

Efektywność konstrukcji zamiennych warstw ochronnych podtorza



7.WPGI
2021 SYMPOZJUM ONLINE
OGÓLNOPOLSKIE SYMPOZJUM
WSPÓLCZESNE PROBLEMY
GEOLOGII INŻYNIERSKIEJ
W POLSCE

dr inż. MICHAŁ PAWŁOWSKI

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

mgr inż. MICHAŁ TARNOWSKI

STRABAG Sp. z o.o.

Wstęp

- Modernizacja dróg kolejowych:
 - przebudowa i przystosowanie do nowych warunków pracy podtorza kolejowego,
 - wzmocnienie górnej strefy podtorza warstwą ochronną,
 - badania geotechniczne przedprojektowe,
 - niepewny model geotechniczny podtorza,
 - projekt konstrukcji oraz parametrów warstw ochronnych,
 - realizacja inwestycji i kontrola założeń projektowych,
 - niedomiar wartości parametrów gruntów,
 - konstrukcje zamienne,
 - geotechniczne badania odbiorcze.

Konstrukcje zamienne

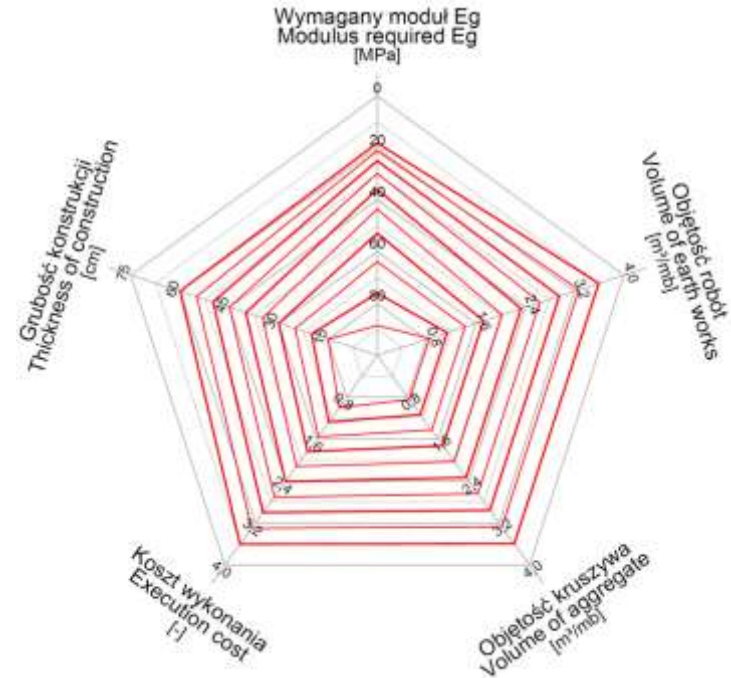
- Aktualnie stosowanymi typami warstwy ochronnej, które mogą być konstrukcjami bazowymi lub zamiennymi są:
 - warstwa pojedyncza,
 - warstwa podwójna,
 - warstwa pojedyncza z geosiatką,
 - warstwa pojedyncza z subwarstwą gruntów podtorza stabilizowanych spoiwem hydraulicznym.
- W szczególnych przypadkach mogą mieć zastosowanie jeszcze inne, niewymienione wyżej konstrukcje.

Założenia analizy

- modernizacja dwutorowej linii magistralnej do prędkości 160 km/h (200 km/h),
- wtórny moduł odkształcenia podtorza na torowisku – 120 MPa,
- wzmocnienie podtorza konstrukcją składającą się z kombinacji subwarstw: kruszyw łamanych 4/31,5 mm ($E_o = 250$ MPa) i 0/31,5 mm ($E_o = 200$ MPa), geowłókniny separacyjnej, geosiatki wzmacniającej, gruntów podtorza stabilizowanych spoiwem hydraulicznym ($E_o = 250$ MPa),
- min. gr. subwarstw – 15 cm, max. łączna gr. konstrukcji – 60 cm,
- max. gr. wzmocnień budowanych w technologii potokowej – 40 cm,
- orientacyjne koszty netto robocizny, materiałów i sprzętu z II kwartału 2020 r.,
- koszty wykonania konstrukcji jako jednostkowe dla pojedynczego toru.

