

BADANIE DEFORMACJI PŁYTY NA GRUNCIE Z BETONU SPRĘŻONEGO W DWÓCH KIERUNKACH

Andrzej Seruga¹, Rafał Szydłowski²
Politechnika Krakowska

Streszczenie: Celem badań było rozpoznanie zachowania się betonowej płyty na gruncie sprężonej w dwóch kierunkach. Problem ten jest bardzo istotny z uwagi na możliwość zastosowania tej technologii do wykonywania nawierzchni lotniskowych a w szczególności pasów startowych. W Polsce zagadnienie to do tej pory nie było przedmiotem badań doświadczalnych.

Słowa kluczowe: nawierzchnie z betonu sprężonego, odkształcenie nawierzchni betonowych, zwichrzenie nawierzchni.

1. Wprowadzenie

W latach 2004÷2006, w Zakładzie Konstrukcji Sprężonych IMiKB PK podjęto decyzję o konieczności opracowania technologii wykonania i zasad projektowania nawierzchni drogowych i lotniskowych z betonu sprężonego. Na podstawie przeprowadzonych studiów literatury krajowej i zagranicznej opracowano program badań doświadczalnych, którego realizację rozpoczęto od badań w warunkach laboratoryjnych. W pierwszym etapie przebadano 3 płyty o wymiarach 3,6×1,0×0,16 m w stabilnych warunkach termiczno-wilgotnościowych. Płyta nr 1 była sprężona dwoma cięgnami w kierunku podłużnym, płyta nr 2 była sprężona czterema cięgnami w kierunku podłużnym. Płyta nr 3 nie była sprężana, natomiast prowadzony był pomiar skurczu. Płyty zostały wykonane z betonu napowietrzonego na kruszywie bazaltowym. Zastosowano cement portlandzki CEM I MSR NA 42,5 w ilości 440 kg na m³ betonu. Stosunek $w/c = 0,37$. Pod płytami umieszczono warstwę poślizgową składającą się z dwóch warstw folii polietylenowej. Płyty sprężono cięgnami bez przyczepności 7φ5 naciąganyymi w dwóch etapach. W etapie I wprowadzono 50% siły docelowej po 20 godzinach dojrzewania betonu. W etapie II płyty doprężono wprowadzając do cięgien wartości sił docelowych po 40 godzinach dojrzewania betonu.

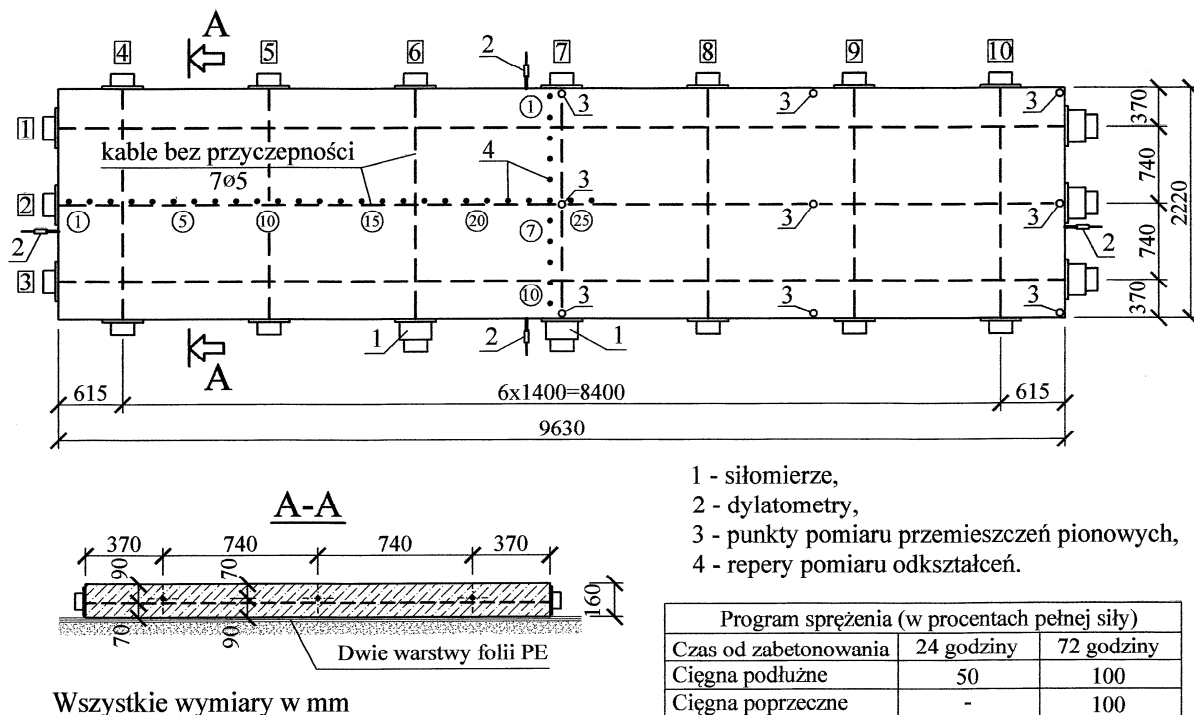
2. Badania doświadczalne w zmiennych warunkach otoczenia

