



Analiza wyteżenia nawierzchniowych płyt betonowych pod wpływem naturalnego obciążenia termicznego

Dr inż. Małgorzata Linek, mgr inż. Patrycja Piotrowska-Nowak, Politechnika Świętokrzyska

1. Wprowadzenie

Dynamiczny rozwój transportu drogowego oraz lotniczego zmusza do prowadzenia badań oraz podejmowania działań w zakresie poprawy trwałości nawierzchni betonowych, co w konsekwencji przyczynia się do wzrostu bezpieczeństwa ruchu. Bez wątpliwa zwiększający się ruch pojazdów ciężarowych o dużym nacisku na oś powoduje nieodwracalne zmiany w konstrukcji nawierzchni drogowej. Czynniki, które oprócz ruchu pojazdów wpływają na stan i trwałość nawierzchni, są właściwości materiałów wykorzystanych do jej budowy oraz warunki klimatyczne, w jakich nawierzchnia jest eksploatowana.

Betonowe warstwy jezdne cechują się doskonałą nośnością oraz odpowiedzialne są za przenoszenie obciążeń na dolne warstwy konstrukcyjne nawierzchni, co w istotny sposób odciąża podbudowę i redukuje ich odkształcenia. Nawierzchnie betonowe mają znaczną przewagę nad nawierzchniami wykonanymi w technologii asfaltowej dzięki ich całkowitej odporności na deformacje trwałe. Ponadto nawierzchnie betonowe przez wzgląd na swój jasny kolor poprawiają

widoczność oraz obniżają koszty oświetlenia ciągów komunikacyjnych. Starannie wykonana nawierzchnia betonowa osiąga 30-letni okres użytkowania, a monitorowanie jej stanu i poprawnie przeprowadzane zabiegi utrzymaniowe mogą znacznie ten okres wydłużyć. Kluczem do osiągnięcia wymaganych właściwości nawierzchni jest prawidłowe dobranie materiałów i zaprojektowanie mieszanki betonowej, a także przyjęcie odpowiednich założeń do projektowania konstrukcyjnego. Niezwykle ważne jest oszacowanie wpływu obciążeń użytkowych oraz termicznych na stan naprężeń w płytach betonowych.

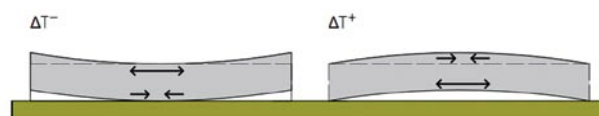
Obciążenia działające na nawierzchnie betonowe generują w nich naprężenia, które po przekroczeniu wartości dopuszczalnych mogą doprowadzić do uszkodzeń. Wyróżnia się obciążenia użytkowe statyczne oraz dynamiczne, a także obciążenia temperaturowe związane z procesami zachodzącymi w twardniejącym betonie, wpływem czynników klimatycznych lub wymuszonymi obciążeniami temperaturowymi. Do czynników klimatycznych należy zaliczyć przede wszystkim temperaturę powietrza, opady, radiację słoneczną oraz zachmurzenie. Istotne znaczenie mają także chemiczne środki zimowego utrzymania nawierzchni, które w połączeniu z obciążeniem od ruchu pojazdów oraz wahaniami temperatur prowadzą do uszkodzeń nawierzchni w postaci spękań oraz złuszczeń [3].