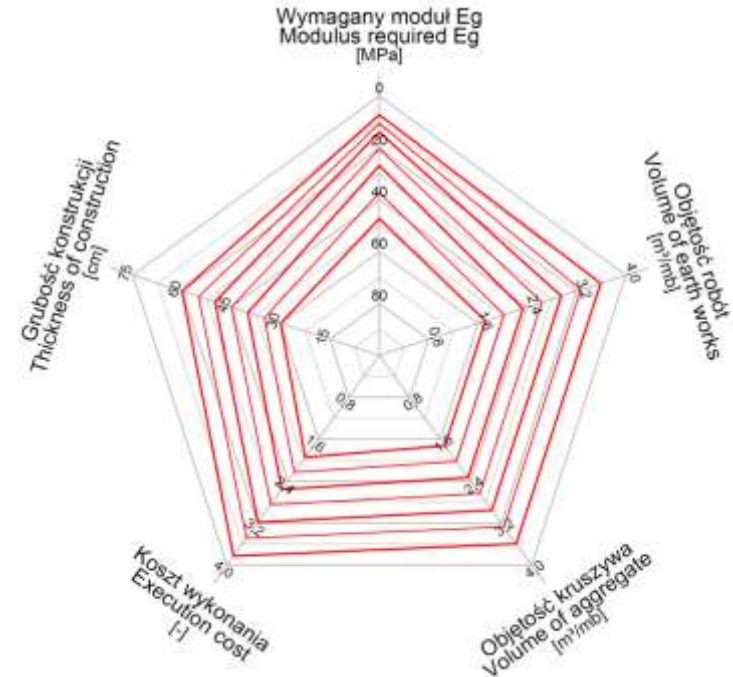
Typ A: Warstwa pojedyncza

- najczęściej stosowana,
- przydatna w zróżnicowanych warunkach gruntowych,
- nieskomplikowane wykonanie,
- minimalna grubość konstrukcyjna – 15 cm,
- warstwy o sporej grubości powinny być wykonywane, w co najmniej dwóch subwarstwach i w technologii klasycznej.



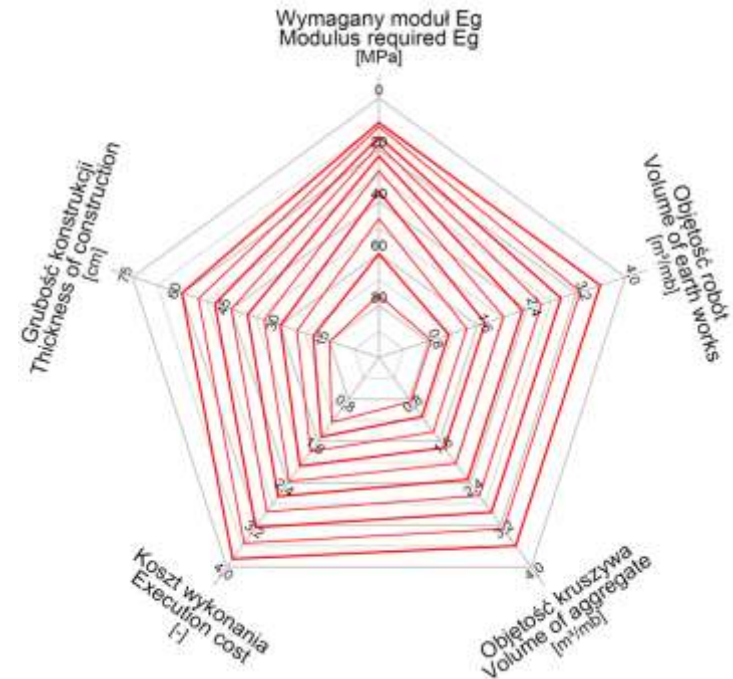
Typ B: Warstwa podwójna

- powszechnie stosowana w latach 90-tych XX w.,
- duża minimalna grubość konstrukcyjna – 30 cm,
- wykonanie wiąże się z pewnymi problemami projektowymi oraz logistycznymi i technologicznymi,
- wydłużony czas realizacji,
- do budowy predysponowana technologia klasyczna.



