



PAWEŁ SIKORSKI

Politechnika Świętokrzyska  
p.sikorski@vp.pl



ŁUKASZ WÓJCIK

Politechnika Świętokrzyska  
lwojcik@tu.kielce.pl

# Naprężenia w płycie betonowej nawierzchni lotniskowej przy zastosowaniu metody Westergaarda

Do obliczania nawierzchni lotniskowych najczęściej stosuje się metodę Westergaarda, której główne założenie polega na redukcji obciążenia od goleni wielokołowej do obciążenia równoważnego przypadającego na jedno koło zastępcze. Na podstawie nomogramów w przypadku standardowych układów kół w goleni, takich jak koła bliźniacze czy wielokołowe w układzie zwartym wyznaczany jest współczynnik redukcyjny  $n_r$ , za pomocą którego obliczamy siłę obciążającą, naprę-

wozia, z układem kół  $2 \times 4 \times 4$  (fot. 1). Podwozie główne to typowe 4-kołowe wózki (rys. 1). Nowoczesne są elektrycznie poruszane hamulce [8, 9].



Fot. 1. Widok na goleń nosową i goleń główną samolotu Boeing 787-8 [8]

żenia i ugięcia w płycie nawierzchni [4, 5, 6, 7].

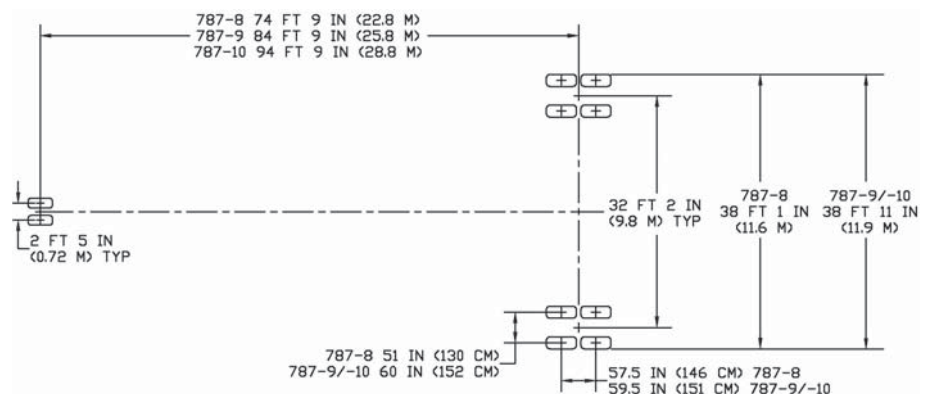
Temat poruszany w artykule dotyczy obliczenia nawierzchni betonowej obciążonej golenią samolotu Boeing 787-8 (Dreamliner) o układzie podwójnych kół bliźniaczych, jako największego statku powietrznego będącego na wyposażeniu lotnictwa cywilnego w Polsce. W artykule przeprowadzono szczegółowe obliczenia w przypadku tego samolotu.

## Charakterystyka samolotu Boeing 787-8 (Dreamliner)

Boeing 787-8 to szerokokadłubowy, średniej wielkości samolot pasażerski, dalekiego zasięgu. Został zaprojektowany w układzie klasycznym z dwoma silnikami napędowymi. Mimo to aerodynamicznie wyprzedza poprzednie konstrukcje. Samolot w większości wykonany jest z kompozytów. W Boeingu 787-8 zastosowano nową filozofię układów wewnętrznych. Oparto ją na układach elektrycznych (nawet hamowanie kół, rozruch silników i odladzanie płatowca). Zminimalizowano lub wręcz zlikwidowano układy hydrauliczne i pneumatyczne. Samolot zużywa o co najmniej 20% mniej paliwa niż konstrukcja o układzie klasycznym, co pozwala na osiąganie wielkich odległości. Skrzydła mają wznos znacznie większy niż dotychczas opracowane samoloty. Jedną z zalet tego rozwiązania jest znaczne oddalenie końcówek płatów od ziemi, co ogranicza możliwość uszkodzenia np. podczas podchodzenia do lądowania przy silnym wietrze. Boeing 787-8 wyposażono w typowy układ pod-