2. Cel i zakres pracy

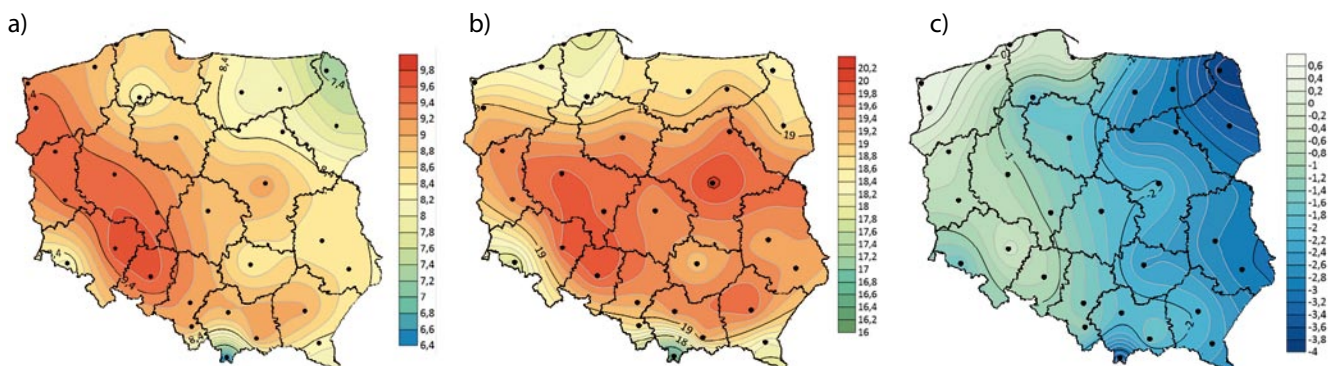
Celem analizy jest określenie wpływu obciążenia klimatycznego w postaci temperatury na wyteżenie płyt betonowych. W tym celu wykorzystano dane klimatyczne uzyskane za pośrednictwem Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej [6] zebrane w latach 2000–2016 z 34 stacji pomiarowych zlokalizowanych na terenie całego kraju. Wnikliwej



Rys. 1. Lokalizacja stacji meteorologicznych objętych analizą



Rys. 2. Schemat odkształcania się płyty betonowej



Rys. 3. Średnie temperatury powietrza – średnia z okresu 2000–2016 dla analizowanych stacji pomiarowych: a) średnia dobowa temperatura, b) średnia dobowa temperatura w lipcu, c) średnia dobowa temperatura w styczniu

analizie poddano dane dotyczące średniej dobowej temperatury powietrza, temperatury powietrza w ujęciu godzinowym oraz temperatury minimalnej przy gruncie. Na ich podstawie opracowano, przy użyciu testowej wersji programu Surfer 15.4.354 firmy Golden Software LLC, mapy Polski z zasięgiem występowania danego zjawiska, a także wykonano dla wybranych stacji pomiarowych numeryczną analizę pracy płyty betonowej przy użyciu programu Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2018.

3. Analiza warunków klimatycznych Polski

Obszar Polski jest niezwykle zróżnicowany pod względem klimatycznym. Ma to ścisły związek z frontami atmosferycznymi, które docierają do kraju, a mianowicie wilgotnymi masami powietrza znanymi z Oceanu Atlantyckiego oraz suchymi masami ze strony kontynentu europejskiego i azjatyckiego.

W konsekwencji Polska charakteryzuje się klimatem umiarkowanym przejściowym, gdzie w zależności od temperatury dobowej wyróżnia się osiem pór roku (przedwiosnie, wiosna, przedlecie, lato, polecie, jesień, przedzimie, zima) [2].

Czynnikiem determinującym stan naprężenia termicznego w betonowych płytach nawierzchniowych jest wahanie temperatur, które bezpośrednio oddziałuje na płytę, pobierając lub oddając jej energię cieplną. Wahania te można rozpatrywać w cyklach dobowych dzień-noc oraz cyklach rocznych lato-zima [3]. Należy wziąć także pod uwagę lokalizację geograficzną analizowanej nawierzchni betonowej oraz wilgotność, zapylenie i zamglenie powietrza. Znaczenie ma również Słońce, które w naturalny sposób termicznie oddziałuje na płyty nawierzchniowe. Jest ono głównym źródłem energii cieplnej dostarczanej do powierzchni Ziemi. Promieniowanie słoneczne może zostać pochłonięte, odbite oraz przepuszczone przez płytę. Pewne jest jednak

