

## Instalacja aparatury pomiarowej w hangarze lotniczym. Pomiar i rejestracja odkształceń posadzki

ADAM KANCIRUK

*Instytut Mechaniki Górotworu PAN; ul. Reymonta 27, 30-059 Kraków*

### Streszczenie

Na początku bieżącego roku kontynuowano rozpoczętą w 2010 roku przebudowę hangaru znajdującego się na terenie Międzynarodowego Portu Lotniczego Katowice w Pyrzowicach. W strukturze jednej z nowych płyt posadzkowych zainstalowano 3 rozety tensometryczne. Po związaniu betonu prowadzono pomiary odkształceń płyt ręcznie, przy pomocy prostego miernika strunowego. Następnie wykonano 2 egzemplarze mierników – rejestratorów i podłączono je do rozet. Przy pomocy tych urządzeń prowadzone są automatyczne pomiary odkształceń, a uzyskane dane pomiarowe zapisywane są w ich wewnętrznych pamięciach. Okresowo są one przepisywane do komputera osobistego w celu dalszej ich obróbki i archiwizacji. W szczególności oceniany jest wpływ obciążeń mechanicznych i termicznych oraz procesu hydratacji betonu na odkształcenia płyty.

**Słowa kluczowe:** przetworniki strunowe, pomiar odkształceń konstrukcji betonowych, urządzenia pomiarowo-rejestrujące

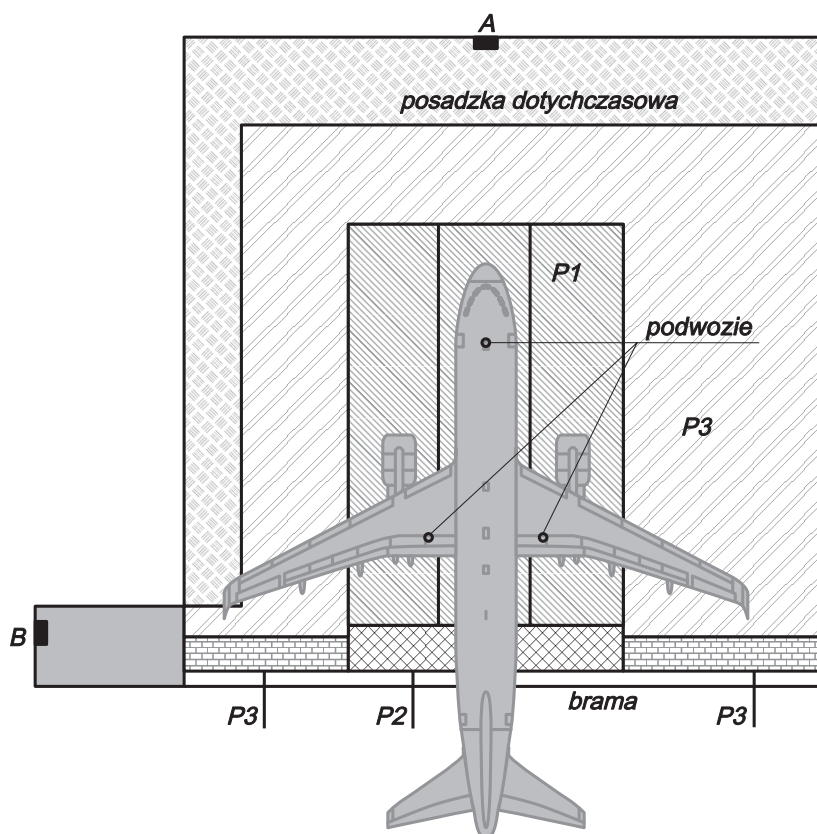
### Wstęp

Celem instalacji aparatury pomiarowej w hangarze znajdującym się na terenie Międzynarodowego Portu Lotniczego Katowice w Pyrzowicach i prowadzenia przy jej pomocy pomiarów jest określenie odkształceń posadzki wspomnianego hangaru w czasie jego normalnej eksploatacji (rys. 1). Odkształcenia te mogą być wywołane skurczem hydratacyjnym zastosowanego do jej budowy betonu, zmianami temperatury, jak i obciążaniem przez serwisowane w hangarze samoloty.



Rys. 1. Planowany montaż rozet pomiarowych w posadzce hangaru. Rozeta pod podwoziem głównym prawym nie jest uwidocznioma (fotomontaż ze zdjęć autora, samoloty prawie zawsze serwisowane są w nocy)

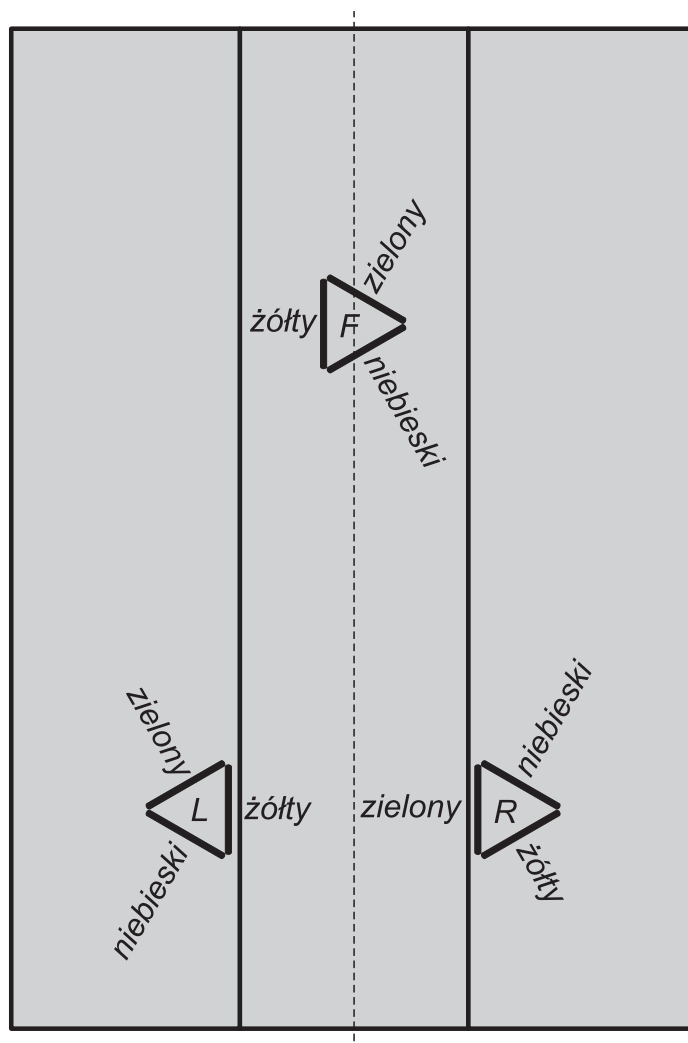
Jak wspomniano w [1] hangar nie jest budowlą nową, lecz modernizowaną w latach 2010-2011. Projekt modernizacji wykonała firma Draft mająca swą siedzibę w Krzeszowicach w województwie małopolskim, natomiast prace budowlane – firma Skanska. W trakcie realizacji projektu, w zakresie budowy nowej posadzki hangaru wprowadzono zmiany w konstrukcji obydwu płyt P1 oraz płyty P3 [1]. Tę ostatnią poszerzono do tego stopnia, że z dotychczasowej płyty posadzkowej hangaru pozostał tylko pas o szerokości kilku metrów, biegnący wzdłuż ścian (rys. 2). Płyty P1 wykonano w formie 3 pasm o wymiarach  $26.5 \times 6$  m. Pasma te spoczywają swobodnie na podbudowie, szczeliny między nimi wypełnione są elastycznym tworzywem. Betonowanie wschodniej płyty P1 wykonano 23 lutego 2011 roku.



Rys. 2. Schemat zrealizowanej posadzki hangaru wraz z nałożonym na niego wizerunkiem samolotu Airbus A320 (tylko wschodnia połowa, zachodnia jest jej lustrzanym odbiciem)

### 1. Instalacja rozet pomiarowych

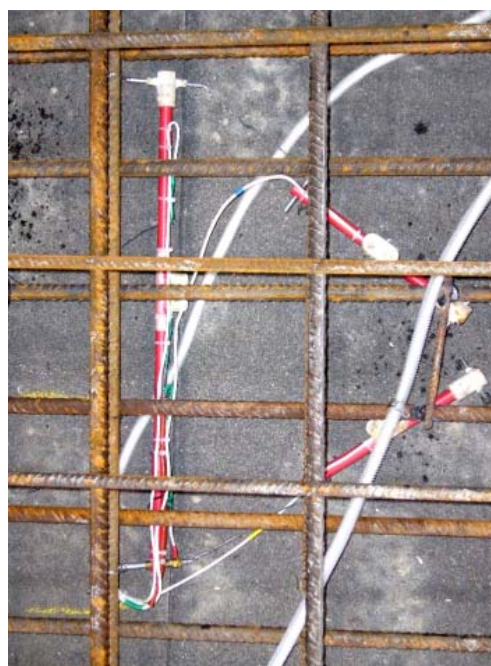
Do prowadzenia pomiarów zastosowano 9 ekstensometrów strunowych zatopionych w materiale posadzki podczas jej budowy, a ponadto 5 termistorów do pomiarów temperatury (betonu i powietrza w hangarze) i 2 elektroniczne mierniki – rejestratory odkształceń. Ekstensometry ułożono w formie 3 równobocznych rozet, z których każda została umieszczona w posadzce 4÷6 centymetrów nad jej dolną powierzchnią (przylegającą do warstwy poślizgowej), w przewidywanych miejscach maksymalnych obciążeń, a więc pod kołami podwozia serwisowanych samolotów Airbus A320. Dla wygody ekstensometry oznaczono kolorami (rys. 3). Rozety zainstalowane w miejscu oparcia kół podwozia przedniego i głównego lewego mają jednakową budowę, składają się z ekstensometrów o bazie 500 mm. Rozeta znajdująca się w miejscu oparcia kół podwozia głównego prawego jest zbudowana z 1 ekstensometru jw., i dwóch ekstensometrów o bazach 200 mm. Rysunki 4, 5 i 6 przedstawiają fotografie wszystkich rozet przed zalaniem ich betonem. W środku każdej z rozet umieszczono termistor. Kable łączące z miernikami – rejestratorami przeciągnięto: od rozety ‘przedniej’ do miejsca ‘A’ przy przedniej ścianie hangaru, od rozet ‘głównych’ – do miejsca ‘B’ znajdującego się w bocznym korytarzyku przy bramie (rys. 2). Na rysunku 7 widać zbrojenie lewego pasma płyty P1 z zainstalowaną rozetą i kablem poprowadzonym w kierunku tego miejsca.



