

## **SPRAWOZDANIE nr 6/24/11**

z pracy pt.

### **Opracowanie technologii przebudowy płaszczyzny postoju samolotów przy DK G na lotnisku Gdynia - Kosakowo**

Symbol tematu:

**0-4242-24-1-00**

#### **Wykonawcy:**

mjr mgr inż. Mariusz WESOŁOWSKI – kierownik pracy

mgr inż. Grzegorz JAMRÓZ

technik Paweł PIETRUSZEWSKI

**INSTYTUT TECHNICZNY WOJSK LOTNICZYCH  
WARSZAWA 2011**

<b>LABORATORIUM LOTNISKOWE ZAKŁADU LOTNISKOWEGO</b>		<b>SPRAWOZDANIE Z PRACY</b> <b>nr 6/24/11</b>  <b>Opracowanie technologii przebudowy płazczyzny postoju samolotów przy DK G na lotnisku Gdynia - Kosakowo</b>	
<b>INSTYTUT TECHNICZNY WOJSK LOTNICZYCH</b> ul. Księcia Bolesława 6, skr. poczt. 96 01-494 WARSZAWA	egz. nr	strona Sprawozdania: 2	
tel. (022) 685 10 24, (022) 685 10 93 fax. (022) 836 44 71	ilość załączników: 4	stron Sprawozdania: 52	

## SPIS TREŚCI

	strony
1. Wstęp.....	3
1.1. Zleceniodawca.....	3
1.2. Podstawa realizacji pracy.....	3
1.3. Przedmiot pracy.....	3
1.4. Cel pracy.....	3
1.5. Miejsce i zakres pracy.....	3
1.6. Data otrzymania obiektu badań oraz okres realizacji pracy.....	3
2. Metodyka badań.....	3
3. Obszar badań.....	6
4. Badanie podłoża gruntowego.....	6
5. Ocena wizualna stanu powierzchniowego.....	10
6. Badanie wytrzymałości na odrywanie.....	17
7. Badanie nośności.....	18
8. Badanie szorstkości.....	31
9. Opracowanie technologii przebudowy PPS.....	33
10. Podsumowanie.....	49
Literatura.....	52

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 3 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	--	----------------------------

## **1. WSTĘP**

### **1.1. Zleceniodawca**

Port Lotniczy Gdynia - Kosakowo Sp. z o.o., Al. Marszałka Piłsudskiego 52/54, 81-378 Gdynia.

### **1.2. Podstawa realizacji pracy**

Praca została zrealizowana na podstawie umowy nr 29/2011 z dnia 15.04.2011r., zwartej przez Port Lotniczy Gdynia - Kosakowo Sp. z o.o., zwanym *Zleceniodawcą* z Instytutem Technicznym Wojsk Lotniczych zwanym *Wykonawcą*.

### **1.3. Przedmiot pracy**

Przedmiotem pracy była nawierzchnia lotniskowa płaszczyzny postoju samolotów przy drodze kołowania DK G na lotnisku Gdynia - Kosakowo.

### **1.4. Cel pracy**

Celem pracy było opracowanie technologii przebudowy płaszczyzny postoju samolotów przy drodze kołowania DK G na lotnisku Gdynia - Kosakowo.

### **1.5. Miejsce i zakres pracy**

Zakres pracy obejmował: sprawdzenie podłoża gruntowego w otoczeniu płaszczyzny postoju samolotów (PPS), ocenę wizualną stanu powierzchniowego nawierzchni PPS, identyfikację konstrukcji nawierzchni, sprawdzenie wytrzymałości warstwy przypowierzchniowej na odrywanie, badanie nośności metodą ACN-PCN z wykorzystaniem urządzenia HWD oraz opracowanie technologii przebudowy (układu konstrukcyjnego) PPS dla dwóch wariantów, tj.: dla samolotów o kodzie B (np. SAAB 340) i kodzie C (np. B 737).

### **1.6. Data otrzymania obiektu badań oraz okres realizacji pracy**

Zgodnie z umową, pracę realizowano w terminie do 31.05.2011r.

## **2. METODYKA BADAŃ**

Metodyka badań została szczegółowo ustalona na podstawie wymagań *Zleceniodawcy*, zawartych w umowie nr 29/2011 z dnia 15.04.2011r. Przedstawiony

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 4 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	--	----------------------------

powyżej zakres pracy zostanie wykonany zgodnie z wymaganiami następujących dokumentów:

- ❖ PN-V-83002: 1999 *Lotniskowe nawierzchnie z betonu cementowego. Wymagania ogólne i metody badań.*
- ❖ Wytyczne ITWL *Określanie współczynnika szczepności nawierzchni lotniskowych przez pomiar ujemnego przyspieszenia.*
- ❖ NO-17-A500:2007 *Nawierzchnie drogowe i lotniskowe. Badanie nośności.*
- ❖ *Standardized method of reporting airport pavement strength – PCN*, FAA Circular AC 150/5335-5.
- ❖ *ElMOD Pavement Evaluation Manual* – Dynatest, 2001.
- ❖ Aneks 14, ICAO Standard 9137-AN/898 Part 2 *Airport Service Manual*.
- ❖ Advisory Circular FAA 150/5320-12c.
- ❖ PN-EN 12504-1:2009 *Badania betonu w konstrukcjach. Część 1: Odwierty rdzeniowe – Wycinanie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie.*
- ❖ PN-EN 12390-6:2010 *Badania betonu. Część 6: Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu próbek do badania.*
- ❖ PN-B-04452:2002 *Geotechnika. Badania polowe.*
- ❖ PN-88/B-04481 *Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.*
- ❖ Stanisław Pisarczyk i Bogdan Rymsza: *Badania laboratoryjne i polowe gruntów.* Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1993.

Szczegółowy zakres badań obejmował:

- sprawdzenie podłoża gruntowego w otoczeniu PPS w trzech wybranych punktach pomiarowych;
- wizualną inwentaryzację uszkodzeń nawierzchni PPS;
- identyfikację konstrukcji badanej nawierzchni lotniskowej poprzez wykonanie w niej 3 odwiertów rdzeniowych o średnicy 150 mm;
- sprawdzenie wytrzymałości na odrywanie dla warstwy przypowierzchniowej badanych nawierzchni lotniskowych w 3 punktach pomiarowych;
- określenie parametrów fizykomechanicznych (wytrzymałości na zginanie) materiałów wydobytych z badanej nawierzchni;

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 5 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	--	----------------------------

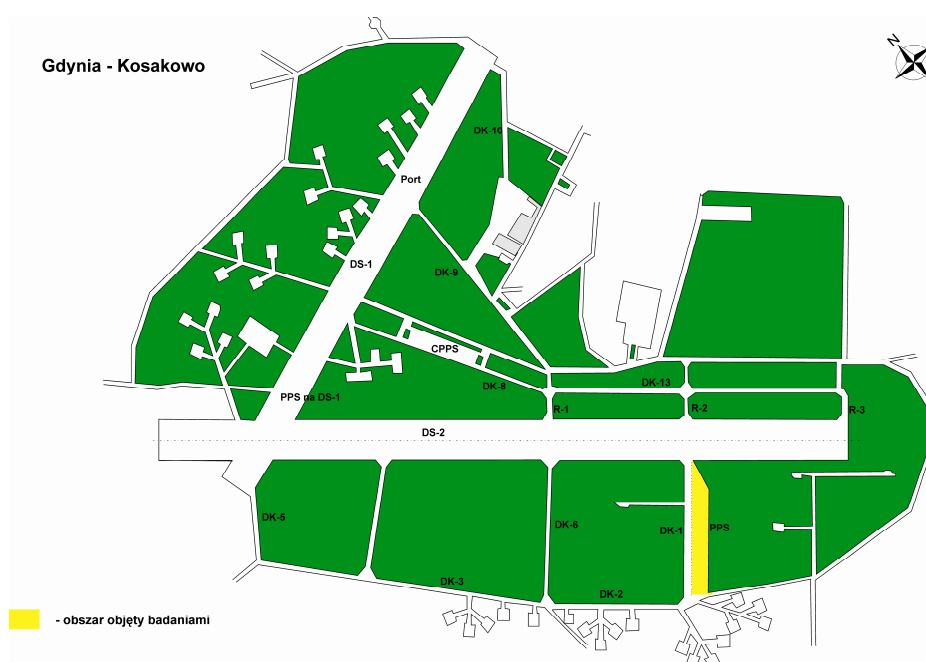
- pomiary ugięć sprężystych nawierzchni PPS z wykorzystaniem urządzenia HWD;
- wyznaczenie dopuszczalnej liczby operacji lotniczych dla przyjętych typów samolotów obliczeniowych;
- określenie szorstkości na badanej nawierzchni lotniskowej;
- opracowanie technologii przebudowy (układu konstrukcyjnego) PPS dla dwóch wariantów, tj.: dla samolotów o kodzie B (SAAB 340) i kodzie C (B 737);
- opracowanie sprawozdania końcowego z badań.

Jako samoloty obliczeniowe przyjęto następujące statki powietrzne: SAAB 340B (samolot kodu B) oraz Boeing 737-800 (samolot kodu C), dla których następnie obliczono dopuszczalne liczby operacji lotniczych. Podstawowe parametry przyjętych samolotów obliczeniowych zamieszczono poniżej w tabelicy 2.1.

Tablica 2.1. Podstawowe parametry samolotów obliczeniowych

Statek powietrzny	Masa [kg]	Nawierzchnia sztywna				Nawierzchnia podatna			
		A	B	C	D	A	B	C	D
SAAB 340B	13.155	9	9	10	10	8	8	9	10
	8.140	6	6	6	7	5	5	6	7
Boeing 737-800	79.242	49	52	54	56	43	45	50	55
	41.413	23	24	25	27	20	21	22	26

Plan obszaru badań płaszczyzny postoju samolotów przedstawiono na rysunku 2.1.



Rys. 2.1. Plan obszaru badań

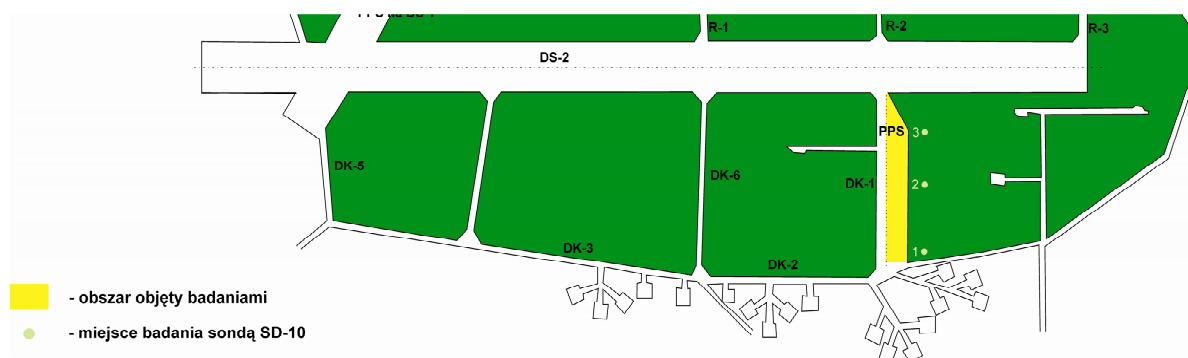
ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 6 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	--	----------------------------

### 3. OBSZAR BADAŃ

Obszarem badań była nawierzchnia lotniskowa płaszczyzny postoju samolotów położona przy drodze kołowania DK G (dawniej DK 1) o powierzchni ok. 16 625 m<sup>2</sup>. Jej większa część wykonana jest z betonu cementowego (BC) o powierzchni ok. 8 700 m<sup>2</sup>, a fragment położony bezpośrednio przy DK G posiada warstwę jezdnią wykonaną z betonu asfaltowego (BA) o powierzchni ok. 7 925 m<sup>2</sup>. Długość części PPS wykonanej z BC wynosi około 290 m, a szerokość około 30 m (6 rzędów płyt). Płyty betonowe znajdują się w złym stanie technicznym. Nawierzchnia jest spękana oraz głęboko złuszczone. Na nawierzchni asfaltowej zauważalne są regularne pęknięcia szczelinowe, odwzorowujące układ szczelin dylatacyjnych z podbudowy wykonanej z betonu cementowego.

### 4. BADANIE PODŁOŻA GRUNTOWEGO

Sprawdzenie podłoża gruntowego w otoczeniu płaszczyzny postoju samolotów przeprowadzono w dniu 13.04.2011r. poprzez określenie stopnia i wskaźnika zagęszczenia podłoża. Pomiary przeprowadzono na poboczu PPS z wykorzystaniem lekkiej sondy dynamicznej SD-10 typu PR 13/10 o nr inwent. 801/6381. Badania wykonano zgodnie z normą PN-B-04452:2002 *Geotechnika. Badania polowe*. Lokalizację punktów pomiarowych przedstawiono na rysunku 4.1. Podczas badań wystąpiły lekkie opady deszczu, a temperatura powietrza wahała się od ok. +5°C do +10°C.



Rys. 4.1. Lokalizacja punktów pomiarowych na poboczu gruntowym przy PPS

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 7 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	--	----------------------------

W trakcie badań zliczano ilości uderzeń ubijaka na każde 10 cm wpędu końcówki stożkowej sondy. Na tej podstawie określono stopień zagęszczenia podłoża gruntowego  $I_D$  do głębokości 2 m według zależności podanej w ww. normie:

$$I_D = 0,429 \log N_{10} + 0,071$$

gdzie:

$N_{10}$  - liczba uderzeń młota na każde 10 cm wpędu końcówki sondy,

$I_D$  – stopień zagęszczenia podłoża.



Rys. 4.2. Wykonywanie badań podłoża gruntowego z wykorzystaniem lekkiej sondy dynamicznej SD-10

Przedziały stanów zagęszczenia gruntu w zależności od stopnia zagęszczenia  $I_D$  przedstawiono w tablicy 4.1.

Tablica 4.1. Stan zagęszczenia gruntu w zależności od stopnia zagęszczenia  $I_D$

Stan zagęszczenia	Stopień zagęszczenia $I_D$
Bardzo luźny	0,0 – 0,15
Luźny	0,15 – 0,33
Średni	0,33 – 0,67
Zagęszczony	0,67 – 0,85
Bardzo zagęszczony	0,95 – 1,00

Wyniki badań i obliczeń zestawiono w formie tabelarycznej w tablicy 4.2.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 8 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	--	----------------------------

Tablica 4.2. Stopień zagęszczenia  $I_D$  dla poszczególnych punktów sondowania na poboczu PPS

	Nr sondowania	1	2	3	
zagłębienie [cm]	10	0,33	0,20	0,33	
	20				
	30	0,53	0,52		
	40				
	50	0,37		0,58	
	60				
	70				
	80				
	90		0,50		
	100				
	110		0,58	0,43	
	120				
	130	0,33			
	140				
	150		0,46		
	160				
	170				
	180				
	190				
	200				
Średnia:		0,36	0,42		0,45

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że stopień zagęszczenia podłoża gruntowego  $I_D$  na poboczu PPS zawiera się w przedziale od 0,36 do 0,45. Zatem stan badanego podłoża gruntowego można określić jako średnio zagęszczony.

Następnie, wykorzystując zależności podane w podręczniku Politechniki Warszawskiej, tj. *Badania laboratoryjne i polowe gruntów* autorstwa: S. Pisarczyk i B. Rymsza, obliczono wskaźnik zagęszczenia podłoża gruntowego  $I_s$ .

$$I_s = \frac{5,10}{5,97 - I_D}$$

Wyniki obliczeń zestawiono w tablicy 4.3.



ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 9 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	--	----------------------------

Tablica 4.3. Wskaźniki zagęszczenia  $I_s$  dla poszczególnych punktów sondowania na poboczu PPS

		Nr sondowania	1	2	3
zagłębienie [cm]	10	0,91	0,89	0,91	
	20				
	30	0,95	0,94		
	40				
	50	0,92		0,95	
	60				
	70			0,94	
	80				
	90		0,95	0,93	
	100				
	110		0,91		
	120				
	130				
	140				0,91
	150				
	160				
	170				
	180				
	190				
	200				
Średnia:		0,91	0,92	0,92	

Otrzymane wyniki potwierdzają, że wskaźnik zagęszczenia podłoża gruntowego  $I_s$  na poboczu PPS zawiera się w przedziale od 0,91 do 0,92. Można zatem stwierdzić, że nie są spełnione wymagania zawarte w normie PN-V-83002:1999 *Lotniskowe nawierzchnie z betonu cementowego. Wymagania ogólne i metody badań*. Wskaźnik zagęszczenia gruntu w górnej jego warstwie (do głębokości 20 cm) powinien wynosić co najmniej 1,03. Natomiast w warstwie niższej, do głębokości 50 cm, powinien wynosić co najmniej 1,00.

Rezultaty wszystkich sondowań wykonanych na obiekcie lotniskowym przedstawiają karty wykonane w programie geologiczno - inżynierskim *Geostar 6i Professional*, które zamieszczono w *Raporcie z badań geotechnicznych*, który stanowi załącznik nr 1 do niniejszego sprawozdania.

Stan gruntów w obrębie całego przekroju, dla wykonanych trzech punktów badawczych, ocenia się jako średnio zagęszczony. Wyjątek stanowi punkt nr 2, gdzie w warstwie powierzchniowej stwierdzono występowanie gruntu w stanie luźnym.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 10 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

Największe zagęszczenie podłoża występuje na głębokości od ok. 0,4 ÷ 1,0 m poniżej poziomu terenu.

## 5. OCENA WIZUALNA STANU POWIERZCHNIOWEGO

Inwentaryzację uszkodzeń nawierzchni lotniskowej na płaszczyźnie postoju samolotów (PPS) wykonano metodą wizualną bezpośrednio na obiekcie lotniskowym, rejestrując stan uszkodzeń dla poszczególnych płyt. Na podstawie przeprowadzonej inwentaryzacji uszkodzeń płyt lotniskowych wykonanych z betonu cementowego oraz nawierzchni z betonu asfaltowego, określono rodzaj występujących uszkodzeń. Następnie opracowano zestawienie zidentyfikowanych uszkodzeń na PPS. Przebieg wykonywania inwentaryzacji uszkodzeń przedstawiono na rys. 5.1.



Rys. 5.1. Inwentaryzacja uszkodzeń

### 5.1. Rodzaje uszkodzeń nawierzchni z betonu cementowego

Do oceny nawierzchni lotniskowych wykonanych z betonu cementowego, pod względem stanu technicznego, przyjęto rodzaje uszkodzeń, podane w „*Legendzie napraw i uszkodzeń nawierzchni z betonu cementowego*”, którą przedstawiono w załączniku nr 2. Każdemu z tych rodzajów uszkodzeń przyporządkowano odpowiednie kody literowe.

Uszkodzenia nawierzchni lotniskowej wykonanej z betonu cementowego podzielono na trzy grupy:

- ❖ uszkodzenia powierzchniowe,
- ❖ uszkodzenia punktowe,
- ❖ uszkodzenia liniowe.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 11 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

Do *uszkodzeń powierzchniowych* zalicza się uszkodzenia o kodach *A*, *B* (rys. 5.2), *P<sub>w</sub>* (rys. 5.3), *U* i *W*. Uszkodzenia te odnoszą się do cech wytrzymałościowych betonu, głównie jego warstwy przypowierzchniowej, której stan techniczny jest najczęściej rezultatem technologii wykonania robót. W oznaczeniach tych zawarto opis stanu warstwy przypowierzchniowej, który jest odpowiedzią na zachowanie się nawierzchni pod wpływem warunków atmosferycznych i obciążeń eksploatacyjnych.



Rys. 5.2. Złuszczenia głębokie



Rys. 5.3. Pęknięcia włosowate

Do *uszkodzeń punktowych* (miejscowych) zalicza się uszkodzenia o kodzie *Op*, i *N*. Uszkodzenia te mogą zarówno sygnalizować o niedostatecznej nośności konstrukcji (kod *N*), albo o błędach w wykonawstwie (kod *Op*).

Do *uszkodzeń liniowych* zalicza się pozostałe rodzaje uszkodzeń o kodach *P<sub>s</sub>* (rys. 5.4) i *P*. Uszkodzenia te świadczą najczęściej o niedostatecznej nośności konstrukcji, a przede wszystkim warstw niżej leżących. Analiza przyczyn wystąpienia tych zjawisk wymaga indywidualnego podejścia i wyjaśnienia.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 12 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

Ubytki masy zalewowej (kod *M*), jak również pęknięcia szczelinowe (kod *Ps*), wymagają prac zabezpieczających przed penetracją wody w głąb układu konstrukcyjnego nawierzchni. Zarówno te uszkodzenia, jak i wszelkiego rodzaju wykruszenia płyt, stwarzają zagrożenie dla bezpieczeństwa poruszających się statków powietrznych.



Rys. 5.4. Pęknięcia szczelinowe na płycie betonowej



Rys. 5.5. Uszkodzenie krawędzi płyty betonowej



Rys. 5.6. Próg powstały na styku nawierzchni z BC i BA



ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 13 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

## 5.2. Rodzaje uszkodzeń nawierzchni z betonu asfaltowego

Do oceny nawierzchni lotniskowych wykonanych z betonu asfaltowego, pod względem stanu technicznego, przyjęto rodzaje uszkodzeń, podanych w „*Legendzie napraw i uszkodzeń nawierzchni z betonu asfaltowego*”, którą przedstawiono w załączniku nr 3. Każdemu z tych rodzajów uszkodzeń przyporządkowano kody literowe. W celu ułatwienia przeprowadzenia inwentaryzacji uszkodzeń nawierzchni wykonanej z betonu asfaltowego, dzieli się ją „wirtualnie” na umowne płyty o wymiarach 10 x 10 m. Na „wirtualnej” płycie mogą występować różne uszkodzenia zarówno liniowe, jak i powierzchniowe, dlatego też każde z nich podlega oddzielnemu obmiarowi. Miarą uszkodzenia powierzchniowego (kod *Z* i *WO*) jest powierzchnia zniszczonej nawierzchni w [m<sup>2</sup>]. Miarą uszkodzenia liniowego (kod *P* i *WP*) jest jego długość wyrażana w [mb]. Inwentaryzuje się ilość i długość pęknięć większych od 25 cm. Miarą skupiska pęcherzy (kod *Sp*) jest ich ilość, a miarą kolein (kod *K*) jest ich długość w [m]. Na rys. 5.7 pokazano pęknięcie szczelinowe w nawierzchni z betonu asfaltowego.



Rys. 5.7. Pęknięcia szczelinowe w nawierzchni z BA

## 5.3. Ogólne zasady inwentaryzacji uszkodzeń nawierzchni

Zasadniczym obiektem inwentaryzacji uszkodzeń nawierzchni lotniskowej z betonu cementowego jest pojedyncza płyta (zazwyczaj o wymiarach 5 x 5 m). Jej położenie oznacza się za pomocą liczb, które przyjmuje się zgodnie z naniesionymi na poszczególnych arkuszach składowych oznaczeniami cyfrowymi.

Na poszczególnych płytach mogą występować różne rodzaje uszkodzeń, tj.: powierzchniowe, liniowe i punktowe, które wymagają określenia swoich rozmiarów. Miarą uszkodzenia powierzchniowego jest procent uszkodzonej

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 14 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

powierzchni płyty. W tym celu wprowadzono czterostopniową skalę do określenia wielkości uszkodzonej powierzchni, tzn.:

- [1] Mała do 25% powierzchni, tj. średnio około 5-6 m<sup>2</sup> płyty,
- [2] Średnia od 26% do 50% powierzchni, tj. średnio około 11 m<sup>2</sup> płyty,
- [3] Duża od 51% do 75% powierzchni, tj. średnio około 16 m<sup>2</sup> płyty.
- [4] Cała płyta powyżej 75% powierzchni, tj. ok. 25 m<sup>2</sup> (w zależności od wielkości płyty)

Za najbardziej szkodliwe uważa się złuszczenia głębokie (kod *B*).

Miarą uszkodzeń liniowych o kodzie *Ps* (pęknięcia szczelinowe) jest ich długość wyrażana w [mb]. W pracy uwzględniono:

- ❖ miarę liniową – sumaryczną ilość pęknięć naprawionych w [mb];
- ❖ długość nienaprawionych pęknięć na nawierzchniach z betonu cementowego;
- ❖ długość pęknięć nienaprawionych na nawierzchniach z betonu asfaltowego.

*N* jest miarą wykruszeń, odłamań krawędzi i naroży płyt. Wyróżnia się zarówno uszkodzenia naprawione, jak i nienaprawione. Inwentaryzuje się ilość uszkodzeń, a jako średnią powierzchnię przyjmuje się 0,05 m<sup>2</sup>.

*U* jest miarą ubytków głębokich. Wyróżnia się zarówno uszkodzenia naprawione, jak i nienaprawione o powierzchni większej od 100 cm<sup>2</sup>. Obmiar podaje się w m<sup>2</sup>.

*Op* jest miarą odprysków i ubytków z powierzchni płyty, głównie pomarglowych. Wyróżniono przy tej klasyfikacji uszkodzenia naprawione i nienaprawione. Inwentaryzuje się ilość odprysków.

*M* jest miarą ubytków masy zalewowej w szczelinach dylatacyjnych lub jej niepełnego przylegania do krawędzi. Inwentaryzuje się ubytki masy zalewowej oraz jej nadwyżkę do ścięcia, a obmiar podaje się w [mb].

*W* jest miarą, która oznacza, że płyta lotniskowa jest przeznaczona do wymiany ze względu na dużą ilość i charakter występujących na niej uszkodzeń.

Inwentaryzację uszkodzeń wykonuje się na znormalizowanych podkładach. Inwentaryzacja powinna być prowadzona w systemie „płytowym”, tzn. zinwentaryzowana powinna być każda płyta na lotnisku (w przypadku nawierzchni bitumicznych – nawierzchni podzielona została na płyty „wirtualne”).

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 15 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

W związku z dużą pracochłonnością wprowadzania tytułu danych do komputera, uszkodzenia każdej płyty zostają zsumowane w „hektometry” i dopiero w takiej postaci będą poddawane analizie. „Hektometr” posiadać powinien powierzchnię około 500 m<sup>2</sup>, tj. na DS będzie to obszar o długości 100 m i szerokości jednego rzędu płyt, tj. 5 m. Należy jednak pamiętać, że na płaszczyznach o nieregularnym kształcie „hektometr” może mieć inny kształt (trójkąta, kwadratu itd.). Może mieć również inną powierzchnię (oscylującą jednak w okolicach 500 m<sup>2</sup>). Inwentaryzuje się zarówno istniejące uszkodzenia, jak i uszkodzenia naprawione. Taka „podwójna” inwentaryzacja pozwala bowiem nie tylko na określenie wielkości uszkodzeń na lotnisku, ale także umożliwia wyznaczenie ogólnego wskaźnika degradacji obiektu.

Pełen obmiar zidentyfikowanych uszkodzeń dla nawierzchni lotniskowej PPS zamieszczono w tablicach 5.1 i 5.2. Stosowane w tablicach skróty oznaczają: BC - beton cementowy i BA - beton asfaltowy. Szczegółowa inwentaryzacja nawierzchni płaszczyzny postoju samolotów została przedstawiona w załączniku nr 4.

Tablica 5.1. Obmiar uszkodzeń na nawierzchni z betonu cementowego

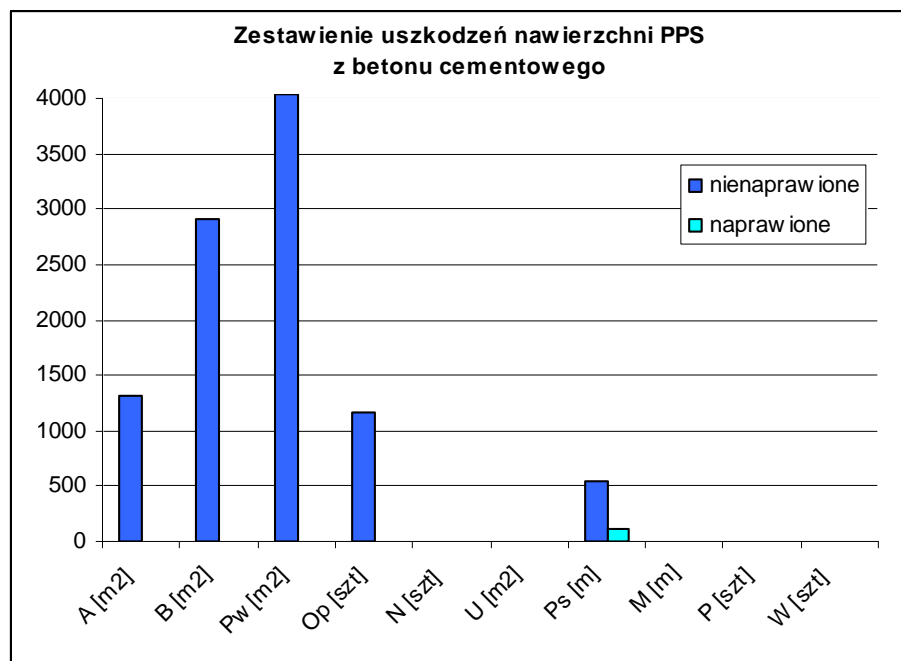
PŁASZCZYZNA POSTOJU SAMOLOTÓW – (BC)															
Część	USZKODZENIA NIENAPRAWIONE										USZK. NAPRAWIONE				
	A	B	Pw	Op	N	U	Ps	M	P	W	B	Op	N	U	Ps
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[szt.]	[szt.]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[szt.]	[szt.]	[m <sup>2</sup> ]	[szt.]	[szt.]	[m <sup>2</sup> ]	[m]
1	328	456	725	323	0	0,8	27,5	630	1	0	0	0	0	0,4	13,5
2	356	956	1569,5	577	0	0,9	133,7	1200	1	5	0	0	0	0,6	71,5
3	341	974,5	1669,5	249	0	0,8	270	1200	0	0	0	0	0	1	16,5
4	291	531	81	18	0	0	108	450	0	2	0	0	0	0	15
Suma	1316	2917,5	4045	1167	0	2,5	539,2	3480	2	7	0	0	0	2	116,5

Tablica 5.2. Obmiar uszkodzeń na nawierzchni z betonu asfaltowego

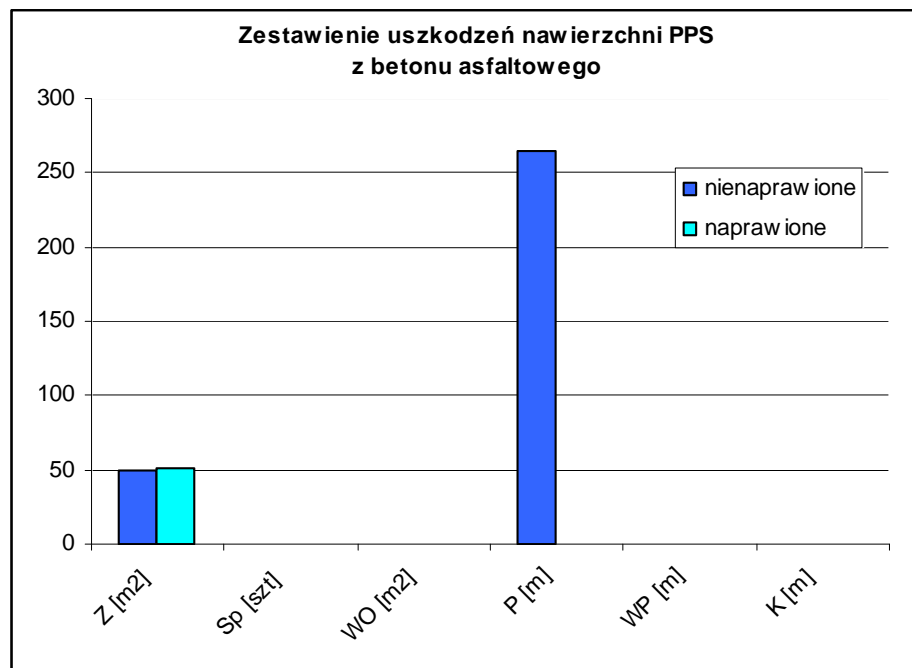
PŁASZCZYZNA POSTOJU SAMOLOTÓW – (BA)										
Część	USZKODZENIA NIENAPRAWIONE						USZK. NAPRAWIONE			
	Z	Sp	WO	P	WP	K	Z	Sp	WO	P
	[m <sup>2</sup> ]	[szt.]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[szt.]	[m <sup>2</sup> ]	[szt.]
1	43	0	0	121	0	0	51	0	0	0
2	2,2	0	0	53	0	0	0	0	0	0
3	5	0	0	63	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0
Suma	50,2	0	0	265	0	0	51	0	0	0

## 5.4. Wnioski

Zestawienie ilości poszczególnych uszkodzeń występujących na całej powierzchni badanej płaszczyzny postoju samolotów zobrażowano w postaci wykresów na rys. 5.8 i 5.9.