Tabela 1. Średnie dobowe temperatury powietrza w latach 2000–2016

Stacja pomiarowa	Średnia dobowa temperatura [°C]	Rozrzut temperatur	Stacja pomiarowa	Średnia dobowa temperatura [°C]	Rozrzut temperatur
Białystok	7,7	8,7	Nowy Sącz	9,1	8,4
Bielsko-Biała	9,1	8,3	Olsztyn	8,1	8,4
Chojnice	8,2	8,0	Opole	9,7	8,3
Gdańsk	9,0	7,5	Ostrołęka	8,3	8,7
Gorzów Wlkp.	9,5	8,0	Poznań	9,5	8,3
Jelenia Góra	8,1	7,9	Rzeszów	9,0	8,7
Kalisz	9,4	8,4	Suwałki	7,3	8,3
Katowice	9,1	8,3	Szczecin	9,6	7,5
Kielce	8,4	8,6	Świnoujście	9,2	7,2
Koszalin	8,9	7,4	Terespol	8,5	8,8
Kraków	9,0	8,5	Toruń	9,0	8,4
Lesko	8,3	8,3	Ustka	8,9	7,1
Lublin	8,4	8,8	Warszawa	9,1	8,7
Łeba	8,6	7,1	Wrocław	9,8	8,1
Łódź	8,9	8,5	Zakopane	6,3	8,2
Mikołajki	8,1	8,6	Zamość	8,5	8,1
Mława	8,3	8,6	Zielona Góra	9,5	8,2

Tabela 2. Średnie temperatury powietrza w ujęciu godzinowym

Godzina pomiaru	Średnia temperatura powietrza [°C]	Rozrzut temperatur	Godzina pomiaru	Średnia temperatura powietrza [°C]	Rozrzut temperatur
00:00	6,6	7,5	12:00	11,7	9,5
01:00	6,3	7,4	13:00	11,9	9,6
02:00	6,1	7,3	14:00	11,8	9,6
03:00	5,9	7,3	15:00	11,5	9,7
04:00	6,0	7,4	16:00	10,9	9,6
05:00	6,4	7,9	17:00	10,3	9,4
06:00	7,2	8,5	18:00	9,5	9,0
07:00	8,1	9,0	19:00	8,7	8,4
08:00	9,1	9,2	20:00	8,1	8,0
09:00	10,1	9,3	21:00	7,6	7,9
10:00	10,8	9,4	22:00	7,2	7,7
11:00	11,4	9,4	23:00	6,9	7,6

to, że ilość energii, która zostanie przez płytę pochłonięta i wpłynie na podniesienie jej temperatury, jest określaną przez współczynnik absorpcji cieplnej [3], który w dużej mierze zależy od rodzaju powierzchni, tekstury, koloru oraz stopnia zanieczyszczenia atmosfery. Swobodna płyta betonowa pod wpływem oddziaływania temperatury zmienia swoją objętość, ale rozkłady temperatury nie generują w niej stanów naprężeń. Gdy rozpatruje się jednak pracę płyty betonowej w warunkach rzeczywistych, przez wzgląd na ciężar własny płyty, skrępowanie przez płyty sąsiadujące, a także tarcie o podłoże – płyta nie ma możliwości swobodnego odkształcenia, co prowadzi do powstania naprężeń termicznych. W zależności od ilości energii cieplnej, a także struktury, barwy czy właściwości cieplnych samego betonu temperatura górnej powierzchni płyty różni się od temperatury jej spodu, co prowadzi do wypaczania się płyty. Obserwuje się wtedy odkształcenie płyty betonowej w dół lub górę w zależności od temperatury jej górnej i dolnej powierzchni. Jeżeli temperatura górnej powierzchni płyty jest wyższa niż dolnej (gradient dodatni $\Delta T+$) następuje jej wygięcie ku górze, w odwrotnym przypadku płyta wygina się ku dołowi (gradient ujemny $\Delta T-$) [4].

Wyznaczone dla analizowanego okresu średnie dobowe temperatury są najwyższe na zachodzie i południowym zachodzie Polski (Wrocław 9,8°C), a najniższe na północnym wschodzie (Suwałki 7,3°C) oraz na południu kraju (Zakopane 6,3°C), co zostało zestawione w tabeli 1 oraz graficznie przedstawione na rysunku 3a.