W oparciu o doświadczenia zdobyte z przeprowadzonych badań laboratoryjnych postanowiono przeprowadzić dalsze badania ale w warunkach naturalnych na płycie dwukierunkowo sprężonej. Badania przeprowadzono na płycie o wymiarach 9,63×2,2×0,16 m wykonanej na zewnątrz Laboratorium Instytutu Materiałów i Konstrukcji Budowlanych Politechniki Krakowskiej. Jako warstwę podbudowy wykorzystano istniejącą nawierzchnię asfaltową płyty parkingowej. Na podbudowie ułożono warstwę piasku grubości 30 mm

¹ dr hab. inż. prof. PK, aseruga@imikb.wil.pk.edu.pl

² dr inż., www.rszydlowski.pl

i warstwę poślizgową, którą stanowiły dwie folie polietylenowe. Zadaniem warstwy poślizgowej jest zredukowanie tarcia pomiędzy płytą betonową a podbudową. Do wykonania płyty zastosowano zaprojektowaną dla nawierzchni drogowych napowietrzoną mieszankę betonową na cemencie portlandzkim CEM I 42,5 w ilości 430 kg/m^3 . Stosunek w/c wynosił 0,39. Do mieszanki betonowej użyto kruszywa bazaltowego o dwóch frakcjach $2\div 8$ i $8\div 16$ mm. Płyta została sprężona stalowymi cięgnami bez przyczepności typu $7\phi 5$ mm. Widok ogólny płyty, przekrój poprzeczny, rozmieszczenie cięgien sprężających i punktów pomiarowych przedstawiono na rys. 1.



Rysunek 1: Geometria płyty, lokalizacja punktów i przetworników pomiarowych.

Przyjęto następujący program badań doświadczalnych:

- pomiar rozkładu temperatury betonu na grubości płyty betonowej,
- pomiar deformacji płyty w kierunku pionowym,
- pomiar odkształceń betonu na powierzchni płyty w kierunku podłużnym i poprzecznym,
- pomiar skrócenia płyty,
- pomiar siły w cięgnach sprężających.

Płytę zabetonowano 2 października 2006 roku o godzinie 16^{00} . W dniu 3 października o godzinie 2^{00} , tj. po 10 godzinach od zabetonowania, zainstalowano przetworniki przemieszczeń na obu kierunkach płyty. Tego samego dnia po 24 godzinach od betonowania płyty naklejono zegary do pomiaru odkształceń betonu i zainstalowano siłomierze ciśnieniowe (rys. 2a). W dalszej kolejności zrealizowano I etap sprężenia (50% siły docelowej). W dniu 5 października dociągnięto cięgna podłużne do siły docelowej (100%), a następnie zrealizowano naciąg cięgien poprzecznych. Dla celów kontrolnych pomiar siły na 2 cięgnach podłużnych prowadzony był za pomocą siłomierzy pałkowych (rys. 2b). Wartość siły odczytywana była ze wskazań czujników zegarowych. Naprężenia w betonie wywołane sprężeniem wynosiły $1,75 \text{ MPa}$ w kierunku podłużnym i $0,90 \text{ MPa}$ w kierunku poprzecznym.

a)



b)



c)



Rysunek 2: Widok ogólny badanej płyty na gruncie.

