

A high-angle photograph of two construction workers on a dirt and gravel construction site. They are both wearing high-visibility safety vests, hard hats, and work gloves. One worker is holding a tablet computer, and both are pointing at the screen. The ground around them is uneven, with layers of soil and gravel visible, suggesting a recent excavation or grading work.

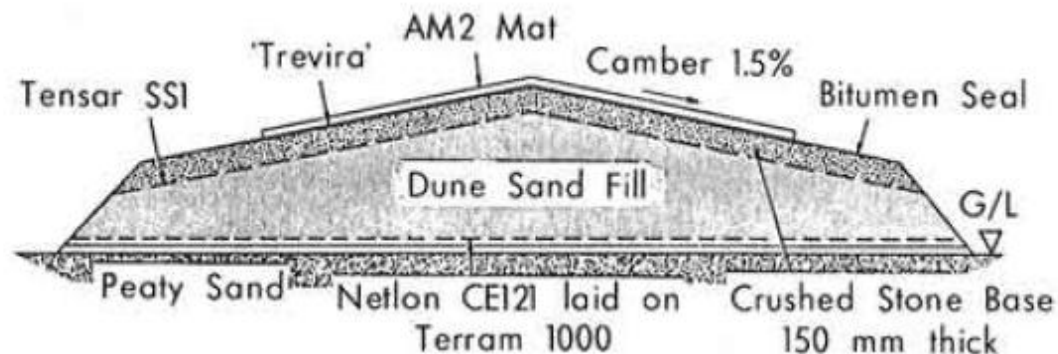
Trwałe nawierzchnie lotniskowe – przykłady realizacji konstrukcji z wykorzystaniem georusztów i geokompozytów

Mgr inż. Kamila Kornacka
Starsza Projektantka Tensar Polska

Wojna o Falklandy (1982)

Po odzyskaniu lotniska Stanley na Falklandach przez siły brytyjskie po kapitulacji Argentyny, nastąpiła przebudowa pasa startowego i infrastruktury towarzyszącej. Główne wyzwania przebudowy:

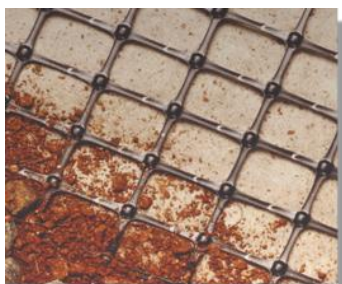
- Trudne warunki gruntowe – torfy i wysoki poziom wód gruntowych,
- Ekstremalne warunki pogodowe – śnieżyce, silne wiatry i niskie temperatury,
- Brak odpowiednich materiałów – dostępny był piasek plażowy, kruszywo musiało być transportowane lub kruszone na miejscu,
- Zaminowany teren,
- Presja czasu.



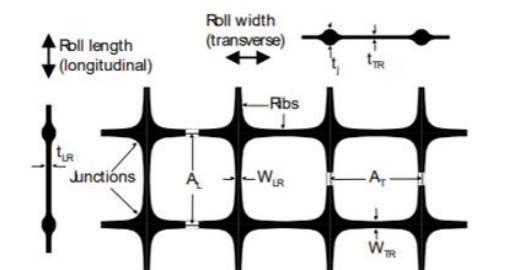
Ewolucja georusztów do stabilizacji Tensar

Georuszt Tensar InterAx to najnowszy krok w ewolucji, która rozpoczęła się od pierwszych dwukierunkowych georusztów Tensar typu SS. Następnie z myślą o stabilizacji warstw kruszywa opracowano georuszty Tensar TriAx, a obecnie – Tensar InterAx

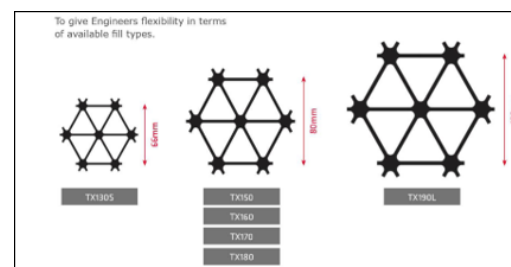
Lata 80.
Prostokątny georuszt
dwukierunkowy



