



POLITECHNIKA KRAKOWSKA
Instytut Materiałów i Konstrukcji Budowlanych
Pracownia Konstrukcji Sprężonych
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków
tel./fax. 12 628 20 27

Temat: Wykonanie badań kontrolnych ugięć dźwigarów KBOS-24
w hali SO-1 oraz ocena stanu technicznego konstrukcji
nośnej w hali Stacji Obsługi Tramwajów MPK S.A.
w Krakowie „Nowa Huta” przy ul. Ujastek 12

Zleceniodawca: Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne S.A.,
31-060 Kraków, ul. Św. Wawrzyńca 13

Numer umowy: L-1/510/2016/P z dnia 08.07.2016

Zespół autorski: dr hab. inż. Andrzej Seruga, prof. PK
dr inż. Cezary Toś
dr inż. Leszek Zielina
mgr inż. Marcin Midro

C. Toś
Leszek Zielina
Marcin Midro
AS

Kierownik Pracowni:

KIEROWNIK
Pracowni Konstrukcji Sprężonych
R. Szydłowski
dr inż. Rafał Szydłowski

Dyrektor Instytutu:

Dyrektor Instytutu
Materiałów i Konstrukcji Budowlanych
prof. dr hab. inż. Jacek Śliwiński

Kraków, wrzesień 2016

Spis treści

1. Podstawy formalne opracowania 3
2. Cel i zakres opracowania 3
3. Zmiany ugięć i pochyleń dźwigarów kablobetonowych KBOS-24 oraz osiadania fundamentowych stóp słupów żelbetowych 5
4. Ocena stanu technicznego konstrukcji nośnej hali SO-1, wnioski i zalecenia 5

Załącznik:

Sprawozdanie Techniczne

1. Podstawy formalne opracowania

- 1.1. Umowa L-1/510/2016/P zawarta w dniu 08.07.2016 w Krakowie, pomiędzy Miejskim Przedsiębiorstwem Komunikacyjnym S.A. w Krakowie przy ul. Św. Wawrzyńca 13, 31-060 Kraków, a Politechniką Krakowską im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków.
- 1.2. Sprawozdania z dotychczasowych badań i pomiarów wykonywanych w latach 2001, 2004, 2005, 2006, 2007, 2009, 2011 i 2013 przez zespół pracowników Politechniki Krakowskiej w ramach umów zawartych z MPK S.A. w Krakowie.
- 1.3. Wizje lokalne, obserwacje stanu technicznego konstrukcji i pomiary ugięć oraz osiadań konstrukcji, wykonane we wrześniu 2016 roku, w ramach niniejszej umowy.