3. Wyniki badań doświadczalnych

Pomiary rozkładu temperatury mierzono za pomocą 3 czujników zlokalizowanych w środku płyty, w 3 poziomach na jej grubości. Czujniki górny i dolny umieszczone były w odległości 10 mm od zewnętrznych powierzchni płyty, natomiast czujnik środkowy w połowie grubości płyty. Czujnik do pomiaru temperatury otoczenia zlokalizowany był ponad płytą.

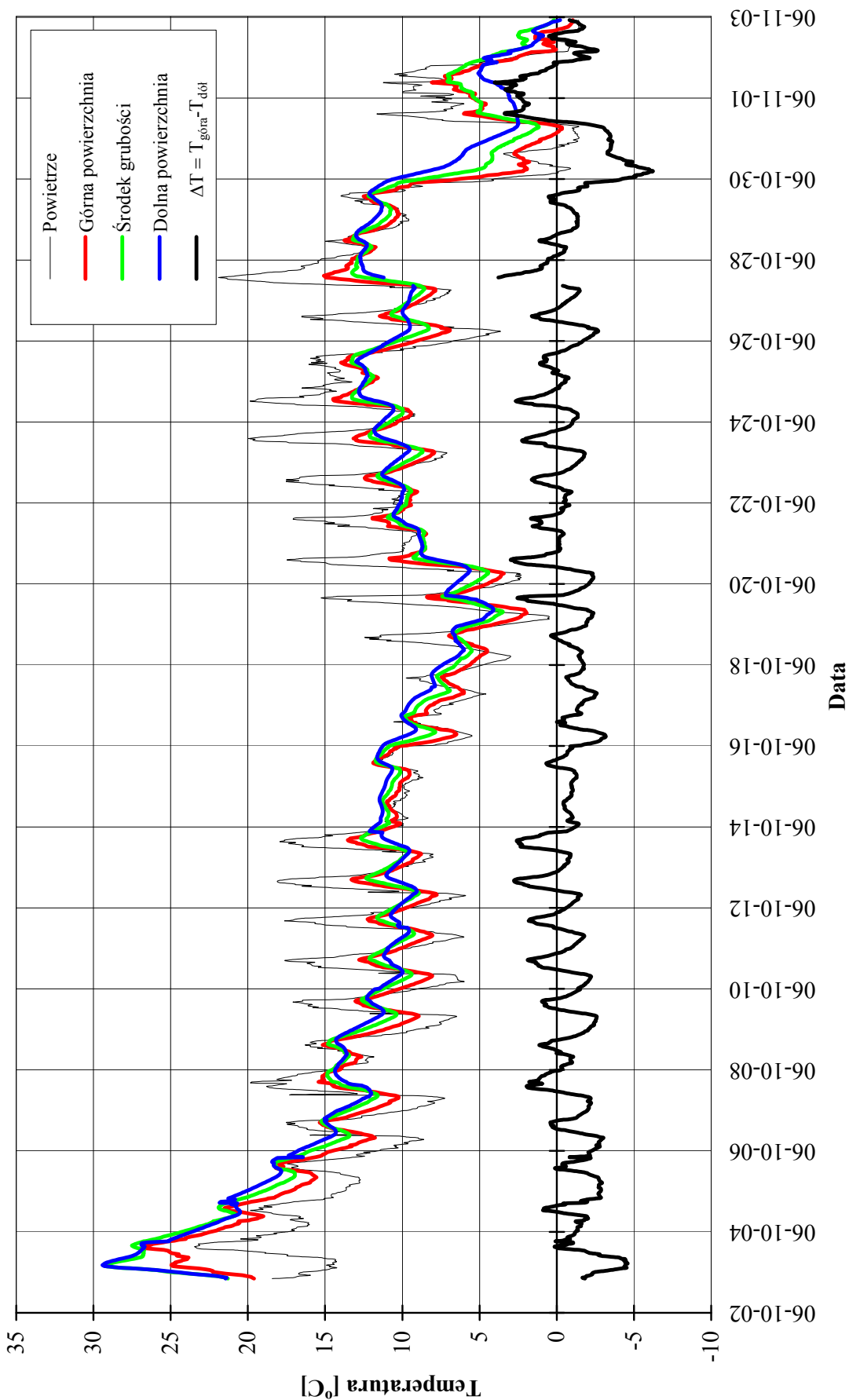
Rozkłady temperatury betonu zarejestrowane w okresie od 2.10.2006 do 2.11.2006 przedstawiono na rys. 3. Maksymalna wartość temperatury została odnotowana w okresie pierwszych 24 godzin od ułożenia mieszanki betonowej. Niestety ze względu na jesienny okres prowadzenia badań doświadczalnych, odnotowano stopniowe schładzanie betonu. Z początkiem listopada zarejestrowano nawet ujemną temperaturę betonu na górnym czujniku pomiarowym. Maksymalna różnica temperatur odnotowana na grubości płyty (0,14 m) wynosiła ponad 7°C. Można wnioskować, że w rzeczywistości różnica temperatur pomiędzy powierzchniami zewnętrznymi płyty mogła dojść do 10°C.

