

Geodezyjne pomiary odkształceń konstrukcji stropowych

1. Wstęp

W nowoczesnym budownictwie stosuje się coraz częściej praktyczne badania wytrzymałości nowoprojektowanych konstrukcji lub elementów budowlanych.

Próby powyższe przeprowadzane są przeważnie w ośrodkach doświadczalnych, gdzie dana konstrukcja została wykonana jako prototyp.

Całość badania obejmuje zazwyczaj trzy zasadnicze etapy:

1. Właściwy sposób wykonania.
2. Określenie własności technicznych.
3. Ustalenie wskaźników ekonomicznych.

Badania własności technicznych w warunkach polowych przeprowadza się przy pomocy próbnych obciążeń według ustalonego programu.

Dla określenia odkształceń, ugięć, przesunięć lub wyboczenia stosować można z dużym powodzeniem precyzyjne pomiary geodezyjne, niezależnie lub łącznie z metodami mechanicznymi (czujniki i tensometry).

Pomiary geodezyjne pozwalają na wyznaczenie wielkości odkształceń bez względu na to, ponieważ pomiar odnosi się do punktów stałych, rozmieszczonych w pewnej odległości od miejsca badań.

Natomiast badanie przesunięć czujnikami, mimo dużej dokładności odczytu, daje w wyniku wartości odkształceń o charakterze względnym; z tego powodu mogą one przedstawić mylny obraz pracy badanego elementu.

Instalacja czujników przy badaniach konstrukcji o znacznych rozpiętościach jest szczególnie mało ekonomiczna, gdyż wymaga często budowania niezależnych, kosztownych rusztowań dla czujników i obserwatorów. Urządzenia te mogą osiadać bądź to pod wpływem ciężaru własnego, bądź na skutek pośredniego wpływu na grunt, wywołanego przez obciążenie konstrukcji. Z podanych przyczyn wynika główna niepewność pomiarów czujnikami mechanicznymi. „Jeżeli płaszczyzna na której ustawiony jest przyrząd w czasie obserwacji zmienia swe położenie to w tym wypadku

obserwacje tracą na wartości“ (J. K. Bezuchow - Ispytaniye Stroitelnykh Konstrukcji i Sooruzhenji str. 67).

Pracownicy Zakładu Pomiarów Odkształceń Geodezyjnego Instytutu Naukowo-Badawczego wykonali cały szereg prac związanych z pomiarem odkształceń badanych konstrukcji, głównie na zlecenie Instytutu Techniki Budowlanej.

Na podstawie posiadanych materiałów pomiarowych przedstawiamy ogólne wskazania przy wykonywaniu omawianych prac, oraz najbardziej charakterystyczne badania, zwracając szczególną uwagę na stronę geodezyjną.

Opracowanie szczegółów metody uzależnione bywa od szeregu czynników, wynikających bezpośrednio z kształtu i wielkości badanej konstrukcji lub też warunków terenowych, dlatego też wymaga niejednokrotnie indywidualnego rozwiązania.

W pracy niniejszej przedstawiono następujące badania:

1. Pomiar odkształceń podczas próbnego obciążenia przęsła pokrycia hali w kształcie konoidy.
2. Badanie odkształceń sklepienia ceglanego o podwójnej krzywiznie.
3. Badanie odkształceń łuku wielociągowego, obciążonego skupionymi siłami pionowymi w środkowym węźle.
4. Badanie osiadania hal i odkształceń stropów pod wpływem ciężaru własnego.

Do wyznaczania odkształceń pionowych stosowano metodę niwelacji precyzyjnej. Natomiast przesunięcia poziome określano metodą tyczenia (uszeregowania punktów), bądź trygonometryczną metodą do pomiaru odkształceń poziomych.

2. Wyznaczenie odkształceń pionowych metodą niwelacji precyzyjnej

2.1 Instrumenty i urządzenia pomiarowe

Wyposażenie zespołu badanego:

1. Niwelator precyzyjny ze statywem.
2. Łata inwarowa.
3. Krótkie metalowe łatki niwelacyjne z podziałem analogicznym do łaty inwarowej.
4. Repery ściennie.
5. Podstawki pod łaty (żabki).
6. Parasol mierniczy.
7. Termometr.

Niwelator powinien być pierwszorzędnej jakości, sprawdzony i zrektyfikowany.

Łaty niwelacyjne skomparowane ze zrektyfikowanymi libelami pudełkowymi,

2. 2 Rozmieszczenie znaków geodezyjnych

Sieć pomiarowa składa się z dwóch rodzajów reperów:

1. repery stałe (repery nawiazania),
2. repery ruchome, zastabilizowane w punktach badanych konstrukcji.

Nawiazanie niwelacji powinno być odniesione najmniej do trzech reperów stałych, niezależnie od ilości punktów badanych jak i wielkości konstrukcji. Repery odniesienia stabilizuje się w odległości około 40 — 100 m jeden od drugiego, na oddzielnych i możliwie pewnych budowlach. W razie braku zabudowy mogą być założone repery ziemne (zastabilizowane na około miesiąc przed rozpoczęciem badania).

Odległość reperów stałych od badanej konstrukcji nie powinna być zbyt mała, ponieważ siły powodujące odkształcenia elementu budowlanego mogą wpłynąć ujemnie na stałość punktów odniesienia. Nawiazanie pomiaru do reperów stałych położonych zbyt daleko może powodować obniżenie dokładności wyznaczenia przesunięcia, zatem odległości te powinny wahać się w granicach od 30 do 80 m.

Kształt reperów stałych powinien gwarantować jednoznaczne ustawianie na nim łąty niwelacyjnej.

W przypadku stosowania znacznie podwyższonego stanowiska zamiast reperów ściennych można używać krótkich łątek niwelacyjnych, zamocowanych trwale na ścianach sąsiednich budynków.

Stabilizacja znaków pomiarowych powinna odbywać się kilka dni przed rozpoczęciem pomiarów. Przy wyznaczaniu ugięcia stropu bądź konstrukcji dachowej, gdy bada się maksymalną nośność lub wytrzymałość, a nie można zaniwelować go od strony górnej, zakłada się na jego dolnej powierzchni siatkę wiszących łątek.

W wyznaczonych punktach konstrukcji zamocowuje się przy pomocy uchwytów (spawa lub zabetonowuje) pionowo zwisające pręty stalowe, na które przytwierdzone są krótkie łątki niwelacyjne. Pionowość zamocowania regulować można śrubami uchwytów, a sprawdzać przy pomocy libelek pudełkowych, znajdujących się na łątkach, bądź też z braku ostatnich posługiwać się można pionem.

Wysokość zamocowania oraz długości poszczególnych łątek należy tak dobrać, aby przy stałej wysokości niwelatora pozwoliły one na uchwylenie największych przewidywanych przesunięć. Przy badaniu konstrukcji budowlanych o małej sprężystości (stropy ceglane, żelbetowe itp.) wystarczające są łątki o długości 0,5 m lub nawet mniejszej.

Podział łątki powinien być dokładnie wykonany i odpowiadać podziałowi stosowanemu dla danego niwelatora precyzyjnego.

Można również stosować i inne rodzaje znaków, szczególnie wtedy, gdy nie istnieje niebezpieczeństwo załamania badanej konstrukcji przy maksymalnym obciążeniu.

W przypadku badania odkształceń stropów pod wpływem ciężaru własnego lub podczas obciążeń (ale nie do załamania), przy dużej ilości punk-

tów badanych, można używać jednej lub dwóch łątek wiszących — przenośnych.

Łatka wraz z przedłużeniem (pręt lub taśma stalowa) powinna mieć przegubowy uchwyt, pozwalający na zawieszenie jej jednoznacznie na każdym reperze.

Podczas wykonywania obserwacji, na wiszącą, przenośną łątkę, przewieszając ją z reperu (wstecz) na reper (w przód) dokonując pomiaru, podobnie jak przy niwelacji klasycznej.

Ciągi powstałe na punktach badanych dowiązujemy do reperów stałych rozmieszczonych poza budowlą.

2. 3 Stanowisko instrumentu

Obiekty o niewielkich rozmiarach i skupionych, a dobrze widocznych punktach badanych, należy obserwować z jednego stanowiska.

Ze względu na znaczną z reguły ilość punktów (powyżej dziesięciu), powodującą przedłużenie czasu pomiaru, wskazane jest budowanie słupa obserwacyjnego, spełniającego zadanie statywu.

Stanowisko instrumentu nie powinno nasuwać wątpliwości odnośnie jego stałości, a kształt i wymiary winny stwarzać dogodne warunki pracy dla obserwatora.

Przy posadowieniu słupa obserwacyjnego należałoby, w miarę możliwości, zasięgnąć opinii specjalisty z dziedziny fundamentowania. Należy dążyć do takiego usytuowania stanowiska w stosunku do punktów pomiarowych, aby odległości od niego były w przybliżeniu jednakowe.

Orientacyjne wymiary słupa w części nadziemnej powinny wynosić ok. $0,5 \times 0,5$ m w przekroju poziomym, a wysokości regulowanej zależnie od potrzeby.

Słup buduje się z cegły lub betonu. Powinien posiadać on urządzenie do ustawiania i zamocowania niwelatora, może to być zwykła płyta metalowa z otworem na śrubę sprzęgłową.

Pomost dla obserwatora nie powinien dotykać do słupa. Przy budowie stanowiska powinno się również przewidzieć daszek osłaniający niwelator przed działaniem promieni słonecznych i wiatru.

Gdy obserwacje musimy wykonywać z kilku stanowisk to można używać statywu drewnianego (nieskładanego).

2. 4 Wykonanie obserwacji i określenie dokładności pomiarów

2. 4. 1. P o m i a r

Całość prac pomiarowych podczas badania powinna być wykonana jednym dokładnie zrektyfikowanym niwelatorem, możliwie przez tego samego obserwatora.

Niezależnie od stwierdzenia pierwszorzędного stanu sprzętu, należy robić sprawdzenia niwelatora, kontrolując płynność ruchów śruby elewa-

cyjnej, soczewki ogniskującej oraz mikrometru przed każdym pomiarem. Szczególną uwagę zwracać należy na zachowanie warunku równoległości osi libeli do osi celowej niwelatora, ponieważ zachowanie warunku niwelacji ze środka w wielu przypadkach nie jest możliwe.

Kontrolę tego warunku wykonuje się przez niwelację ze środka i w przód. Zakładamy, że rozbieżność między pomiarem ze środka i w przód na tych samych reperach nie przekroczy błędu samego pomiaru powiększonego o pewną wartość q , która przy znacznie mniejszych różnicach odległości, między instrumentem i łątami podczas badania, niż rektyfikacji, nie wpłynie na dokładność otrzymywanych wyników

$$d = 2m + q$$

gdzie m — śr. błąd, pochylenie na jednym stanowisku.

Przy rozstawie łąt wynoszącym 40 m różnica niwelacji nie powinna przekraczać 0.3 mm. W przeciwnym wypadku oś libeli doprowadzamy do równoległości z osią celową.