W odniesieniu do pracy betonowych płyt nawierzchniowych istotne są zmiany temperatury powietrza w ciągu roku, co związane jest przede wszystkim z położeniem geograficznym i wynika z ruchu obiegowego Ziemi. Przeanalizowano wartości średnich dobowych temperatury powietrza w poszczególnych miesiącach. Rozkład temperatur latem ma charakter typowo równoleżnikowy, natomiast zimą południkowy, co widać wyraźnie na rysunkach 3b oraz 3c. Obszar

centralnej Polski charakteryzuje się w lipcu średnimi temperaturami powietrza powyżej 19°C (Warszawa 20,1°C, Poznań 19,9°C), niższe średnie temperatury występują na północnych (Ustka 18,1°C) i południowych krańcach kraju (Zakopane 16°C). W styczniu we wschodniej części kraju panują temperatury ujemne (Suwałki -3,9°C, Rzeszów -2,0°C), natomiast na zachodzie średnie temperatury powietrza oscylują wokół 0°C (Szczecin 0,3°C, Wrocław -0,3°C).

Dobowe zmiany wartości temperatury powietrza są proste do zaobserwowania, intuicyjnie wiadomo, że temperatury powietrza będą niższe nocą, co jest oczywiście związane z brakiem oddziaływania Słońca. Średnie wartości temperatury powietrza w analizowanym okresie w konkretnych godzinach pomiaru dla wszystkich stacji pomiarowych zestawiono w tabeli 2. Najniższe wartości temperatur zarejestrowane zostały w godzinach nocnych, między 02:00 i 04:00 i wynosiły średnio 6°C, natomiast najcieplejsze są godziny popołudniowe, gdzie między 12:00, a 15:00 temperatury osiągały średnio niemal 12°C.

Wahania temperatur, w szczególności tak zwane przejścia przez 0°C, powodują naprzemienne kurczenie się i rozciąganie betonu, dodatkowo woda, która przedostała się wewnątrz konstrukcji nawierzchni pod wpływem niskich temperatur zamraża, czym prowadzi do powstawania uszkodzeń nawierzchni, w tym pęknięć oraz klawiszowania płyt betonowych. Powstałe uszkodzenia wymagają podjęcia kosztownych zabiegów utrzymaniowych oraz w znaczący sposób wpływają na komfort, a przede wszystkim bezpieczeństwo użytkowników nawierzchni.

4. Numeryczna analiza wyężenia płyty betonowej

Na potrzeby analizy zamodelowana została płyta betonowa o wymiarach 5,0x5,0 m i grubości 30 cm wykonana z betonu klasy C25/30, spoczywająca na podłożu sprężystym – typu

Tabela 3. Założone wartości obciążenia termicznego

Miesiąc	Stacja pomiarowa Ustka	Stacja pomiarowa Zakopane
	Gradient temperatury (+) dodatni, (-) ujemny [°C]	
Styczeń	(-) 2,6	(-) 10,4
Luty	(-) 2,2	(-) 9,7
Marzec	(-) 0,7	(-) 6,0
Kwiecień	(+) 2,6	(-) 0,6
Maj	(+) 6,9	(+) 4,3
Czerwiec	(+) 10,8	(+) 7,9
Lipiec	(+) 13,9	(+) 9,9
Sierpień	(+) 13,9	(+) 9,1
Wrzesień	(+) 10,5	(+) 5,0
Październik	(+) 6,2	(+) 0,4
Listopad	(+) 2,8	(-) 3,5
Grudzień	(-) 0,5	(-) 9,0

Winklera z więzami jednostronnymi. W obliczeniach przyjęte zostały parametry charakteryzujące płytę:

- moduł sprężystości betonu $E = 31\,000$ MPa;
- współczynnik Poissona $\nu = 0,2$;
- współczynnik rozszerzalności termicznej betonu 10^{-5} 1/°C;
- ciężar właściwy betonu $\gamma = 24,53$ kN/m³;
- współczynnik sprężystości podłoża $K_z = 50000$ kN/m.

