]. Przesunięcie osi tych płyt obliczono wg wzoru:

$$\Delta_p = (d_1^p - d_2^p) - 0,5 (g_2 - g_1).$$

Długość oparcia c płyt stropowych 3 w złączu poziomym (rys. 3c) wyznaczono, mierząc odległości od pionowej bazy 4 do powierzchni płyt ściennych 2 i do elementu 5 przedłużającego krawędzie płyt stropowych 3 w tym złączu [4]. Długość oparcia płyt stropowych obliczono wg wzoru:

$$c = d_1^p - d_2^p$$

Grubość płyt ściennych na krawędziach (g_1 i g_2 wg rys. 3) mierzono suwmiarką (por. [4]).

Wzajemne odległości powierzchni płyt ściennych stykających się w złączu poziomym oraz długości oparcia płyt stropowych w złączu (d_1^+ , d_1^p , d_2^l , d_2^p wg rys. 3) wyznaczono prototypowym przyrządem. Głównym elementem przyrządu jest ustawiany w pionie trzon, przechodzący w czasie pomiaru przez otwór w stropie oraz przymocowane do niego dwie suwmiarki działające samoczynnie. Suwmiarkami tymi mierzono odległości od pionowej bazy wyznaczonej trzonem urządzenia do powierzchni płyt ściennych lub elementu przedłużającego krawędź płyty stropowej w złączu poziomym. Dokładność pomiaru wzajemnych odległości powierzchni płyt ściennych wynosiła 0,5 mm, natomiast długości oparcia płyt stropowych 1 mm - por. [4].

Wychylenie z pionu prefabrykatów ściennych określano prototypowym przyrządem składającym się z przykładanego do płyty elementu o długości 1000 mm oraz przymocowanej do niego przegubowo libeli rurkowej podparte typową śrubą mikrometryczną. Odchyłkę jednej poziomej krawędzi płyty ściennej od pionowej płaszczyzny przechodzącej przez drugą poziomą krawędź tej płyty wyznaczono na podstawie odczytu wykonanego na korpusie śruby mikrometrycznej, przy poziomym ustawieniu libeli przyrządu. Dokładność pomiaru wynosiła 0,2 mm na bazie o długości 1000 mm - por. [4].

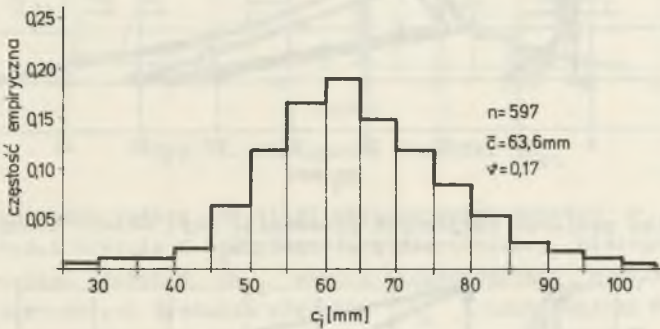
W celu wyeliminowania błędów przypadkowych, w każdym miejscu wykonano trzy niezależne pomiary potrzebnych wielkości i na ich podstawie obliczono średnią wartość arytmetyczną, stanowiącą miarodajny wynik pomiaru.

Wyniki pomiarów usytuowania płyt ściennych w złączach poziomych i wychylenia tych płyt z pionu zestawiono, otrzymując pionowe ciągi ustawienia płyt ściennych. Ponieważ ciągi te uzyskano drogą sumowania pomierzonych wielkości, więc zabezpieczając się przed sumowaniem błędów pomiarów, nawiązano je do wytyczonych osi pionowych. Ustalono pionową płaszczyznę porównawczą wyznaczoną dla każdej ściany dwoma pionami (struna z obciążnikiem), przechodzącymi przez całą wysokość budynku. Od płaszczyzny tej

mierzono odległości powierzchni płyt ściennych w 4 punktach, leżących w równych odległościach od siebie, na całej długości ciągu. Różnice uzyskane między pomiarem bezpośrednim a wynikiem sumowania pomiarów lokalnych wyrównano poprzez korektę pomierzonych wcześniej i obciążonych największym błędem pomiaru wartości wychyleń płyt ściennych z pionu.

3. Wyniki pomiarów

Na podstawie dokonanych pomiarów dla $n = 597$ wyników obliczono średnią wartość długości oparcia płyt stropowych na ścianach nośnych $c = 63,6$ mm, przy wskaźniku zmienności $\nu = 0,17$. Na rys. 4 przedstawiono histogram długości oparcia płyt stropowych c_1 .