### Podstawowe dane techniczne samolotu Boeing 787-8 [8, 9]:

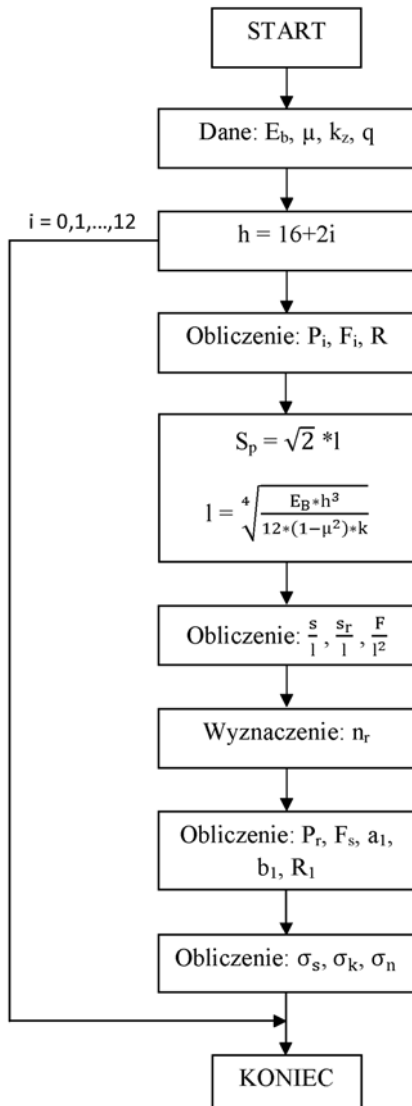
- ciężar startowy –  $Q_s$ : 2283,840 kN
- obciążenie na goleń główną (czterokołową) –  $P_g = V_{MG}$ : 1042,340 kN
- ciśnienie w oponach (goleń główna) –  $q$ : 1,603 MPa
- rozpiętość: 60 m
- długość: 56,7 m
- wysokość: 16,9 m
- powierzchnia nośna: 325 m<sup>2</sup>
- prędkość maksymalna: 954 km/h



Rys. 1. Schemat rozstawu kół samolotów Boeing 787 [8]

## Obliczenie naprężeń w płycie betonowej [1, 2, 3, 5, 6]

Do analizy wykorzystano algorytm metody Westergaarda do obliczenia naprężeń w środku, na krawędzi i w narożu płyty (rys. 2).



Rys. 2. Schemat blokowy obliczania naprężeń z zastosowaniem metody Westergaarda

### Dane wyjściowe

Założono następujące wartości w stosunku płyty betonowej nawierzchni lotniskowej:

- współczynnik podatności podłoża –  $k_z$ : 200 000 kN/m<sup>3</sup> = 2 MPa/cm
- moduł sprężystości betonu C35/45 –  $E_B$ : 34 000 MPa
- współczynnik Poissona betonu –  $\mu$ : 0,15
- grubość płyty betonowej –  $h$ : 30 cm

Wyznaczenie obciążenia obliczeniowego na jedno koło

$$P_i = n \cdot k_d \cdot \frac{P}{N} \cdot m \quad (1)$$

przy czym:

- $n$  – współczynnik przeciążenia, przyjęto  $n = 1$ ;
- $k_d$  – współczynnik dynamiczny, przyjęto  $k_d = 1,2$ ;
- $P_g$  – ciężar startowy na jedną goleń główną [kN];
- $m$  – współczynnik warunków pracy nawierzchni, przyjęto  $m = 0,8$ ;
- $N$  – liczba kół w goleni,  $N = 4$

Wobec tego z równania (1) obciążenie na jedno koło goleni głównej wynosi:

$$P_i = 1,0 \cdot 1,2 \cdot \frac{1042,34}{4} \cdot 0,8 = 250,162 \text{ kN}$$

### Wyznaczenie powierzchni styku kół z nawierzchnią

Wielkość powierzchni styku obliczono ze wzoru (2) jako:

$$F_i = \frac{P_i}{q} \quad (2)$$

$$F_i = \frac{250,162}{0,16} = 1563,51 \text{ cm}^2$$

$$R = \sqrt{\frac{F_i}{\pi}} \quad (3)$$

$R$  – promień styku koła z nawierzchnią goleni rzeczywistej obliczony wg (3):

$$R = \sqrt{\frac{1563,51}{3,14}} = 22,31 \text{ cm}$$

### Wyznaczenie cylindrycznej sztywności płyty

Cylindryczną sztywność płyty możemy wyznaczyć z zależności (4):

$$S_p = \sqrt{2} \cdot l \quad (4)$$

w której:  $l$  – promień względnej sztywności płyty (5);

$$l = \sqrt[4]{\frac{E_b \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2) \cdot k}} \quad (5)$$

$$l = \sqrt[4]{\frac{34000 \cdot 30^3}{12 \cdot (1 - 0,15^2) \cdot 2}} = 79,09 \text{ cm}$$