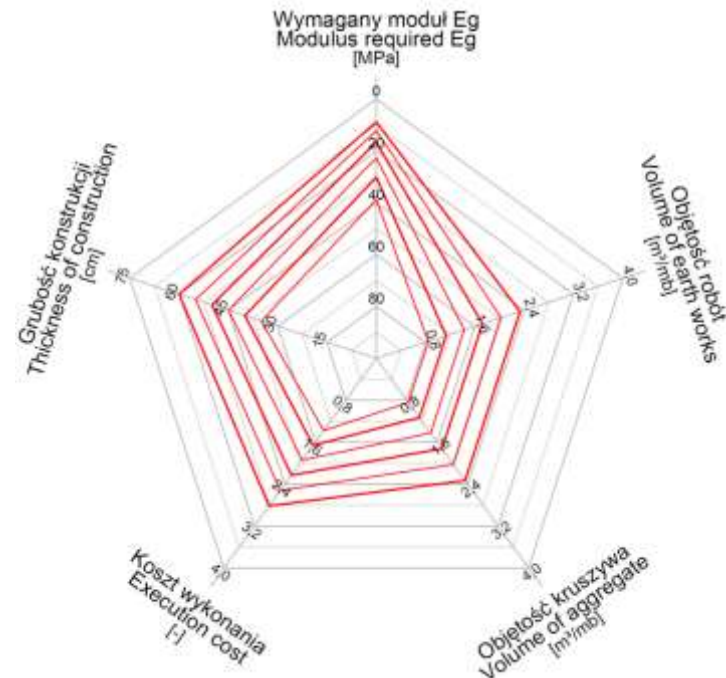
Typ C: Warstwa pojedyncza z geosiatką

- geosiatka wpływa na zwiększenie nośności lub zmniejszenie grubości konstrukcji,
- zastosowanie geosiatki nie wpływa znacząco na technologię wykonania,
- minimalna grubość konstrukcyjna – 15 cm,
- warstwy o sporej grubości powinny być wykonywane, w co najmniej dwóch subwarstwach i w technologii klasycznej.



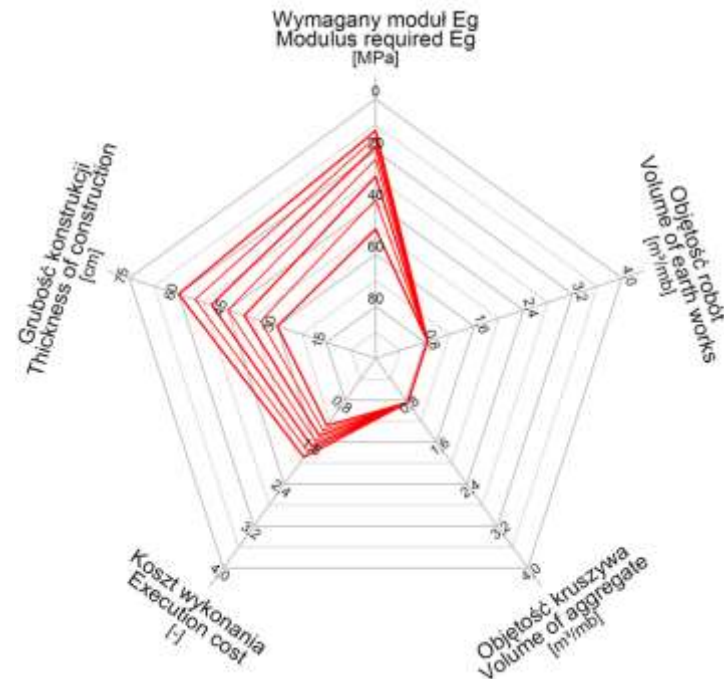
Typ D: Warstwa pojedyncza z subwarstwą gruntów stabilizowanych spoiwem

- ulepszone grunty podtorza są częścią konstrukcji wzmacniającej,
- minimalna grubość konstrukcyjna – 35 cm,
- budowa wzmocnienia jest kilkuetapowa,
- zaleca się wykonywać roboty zasadnicze w technologii klasycznej,
- czas wykonania konstrukcji może być wydłużony w stosunku do rozwiązań klasycznych.



Typ E: Warstwa pojedyncza z subwarstwą gruntów stabilizowanych spoiwem

- ulepszone grunty podtorza są częścią konstrukcji wzmacniającej,
- minimalna grubość konstrukcyjna – 30 cm,
- budowa wzmocnienia jest kilkuetapowa,
- zaleca się wykonywać roboty zasadnicze w technologii klasycznej,
- czas wykonania konstrukcji może być wydłużony w stosunku do rozwiązań klasycznych.