2. Cel i zakres opracowania

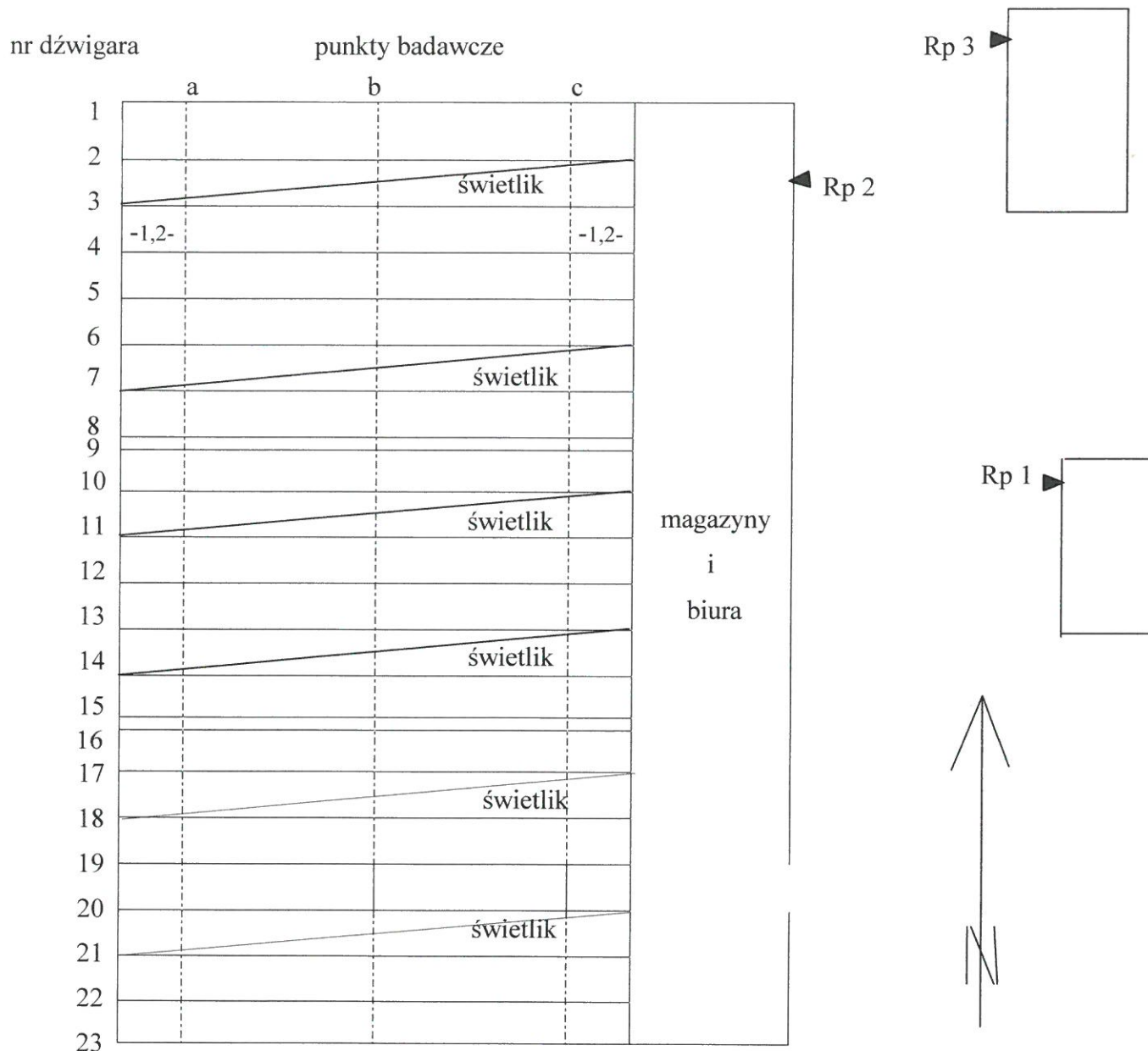
W 2011 zrealizowano ostatni etap remontu hali SO-1, polegający na wymianie pokrycia dachu, ociepleniu ścian podłużnych oraz przebudowie torów nr 1 i 2.

Po wykonaniu remontu przeprowadzono kontrolne pomiary siły naciągowej w cięgnach wszystkich dźwigarów KBOS 24, z regulacją siły w sześciu cięgnach każdego wzmocnionego dźwigara. Dźwigary były wzmocniane w 2001 roku. Wzmocnienie polegało na zastosowaniu sześciu zewnętrznych cięgien bez przyczepności, typu 7φ5 mm, usytuowanych po 3 sztuki po każdej z obu stron dźwigara. Wzmocniono wszystkie dźwigary z wyjątkiem dźwigarów oznaczonych jako 8 i 9 oraz 15 i 16, usytuowanych po obu stronach dylatacji.

Jak podano w opracowaniu z 2013 roku podczas wykonywanego remontu w 2011 roku zniszczeniu uległy wszystkie punkty odniesienia (repery) stabilizowane na słupach w osi „c”, (wzdłuż pomieszczeń biurowych) wskutek obłożenia słupów płytkami ceramicznymi do wysokości około 2 m. W związku z zaistniałą sytuacją zastabilizowano nowe punkty odniesienia (repery) i wykonano w listopadzie 2011 roku odczyty wyjściowe do dalszych pomiarów i analiz.

W niniejszym opracowaniu podano rzędne wysokościowe wszystkich punktów odniesienia zlokalizowanych na słupach wzdłuż osi „a” i „c”, określone w stosunku do poziomu posadzki.