Rys. 3. Schemat rozmieszczenia ekstensometrów w płycie P1 (ich rozmiary dla przejrzystości są przesadzone)



Rys. 4. Rozeta zainstalowana w miejscu oparcia kół podwozia głównego lewego



Rys. 5. Rozeta zainstalowana w miejscu oparcia kół podwozia głównego prawego

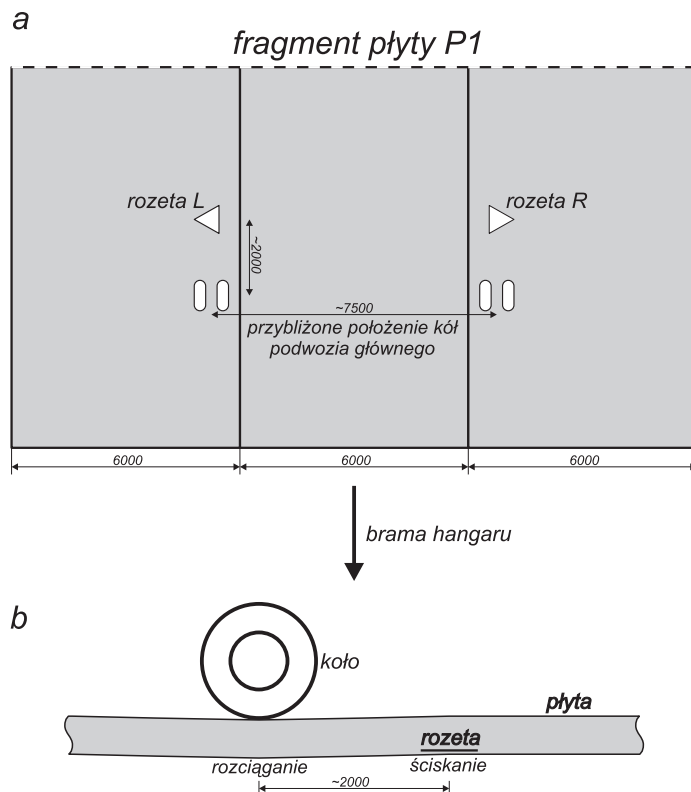


Rys. 6. Rozeta zainstalowana w miejscu oparcia kół podwozia przedniego



Rys 7. Ułożone zbrojenie lewego pasma płyty P1 z zainstalowaną rozetą

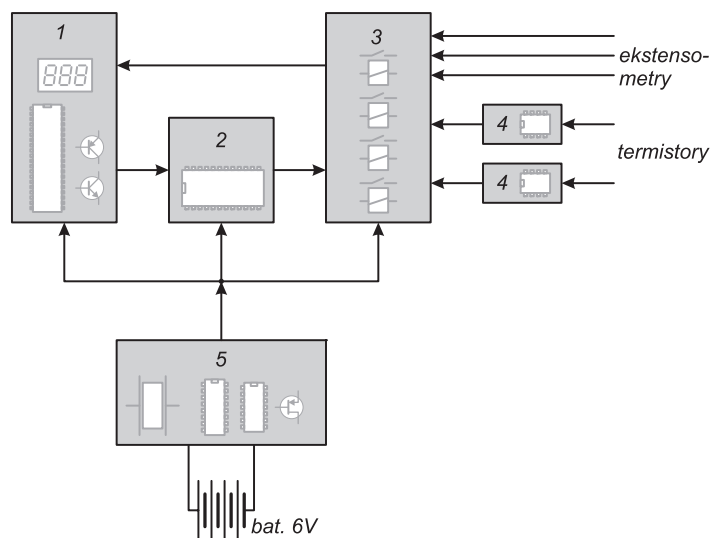
Po ukończeniu budowy wyznaczono miejsce, w którym podczas obsługi samolotu powinny znajdować się koła jego podwozia przedniego. Niestety i tu nastąpiła zmiana, obecnie samoloty są tak wtaczane, że koła te, jak i koła podwozia głównego nie zatrzymują się nad zainstalowanymi rozetami, ale około 2 m za nimi, patrząc od przodu samolotu (rys. 8). Zatem mierzone odkształcenia muszą być mniejsze niż w miejscach oporu kół i być może mieć też inny znak (zamiast rozciągania – ściskanie).



Rys. 8. a – Położenie kół podwozia głównego samolotu względem rozet, b – spodziewane odkształcenia dolnej warstwy płyty

## 2. Konstrukcja mierników – rejestratorów

Do przeprowadzania automatycznych pomiarów odkształceń płyty i rejestracji ich wyników zaprojektowano i wykonano 2 mierniki – rejestratory. Rysunek 9 przedstawia schemat blokowy miernika – rejestratora. Składa się on ze zmodernizowanego układu miernika strunowego KA-7D 1 [2] wyposażonego w dekodery 2, analogowy multiplexer 3 oraz 2 lub 3 układy do pomiaru temperatury 4. Wszystkie te podzespoły dostosowane są do zasilania z baterii 4 alkalicznych ogniw typu AA, czyli ze źródła niestabilizowanego o napięciu 6 V.



Rys. 9. Schemat blokowy miernika – rejestratora. Opis w tekście

Część cyfrowa miernika strunowego 1 bazuje na mikroprocesorze jednoukładowym z rodziny Intel 80C51. Wyposażona jest ona w pamięć danych pomiarowych, wyświetlacz, system transmisji danych, sterownik zewnętrznego multiplexera i 4 elektryczne przyciski. Mikroprocesor steruje częścią analogową i realizuje pełny cykl pomiarowy. W porównaniu do wcześniejszych wykonań, zwiększono pojemność pamięci danych do 32 kB, a ich transmisję przez port RS232C przyspieszono do 9600 bit/s.

Miernik może obsługiwać do 80 przetworników strunowych. W opisywanym zastosowaniu liczbę tę ograniczono do 8, miernik steruje pracą dekodera  $1 \text{ z } 16^2$ , a ten z kolei 8-kanałowym multiplexerem 3, którego konstrukcja wykorzystuje miniaturowe przekaźniki jako elementy przełączające. Przełączniki te wymagają do zasilania napięcia o wartości 5 V, a więc wyższego niż źródło zasilania miernika – rejestratora przy stanie baterii bliskiej konieczności jej wymiany (4V). Multiplexer zawiera układy elektroniczne pozwalające na zwiększenie napięcia zasilającego przełączniki, tak że przełączają one prawidłowo nawet przy napięciu zasilającym o wartości 3 V. Dekoder 2 pozwala na dołączenie 2 identycznych multiplexerów 3 i zwiększenie liczby kanałów do 16. Tę zaletę wykorzystano w mierniku – rejestratorze obsługującym rozety umieszczone w pobliżu podwozia głównego serwisowanego samolotu. W tym przypadku wymagana liczba kanałów wynosi 9, uzyskano ją przez dodanie do multiplexera 3 układu z jednym, dodatkowym przełącznikiem.

Układ elektroniczny miernika i jego oprogramowanie pozwala na automatyczne cykliczne wykonywanie pomiarów co pewien wstępnie zaprogramowany okres czasu. Nie jest to jednak rozwiązanie oszczędzające baterię zasilającą. Przy stałym zasilaniu, nawet w trybie zwanym *idle-mode* sam procesor pobiera z baterii prąd o wartości ponad 1.5 mA. Dlatego do układu miernika rejestratora dołączono układ zegara 5. Jest on zbudowany w oparciu o układy scalone małej i średniej skali integracji CMOS serii 4000 i rezonator kwarcowy stosowany w popularnych zegarkach naręcznych. Zegar stale pobiera prąd o wartości niespełna 50  $\mu\text{A}$  i realizuje cykliczne włączanie pozostałych podzespołów miernika - rejestratora co pewien, wybierany przy pomocy przełącznika czas. Po wykonaniu cyklu pomiarowego mikroprocesor wyłącza wszystkie podzespoły miernika oprócz zegara 5. Zastąpienie zegara wewnętrznego mikroprocesora zegarem zewnętrznym pociągnęło za sobą konieczność przekonstruowania programu sterującego pracą mikroprocesora. Wprowadzono samoczynne wykonywanie cyklu pomiarowego po włączeniu zasilania, ale zachowano możliwość zaprogramowania sposobu wykonywania pomiarów.