Pomiar wyjściowy wykonuje się przed obciążeniem konstrukcji rozpoczynając i kończąc na reperach nawiązania, a dla zwiększenia dokładności powtórzyć go należy w kierunku powrotnym, przy zmienionym horyzoncie niwelatora.

Następne obserwacje robimy po kolejnych obciążeniach, lub odciążeniach zgodnie z programem badań.

Przy każdym pomiarze powinno się notować: wielkość obciążenie, datę pomiaru oraz temperaturę powietrza. Dane te są konieczne przy opracowaniu wyników.

2. 4. 2. Określenie dokładności pomiaru.

Wielkość średniego błędu różnicy wysokości przy parach obserwacji określa się ze wzoru

$$m = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[pdd]}{r}}$$

gdzie r — ilość par,

d — różnica między parą spostrzeżeń.

Natomiast, gdy mamy różną ilość spostrzeżeń obserwacyjnych m możemy określić z przybliżonego wzoru:

$$m = \pm \sqrt{\frac{1}{M} (m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + \dots)}$$

gdzie m_1 — śr. błąd, wg wzoru z par obserw.,

m_2, m_3 itd. śr. błędy pochyłeń obliczone wg wzoru

$$m_2 = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1) \cdot N}}$$

n — oznacza ilość pojedynczych pomiarów składających się na średnią arytmetyczną,

V — odchyłki wyników pojedynczych pomiarów od średn. aryt.

N — ilość stanowisk przy pojedynczym pomiarze.

Na podstawie analizy czynności i dokładności narzędzia można również określić śr. błąd śred. różnicy wysokości.

E. Warchałowski w książce pt. „Niwelacja geometryczna“ podaje z odpowiednim uzasadnieniem wzór na błąd odczytu w następującej formie:

$$m_0 = \pm d \sqrt{C_2^2 \cdot m_s \cdot 1000^2 \cdot \sin^2 1'' + \frac{C_1^2}{d}}$$

gdzie C_2 — 0.03 — współczynnik charakteryzujący śr. błąd, z jakim pęcherzyk libeli osiągnie położenie równowagi,

C_1 — 0.03 — współcz. charakteryzujący śr. błąd nastawienia osi celowej na kreskę 1/2 cm łaty,

d — długość celowej w milimetrach,

m_s — przewaga libeli.

Natomiast w książce Jordan-Eggert „Handbuch der Vermessungskunde“ t. II cz. 2, przedstawiono wzór:

$$m_0^2 = \pm \left(0.0185 \frac{1}{v_2} + 0.000000194 A \right) S^2 + 0.00794 \frac{1}{v} \cdot S + 0.00085 T^2$$

gdzie A — przewaga libeli,

T — podział łaty w mm,

V — powiększenie lunety,

S — długość celowej.

Po podstawieniu do podanych powyżej wzorów danych technicznych niwelatora precyzyjnego (firmy Zeiss) otrzyma się następujące rezultaty: dane:

A — M — 10''/2 mm

T — 5 mm,

V — 44

d_1 — S_1 — 40 m.

d_2 — S_2 — 20 m.

Z wyliczeń wg wzoru E. Warchałowskiego otrzymamy

$$m_{0(40)} = \pm 0.19 \text{ mm}$$

$$m_{0(20)} = \pm 0.13 \text{ mm}$$

wg Jordana-Eggert'a

$$m_{0(40)} = \pm 0.28 \text{ mm}$$

$$m_{0(20)} = \pm 0.21 \text{ mm}$$

Mając błąd odczytu, możemy obliczyć średni błąd typowego spostrzeżenia ze wzoru:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{2}}$$

(wzór ten słuszny przy pomiarach na łące o 2-ch podziałach i podwójnej niwelacji).

Podstawiając M_0 otrzymane z powyższych obliczeń otrzymamy wg E. Warchałowskiego

$$m_{(40)} = \pm \frac{0.19}{\sqrt{2}} = \pm 0.14 \text{ mm}$$

$$m_{(20)} = \pm \frac{0.13}{\sqrt{2}} = \pm 0.10 \text{ mm}$$

wg Jordana:

$$m_{(40)} = \pm 0.20 \text{ mm}$$

$$m_{(20)} = \pm 0.15 \text{ mm}$$

Praktyka wykazuje, że wzór E. Warchałowskiego bardziej odpowiada otrzymywanym wynikom przy użyciu nowoczesnego sprzętu niwelacyjnego.

Na podstawie znanej wartości błędu średniego typowego spostrzeżenia możemy określić dopuszczalne rozbieżności:

- a) między odczytem głównym i kontrolnym (na dwóch podziałach łąty). Nie powinna ona przekraczać wielkości

$$d_1 = 2 m,$$

- b) różnica pochyłeń z niwelacji w kierunku głównym i powrotnym

$$d_2 = 2 m \sqrt{n}$$

- c) zamknięcie obwodnicy

$$d_3 = m \sqrt{n}$$

2. 5 Opracowanie wyników pomiaru

Wielkość przesunięć pionowych punktów badanych oblicza się z różnic rzędnych obserwacji aktualnej i wyjściowej.

Różnice wysokości (w przypadku obserwacji z jednego stanowiska) wyznaczamy niezależnie dla każdego badanego punktu; względem początkowego punktu stałego (kontrolowanego przy pomocy co najmniej dwóch innych reperów odniesienia) bądź w przypadku ciągów niwelacyjnych — podobnie jak w klasycznej metodzie niwelacyjnej. Rzędne liczymy w układzie lokalnym.

Dla pomiarów na łątki wiszące na prętach stalowych lub taśmie, należy przy obliczaniu rzędnych uwzględnić poprawkę długości pręta wynikłą na skutek zmian temperatury wg wzoru

$$\lambda = \alpha \cdot \Delta t \cdot L$$

gdzie α — współcz. rozszerzalności stali — 0,0000012,

Δt — różnica temperatur między pomiarem wyjściowym i aktualnym,

L — długość pręta.

Liczbowe wielkości przesunięć pionowych zestawia się w tabelach, podając przy tym numer obserwacji, wielkość obciążenia, datę itp.

Na podstawie danych tabelarycznych opracowuje się wykresy ugięć konstrukcji.

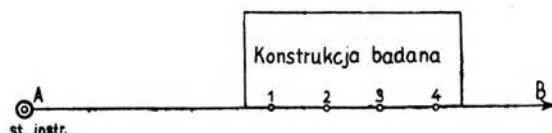
3. Metoda tyczenia (uszeregowania punktów)

3.1 Wiadomości ogólne

Sposób ten używany w zasadzie do badania wydłużonych budowli jak mosty i zapory wodne, znalazł również zastosowanie przy badaniu opisywanych konstrukcji budowlanych.

Ogólną zasadą metody tyczenia jest wyznaczenie składowych przesunięć poziomych w kierunku prostopadłym do stałej prostej (tzw. prostej odniesienia).

Punkty ruchome (1, 2, 3, 4) obieramy i sygnalizujemy przeważnie w osi lub na jednej z krawędzi konstrukcji badanej, a stanowiska instrumentu stabilizujemy na przedłużeniu prostej jak na rysunku poniżej.



Rys. 71

Wielkości przesunięć poziomych można wyznaczać instrumentem bezpośrednio na wyskalowanych sygnałach, lub pośrednio przez precyzyjny pomiar kąta paralaktycznego, zawartego między prostą odniesienia, a kierunkiem do badanego punktu.

T. Lazzarini w publikacji pt. „Geodezyjne Pomiary Odkształceń” omawia szczegółowo przyrządy oraz przebieg pomiaru dla bezpośredniego wyznaczenia przesunięć poziomych metodą tyczenia (w odniesieniu do zapór wodnych).

Geodezyjny Instytut Naukowo-Badawczy do badań konstrukcji budowlanych stosował przeważnie drugi sposób wyznaczania, oparty na precyzyjnym pomiarze kąta.

3.2 Instrumenty oraz przebieg pomiaru

Komplet narzędzi składa się z teodolitu precyzyjnego jednosekundowego lub 2^{ca} oraz celowników tarczowych (z rysunkiem kół spółśrodkowych) (rys. 77).

Sprzęt używany do pomiaru odkształceń zapór i mostów metodą tyczenia, ze względu na skomplikowaną budowę sygnałów nie znalazł zastosowania przy omawianych pracach.

W celu zmniejszenia błędu centrowania instrumentu, jak i z uwagi na możliwość skręcania lub osiadania statywu drewnianego podczas wykonywania pomiaru, pożądane jest budowanie słupów obserwacyjnych z cegły lub betonu zaopatrzonych w płytę metalową do ustawiania i przytwierdzania teodolitu.

Sruba sprzęgłowa dopasowana do otworu płyty gwarantuje dokładne i automatyczne centrowanie.

Każdy pomiar podczas poszczególnych obserwacji dowiązuje się do minimum trzech 3-ch punktów stałych. Punktami nawiązania powinny być dobrze widoczne celowniki tarczowe, lub podstawy masztów antenowych.

3. 3 Wykonanie obserwacji

Pomiary powinny być wykonywane w dobrych warunkach atmosferycznych tym samym instrumentem przez jednego obserwatora.

Teodolit używany do powyższych prac powinien być w bardzo dobrym stanie, sprawdzony i zrektyfikowany.

W przypadku wykonywania obserwacji instrumentem ustawionym na statywie drewnianym zamiast na słupie, należy zrektyfikować pionownik optyczny. Gdy ten ostatni wbudowany jest na stałe w spodarkę — rektyfikację należy przeprowadzić przy pomocy skrzyżowanych nici (J. Szymoński. Instrumentoznawstwo Geodezyjne część I § 24 p. 2). Pomimo rektyfikacji — pionownik tego typu należy ustawiać zawsze jednakowo w stosunku do sytuacji, a teodolit w przybliżeniu na jednakowej wysokości nad terenem.

Teodolit ustawiamy na statywie, na stanowisku powinien być bardzo starannie spoziomowany i ustawiony centrycznie nad znakiem pomiarowym. Warunki powyższe należy sprawdzać w czasie trwania pomiarów, a w razie potrzeby poziomowanie poprawić nawet po zakończeniu połowy serii.

Obserwacje wykonujemy metodą kierunkową w trzech seriach.

Pomiar rozpoczyna się od jednego obranego, dobrze widocznego, punktu nawiązania — będzie to cel pierwotny dla każdej serii w pomiarze wyjściowym jak i wszystkich następnych.

Po wycelowaniu na powyższy punkt limbus ustawia się tak, aby całkowity odczyt w pierwszej serii przedstawiał wartość kilku lub kilkunastu sekund. Następne serie rozpoczyna się od celu pierwotnego przy odczycie na mikrometrze wynoszącym w przybliżeniu $O = \frac{N}{S}$ (przy trzech seriach ok. 3'30" w drugiej serii i ok. 7'00" w trzeciej serii). Limbus przesuwamy tylko tyle, ile jest konieczne do przesunięcia mikrometru.