Porównanie konstrukcji zamiennych

Typ konstrukcji				A	B	C	D	E
Grubość konstrukcji	[cm]	-	min	15	30	15	35	30
			max	60	60	60	60	60
Wymagana wartość E_g	[MPa]	Grubość konstrukcji [cm]	min	88,5	47,3	76,0	38,8	50,2
			40	35,9	26,8	22,3	30,2	29,9
			60	18,1	7,2	9,4	8,8	12,2
		Zakres	-	70,4	40,1	66,6	30,0	38,0
Objętość robót ziemnych	[m ³ /mb]	Grubość konstrukcji [cm]	min	0,84	1,72	0,84	0,84	0,84
			40	2,33	2,33	2,33	1,13	
			60	3,60	3,60	3,60	2,33	
Objętość kruszywa	[m ³ /mb]	Grubość konstrukcji [cm]	min	0,84	1,72	0,84	0,84	0,84
			40	2,33	2,33	2,33	1,13	
			60	3,60	3,60	3,60	2,33	
Koszt wykonania	[-]	Grubość konstrukcji [cm]	min	1,00	1,95	1,24	1,38	1,28
			40	2,41	2,56	2,65	1,66	1,48
			60	3,60	3,83	3,85	2,82	1,88

Efektywność konstrukcji zamiennych

Zakres stosowania zamiennych konstrukcji warstwy ochronnej w zależności od wartości wtórnych modułów odkształcenia gruntów podtorza E_g

Typ konstrukcji	Przedziały wartości wtórnych modułów odkształcenia gruntów podtorza E_g [MPa]					
	< 15	15 – 30	30 – 45	45 – 60	60 – 75	> 75
A	●	●/●	●/●	●	●	●
B	●/●	●	●	●	●	●
C	●/●	●/●	●	●	●	●
D	●	●/●	●	●	●/●	●
E	●	●	●	●	●/●	●
Parametry gruntów	bardzo małe	małe	przeciętne	dobre	bardzo dobre	doskonałe
● – niezalecany, ● – dopuszczalny, ● – odpowiedni, ● – zalecany						

Wnioski

- Wykonawstwo wzmocnień górnej strefy podtorza wiąże się z licznymi problemami. Jednym z nich jest konieczność zaprojektowania i wdrożenia konstrukcji zamiennych.
- Przedstawione konstrukcje zamienne, charakteryzują się różną efektywnością techniczną, technologiczną i ekonomiczną.
- Przeprowadzona analiza potwierdziła, że nie można wskazać uniwersalnego typu konstrukcji, która niezależnie od występujących warunków gruntowych byłaby konkurencyjna względem pozostałych.
- Wykazano, że każdy z rozpatrywanych typów warstwy ochronnej ma ograniczony zakres stosowania, poza którym jego użycie jest niewskazane.

Wnioski

- Najmniej efektywną konstrukcją jest warstwa podwójna. Zastosowanie tego rozwiązania wymaga zatem szczególnego uzasadnienia.
- W sprzyjających warunkach gruntowych zaleca się stosować pojedynczą warstwę ochronną, również zbrojona geosiatką. Uzasadniona ekonomicznie grubość graniczna dla tej konstrukcji wynosi 40 cm.
- W niesprzyjających warunkach gruntowych, najbardziej optymalnym rozwiązaniem jest wstępne ulepszenie gruntów podtorza poprzez ich stabilizację spoiwami hydraulicznymi.

Wnioski

- Na wybór optymalnego rozwiązania powinny mieć wpływ nie tylko wymagana jego grubość i koszt wykonania, ale też inne czynniki, jak np. stopień skomplikowania robót, konieczność mobilizacji dodatkowego sprzętu, występujące warunki gruntowe, pracochętność robót, liczba stosowanych materiałów, wymagane wartości parametrów odbiorczych itp.
- Liczbę niezbędnych zmian w projekcie wzmocnienia górnej strefy podtorza można zminimalizować poprzez realizację dokładnych przedprojektowych badań geotechnicznych podtorza.
- W badaniach tych szczególnie ważne są oznaczenia wtórnych modułów odkształcenia podtorza, gdyż parametr ten jest jednocześnie parametrem projektowym oraz kontrolnym i odbiorczym w czasie realizacji robót.