W 2016 roku rozpoczęto budowę nowego obiektu konstrukcyjnego zlokalizowanego po prawej stronie pomieszczeń biurowych W ramach rozpoczętej inwestycji wyburzono istniejące budynki starej zabudowy, w których zlokalizowane były repery odniesienia Rp 1 i Rp 3 (Rys.1).



Rys. 1. Szkic rozmieszczenia dźwigarów, słupów i punktów badawczych (stan z 2013 roku)

Celem niniejszej pracy jest kontrola ugięć dźwigarów KBOS 24 w Hali S01 oraz ocena stanu technicznego konstrukcji nośnej w hali stacji obsługi tramwajów MPK S.A. w Krakowie „Nowa Huta”.

Zakres prac obejmuje:

- przegląd i ocenę stanu technicznego przykrycia i konstrukcji nośnej hali, po dokonanych w 2011 roku pracach remontowych,
- jednokrotny pomiar ugięć dźwigarów i osiadania fundamentowych stóp słupów żelbetowych,

- opracowanie wyników otrzymanych z przeprowadzonych pomiarów oraz podanie wniosków i zaleceń.

3. Zmiany ugięć i pochyleń dźwigarów kablobetonowych KBOS-24 oraz osiadania stóp fundamentowych słupów żelbetonowych

W załączniku do niniejszego opracowania (Sprawozdanie Techniczne) podano warunki wykonania pomiarów kontrolnych oraz zestawiono wyniki otrzymane z pomiarów.

W oparciu o otrzymane dane sprecyzowano następujące wnioski:

- maksymalne wartości pochylenia dźwigarów w kierunku osi „a”, jak również w kierunku osi „c” nie przekraczają 0,5 mm, a zatem mieszczą się w granicy błędu pomiarowego (określonego na poziomie $\pm 0,5$ mm),
- ugięcie dźwigara nr 4 wynosi 41,6 mm i jest większe o 0,3 mm od wartości ugięcia z 2013 roku oraz mniejsze o 1,8 mm od wartości ugięcia z 2011 roku. Ugięcie dźwigara nr 17 wynosi 1,4 mm i zmalało o 0,2 mm oraz o 1,8 mm w stosunku do wartości ugięć pomierzonych odpowiednio w 2011 i 2013 roku. Zmiany ugięć pozostałych dźwigarów nie przekraczają wartości 0,5 mm, a zatem mieszczą się w granicy błędu pomiarowego (określonego na poziomie $\pm 0,5$ mm),
- stwierdzone zmiany ugięć, pomierzonych dla dźwigarów nr 4 i 17, mogą być wynikiem zabrudzenia reperów, spowodowanych nakładaniem powłok malarskich,
- maksymalne wypiętrzenie słupów wzdłuż osi „a” i „c” wynosi 0,5 mm w stosunku do pomiarów zarejestrowanych w 2013 roku.

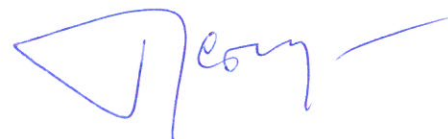
4. Ocena stanu technicznego konstrukcji nośnej hali SO-1, wnioski i zalecenia

W oparciu o dokonane pomiary i analizę otrzymanych wyników oraz na podstawie przeprowadzonych wizji lokalnych stanu technicznego konstrukcji przykrycia i zakotwień cięgien sprężających bez przyczepności można sformułować następujące wnioski:

- stan techniczny dźwigarów kablobetonowych typu KBOS-24 w hali Stacji Obsługi Tramwajów SO-1 nie budzi zastrzeżeń i mogą być one nadal eksploatowane,
- zmieniające się wartości ugięcia dźwigara nr 17 (VI) w kolejnych cyklach pomiarowych, nie przekraczające 2,0 mm, wskazuje, na możliwości zabrudzenia repera co utrudnia przyłożenie przyrządu pomiarowego,