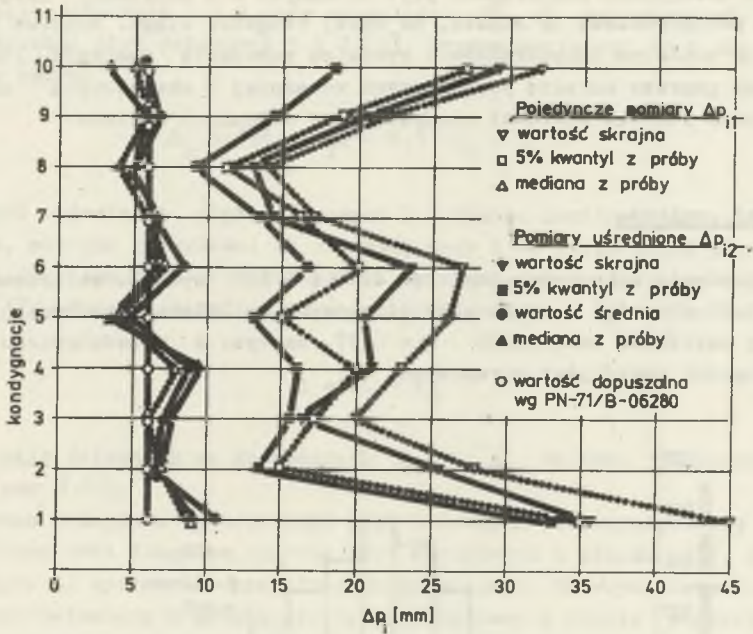


rys. 4. Histogram długości oparcia płyt stropowych na ścianach nośnych c_1

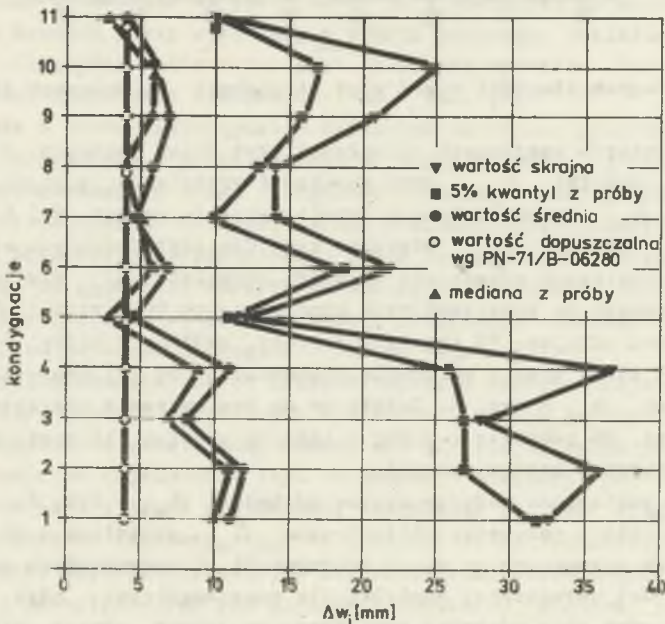
Wyniki pomiarów wzajemnych odległości płyt ścian nośnych w złączach poziomych - odchyłki Δ_{pi1} oraz wielkości wychylenia z pionu tych płyt - odchyłki Δ_{wi} przedstawiono w formie wykresów na rys. 5 i 6.

Ponieważ odchyłki Δ_{pi1} mierzone były dla płyt ściennych w dwóch miejscach, więc obliczono uśrednione wartości odchyłek Δ_{pi2} dla każdej płyty. Z otrzymanych na poszczególnych kondygnacjach 20 wartości Δ_{pi2} określono wartości skrajne, 5% kwantyle z próby, mediany z próby oraz wartości średnie, które wraz z wartością dopuszczalną wg [1] naniesiono na wykres odchyłek Δ_{pi} - rys. 5. Dodatkowo na tym wykresie przedstawiono wartości skrajne, 5% kwantyle z próby i mediany z próby dla wyników pomiarów Δ_{pi1} uzyskanych w każdym punkcie.

Podobnie postąpiono budując wykres odchyłek Δ_{wi} - rys. 6. Na wykresie tym naniesiono parametry statystyczne Δ_{wi} określone z 40 niezależnych pomiarów wykonanych na danej kondygnacji. W rozważaniach nie uwzględniono wartości uśrednionej odchyłki dla poszczególnych płyt (podobnie jak Δ_{pi2}), gdyż obie odchyłki pomierzone na jednej płycie nie różniły się praktycznie od siebie.