Rys. 5.8. Zestawienie ilości uszkodzeń nienaprawionych i naprawionych dla nawierzchni PPS z betonu cementowego



Rys. 5.9. Zestawienie ilości uszkodzeń nienaprawionych i naprawionych dla nawierzchni PPS z betonu asfaltowego

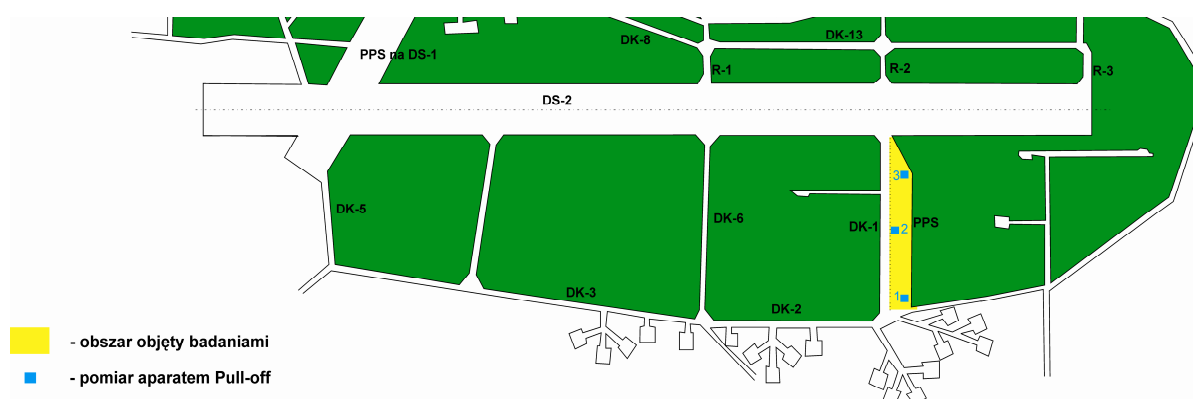


ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 17 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

Podczas prowadzonych badań terenowych na analizowanej płaszczyźnie postoju samolotów stwierdzono występowanie głównie złuszczeń głębokich oraz pęknięć włosowatych. Obserwuje się obecność odprysków pomarglowych, występują również liczne pęknięcia szczelinowe. Nawierzchnia częściowo pokryta jest złuszczeniami płytkami. Zaleca się przeprowadzenie wymiany masy zalewowej w szczelinach dylatacyjnych na całej nawierzchni PPS ze względu na jej liczne ubytki oraz lokalne nadwyżki. Natomiast na części nawierzchni wykonanej z betonu asfaltowego występują głównie spękania odbite odwzorowujące przebieg szczelin dylatacyjnych z warstwy podbudowy.

## 6. BADANIE WYTRZYMAŁOŚCI NA ODRYWANIE

Badania sprawdzające wytrzymałość warstwy przypowierzchniowej na odrywanie dla nawierzchni lotniskowych na PPS wykonano za pomocą aparatu „pull-off”, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 1542:2000 *Wyroby i systemy do ochrony i napraw konstrukcji betonowych. Metody badań. Pomiar przyczepności przez odrywanie*. Do badania wykorzystano urządzenie typu PULL OFF F15D EASY M2000 o nr fabrycznym 081026 firmy JOSEF FREUDL. Badania zostały przeprowadzone w dniu 13.04.2011r. Uzyskane wyniki wytrzymałości na odrywanie dla badanej nawierzchni PPS przedstawiono w tablicy 6.1. Natomiast na rysunku 6.1 przedstawiono lokalizację punktów badawczych na nawierzchni PPS. Zastosowane do badań urządzenie przedstawiono na rys. 6.2.



Rys. 6.1. Plan badań warstwy przypowierzchniowej nawierzchni PPS



Rys. 6.2. Urządzenie typu PULL OFF F15D EASY M2000

Tablica 6.1. Wyniki wytrzymałości warstwy przypowierzchniowej na odrywanie

EFL	Numer próbki	Wytrzymałość na odrywanie [MPa]	Typ zniszczenia
PPS	1	3,5	100% kohezyjnie w betonie
	2	2,2	
	3	3,0	
	Średnia:	<b>2,9</b>	

Głównym typem zniszczenia na wszystkich badanych próbkach było zniszczenie kohezyjne w betonie. Uzyskano wartość średnią wytrzymałości na odrywanie równą **2,9 MPa**. Można zatem stwierdzić, że wytrzymałość warstwy przypowierzchniowej na odrywanie dla badanej nawierzchni lotniskowej na PPS jest na poziomie **dobrym**.

## 7. BADANIE NOŚNOŚCI

Ocenę nośności nawierzchni lotniskowej PPS na lotnisku Gdynia - Kosakowo przeprowadzono na podstawie zarejestrowanych wyników pomiarów ugięć nawierzchni pod obciążeniem uderowym oraz w oparciu o identyfikację konstrukcji nawierzchni wykonanymi odwiertami rdzeniowymi. Badania wykonano w dniu 12.04.2011r. za pomocą urządzenia uderowego typu HWD (Heavy Weight Deflectometer) zgodnie z *Aerodrome design manual Part 3, Pavements*, ICAO, Doc-9157-AN/901 i opracowaną przez ITWL normą obronną NO-17-A500:2007

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 19 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

*Nawierzchnie drogowe i lotniskowe. Badanie nośności.* Temperatura powietrza podczas badań wynosiła +9°C.

Zakres badań obejmował:

- identyfikację konstrukcji nawierzchni lotniskowej PPS poprzez wykonanie w niej 3 odwiertów rdzeniowych o średnicy 150 mm;
- określenie parametrów fizykomechanicznych (wytrzymałości na zginanie) materiałów wydobytych z badanej nawierzchni;
- pomiary ugięć sprężystych przedmiotowej nawierzchni lotniskowej;
- na podstawie ww. badań, określenie dopuszczalnej liczby operacji lotniczych dla przyjętych typów samolotów obliczeniowych.

Zgodnie z ustaleniami przeprowadzonymi ze *Zleceniodawcą*, jako samoloty obliczeniowe przyjęto następujące statki powietrzne: SAAB 340B (samolot kodu B) oraz Boeing 737-800 (samolot kodu C). Podstawowe parametry przyjętych samolotów obliczeniowych zamieszczono poniżej w tablicy 7.1.

Tablica 7.1. Podstawowe parametry samolotów obliczeniowych

Statek powietrzny	Masa [kg]	Nawierzchnia sztywna				Nawierzchnia podatna			
		A	B	C	D	A	B	C	D
SAAB 340B	13.155	9	9	10	10	8	8	9	10
	8.140	6	6	6	7	5	5	6	7
Boeing 737-800	79.242	49	52	54	56	43	45	50	55
	41.413	23	24	25	27	20	21	22	26

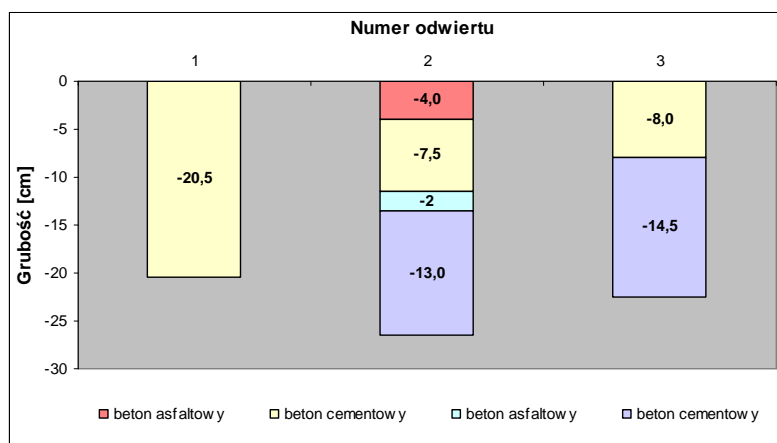
## 7.1. Sprawdzenie konstrukcji nawierzchni

Sprawdzenie układu konstrukcyjnego nawierzchni lotniskowej PPS, przeprowadzono poprzez pobranie trzech próbek w postaci odwiertów rdzeniowych z nawierzchni. Próbki pobrano w dniu 13.04.2011r. zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 12504-1:2009 *Badania betonu w konstrukcjach. Część 1: Odwierty rdzeniowe – Wycinanie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie*. Przekroje konstrukcji nawierzchni lotniskowych odtworzone z wykonanych odwiertów zamieszczono w tablicy 7.2 oraz na rysunku 7.1, zaś widok wydobytych próbek przedstawiono na rysunku 7.2.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 20 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

Tablica 7.2. Identyfikacja konstrukcji badanej nawierzchni lotniskowej

EFL	PPS		
Nr odwiertu	1	2	2
Beton asfaltowy	---	4,0 cm	---
Beton cementowy	20,5 cm	7,5 cm	8,0 cm
Beton asfaltowy	---	2,0 cm	---
Beton cementowy	---	13,0 cm	14,5 cm



Rys. 7.1. Przekroje konstrukcji badanej nawierzchni lotniskowej PPS



Rys. 7.2. Zdjęcie wydobytych odwiertów z badanej nawierzchni lotniskowej PPS

## 7.2. Badania materiałów konstrukcyjnych nawierzchni

Pobrane próbki z konstrukcji nawierzchni lotniskowej PPS, poddano w dniu 18.04.2011r. badaniom wytrzymałości na rozciąganie przy rozłupywaniu, tzw. „metodą brazylijską”. Próbki z betonu asfaltowego zbadano w temperaturze występującej podczas testów uderowych nawierzchni. Wytrzymałość na zginanie dla próbek z betonu asfaltowego obliczono wykorzystując poniższe równanie:

$$\log R_{zg} = 0,0371R_{rs} + 0,3231$$

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 21 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

gdzie:

$R_{zg}$  – wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu [daN];

$R_{rs}$  – wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu [daN].

Badania wytrzymałościowe próbek z betonu cementowego wykonano przy użyciu maszyny wytrzymałościowej do prób statycznych, typ 50-C58/H firmy Controls, nr fabr. 94071841 o zakresie pomiarowym 0-3000 kN. Badanie polega na obciążeniu próbki walcowej wzdłuż jej bocznych krawędzi, siłą przyłożoną liniowo. Pomiar wykonuje się zgodnie z normą PN-EN 12390-6:2010 *Badania betonu. Część 6: Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu próbek do badania*. Wynik obliczany jest zgodnie ze wzorem:

$$R = \frac{2F}{\pi Ld}$$

gdzie:

$R$  – wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu [MPa];

$L$  – długość próbki do badania [mm];

$d$  – wymiar przekroju poprzecznego próbki [mm];

$F$  – maksymalne obciążenie [kN].

Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu dla betonu cementowego oblicza się mnożąc otrzymane wyniki z badań „metodą brazylijską” przez współczynnik 1,05. Wyniki badań i obliczeń zestawiono w formie tabelarycznej w tablicy 7.3.

Tablica 7.3. Wyniki wytrzymałości betonu na rozciąganie przy zginaniu

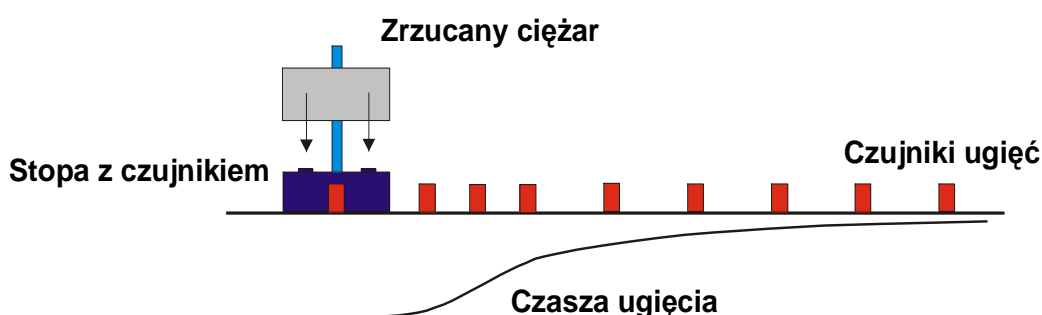
Nazwa EFL	Nr odwiertu	Nr warstwy	Rodzaj materiału próbki	Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu [MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu [MPa]	Wsp. Poissona
<b>PPS</b>	1	1	BC	3,4	<b>3,6</b>	0,16
	2	2	BC	3,5	<b>3,7</b>	0,16
		4	BC	3,3	<b>3,5</b>	0,20
	3	1	BC	5,0	<b>5,3</b>	0,16
		2	BC	4,9	<b>5,1</b>	0,20

Wyniki badania wytrzymałości zostały następnie wykorzystane przy wykonywaniu modeli obliczeniowych nawierzchni.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 22 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

### 7.3. Pomiary ugięć

W celu określenia rzeczywistych czasów ugięć oraz charakterystyk odkształceniowych poszczególnych warstw konstrukcyjnych badanej nawierzchni lotniskowej na PPS, przeprowadzone zostały pomiary ugięć nawierzchni od obciążenia uderowego urządzeniem typu HWD. W czasie badań dokonywano zrzuty z siłą około 200 kN na płytę naciskową o średnicy 450 mm spoczywającą na nawierzchni. Wyniki były rejestrowane w komputerze z jednoczesnym zobrazowaniem na ekranie monitora przebiegów ugięć i naprężeń w czasie.



Rys. 7.3. Schemat pomiaru ugięć przy pomocy urządzenia HWD

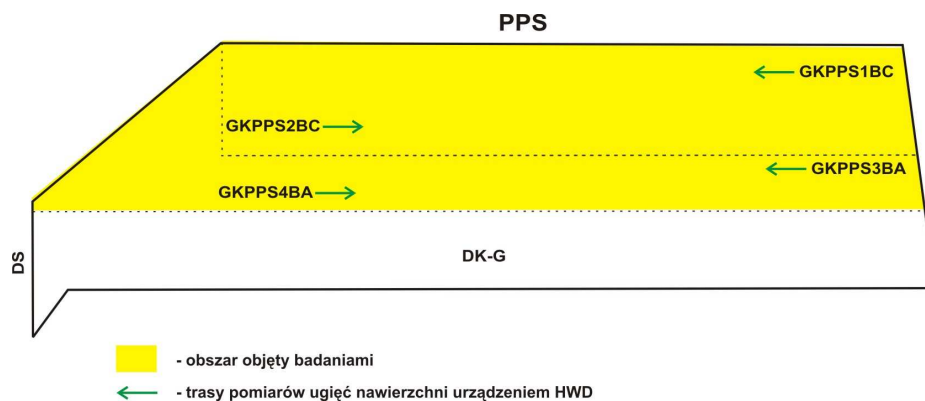
Na każdym punkcie pomiarowym wykonano trzy zrzuty obciążenia. Czujniki były rozmieszczone w sposób następujący:

- czujnik 1 – pod stopą;
- czujnik 2 – w odległości 300 mm od środka stopy;
- czujnik 3 – 450 mm;
- czujnik 4 – 600 mm;
- czujnik 5 – 750 mm;
- czujnik 6 – 900 mm;
- czujnik 7 – 1350 mm;
- czujnik 8 – 1800 mm;
- czujnik 9 – 2100 mm.