Zmiany deformacji płyty rejestrowane za pomocą przetworników przemieszczeń zlokalizowanych w punktach pomiarowych od 1 do 9 przedstawiono na rys. 4 i 5. Wszystkie czujniki zainstalowane wzdłuż krawędzi (1, 2, 3, 4, 6, 7 i 8) potwierdzają umieszczenie płyty do góry, przy czym największe wartości odnotowano na czujnikach narożnych (7 i 8). Czujniki zlokalizowane w punktach 2 i 5 wskazują na obniżenie się płyty. Stan deformacji płyty odnotowany w dniu 1 listopada przedstawiono na rys. 5. Widać wyraźnie, że płyta ulega deformacji względem osi podłużnej i poprzecznej.

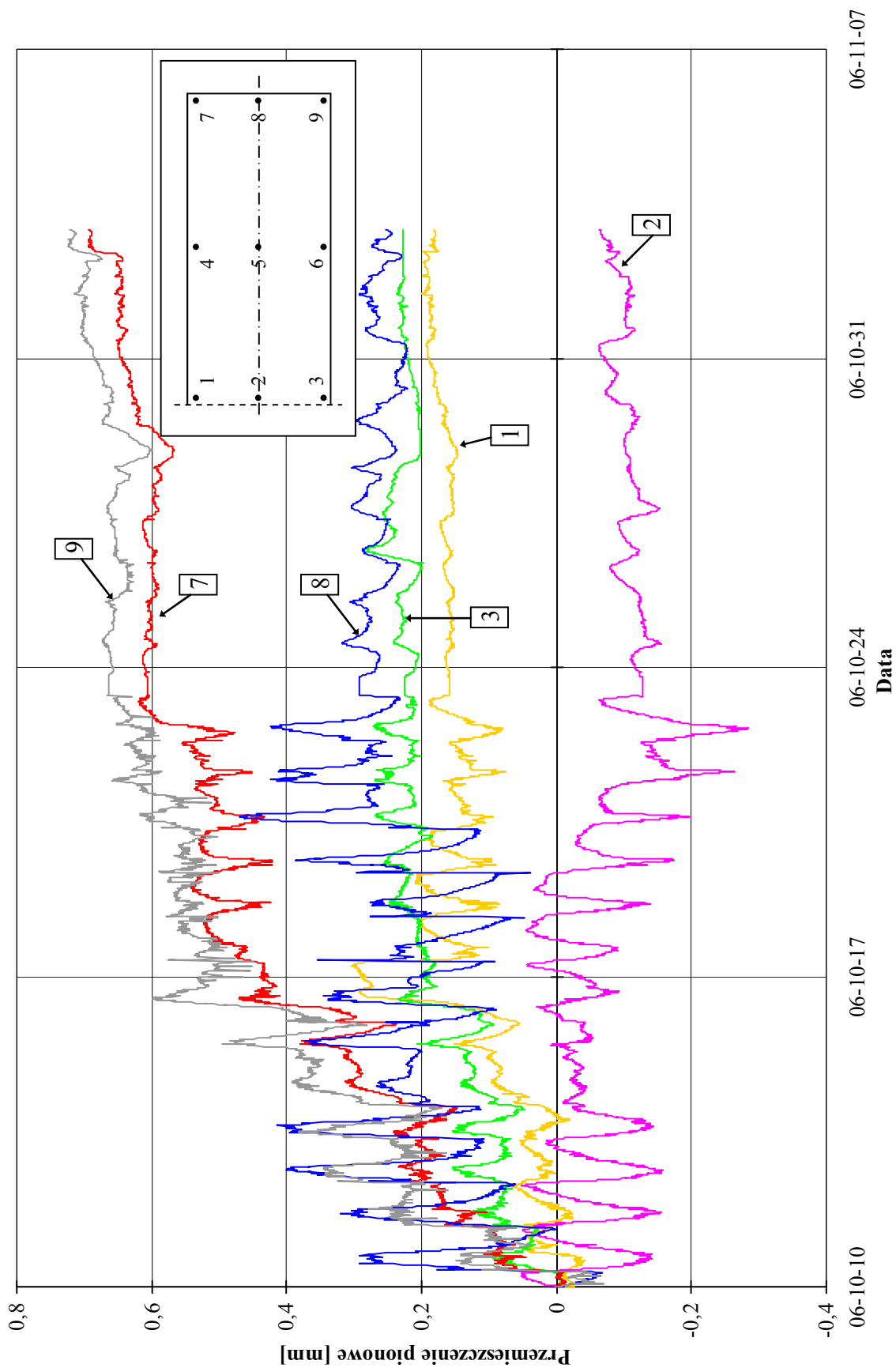
Rozkłady odkształceń betonu pomierzone na górnej powierzchni płyty w kierunku podłużnym przedstawiono na rys. 6. Można zauważyć tendencję spadkową odkształceń w kierunku od końca do połowy rozpiętości płyty. Większe wartości odkształceń na końcach płyty rejestrowane są od chwili wprowadzenia całkowitej siły sprężającej (5.10.2006). Rozkłady analogicznych odkształceń w kierunku poprzecznym przedstawiono na rys. 7. W pierwszym etapie sprężenia (tylko ciągną podłużne, 50% wartości siły docelowej) odkształcenia betonu są nieznacznie większe w osi płyty. W wyniku docelowego sprężenia (ciągną podłużne i poprzeczne) odnotowano wzrost odkształceń betonu w pobliżu krawędzi podłużnych płyty i ta tendencja utrzymuje się w dalszym okresie pomiarowym. Należy podkreślić dobrą zgodność odkształceń betonu z deformacją płyty.

Na podstawie prowadzonych obserwacji pomierzonych odkształceń płyty w kierunku podłużnym można stwierdzić zauważalny spadek ich wartości w osi usytuowania poprzecznych cięgien sprężających (4 c.p., 5 c.p., 6 c.p.).