Analizie poddano płytę obciążoną termicznie gradientami przyjętymi według średnich minimalnych temperatur

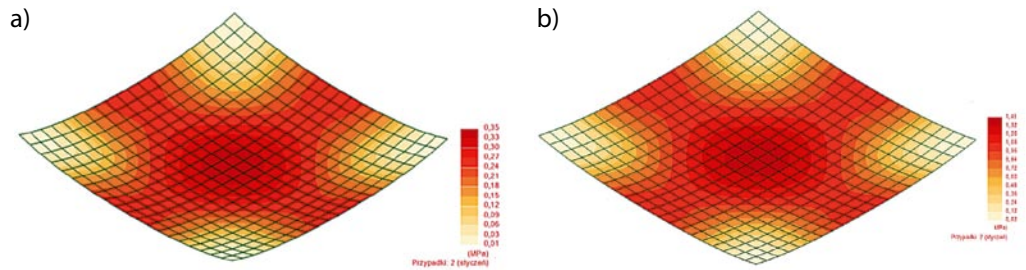
Tabela 4. Zestawienie otrzymanych wyników

Miesiąc	Stacja pomiarowa Ustka				Stacja pomiarowa Zakopane			
	σ_{\max} [MPa]	z_{\max} [mm]		Δz [mm]	σ_{\max} [MPa]	z_{\max} [mm]		Δz [mm]
		Naroże płyty	Środek płyty			Naroże płyty	Środek płyty	
Styczeń	0,35	0,214	-0,064	0,278	1,41	0,856	-0,257	1,113
Luty	0,30	0,181	-0,054	0,235	1,30	0,799	-0,240	1,039
Marzec	0,09	0,057	-0,017	0,074	0,81	0,494	-0,148	0,642
Kwiecień	0,33	-0,167	0,096	0,263	0,08	0,049	-0,015	0,064
Maj	0,88	-0,422	0,254	0,676	0,55	-0,278	0,159	0,437
Czerwiec	1,38	-0,692	0,398	1,090	1,01	-0,510	0,291	0,801
Lipiec	1,78	-0,891	0,512	1,403	1,27	-0,639	0,365	1,004
Sierpień	1,78	-0,891	0,512	1,403	1,16	-0,588	0,335	0,923
Wrzesień	1,34	-0,673	0,397	1,070	0,64	-0,323	0,184	0,507
Październik	0,79	-0,379	0,229	0,608	0,05	-0,026	0,015	0,041
Listopad	0,36	-0,179	0,103	0,282	0,47	0,288	-0,086	0,374
Grudzień	0,07	0,041	-0,012	0,053	1,21	0,741	-0,222	0,963
MIN	0,07	-0,891	-0,064	-1,403	0,05	-0,639	-0,257	-1,004
MAX	1,78	0,214	0,512	0,278	1,41	0,856	0,364	1,113

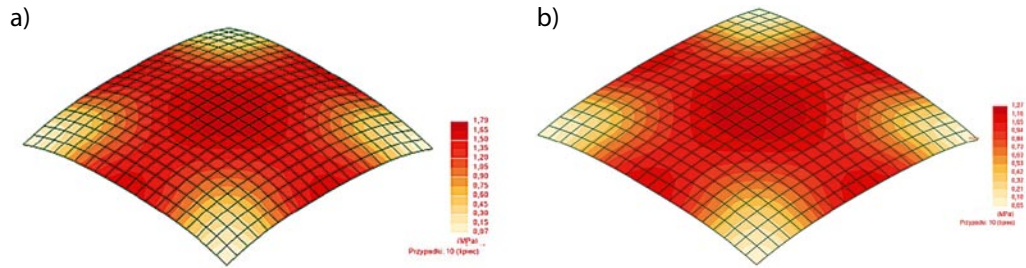
powietrza przy powierzchni gruntu (pomiar temperatury wykonany w warstwie na wysokości 5 cm [5]) dla dwóch stacji pomiarowych w ujęciu miesięcznym. Ze względu na zmienność warunków klimatycznych w zależności od położenia geograficznego wybrane zostały dwie reprezentatywne stacje pomiarowe. W celu uzyskania najbardziej przekrojowych analiz jako kryterium kwalifikacji przyjęto położenie geograficzne w orientacji południkowej (stacja pomiarowa Ustka – wysunięta najdalej na północ oraz stacja pomiarowa Zakopane – wysunięta najdalej na południe Polski). Założone temperatury wraz z oznaczeniem zmienności tych temperatur wzdłuż osi z, gdzie wzrost temperatury oznacza gradient dodatni (+), a spadek gradient ujemny (-) zestawiono w tabeli 3. Zauważyć należy, że to zmiana temperatury w przekroju płyty wzdłuż osi z powoduje zginanie rozważanej konstrukcji płytowej.