$$S_p = \sqrt{2} \cdot 79,09 = 111,85$$

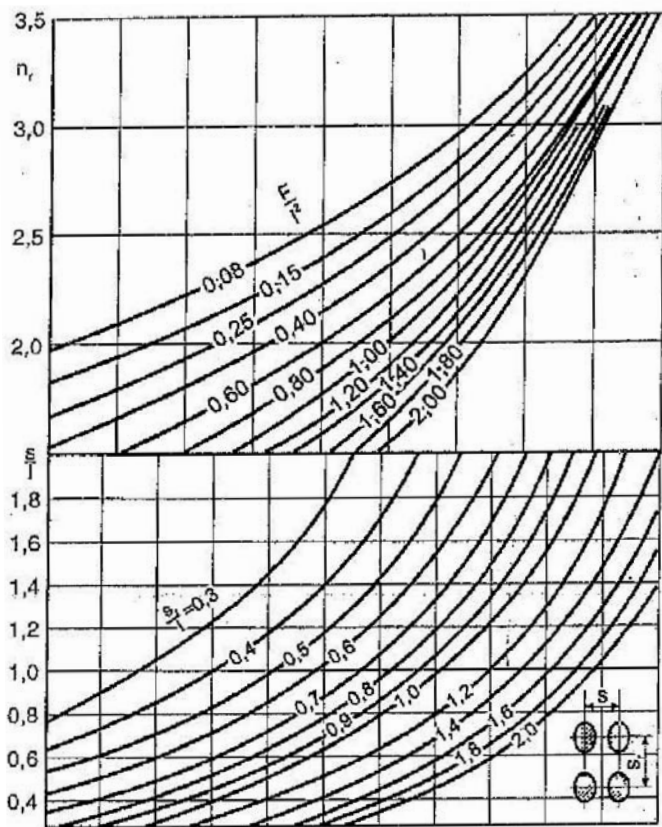
### Wyznaczanie współczynnika redukcyjnego

Do wyznaczenia współczynnika redukcyjnego korzystamy z wykresu w przypadku goleni samolotu z dwoma kołami bliźniaczymi (cztery koła w goleni – rys. 3).

W celu sprawnego skorzystania z wykresu należy wyznaczyć stosunki:

$$\frac{s}{l}, \frac{s_r}{l}, \text{ oraz } \frac{F}{l^2}$$

$s$  – odstęp kół bliźniaczych,  $s = 130$ , cm;  
 $s_r$  – odstęp par kół bliźniaczych,  $s_r = 146$  cm;  
 $F$  – powierzchnia styku wszystkich kół z nawierzchnią (6)



Rys. 3. Wykres umożliwiający wyznaczenie współczynnika redukcji  $n_r$  w przypadku gołeni samolotu z dwoma kołami bliźniaczymi (cztery koła w gołeni) [1, 5, 6]

$$F = N \cdot F_i \quad (6)$$

$$F = 4 \cdot 1563,51 = 6254,05 \text{ cm}^2$$

$$\frac{s}{l} = \frac{130}{79,09} = 1,64$$

$$\frac{s_r}{l} = \frac{130}{79,09} = 1,85$$

$$\frac{F}{l^2} = \frac{6254,05}{79,09^2} = 1,00$$

Na podstawie powyższych danych i wykresu odczytujemy wartość współczynnika redukcji  $n_r$ .

$$n_r \approx 4$$

### Wyznaczenie obciążenia równoważnego

Obciążenie równoważne to takie, które daje ten sam skutek jak obciążenie dwóch par kół bliźniaczych na jednej gołeni (7):

$$P_r = \frac{P_g}{n_r} \quad (7)$$

$P_r$  – obciążenie przypadające na 1 koło;

$P_g$  – obciążenie przypadające na 1 goleń;

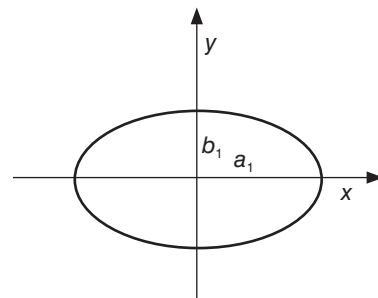
$$P_r = \frac{1042,34}{4} = 260,59 \text{ kN}$$

Powierzchnia styku koła równoważnego (8):

$$F_s = \frac{P_r}{q} \quad (8)$$

$$F_s = \frac{260,59}{0,16} = 1628,69 \text{ cm}^2$$

Kształt eliptyczny powierzchni styku opony z nawierzchnią przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Przyjęty układ współrzędnych do obliczania naprężeń w płycie przy eliptycznym kształcie styku opony z nawierzchnią [1, 5, 6]