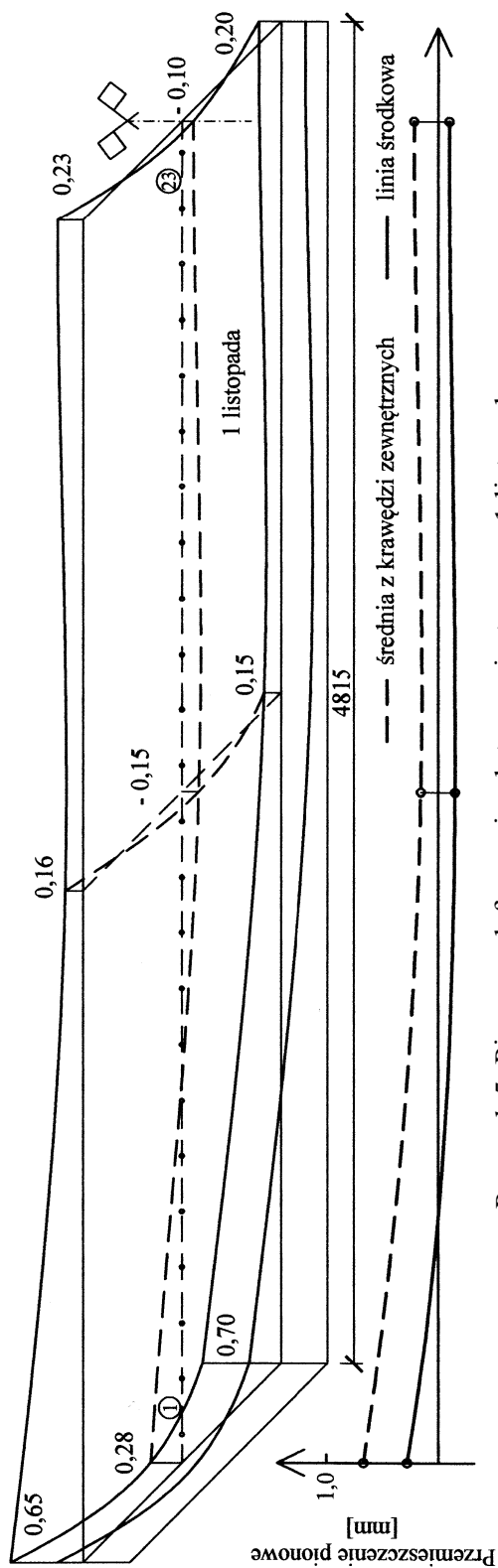
Rozkłady pomierzonych skróceń płyty (przemieszczeń poziomych) w obu kierunkach przedstawiono na rys. 8. Można stwierdzić, że skrócenie płyty w kierunku poprzecznym jest stabilne i utrzymuje się na tym samym poziomie przez okres 21 dni. Widoczny jest wzrost przemieszczeń w okresie początkowym oraz w okresie ostatnich kilku dni. Skrócenie płyty w kierunku podłużnym jest