Kolejność obserwacji punktów nawiązania i badanych zachowujemy zgodną z kierunkiem podziału koła poziomego teodolitu. Celem zmniejsze-

nia wpływu błędu celowania obserwacje danego punktu należy wykonać w następujący sposób:

Po wycelowaniu na punkt zgrać mikrometr i odczytać kierunek, po czym ponownie wykonać celowanie na punkt, przy pomocy leniwki (zawsze ruchem ściskającym sprężynę) i przy tym nacelowaniu dokonać odczyt.

Pomiar przy jednym położeniu koła zamykamy odczytem na punkt pierwotny (początkowy).

Przed rozpoczęciem obciążeń konstrukcji robi się pomiar wyjściowy, który rejestruje nam początkowe położenie punktów badanych.

Następne obserwacje wykonujemy zgodnie z programem w czasie trwania badań.

3. 4 Opracowanie wyników oraz wyznaczenie dokładności pomiaru

Pomierzone kierunki każdej obserwacji wyrównuje się niezależnie przy pomocy wyrównania stacyjnego, obliczając przy tym średni błąd kierunku średniego wg wzoru

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{|vr|}{s(s-1)(k-1)}}$$

gdzie s — ilość serii,

k — ilość kierunków.

Przy badaniu odkształceń elementów budowlanych okres pomiarów jest stosunkowo krótki, zatem z reguły zakładamy stałość stanowiska obserwacyjnego i punktów nawiązania, co z kolei bardzo upraszcza rachunkowe opracowanie wyników pomiaru.

W celu wyznaczenia wielkości kątowych przesunięcia zestawia się obserwację wyjściową i aktualną dokonując przy tym wzajemnej orientacji obu pęków kierunków tak, aby różnice między odpowiednimi kierunkami nawiązania osiągnęły wartość najmniejszą wg zasady Gaussa.

A ponieważ w pomierzonym pęku wszystkie kierunki powiązane są ściśle wielkościami zawartych między nimi kątów, zatem orientując kierunki nawiązania orientujemy wzajemnie kierunki na punkty badane.

Przesunięcie kątowe α_i otrzymamy z różnic między zorientowanymi kierunkami obserwacji wyjściowej i aktualnej.

Ze względu na niewielkie odkształcenia konstrukcji budowlanych (rzędu kilku lub kilkunastu milimetrów), otrzymujemy z zasady małe przesunięcie kątowe.

W celu wyznaczenia wartości liniowej przesunięcia stosujemy prosty wzór:

$$W = \frac{c_i}{\rho''} \cdot \alpha_i$$

(słuszny dla małych kątów)

gdzie W — wielkość przesunięcia w mm,

γ_i — przesunięcie kątowe,

c_i — długość celowej (w mm),

(pomiar odległości C może być wykonany z dokładnością około 1 : 500 lub 1 : 1000, zależy od wielkości przesunięć).

$$\rho'' = 206265 \quad \text{lub} \quad \rho^{cc} = 636619$$

Obliczone wielkości przesunięć W zestawiamy w tabeli łącznie dla całego badania, podając przy tym wielkości obciążeń oraz datę pomiaru i Nr obserwacji.

Na podstawie powyższych danych rysujemy wykresy odkształceń lub ugięć danego elementu budowlanego.

Dokładność pomiarów

Błąd wyznaczenia przesunięcia kąowego z dwóch obserwacji oblicza się na podstawie wzoru

$$m_a = \pm \sqrt{\mu^2 + \mu'^2 + (m_z^2)}$$

gdzie $(m_z) = \pm \sqrt{\frac{[\delta\hat{c}]}{r(r-1)}}$ jest to błąd stałej orientacyjnej,

r — ilość kierunków nawiazania.

Wielkość błędu przesunięcia liniowego oblicza się ze wzoru

$$m_z \cong \pm \frac{c}{\rho} \cdot m_a$$

4. Trygonometryczna metoda pomiaru przesunięć poziomych

Trygonometryczna metoda pozwala wyznaczyć zmiany położenia poszczególnych punktów konstrukcji w stosunku do ich położenia przyjętego za początkowe.

Z dużym powodzeniem stosować można powyższy sposób do pomiaru odkształceń konstrukcji takich, jak kominy fabryczne, maszty energetyczne, maszty radiostacji itp.

Podobnie jak przy wyznaczaniu przesunięć pionowych, sieć pomiarowa składa się z punktów odniesienia i punktów badanych.

Do punktów odniesienia zaliczamy stanowiska instrumentu i punkty nawiazania.

Na stanowiskach wykonujemy pomiar kierunków na punkty nawiazania i punkty badane.

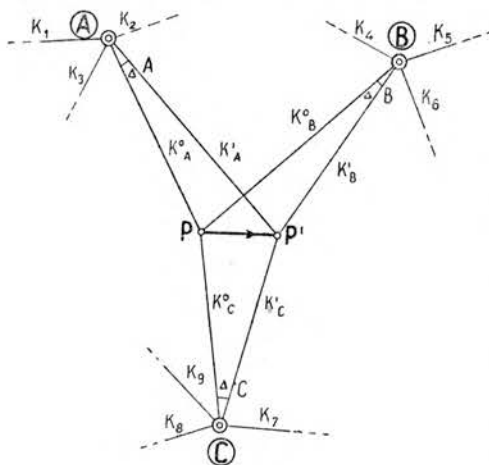
Zasady wykonywania obserwacji na poszczególnych stanowiskach są identyczne jak w metodzie tyczenia (opisanej powyżej) z tą różnicą, że badany punkt konstrukcji wcinany jest z dwóch lub trzech stanowisk. Przed

rozpoczęciem badań konstrukcji budowlanej, podobnie jak w każdej innej metodzie geodezyjnej wykonujemy pomiar wyjściowy, a podczas obcią-

żeń następne obserwacje zgodnie z programem badań, lub żądaniem zleceniodawcy.

Trygonometryczna metoda wyznaczania przesunięć poziomych została szczegółowo opracowana w publikacji T. Lazzariego pt. *Geodezyjne Pomiary Odkształceń*.

Dla ilustracji zamieszczono poniżej schematyczne przedstawienie wyznaczenia przesunięcia punktu badanego w przypadku, gdy położenie 3 stanowisk i punktów nawiazania nie uległy zmianie:



Rys. 72

A, B, C — stanowiska instrumentu.

K_1, K_2, K_3 — kierunki nawiazania.

K_A^0, K_B^0, K_C^0 — kierunki wcinajace odnoszace sie do polozenia poczatkowego punktu P.

K'_A, K'_B, K'_C — kierunki wcinajace odnoszace sie do aktualnego polozenia punktu P'.

$\Delta A, \Delta B, \Delta C$ — wielkości przesunięć katowych powstałe z różnicy kierunków K^0 i K' .

5. Badanie przęsła pokrycia halowego w kształcie konoidy

5.1 Wstęp

Konstrukcja żelbetowa w kształcie konoidy, wykonana została (po raz pierwszy w Polsce) na Wystawie Techniki Budowlanej w Warszawie. Należy ona do tzw. łupin cienkościennych. W przedstawieniu geometrycznym kształt łupiny jest powierzchnią konoidalną (prostokreślną), utworzoną przez ruch prostej po dwóch prowadnicach. Prowadnicami są odcinki koła o strzałkach 1,0 m i 4,7 m. Łupina konoidalna może być użyta do pokrycia hal fabrycznych o dużych rozpiętościach i pozwala na doskonałe oświetlenie.

Konstrukcja ta przy rozpiętości 25,3 m posiada grubość powłoki żelbetowej zaledwie 6 cm jest zatem bardzo ekonomiczna pod względem zużycia materiałów budowlanych.

Przy sporządzaniu projektu, przybliżone obliczenia statyczne oparto na założeniu, że łupina wraz ze ścianami pracuje całym przekrojem.

Siły rozciągające w przekroju przejęto przez zbrojenie ściągów. Natomiast naprężenia ściskające przenosi łupina.

W celu zakwalifikowania konstrukcji przed jej zastosowaniem w budownictwie przeprowadzono badania, które pozwoliły ustalić, czy przyjęte założenia są słuszne.

Program badań przewidywał 3 etapy obciążenia całej łupiny, symetrycznym obciążeniem ciągłym:

W pierwszym etapie do 200 kg/m^2 .

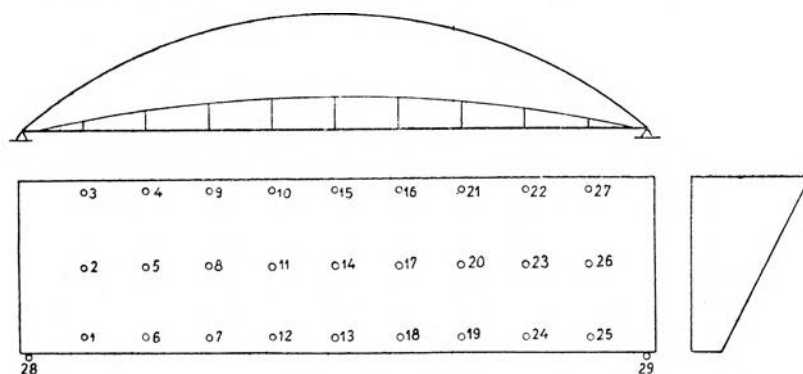
W drugim do 300 kg/m^2 i trzecim do 460 kg/m^2 .

Obciążenie końcowe było 4-krotnie większe od użytkowego.

Jako balast obciążający służył piasek rozsypywany równomierną warstwą na całej powierzchni w specjalnym deskowaniu.

5. 2 Pomiar odkształceń

Obserwacje ugięć dokonano w płaszczyźnie pionowej przy pomocy niwelacji precyzyjnej. W wyznaczonych przez zleceniodawcę 27 punktach koncidy (rys. 73) zabetonowano pionowo zwisające pręty stalowe o śred-



Rys. 73

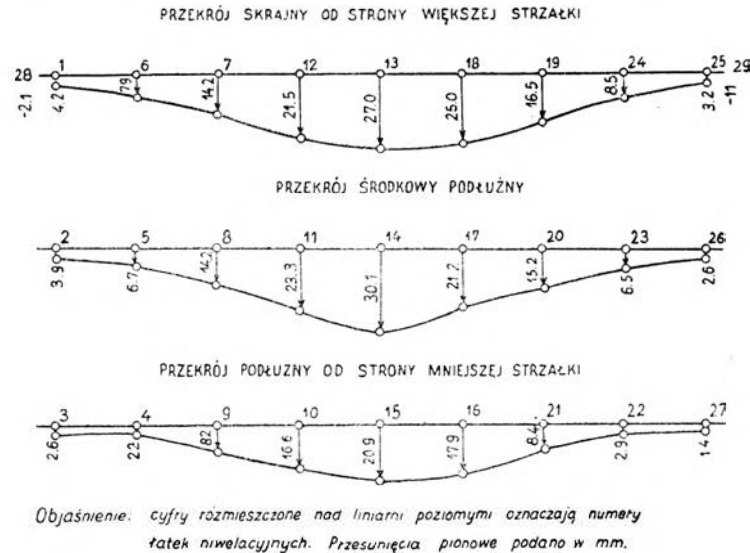
nicy 12 mm. Na prętach zamocowano trwale na okres badań, krótkie metalowe łatki niwelacyjne. Dwie łatki przytwierdzono na podporach w celu pomiaru ich osiadań. Przed rozpoczęciem obciążeń wykonano pomiar wyjściowy, nawiązując go do trzech reperów stałych.