- wszystkie punkty pomiarowe muszą być oczyszczone z powłok malarskich przed kolejnymi pomiarami,
- kolejne pomiary geodezyjne należy przeprowadzić w 2018 roku. Przed przystąpieniem do pomiarów ugięć należy ostrożnie wyczyścić punkty odniesienia stabilizowane na dolnych pasach dźwigarów wzdłuż osi „a”, „b”, „c” w obecności przedstawiciela Politechniki Krakowskiej,
- zainstalowane świetliki i cała konstrukcja przykrycia hali wykazuje 100 % szczelność. Połączenie przykrycia zasadniczej części hali z konstrukcją zadaszona części biurowej i magazynowej jest bardzo skuteczne. Nie stwierdzono żadnych objawów przecieków lub zawilgoceń w strefie lokalizacji zakotwień,
- zwraca się uwagę, na konieczność zamykania drzwi prowadzących na poddasze (część zadaszona nad pomieszczeniami biurowymi). Klucze powinny być przechowywane w strzeżonym pomieszczeniu. Uszkodzenie świadome lub przypadkowe zakotwień doprowadzi do zniszczenia konstrukcji,
- dopuszczalne obciążenie śniegiem w stanie luźnym (bez zlodowacenia), zgodnie z założeniami przyjętymi przez konstruktorów dla tego typu dźwigarów i konstrukcji dachu może dochodzić do 0,3 m. Należy prowadzić bieżącą kontrolę grubości i rodzaju pokrywy śnieżnej. W przypadku możliwości przekroczenia dopuszczalnej jej grubości należy niezwłocznie usunąć śnieg z dachu. Podczas intensywnych opadów należy usuwać śnieg na bieżąco w celu niedopuszczenia do jego zlodowacenia i przeciążenia dźwigarów,
- w przypadku zsuwania śniegu w kierunku dachu nad pomieszczeniami biurowymi należy dopilnować, aby nie dopuścić do zalegania śniegu w miejscu łączenia dachów przykrywających hale i pomieszczenia biurowe. Ewentualne zaleganie w tym miejscu śniegu może skutkować przedostawaniem się wody do zakotwień kabli sprężających,
- aktualnie użytkowany obiekt został zmodernizowany w ostatnich latach dzięki znacznym nakładom finansowym. Stąd też apel o prowadzenie bieżącej działalności wynikającej z założonego przeznaczenia obiektu w sposób przemyślany i bezpieczny dla konstrukcji. Do mycia składów tramwajowych stosowany jest płyn pod nazwą Super Green Special składowany w pojemnikach między innymi w pobliżu słupów zlokalizowanych wzdłuż osi „a”. Wskutek stałego zalewania wnętrza hali i zalegania wody zmieszanej ze środkami czyszczącymi, wzdłuż podłużnej elewacji (posadzka obniżona o 2,0 cm w stosunku do płyt przykrywających kanał) następuje stopniowa degradacja konstrukcji, co

spowodowało odpadanie płytek ceramicznych ze słupów na poziomie styku z posadzką i odpadanie tynku powyżej płytek ceramicznych na słupach nr 17a, 18a i 19a. Należy zauważyć, że wąż transportujący wodę z materiałami czyszczącymi przekładany jest przez uchylone okno na zewnątrz budynku w przypadku mycia karoserii składów tramwajowych. To stopniowe zalewanie słupów doprowadzi do korozji zbrojenia (aktualny stan zbrojenia nie był sprawdzany), a zarazem będzie stanowić zagrożenie dla nośności konstrukcji wsporczej hali. Problem ten musi być bezwzględnie rozwiązany np. przez zainstalowanie niezależnego punktu poboru wody na zewnątrz budynku, ograniczenia mycia składów wewnątrz hali. Poziom posadzki w miejscu zalegania wody można podnieść i odpowiednio wyprofilować, aby wyeliminować gromadzenie się wody. Ponadto należy zaznaczyć, iż mycie składów na zewnątrz konstrukcji nośnej nie jest właściwe z uwagi na możliwość przedostawania się wody w głąb terenu i jej wpływu na stan zagęszczenia gruntu. Należy zauważyć, iż w tym miejscu nie ma właściwego systemu odprowadzania wody.