Stosunek półosi elipsy równa się  $a_1 : b_1 = 2$  i wyznacza się je z zależności (9):

$$a_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot F_s}{\pi}}, \quad b_1 = 0,5 \cdot a_1 \quad (9)$$

$$a_1 = 32,20 \text{ cm}, \quad b_1 = 16,10 \text{ cm}$$

Kształt kołowy można wyznaczyć na podstawie zależności (10):

$$R_1 = \sqrt{\frac{F_s}{\pi}} \quad (10)$$

$R_1$  – promień styku koła równoważnego;

$$R_1 = 22,75 \text{ cm}$$

### Wzory na obliczanie naprężeń metodą Westergaarda

Westergaard podał wzory na największe naprężenia w płycie w trzech typowych przypadkach obciążenia: w środku płyty (11), na krawędzi (12) oraz w narożu (13):

• w środku płyty:

$$\sigma_{s(x_0, y_0)} = \frac{P_r}{h^2} \left\{ 0,275(1 + \mu) \cdot \log \left[ \frac{E_b \cdot h^3}{k \left( \frac{a_1 + b_1}{2} \right)^4} \right] \pm 0,239(1 - \mu) \frac{a_1 - b_1}{a_1 + b_1} \right\} \quad (11)$$

- na krawędzi płyty:

$$\sigma_k = \frac{(1+\mu) \cdot P_r}{(3+\mu) \cdot h^2} \left\{ 2,2 \cdot \log \left[ \frac{E_k \cdot h^3}{100k \left( \frac{a_1 + b_1}{2} \right)^4} \right] + \frac{3}{\pi} \left[ \left( 1,84 - \frac{4}{3} \mu \right) + (1+\mu) \cdot \frac{a_1 - b_1}{a_1 + b_1} + 2 \cdot (1-\mu) \frac{a_1 \cdot b_1}{(a_1 + b_1)^2} + 1,18(1+2\mu) \frac{b_1}{l} \right] \right\} \quad (12)$$

- w narożu płyty:

$$\sigma_n = \frac{3 \cdot P_r}{h^2} \left[ 1 - \left( \frac{R_1 \sqrt{2}}{l} \right)^{0,6} \right] \quad (13)$$

## Wyniki obliczeń

Na podstawie algorytmu (rys. 2) i omówionych wzorów (11), (12), (13) obliczono naprężenia w płycie betonowej przy współczynniku podatności podłoża ( $k_z$ ) równym 100 000, 200 000 i 300 000 kN/m<sup>3</sup>, poddanej oddziaływaniu samolotu Boeing 787-8. Wyniki obliczeń komputerowych przedstawiono w tabelach 1–3.

Tabela 1. Wykaz wartości charakterystycznych przyjętych do obliczeń oraz uzyskanych naprężeń i ugięć przy  $k_z = 100\ 000\ \text{kN/m}^3$

$h$ [cm]	$P_r$ [kN]	$n_r$	$\sigma_{s(yo)}$ [MPa]	$\sigma_k$ [MPa]	$\sigma_n$ [MPa]
16,00	260,585	4,00	9,34	12,57	9,25
18,00	260,585	4,00	7,77	10,81	8,18
20,00	260,585	4,00	6,58	9,40	7,22
22,00	260,585	4,00	5,65	8,25	6,40
24,00	260,585	4,00	4,91	7,31	5,69
26,00	260,585	4,00	4,31	6,52	5,09
28,00	260,585	4,00	3,82	5,86	4,57
30,00	260,585	4,00	3,41	5,30	4,12
32,00	267,267	3,90	3,14	4,94	3,80
34,00	274,300	3,80	2,91	4,63	3,53
36,00	281,714	3,70	2,72	4,36	3,29
38,00	297,811	3,50	2,63	4,25	3,15
40,00	315,861	3,30	2,56	4,17	3,03

Tabela 2. Wykaz wartości charakterystycznych przyjętych do obliczeń oraz uzyskanych naprężeń i ugięć przy  $k_z = 200\ 000\ \text{kN/m}^3$

$h$ [cm]	$P_r$ [kN]	$n_r$	$\sigma_{s(yo)}$ [MPa]	$\sigma_k$ [MPa]	$\sigma_n$ [MPa]
16,00	260,585	4,00	8,37	10,44	6,92
18,00	260,585	4,00	7,01	9,10	6,43
20,00	260,585	4,00	5,96	8,00	5,87
22,00	260,585	4,00	5,13	7,08	5,33
24,00	260,585	4,00	4,48	6,32	4,83
26,00	260,585	4,00	3,94	5,67	4,38
28,00	260,585	4,00	3,50	5,13	3,98
30,00	260,585	4,00	3,13	4,65	3,62