Wykonano łącznie pięć obserwacji, notując przy tym datę, temperaturę, i wielkość obciążeń. Pomiar niwelacyjny po całkowitym odciążeniu pozwolił określić odkształcenia trwałe, oraz sprężystość konoidy.

Przesunięcia obliczono z różnic rzędnych obserwacji aktualnych i wyjściowej — uwzględniając przy wyznaczaniu poprawkę dla długości prętów, na których wisały łatki, wynikłą na skutek zmian temperatury.

Dla ilustracji podany został wykres odkształceń pionowych (rys. 74) powstały w wyniku pomiaru przy obciążeniu siłą 460 kg/m^2 . Przedstawione na nim linie odkształceń mają bardzo regularny przebieg.

Największe przesunięcia powstały w podłużnym przekroju środkowym, a graniczna wartość po uwzględnieniu osiadania podpór wynosi 28,5 mm.



Rys. 74

Jeśli chodzi o odkształcenie trwałe (po odciążeniu), to występuje ono najmocniej w środku skrajnego przekroju, przy niższym łuku i wynosi 10,4 mm.

Ze względu na złe warunki atmosferyczne obserwacji (pomiar w zimie) śr. błąd śr. różnicy wysokości otrzymano:

$$m = \pm 0.2 \text{ mm}$$

6. Badanie sklepienia ceglanego o podwójnej krzywiznie podczas próbnego obciążenia

6.1 Wiadomości ogólne

Sklepienie o podwójnej krzywiznie wykonano w Ośrodku Doświadczalnym JTB w celu przeprowadzenia badań.

Całość sklepienia składała się z pięciu fal, a rozpiętość jego wynosiła L — 18 m, strzałka łuku $1/5 L$, zaś grubość sklepienia 6,5 cm. Wymiary jednej fali: rozpiętość 2,5 m strzałka 0,60 m.

Konstrukcja powyższa jest bardzo ekonomiczna pod względem zużycia materiałów, a szczególnie ze względu na wyeliminowanie stali, lekkość i duża wytrzymałość przemawiają za szerokim zastosowaniem sklepienia w budownictwie przemysłowym, jako pokrycia hal fabrycznych.

Badanie przy pomocy próbnego obciążenia miało na celu sprawdzenie maksymalnej nośności sklepienia.

Stosowano obciążenie ciągłe symetryczne i niesymetryczne, wywołane przy pomocy żwiru rozłożonego równomiernie w specjalnym deskowaniu na sklepieniu.

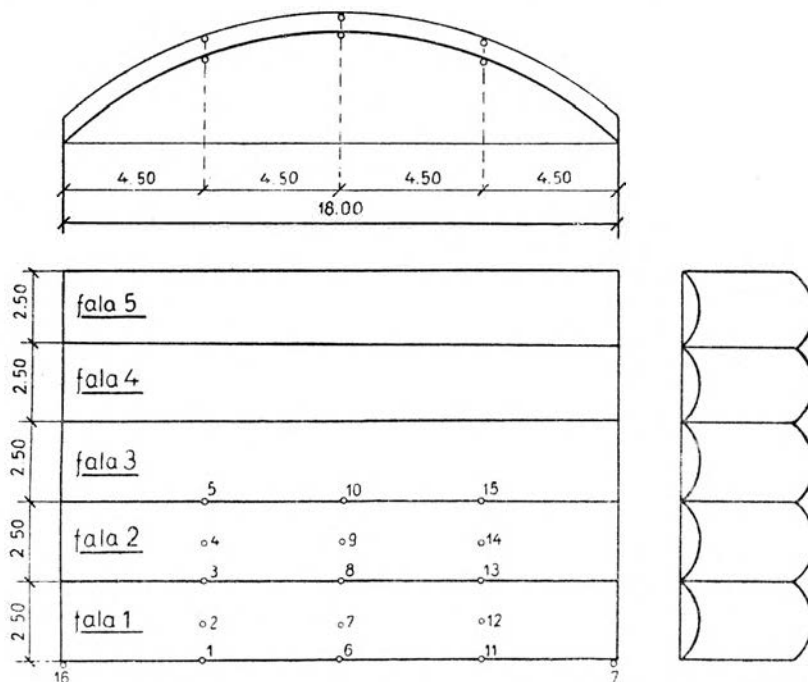
Na podstawie założeń statycznych ustalono wielkości sił dla obciążeń: symetrycznego i niesymetrycznego. (Wielkości te podano w tabl. 1 i 2 przy poszczególnych obserwacjach).

Pierwszą część badań przeprowadzono w miesiącach zimowych obciążając tylko dwie fale sklepienia.

Konstrukcja okazała się bardziej wytrzymała niż przewidywały obliczenia statyczne, zatem kierownictwo postanowiło poszerzyć program badań na całe sklepienie (pięć fal), a termin następnej serii obciążeń przełożyć na okres lata.

6. 2 Pomiar odkształceń i opracowanie wyników

Ugięcia sklepienia obserwowano na 1/4, 1/2, 3/4 rozpiętości. Rozmieszczenie punktów obserwowanych na konstrukcji przedstawiono na rys. 75.



Rys. 75

Dla stwierdzenia osiadania całości obiektu badanego pod wpływem wzrastania sił robiono obserwacje na krótkie łatki niwelacyjne, zamocowane na wieńcach podporowych sklepienia. (Numery łatek 16 i 17).

Tablica 1

Nr latki (rep.)	Dn. 20. XII. 52 r. obc. 200 kg/m ² Δ_1 m m	Dn. 20. XII. 52 r. obc. 200 kg m ² Δ_2 m m	Dn. 21. XII. 52 r. obc. 200 kg m ² Δ_3 m m	Dn. 22. XII. 52 r. obc. 219 kg/m ² Δ_1 m/m	Dn. 23. XII. 52 r. obc. 219 kg m ² Δ_5 m m	Dn. 24. XII. 52 r. obc. 480 kg m ² Δ_6 m m	Dn. 31. XII. 52 r. całkowite oddzia- lenie	Dn. 2. I. 53 r. obc. 104 kg m ² symetryczne	Dn. 2. I. 53 r. obc. 104 kg m ² syme- tryczne obc. 70 kg m ² niesymetr.	Dn. 2. I. 53 r. obc. 104 kg m ² syme- tryczne obc. 105 kg m ² niesymetr.	Dn. 1. I. 53 r. obc. 104 kg m ² syme- tryczne obc. 210 kg m ² niesymetr.	Dn. 7. I. 53 r. obc. 104 kg m ² syme- tryczne obc. 350 kg m ² niesymetr.	Dn. 8. I. 53 r. obc. 104 kg m ² syme- tryczne obc. 350 kg m ² niesymetr.
1	—	— 0.3	— 0.9	— 3.6	— 3.1	— 10.6	— 4.7	— 6.2	— 7.2	— 7.9	— 10.3	— 13.9	— 15.1
2	— 0.4	— 0.4	— 0.8	— 3.2	— 3.2	— 12.0	— 6.3	— 7.7	— 8.4	— 9.2	— 11.0	— 14.1	— 15.0
3	— 0.4	— 0.1	— 0.3	— 2.8	— 2.8	— 11.8	— 5.9	— 7.3	— 8.3	— 8.9	— 10.7	— 13.9	— 14.7
4	— 0.4	— 0.1	— 0.1	— 2.8	— 2.8	— 11.0	— 6.1	— 7.3	— 8.1	— 8.6	— 10.2	— 12.3	— 13.3
5	— 0.4	— 0.1	— 0.2	— 1.6	— 1.6	— 6.5	— 3.8	— 4.2	— 4.8	— 5.3	— 6.4	— 8.3	— 8.7
6	0.0	+ 0.9	+ 0.6	— 4.8	— 5.2	— 23.0	— 10.8	— 14.1	— 14.9	— 15.4	— 16.4	— 18.1	— 18.3
7	— 0.7	— 0.1	— 0.2	— 5.1	— 5.4	— 18.0	— 8.8	— 11.5	— 12.0	— 12.4	— 13.1	— 14.6	— 14.8
8	— 0.4	+ 0.1	+ 0.8	— 3.9	— 4.1	— 15.4	— 7.2	— 9.7	— 10.2	— 9.6	— 11.2	— 12.5	— 12.7
9	— 0.5	— 0.2	+ 0.2	— 2.7	— 2.8	— 13.9	— 7.2	— 9.1	— 9.6	— 10.0	— 10.7	— 11.8	— 11.8
10	— 0.5	0.0	+ 0.4	— 2.2	— 2.3	— 8.2	— 4.0	— 5.4	— 5.6	— 5.8	— 6.3	— 7.3	— 7.3
11	— 0.2	+ 0.2	+ 0.1	— 0.7	— 0.6	— 2.8	— 2.4	— 3.0	— 2.1	— 1.7	— 0.1	+ 3.0	+ 3.8
12	— 0.2	+ 0.2	— 0.5	— 1.7	— 1.7	— 3.8	— 2.3	— 3.2	— 2.7	— 2.5	— 1.7	+ 0.1	+ 0.6
13	— 0.3	+ 0.2	— 0.2	— 1.6	— 1.5	— 2.8	— 1.4	— 2.2	— 1.7	— 1.6	— 0.5	+ 1.2	+ 2.0
14	— 1.2	— 0.6	— 0.8	— 2.0	— 1.9	— 2.9	— 2.1	— 2.7	— 2.4	— 2.4	— 1.5	+ 0.1	+ 0.6
15	— 0.7	— 0.1	— 0.5	— 1.1	— 1.0	— 0.7	— 0.7	— 0.9	— 0.5	— 0.5	0.1	+ 1.4	+ 1.9
16	+ 0.1	—	—	— 0.5	— 0.4	— 1.4	— 1.3	— 1.5	— 1.4	— 1.5	— 1.5	— 1.6	— 1.6
17	0.0	—	—	— 0.4	— 0.2	— 0.2	— 0.8	— 0.7	— 0.5	— 0.8	— 0.8	— 0.7	— 0.5