znaczące w okresie kilku pierwszych dni, następnie widoczny jest wolniejszy przyrost skrócenia i znowu wzrost w ostatnich kilku dniach. Większy wzrost skrócenia płyty zarejestrowany w obu kierunkach po 28.10.2006 można tłumaczyć znacznym obniżeniem temperatury powietrza (rys. 3).



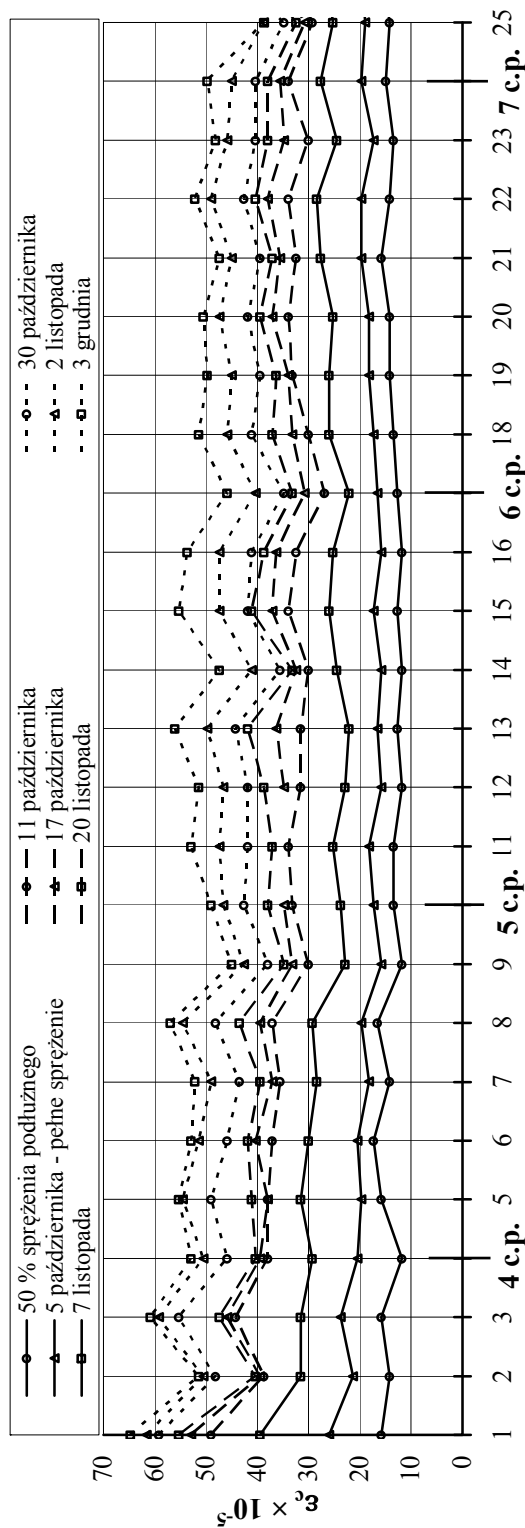
Rysunek 3: Rozwój temperatury betonu w badanym przekroju wraz z temperaturą powietrza.