ZAŁĄCZNIK
SPRAWOZDANIE TECHNICZNE

Geodezyjne badania deformacji dźwigarów kablobetonowych
i przemieszczeń pionowych słupów podporowych
w hali SO 1 zajezdni tramwajowej
przy ul. Ujastek w Krakowie

Wykonawcy: dr inż. Cezary Toś
 dr inż. Leszek Zielina

Kraków, 20.09.2016

SPRAWOZDANIE TECHNICZNE

1. Temat pracy

"Geodezyjne badania deformacji dźwigarów kablobetonowych i przemieszczeń pionowych słupów podporowych w hali SO 1 zajezdni tramwajowej przy ul. Ujastek w Krakowie."

2. Cel badań

Wyniki geodezyjnych badań deformacji i przemieszczeń stanowią podstawę dla oceny stanu technicznego konstrukcji. Pomiarzy prowadzone cyklicznie pozwalają na obserwację zachodzących zmian geometrii dźwigarów w czasie.

3. Zakres i warunki

Badania obejmują obserwacje strzałek ugięć i pochyłeń 21 dźwigarów kablobetonowych oraz pomiary przemieszczeń pionowych 42 słupów podporowych. Obserwacje te prowadzone są cyklicznie. Aktualny pomiar przeprowadzono we wrześniu 2016. Temperatura w hali wynosiła $+16^{\circ}\text{C}$.

4. Metodyka pomiarów

Pomiar strzałek ugięć i pochyłeń dźwigarów.

Metodą niwelacji precyzyjnej podwójnej, za pomocą niwelatora Ni 007 prod. Zeiss, pomierzono różnice wysokości pomiędzy trzema punktami na każdym dźwigarze. Punkty zastabilizowane metalowymi znaczkami na dolnych pasach dźwigarów, położone są w odległości 1,2 m od ich skrajów (punkty *a* i *c*) oraz w środku rozpiętości (punkt *b*). Rozmieszczenie punktów badawczych i numerację dźwigarów przedstawiono na rys.1. Dla każdego dźwigara wyznaczono pochylenie *h* i strzałkę ugięcia *f*. (znaki pochylenia i strzałki ugięcia przyjęto tak jak w poprzednich seriach)

$$h_{ca} = H_a - H_c$$

$$f = 0,5 (H_a + H_c) - H_b$$

gdzie: H_a , H_b , H_c - wysokości punktów *a*, *b* i *c*

Uzyskane wartości pochyłeń i strzałek ugięć zestawiono w tabeli 1.

Dokładność wyznaczenia strzałek ugięć i pochyłeń wynosi $\pm 0,5$ mm.

Pomiar przemieszczeń pionowych słupów podporowych.

Sieć badawczą tworzyły repery zastabilizowane na słupach w hali i dwa repery odniesienia na zewnątrz hali. Rozmieszczenie reperów i ich numerację przedstawia rys.1. Na skutek prowadzonych prac budowlanych w sąsiedztwie hali, repery odniesienia uległy zniszczeniu. Zdecydowano prowadzić obserwacje względnych osiadań słupów i mierzyć sieć złożoną tylko z reperów zastabilizowanych na słupach. Pozwoliło to na wyznaczanie z dużą dokładnością osiadań

względnych, które mają główny wpływ na stateczność konstrukcji. Wysokości punktów wyznaczono z dokładnością $\pm 0,5$ mm.

5. Wyniki badań

W celu przedstawienia zmian, jakie zachodzą w geometrii dźwigarów w okresie pomiędzy seriami pomiarowymi, zestawiono wyniki obserwacji pięciu ostatnich serii. Wyliczono zmiany pochyłeń Δh i zmiany strzałek ugięć Δf jakie zaszły w okresie pomiędzy ostatnimi obserwacjami. Zmiana strzałki ugięcia Δf o znaku (+) to ugięcie dźwigara (w punkcie b) w dół, znak (-) wygięcie w górę. Zmiana pochylenia Δh o znaku (+) to obniżenie punktu c w stosunku do punktu a , zmiana Δh ze znakiem (-) to większe pochylenie dźwigara w kierunku punktu a .