Pomiary ugięć na nawierzchni lotniskowej PPS wykonano na czterech trasach pomiarowych (GKPPS1BC, GKPPS2BC, GKPPS3BA i GKPPS4BA) w odstępach co 20 m według przyjętego programu badań. Szczegółowy schemat przedstawiający

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 23 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

wszystkie trasy pomiarowe oraz kierunki przejazdów urządzeniem typu HWD zamieszczono na rys. 7.4, zaś widok wykonywanych pomiarów na rys. 7.5.



Rys. 7.4. Schemat pomiarów ugięć nawierzchni PPS urządzeniem HWD



Rys. 7.5. Widok pomiarów ugięć nawierzchni PPS urządzeniem HWD

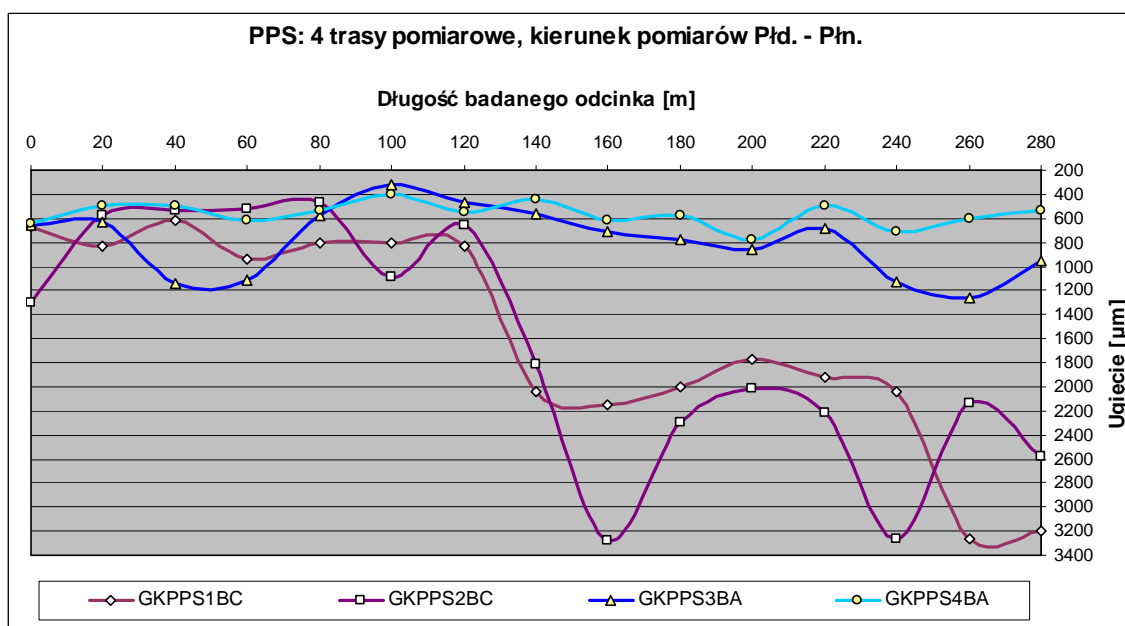
W trakcie przeprowadzonych pomiarów uzyskano następujące wyniki, które zestawiono w poniższej tablicy 7.4:

Tablica 7.4. Wyniki ugięć badanej nawierzchni lotniskowej

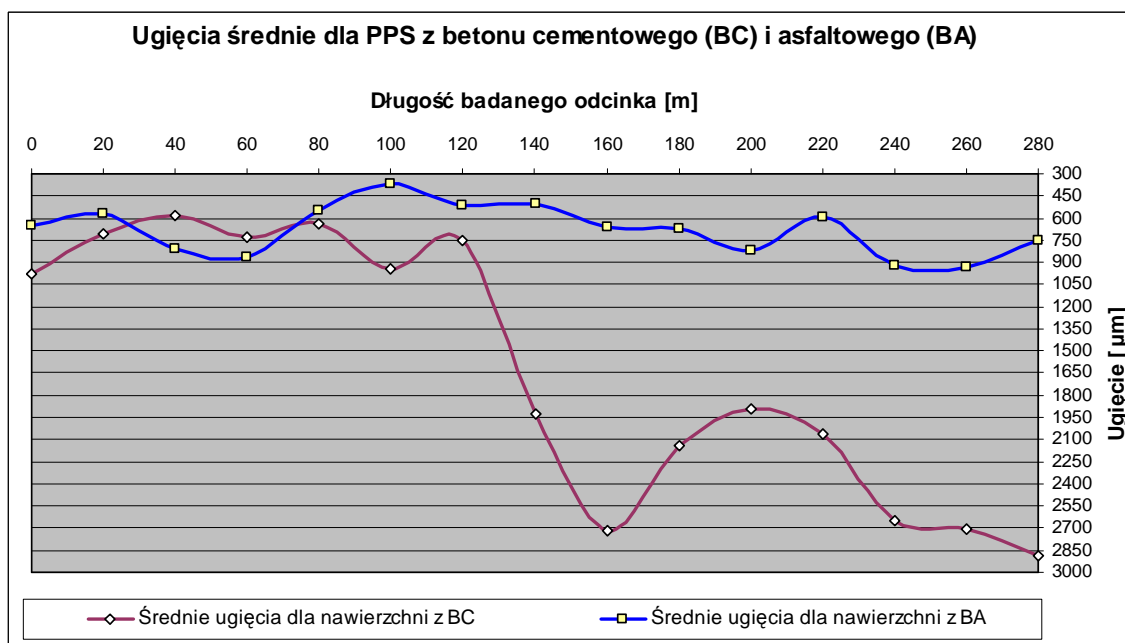
Liczba pomiarów	PPS			
	GKPPS1BC	GKPPS2BC	GKPPS3BA	GKPPS4BA
1	667,20	1299,00	657,40	642,70
2	830,20	572,10	636,30	500,60
3	619,70	540,80	1137,40	490,50
4	944,40	518,00	1119,40	611,20
5	808,30	470,70	571,30	531,50
6	800,40	1085,30	319,60	407,70
7	834,50	658,10	465,60	553,50
8	2043,90	1813,80	568,60	437,90
9	2153,00	3273,60	709,10	617,40
10	1995,10	2294,10	773,70	578,30
11	1773,70	2019,70	855,30	782,10
12	1915,00	2216,90	688,00	495,20

13	2041,80	3263,30	1129,30	707,80
14	3266,30	2136,00	1262,70	607,40
15	3204,00	2577,20	959,60	539,60
<b>Średnie ugięcie</b>	<b>1593,17 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>1649,24 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>790,22 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>566,89 <math>\mu\text{m}</math></b>
<b>Odchylenie standardowe</b>	<b>887,93 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>990,12 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>278,08 <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>99,19 <math>\mu\text{m}</math></b>
<b>Współczynnik zmienności</b>	<b>55,73 %</b>	<b>60,04 %</b>	<b>35,19 %</b>	<b>17,50 %</b>

Zarejestrowane ugięcia na badanej nawierzchni lotniskowej PPS dla wszystkich tras pomiarowych, przedstawiono na rys. 7.6 i 7.7.



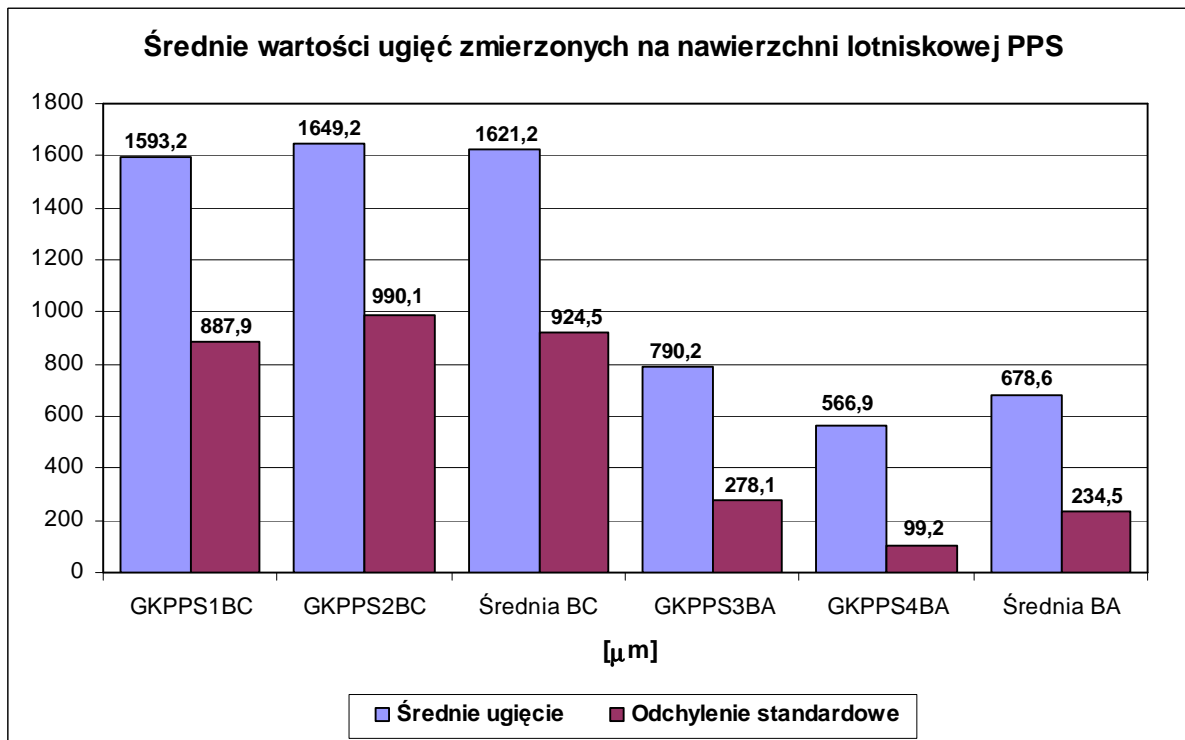
Rys. 7.6. Wykres ugięć nawierzchni PPS z wszystkich tras pomiarowych



Rys. 7.7. Wykres średnich ugięć PPS dla nawierzchni z BC i BA

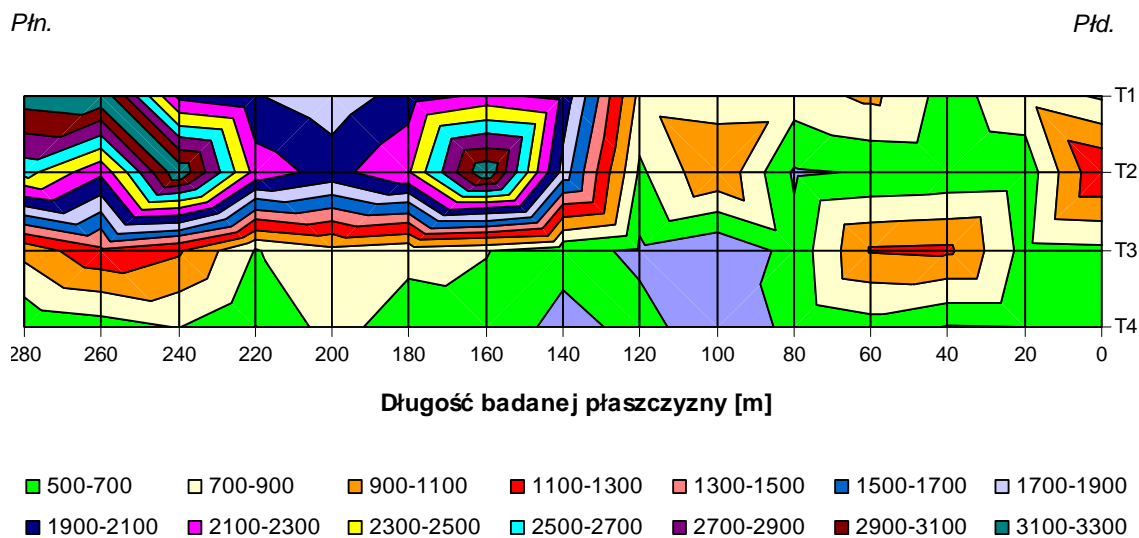


Natomiast na rysunku 7.8 przedstawiono zestawienie średnich wartości ugięć oraz odchyłeń standardowych dla wszystkich tras pomiarowych na badanej nawierzchni lotniskowej PPS, a na rys. 7.9 mapę ugięć badanej płaszczyzny.



Rys. 7.8. Wykres średnich wartości ugięć na badanej nawierzchni lotniskowej PPS

#### Mapa ugięć badanej nawierzchni lotniskowej PPS



Rys. 7.9. Mapa ugięć badanej nawierzchni lotniskowej PPS

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 26 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

#### 7.4. Identyfikacja parametrów nawierzchni

Identyfikację parametrów nawierzchni wykonano na podstawie pomiarów ugięć urządzeniem HWD oraz w oparciu o wyniki badań wytrzymałościowych materiałów pobranych z nawierzchni lotniskowej PPS.

Moduły poszczególnych warstw modelu wyznaczono za pomocą iteracyjnego porównywania zmierzonych ugięć oraz ugięć teoretycznych tak, aby funkcja  $F$  miała wartość minimalną:

$$F = \sum_{j=1}^k (w_j - u_j)^2$$

gdzie:

- $w_j$  – obliczone ugięcia nawierzchni w odległości  $r$  od środka płyty,
- $u_j$  – pomierzone ugięcia nawierzchni w odległości  $r$  od środka płyty,
- $k$  – liczba czujników (punktów opisujących czaszę ugięć) równa 9.

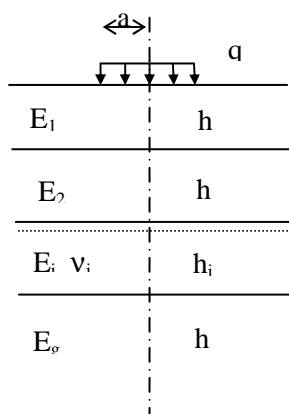
Parametry gruntu wyznaczono na podstawie pomiarów urządzeniem HWD. Do określenia nośności podłoża gruntowego wykorzystano:

- wartości modułów,
- zależności korelacyjne:  $E = 10 \cdot CBR$ ,
- zależność między wskaźnikami  $CBR$  a  $k$ .

Przeprowadzone obliczenia wskazują, że podłoże gruntowe występujące pod badaną nawierzchnią lotniskową można ocenić w momencie jego badania jako grunty o kategorii nośności C.

#### 7.5. Model obliczeniowy nawierzchni

Na podstawie otrzymanych podczas badań polowych wyników, wyznaczono model obliczeniowy dla badanej nawierzchni lotniskowej na PPS.



ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 27 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

gdzie:

$E$  – moduł sprężystości warstwy,

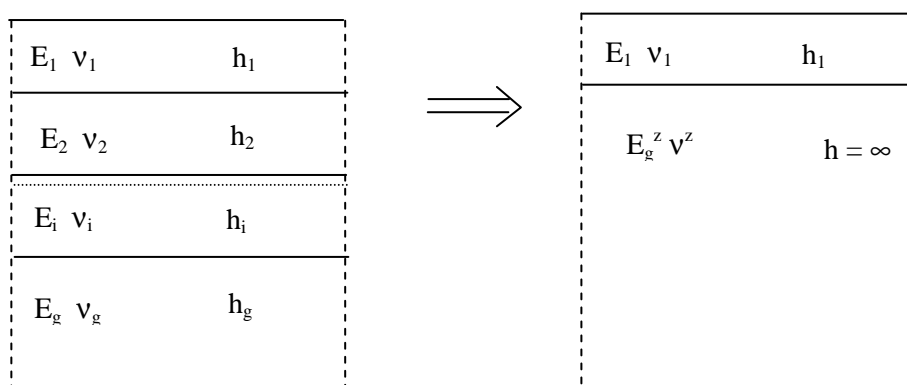
$\nu$  - współczynnik Poissona warstwy,

$h$  – grubość warstwy,

$q$  – obciążenie działające na powierzchnię,

$a$  – promień obciążenia oddziałującego na powierzchnię.