$h$ [cm]	$P_r$ [kN]	$n_r$	$\sigma_{s(yo)}$ [MPa]	$\sigma_k$ [MPa]	$\sigma_n$ [MPa]
32,00	267,267	3,90	2,89	4,36	3,36
34,00	274,300	3,80	2,69	4,10	3,14
36,00	281,714	3,70	2,51	3,87	2,94
38,00	297,811	3,50	2,43	3,78	2,81
40,00	315,861	3,30	2,37	3,72	2,71

Tabela 3. Wykaz wartości charakterystycznych przyjętych do obliczeń oraz uzyskanych naprężeń i ugięć przy  $k_z = 300\ 000\ \text{kN/m}^3$

$h$ [cm]	$P_r$ [kN]	$n_r$	$\sigma_{s(yo)}$ [MPa]	$\sigma_k$ [MPa]	$\sigma_n$ [MPa]
16,00	260,585	4,00	7,81	9,21	5,44
18,00	260,585	4,00	6,56	8,12	5,32
20,00	260,585	4,00	5,59	7,20	5,01
22,00	260,585	4,00	4,84	6,41	4,65
24,00	260,585	4,00	4,22	5,75	4,28
26,00	260,585	4,00	3,73	5,19	3,92
28,00	260,585	4,00	3,32	4,70	3,60
30,00	260,585	4,00	2,97	4,28	3,31
32,00	267,267	3,90	2,75	4,02	3,08
34,00	274,300	3,80	2,56	3,79	2,89
36,00	281,714	3,70	2,39	3,59	2,71
38,00	297,811	3,50	2,32	3,52	2,60
40,00	315,861	3,30	2,26	3,46	2,51

## Wykresy naprężeń w płycie

Na podstawie uzyskanych wyników sporządzono wykresy (rys. 5–7).

Opracowane nomogramy, które są nowością, pozwalają na szybkie określenie naprężeń w płycie betonowej obciążonej gołonią samolotu Boeing 787-8 w przypadku podbudowy na podłożu gruntowym o zastępczym współczynniku Winklera o wartości 100 000, 200 000 i 300 000 kN/m<sup>3</sup>.

Analizując wyliczenia naprężeń w przypadku powyższych danych, można wyznaczyć optymalną grubość płyty betonowej. W tym celu sprawdzono naprężenia dopuszczalne (14) oraz nośność płyty betonowej przy przyjętej klasie betonu i podbudowy:

$$\sigma_{dop} = \frac{R_{rzg}}{s} \quad (14)$$

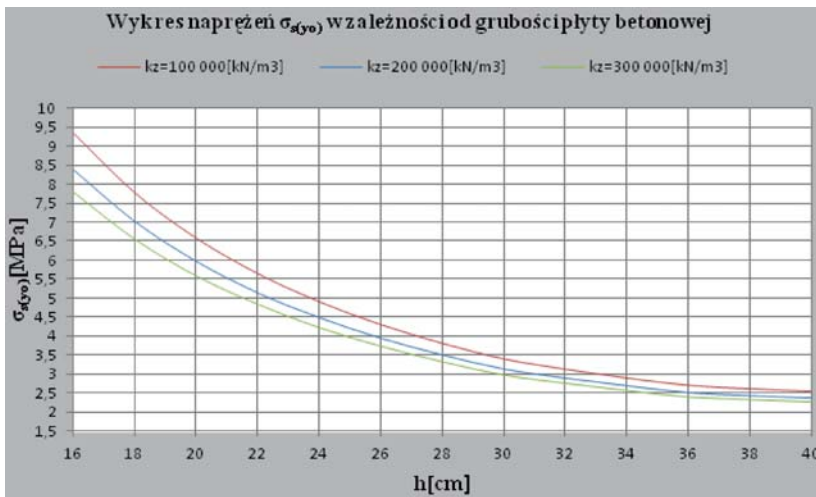
przy czym:

$R_{rzg}$  – wytrzymałość betonu na rozciąganie przy zginaniu;  
 $s$  – współczynnik bezpieczeństwa w stosunku do drogi startowej (1,3 ÷ 1,5 według [6]), przyjęto  $s = 1,5$ ;