Obliczono wysokości punktów badanych w układzie lokalnym. W tabeli 2 zestawiono wysokości punktów na słupach uzyskane w seriach poprzednich i aktualnej oraz zmiany wysokości w okresie pomiędzy ostatnimi dwoma seriami. Błąd wyznaczonych wysokości nie przekracza $\pm 0,5$ mm.

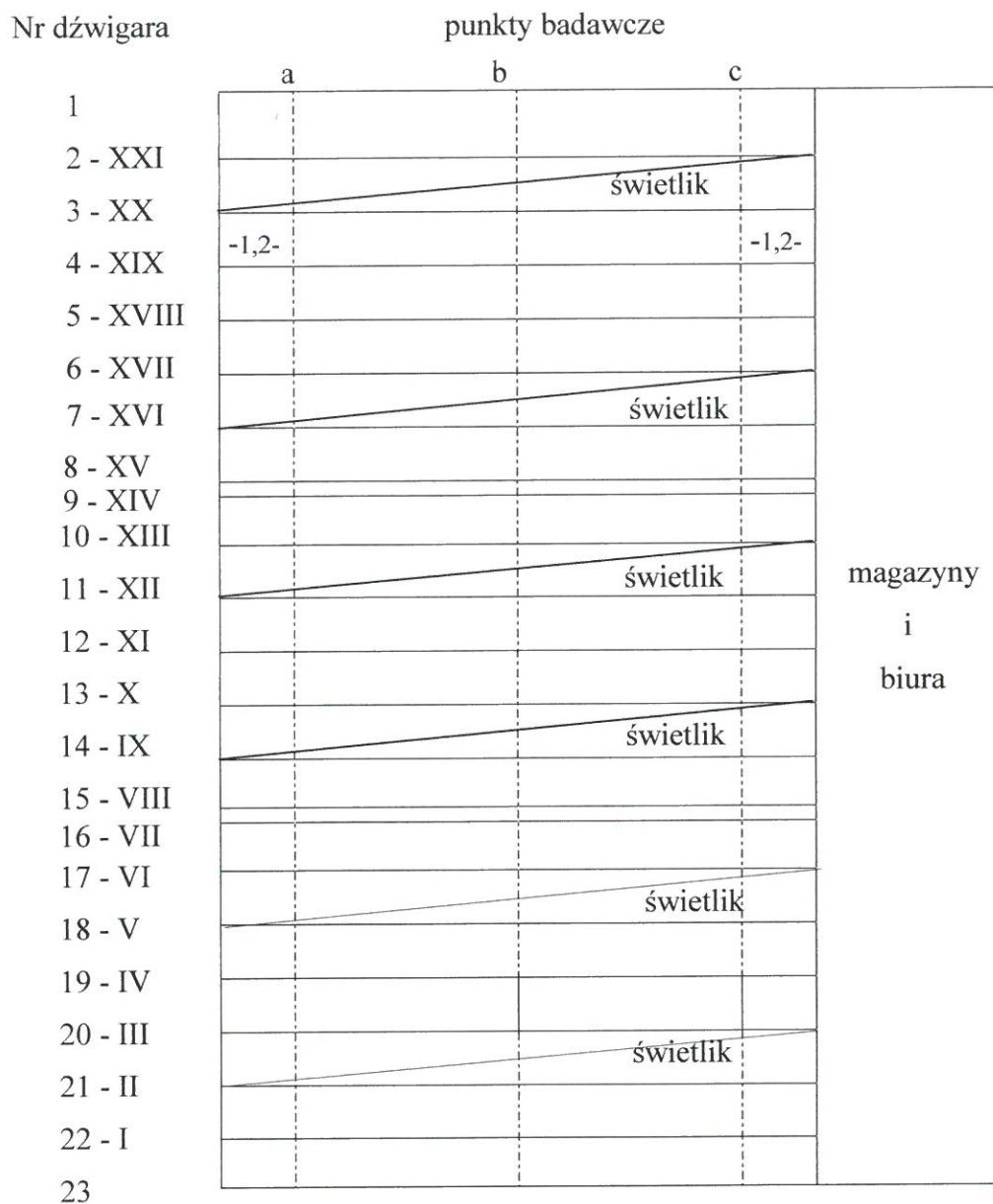
6. Wnioski

Strzałki ugięć i pochylenia dźwigarów wyznaczono z dokładnością $\pm 0,5$ mm, a więc mniejszą niż to miało miejsce w poprzednich seriach pomiarowych. Na skutek malowania hali znaczki badawcze zostały pokryte warstewką farby co znacznie utrudniło ich odszukanie i identyfikację oraz miało wpływ na dokładność wyników pomiaru. **Przed kolejnymi pomiarami znaczki muszą zostać oczyszczone i uwidocznione.**