Dla przekształconą na powierzchnię jednowarstwową na podłożu gruntowym potrzeb powyższych obliczeń nawierzchnia wielowarstwowa została o parametrach zastępczych, co przedstawia rysunek 7.10.



Rys. 7.10. Zamiana wielowarstwowego modelu nawierzchni na jednowarstwow

Modele badanej nawierzchni lotniskowej na PPS (dla obszaru z betonu cementowego i betonu asfaltowego), przedstawiono poniżej w tabelicy 7.5.

Tablica 7.5. Model obliczeniowy

EFL	Warstwy	Dane dla modelu	Wyznaczone moduły $E$ (średnie)	$R_{zg}$	Współ. Poissona $\nu$
<b>PPS model I (BC)</b>	w1: BC h1: = 8,0 - 20,5 cm w2: BC h2: = 14,5 cm	h1: = 21,0 cm Podłoże	7 200 MPa 60 MPa	3,7 MPa	0,16
<b>PPS model II (BA)</b>	w1: BA h1: = 4,0 cm w2: BC h2: = 7,5 cm w3: BA h3: = 2,0 cm w4: BC h4: = 13,0 cm	h1: = 21,0 cm Podłoże	17 600 MPa 110 MPa	3,7 MPa	0,16

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 28 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

## 7.6. Analiza nośności

Liczba klasyfikacyjna PCN wyraża nośność nawierzchni lotniska. Jest ona równoważna 1/500 dopuszczalnego obciążenia (wyrażanego w kg masy) przyłożonego do nawierzchni za pośrednictwem pojedynczego koła ze standardowym ciśnieniem równym 1,25 MPa.

W metodzie ACN-PCN nośność nawierzchni opisana jest przez grupę symboli opisującą poszczególne parametry konstrukcji oraz informującą o metodzie wyznaczania liczby PCN (np. PCN=23/F/C/Y/U). Sposób interpretacji zapisu przedstawiono w tablicy 7.6.

Tablica 7.6.

<b>1</b>	Bezwymiarowa liczba PCN				
<b>2</b>	Rodzaj nawierzchni	<b>R</b>	sztywna		
		<b>F</b>	podatna		
<b>3</b>	Kategoria gruntu (dla nawierzchni sztywnych – <i>k</i> , dla nawierzchni podatnych – <i>CBR</i> )	<b>A</b>	duża nośność	$k > 120 \text{ MN/m}^3$	$\text{CBR} > 13$
		<b>B</b>	średnia nośność	$60 - 120 \text{ MN/m}^3$	8 - 13
		<b>C</b>	niska nośność	$25 - 60 \text{ MN/m}^3$	4 - 8
		<b>D</b>	bardzo niska nośność	$k < 25 \text{ MN/m}^3$	$\text{CBR} < 4$
<b>4</b>	Dopuszczalne ciśnienie w oponach samolotu	<b>W</b>	Bez ograniczeń		
		<b>X</b>	średnie do 1,5 MPa		
		<b>Y</b>	niskie do 1,0 MPa		
		<b>Z</b>	bardzo niskie do 0,5 MPa		
<b>5</b>	Metoda oceny	<b>T</b>	metoda techniczna		
		<b>U</b>	metoda doświadczalna		

Obliczenie dopuszczalnej liczby obciążeń *N*, dla danego obszaru polega na porównaniu naprężeń występujących w nawierzchni dla przyjętych parametrów modelu obliczeniowego, z naprężeniami dopuszczalnymi, wyznaczonymi z kryterium naprężeń uwzględniającego powtarzalność obciążeń.

Sprawdzenie, czy dany samolot może bezpiecznie operować na lotnisku polega na porównaniu liczby PCN nawierzchni poszczególnych elementów funkcjonalnych lotniska oraz liczby ACN samolotu. Należy zwrócić uwagę na odpowiedni dobór typu nawierzchni oraz rodzaju gruntu. Międzynarodowa Organizacja Lotnictwa Cywilnego ICAO w Aneksie 14, wprowadziła ograniczenia w ruchu samolotów przekraczających nośność (powodujących przeciążenie) danej nawierzchni ( $\text{ACN} > \text{PCN}$ ):

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 29 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

- nawierzchnie sztywne lub złożone, których warstwa sztywna stanowi główny element konstrukcji – jest dopuszczalny ograniczony (sporadyczny) ruch samolotów gdy relacja  $ACN > PCN$  przekroczona jest nie więcej niż 5 %;
- nawierzchnie podatne – dopuszczalny jest ograniczony (sporadyczny) ruch samolotów, dla których relacja  $ACN > PCN$  przekroczona jest nie więcej niż 10 %;
- roczna liczba przeciążeń nie powinna przekraczać 5 % całkowitej rocznej liczby operacji na danym elemencie funkcjonalnym nawierzchni.

### 7.7. Obliczenie wskaźnika PCN

Zgodnie z ustaleniami przeprowadzonymi ze *Zlecniodawcą*, analizę nośności nawierzchni płaszczyzny postoju samolotów wykonano dla dwóch typów statków powietrznych, tj. SAAB 340B (samolot kodu B) oraz Boeing 737-800 (samolot kodu C). Na podstawie zmierzonych wartości ugięć, na badanej nawierzchni wyznaczono czasy ugięć, a następnie naprężenia w nawierzchni lotniskowej. Wyznaczoną na tej podstawie dopuszczalną, całkowitą liczbę operacji lotniczych przedstawiono w tablicach 7.7 i 7.8

Tablica 7.7. Liczba dopuszczalnych operacji lotniczych dla wskaźnika **PCN 10/R/C/X/T** (dla samolotu SAAB 340B)

EFL	Całkowita liczba operacji lotniczych
PPS model I (BC)	800
PPS model II (BA)	80 000

Tablica 7.8. Liczba dopuszczalnych operacji lotniczych dla wskaźnika **PCN 54/R/C/X/T** (dla samolotu Boeing 737-800)

EFL	Całkowita liczba operacji lotniczych
PPS model I (BC)	nie spełnia wymagań
PPS model II (BA)	315

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 30 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

## 7.8. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów i obliczeń można stwierdzić, że:

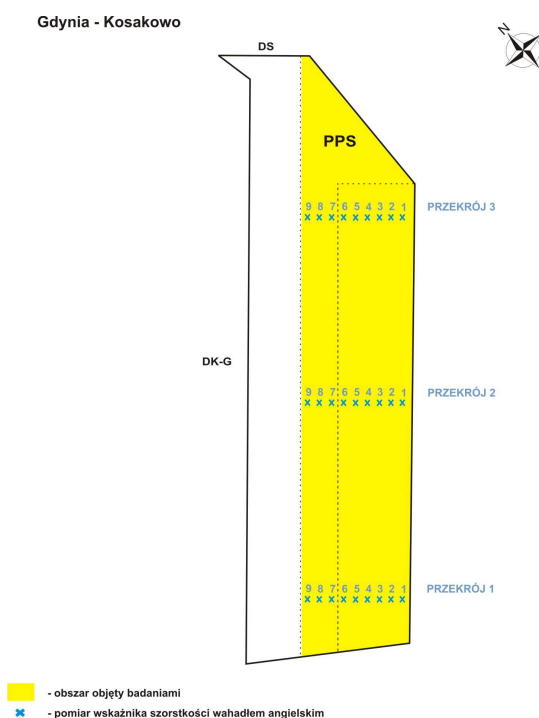
- Konstrukcja nawierzchni lotniskowej na badanej płaszczyźnie postoju samolotów charakteryzuje się pewną zmiennością pod względem swojej budowy. Na PPS wyodrębniono dwa obszary, tj.: obszar, w którym warstwę jezdnią stanowi beton cementowy i obszar z warstwą jezdnią wykonaną z betonu asfaltowego. Stan poszczególnych warstw konstrukcyjnych w powyżej wymienionych obszarach powoduje znaczące zróżnicowanie w ocenie ich nośności.
- Powierzchniowy stan techniczny nawierzchni betonowej PPS można określić jako zły. Potwierdzają to bardzo duże ilości uszkodzeń, przede wszystkim pęknięcia szczelinowe, złuszczenia głębokie, uszkodzone krawędzie płyt betonowych, pęknięcia mrozowe, jak również uzyskana w badaniach niszczących wartość wytrzymałości betonu na zginanie ( $R_{zg} = 3,5 - 5,3 \text{ MPa}$ ), co bezpośrednio wpływa na obniżenie nośności konstrukcji. Natomiast powierzchniowy stan techniczny nawierzchni PPS wykonanej z betonu asfaltowego można określić jako zadawalający. Uwagę zwracają tylko pęknięcia szczelinowe, które odwzorowują układ szczelin dylatacyjnych z podbudowy wykonanej z betonu cementowego.
- Nośność podłoża gruntowego wyznaczona metodą pośrednią za pomocą ugięciomierza udarowego typu HWD, można określić jako nisko nośne, tzn. zgodnie z metodą ACN-PCN kategoria C.
- Przeprowadzone badania nośności potwierdzają, że obszar PPS z betonu cementowego nie spełnia wymagań i nie posiada zdolności do przenoszenia obciążeń pochodzących od samolotów kodu C (Boeing 737-800). Dla samolotów kodu B (SAAB 340B) posiada niewielki zapas nośności, gdyż wyznaczona dopuszczalna liczba operacji lotniczych  $N=800$ . Natomiast aktualny stan techniczny obszaru nawierzchni PPS wykonanej z betonu asfaltowego pod względem nośności, można ocenić jako zadawalający dla samolotów kodu B (SAAB 340B), gdzie wyznaczona dopuszczalna liczba operacji lotniczych  $N=80\ 000$ . Dla samolotów kodu C (Boeing 737-800)

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 31 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

przedmiotowy obszar płaszczyzny postoju samolotów posiada niestety niewielki zapas nośności, gdyż wyznaczona dopuszczalna liczba operacji lotniczych  $N=315$ . Szczegółowe zestawienie wszystkich wykonanych analiz i uzyskanych wyników przedstawiono w tablicach 7.7 i 7.8.

## 8. BADANIE SZORSTKOŚCI

Zgodnie z wymaganiami normy PN-V-83002:1999 *Lotniskowe nawierzchnie z betonu cementowego. Wymagania ogólne i metody badań* przeprowadzono oznaczenie wskaźnika szorstkości. Badanie wykonano w dniu 12.04.2011r. za pomocą wahadła angielskiego typ B-190 o nr fabr. 8903 i nr inwent. 521/97-1550/1, zgodnie z normą PN-EN 1436:2000 (załącznik D) *Materiały do poziomego oznakowania dróg. Wymagania dotyczące poziomych oznakowań dróg* i normą PN-EN 13036-4:2004 *Drogi samochodowe i lotniskowe. Metody badań – Część 4: Metoda pomiaru oporów poślizgu/poślizgnięcia na powierzchni: próba wahadła*. Pomiary realizowane były na mokrej nawierzchni przy temperaturze powietrza ok. 10°C. Badania przeprowadzono w trzech przekrojach PPS po 9 punktów badawczych w każdym wg rys. 8.1. W punktach 1÷6 pomiary przeprowadzono na nawierzchni z betonu cementowego, natomiast w punktach 7-9 na nawierzchni z betonu asfaltowego.



Rys. 8.1. Plan badań wskaźnika szorstkości

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 32 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

Minimalne wartości wskazań dla nawierzchni spełniających warunki bezpieczeństwa ruchu przyjęto według *Instrukcji obsługi wahadła angielskiego typ B-190* i przedstawiono w tablicy 8.1. Na rys. 8.2 przedstawiono przebieg pomiaru wskaźnika szorstkości z wykorzystaniem wahadła angielskiego. Uzyskane wartości wskaźnika szorstkości badanej nawierzchni lotniskowej przedstawiono w tablicy 8.2.

Tablica 8.1.

Kategoria	Charakterystyka badanego odcinka drogi	Wielkość wskaźnika „W” [SRT]	Klasyfikacja
A	Najbardziej zagrożony, a mianowicie: - pętle zwrotne, - węzły drogowe i trasy o łukach mniejszych od 150 m, - odcinki dłuższe od 100 m i pochyleniach większych od 5%, - dojazdy do dróg szybkiego ruchu.	$W \geq 65$	<u>Dobra</u> – spełniająca w pełni wymagania szybkiego ruchu i sprzyjająca eliminacji wypadków spowodowanych poślizgiem pojazdów.
B	Powszechnie występujące m.in. dla dróg i warunków drogowych o innym charakterze aniżeli w kat. A i C.	$55 \leq W < 65$	<u>Zadowalająca</u> – wystarczająca do spełnienia wszelkich wymogów bezpiecznego ruchu z wyjątkiem najbardziej niekorzystnych warunków, jakie mogą wystąpić na drogach.
C	Odcinki proste o niewielkich pochyleniach, łagodne krzywizny, brak skrzyżowań, brak zakłóceń jak, np. ruch mieszany, warunki szczególnie dogodne do opanowania pojazdu na wypadek gwałtownej potrzeby hamowania.	$45 \leq W < 55$	<u>Dostateczna</u> – tylko dla sprzyjających warunków.
D	Ogólno dostępne, wszystkie pozostałe fragmenty funkcjonalne dróg.	$W < 45$	<u>Niedostateczna</u> – „potencjalnie” śliska.





Rys. 8.2. Przebieg pomiaru wskaźnika szorstkości wahadłem angielskim

Uzyskane wyniki z przeprowadzonych pomiarów współczynnika tarcia dla badanej nawierzchni lotniskowej PPS zestawiono w tablicy 8.2.

Tablica 8.2. Wyniki pomiarów współczynnika tarcia na PPS.

Rodzaj nawierzchni PPS	Numer płyty	Numer przekroju			Wartość średnia SRT
		1	2	3	
BC	1	67	66	78	70
	2	65	70	70	68
	3	69	72	70	70
	4	68	69	75	71
	5	70	73	80	74
	6	76	71	72	73
Wartość średnia:					<b>71</b>
BA	7	71	72	72	71
	8	75	75	72	74
	9	75	76	71	74
Wartość średnia:					<b>73</b>

Uzyskane wartości średnie wskaźników szorstkości dla nawierzchni PPS z betonu cementowego, tj. **W=71 SRT** oraz nawierzchni z betonu asfaltowego, tj. **W=73 SRT**, pozwalają ocenić badaną nawierzchnię lotniskową na ocenę dobrą, spełniającą w pełni wymagania szybkiego ruchu i sprzyjającą eliminacji wypadków spowodowanych poślizgiem pojazdów.

## 9. OPRACOWANIE TECHNOLOGII PRZEBUDOWY PPS

Większość uszkodzeń występujących na badanej płaszczyźnie postoju samolotów, przede wszystkim na nawierzchni z betonu cementowego, spowodowana jest przeciążeniem nawierzchni, co bezpośrednio wpływa na jej stan nośności. Prace remontowe z zastosowaniem materiałów naprawkowych mogą być niewystarczające,

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 34 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

gdyż nie powstrzymają postępującej degradacji nawierzchni na pożądaný okres czasu. Nośność ww. obszaru PPS z betonu cementowego może zostać poprawiona jedynie przez wzmocnienie całej konstrukcji nawierzchni. Najwłaściwszą metodą jest wyburzenie zdegradowanych płyt betonowych, wzmocnienie podłoża i wybudowanie nowych płyt. Naprawy powierzchniowe będą tylko zabiegami doraźnymi, które nie gwarantują w pełni odtworzenia nośności płyt betonowych. Przeprowadzone badania nośności potwierdzają, że obszar PPS z betonu cementowego nie spełnia wymagań i nie posiada zdolności do przenoszenia obciążeń pochodzących od samolotów kodu C (Boeing 737-800). Dla samolotów kodu B (SAAB 340B) posiada niewielki zapas nośności, gdyż wyznaczona dopuszczalna liczba operacji lotniczych  $N=800$ . Mając powyższe na uwadze, należy stwierdzić zasadność zaplanowania remontu kapitalnego na obszarze PPS z betonu cementowego. Natomiast aktualny stan techniczny obszaru nawierzchni PPS wykonanej z betonu asfaltowego, można ocenić jako zadawalający dla samolotów kodu B (SAAB 340B), gdzie wyznaczona dopuszczalna liczba operacji lotniczych  $N=80\ 000$ . Dla samolotów kodu C (Boeing 737-800) przedmiotowy obszar płaszczyzny postoju samolotów posiada niestety niewielki zapas nośności, gdyż wyznaczona dopuszczalna liczba operacji lotniczych  $N=315$ .