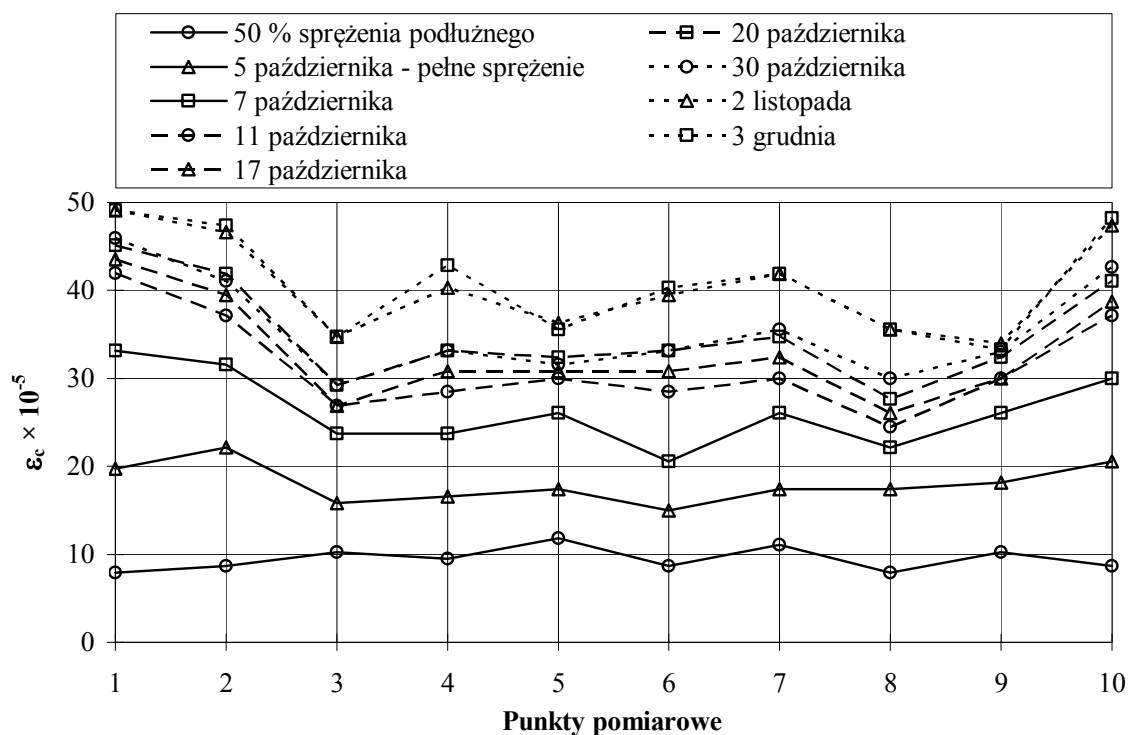
Rysunek 4: Rozwój pionowych przemieszczeń punktów kontrolnych płyty.