Mierniki – rejestratory oprócz pomiarów odkształceń płyty mierzą też jej temperaturę i temperaturę powietrza w hangarze przy pomocy 5 termistorów: po jednym zatopionym w bezpośrednim sąsiedztwie każdej rozety i po jednym wewnątrz obudów mierników. Aby niepotrzebnie nie komplikować układów elektronicznych mierników, termistory o rezystancji ok. 3 k $\Omega$  każdy przy 20°C dołączono do prostych układów generacyjnych 4. Układy te, bazują na popularnych elementach oscylatorowych NE555 i przetwarzają termiczne zmiany rezystancji termistorów na zmiany częstotliwości sygnału wyjściowego. Zwielokrotniony okres drgań tego sygnału jest mierzony w identyczny sposób przez miernik strunowy jak zwielokrotniony okres drgań struny pomiarowej przetwornika odkształceń.

Podzespoły mierników – rejestratorów wraz z bateriami zostały umieszczone w obudowach – popularnych hermetycznych pojemnikach z tworzywa sztucznego. Na rysunku 10 widnieje fotografia miernika – rejestratora obsługującego rozetę zainstalowaną w pobliżu podwozia przedniego samolotu. Zawiera on 2 układy 5 do pomiaru temperatury przy rozecie i powietrza. Miernik – rejestrator obsługujący rozetę zainstalowane w pobliżu podwozia głównego samolotu zawiera oczywiście 3 takie układy.

Pomiar temperatury w bezpośrednim sąsiedztwie ekstensometrów pozwala na wyliczanie termicznej korekty ich wskazań. Wyliczane odkształcenie  $\epsilon$  jest wprawdzie wielkością mechaniczną bezwymiarową, ale dla wygody, zwłaszcza w przypadku zmian niewielkich często wyrażane jest w „mikrodeformacjach”  $\mu\text{D}$ . 1  $\mu\text{D}$  odpowiada odkształceniu o wartości  $10^{-6}$ , czyli 1 $\mu\text{m}/\text{m}$ . Zastosowane ekstensometry połączone z opisanymi miernikami – rejestratorami mają rozdzielczość pomiaru około 0.2  $\mu\text{D}$ .



Rys. 10. Jeden z mierników – rejestratorów zamontowanych w hangarze

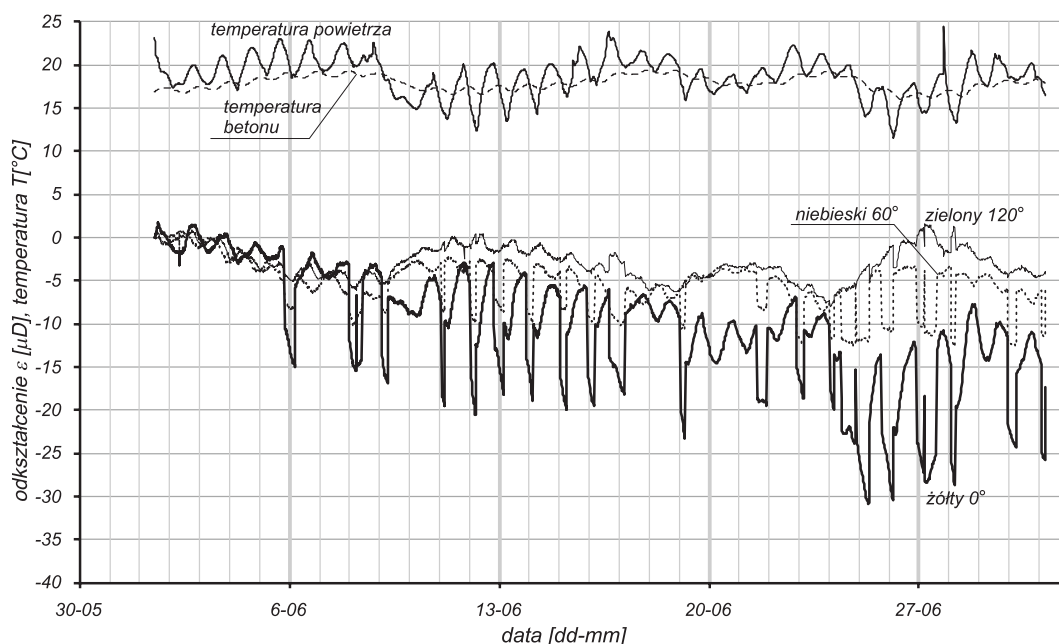
### 3. Wyniki pomiarowe uzyskane od 1.06 do 31.06.2011

Po ukończeniu budowy pomiary odkształceń i temperatur prowadzono ręcznie, w okresach 2 tygodnie-1 miesiąc. W dniu 1.06.2011 zamontowano pierwszy automatyczny miernik – rejestrator i podłączono go do rozet w miejscach obciążanych przez podwozie główne samolotu. Przystąpiono do wykonywania pomiarów z okresem 1/100 doby, czyli 14.4 minuty. 15.06.2011 odczytano zapisane wyniki pomiarowe i zaprogramowano urządzenie do dalszej pracy, wydłużając okres powtarzania pomiarów do 28.8 minut. Następnym odczyt wyników przeprowadzono 15.07.2011.

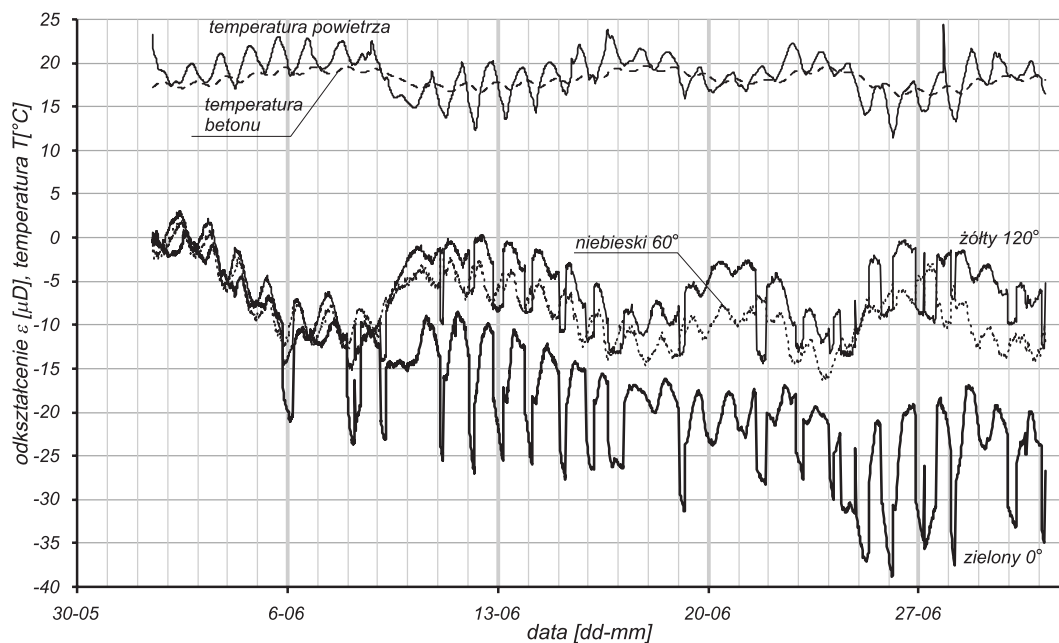
Rysunek 11 przedstawia wyniki pomiarów dla lewej i prawej rozety. Wyraźny jest wpływ temperatury na odkształcenia posadzki, jak też i wpływ jej obciążania przez samoloty. Na podstawie tych wyników można obliczyć wartości odkształceń głównych i ich kierunki. Wartości odkształceń głównych: maksymalnych i minimalnych dla obydwu rozet przedstawia rysunek 12. Widać wyraźnie, że obciążanie płyty przez samolot w miejscu posadowienia rozet skutkuje ściskaniem dolnej warstwy materiału płyty. Ponieważ odkształcenia wywołane obciążaniem płyty są szybsze niż odkształcenia termiczne, możliwe jest wyselekcjonowanie ich, tak jak to przedstawiono na rysunku 13. W tym celu opracowano specjalny program, napisany w języku Turbo Pascal. Dla okresów czasu gdy w hangarze nie ma samolotu przyjęto zerowy poziom odkształcenia.

Wartość odkształcenia wywołanego obciążeniem wyznaczono jako średnią z jego zmian zmierzonych przy wtaczaniu i wytaczaniu samolotu. Po odjęciu wartości tych odkształceń od wartości odkształceń całkowitych (rys. 12) uzyskano wartości odkształceń głównych wywołanych naprężeniami termicznymi (rys. 14).