Mając na uwadze wykonanie napraw nawierzchni PPS tylko w miejscach uszkodzeń, ze względu na brak środka uniwersalnego umożliwiającego naprawę wszystkich rodzajów uszkodzeń, a jednocześnie minimalizując koszty, zaproponowano kilka różnych materiałów. Takie rozwiązanie wiąże się z pewną niedogodnością związaną z kilkoma technologiami stosowanymi jednocześnie, ale w ten sposób możliwe jest obniżenie kosztów wykonania naprawy.

## **9.1. Sposób naprawy uszkodzeń**

### **9.1.1. Naprawa złuszczeń (A i B)**

Złuszczenia płyt betonowych są efektem zamarzania i odmarzania warstwy przypowierzchniowej nawierzchni oraz przede wszystkim wynikiem działania czynników klimatycznych. Są to uszkodzenia, które z upływem czasu powiększają się na znacznych powierzchniach i zwiększają głębokość korozyjnego działania. Pierwotna forma ich występowania na płycie betonowej, to postać blaszkowa o głębokości od 1 do 3 mm. Pozostawienie tych uszkodzeń bez naprawy prowadzi do

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 35 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

pogłębienia i rozszerzenia się tego zjawiska. W zależności od jakości wykonanego betonu i intensywności działania czynników zewnętrznych, w okresie 2 – 3 lat od momentu ich wystąpienia, przekształcają się w złuszczenia głębokie z ubytkiem tworzywa nawet do 2 lub 3 cm. Z eksploatacyjnego punktu widzenia i stosowanych sposobów naprawy, ubytki warstwy przypowierzchniowej betonu do 3 mm uważa się za złuszczenia płytkie (A), zaś uszkodzenia powyżej 3 mm za głębokie (B). Złuszczenia powierzchniowe występują przeważnie na obszarach ścieków, w rejonach zastoisk wód opadowych lub w paśmie osi dróg startowych w strefie dużej intensywności ruchu. Powierzchnia miejsc złuszczonych może wahać się od kilku dm<sup>2</sup> do nawet kilku tysięcy m<sup>2</sup>. Największe nasilenie złuszczeń występuje na drogach startowych, płaszczyznach postoju samolotów i drogach kołowania, z których najczęściej korzystają statki powietrzne. Na tych elementach funkcjonalnych lotniska najczęściej stosuje się chemiczne środki do zimowego utrzymania nawierzchni. Charakterystyczną cechą tych uszkodzeń jest warstwowe odspajanie się tworzywa betonowego, które z upływem czasu postępuje w głąb płyty. Mają zazwyczaj układ warstwowy, blaszkowaty lub odsłaniający w sposób wyraźny poszczególne ziarna kruszywa. W pewnych przypadkach przypominają głębokie wżery przypowierzchniowe. Ten rodzaj uszkodzeń jest najtrudniejszym i najbardziej groźnym w skutkach w procesie eksploatacji nawierzchni lotniskowej z betonu cementowego. Technologie napraw wymagają niezwyklej staranności w przygotowaniu miejsc przeznaczonych do ich naprawy, staranności w wykonaniu robót i wysokich własności zastosowanych materiałów.

Naprawa powierzchni złuszczonych polega głównie na ograniczeniu i zahamowaniu procesu powierzchniowego. Jest to zwykle kompozycja nasączająca, która ogranicza penetrację wód powierzchniowych i ich roztworów w strukturę betonu. Jej działanie polega na zamknięciu powierzchni, przez co beton staje się mniej nasiąkliwy, bardziej mrozoodporny i przez to zwiększa się jego trwałość. Kompozycja gruntująca, którą w tym przypadku jest samodzielny materiał naprawkowy, wiąże i spaja ziarna kruszywa. Kompozycja ta może być nakładana ręcznie lub mechanicznie. W szczególnych sytuacjach, które mogą powodować obniżenie

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 36 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

wartości współczynnika szczepności koła z nawierzchnią, stosuje się posypanie tak wykonanego zabezpieczenia cienką warstwą piasku łamanego.

Złuszczenia głębokie (powyżej 3 mm) wymagają oprócz gruntowania ułożenia w tych miejscach zaprawy lub betonu epoksydowego. Technologia naprawy, tj. system Addagrip 1000, przed ułożeniem warstwy regenerującej na płytę betonową, zakłada staranne oczyszczenie płyty i wygrzanie jej urządzeniem emitującym temperaturę powyżej 300°C. Na tak przygotowaną powierzchnię rozprowadza się kompozycję żywiczną jednokrotnie, a po upływie kilkunastu minut nakłada się jej drugą warstwę, którą posypuje się odpowiednio dobraną zasypką mineralną. Po kilkunastu godzinach, tak naprawiona nawierzchnia może być przekazana do eksploatacji.

### **9.1.2. Naprawa pęknięć mrozowych (*Pm*)**

Pęknięcia mrozowe spowodowane są zamarzaniem i odmarzaniem warstwy przypowierzchniowej konstrukcji nawierzchni betonowej. Są one wynikiem działania czynników klimatycznych oraz środków odladzających stosowanych na nawierzchniach lotniskowych w okresie zimowym. Są to uszkodzenia, które z upływem czasu powiększają się na znacznych obszarach powierzchni i zwiększają głębokość tego korozyjnego działania. Pierwotna forma ich występowania to siatka spękań nieregularnych o głębokości od 1 do 3 mm. Pozostawienie tych uszkodzeń bez naprawy prowadzi do ich pogłębienia i rozszerzania się na większą skalę. W zależności od jakości wykonanego betonu i intensywności działania czynników atmosferycznych oraz środków odladzających, w okresie 2-3 lat od momentu ich wystąpienia, przekształcają się one w głębokie pęknięcia, których głębokość może osiągnąć nawet 2 lub 3 cm. Ten rodzaj uszkodzeń jest bardzo groźny w skutkach w procesie eksploatacji nawierzchni. Technologie napraw wymagają niezwyklej staranności w wykonaniu robót i wyjątkowo wysokich własności zastosowanych materiałów.

Naprawa pęknięć mrozowych polega głównie na ograniczeniu i zahamowaniu procesu powierzchniowego niszczenia. Jest to zazwyczaj kompozycja nasączająca, która ogranicza penetrację wód powierzchniowych, ich roztworów i środków odladzających w strukturę betonu. Jej działanie polega na zamknięciu powierzchni, przez co beton staje się mniej nasiąkliwy, bardziej mrozoodporny i przez to zwiększa

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 37 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

się jego trwałość. Kompozycja gruntująca, którą w tym przypadku jest samodzielny materiał naprawkowy, wiąże i spaja ziarna kruszywa. Kompozycja gruntująca może być nakładana ręcznie lub mechanicznie. Uszkodzenia głębsze niż 3 mm wymagają, oprócz gruntowania, ułożenia w tych miejscach zaprawy lub betonu epoksydowego. W nowych technologiach, np. angielskiej, przed ułożeniem warstwy regenerującej, płytę betonową należy starannie oczyścić i wygrzać „przesuwnym żelazkiem” emitującym temperaturę powyżej 300°C. Następnie na tak przygotowaną powierzchnię nanosi się kompozycję żywiczną jednokrotnie, po kilkunastu minutach nakłada się drugą jej warstwę, którą posypuje się odpowiednio dobraną pod względem granulometrycznym zasypką mineralną. Po upływie kilku - kilkunastu godzin (w zależności od panującej temperatury powietrza), tak naprawiona nawierzchnia może być przekazana do eksploatacji.

#### **9.1.2. Naprawa pęknięć włosowatych ( $P_w$ )**

Naprawa pęknięć włosowatych polega na uszczelnieniu pęknięcia od góry. Pęknięcia włosowate (mikropęknięcia) pokrywa się preparatem uszczelniającym poprzez nałożenie pędzlem lub mechaniczny natrysk. Można stosować preparaty płynne, których osnowę stanowią materiały na bazie żywic o niskiej lepkości. Dobrym rozwiązaniem jest zastosowanie środków do hydrofobizacji nawierzchni betonowych, np.: Silcobet-1, Sikagard 700 S, Gem Gard SX czy Ahydrosil K.

#### **9.1.4. Naprawa odprysków pomarglowych ( $Op$ )**

Naprawa uszkodzeń wgłębnych będących wynikiem odprysków pomarglowych i występowania przypadkowych „ciał obcych” w ułożonej wcześniej nawierzchni, polega na zastosowaniu materiałów naprawkowych na spoiwie, np. z żywicy epoksydowej. Naprawiane miejsca należy dokładnie oczyścić, wcześniej zagruntować powierzchnię, a następnie wypełnić zaprawą. W sytuacji, gdy proces erozji ziarna marglowego nie przebiegł do końca, resztki marglowe należy usunąć. Naprawiając uszkodzenia należy przyjąć zasadę, że na danej płycie muszą być naprawione od razu wszystkie uszkodzenia. Naprawiana objętość musi być starannie wypełniona zaprawą lub innym materiałem naprawkowym.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 38 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

### 9.1.5. Naprawa wykruszeń, odłamów krawędzi i naroży płyt (N)

Naprawa wykruszeń i odłamów krawędzi płyt polega na zabezpieczeniu szczelin dylatacyjnych przed przenikaniem wody opadowej w głąb betonowej nawierzchni lotniskowej. Odłamania większe od kilku centymetrów powinny być usunięte, a powstałe po nich ubytki wypełnione materiałem naprawkowym. Naprawianym powierzchniom nadaje się regularną formę w planie, a ich krawędzie powinny być pionowe. Naprawiając tego rodzaju uszkodzenia spoiwem epoksydowym należy wykonać następujące czynności:

- pokryć naprawiane płaszczyzny preparatem gruntującym (kompozycją gruntującą);
- przygotować i ustawić elementy szalunku lub deskowania w zależności od wielkości naprawionej powierzchni;
- wypełnić ubytki betonem epoksydowym, a górną warstwę 2-3 cm nakładką zaprawy epoksydowej;
- wyjąć i zdemontować szalunek oraz uzupełnić masę zalewową w szczelinie dylatacyjnej.

Naprawę odłamów naroży można wykonywać kilkoma metodami. Pierwszy sposób polega na wyburzeniu odłamanego i najczęściej spękanego naroża oraz całkowitej jego odbudowie. Drugi sposób polega na tym, że stare naroże wykorzystuje się jako podbudowę pod warstwę wyrównującą, wykonaną z materiału naprawkowego. Technologię napraw przez wyburzenie można sprowadzić do następujących czynności:

- całkowitego usunięcia uszkodzonego naroża;
- naprawy podbudowy i ewentualnie podłoża;
- obrobienia płaszczyzn odłamu i zagruntowania ich preparatem gruntującym;
- odeskowania naroży i wypełnienia objętości materiałem naprawkowym.

Stosowanie odpowiednich materiałów zależy od rodzaju uszkodzenia i charakteru pracy płyty. W przypadku konieczności przywrócenia monolitycznego charakteru pracy płyty, stosuje się najczęściej betony epoksydowe. Sposób naprawy naroży bez ich wyburzenia zależy od głębokości uszkodzonej płyty:

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 39 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

- naprawa uszkodzonego naroża bez przemieszczeń pionowych polega na uszczelnieniu pęknięć;
- naprawiając przemieszczenia pionowe naroża na głębokość 2-3 cm stosuje się cienkie nakładki z zapraw lub betonów epoksydowych;
- głębsze zapadnięcia wyrównuje się warstwą wyrównawczą, np. z betonów epoksydowych.

Przy naprawie pęknięć naroży płyt należy zwrócić uwagę na ogólny stan płyty betonowej. W przypadku jej „zapadnięcia” sama naprawa odłamania może nie być wystarczająca. Należy pamiętać o odtworzeniu przylegających do naprawianej płyty szczelin dylatacyjnych. Odtworzone szczeliny powinny zostać wypełnione świeżą masą zalewową.

#### **9.1.6. Naprawa pęknięć szczelinowych (*Ps*)**

Naprawa pęknięć szczelinowych polega na zastosowaniu odpowiedniej technologii remontu, która jest uwarunkowana szerokością zidentyfikowanego pęknięcia. Pęknięcia o szerokości do 0,3 mm praktycznie nie wymagają prowadzenia specjalistycznych zabiegów. Ich zabezpieczenie polega na zastosowaniu odpowiednich kompozycji nasączających, np. środków do hydrofobizacji nawierzchni betonowych.

Pęknięcia o większej szerokości są naprawiane poprzez: rozkucie i ponowne wypełnienie materiałem naprawkowym lub stabilizację mechaniczną, czyli tzw. kłamrowanie lub zszywanie. Naprawa pęknięć szczelinowych polega na ich starannym oczyszczeniu strumieniem sprężonego powietrza i wypełnieniu właściwym materiałem naprawkowym. Jeżeli pęknięcia mają nieregularny kształt, to należy wykonać odpowiednie nacięcia aby nadać im możliwie regularny przebieg, następnie oczyścić i wypełnić odpowiednią masą zalewową lub innym materiałem naprawkowym.

Krótko mówiąc, naprawa pęknięć szczelinowych polega na ich uszczelnieniu od góry. Wówczas takie pęknięcia traktuje się jako szczeliny skurczowe. Poszerzając ich wymiary poprzez rozfrezowanie, można je traktować jako szczeliny rozszerzania. Wyróżnia się następujące sposoby przygotowania pęknięcia do uszczelniania:

- rozfrezowanie pęknięcia w płycie betonowej i ułożenie w niej masy zalewowej, w szerokich pęknięciach należy wcześniej ułożyć materiał uszczelniający w postaci sznura (kordu); jest to materiał elastyczny, który pod wpływem

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 40 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

ruchów płyty zmienia swoją objętość; wymagania dla tego materiału są bardzo wysokie, gdyż oprócz wielu innych wymagań musi on być odporny na działanie środków chemicznych, które występują w procesie eksploatacji nawierzchni lotniskowych;

- oczyszczenie pęknięcia i wypełnienie materiałem uszczelniającym na zimno lub gorąco; często powierzchnie boczne pęknięcia należy zagruntować preparatem dobranym odpowiednio do rodzaju stosowanej masy uszczelniającej; materiały te muszą się wzajemnie uzupełniać, nie powodując przy tym destrukcji masy wypełniającej i jednocześnie zapewniać całkowite jej przyleganie do powierzchni pęknięcia.

#### **9.1.7. Wymiana i uzupełnienie masy zalewowej w szczelinach (*M*)**

Wymiana masy zalewowej i jej uzupełnienia są jedną z najczęściej wykonywanych czynności na nawierzchniach betonowych. Wymiana masy, która utraciła swoje walory eksploatacyjne jest czynnością prostą, ale bardzo pracochłonną i polega na:

- starannym usunięciu starej masy;
- oczyszczeniu ścianek szczeliny i ewentualnej naprawie uszkodzonych krawędzi płyt;
- ponownym zalaniu szczeliny masą zalewową o odpowiedniej jakości.

Ubytki w szczelinie należy uzupełniać masą tego samego rodzaju o ile nie ma przeciwwskazań w wymaganiach producenta zastosowanej masy. Użycie mas o różnych właściwościach często niweczy spodziewane efekty. Skutecznym sposobem usuwania zwiędzłej masy jest mechaniczne wykonanie tej czynności. Najlepiej masę zalewową usuwa się w stosunkowo niskich temperaturach otoczenia, gdy jest krucha i mało ciągliwa. Po usunięciu masy należy bardzo starannie oczyścić ścianki szczeliny. Należy zwrócić uwagę na wilgotność ścianek, ścianki powinny być suche. Szczelinę wypełnia się tak, by formując ją zachować menisk wklęsły.