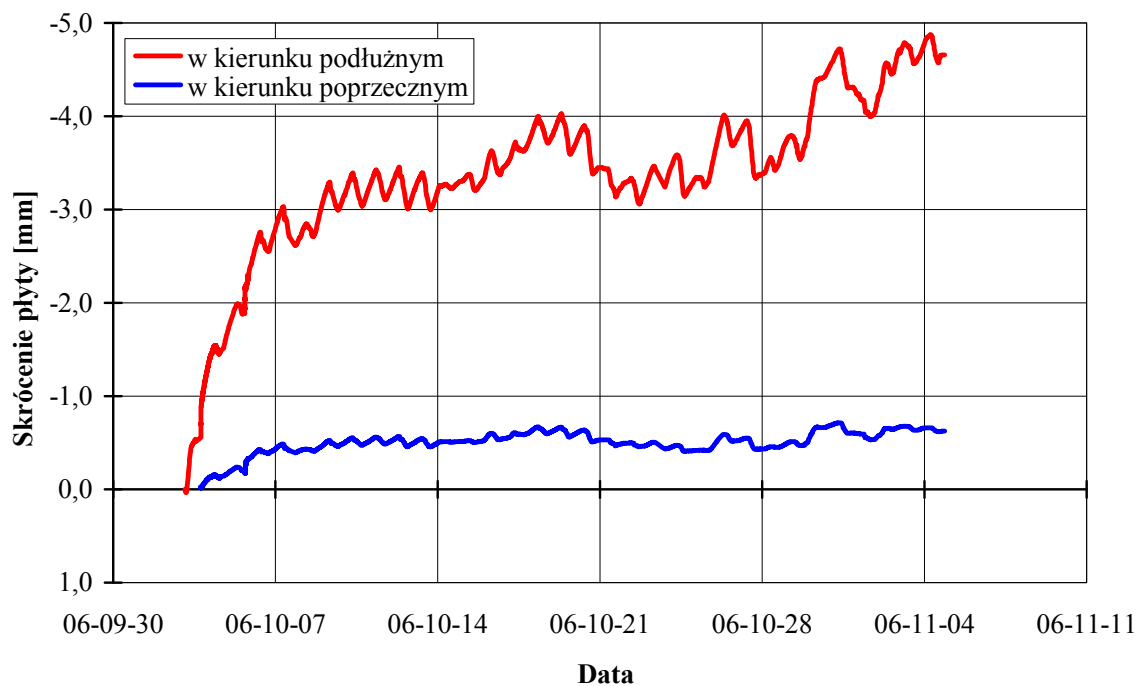
Rysunek 5: Pionowa deformacja płyty zarejestrowana 1 listopada.



Rysunek 6: Odkształcenia płyty zarejestrowane na powierzchni górnej w podłużnej linii środkowej.



Rysunek 7: Rozwój odkształceń betonu na górnej powierzchni płyty w kierunku poprzecznym.



Rysunek 8: Rozwój skrócenia płyty.

4. Podsumowanie

Wygięcie płyty betonowej posadowionej na gruncie zależy od takich czynników jak:

- rozkład temperatur na grubości płyty,
- rozkład wilgoci na grubości płyty,
- wymiarów geometrycznych płyty w rzucie,
- grubości płyty,
- modułu sprężystości betonu,
- wytrzymałości betonu na ściskanie i rozciąganie przy zginaniu.

W przypadku wystąpienia znacznych naprężeń rozciągających może dojść do zarysowania płyty. W płytach z betonu sprężonego rozkład odkształceń betonu na grubości płyty zależy w dużej mierze od usytuowania cięgien sprężających. Z uwagi na spadek siły sprężającej w czasie powiększony o tarcie pomiędzy płytą a podbudową, cięgna sprężające winny być lokalizowane poniżej środka grubości płyty.

Badania doświadczalne wykazały, że nawet w płycie o grubości 0,16 m może wystąpić różnica temperatur na grubości płyty większa niż powszechnie przyjmowana do obliczeń wartość 5°C.

Należy kontynuować badania doświadczalne w celu określenia rozkładu odkształceń betonu na grubości płyty w warunkach wyższych temperatur, tj rzędu 50°C, z jakimi można się spotkać w praktyce wykonawczej.

Praca została wykonana w ramach projektu badawczego EUREKA Project E! 3366. Development of Service Quality for Air transport Infrastructure L-2/514/SPB/2004.