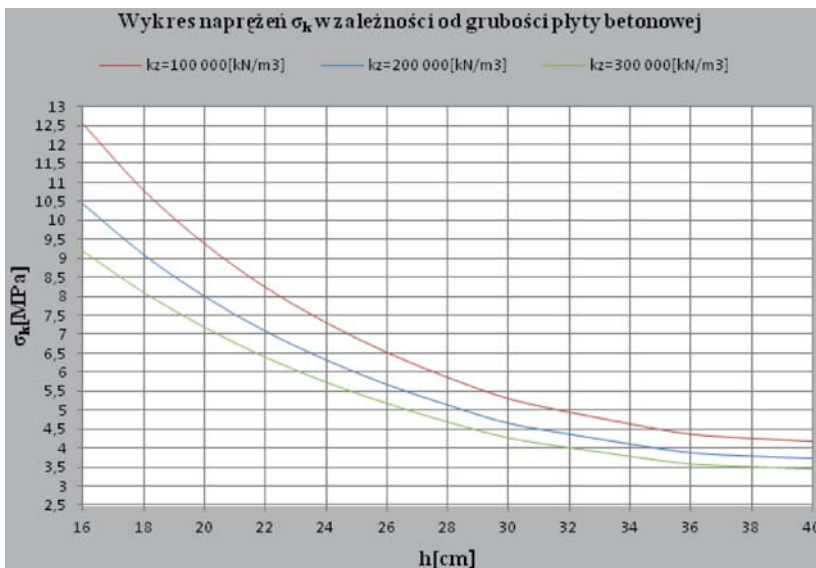
W przypadku betonu klasy C35/45 wytrzymałość betonu na rozciąganie przy zginaniu  $R_{rzg} = 5,5\ \text{MPa}$

$$\sigma_{dop} = \frac{5,5}{1,5} = 3,67\ \text{MPa}$$

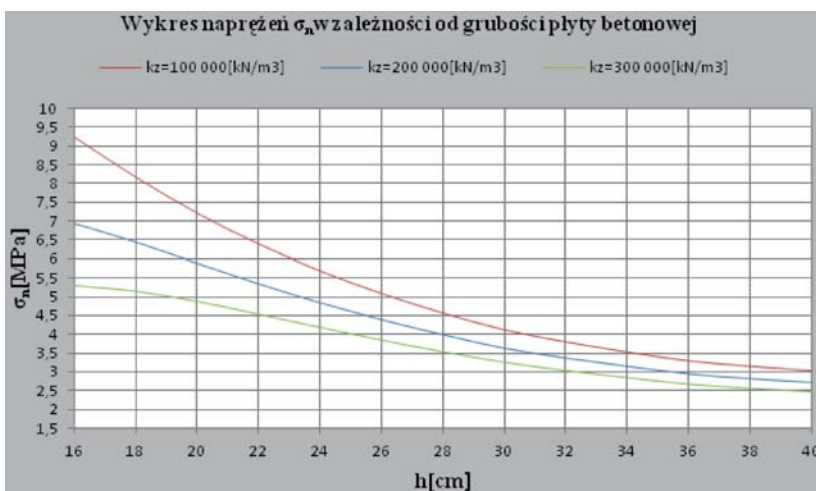




Rys. 5. Wykres naprężeń  $\sigma_{s(yo)}$  w środku płyty w zależności od grubości nawierzchni  $h$  obciążonej samolotem Boeing 787-8



Rys. 6. Wykres naprężeń  $\sigma_k$  na krawędzi płyty w zależności od grubości nawierzchni  $h$  obciążonej samolotem Boeing 787-8



Rys. 7. Wykres naprężeń  $\sigma_n$  na krawędzi płyty w zależności od grubości nawierzchni  $h$  obciążonej samolotem Boeing 787-8

Z tabeli 3 można odczytać, że maksymalne naprężenia spełniające warunek naprężeń dopuszczalnych występują przy grubości płyty betonowej  $h = 36$  cm i współczynniku podatności podłoża ( $k_z$ ) równym  $300\,000$  kN/m<sup>3</sup>.

$$\sigma_{\max} = \sigma_k = 3,59 \text{ MPa}, \quad \sigma_{\max} < \sigma_{\text{dop}} = 3,67 \text{ MPa}$$

Znając naprężenia dopuszczalne na rozciąganie przy zginaniu w przypadku danej klasy betonu oraz współczynnik  $k_z$  (wyznaczony w stosunku do warstw przyjętej podbudowy i podłoża) można na podstawie opracowanych wykresów także wyznaczyć grubość nawierzchni  $h$ . Grubość płyty betonowej wyznaczonej ze względu na naprężenia krawędziowe przy  $\sigma_{\text{dop}} = 3,67$  MPa oraz  $k_z = 300\,000$  kN/m<sup>3</sup> na podstawie nomogramu (rys. 6) wynosi  $h = 36$  cm.

## Podsumowania i wnioski

Zaprezentowano rozwiązanie zagadnienia dotyczącego obliczania nawierzchni z betonu cementowego obciążonego golenią ciężkiego samolotu o układzie podwójnych kół bliźniaczych. W szczególności opracowano nomogramy do wyznaczania naprężeń w płytach betonowych ułożonych na podbudowie i podłożu o współczynniku zastępczym Winklera w przedziałach  $k_z = 100\,000$ ,  $200\,000$  i  $300\,000$  kN/m<sup>3</sup>. Z analizy wynika, że im większy współczynnik podatności podłoża, tym mniejsze naprężenia w płycie, co z kolei pozwala zastosować mniejszą grubość płyty betonowej.