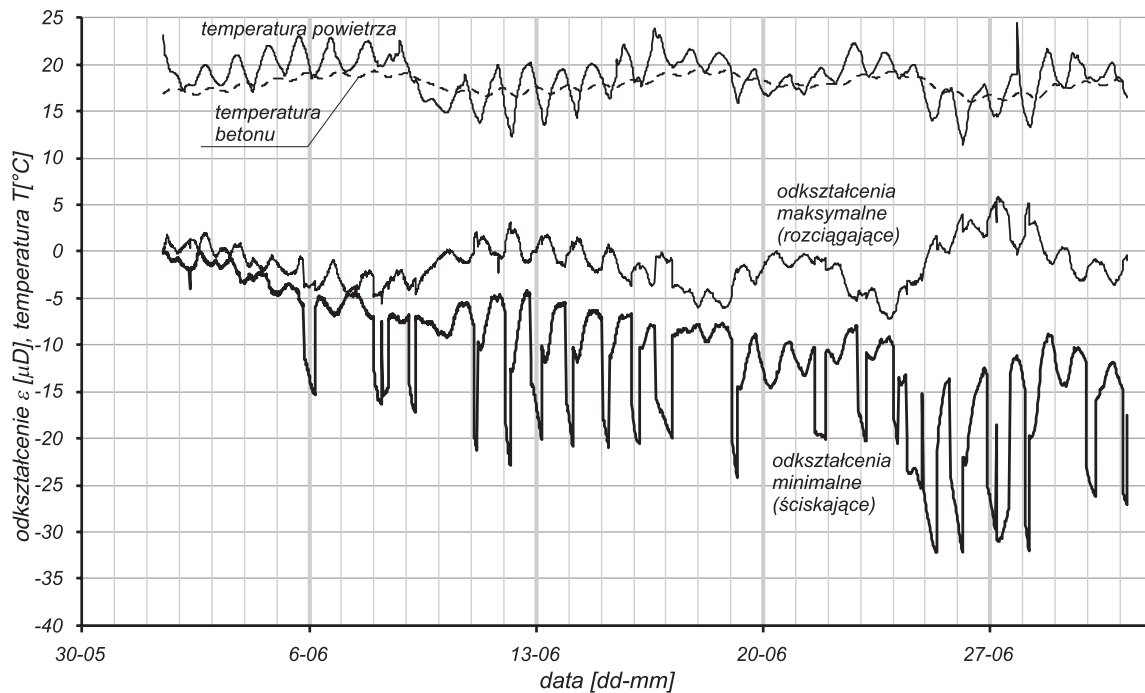
Zarówno wartości jak i kierunki odkształceń głównych przedstawiają rysunki 15 i 16 sporządzone osobno dla 2 przypadków wtaczania samolotu do hangaru: w nocy z 5 na 6 czerwca i z 7 na 8 czerwca. W pierwszym przypadku w czasie postoju samolotu obciążenie płyty posadzkowej nie zmieniało się w zauważalnym stopniu, w drugim – 8 czerwca, w okolicach godziny 6 rano najwyraźniej zmieniano położenie samolotu.



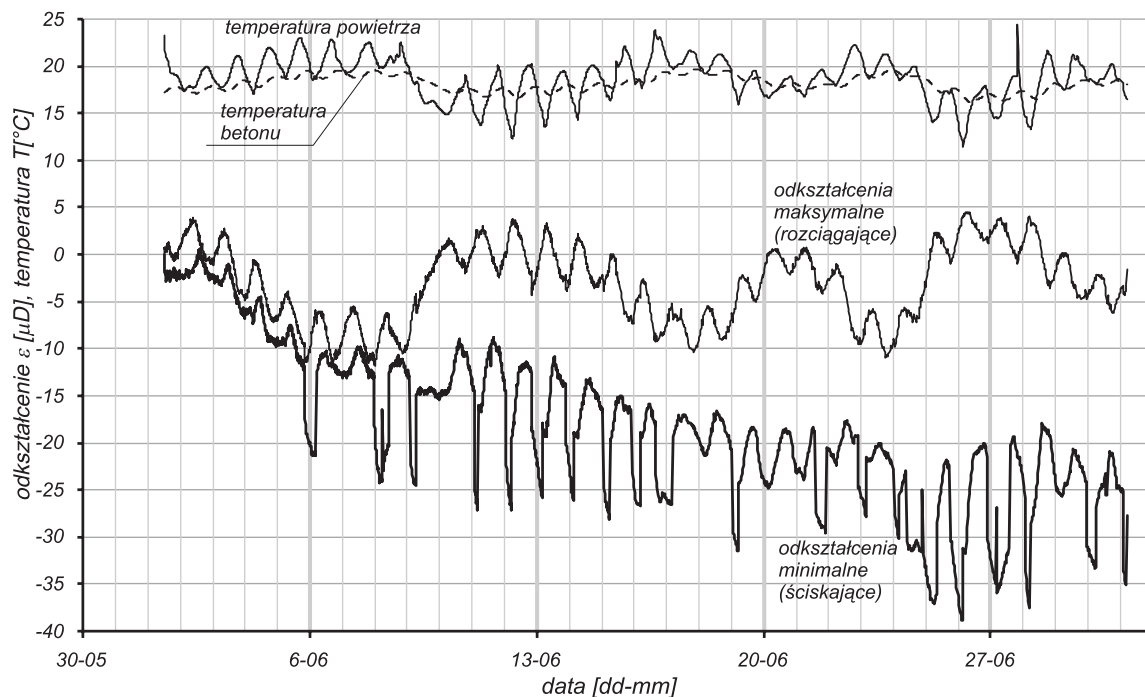
Rys. 11a. Rozeta lewa. Odkształcenia zmierzone przez poszczególne ekstensometry, temperatura dolnej warstwy posadзки, temperatura powietrza



Rys. 11b. Rozeta prawa. Odkształcenia zmierzone przez poszczególne ekstensometry, temperatura dolnej warstwy posadзки, temperatura powietrza



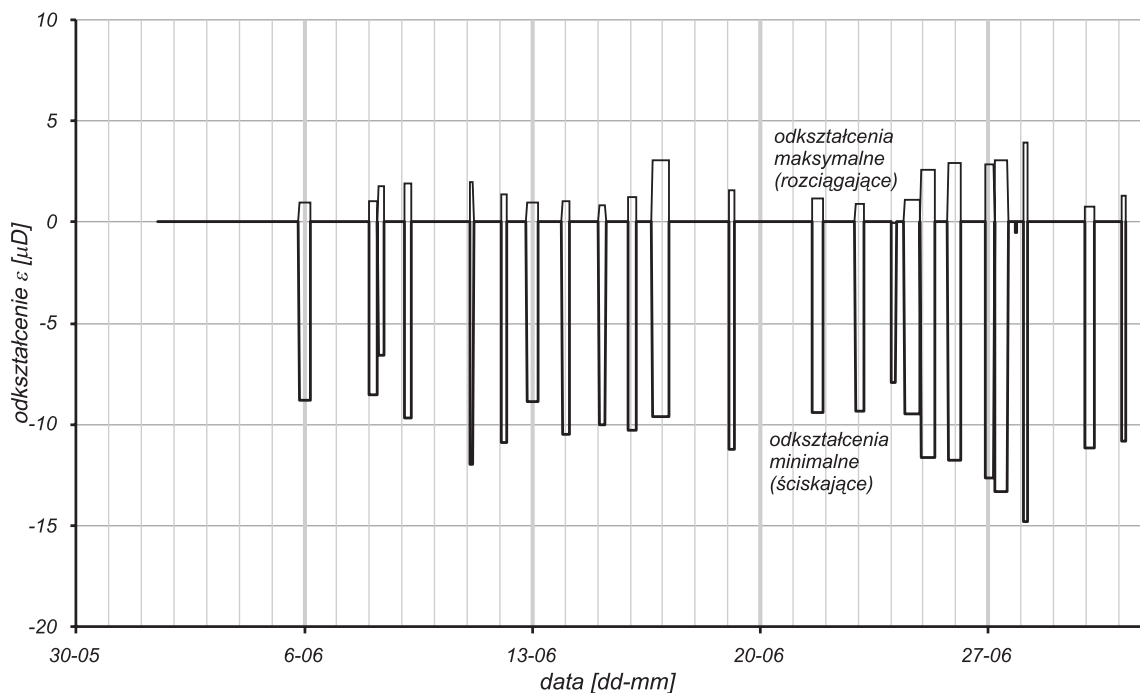
Rys. 12a. Rozeta lewa. Odkształcenia główne



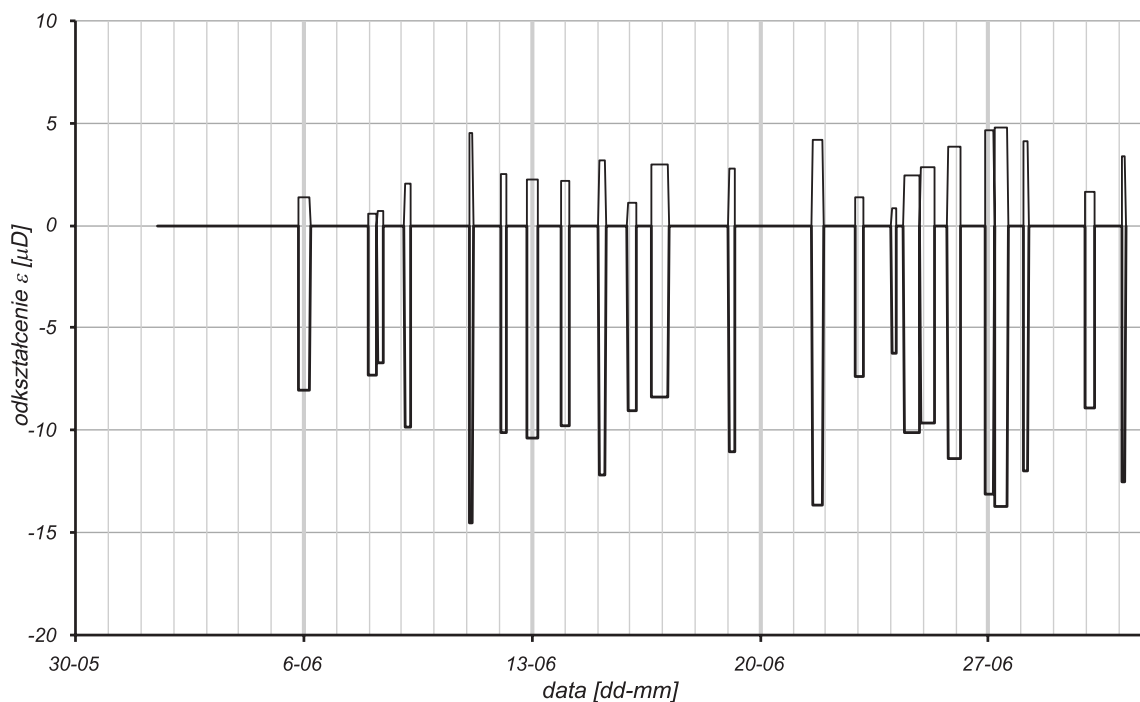
Rys. 12b. Rozeta prawa. Odkształcenia główne

Należy zauważyć, że kierunki odkształceń minimalnych, czyli ściskających w dolnej warstwie skrajnych pasm płyty posadzkowej nie są równoległe do osi podłużnej płyty, lecz stanowią z nią kąty w zakresie  $6^\circ \div 18^\circ$ . Stan ten jest spowodowany konstrukcją płyty, a więc sposobem obciążania poszczególnych jej pasm. Mianowicie, szerokość pasm (rys. 8a) wynosi 6 m, a rozstaw kół podwozia głównego samolotu – ok. 7.5 m. Przy obciążeniu sąsiadujące z pasmem środkowym brzegi pasm zewnętrznych są wyginane w kierunku wspomnianego pasma środkowego. Uzyskane wyniki są z dobrym przybliżeniem zgodne z wynikami otrzymanymi metodą modelowania komputerowego, zobrazowanymi na rysunku 17.