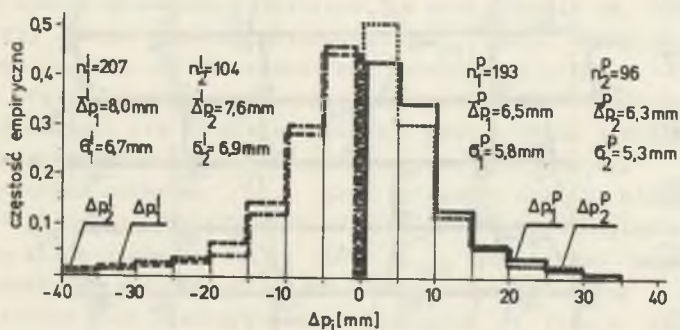


Rys. 5. Wyniki pomiarów wzajemnych przesunięć płyt ścian nośnych w złączach poziomych Δ_{p1}



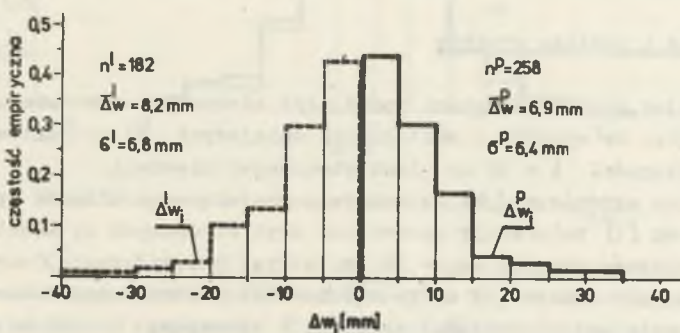
Rys. 6. Wyniki pomiarów wychyleń z pionu płyt ścian nośnych Δ_{w1}

Wszystkie otrzymane odchyłki Δ_{pi} i Δ_{wi} rozpatrzono w grupach, przypisując przesunięciom lub wychyleniom znak - i +. W nawiązaniu do rys. 1 znak - oznacza wychylenie lub przesunięcie w prawo, znak + w lewo. Uwzględniając te znaki wykonano histogramy uśrednionych wartości odchyłek Δ_{pi2} dla każdej płyty ściennej oraz odchyłek Δ_{pi1} w każdym punkcie pomiarowym - rys. 7.



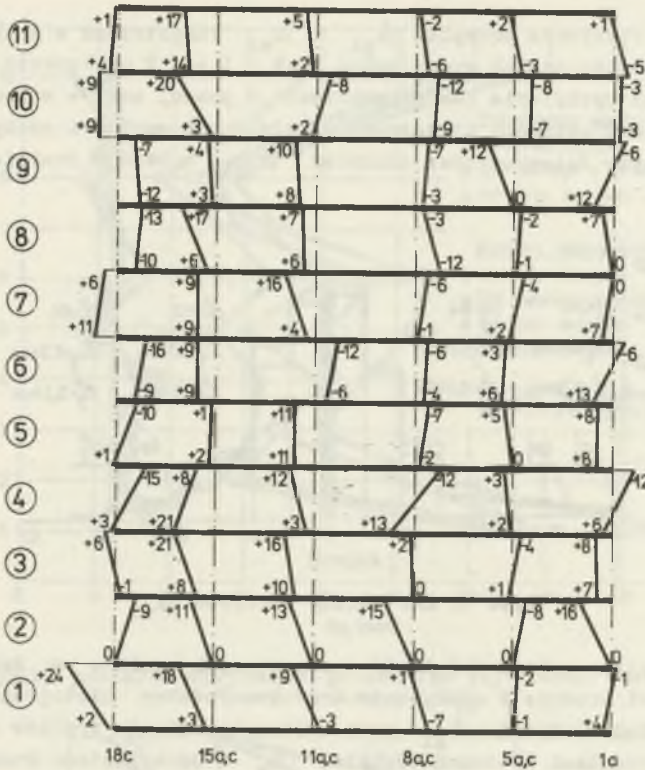
Rys. 7. Histogramy odchyłek Δ_{pi}

Na rysunku tym podano też ilość występujących wyników w danych grupach, wartości średnie i odchylenia średnie. Podobny histogram przedstawiający rozkład odchyłek Δ_{wi} wraz z liczebnościami wyników pomiarów w grupach, wartościami średnich odchyłek $\bar{\Delta}_w$ i odchyleniami średnimi przedstawiono na rys. 8.



Rys. 8. Histogramy odchyłek Δ_{wi}

Na rys. 9 przykładowo pokazano typowe pionowe ciągi ustawienia płyt ściennych - por. rys. 1.