Metoda Elementów Skończonych (MES) jest narzędziem pozwalającym na szybkie i skuteczne ocenienie stopnia wykorzystania nośności na zginanie płyt betonowych narażonych na zmienne warunki termiczne. Model konstrukcji stanowiły elementy skończone charakteryzujące się ośmioma punktami węzłowymi, w których definiowano założone obciążenia i warunki brzegowe. MES jest jednak metodą przybliżoną, a rozwiązania zbieżne do ścisłych możliwe są do uzyskania w przypadku liczby elementów dążącej do nieskończoności. Wnikliwej analizie poddano maksymalne naprężenia i ugięcia płyty wynikające z przyłożonych zewnętrznych obciążeń temperaturowych, uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 4, a przykładowe mapy rozkładu naprężeń oraz deformacji przedstawiono na rysunkach 4 i 5.

Rys. 4. Mapy rozkładu naprężeń głównych w płycie betonowej (styczeń): a) stacja meteorologiczna Ustka, b) stacja meteorologiczna Zakopane



Rys. 5. Mapy rozkładu naprężeń głównych w płycie betonowej (lipiec): a) stacja meteorologiczna Ustka, b) stacja meteorologiczna Zakopane



Dla stacji pomiarowych Ustka i Zakopane najwyższe wartości gradientów ujemnych przyjęto w styczniu, odpowiednio $-2,6^{\circ}\text{C}$ oraz $-10,4^{\circ}\text{C}$, natomiast ekstremalne wartości gradientów dodatnich zostały przyjęte w lipcu i wynosiły $+13,9^{\circ}\text{C}$ dla stacji Ustka oraz $+9,9^{\circ}\text{C}$ dla stacji Zakopane. Maksymalne naprężenia główne w lipcu wynoszą $1,78\text{ MPa}$ (Ustka) oraz $1,27\text{ MPa}$ (Zakopane). Z kolei w styczniu maksymalne wartości naprężeń dla analizowanej płyty betonowej osiągają wartości $0,35\text{ MPa}$ oraz $1,41\text{ MPa}$ odpowiednio dla stacji meteorologicznej w Ustce oraz w Zakopanem.

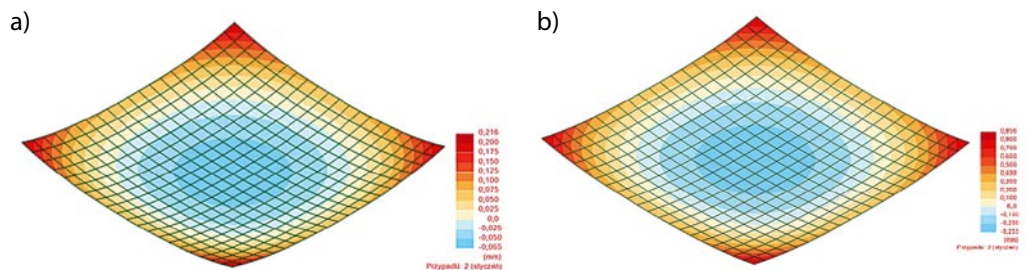
Analizę ugięć wykonano z uwzględnieniem maksymalnych przemieszczeń środka oraz naroża płyty. Gradient dodatni powoduje ujemne przemieszczenia pionowe naroża płyty o wartościach odpowiednio $-0,639\text{ mm}$ i $-0,891\text{ mm}$ dla stacji Ustka i Zakopane, co oznacza, że w strefach naroża zachodzi kontakt płyty z podłożem, natomiast w przypadku gradientu ujemnego występuje odwrotna sytuacja i kontakt z podłożem zachodzi w strefie środka płyty. Rozkłady ugięć