Data obciążenia																																																																	
8. VIII. 53. godz. 10,00 obc. ciągłe symet. na całym sklepieniu, 104 kg/m ²		8. VIII. 53. godz. 15,00 300 kg/m ² na całym sklepieniu		10. VIII. 53. godz. 8,00 obc. 300 kg/m ² po 41 godzinach		10. VIII. 53. godz. 15,30 obc. 500 kg/m ²		11. VIII. 53. godz. 7,30 obc. 500 kg/m ² po 16 godzinach		11. VIII. 53. godz. 14,00 obc. 600 kg/m ²		12. VIII. 53. godz. 8,00 obc. 600 kg/m ² po 18 godzinach		12. VIII. 53. godz. 15,30 odciąż. niezupełne		13. VIII. 53. godz. 15,00 po odciążeniu 0 kg/m ²		13. VIII. 53. godz. 17,00 0 kg/m ² po 2 godzinach		14. VIII. 53. godz. 8,00 0 kg/m ² po 15 godzinach		14. VIII. 53. godz. 10,00 wybito otwór w fali 3 — 1 m ² od północy		14. VIII. 53. godz. 12,00 obc. jak wyżej po 2 godzinach		17. VIII. 53. godz. 7,30 obc. jak wyżej po 69 godzinach		17. VIII. 53. godz. 12,00 obc. fali 3—200 kg/m ²		17. VIII. 53. godz. 16,00 obc. fali 3—200 kg/m ² po 6 godzinach		18. VIII. 53. godz. 10,00 obc. 0 kg m ² po 2 godzinach		18. VIII. 53. godz. 12,00 wybito otwór w fali 3 — 1 m ² od południa		18. VIII. 53. godz. 14,00 obc. jak wyżej po 2 godzinach		19. VIII. 53. godz. 11,00 wybito otwór w fali 3 — 22,5 m		Obser. XX ze względu na szereg poruszonych latek, zerowa		19. VIII. 53. godz. 13,00 wybito w fali 3 — 22,5 m ² po 2 godzinach		20. VIII. 53. godz. 8,30 obc. jak wyżej 21,5 godz. po wyb. otworu		20. VIII. 53. godz. 16,00 obc. fali 2 i 4—300 kg m ² , fali 3—200 kg/m ²		21. VIII. 53. godz. 7,30 obc. jak wyżej po 17,5 godzinach		21. VIII. 53. godz. 15,00 odciążenie fal 2, 3, 4 obserwacja po 2 godz.		22. VIII. 53. godz. 7,30 obc. jak wyżej po 18,5 godzinach		22. VIII. 53. godz. 10,45 niesymetryczne obciążenie fali 4,5—300 kg/m ²		22. VIII. 53. godz. 12,00 obciążenie jak wyżej 400 kg/m ²		22. VIII. 53. godz. 13,30 obciążenie jak wyżej 500 kg/m ²		24. VIII. 53. godz. 7,30 obciążenie jak wyżej 500 kg/m ² po 30 godz.		24. VIII. 53. godz. 11,00 po załamaniu sklepienia (fal 3, 4, 5)			
Nr latki	różnica 1 obser. I	r. 2 o. II	r. 3 o. III	r. 4 o. IV	r. 5 o. V	r. 6 o. VI	r. 7 o. VII	r. 8 o. VIII	r. 9 o. IX	r. 10 o. X.	r. 11 o. XI	r. 12 o. XII	r. 13 o. XIII	r. 14 o. XIV	r. 15 o. XV	r. 16 o. XVI	r. 17 o. XVII	r. 18 o. XVIII	r. 19 o. XIX	r. 20 o. XX	o. XX		r. 1' o. XXI	r. 2' o. XXII	r. 3' o. XXIII	r. 4' o. XXIV	r. 5' o. XXV	r. 6' o. XXVI	r. 7' o. XXVII	r. 8' o. XXVIII	r. 9' o. XXIX	r. 10' o. XXX	r. 11' o. XXXI	U w a g i																															
1	— 2,6	— 1,5	— 2,2	+ 0,1	— 1,1	+ 0,8	+ 0,3	— 0,1	— 0,9	— 0,8	— 1,7	— 1,1	— 0,8	— 1,2	— 1,3	— 1,0	— 1,0	— 0,8	— 0,8	— 0,8			+ 0,1	— 0,5	+ 0,1	— 0,5	+ 0,1	— 0,3	— 1,5	— 1,8	— 2,2	— 2,6	+ 1,2	Obserwacja zerowa dla przesunięć pionowych wykonana dn. 5. VIII. godz. 9,30																															
2	— 1,3	— 0,7	— 1,4	+ 0,2	— 0,9	+ 0,6	— 0,0	+ 0,5	+ 1,4	+ 1,1	+ 0,3	+ 1,2	+ 1,4	+ 0,6	+ 0,7	+ 0,6	+ 1,1	+ 1,3	+ 1,5	+ 1,2			+ 0,1	— 0,7	— 0,2	— 1,3	— 0,1	— 0,5	— 1,4	— 1,6	— 2,0	— 2,7	+ 0,8																																
3	— 2,6	— 2,4	— 2,6	— 1,9	— 2,5	— 1,8	— 1,8	— 1,3	0,0	0,0	— 0,8	— 0,3	+ 0,2	— 0,3	— 0,5	— 0,4	— 0,1	0,0	+ 0,1	0,0			+ 0,3	— 0,4	— 1,2	— 1,7	— 0,2	— 0,1	— 1,5	— 1,8	— 2,5	— 3,1	+ 0,8																																
4	— 1,7	— 1,8	— 2,2	— 1,9	— 2,6	— 2,0	— 2,3	— 1,0	— 0,3	+ 1,1	+ 0,6	+ 1,2	+ 1,6	+ 0,9	+ 0,6	+ 0,6	+ 0,8	+ 0,9	+ 1,0	— 0,2			+ 0,1	— 0,3	— 2,2	— 2,1	+ 2,1	+ 1,4	— 0,1	— 0,4	— 0,9	— 2,0	+ 4,1																																
5	— 1,7	— 2,2	— 2,4	— 3,2	— 3,6	— 3,8	— 3,6	— 1,8	+ 0,3	+ 0,1	— 0,3	+ 0,2	+ 0,6	+ 0,1	— 0,8	— 0,5	+ 0,1	+ 0,4	+ 0,6	poruszony			+ 0,2	— 0,6	— 5,0	— 4,8	— 1,3	— 1,4	— 4,2	— 7,1	— 7,0	— 9,2	poruszony																																
6	— 4,0	— 3,4	— 3,3	— 3,3	— 4,6	— 3,5	— 4,0	— 2,9	+ 0,1	— 0,3	— 1,0	0,0	+ 0,4	— 0,5	— 0,5	— 0,5	+ 0,3	+ 0,6	+ 0,6	+ 0,3			0,0	— 1,0	— 2,1	— 3,4	— 0,7	— 0,7	— 0,7	— 0,6	— 0,6	— 0,6	+ 0,1																																
7	— 3,4	— 3,1	— 4,2	— 3,8	— 5,1	— 4,4	— 5,1	— 3,0	— 0,3	— 0,7	— 1,6	— 0,5	+ 0,3	— 0,9	— 1,1	— 1,2	— 0,2	0,0	+ 0,2	+ 0,4			+ 0,1	— 1,1	— 1,3	— 2,6	— 0,2	— 0,6	— 0,7	— 0,5	— 0,4	— 0,7	+ 0,8																																
8	— 3,2	— 3,5	— 4,3	— 4,8	— 5,8	— 5,8	— 5,9	— 3,8	— 0,6	— 0,9	— 1,7	— 0,9	— 0,1	— 0,9	— 1,3	— 1,1	— 0,5	— 0,2	0,0	+ 0,4			+ 0,6	— 0,7	— 1,9	— 2,8	+ 0,2	+ 0,1	— 0,2	— 0,1	— 0,1	— 0,1	+ 1,1																																
9	— 3,7	— 4,2	— 5,0	— 5,9	— 6,9	— 7,0	— 7,2	— 4,6	— 0,9	— 1,4	— 2,1	— 1,2	— 0,2	— 1,5	— 1,6	— 1,5	— 0,8	— 0,6	— 0,3	+ 1,3			+ 0,5	— 0,6	— 1,8	+ 0,3	+ 0,8	+ 0,4	+ 0,2	+ 0,1	+ 0,1	0,0	+ 4,7																																
10	— 4,0	— 5,2	— 5,6	— 7,8	— 8,3	— 9,2	— 9,0	— 6,0	— 1,7	— 2,1	— 2,4	— 1,5	— 0,7	— 1,5	— 2,2	— 1,8	— 1,1	— 0,6	— 0,6	poruszony			+ 0,6	— 0,1	+ 0,8	+ 1,0	— 1,2	— 1,2	— 1,8	— 2,2	— 2,0	— 1,9	+ 5,4																																
11	— 1,6	— 2,4	— 2,8	— 4,2	— 5,1	— 6,4	— 6,5	— 4,4	poruszony	— 0,2	— 0,5	0,0	+ 0,4	— 0,3	— 0,1	+ 0,2	+ 0,1	+ 0,4	+ 0,5	poruszony			+ 0,3	— 0,8	0,0	— 0,4	+ 0,4	— 0,2	+ 1,4	+ 1,9	+ 2,6	+ 2,9	— 1,2																																
12	— 2,1	— 2,5	— 3,1	— 3,6	— 4,6	— 5,0	— 5,3	— 3,6	— 1,4	— 1,7	— 2,0	— 1,5	— 1,0	— 1,8	— 1,6	— 1,6	— 1,7	— 1,0	— 0,9	— 0,9			+ 0,3	— 0,8	— 0,3	— 0,9	+ 0,3	— 0,5	+ 0,8	+ 1,3	+ 1,7	+ 1,8	0,0																																
13	— 2,4	— 2,8	— 3,5	— 4,3	— 5,2	— 5,9	— 6,0	— 4,1	— 1,9	— 2,2	— 2,6	— 2,0	— 1,7	— 1,3	— 2,1	— 2,1	— 1,9	— 1,6	— 1,5	poruszony			+ 0,3	— 0,7	— 0,5	— 1,1	+ 0,5	— 0,3	+ 1,3	+ 1,6	+ 2,3	poruszony	— 2,7																																
14	— 2,2	— 2,8	— 3,3	— 4,1	— 5,0	— 5,7	— 5,9	— 3,9	— 1,6	— 2,1	— 2,4	— 1,8	— 1,3	— 2,0	— 1,9	— 2,1	— 1,6	— 1,4	— 1,2	poruszony			+ 0,1	— 0,7	— 0,4	— 1,6	0,0	— 0,7	+ 0,3	+ 0,7	+ 1,3	+ 1,4	— 6,1																																
15	— 2,2	— 3,5	— 4,0	— 5,2	— 5,9	— 7,0	— 7,1	— 4,3	poruszony	— 0,0	— 0,4	+ 0,3	+ 0,6	0,0	— 0,2	— 0,1	+ 0,2	+ 0,6	+ 0,6	poruszony			0,0	— 0,9	— 4,5	— 5,6	poruszony		+ 3,4	+ 4,7	+ 6,1	+ 6,6	poruszony																																
16	— 0,2	— 0,5	— 0,4	— 0,5	— 0,2	— 0,7	— 0,7	— 0,4	— 0,5	— 0,2	— 0,3	— 0,3	— 0,5	— 0,3	— 0,5	— 0,3	— 0,2	— 0,2	— 0,2	— 0,2			0,0	— 0,0	— 0,1	— 0,1	— 0,2	+ 0,1	+ 0,1	+ 0,0	+ 0,1	— 0,4	0,0																																
17	— 0,1	— 0,1	— 0,1	— 0,2	— 0,0	— 0,3	— 0,2	— 0,2	0,0	— 0,0	— 0,1	— 0,1	— 0,2	— 0,1	— 0,2	— 0,1	— 0,1	— 0,1	— 0,1	— 0,1			0,0	— 0,1	— 0,2	+ 0,1	— 0,1	— 0,1	— 0,1	0,0	0,0	— 0,1	— 0,2																																

Pomiar odkształceń w płaszczyźnie pionowej odbywał się podobnie jak w opisanym powyżej badaniu kanoidy, przy pomocy niwelacji precyzyjnej. Obserwacje wykonano na specjalnie wybudowanym stanowisku (słup z cegły z daszkiem przeciwsłonecznym). Pomiary niwelacyjne dowiązane były do trzech reperów stałych rozmieszczonych na sąsiednich budynkach.