Rys. 9. Typowe pionowe ciągi ustawienia płyt ściennych

4. Omówienie i analiza wyników

Rozpatrując rozkład długości oparcia płyt stropowych na ścianach - rys. 4 zauważa się, że wyników o wartościach mniejszych od projektowanych nominalnych długości $c = 50$ mm jest stosunkowo niewiele.

Przyjmując zgodnie z [9] najmniejszą projektowaną długość oparcia $c = 40$ mm i wg [1] tolerancję ustawienia płyt stropowych na ścianie ± 10 mm określono wartość skrajną $c_B = 30$ mm, której przekroczenie może być zagrożeniem bezpieczeństwa. W całym zbiorze 597 pomiarów zanotowano tylko 1 obserwację mniejszą od wartości skrajnej i wynoszącą $c = 26$ mm.

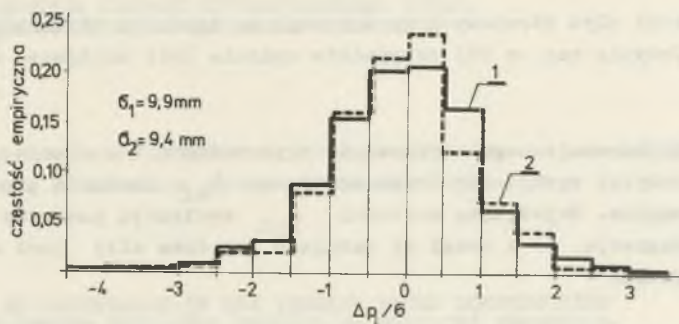
Rozkład odchyłek wzajemnego usytuowania płyt ściennych w złączach poziomych Δ_{pi} - rys. 7 jak i rozkład odchyłek wychylenia z pionu płyt ściennych Δ_{wi} - rys. 8 noszą charakter rozkładu symetrycznego. Biorąc pod uwagę histogram uśrednionych odchyłek Δ_{pi2} , postawiono hipotezę, że rozkłady przesunięć w lewo i w prawo (wg rys. 1) nie różnią się między sobą przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Hipotezę tę dla dwóch rozkładów

empirycznych zweryfikowano za pomocą testu χ^2 [8]. Obliczona statystyka $\chi^2 = 5,385$, co jest wielkością mniejszą od wielkości krytycznej $\chi_{\alpha}^2 = 11,070$ dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$ oraz 5 stopni swobody. Podobnie postąpiono, porównując rozkłady prawych i lewych odchyłek Δ_{wi} . W tym przypadku otrzymano statystykę $\chi^2 = 7,455$, mniejszą od wartości krytycznej dla tego samego jak poprzednio poziomu istotności i tej samej liczby stopni swobody.

Otrzymane wyniki pozwalają stwierdzić, że przy szansie na popełnienie błędu mniejszej niż 5% rozkłady przesunięć Δ_{pi} oraz wychyleń Δ_{wi} w prawo i w lewo (wg rys. 1) nie różnią się istotnie od siebie.

Opierając się na udowodnionych wyżej hipotezach można stwierdzić, że w rozpatrywanym budynku nie istnieje tendencja występowania odchyłek o kierunku uwarunkowanym kierunkiem postępowania prac montażowych.

Dla uśrednionych odchyłek Δ_{pi2} płyt ściennych oraz dla odchyłek Δ_{pi1} obliczono (uwzględniając znaki - lub +) odpowiadające odchylenia średnie $\bar{\sigma}$. Następnie każdą odchyłkę Δ_{pi1} lub Δ_{pi2} podzielono przez te odchylenia średnie, otrzymując zbiory standaryzowanych odchyłek $\Delta_{pi1}/\bar{\sigma}_1$, $\Delta_{pi2}/\bar{\sigma}_2$. Rozkłady tych standaryzowanych odchyłek w formie histogramów przedstawiono na rys. 10. Porównując ze sobą oba rozkłady testem zgodności χ^2 [8], na poziomie istotności $\alpha = 0,05$, przy 13 stopniach swobo-



Rys. 10. Histogramy standaryzowanych odchyłek $\Delta_{pi}/\bar{\sigma}$

dy, otrzymano $\chi^2 = 4,544 < \chi_{\text{kryt}}^2 = 22,362$. Wobec powyższego można twierdzić przy szansie popełnienia błędu mniejszej od 5%, że nie ma istotnych różnic między obydwoma rozkładami. Udowodniona hipoteza pozwala na to, aby z prawdopodobieństwem 95% określać przesunięcia względne płyt ściennych w złączu poziomym na podstawie pomiaru wykonanego w jednym punkcie.