płyty obciążonej gradientem dodatnim (lipiec) i ujemnym (styczeń) przedstawiono na rysunkach 6 i 7. Maksymalna deformacja płyty betonowej określona jako Δz , czyli suma przemieszczeń wzdłuż osi z największą wartością zarówno dla stacji pomiarowej Ustka, jak i Zakopane osiąga w lipcu. Dodatkowo należy zauważyć, że maksymalne naprężenia główne występują także w okresie letnim, co pozwala wnioskować, że to gradient dodatni ma większy wpływ na stan naprężenia betonowej płyty powierzchniowej.

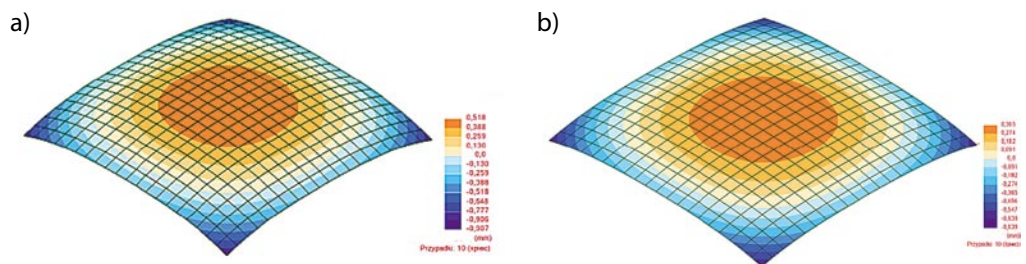
5. Podsumowanie

Przeprowadzona analiza potwierdza zasadność stosowania Metody Elementów Skończonych do projektowania betonowych nawierzchni drogowych oraz lotniskowych pod kątem obciążenia termicznego. Oddziaływanie warunków atmosferycznych, przede wszystkim temperatury powietrza, generuje w betonowej płycie naprężenia oraz prowadzi do jej

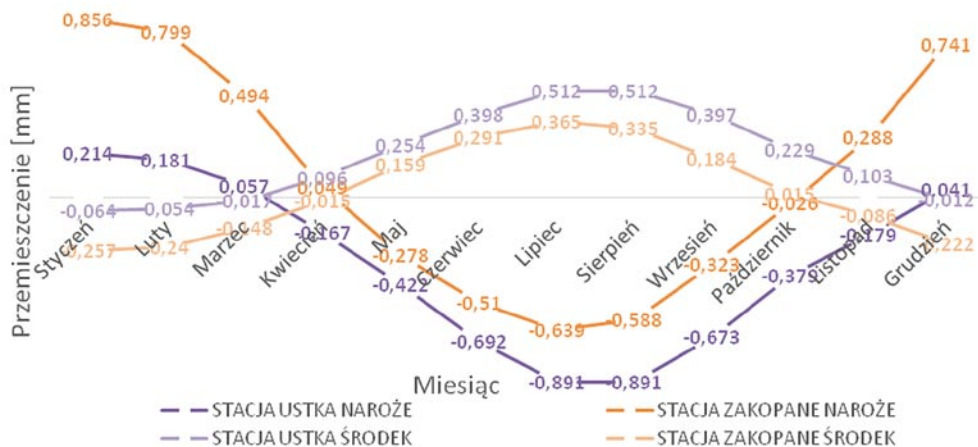
Rys. 6. Mapy rozkładu ugięć w płycie betonowej (styczeń): a) stacja meteorologiczna Ustka, b) stacja meteorologiczna Zakopane



Rys. 7. Mapy rozkładu ugięć w płycie betonowej (lipiec): a) stacja meteorologiczna Ustka, b) stacja meteorologiczna Zakopane



Rys. 8. Maksymalne przemieszczenia naroży oraz strefy środka płyty w zależności od przyjętego gradientu temperatury



deformacji. Zmienność warunków klimatycznych w cyklach rocznych może prowadzić do powstawania w konstrukcji uszkodzeń, a w konsekwencji zagrozić bezpieczeństwu użytkowników i znacząco wpłynąć na koszty utrzymania takiej nawierzchni. Istotne jest zatem, aby na etapie projektowania wnikliwie przeanalizować czynniki klimatyczne, które mogą mieć wpływ na wyężenie nawierzchni betonowej i odpowiednio przyjąć założenia projektowe w odniesieniu do klasy betonu lub wymiarów płyt betonowych w planie i profilu.