W przypadku „wypychania” masy zalewowej ze szczelin należy rozważyć dodatkowe poszerzenie szczelin rozszerzania na nawierzchni. Dodatkowe szczeliny rozszerzania (zalecane, ze względu na zaobserwowane zjawisko „zanikania” szczelin w wysokiej temperaturze otoczenia i wypychania masy), należy naciąć w połowie



ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 41 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

odległości pomiędzy dotychczasowymi szczelinami rozszerzania lub poszerzyć istniejące. Przed poszerzeniem szczelin należy usunąć z nich starą masę zalewową. Po wykonaniu nacięcia (na całą grubość płyty) szczelinę należy dokładnie oczyścić i osuszyć. A po włożeniu w nią kordu, odpowiednio wypełnić świeżą masą zalewową. W przypadku ewentualnych wyruszeń krawędzi, powinny zostać one naprawione przed ułożeniem masy.

#### **9.1.8. Naprawa progów krawędzi płyt (P)**

Powstałe w procesie eksploatacji nawierzchni pionowe przemieszczenia krawędzi względem siebie, usuwa się za pomocą nakładek betonów epoksydowych lub cienkich dywaników o zmiennej grubości z asfaltu lanego, na części powierzchni lub całej płycie. W przekroju pionowym ten rodzaj nakładek wyrównujących powinien tworzyć równię pochyłą, której wymiary zmieniają się od powstałej nierówności prawie od zera, na długości odcinka do 100 cm. Można użyć metody iniekcji, która pod powierzchnię przemieszczonej płyty wtłaczają substancję wiążącą pod dużym ciśnieniem, co wyrównuje krawędzie płyty oraz trwale poprawia stan techniczny nawierzchni.

#### **9.1.9. Wymiana płyt (W)**

Płyty betonowe, które na podstawie przeprowadzonej inwentaryzacji uszkodzeń posiadają najwięcej pęknięć strukturalnych, wykruszeń, odłamań krawędzi i naroży, należy wymienić. Sposób wymiany płyty może być tradycyjny, polegający na całkowitej jej odbudowie lub z zastosowaniem nowych rozwiązań technologicznych, np. materiały szybkosprawne czy elementy prefabrykowane. Czas wymiany płyty musi zostać dostosowany do wymagań eksploatacyjnych obowiązujących na danym obiekcie lotniskowym.

### **9.2. Propozycje naprawy uszkodzeń**

W tablicy 9.1. zestawiono typy uszkodzeń zakwalifikowanych do naprawy, ich obmiar oraz grupy materiałów naprawkowych do ich naprawy. Wszystkie wymienione materiały naprawkowe uzyskały orzeczenia Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych i zostały dopuszczone do stosowania na nawierzchniach lotniskowych.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 42 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

Tablica 9.1. Materiały do naprawy uszkodzeń nawierzchni PPS

Rodzaj uszkodzenia	Nazwa materiału naprawkowego / systemu naprawczego	Dystrybutor / Producent
<i>Nawierzchnia z betonu cementowego (BC)</i>		
Ubytki i złuszczenia płytkie o głębokości $\leq 3$ mm (A)	Preparat do hydrofobizacji zgodnie z tablicą 9.2	zgodnie z tablicą 9.2
Ubytki i złuszczenia płytkie o głębokości $> 3$ mm (B)	- system naprawczy Addagrip 1000	AGISA Sp. z o.o., 01-515 Warszawa, Al. Wojska Polskiego 27/21;
	- SikaGard 720 EpoCem	Sika Poland Sp. z o.o., 02-871 Warszawa, ul. Karczunkowska 89. <a href="http://www.sika.pl">www.sika.pl</a>
Pęknięcia włosowate ( $P_w$ )	Preparat do hydrofobizacji zgodnie z tablicą 9.2	zgodnie z tablicą 9.2
Odpryski pomarglowe ( $Op$ )	- SikaFlex PRO3 WF	Sika Poland Sp. z o.o., 02-871 Warszawa, ul. Karczunkowska 89. <a href="http://www.sika.pl">www.sika.pl</a> ;
	- RS 34902 - RS 34903	REKMA TRADING POLAND Sp. z o.o., 31-150 Kraków, ul. Św. Filipa 7/7a, <a href="http://www.rekma.pl">www.rekma.pl</a>
Uszkodzenia głębokie ( $U$ )	- system naprawczy Addagrip 1000	AGISA Sp. z o.o., 01-515 Warszawa, Al. Wojska Polskiego 27/21;
	- Magna Create	APS, 01-461 Gdynia, ul. Powstania Wielkopolskiego 62
	- Repaco	Firma Produkcyjna i Handlowa „PUSZ”, 04-833 Warszawa, ul. Szreniawska 8
	- PARKING LOT SEALANT	REKMA TRADING POLAND Sp. z o.o., 31-150 Kraków, ul. Św. Filipa 7/7a, <a href="http://www.rekma.pl">www.rekma.pl</a>
Pęknięcia szczelinowe ( $Ps$ )	- SikaFlex PRO3 WF - Icosit®KC FM1 - Icosit®KC 340/45	Sika Poland Sp. z o.o., 02-871 Warszawa, ul. Karczunkowska 89. <a href="http://www.sika.pl">www.sika.pl</a>
	- RS 34902 - RS 34903	REKMA TRADING POLAND Sp. z o.o., 31-150 Kraków, ul. Św. Filipa 7/7a, <a href="http://www.rekma.pl">www.rekma.pl</a>
	- SABA Sealer Field - SABA Sealer MB - SABA Sealer MBT	SABA Polska Sp. z o.o., 62-020 Swarzędz, ul. Łowęcińska 30
Masa w szczelinach ( $M$ )	- Icosit®KC FM1 - Icosit®KC 340/45 - Igas K	Sika Poland Sp. z o.o., 02-871 Warszawa, ul. Karczunkowska 89. <a href="http://www.sika.pl">www.sika.pl</a>
	- RS 34902 - RS 34903 - Superseal Low-Mod Sealant 656 - Road Saver 515	REKMA TRADING POLAND Sp. z o.o., 31-150 Kraków, ul. Św. Filipa 7/7a, <a href="http://www.rekma.pl">www.rekma.pl</a>
	- Biguma TL82	OAT Sp. z o.o., 05-850 Ożarów Mazowiecki, ul. Konotopska 4, <a href="http://www.oat.pl">www.oat.pl</a>
	- SABA Sealer Field	SABA Polska Sp. z o.o.,

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 43 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

	- SABA Sealer MB - SABA Sealer MBT	62-020 Swarzędz, ul. Łowęcińska 30
Progi między krawędziami sąsiednich płyt betonowych (P)	system naprawczy Addagrip 1000	AGISA Sp. z o.o., 01-515 Warszawa, Al. Wojska Polskiego 27/21
Wymiana płyt (W)	Tradycyjna technologia z zastosowaniem betonu cementowego przeznaczonego na nawierzchnie lotniskowe	Firma posiadająca doświadczenie w budowie nawierzchni lotniskowych z betonu cementowego.
<i>Nawierzchnia z betonu asfaltowego (BA)</i>		
Zrakowacenia (Z)	Mieszanka mineralno - asfaltowa na zimno	Firma posiadająca doświadczenie w budowie nawierzchni lotniskowych z betonu asfaltowego.
Pęknięcia (P)	- RS 34902 - RS 34903	REKMA TRADING POLAND Sp. z o.o., 31-150 Kraków, ul. Św. Filipa 7/7a, <a href="http://www.rekma.pl">www.rekma.pl</a>
	- Biguma TL82	OAT Sp. z o.o., 05-850 Ożarów Mazowiecki, ul. Konotopska 4, <a href="http://www.oat.pl">www.oat.pl</a>
	- SABA Sealer Field - SABA Sealer MB - SABA Sealer MBT	SABA Polska Sp. z o.o., 62-020 Swarzędz, ul. Łowęcińska 30

Na podstawie wykonanej inwentaryzacji uszkodzeń na nawierzchni PPS, można wnioskować, że szczególnej i pilnej uwagi wymagają płyty, na których stwierdzono występowanie złuszczeń głębokich, pęknięć szczelinowych oraz płyty przewidziane do wymiany. Proponowane technologie napraw uszkodzeń powierzchniowych należy potraktować jako zabiegi doraźne, hamujące ich dalszy rozwój, ale nie gwarantujące odtworzenia nośności płyt betonowych. Po upływie 3 lat od momentu wykonania napraw uszkodzeń nawierzchni betonowej, zaleca się ponowne zabezpieczenie powierzchniowe środkiem do hydrofobizacji. Działanie preparatu hydrofobowego polega na obniżeniu nasiąkliwości nawierzchni betonowych, zwiększeniu ich mrozoodporności i odporności na powstawanie pęknięć mrozowych oraz złuszczeń w warstwie przypowierzchniowej nawierzchni. Wykonanie tego zabiegu wpłynie pozytywnie na dalszą, bezpieczną eksploatację nawierzchni betonowej, a także wydłuży jej trwałość. W tablicy 9.2 wymieniono niektóre rodzaje środków do hydrofobizacji nawierzchni betonowych, które również uzyskały pozytywne orzeczenia Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 44 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

Tablica 9.2. Środki do hydrofobizacji nawierzchni betonowych

Nazwa materiału do hydrofobizacji nawierzchni betonowych	Dystrybutor / Producent
Ahydrosil K	Zakład Chemiczny „Silikony polskie” Sp. z o.o., 37-310 Nowa Sarzyna, ul. Chemików 1.
Sikagard 700S	Sika Poland Sp. z o.o., 02-871 Warszawa, ul. Karczunkowska 89, <a href="http://www.sika.pl">www.sika.pl</a>
Silcobet-1	Gemite Polska Sp. z o.o., 04-687 Warszawa, ul. Lucerny 108, tel. (022) 812 12 61. <a href="http://www.gemite.com.pl">www.gemite.com.pl</a>
GemGard SX	
CCC 100 Pavix	REKMA TRADING POLAND Sp. z o.o., 31-150 Kraków, ul. Św. Filipa 7/7a, tel./fax.: (012) 633 59 22 / 623 70 50, <a href="http://www.rekma.pl">www.rekma.pl</a>

Obecnie, na rynku krajowym istnieje kilka firm świadczących usługi w zakresie napraw uszkodzeń nawierzchni lotniskowych, które posiadają wymaganą wiedzę, wieloletnie doświadczenie, wykwalifikowany personel oraz niezbędny sprzęt specjalistyczny do wykonywania takich napraw. Wśród nich można wymienić między innymi takie firmy, jak:

- REKMA TRADING POLAND Sp. z o.o., 31-150 Kraków, ul. Św. Filipa 7/7a, tel./fax.: (012) 633 59 22 / 623 70 50, [www.rekma.pl](http://www.rekma.pl);
- AGISA Sp. z o.o., 01-515 Warszawa, Al. Wojska Polskiego 27/21, tel. (022) 869 95 94;
- OAT Sp. z o.o., 05-850 Ożarów Mazowiecki, ul. Konotopska 4, tel. (022) 722 44 03, [www.oat.pl](http://www.oat.pl);
- SAT Sp. z o.o., 55-200 Oława, ul. Opolska 9, tel. (071) 313 28 28.

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych dokonał również analizy innych technologii remontowych stosowanych na nawierzchniach lotniskowych w kraju, jak i w Europie. Jako przykład można podać chociażby zastosowanie betonu polimerowego do napraw wykruszeń, odłamań krawędzi i naroży płyt, pęknięć szczelinowych szerokich oraz do wymiany części a nawet całych płyt lotniskowych. W związku z tym, ITWL dopuszcza stosowanie także innych rozwiązań konstrukcyjnych do naprawy uszkodzeń występujących na analizowanej nawierzchni PPS.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 45 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

### 9.3. Analiza kosztów

Pełny zestaw danych do określenia szacunkowych kosztów remontu aktualnego stanu powierzchniowego nawierzchni płaszczyzny postoju samolotów na lotnisku Gdynia – Kosakowo, przedstawiono w tablicach 9.3 i 9.4.

Tablica 9.3. Obmiar i koszty naprawy uszkodzeń nawierzchni PPS z betonu cementowego

PŁASZCZYZNA POSTOJU SAMOLOTÓW – (BC)															
Część	USZKODZENIA NIENAPRAWIONE										USZK. NAPRAWIONE				
	A	B	Pw	Op	N	U	Ps	M	P	W	B	Op	N	U	Ps
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[szt.]	[szt.]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[szt.]	[szt.]	[m <sup>2</sup> ]	[szt.]	[szt.]	[m <sup>2</sup> ]	[m]
1	328	456	725	323	0	0,8	27,5	630	1	0	0	0	0	0,4	13,5
2	356	956	1569,5	577	0	0,9	133,7	1200	1	5	0	0	0	0,6	71,5
3	341	974,5	1669,5	249	0	0,8	270	1200	0	0	0	0	0	1	16,5
4	291	531	81	18	0	0	108	450	0	2	0	0	0	0	15
<b>Suma</b>	<b>1316</b>	<b>2917,5</b>	<b>4045</b>	<b>1167</b>	<b>0</b>	<b>2,5</b>	<b>539,2</b>	<b>3480</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>116,5</b>
<b>Koszt naprawy [zł]</b>											<tekst celowo usunięty>				

Tablica 9.4. Obmiar i koszty naprawy uszkodzeń nawierzchni PPS z betonu asfaltowego

PŁASZCZYZNA POSTOJU SAMOLOTÓW – (BA)											
Część	USZKODZENIA NIENAPRAWIONE						USZK. NAPRAWIONE				
	Z	Sp	WO	P	WP	K	Z	Sp	WO	P	
	[m <sup>2</sup> ]	[szt.]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[szt.]	[m <sup>2</sup> ]	[szt.]	
1	43	0	0	121	0	0	51	0	0	0	
2	2,2	0	0	53	0	0	0	0	0	0	
3	5	0	0	63	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	28	0	0	0	0	0	0	
<b>Suma</b>	<b>50,2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>265</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>51</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>Koszt naprawy [zł]</b>							<tekst celowo usunięty>				

Koszt naprawy uszkodzeń typu: odpryski pomarglowe (*Op*), uszkodzenia głębokie (*U*) oraz progi (*P*), zawiera się w kosztach podanych dla złuszczeń głębokich. Szacunkowy, całkowity koszt wykonania naprawy prezentowanych uszkodzeń na PPS (wliczając w to koszty zakupu materiałów, robocizny i pracy sprzętu) wynosi <tekst celowo usunięty>

#### 9.3.1. Analiza kosztów dla samolotu kodu B – wariant 1

Dla wariantu 1, czyli dla samolotu kodu B (SAAB 340B), Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych proponuje wykonanie naprawy wszystkich uszkodzeń,

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 46 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

zidentyfikowanych na nawierzchni płaszczyzny postoju samolotów podczas inwentaryzacji. Biorąc pod uwagę wyniki końcowe uzyskane z analizy nośności nawierzchni dla rozpatrywanego typu statku powietrznego, można stwierdzić, że nie zachodzi potrzeba przebudowy układu konstrukcyjnego nawierzchni PPS. W związku z powyższym, szacunkowy koszt wykonania naprawy wszystkich uszkodzeń występujących na nawierzchni PPS zarówno z betonu cementowego, jak i betonu asfaltowego wynosi **<tekst celowo usunięty>**

### 9.3.2. Analiza kosztów dla samolotu kodu C – wariant 2

Wyniki końcowe uzyskane z analizy nośności przeprowadzonej dla samolotu kodu C (Boeing 737-800) potwierdzają, że nawierzchnia PPS z betonu cementowego nie spełnia wymagań i nie posiada zdolności do przenoszenia obciążeń pochodzących od tego typu samolotu. Obszar płaszczyzny postoju samolotów z betonu asfaltowego posiada tylko niewielki zapas nośności, gdyż wyznaczona dopuszczalna liczba operacji lotniczych  $N=315$ . Mając powyższe na uwadze, należy stwierdzić zasadność zaplanowania **remontu kapitalnego** na całym obszarze PPS dla wariantu 2.