Jak wynika z rys. 5 i 6 największe odchyłki Δ_{pi} wystąpiły na najniższej i najwyższej kondygnacji budynku, natomiast największe odchyłki Δ_{wi} na czterech dolnych kondygnacjach. Najniebezpieczniejsze z tych odchyłek to przesunięcia ścian w węzłach poziomych Δ_{pi} między 1 i 2 kon-

dygnacją. Przy dużym obciążeniu pionowym mogą one wyraźnie zmniejszyć nośność płyt ściennych. Największa pomierzona odchyłka Δ_{pi} na tej kondygnacji wynosiła 45 mm.

Biorąc pod uwagę uśrednione wielkości wzajemnych przesunięć Δ_{pi2} widoczne jest, że w 5% połączeń odchyłka Δ_{pi2} przekracza wartość 23 mm, w 10% połączeń - 18 mm i w 50% połączeń - 5 mm. W odniesieniu do wychyleń płyt ściennych z pionu zauważa się, że w 5% płyt odchyłka Δ_{wi} jest większa od 21 mm, w 10% - od 17 mm i w 50% płyt ściennych - od 7 mm.

5. Podsumowanie

Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić, że w rozważanym obiekcie:

5.1. Kierunek prac montażowych nie wpływa na wielkość i ukierunkowanie ani odchyłek usytuowania płyt ściennych w złączu poziomym Δ_{pi} , ani odchyłek płyt ściennych od pionu Δ_{wi} .

5.2. Dla określenia wielkości odchyłki Δ_{pi} i Δ_{wi} wystarczający jest pomiar w jednym miejscu każdej płyty (uwzględniając konieczność powtórzeń).

5.3. Oparcia płyt stropowych na ścianach są zgodne z obowiązującymi wymaganiami. Jedynie raz na 597 przypadków oparcie było mniejsze niż wymagane.

5.4. Odchyłki wzajemnego usytuowania płyt ściennych w złączu poziomych Δ_{pi} oraz odchyłki wychylenia ścian od pionu Δ_{wi} znacznie przekraczają wartości wymagane. Największe wartości Δ_{pi} występują pomiędzy pierwszą a drugą kondygnacją, co z uwagi na panujące tam duże siły jest szczególnie niekorzystne.

Należałoby profilaktycznie wzmocnić kontrolę geodezyjną przy montażu pierwszej i drugiej kondygnacji.

LITERATURA

- [1] PN-71/B-06280. Konstrukcje z wielkowymiarowych prefabrykatów żelbetowych. Wymagania w zakresie wykonywania i badania przy odbiorze.
- [2] Taczanowska T.: Podstawowe przyczyny powstawania odchyłek podczas montażu prefabrykatów wielkowymiarowych w świetle wyników badań. Wielkopłytowe budownictwo mieszkaniowe. Prace ITB, Warszawa 1968, s. 123
- [3] Zaleski S.: Budynki monolityczne. Wyniki badań dokładności wykonania. Prace, ITB, Warszawa 1973.
- [4] Starosolski W., Guziakiewicz J., Wójcik H., Zybura A.: Urządzenia do pomiarów cech geometrycznych płytowych elementów prefabrykowanych oraz do pomiarów dokładności montażu prefabrykowanych budynków ściannowych. Przegląd Budowlany, 1/1976.
- [5] PN-70/B-07-93. Prefabrykaty budowlane z betonu. Metody badań cech geometrycznych. Projekt normy.
- [6] PN-62/B-02356. Koordynacja wymiarowa w budownictwie. Tolerancje wymiarów elementów z betonu.
- [7] Przewłocki S.: Dokładność pomiarów przy montażu budowli z prefabrykatów, Arkady, Warszawa 1971.
- [8] Volk W.: Statystyka stosowana dla inżynierów, WNT, Warszawa 1973, s. 93, 107.
- [9] BN-74/8812-01. Konstrukcje budynków wielkopłytowych. Projektowanie i obliczenia statyczne.

ТОЧНОСТЬ МОНТАЖА СБОРНЫХ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ДОМОВ,
СООРУЖАЕМЫХ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫМ КОМБИНАТОМ

Р е з ю м е

В работе изложены результаты исследования точности монтажа сборного крупнопанельного 11-этажного здания системы ИВ 66/П2.

ACCURACY OF ASSEMBLAGE OF THE PRECAST PANEL CONSTRUCTION
OF THE APARTMENT BUILDINGS ERECTED BY BUILDING PRODUCTION-
ASSEMBLAGE UNDERTAKING

S u m m a r y

In the paper effects of tests of the assemblage accuracy of the 11 - story precast panel construction building - system IW 66/P2 - have been presented.