

Warsaw, 22 - 23 October 2025

II MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA

Nowoczesne nawierzchnie drogowe - recykling i dekarbonizacja

II INTERNATIONAL CONFERENCE

Modern road pavements - recycling and decarbonization

**Rubblizing technology as a recycling method for road and airfield
concrete pavements**

**Technologia rubblizingu jako „recykling” drogowych i lotniskowych
nawierzchni betonowych**

AGATA KOWALEWSKA agata.kowalewska@ibdim.edu.pl

MIROSŁAW GRACZYK

KRZYSZTOF BLACHA

JERZY KUKIEŁKA



RUBBLIZING

- **METODA RECYKLINGU W BUDOWNICTWIE NAWIERZCHNI DROGOWYCH I LOTNISKOWYCH**
- **POLEGA NA ODPRĘŻANIU (KRUSZENIU) ISTNIEJĄCEJ NAWIERZCHNI Z BETONU CEMENTOWEGO BEZ USUWANIA JEJ Z PODŁOŻA, TWORZĄC W TEN SPOSÓB WARSTWĘ PODBUDOWY**
- **METODA OPRACOWANA W USA, W LATACH 80-TYCH**

ZALETY METODY RUBBLIZINGU

**ZNACZNA
REDUKCJA CZASU
REALIZACJI ROBÓT**

**OGRANICZENIE
KOSZTÓW
INWESTYCJI**

**KORZYŚCI
ŚRODOWISKOWE**

METODY RUBBLIZINGU



SPRAWDZENIE SKUTECZNOŚCI DANEJ METODY RUBBLIZINGU

- **BADANIA NA DWÓCH OBIEKTACH LOTNISKOWYCH → 2 odcinki testowe (OT) na elementach funkcjonalnych lotniska (EFL) objętych przebudową w ramach trwających inwestycji;**
- **GÓRNE WARSTWY NAWIERZCHNI OT RÓŻNIŁY SIĘ OKRESEM UŻYTKOWANIA, NATOMIAST POSIADAŁY TOŻSAMĄ TECHNOLOGIĘ WYKONANIA;**
- **KONSTRUKCJA NAWIERZCHNI OT TO TYPOWY UKŁAD MIESZANY, TZN.: PODBUDOWA WYKONANA W TECHNOLOGII BETONU CEMENTOWEGO Z GÓRNYMI WARSTWAMI WYKONANYMI W TECHNOLOGII Z BETONU ASFALTOWEGO;**
- **DWIE METODY RUBBLIZINGU: Multi-Head Breaker, Guillotine Pavement Breaker;**

PROGRAM BADAŃ

W RAMACH PRZYGOTOWANIA OT, ISTNIEJĄCE WARSTWY KONSTRUKCYJNE Z BETONU ASFALTOWEGO ZOSTAŁY SFREZOWANE, A NASTĘPNIE WYKONANO NA NICH ZABIEG RUBBLIZINGU: OT-1 → MHB, OT-2 → GPB.

- **SPRAWDZENIE SKUTECZNOŚCI DANEJ METODY RUBBLIZINGU;**
- **BADANIA NOŚNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO;**
- **BADANIA NOŚNOŚCI NOWO POWSTAŁEJ WARSTWY (KONSTRUKCJI);**

SPRAWDZENIE SKUTECZNOŚCI METODY RUBBLIZINGU

Sprawdzenie przeprowadzono w warunkach terenowych i polegało na określeniu struktury nowo powstałej warstwy z przekruszonego gruzu betonowego, tj. wielkości pojedynczych brył oraz możliwości odprężenia warstwy na pełnej grubości.



BADANIA NOŚNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

Badania bezpośrednio pod warstwą odprężaną przeprowadzono przed i po jej odprężeniu. Nośność podłoża gruntowego określono na podstawie pomiarów sondą SDS (DCP) oraz ugięciomierza lotniskowego HWD.

Na podstawie uzyskanych wyników określono wpływ odprężenia warstwy z betonu cementowego (układu jednowarstwowego) na nośność podłoża gruntowego leżącego bezpośrednio pod tą warstwą.



BADANIA NOŚNOŚCI NOWO POWSTAŁEJ WARSTWY (KONSTRUKCJI)

Badania nowo powstałej warstwy po odprężeniu warstwy z BC przeprowadzono za pomocą płyty statycznej VSS oraz ugięciomierza lotniskowego HWD.



WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

→ SKUTECZNOŚĆ METODY RUBBLIZINGU: MHB oraz GPB

**Wielkość
(średnica) brył
nie przekroczyła
deklarowanych
wartości, tj.
310 mm**

**ok 75% brył posiada
wymiary nie większe
niż:**

- w dolnej połowie
płyty – 230 mm
- w górnej połowie
płyty – 75 mm
- na powierzchni płyty
– 50 mm

**Po analizie:
MHB > GPB**

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

→ NOŚNOŚĆ PODŁOŻA GRUNTOWEGO

Odcinek testowy	Nr pkt. pomiarowego	CBR [%]
OT-1	1	8,8
	2	11,7
	3	11,5
	Średnia:	10,7
OT-2	1	10,2
	2	18,1
	3	3,9
	Średnia:	10,7



$$E = 10 \cdot CBR$$



$$E = 107 \text{ MPa}$$

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

➔ NOŚNOŚĆ PODŁOŻA GRUNTOWEGO

$$E_0(r) = \frac{(1 - \nu^2) \cdot q \cdot a^2}{r \cdot u(r)}$$

gdzie:

$E_0(r)$ – moduł powierzchniowy w odległości r od środka płyty obciążającej,

a – promień płyty,

ν – współczynnik Poissona,

u – ugięcie w badanym punkcie,

q – naprężenie pod płytą obciążającą

Odcinek testowy	Moduł odkształcenia podłoża E [MPa]	
	Przed zabiegiem rubblizingu	Po zabiegu rubblizingu
OT-1	100	130
OT-2	140	160

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA



NOŚNOŚĆ NOWO POWSTAŁEJ WARSTWY (KONSTRUKCJI)

Odcinek testowy	Nr pkt. pomiarowego	E_1 [MPa]	E_2 [MPa]	I_0 [-]
OT-1	1	102	225	2,2
	2	113	250	2,2
	3	78	205	2,6
OT-2	1	50	205	4,1
	2	48	173	3,6
	3	52	161	3,1

GPB $\rightarrow I_0 > 2,2$



KONIECZNOŚĆ DOZIARNIENIA

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA**NOŚNOŚĆ NOWO POWSTAŁEJ WARSTWY (KONSTRUKCJI)**

**BADANIE UGIĘCIOMIERZEM LOTNISKOWYM HWD →
POMIARY UGIĘĆ SPRĘŻYSTYCH**

$$E_z = \frac{2 \cdot q \cdot a}{u(0)}$$

Odcinek testowy	E_z [MPa]	E [MPa]
OT-1	202	650
OT-2	227	650

PODSUMOWANIE

- Współczesne uwarunkowania środowiskowe narzucają, aby coraz częściej wykorzystywać materiały z recyklingu, co przede wszystkim ma ograniczyć negatywny wpływ na środowisko – zmniejszając zużycie surowców mineralnych i emisję CO₂.
- Rubblizing jest przykładem zrównoważonej praktyki w budownictwie infrastrukturalnym, która przyczynia się nie tylko do ochrony środowiska naturalnego, ale może być traktowany jako recykling drogowych i lotniskowych nawierzchni betonowych.
- Uzyskane wyniki badań potwierdzają pozytywny wpływ rubblizingu na prowadzenie prac związanych z remontem (przebudową) istniejącej nawierzchni drogowej i lotniskowej.
- Na podstawie uzyskanych wyników można uznać, że odprężenie warstwy z betonu cementowego metodą MHB oraz GPB wpływa także na poprawę nośności podłoża gruntowego.

PODSUMOWANIE

- Stosowanie rubblizingu daje nam możliwość ponownego wykorzystania „starych”, często przeznaczonych do rozbiórki konstrukcji nawierzchni, co przekłada się na korzyści środowiskowe, ponieważ eliminujemy konieczność pozyskiwania dodatkowych kruszyw naturalnych. Ograniczamy ilość powstających odpadów oraz transport związany zarówno z wywozem destruktu jak i dostawą nowych materiałów.
- Rubblizing pozytywnie wpływa na aspekty środowiskowe, techniczne oraz ekonomiczne i może być uznawany za recykling betonowych nawierzchni drogowych i lotniskowych.

Technologia rubblizingu jako „recykling” drogowych i lotniskowych nawierzchni betonowych



mrp25.ibdim.edu.pl