Artykuł był prezentowany na Konferencji TECH-BUD 2019.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Linek M., Nita P., Analiza pracy betonowej konstrukcji nawierzchni lotniskowej, Logistyka 6/2014
- [2] Lorenc H., Atlas klimatu Polski, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, 2005
- [3] Nita P., Betonowe nawierzchnie lotniskowe. Teoria i wymiarowanie, Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Warszawa, 2005
- [4] Szydło A., Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego. Teoria. Wymiarowanie. Realizacja, Polski Cement, Kraków, 2004
- [5] Meteorologiczna osłona kraju. Vademecum. Pomiary i obserwacje meteorologiczne. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2015
- [6] Dane klimatyczne pozyskane za pośrednictwem Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej

Edukacja dla budownictwa

Centrum Usług Techniczno-Organizacyjnych Budownictwa Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa w Poznaniu – poza sporządzaniem ekspertyz, projektowaniem, nadzorem i doradztwem inwestycyjnym oraz technicznym – zajmuje się szeroką gamą usług edukacyjnych: organizacją szkoleń, kursów, konferencji, sympozjów i wystaw.



Ostatnie szkolenie stacjonarne w siedzibie WOIB – jeszcze przed koronawirusem

Nauka jest fascynująca i ważna, a jeszcze ważniejsze jest doskonalenie zawodowe inżynierów budownictwa oparte na teorii i praktyce. Z CUTOB współpracuje kilkudziesięciu wykładowców rzeczoznawców, w tym pracowników naukowych Politechniki Poznańskiej oraz Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, biegłych teoretyków i praktyków, reprezentujących szeroki zakres specjalności budowlanych, zagadnienia których są prezentowane podczas szkoleń (około 30 rocznie, średnio 4 w miesiącu) oraz kursów (dwa razy w roku kurs przygotowawczy do egzaminu na uprawnienia budowlane).

Misja edukacyjna CUTOB rozpoczęła się już w 1962 roku, od kiedy to Poznański Oddział PZITB prowadził pierwsze szkolenia, kursy, organizował konferencje i sympozja. Przez wiele lat były to formy stacjonarne, odbywające się w salach wykładowych poznańskich uczelni i instytucji. Tematycznie były i nadal są to szkolenia z prawa budowlanego, zmieniających się przepisów i procedur, o nowych technologiach materiałowych i budowlanych, zagrożeniach w budownictwie i ich przeciwdziałaniu oraz naprawianiu.

Do marca 2020 roku – gdy wprowadzono ograniczenia w gromadzeniu się na skutek zagrożenia zakażenia się wirusem Covid 19 – większość szkoleń odbywało się w siedzibie Wielkopolskiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w Poznaniu oraz w pięciu delegaturach WOIB, tj. Gnieźnie, Kaliszu, Koninie, Lesznie i Pile. W kwietniu 2020 roku, reagując na stan izolacji, firma rozpoczęła organizowanie szkoleń online. Przeniesienie zaplanowanych tematów na webinaria spotkało się z dużym zainteresowaniem i entuzjastycznym przyjęciem stałych i nowych słuchaczy.

Wprzyszłości CUTOB będzie kontynuował swoją edukacyjną tradycję i rozważa też organizowanie innych szkoleń dla środowiska inżynierskiego z zakresu budownictwa i branż pochodnych (kosztorysowanie, nieruchomości, BHP, P-POŻ, fotowoltaika itp.). CUTOB poleca szkolenia i zaprasza: <http://cutob-poznan.pl>