W celu zamocowania krótkich łątek niwelacyjnych w miejscach wskazanych na rysunku 4 zabetonowano pionowo zwisające pręty stalowe o $\varnothing$ 15 mm.

Na prętach przytwierdzono trwale na jednym poziomie łątki niwelacyjne tak, by celowa niwelatora przebiegała w przybliżeniu w połowie podziału łątek. Pomierzono przy tym długości prętów od miejsca zamocowania w konstrukcji, do środka łątki, dla wyznaczenia poprawki długości ze względu na zmianę temperatury podczas poszczególnych obserwacji.

Przed rozpoczęciem obciążeń wykonano pomiar wyjściowy, natomiast pod działaniem sił zrobiono trzynaście obserwacji (w I etapie). Maksymalne przesunięcie pod wpływem obciążenia 480 kg/m^2 wynosiło 22,2 mm (po uwzględnieniu osiadania podpór).

Występowało ono w środku skrajnej krawędzi w punkcie 6, zaś największe odkształcenie trwale (po odciążeniu) stwierdzono również w punkcie 6, wielkość jego wynosiła 10,8 mm.

Śr. błąd śr. różnicy wysokości równał się ok. $\pm 0,04 \text{ mm}$.

Wyniki pomiarów w formie zestawienia tabelarycznego z I-go i II okresu badań podane zostały w niniejszej pracy (tabl. 1 i 2).

Jak widać z zestawienia wyników w drugim etapie pomiar wykazywał znacznie mniejsze przesunięcia niż w badaniu pierwszym.

7. Badanie odkształceń łuku wielościągowego

Autor projektu konstrukcji zastosował do dźwigarów łukowych ściągi wzmacniające w postaci prętów stalowych.

Ściągi te zamocowano w tzw. węzłach, rozmieszczonych równomiernie na obwodzie łuku (rys. 79).

Według opinii fachowców konstrukcja nasuwała znaczne trudności przy wyznaczaniu statycznym; zatem określone w przybliżeniu własności techniczne należało sprawdzić doświadczalnie.

Stalowa konstrukcja dachowa (o rozpiętości 50 m i strzałce 10 m) poddana badaniu, składała się z trzech dźwigarów, połączonych w pewną całość. Program badań przewidywał obciążenie środkowego dźwigaru skupionymi siłami pionowymi. Obciążenia te o wielkości 2500 kg, 5,0 tys.,

Zestawienie wyników z pomiaru przesunięć pionowych łuku obciążenia siłami pionowymi

L. p.	Data	Obciążenie środkowego węzła siłą pionową w kg	Węzeł B		Węzeł C		Węzeł D		Węzeł E	
			Rzędna	przesun. pionowe	Rzędna	przesun. pionowe	Rzędna	przesun. pionowe	Rzędna	przesun. pionowe
1	30. V. 1952 r.	0 kg	1177.3		1187.7		1042.5		1055.6	
2		2500 kg	1177.3	0.0	1187.1	- 0.6	1041.2	- 1.3	1052.6	- 3.0
3		2500 kg	1177.3	0.0	1187.9	+ 0.2	1043.1	+ 0.6	1055.0	- 0.6
4		5000 kg	1178.0	+ 0.7	1189.2	+ 1.5	1045.8	+ 3.4	1055.6	0.0
5	14. V. 1952 r.	7500 kg	1176.3	- 1.0	1188.2	+ 0.5	1057.6	+ 15.1	1048.5	- 7.1
6		10000 kg	1177.3	0.0	1189.1	+ 1.4	1059.3	+ 16.8	1048.0	- 7.6
7		12500 kg	1177.9	+ 0.6	1190.6	+ 2.9	1062.9	+ 20.4	1046.7	- 8.9
8		15000 kg	1178.7	+ 0.8	1190.3	+ 2.6	1069.4	+ 26.9	1047.8	- 7.8

Zestawienie wyników z pomiaru przesunięć pionowych łuku wielościągowego

L. p.	Data	Odciążenie środkowego węzła	Węzeł B		Węzeł C		Węzeł D		Węzeł E	
			Rzędna	przesun. pionowe	Rzędna	przesun. pionowe	Rzędna	przesun. pionowe	Rzędna	przesun. pionowe
1	30. V. 1952 r.	0 kg przed obciążeniem	1177.3		1187.7		1042.5		1055.6	
2		0 kg po odciążeniu 2500 kg	1177.2	w gran. bł.	1187.1	- 0.6	1041.6	- 0.9	1054.1	- 1.5
3		0 kg po odciążeniu 2500 kg	1177.2	w gran. bł.	1188.0	+ 0.3	1043.0	+ 0.5	1056.6	+ 1.0
4	14 i 15 X. 1952 r.	0 kg po odciążeniu 5000 kg	1176.2	- 1.1	1185.2	- 2.5	1051.2	+ 8.7	1047.0	- 8.6
5		0 kg po odciążeniu 7500 kg	1175.8	- 1.5	1185.5	- 2.2	1052.1	+ 9.6	1048.5	- 7.1
6		0 kg po odciążeniu 10000 kg	1176.1	- 1.2	1186.3	- 1.4	1053.1	+ 10.6	1047.8	- 7.8
7		0 kg po odciążeniu 12500 kg	1176.2	- 1.1	1186.5	- 1.2	1053.7	+ 11.2	1050.1	- 5.5

wielościągowego względem położenia pierwotnego pod wpływem
środkowego węzła

Tablica 3

Węzeł O		Węzeł E'		Węzeł D'		Węzeł C'		Węzeł B'		U w a g i
Rzędna	przesun. pionowe	Rzędna	przesun. pionowe	Rzędna	przesun. pionowe	Rzędna	przesun. pionowe	Rzędna	przesun. pionowe	
1005.9		1164.0		1121.8		1114.8		1157.3		Między obser- wacjami 3 i 4 była przerwa 5 mies. Pod koniec przerwy wyko- nywano próby obciążenia Obserwacja 7 faktyczne ob- ciążenie mniej- sze od 15 ton gdyż ciężar opierał się o grunt (konstrukcję załamano)
987.7	- 18.2	1159.5	- 4.5	1120.8	- 1.0	1114.8	0.0	1157.6	+ 0.3	
988.8	- 17.1	1160.7	- 3.3	1121.9	+ 0.1	1114.7	- 0.1	1157.1	- 0.2	
978.2	- 27.7	1160.6	- 3.4	1124.0	+ 2.2	1115.5	+ 0.7	1158.0	+ 0.7	
953.1	- 52.8	1149.2	-14.8	1118.4	- 3.4	1114.8	0.0	1158.2	+ 0.9	
938.7	- 67.2	1145.9	-18.1	1119.5	- 2.3	1115.6	+ 0.8	1158.5	+ 1.2	
910.5	- 95.4	1142.1	-21.9	1121.8	0.0	1117.3	+ 2.5	1159.3	+ 2.0	
793.7	-212.2	1137.9	-26.1	1126.2	+ 4.4	1115.8	+ 1.0	1159.3	+ 2.0	

względem położenia pierwotnego pod wpływem odciążenia (odkształcenia) trwale

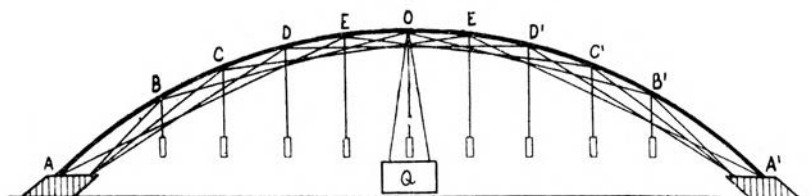
Tablica 4

Węzeł O		Węzeł E'		Węzeł D'		Węzeł C'		Węzeł B'		U w a g i
Rzędna	prze sun. pionowe	Rzędna	przesun. pionowe	Rzędna	przesun. pionowe	Rzędna	przesun. pionowe	Rzędna	przesun. pionowe	
1005.9		1164.0		1121.8		1114.8		1157.3		Między obser- wacjami 3 i 4 była przerwa 5 miesięcy Pod koniec przerwy wyko- nywano próby obciążenia
994.8	-11.1	1161.0	- 3.0	1120.7	- 1.1	1114.8	0.0	1157.1	- 0.2	
996.7	- 9.2	1163.6	- 0.4	1122.3	+ 0.5	1114.9	w gran. bł.	1157.0	- 0.3	
984.0	-21.9	1153.0	-11.0	1114.5	- 7.3	1113.1	- 1.7	1156.4	- 0.9	
985.8	-20.1	1155.2	- 8.8	1116.4	- 5.4	1113.1	- 1.7	1156.3	- 1.0	
979.3	-26.6	1153.2	-10.8	1116.1	- 5.7	1114.4	- 0.4	1156.5	- 0.8	
978.1	-27.8	1155.0	- 9.0	1116.7	- 5.1	1113.8	- 1.5	1156.7	- 0.6	

Zestawienie wyników z pomiaru przesunięć poziomych łuku wieleściowego

Nr węzła	K o ł o p o z i o m e „H”				
	Obserwacja 0 dn. 13. X. 52 r.	Obserwacja 1 dn. 14. X. 52 r.	Obserwacja 2 dn. 14. X. 52 r.	Obserwacja 3 dn. 14. X. 52 r.	Obserwacja 4 dn. 14. X. 52 r.
	obciążenie 0 kg	obciążenie 7500 kg	obciążenie 10000 kg	obciążenie 12500 kg	obciążenie 15000 kg
A'	3°25'50''0	25'54''0	25'51''0	25'56''0	26'33''1
B'	4°22'03''0	22'00''0	21'57''5	21'58''0	22'25''3
C'	4°53'23''0	53'06''0	53'07''0	53'08''0	53'28''8
D'	4°47'59''0	47'42''0	47'41''5	47'47''0	47'58''1
E'	5°38'03''5	37'42''0	37'46''0	37'46''0	33'07''3
O	5°04'51''5	04'37''0	04'40''0	04'39''0	04'36''3
C	5°10'33''5	10'22''5	10'22''5	10'31''0	10'38''6
B	5°14'20''0	14'23''0	14'23''0	14'28''0	14'25''0

7,5 tys., 10 tys., 12,5 tys. kg i 15 tys. kg przykładano w środkowym węźle konstrukcji. Do obciążeń użyto zawieszonego na linach wyskalowanego zbiornika z wodą (o pojemności 20 m³). Przed obciążeniem zbiornik opierał się na 4 lewarach hydraulicznych. Dla wywołania obciążenia opusz-



Rys. 76

czano lewary i wówczas zbiornik wisiał na linach, ciężarem swym powodując obciążenie konstrukcji. Łatki niwelacyjne rozmieszczono w 9-ciu węzłach na zwisających pionowo prętach stalowych (rys. 76), natomiast dla badania przesunięć poziomych osi dźwigaru przyspawano w 9-ciu węzłach celowniki do pomiaru metodą tyczenia (rys. 77).