Zaprezentowana metodyka oraz opracowane nomogramy pozwolą na szybką analizę stanu naprężeń w płytach nawierzchni betonowych obciążonych samolotem Boeing 787-8 – największym statkiem powietrznym będącym na wyposażeniu lotnictwa cywilnego w Polsce.

Metoda Westergaarda nie uwzględnia naprężeń wynikających ze zmian temperatury. Posługując się tą metodą przy wymiarowaniu konstrukcji nawierzchni należy zwiększyć wartość przyjętych naprężeń o wartości wynikające z następujących wzorów [6]:

- na krawędzi płyty (15):

$$\sigma_{k_t} = 5 \cdot 10^{-6} \cdot E_b \cdot C_x \cdot \Delta t \quad (15)$$

- w środku płyty (16), (17):

$$\sigma_{s_t(y)} = 5,14 \cdot 10^{-6} \cdot E_b \cdot \Delta t \cdot \left( C_y + \frac{1}{6} \cdot C_x \right) \quad (16)$$

$$\sigma_{s_t(x)} = 5,14 \cdot 10^{-6} \cdot E_b \cdot \Delta t \cdot \left( C_x + \frac{1}{6} \cdot C_y \right) \quad (17)$$

w których:

$\sigma_{k_t}$  – normalne naprężenia ściskające lub rozciągające w pobliżu krawędzi płyty [MPa];

$\sigma_{s t(y)}, \sigma_{s t(x)}$  – normalne naprężenia ściskające lub rozciągające w środku płyty, odpowiednio w kierunku osi  $y$  i  $x$  [MPa];

$E_b$  – moduł sprężystości betonu [MPa];

$\Delta t$  – różnica temperatury [°C];

$C_x, C_y$  – współczynniki zależne od długości i szerokości płyty oraz promienia względnej sztywności płyty i podłoża;

Prawidłowo zaprojektowana grubość płyty nawierzchni betonowej powinna spełniać warunki (18), (19), (20):

$$\max \sigma_n = \sigma_n + \sigma_{n t} \leq \sigma_{dop} \quad (18)$$

$$\max \sigma_k = \sigma_k + \sigma_{k t} \leq \sigma_{dop} \quad (19)$$

$$\max \sigma_s = \sigma_s + \sigma_{s t} \leq \sigma_{dop} \quad (20)$$

W przyszłości dalsza analiza zagadnienia pracy nawierzchni przy użyciu metod komputerowych pozwoli na dokładniejsze obliczanie wpływu zmian temperatury na naprężenia w płytach nawierzchni (tzw. zjawisko *curlingu*) i porównanie

wyników z istniejącymi. Pozwoli też na porównanie wartości maksymalnych naprężeń ujęcia klasycznego (metody Westergaarda) z metodami analitycznymi i MES.

#### Bibliografia

- [1] Araszkiwicz W., *Budowa Lotnisk. Tom I*. Wydanie III. PWN. Warszawa 1975.
- [2] Gulańczyk K., Marszałek J., *Zastosowanie metody Westergaarda do oceny oddziaływania samolotu Herkules C-130 na nawierzchnie lotniskowe*, Biuletyn WAT, 3, 2015.
- [3] Krakowiak A., Marszałek J., *Zastosowanie metody Westergaarda do obliczania nawierzchni obciążonej gołonią samolotu o układzie kół w systemie tandem*, Biuletyn WAT, 2, 2014.
- [4] Lenczewski S., *Budownictwo Betonowe. Tom XV Drogi, Lotniska, Koleje, Budowle podziemne*. PAN Komitet inżynierii. Arkady, Warszawa, 1970.
- [5] Marszałek J., *Budowa lotnisk, Część II. Obliczanie nawierzchni*. Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa, 1984.
- [6] Nita P., *Betonowe nawierzchnie lotniskowe. Teoria i wymiarowanie konstrukcyjne*. Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych, Warszawa, 2005.
- [7] Szydło A., *Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego. Teoria, wymiarowanie, realizacja*, Polski Cement, Kraków, 2004.
- [8] <http://www.boeing.com>
- [9] <http://www.lot.com/pl/pl/dreamliner-787>



#### Z ŻAŁOBNEJ KARTY

### Zmarł mgr inż. Bronisław Walat (1929–2016)

Bronisław Walat urodził się 12 lutego 1929 r. we Francji w m. Lesquin. W 1939 r. wraz z rodziną powrócił do Polski. Po ukończeniu szkoły podstawowej oraz w 1949 r. liceum ogólnokształcącego w Rzeszowie, otrzymał nakaz pracy do szkoły podstawowej w Gwoźnicy Dolnej (gm. Niebylec). W 1950 r. został przyjęty na studia w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, które ukończył w 1955 r. Po ukończeniu studiów rozpoczął pracę zawodową w Wojewódzkim Zarządzie Dróg Publicznych w Rzeszowie.