Zmiany strzałek ugięć dźwigarów w stosunku do obserwowanych w 2013 roku nie przekraczają dokładności, z jaką zostały wyznaczone. Większa zmiana strzałki dźwigara 17 wynika z niewłaściwej identyfikacji znaczka w poprzedniej serii. Aktualny wynik obserwacji praktycznie nie różni się od wyników obserwacji starszych.

Wartości pochyłeń dźwigarów różnią się od obserwowanych w 2013 mniej niż wynosi dokładność ich wyznaczenia.

Kraków, wrzesień 2016



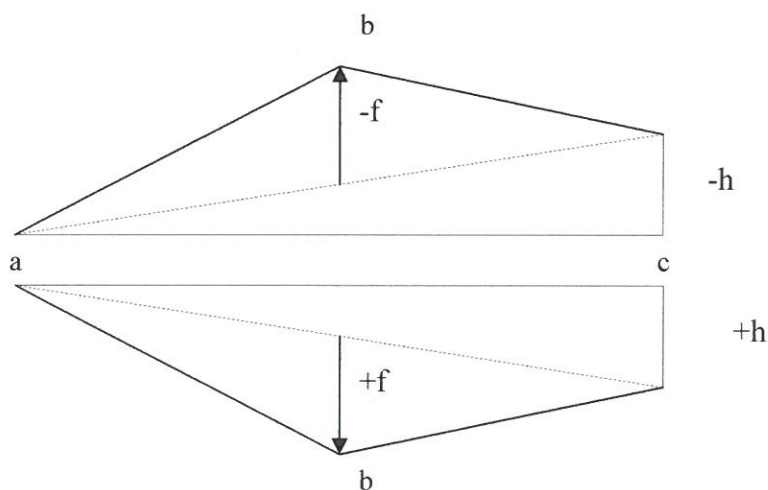
Rys. 1. Szkic rozmieszczenia dźwigarów, słupów i punktów badawczych