7. 1 Pomiar odkształceń

Badanie odkształceń konstrukcji przeprowadzano w płaszczyźnie pionowej i poziomej (równocześnie). Pomiar przesunięć pionowych wykonano przy pomocy niwelacji oraz podobnie jak w omawianych powyżej badaniach. Zaś wychylenia osi dźwigaru w poziomie obserwowano metodą tyczenia omawianej w p. 3 niniejszego artykułu.

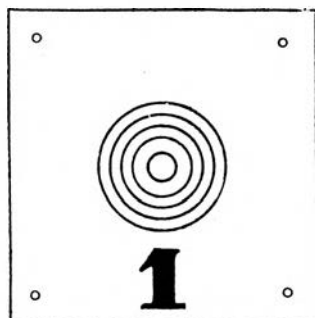
Rozmieszczenie stanowisk instrumentów względem położenia łuku usytuowano jak na rys. 78. Obliczone z pomiarów wyniki przesunięć poszczególnych węzłów zestawiono w tabelach (tabl. 3, 4, 5).

odchylenia osi pod wpływem obciążania siłami pionowymi w środkowym węźle

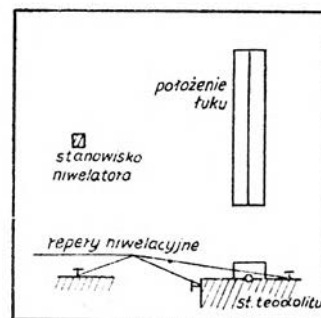
Tablica 5

Różnice katowe „H” sek				$H = \frac{c}{\rho}$	Przesunięcia poziome m/m				U w a g i
0-1	0-2	0-3	0-4		0-1	0-2	0-3	0-4	
7500 kg	10000 kg	12500 kg	15000 kg		7500 kg	10000 kg	12500 kg	15000 kg	
+ 4''0	+ 1''0	+ 6''0	+ 43''1	0.072	+0.3	+0.1	+0.4	+ 3.1	Obserwacja 4: Faktyczne obciążenie nie większe od 15 ton gdź ciężar opierał się o grunt po załamaniu środkowego dźwigaru
- 3''0	- 5''5	- 5''0	+ 22''3	0.092	-0.3	-0.5	-0.5	+2.0	
-17''0	-16''0	-15''0	+ 5''8	0.113	-1.9	-1.8	-1.7	+0.6	
-17''0	-17''5	-12''0	- 0''9	0.137	-2.3	-2.4	-1.6	-0.1	
-21''5	-17''5	-17''5	+ 3''8	0.163	-3.5	-2.8	-2.8	+0.6	
-14''5	-11''5	-2''5	-15''2	0.190	-2.8	-2.2	-2.4	-2.9	Z powodu zasłonięcia rusztowaniem węzły D i E nie były obser- wowane.
-11''0	-11''0	-2''5	+ 5''1	0.288	-3.2	-3.2	-0.7	+1.5	
+ 3''0	+ 3''0	+ 8''0	+ 5''0	0.308	+0.9	+0.9	+2.5	+1.5	

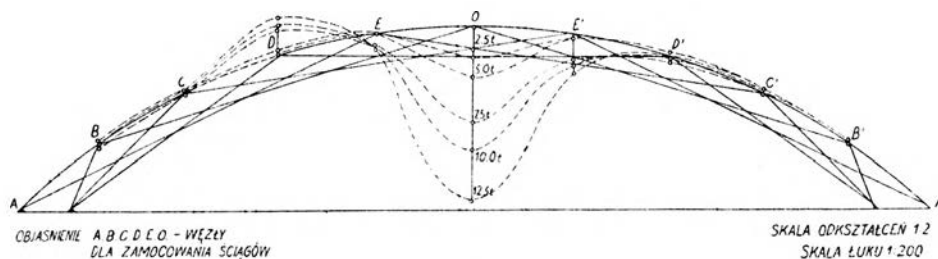
Dla ilustracji załączamy 2 zestawienia wyników z pomiaru niwelacyjnego i jedno zestawienie z pomiaru przesunięć poziomych osi oraz wy-



Rys. 77



Rys. 78



Rys. 79

kres ugięcia łuku (rys. 79). Maksymalna wartość przesunięcia w środkowym węźle wynosi 95.4 mm przy obciążeniu 12.500 kg, zaś odkształcenie

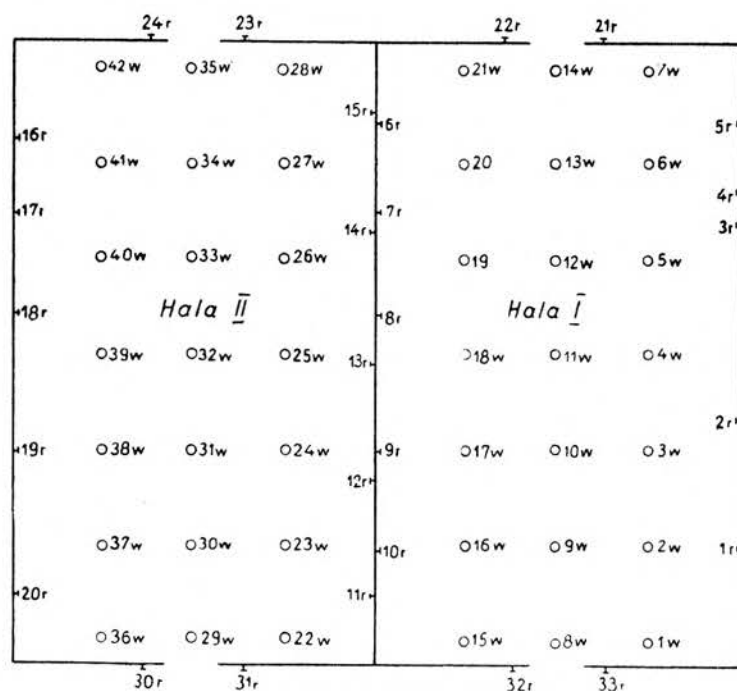
trwałe tego punktu wynosi 27,8 mm (po wyłączeniu siły). Przy 15 tys. kg łuk uległ zniszczeniu (w miejscu przyłożenia siły).

Śr. błąd śr. różnicy wysokości równa się 0,2 mm.

Jak widać z wykresu łuk nie pracował symetrycznie, przyczyną tego mógł być niejednakowy naciąg ściągow, bądź nieściśle symetryczne zawieszenie zbiornika.

8. Badanie osiadania i odkształcenia stropów hal garaży pod wpływem ciężaru własnego

Na terenie jednej z warszawskich stacji obsługi samochodowej hale garaży pokryto stropem bezsłupowym.

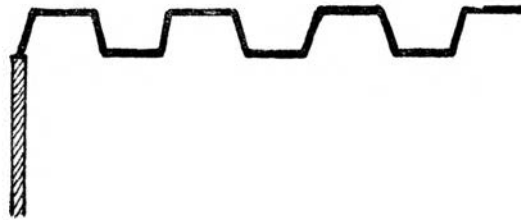


Rys. 80

Rozpiętość stropów wynosiła ok. 30×50 m. Zastosowano tam żelbetonową konstrukcję dachową, o dużym momencie bezwładności, kształt jej przypomina ściankę Larssena (rys. 81).

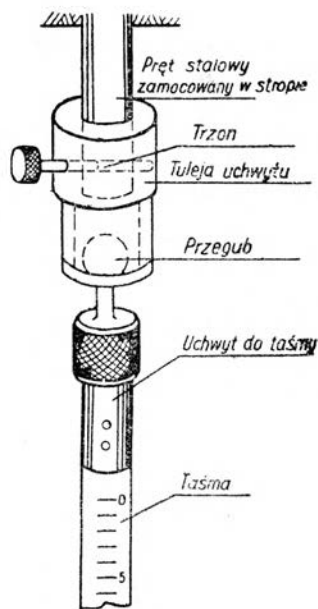
Hale wybudowano na słabym gruncie. Z uwagi również na możliwości znacznego dodatkowego obciążenia stropów podczas opadów śnieżnych (kształt stropu sprzyja gromadzeniu się na nim śniegu, szczególnie w zagłębieniach), postanowiono przeprowadzić badania osiadania hal i odkształceń stropów. Pomiaru odkształceń dokonywali pracownicy Geodezyjnego Instytutu Naukowo-Badawczego.

Program badań przewidywał wykonanie 2-ch obserwacji metodą niwelacji precyzyjnej, w celu stwierdzenia wielkości odkształceń stropów i osiadań murów podporowych pod wpływem ciężaru własnego.

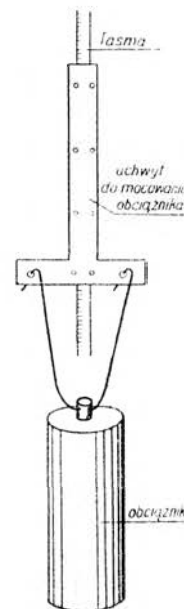


Rys. 81

Rozmieszczenie reperów niwelacyjnych w punktach badanych przedstawiono na rys. 80. W ścianach hal osadzono repy pozwalające na ustawianie normalnej łąty niwelacyjnej, natomiast w stropach zamocowano



Rys. 82



Rys. 83

bolce stalowe, na których zawieszono taśmę z przytwierdzoną do niej krótką, metalową łątką niwelacyjną. Taśma wraz z łątką posiadała przegubowy uchwyt (rys. 82) pozwalający na jednoznaczne zawieszenie jej na każdym reperze. Dla utrzymania taśmy w pionie podczas pomiaru, stosowano obciążenie 5 kg, rys. 83.