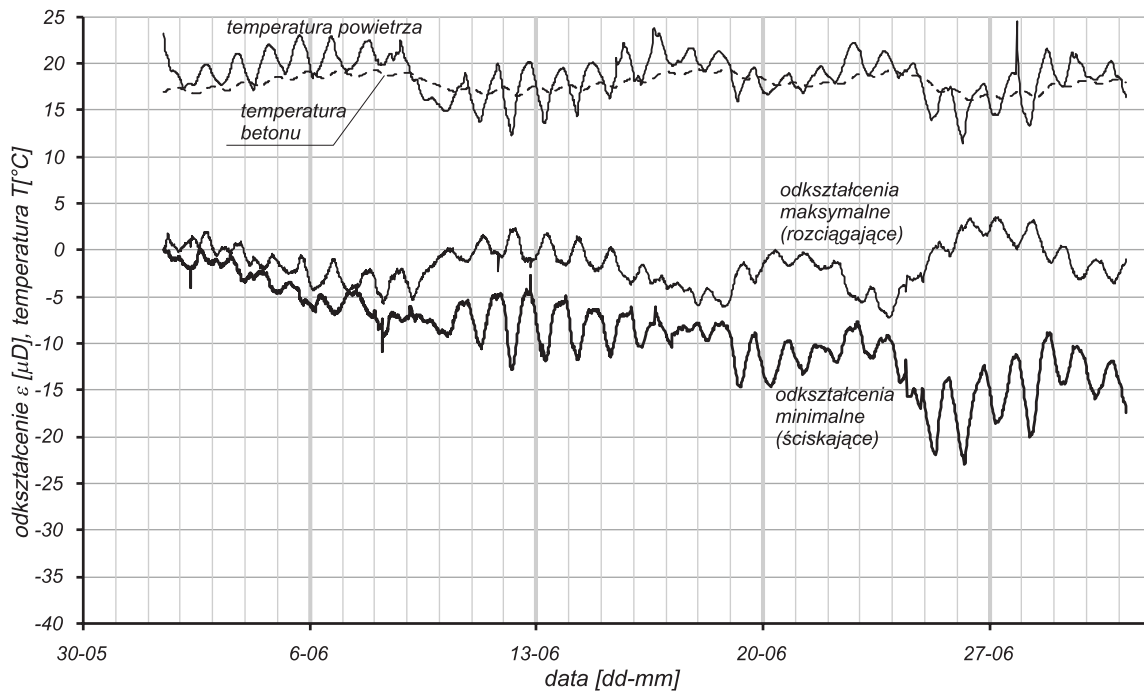


Rys. 13a. Rozeta lewa. Odształcenia główne wywołane obciążeniem płyty samolotem

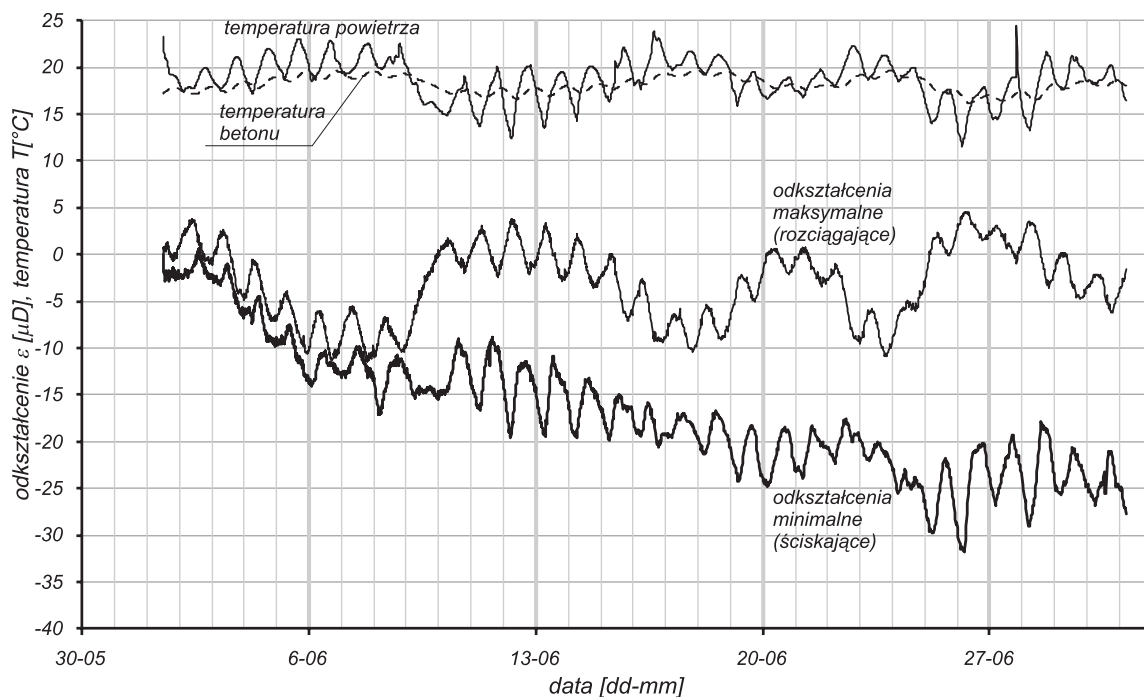


Rys. 13b. Rozeta prawa. Odształcenia główne wywołane obciążeniem płyty samolotem

Ciężar samolotu Airbus 320 bez ładunku i paliwa wynosi przeciętnie 450 kN. Z tego podwozie przednie przenosi na podłoże ok. 10%. Zatem ciężar samolotu wsparty jest niemal w całości na podwoziu głównym. Do symulacji założono obciążenie skrajnego pasma płyty siłą o wartości 200 kN w sposób pokazany na rysunku 8. Pierwsza część rysunku 17 przedstawia odkształcenia liniowe występujące wzdłuż krótszego boku. W odległości 2 m od punktu przyłożenia obciążenia, odkształcenie jest typu rozciągającego i ma wartość ok.  $1.5 \cdot 10^{-6}$ , czyli według przyjętej w pracy terminologii  $1.5 \mu\text{D}$ . Natomiast odkształcenie liniowe występujące wzdłuż dłuższego boku jest typu ściskającego i ma wartość ok.  $8 \cdot 10^{-6}$ , czyli  $8 \mu\text{D}$ .



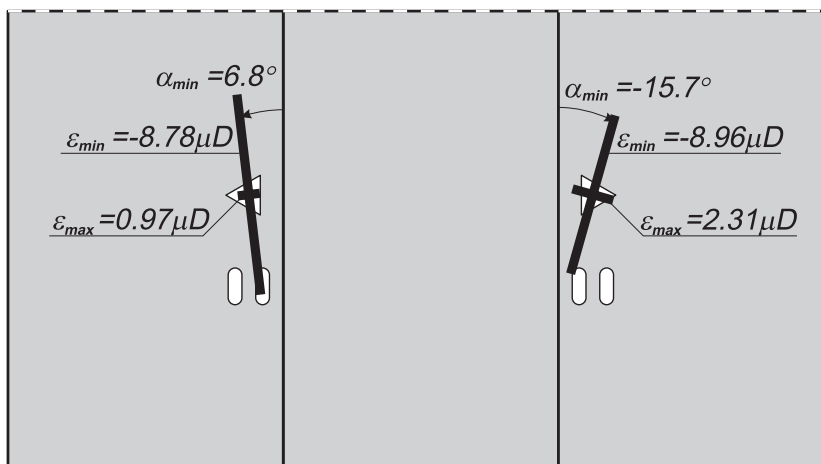
Rys. 14a. Rozeta lewa. Odkształcenia główne wywołane naprężeniami termicznymi



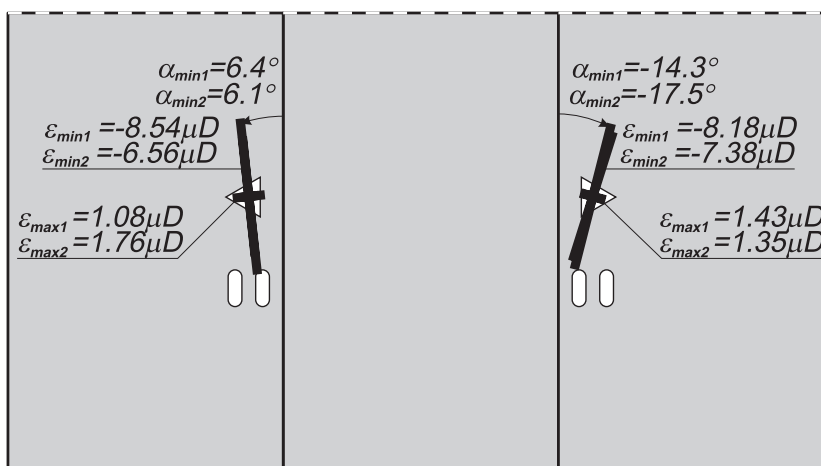
Rys. 14b. Rozeta prawa. Odkształcenia główne wywołane naprężeniami termicznymi

Podobne jak na rysunkach 15 i 16 diagramy można sporządzić dla każdego przypadku wprowadzania samolotu do hangaru. W okresie od 1.06 do 10.11.2011 z przerwą od 20.08 do 31.08 zarejestrowano ich 119. W czasie tym zarówno moduły wartości odkształceń głównych, jak i moduły kątów z osią płyty mają tendencję wzrostową, np. 9.11 odkształcenie ściskające zarejestrowane przez rozetę lewą przekroczyło wartość  $20 \mu\text{D}$ , a 28.10 tę samą wartość odkształcenie ściskające zarejestrowane przez rozetę prawą (rys. 18 i 19).