W latach 1955–1962 brał czynny udział w pracach związanych z budową dróg na terenie Bieszczadów. W 1967 r. został przeniesiony do pracy w Wojewódzkim Zarządzie Dróg Publicznych w Białymstoku, gdzie objął kierownictwo tamtejszego laboratorium drogowego. Brał również udział w szeregu działań o znaczeniu krajowym. Był współautorem „Wytucznych określania nośności sieci dróg państwowych” oraz kierował zespołem opracowującym kryteria równości nawierzchni drogowych. W sierpniu 1967 r. uzyskał uprawnienia budowlane, a w dniu 9 listopada tego samego roku uprawnienia do prowadzenia prac geologicznych, zaś w 1989 r. został rzeczoznawcą SITK – Oddział w Warszawie, w zakresie specjalności geotechnika i technologia nawierzchni drogowych.

W 1972 r., na wniosek Konrada Jabłońskiego i Jerzego Walawskiego, został przeniesiony do pracy w Centralnym Zarządzie Dróg Publicznych na stanowisko specjalisty do spraw geotechniki i mechaniki nawierzchni, w utworzonym w maju 1971 r. Zespole Technologicznym. W 1977 r. Bronisław Walat został zastępcą kierownika Zespołu Techniki w CZDP.

Od 1973 roku był przedstawicielem polskiego drogownictwa w Komitecie Badań Materiałów, a od 1976 do 1989 r. również w Komitecie Cech Powierzchniowych Nawierzchni Międzynarodowego Stowarzyszenia Kongresów Drogowych (AIPCR). Był również członkiem Sekcji nawierzchni Rady Naukowej Instytutu Badawczego Dróg i Mostów w Warszawie. W swej karierze zawodowej Bronisław Walat

uczestniczył kilku w stażach zagranicznych (Belgia, Holandia, Francja). W latach 1981–1983 pracował w Libii w ramach PEBK DROMEX na stanowisku technologa robót drogowych. Po powrocie z Libii od 1983 r. pracował w Generalnej Dyrekcji Dróg Publicznych na stanowisku zastępcy naczelnika Wydziału Techniki. Po zakończeniu w 1991 r. pracy w GDDP został zatrudniony w firmie EUROVIA.

W 2000 r., zgodnie z tradycją macierzystej uczelni, został – z grupą swoich rówieśników – powtórnie immatrykulowany i otrzymał pamiątkowy indeks z okazji 50 rocznicy rozpoczęcia studiów w Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.

Bronisław Walat był autorem wielu referatów opracowanych na krajowe i międzynarodowe konferencje naukowo-techniczne, artykułów do prasy technicznej oraz autorem i współautorem kilku opracowań dotyczących rozwoju techniki drogowej w Polsce, z których najważniejsze to:

- Instrukcja DP-T13 – Badania geotechniczne do projektowania i przebudowy dróg (koordynator i współautor);
- Instrukcja DP-T14 – Dokonywanie odbiorów robót drogowych (współautor);
- Wytuczne sporządzania części technologicznej w dokumentacji drogowej (współautor);
- Wytuczne CZDP – Technologia robót drogowych w latach 1980–1985 i 1986–1990 (współautor);
- Wstępne zalecenia wykonania powi+erzchniowych utrwaleń (GDDP – 1991 r., autor);
- Współautor książki "Powierzchniowe utrwalenia nawierzchni bitumicznych" (Wydawnictwa Komunikacji i Łączności – 1977 r.).

Za swoje zasługi dla polskiego drogownictwa został odznaczony w 1963 r. Srebrnym Krzyżem Zasługi, a w 1977 r. Złotym Krzyżem Zasługi.

Mgr inż. Bronisław Walat zmarł w dniu 28 sierpnia 2016 r. w Warszawie. 30 sierpnia 2016 r. został pochowany w grobie rodzinnym w Krasnymstawie.

Niech Spoczywa w Pokoju.

Opracował **Maciej Radzikowski**  
na podstawie wspomnień Konrada Jabłońskiego, Hanny K. Wałęckiej, Jerzego Godziejewskiego i Andrzeja Paszkowskiego pt. „Zmarł mgr inż. Bronisław Walat – znakomity Technolog i dobry Człowiek”, które w całości zostaną opublikowane w jednym z kolejnych numerów „Drogownictwa”.