Tablica 6
Zestawienie przesunięć pionowych
hal I - II (garaży)

Hala I		Hala II	
Obserwacja I dn. 11.-14.VIII 52.		Obserwacja I dn. 11.-14.VIII 52	
Obserwacja II dn. 11.-14.VIII 52		Obserwacja II dn. 11.-14.VIII 52	
Nr reperu	Przesunięcia w mm	Nr reperu	Przesunięcia w mm
1 _w	-1.9	22 _w	-1.3
2 _w	-2.3	23 _w	-1.6
3 _w	-2.6	24 _w	-1.7
4 _w	-2.0	25 _w	-1.8
5 _w	-2.0	26 _w	-1.4
6 _w	-2.2	27 _w	-1.3
7 _w	-2.6	28 _w	-1.4
8 _w	-1.9	29 _w	-2.2
9 _w	-2.3	30 _w	-2.7
10 _w	-3.1	31 _w	-3.0
11 _w	-2.2	32 _w	-2.9
12 _w	-2.4	33 _w	-2.1
13 _w	-2.3	34 _w	-1.8
14 _w	-2.9	35 _w	-2.2
15 _w	-1.2	36 _w	-2.2
16 _w	-1.4	37 _w	-2.5
17 _w	-1.7	38 _w	-2.7
18 _w	-1.1	39 _w	-2.4
19 _w	-1.1	40 _w	-1.5
20 _w	-1.1	41 _w	-1.3
21 _w	-1.1	42 _w	-1.7
1 _r	-0.5	11 _r	-0.6
2 _r	-0.6	12 _r	niedostępny
3 _r	-0.7	13 _r	-0.7
4 _r	-0.7	14 _r	-0.7
5 _r	-0.7	15 _r	-0.7
6 _r	-0.3	16 _r	niedostępny
7 _r	-0.6	17 _r	-0.5
8 _r	-0.6	18 _r	-0.5
9 _r	niedostępny	19 _r	-0.4
10 _r	-0.7	20 _r	-0.6
21 _r	-1.2	23 _r	-0.9
22 _r	niedostępny	24 _r	-1.0
32 _r	źle osadzonej	30 _r	-0.9
33 _r	-0.3	31 _r	-1.0

Objaśnienie:

w — oznaczono repéry na stropie

r — oznaczono repéry na ścianach

Łatę niwelacyjną przymocowano do taśmy przy pomocy dwóch śrub (przechodzących przez otworki decymetrowe taśmy) na odpowiedniej wysokości dogodne do pomiaru.

Obserwację wyjściową z dowiązaniem do trzech reperów odniesienia (rozieszczonych na okolicznych domach) wykonano w połowie lipca 1952 r. Po upływie miesiąca zrobiono następny pomiar.

Przesunięcia reperów umieszczonych na ścianach nośnych obliczono metodą zawarunkowaną, natomiast wielkości ugięć stropów wyznaczono z różnic rzędnych obserwacji wyjściowej i aktualnej w oparciu o repéry ściennie (wyrównane). Wielkość przesunięć poszczególnych punktów oddzielnie dla każdej hali zestawiono w załączonej tabeli (tabl. 6). Analizując podane wyniki stwierdzić można, że stropy wyraźnie ulegają pewnemu odkształceniu (ugięciu), przy czym największe wartości osiągnęły punkty 10w i 31w. Przesunięcia ich wynoszą po 2,5 mm po uwzględnieniu osiadania ścian podporowych (za okres 30 dni). Orientacyjny średni błąd różnicy wysokości:

$$m = \pm 0.2 \text{ mm.}$$

LITERATURA

- [1] *K. I. Bezuchow* — Ispytanije Stroitelnyh Konstrukcij i Sooruzenij. Moskwa — 1954.
- [2] *W. Jordan* — Handbuch der Vermessungskunde. Zweiter Band zweiter Halbrand. Stuttgart — 1933.
- [3] *T. Lazzarini* — Geodezyjne Pomiary Odkształceń. Prace GINB. Warszawa — 1952 r.
- [4] *T. Lazzarini* — Wyznaczenie Odkształceń Metodami Geodezyjnymi. Rocznik Geodezyjny 1954. Rozdz. 10a.
- [5] *J. Szymoński* — Instrumentoznastwo Geodezyjne. Część I. Warszawa — 1954.
- [6] *E. Warchałowski* — Niwelacja Geometryczna. Warszawa — 1923.
- [7] Inżynieria i Budownictwo. Roczniki 1952 i 1953
- [8] Materiały z badań konstrukcji stropowych, wykonywanych przez G. I. N. B.
- [9] *K. Tarnowski* — Geodezyjne pomiary Odkształceń przy badaniach hydrogeologicznych i gruntowych na terenie P. K. i N. Prace G.I.N.B. Warszawa — 1955.

СТЕФАН ЗЫКУБЕК

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕКРЫТИЙ

Содержание

Настоящая статья содержит в первой части общие указания для производства измерений и определения деформаций при пробных нагрузках новопроектированных конструкций.

Основана она главным образом на опытах и материалах, полученных при следующих исследованиях:

- 1) звенья пролётов покрытия фабричного корпуса в форме коноида,
- 2) кирпичного свода двойной кривизны,
- 3) стального свода со стяжками,
- 4) двух бесколонных перекрытий больших пролётов.

Подробное описание вышеуказанных исследований помещено в последних главах. Для определения деформаций в вертикальной плоскости применён метод нивелировки высокой точности.

При разработке общих указаний касающихся снабжения бригады исполнителей, равно как и дополнительного оборудования при применении указанного метода, рекомендуется, кроме нормального нивелировочного оборудования, применение металлических реек (дл. 0,5 м. с делением аналогично делению инварных реек), прочно подвешенных на отвесно свисающих металлических стержнях, закреплённых одним концом в исследуемых точках перекрытия.

В случае большого скопления наблюдаемых точек и возможности исполнения измерений с одной точки стояния, является полезным устройство кирпичного или бетонного столба вместо деревянного штатива.

Во главе „исполнение наблюдений и определение точности измерений“ обращается особое внимание на безупречное состояние инструментов и необходимость их проверки до начала измерений.

Указана формула средней погрешности средней разницы высот при парах наблюдений:

$$m = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[pdd]}{r}}$$

а также приближенная формула, в которой находятся разное количество наблюдений:

$$m = \pm \sqrt{\frac{1}{M}(m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + \dots)}$$

и формулы разработанные на основании анализа процессов работ и точности инструмента, заимствованные из трудов проф. Вархаловского и Иордана - Эггерта.

В зависимости от определённой погрешности средней разницы высот, указаны допускаемые расхождения:

- а) между главным и контрольным отсчётом на рейке,
- б) в нивелировке хода в главном и обратном направлении,
- в) увязки полигона.

Для определения деформаций горизонтальной плоскости применён метод разбивки (размещения пунктов), общей основой которого является определение составных горизонтальных смещений в направлении, перпендикулярном к так называемой прямой отнесения. В случае исследования растянутых конструкций применяются измерения деформаций по оси симметрии или по одному ребру наружных сводов. Величина смещений определена при помощи точных измерений параллактического угла, составленного направлениями между первоначальным (исходным) измерением и направлением на исследуемую точку визирования и длины от стоянки до исследуемой точки.

Ошибка определения углового смещения из двух наблюдений определяем по формуле:

$$m_\alpha = \pm \sqrt{p^2 + p^2 + (m_2^2)}$$

а величину погрешности определения линейного смещения по формуле:

$$m_r \cong \pm \frac{c}{\rho} m_\alpha$$

В энциклопедической форме указан тригонометрический метод определения горизонтальных смещений, так как не имел он практического применения в обсуждаемых работах.

Во второй части, представляющей собой отдельные исследования, указаны в таблицах и графиках окончательные выводы о деформациях для данного объекта, с одновременной характеристикой исследуемой конструкции с точки зрения строительной и прочности.

STEFAN ZYKUBEK

GEODETIC MEASUREMENTS OF DISTORTIONS OF ROOF STRUCTURES

S u m m a r y

The present work contains in the first part some general recommendations for the measuring and determining of distortions for the test loads of newly designed roof structures.

It is based chiefly on the experience and findings arrived at through the examinations of

1. conoid-shaped spaces of roof-covering;
2. brick-ceilings of double-curvature;
3. multi-traverse steel arches;
4. two pillarless large-span roofs.

A detailed description of the above examinations are included in the final part. The method of precise-levelling has been applied in order to determine distortions in the vertical plane.

When working out general recommendations on the measuring apparatus as well as the installation of subsidiary outfit this method necessitates beside the usual levelling outfit the application of metal rods (0,5 m long with a scale similar to that on the invar stadia rod) hinged permanently on vertically hanging metal rods attached at one end at the points of roof under observation. Should the points under observation be considerably congested and the whole measurement from one post possible, the erection of a brick or concrete pillar in place of a wooden tripod would be of advantage.

In the chapter on „the making of the observation and the determination of the precision of measurements“ much stress has been laid upon the necessity of the perfect condition of the instrument and of its checking before measurement is made.

A formula for mean error of the mean difference in height in pairs of observations

$$m = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[pdd]}{r}}$$

and an approximate formula for a different number of observations

$$m = \pm \sqrt{\frac{1}{M} (m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + \dots)}$$

as well as formulae elaborated on the basis of an analysis of the action and the precision of the instrument, quoted from works by Warchałowski and Jordan-Eggert.

In reference to the given mean error of the mean difference of height the following permissible divergences have been given:

- a) between the first and the second staff reading;
- b) in the levelling of a traverse there and back;
- c) in a closed travers.

In order to determine the distortions in the horizontal plane the method of setting out (ranging) points has been applied, essentially based upon the determination of the component horizontal shifts in the direction vertical to the so-called reference line. In the examination of elongated structures this method is applied to measuring distortion of the symmetry axis or of one of the outer edges of outer ceilings. The values of the shifts have been determined by a precise measurement of the paralactic angle contained between the direction of the original measurement and the new measurement of the point under examination, and of the distance from the post to the point under examination.

The error in the determination of the angular shift from two observations is calculated by means of the formula:

$$m_a = \pm \sqrt{p^2 + p'^2 + (m_2^2)}$$

and the value of the error in the determination of the linear shift by means of the formula:

$$m_s = \pm \frac{e}{p} m_a$$

The trigonometrical method of determining horizontal shifts was presented in an encyclopedic manner since it was of no practical use in the work discussed.

In the second part, which represent specific examinations the final values of distortions for given structure were shown in tables and diagrams and the structure under examination was discussed in terms of its construction and tensile strength.

Spis treści

KLEMENS TARNOWSKI

Geodezyjne pomiary odkształceń przy badaniach hydrogeologicznych i gruntowych na terenie Pałacu Kultury i Nauki im. Józefa Stalina w Warszawie . . . 235

STEFAN ZYKUBEK

Geodezyjne pomiary odkształceń konstrukcji stropowych 287

КЛЕМЕНС ТАРНОВСКИ

Геодезические наблюдения деформации при гидрологических и грунтовых исследованиях на строительной площади Д. К. и Н. им. Сталина в Варшаве . . . 283

СТЕФАН ЗЫКУБЕК

Геодезические измерения деформации конструкции перекрытия 313

Contents

KLEMENS TARNOWSKI

Geodetical surveying of deformations at hydrological and ground researches on the grounds of the Palace of Culture and Science in Warsaw 284

STEFAN ZYKUBEK

Geodetic Measurements of Distortions of Roof Structures 315