15 czerwca 2011 roku zamontowano miernik - rejestrator obsługujący rozetę usytuowaną ok. 2 m przed kołami podwozia przedniego samolotu, w osi symetrii środkowego pasma. Zarówno niewielkie obciążenie



Rys. 15. Odkształcenia główne. czerwiec, wjazd 20:00, wyjazd 4:30

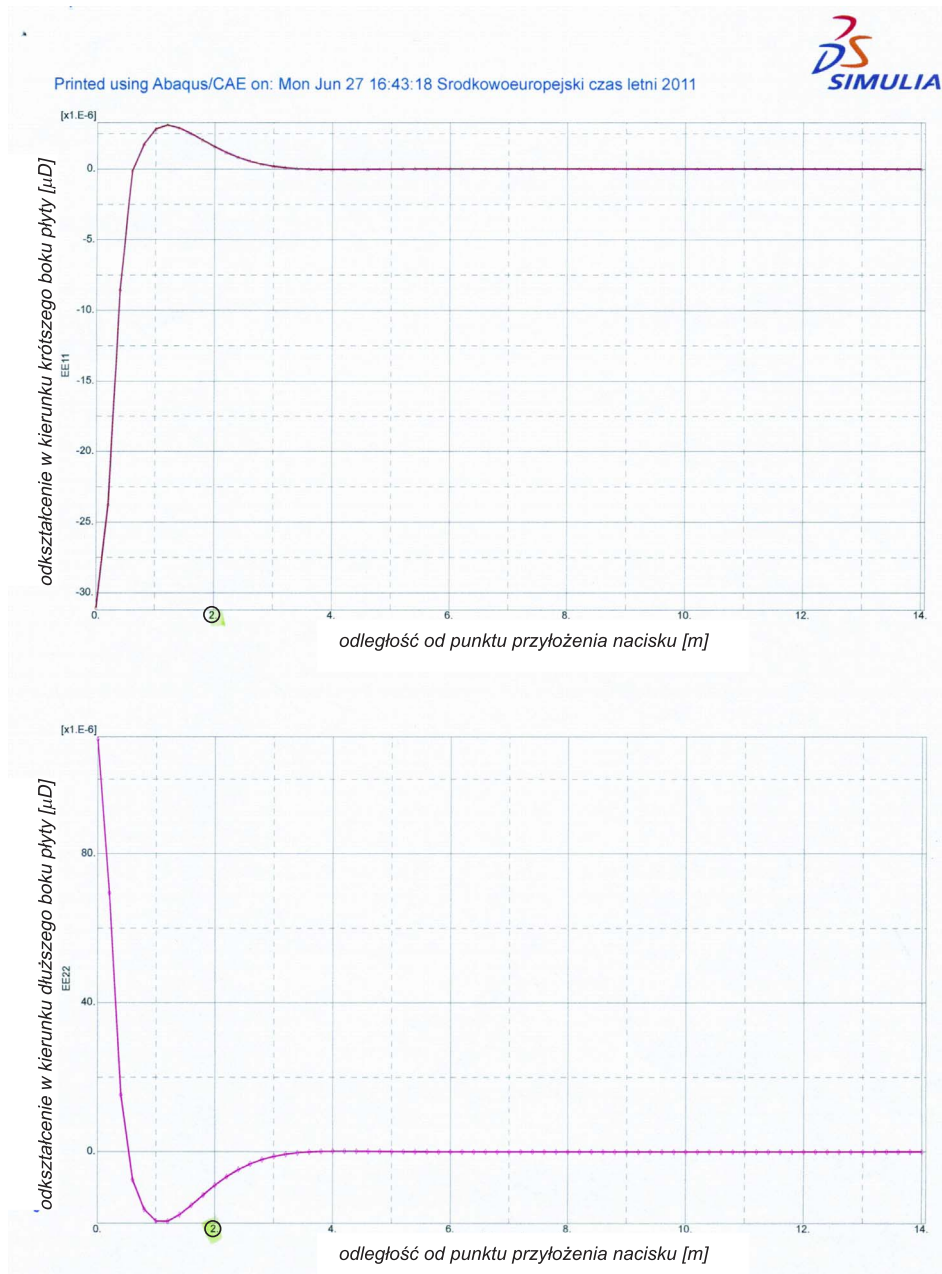


Rys. 16. Odkształcenia główne. Czerwiec, wjazd 23:40, manewry 5:30 – 6:00, wyjazd 10:30

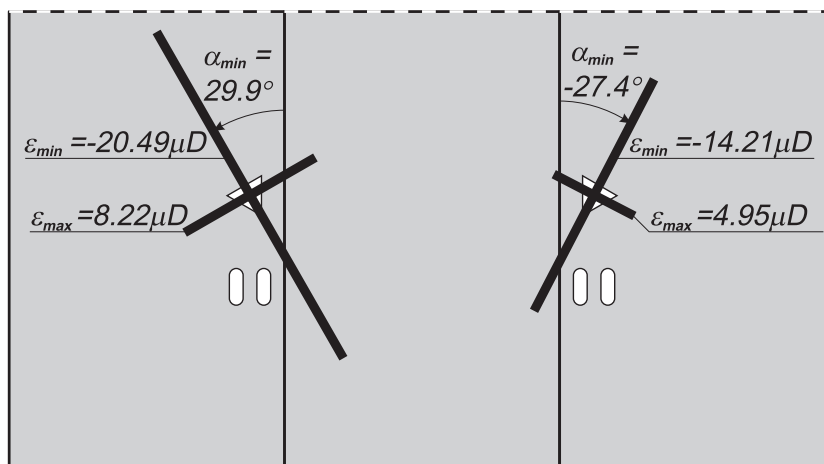
kół, jak i usytuowanie rozety sprawiają, że wartości mierzonych odkształceń nie wykazują zauważalnych zmian w czasie wprowadzania i wyprowadzania samolotu z hangaru (rys. 20). Położenie rozety tuż obok „skrzyni do obsługi statków powietrznych”, do której doprowadzone jest m in. zasilanie elektryczne, oraz poprowadzenie kabli z rozety tym samym tunelem co i wspomniane zasilanie skutkuje niekiedy występowaniem bardzo silnych zakłóceń pomiarów w czasie gdy samoloty są serwisowane. Dla zilustrowania wpływu zakłóceń bezpośrednio pod rysunkiem 20 umieszczono dodatkowo rysunek 21. Po porównaniu tych rysunków można zauważyć, że praca zainstalowanej aparatury szczególnie silnie została zakłócana tuż po północy 3.09 i słabiej z 21.09 na 22.09 i z 28.09 na 29.09.

#### 4. Obserwacje odkształceń posadzki wywołane jej starzeniem się

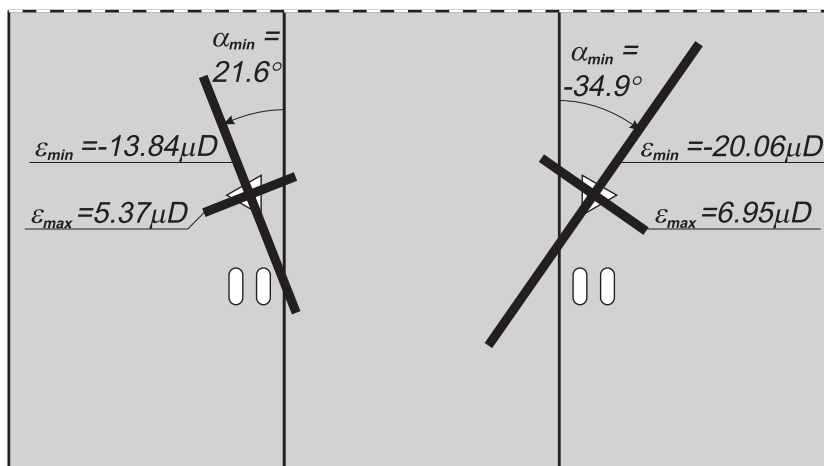
Oprócz obserwacji odkształceń płyt posadzki hangaru wywołanych przez obciążanie jej serwisowanymi samolotami oraz przez naprężenia termiczne przeprowadzono też obserwacje odkształceń wywołanych przez starzenie się materiału posadzki w okresie od 24 lutego do 19 listopada 2011 roku. Pierwsze pomiary przeprowadzono po upływie 24 godzin od zalania posadzki betonem. Początkowo, w okresie do 1 czerwca przeprowadzono je sporadycznie, ręcznie, następnie automatycznie. Rysunki 22-25 przedstawiają rozwój odkształceń głównych i ich kierunki. Tak jak na rysunkach 15 i 16 oraz 18 i 19, kierunek  $0^\circ$  jest zgodny z osią płyty posadzkowej hangaru.