Tab. 1

wrzesień 2016

temperatura przy dźwigarach +16°C

Nr dźwiga-ra	pochylenie h [mm]					Δh [mm]	strzałka ugięcia f [mm]					Δf [mm]	Nr dźwigara na poddaszu	Uwagi
	VII 2006	IV 2009	XI 2011	V 2013	IX 2016		VII 2006	IV 2009	XI 2011	V 2013	IX 2016			
2	-7,0	-7,3	-5,9	-5,8	-5,8	0,0	50,8	49,9	49,6	49,8	49,7	-0,1	XXI	
3	-17,7	-20,8	-21,1	-21,1	-21,3	-0,2	44,7	42,0	42,0	42,2	42,7	0,5	XX	
4	-8,2	-8,9	-9,3	-8,8	-9,0	-0,2	43,0	41,6	43,4	41,3	41,6	0,3	XIX	
5	-3,0	-3,4	-3,4	-3,2	-3,0	0,2	49,5	48,9	48,8	48,3	48,8	0,5	XVIII	
6	12,0	11,8	12,1	12,4	12,1	-0,3	27,0	25,7	26,0	26,3	26,3	0,0	XVII	
7	1,5	1,3	7,8	7,3	7,1	-0,2	17,3	16,8	19,4	19,4	19,2	-0,2	XVI	
8	0,5	0,4	0,3	0,4	0,1	-0,3	36,5	36,6	36,6	36,1	36,3	0,2	XV	
9	-14,5	-14,4	-14,2	-14,0	-14,2	-0,2	28,4	27,9	27,6	27,6	27,8	0,2	XIV	
10	-7,2	-7,9	-7,9	-7,7	-7,21	0,5	-15,6	-16,3	-16,6	-16,7	-16,6	-0,1	XIII	
11	-5,2	-5,3	-5,0	-27,5			-37,3	-38,2	-38,1	-37,4			XII	brak dostępu
12	2,7	2,9	2,9	2,8	2,8	-0,0	-7,3	-7,7	-8,0	-8,3	-7,8	0,5	XI	
13	7,2	6,9	7,4	7,1	7,4	0,3	-37,7	-39,4	-39,3	-39,5	-39,6	-0,1	X	
14	-0,1	-0,5	0,0	-0,5	-0,3	0,2	-26,8	-27,1	-26,9	-27,0	-27,2	-0,2	IX	
15	8,3	7,6	8,1	8,3	8,7	0,4	-8,3	-8,4	-8,5	-8,7	-8,3	0,4	VIII	
16	-14,8	-15,8	-15,6	-15,7	-15,2	0,5	-22,5	-22,4	-22,7	-22,4	-21,9	0,5	VII	
17	-9,6	-11,9	-11,8	-12,0	-11,8	0,2	3,3	1,3	1,6	3,2	1,4	1,8	VI	
18	-10,9	-12,1	-12,4	-11,9	-11,6	0,3	4,4	4,2	3,9	3,6	3,7	0,1	V	
19	-46,7	-47,1	-47,5	-47,3	-47,1	0,2	37,3	36,8	36,9	36,5	36,2	-0,3	IV	
20	-45,6	-45,6	-45,7	-45,8	-45,5	0,3	32,0	31,0	30,8	30,5	30,8	0,3	III	
21	-59,8	-60,1	-60,0	-59,7	-59,5	0,2	23,6	23,3	23,1	23,1	22,8	-0,3	II	
22	53,5	52,3	52,6	52,4	52,5	0,1	12,5	11,7	11,4	11,7	11,6	-0,1	I	



cd Tab. 2.

Nr słupa	Wysokość H [mm]			zmiana ΔH [mm] 2013-2016	Nr dźwigara na poddaszu	Rzędna repera [m]	Uwagi
	11. 2011	05.2013	09.2016				
2c	1708,4	17088,0	17088,0	0,0	XXI	2,10	
3c	1712,2	1712,5	1713,0	0,5	XX	2,09	
4c	1719,4	1719,0	1719,1	0,1	XIX	2,10	
5c	1710,3	1710,5	1710,7	0,2	XVIII	2,10	
6c	1699,7	1699,5	1700,0	0,5	XVII	2,08	
7c	1705,4	1705,0	1705,5	0,5	XVI	2,10	
8c	1713,2	1713,1	1713,1	0,0	XV	2,10	
9c	1712,0	1712,1	1712,2	0,1	XIV	2,10	
10c	1715,2	1715,6	1715,1	-0,5	XIII	2,10	
11c	1706,1	1706,1	1705,6	0,5	XII	2,10	
12c	1706,0	1706,6	1706,1	-0,5	XI	2,09	
13c	1720,0	1720,1	1719,8	-0,3	X	2,09	
14c	1737,8	1738,1	1738,1	0,0	IX	2,12	
15c	1743,9	1743,6	1743,6	0,0	VIII	2,13	
16c	1749,7	1750,1	1750,1	0,0	VII	2,13	
17c	1730,5	1730,4	1,7309	0,5	VI	2,12	
18c	1740,7	1740,4	1740,2	-0,2	V	2,12	
19c	1732,3	1732,4	1731,9	-0,5	IV	2,12	
20c	1726,5	1726,4	1725,9	-0,5	III	2,11	
21c	1707,1	1706,9	1706,4	-0,5	II	2,10	
22c	1772,0	1772,4	1772,7	0,3	I	2,15	