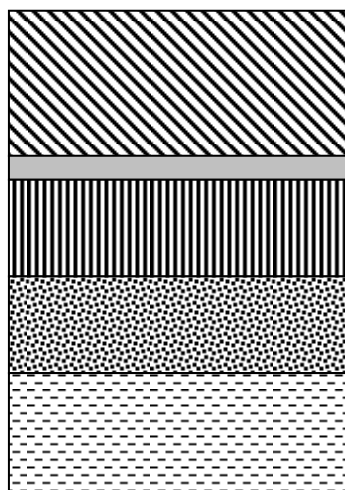
Przebudowa układu konstrukcyjnego nawierzchni płaszczyzny postoju samolotów na potrzeby eksploatacji samolotów kodu C, pozwoli na bezproblemowe jej użytkowanie w okresie kolejnych 25-30 lat. Odpowiednio zaprojektowana konstrukcja nawierzchni pozwoli również na ciągły wzrost liczby wykonywanych operacji lotniczych oraz wzrost liczby przyjmowanych pasażerów w wieloletniej perspektywie, bez potrzeby wykonywania kolejnego remontu. Dla poniższych zaleceń, ITWL przyjął założenie, że nowo wybudowana nawierzchnia PPS powinna posiadać wskaźnik nośności PCN równy co najmniej **56/R/A/W/T** (najcięższy typ samolotu z serii B 737, czyli Boeing 737-900ER).

W celu uzyskania ww. wskaźnika, ITWL proponuje wykonanie przebudowy PPS poprzez:

- wyburzenie istniejących warstw konstrukcyjnych nawierzchni,
- wykonanie wzmocnienia podłoża gruntowego,
- wybudowanie nowych warstw konstrukcyjnych nawierzchni w istniejącym korycie.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 47 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

Gruz betonowy powstały w trakcie wyburzania nawierzchni należy w miarę możliwości wykorzystać na miejscu, jako podbudowę pomocniczą pod budowaną konstrukcją płaszczyzny postoju samolotów. Przykład proponowanej konstrukcji nawierzchni zamieszczono na poniższym rysunku 9.1.



- Warstwa jezdna z betonu cementowego kl. C35/45, gr. 26 cm

- Warstwa poślizgowa z asfaltu piaskowego, gr. 2 cm

- Podbudowa zasadnicza z betonu kl. C12/15, gr. 22 cm

- Podbudowa pomocnicza, stabilizowana mechanicznie, gr. 20 cm  
lub grunt stabilizowany cementem, gr. 25 cm

- Warstwa mrozoochronna, gr. 24 cm

- Podłoże gruntowe - wzmocnione

Rys. 9.1. Proponowana konstrukcja nawierzchni lotniskowej PPS

Ogólny zakres robót dla proponowanego rozwiązania powinien obejmować:

1. Wyburzenie istniejącej nawierzchni lotniskowej.
2. Prace ziemne w istniejącym korycie, np. pogłębienie koryta.
3. Wzmocnienie podłoża gruntowego poprzez stabilizację mechaniczną lub chemiczną.
4. Wykonanie warstwy mrozoochronnej o gr. ok. 24 cm.
5. Wykonanie podbudowy pomocniczej z wykorzystaniem gruzu betonowego pochodzącego z rozbiórki istniejącej nawierzchni PPS o gr. ok. 20 cm lub z gruntu stabilizowanego cementem o gr. ok. 25 cm.
6. Wykonanie podbudowy zasadniczej z betonu cementowego klasy C12/15 o gr. ok. 22 cm.
7. Wykonanie warstwy poślizgowej, na przykład z asfaltu piaskowego o gr. ok. 2 cm.
8. Wykonanie warstwy jezdnej z betonu cementowego klasy C35/45 o gr. ok. 26 cm.
9. Roboty wykończeniowe – cięcie szczelin i wypełnienie ich masą zalewową, zabezpieczenie nawierzchni środkiem hydrofobowym, wykonanie oznakowania poziomego, roboty gruntowe - humusowanie.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 48 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

W związku z brakiem dokładnych założeń projektowych oraz w związku z dużą dynamiką zmian cen materiałów i usług budowlanych poniższą wycenę należy jednak traktować w sposób szacunkowy i przybliżony. Prawidłowa wycena ww. robót budowlanych możliwa będzie dopiero po wykonaniu pełnego projektu technicznego. W tablicy 9.5 przedstawiono szacunkową wycenę przebudowy konstrukcji nawierzchni płaszczyzny postoju samolotów.

Tablica 9.5. Wycena przebudowy konstrukcji nawierzchni PPS

Lp.	Grupa czynności	Szacunkowy koszt [zł]
1.	<b>Wyburzenie całości nawierzchni PPS:</b> - wyburzenie nawierzchni, - pogłębienie koryta, - usunięcie humusu z poboczy PPS.	<tekst celowo usunięty>
2.	<b>Wykonanie podbudowy:</b> - przygotowanie i profilowanie podłoża gruntowego, - stabilizacja podłoża gruntowego, - wykonanie warstwy mrozoochronnej o gr. 24 cm, - wykonanie podbudowy pomocniczej z gruzu betonowego pochodzącego z rozbiórki PPS o gr. 20 cm, - wykonanie podbudowy zasadniczej z betonu klasy C12/15, gr. 22 cm.	<tekst celowo usunięty>
3.	<b>Wykonanie nawierzchni z betonu klasy C35/45:</b> - wykonanie warstwy poślizgowej z asfaltu piaskowego, gr. 2 cm, - wykonanie warstwy jezdnej z betonu klasy C35/45, gr. 26 cm - cięcie szczelin dylatacyjnych, wypełnienie masą zalewową, - pielęgnacja nawierzchni, ochrona środkiem hydrofobowym.	<tekst celowo usunięty>
4.	<b>Roboty wykończeniowe:</b> - wyprofilowanie poboczy PPS, - humusowanie, - naniesienie oznakowania poziomego.	<tekst celowo usunięty>
<b>Suma:</b>		<tekst celowo usunięty>

Szacunkowe koszty przebudowy nawierzchni płaszczyzny postoju samolotów na lotnisku Gdynia – Kosakowo, dla dwóch analizowanych wariantów wynoszą odpowiednio:

- wariant 1 – dla samolotów o kodzie B: <tekst celowo usunięty>;
- wariant 2 – dla samolotów o kodzie C: <tekst celowo usunięty>.



ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 49 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

## 10. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań polowych i laboratoryjnych można stwierdzić, że:

- Stopień zagęszczenia podłoża gruntowego  $I_D$  na poboczu płaszczyzny postoju samolotów zawiera się w przedziale od 0,36 do 0,45. Zatem stan badanego podłoża gruntowego można określić jako średnio zagęszczony. Natomiast obliczony wskaźnik zagęszczenia podłoża gruntowego  $I_S$  zawiera się w przedziale od 0,91 do 0,92, co oznacza, że nie są spełnione wymagania zawarte w normie PN-V-83002:1999 *Lotniskowe nawierzchnie z betonu cementowego. Wymagania ogólne i metody badań*. Wskaźnik zagęszczenia gruntu w górnej jego warstwie (do głębokości 20 cm) powinien wynosić co najmniej 1,03, a w warstwie niższej, do głębokości 50 cm, powinien wynosić co najmniej 1,00.
- Stan powierzchniowy badanej PPS z betonu cementowego można określić jako zły. Potwierdzają to zidentyfikowane w trakcie prac terenowych uszkodzenia, do których można zaliczyć: złuszczenia głębokie, płytkie, liczne pęknięcia szczelinowe, uszkodzone krawędzie płyt betonowych, pęknięcia mrozowe oraz płyty betonowe wymagające wymiany. Ponadto, obserwuje się obecność pęknięć włosowatych i odprysków pomarglowych. Masa zalewowa w szczelinach dylatacyjnych wymaga wymiany ze względu na jej liczne ubytki oraz lokalne nadwyżki. Natomiast stan powierzchniowy nawierzchni wykonanej z betonu asfaltowego można określić jako zadawalający. Na jej powierzchni stwierdzono przede wszystkim obecność regularnych pęknięć szczelinowych, odwzorowujących układ szczelin dylatacyjnych z podbudowy wykonanej z betonu cementowego. Szczegółowy obmiar zidentyfikowanych uszkodzeń dla nawierzchni lotniskowej PPS zamieszczono w tablicach 5.1 i 5.2.
- Podczas badań wytrzymałości na odrywanie głównym typem zniszczenia na badanej nawierzchni lotniskowej było zniszczenie kohezyjne w betonie. Wartość średnia wytrzymałości na odrywanie jest równa 2,9 MPa. Można zatem stwierdzić, że wytrzymałość warstwy przypowierzchniowej na

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 50 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

odrywanie dla badanej nawierzchni lotniskowej na PPS jest na poziomie dobrym.

- Konstrukcja nawierzchni lotniskowej na badanej płaszczyźnie postoju samolotów charakteryzuje się pewną zmiennością pod względem swojej budowy. Na PPS wyodrębniono dwa obszary, tj.: obszar, w którym warstwę jezdnią stanowi beton cementowy i obszar z warstwą jezdnią wykonaną z betonu asfaltowego. Stan poszczególnych warstw konstrukcyjnych w powyżej wymienionych obszarach powoduje znaczące zróżnicowanie w ocenie ich nośności.
- Nośność podłoża gruntowego wyznaczona metodą pośrednią za pomocą ugięciomierza udarowego typu HWD, można określić jako nisko nośne, tzn. zgodnie z metodą ACN-PCN kategoria C.
- Przeprowadzone badania nośności potwierdzają, że obszar PPS z betonu cementowego nie spełnia wymagań i nie posiada zdolności do przenoszenia obciążeń pochodzących od samolotów kodu C (Boeing 737-800). Dla samolotów kodu B (SAAB 340B) posiada niewielki zapas nośności, gdyż wyznaczona dopuszczalna liczba operacji lotniczych  $N=800$ . Natomiast aktualny stan techniczny obszaru nawierzchni PPS wykonanej z betonu asfaltowego pod względem nośności, można ocenić jako zadawalający dla samolotów kodu B (SAAB 340B), gdzie wyznaczona dopuszczalna liczba operacji lotniczych  $N=80\,000$ . Dla samolotów kodu C (Boeing 737-800) przedmiotowy obszar płaszczyzny postoju samolotów posiada niewielki zapas nośności, gdyż wyznaczona dopuszczalna liczba operacji lotniczych  $N=315$ . Szczegółowe zestawienie wszystkich wykonanych analiz i uzyskanych wyników przedstawiono w tablicach 7.7 i 7.8.
- Uzyskane wartości średnie wskaźników szorstkości dla nawierzchni PPS z betonu cementowego, tj.  $W=71$  SRT oraz nawierzchni z betonu asfaltowego, tj.  $W=73$  SRT potwierdzają, że przedmiotowa nawierzchnia spełnia wymagania pod względem szorstkości.
- Przedstawione propozycje przebudowy układu konstrukcyjnego nawierzchni PPS zostały opracowane dla dwóch wariantów, tj.: dla samolotów o kodzie B

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 51 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

(np. SAAB 340B) i samolotów o kodzie C (np. Boeing 737-800). Dla wariantu 1, czyli dla samolotu kodu B, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych proponuje wykonanie naprawy wszystkich uszkodzeń, zidentyfikowanych na nawierzchni płaszczyzny postoju samolotów podczas inwentaryzacji. Biorąc pod uwagę wyniki końcowe uzyskane z analizy nośności nawierzchni dla rozpatrywanego typu statku powietrznego, można stwierdzić, że nie zachodzi potrzeba przebudowy układu konstrukcyjnego nawierzchni PPS. Natomiast dla wariantu 2, ITWL zaleca wykonanie **remontu kapitałnego** na całym obszarze PPS. Wyniki końcowe uzyskane z analizy nośności przeprowadzonej dla samolotu kodu C potwierdzają, że nawierzchnia PPS z betonu cementowego nie spełnia wymagań i nie posiada zdolności do przenoszenia obciążeń pochodzących od tego typu samolotu. Obszar płaszczyzny postoju samolotów z betonu asfaltowego posiada tylko niewielki zapas nośności, gdyż wyznaczona dopuszczalna liczba operacji lotniczych  $N=315$ .

- Przebudowa układu konstrukcyjnego nawierzchni płaszczyzny postoju samolotów na potrzeby eksploatacji samolotów kodu C, pozwoli na bezproblemowe jej użytkowanie w okresie kolejnych 25-30 lat. Odpowiednio zaprojektowana konstrukcja nawierzchni pozwoli również na ciągły wzrost liczby wykonywanych operacji lotniczych oraz wzrost liczby przyjmowanych pasażerów w wieloletniej perspektywie, bez potrzeby wykonywania kolejnego remontu.
- Szacunkowe koszty przebudowy nawierzchni płaszczyzny postoju samolotów na lotnisku Gdynia – Kosakowo, dla dwóch analizowanych wariantów wynoszą odpowiednio:
  - wariant 1 – dla samolotów o kodzie B: <tekst celowo usunięty>;
  - wariant 2 – dla samolotów o kodzie C: <tekst celowo usunięty>.

Przedstawione powyżej wnioski końcowe z przeprowadzonych badań terenowych oraz laboratoryjnych przedstawiają aktualny stan techniczny nawierzchni lotniskowej płaszczyzny postoju samolotów oraz podłoża gruntowego w jej otoczeniu.

ZAKŁAD LOTNISKOWY ITWL	Strona sprawozdania: 52 Stron sprawozdania: 52	SPRAWOZDANIE nr 6/24/11
---------------------------	---	----------------------------

## LITERATURA

- Nita. P., *Budowa i utrzymanie nawierzchni lotniskowych*, WKiŁ, Warszawa, 1999.
- PN-V-83002: 1999 *Lotniskowe nawierzchnie z betonu cementowego. Wymagania ogólne i metody badań.*
- NO-17-A500:2007 *Nawierzchnie drogowe i lotniskowe. Badanie nośności.*
- PN-EN 12504-1:2009 *Badania betonu w konstrukcjach. Część 1: Odwierty rdzeniowe – Wycinanie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie.*
- PN-EN 12390-6:2010 *Badania betonu. Część 6: Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu próbek do badania.*
- PN-EN 1436:2000 (załącznik D) *Materiały do poziomego oznakowania dróg. Wymagania dotyczące poziomych oznakowań dróg.*
- PN-EN 13036-4:2004 *Drogi samochodowe i lotniskowe. Metody badań – Część 4: Metoda pomiaru oporów poślizgu/poślizgnięcia na powierzchni: próba wahadła.*
- *Standardized method of reporting airport pavement strength – PCN*, FAA Circular AC 150/5335-5.
- *ELMOD Pavement Evaluation Manual* – Dynatest, 2001.
- Aneks 14, ICAO Standard 9137-AN/898 Part 2 *Airport Service Manual*.
- Advisory Circular FAA 150/5320-12c.

*Wyniki pomiarów odnoszą się wyłącznie do badanych próbek/obiektów badań.*

### **Załączniki:**

Zał. nr 1 – Raport z badań geotechnicznych.

Zał. nr 2 – Legenda napraw i uszkodzeń nawierzchni z betonu cementowego.

Zał. nr 3 – Legenda napraw i uszkodzeń nawierzchni z betonu asfaltowego.

Zał. nr 4 – Inwentaryzacja uszkodzeń nawierzchni PPS.

### **Rozdzielnik Sprawozdania:**

Egz. nr 1 – Biblioteka ITWL.

Egz. nr 2÷5 - Zleceniodawca.

Egz. nr 6 - Kierownik Zakładu/Laboratorium Lotniskowego.

### **Podpisy wykonawców:**

mjr mgr inż. Mariusz WESOŁOWSKI .....

mgr inż. Grzegorz JAMRÓZ .....

technik Paweł PIETRUSZEWSKI .....

**KIEROWNIK  
LABORATORIUM/ZAKŁADU LOTNISKOWEGO**

dr inż. Adam Poświata