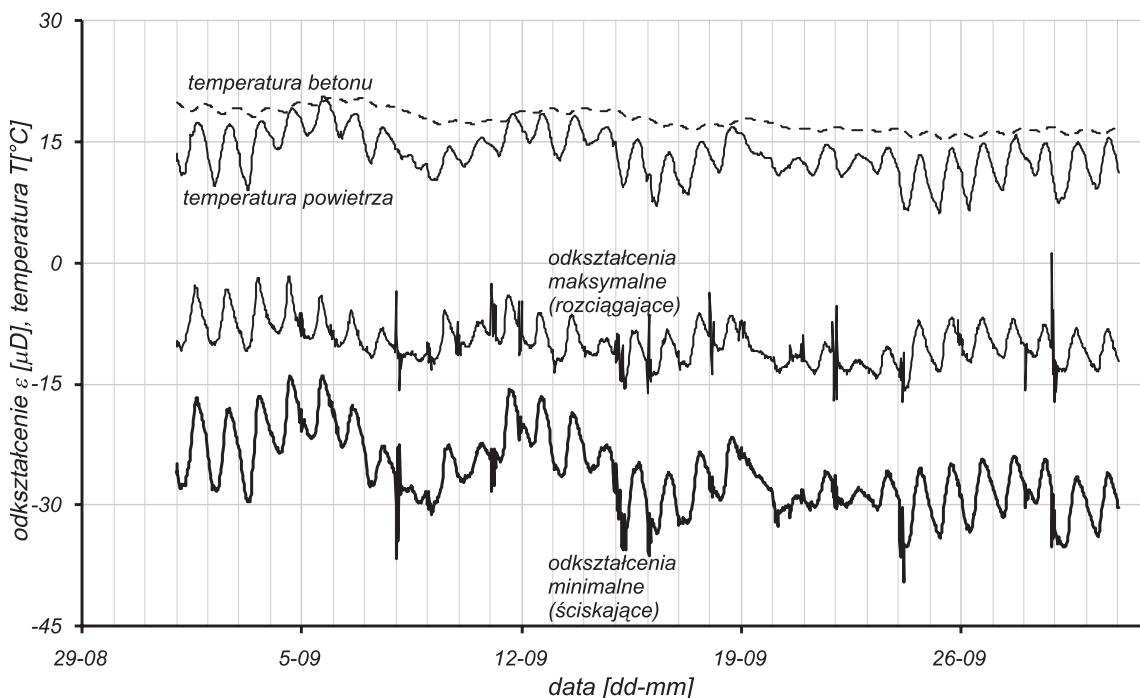
Rys. 17. Symulacja komputerowa odkształcenia jednego ze skrajnych pasm płyty posadzki hangaru (wykonane przez dr inż. L. Florkowską)



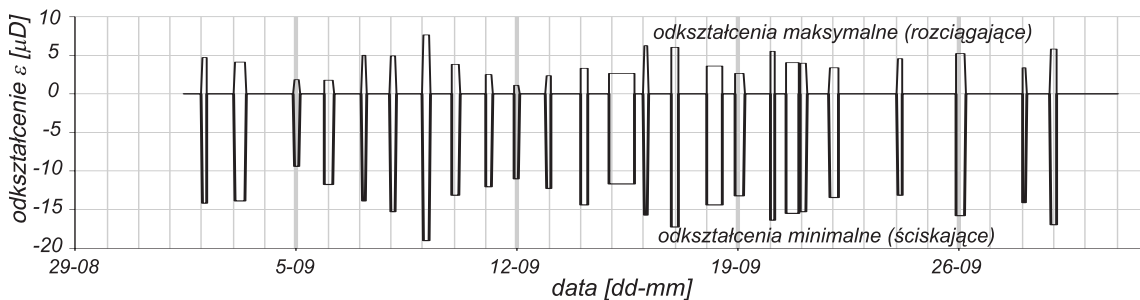
Rys. 18. Największe odkształcenia główne zmierzone lewą rozetą. 9 listopad, wjazd 00:40, wyjazd 5:30



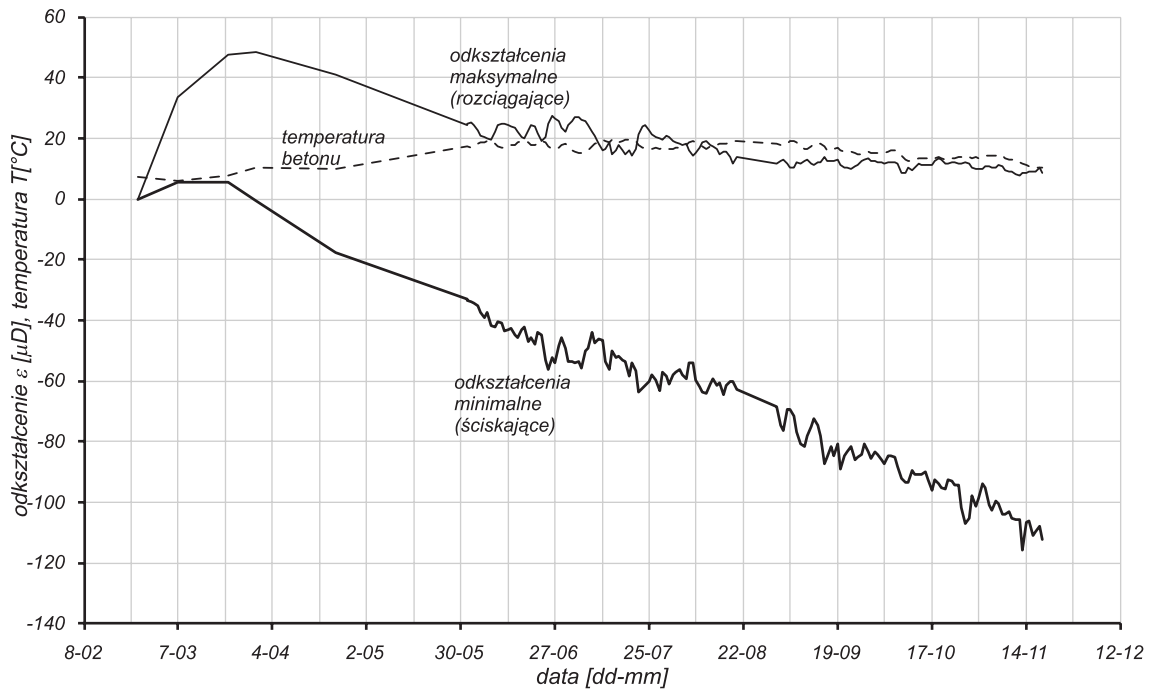
Rys. 19. Największe odkształcenia główne zmierzone prąwą rozetą. 28 października, wjazd 20:40, wyjazd 21:40



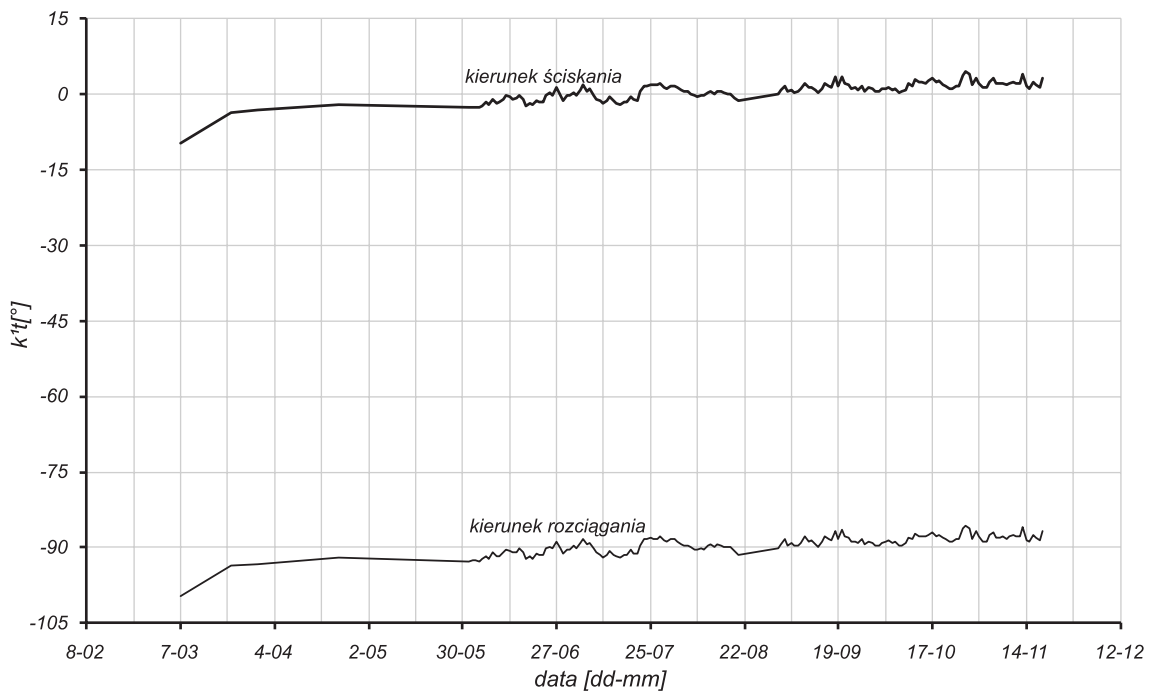
Rys. 20. Wartości odkształceń głównych zmierzonych przez rozetę w pobliżu podwozia przedniego



Rys. 21. Rozeta lewa. Odkształcenia główne wywołane obciążeniem płyty samolotem



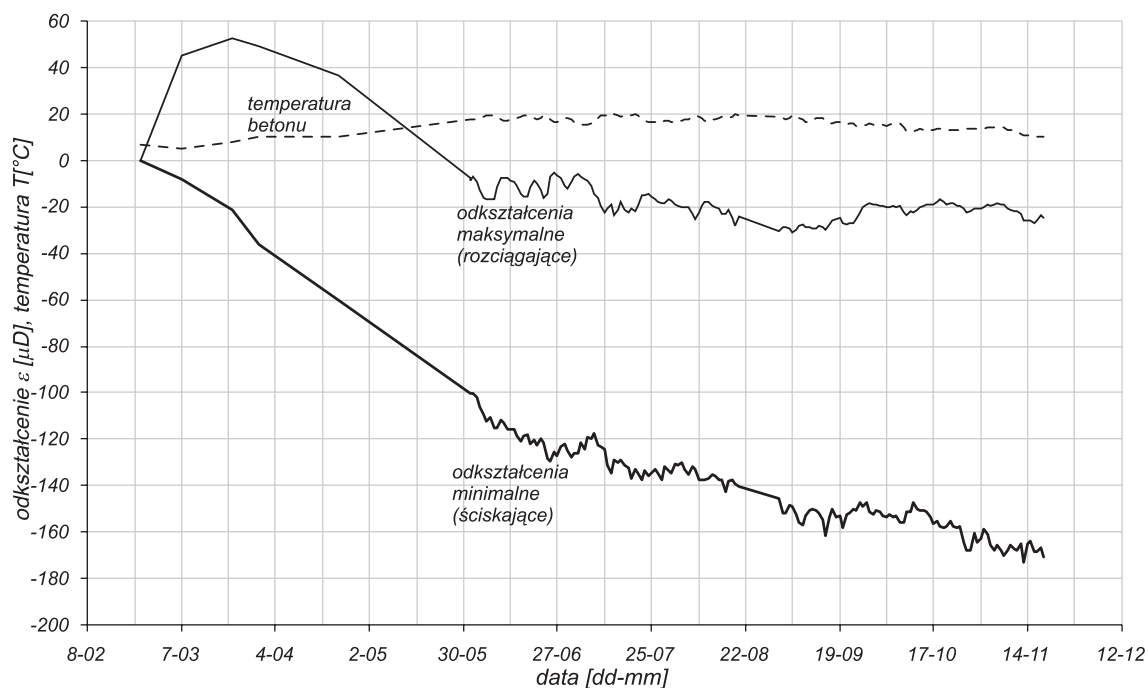
Rys. 22. Rozeta lewa. Odkształcenia główne wywołane starzeniem się materiału posadzki w okresie 24 luty – 19 listopad 2011



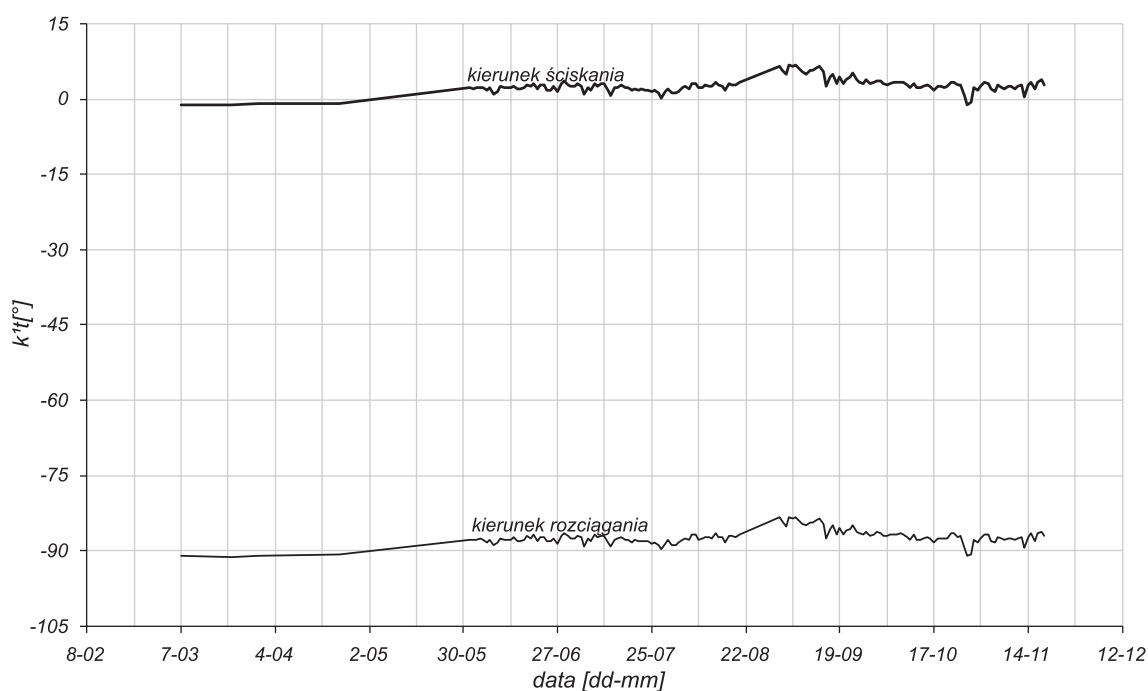
Rys. 23. Rozeta lewa. Kierunki odkształceń głównych wywołanych starzeniem się materiału posadzki w okresie 24 luty – 19 listopad 2011

## Podsumowanie

W hangarze znajdującym się na terenie Międzynarodowego Portu Lotniczego Katowice w Pyrzowicach zainstalowano skonstruowaną wyłącznie w Instytucie Mechaniki Górotworu PAN w Krakowie aparaturę do pomiarów odkształceń i temperatury posadzki. Aparatura ta, wykonana z tanich, ogólnodostępnych materiałów (ich całkowity koszt poniżej 2000 PLN) zapewnia prawidłowe prowadzenie obserwacji stanu posadzki. Rozety pomiarowe złożone z ekstensometrów strunowych o nieskomplikowanej budowie pozwalają na wy-



Rys. 24. Rozeta prawa. Odkształcenia główne wywołane starzeniem się materiału posadzki w okresie 24 lutego – 19 listopada 2011



Rys. 25. Rozeta lewa. Kierunki odkształceń głównych wywołanych starzeniem się materiału posadzki w okresie 24 lutego – 19 listopada 2011

znaczenie odkształceń głównych i ich kierunków względem osi płyty posadzki. Czulość ich z powodzeniem pozwala na obliczenie odkształceń spowodowanych obciążaniem posadzki ciężarem serwisowanych samolotów, naprężeniami termicznymi i starzeniem się betonu. Elektroniczne rejestratory o zasilaniu baterijnym umożliwiają rejestrację danych pomiarowych z częstotliwością pozwalającą na uchwycenie krótkotrwałych odkształceń. Ze względów organizacyjnych, obecnie rejestracja odbywa się z częstotliwością 50 pomiarów na dobę, odczyt zgromadzonych w pamięci rejestratorów danych przeprowadzany jest co 35 dni. Opracowane graficznie wyniki pomiarowe obrazują w przystępny sposób odkształcenia i temperatury posadzki. Jak

dotąd (koniec listopada 2011), aparatura działa bez zarzutu, problemem są tylko zakłócenia pracy rejestratora znajdującego się w pobliżu „skrzyni do obsługi statków powietrznych”, wyposażonej w energetyczne urządzenia dużej mocy np. przetwornicę 50/400 Hz o mocy 90 kVA. Przewidziane jest dalsze prowadzenie pomiarów. Zapewne, że bardziej korzystne dla obserwacji odkształceń byłoby usytuowanie rozet dokładnie pod kołami podwozia samolotu w czasie jego serwisowania, a nie 2 m przed nimi. Takie położenia początkowo zakładano, jednak po ukończeniu inwestycji ze względów bezpieczeństwa (możliwość uszkodzenia statecznika pionowego samolotu o konstrukcję dachu, która też została nieco zmieniona) zdecydowano się na bardziej „płytkie” wtaczanie samolotów do hangaru.

Praca została wykonana w roku 2011 w ramach prac statutowych realizowanych w IMG PAN w Krakowie, finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

## Literatura

- [1] A. Kanciruk. *Strunowy system pomiarowy do badań odkształceń posadzki hangaru lotniczego*. Prace Instytutu Mechaniki Górotworu PAN, Tom 12, nr 104 (2010), s. 93-100.
- [2] A. Kanciruk. *Urządzenie do pomiaru wielkości fizycznych przy użyciu przetwornika strunowego*. W: Metrologia. XXVI Międzyuczelniana Konferencja Metrologów MKM'94, Opole-Jarnołtówek 23 wrzesień 1994, Zesz. Nauk. Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Opolu nr 203, Elektryka, z. 40, T.1, (1994), s. 173-178

### **Installing measuring equipment in the floor of a hangar. Measuring and recording floor deformations**

#### **Abstract**

In the area of International Airport “Katowice” in Pyrzowice an old hangar is situated. In the year 2010 and at the beginning of 2011 year the hangar was being reconstructed. Two new floor panels were built. In order to measure strains, in the structure of one of them three rosettes were installed. Every rosette contains three vibrating-wire extensometers. After concrete setting, for three months the strains were measured manually. After that, two meters-recorders were installed. Now, the measurements are performed automatically, the results are recorded in memories. Every month the completed data is transferred into PC for further processing. In particular, the influence of load, thermal expansion and hydration shrinkage of concrete is observed.

**Keywords:** vibrating wire transducers, measuring deformations of concrete structures, measuring/recording devices