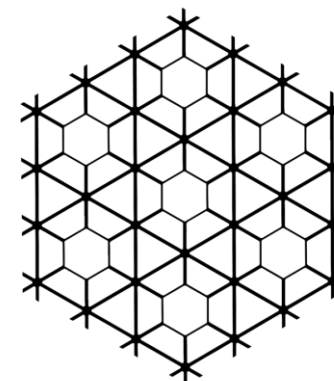
Lata 90.
Kwadratowy georuszt
dwukierunkowy



Po 2000
Tensar TriAx



2022 Tensar InterAx



Wzrost skrępowania ziaren kruszywa

Lepsze właściwości eksploatacyjne pod obciążeniem ruchem

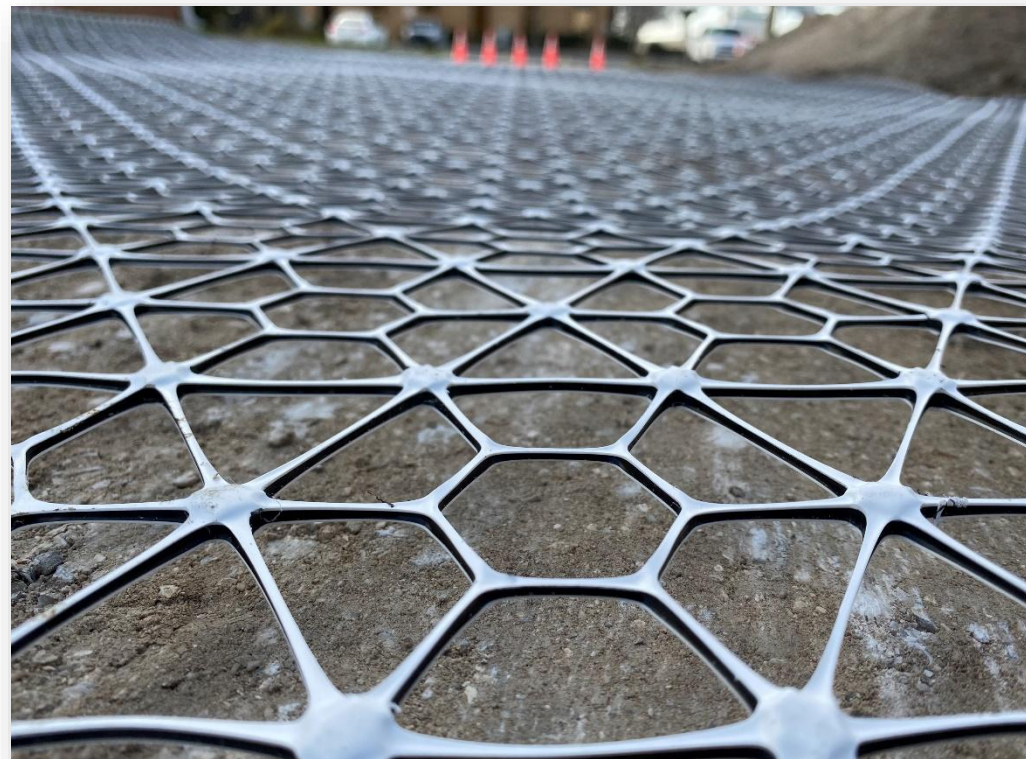
Tensar InterAx – najważniejsze cechy

Koekstruzja + zaawansowane badania materiałowe

- Zintegrowany rdzeń strukturalny
 - Czarny rdzeń o wysokiej trwałości
- Zewnętrzne warstwy wspomagające interakcję z kruszywem:
 - Podwyższona szorstkość, zwiększająca tarcie
 - Materiał trwały, lecz bardziej elastyczny i ściśliwy, co wspomaga zazębienie ziaren kruszywa

Zoptymalizowana geometria

- Poprawa zazębienia:
 - Zróżnicowane kształty i rozmiary oczek
 - Wysoki profil żebra



Dzięki połączeniu koekstruzji, zaawansowanych badań materiałowych i zoptymalizowanej geometrii Tensar InterAx zapewnia **najlepsze właściwości eksploatacyjne, przy poszerzonym zakresie dopuszczalnych typów kruszyw o różnym uziarnieniu i jakości.**

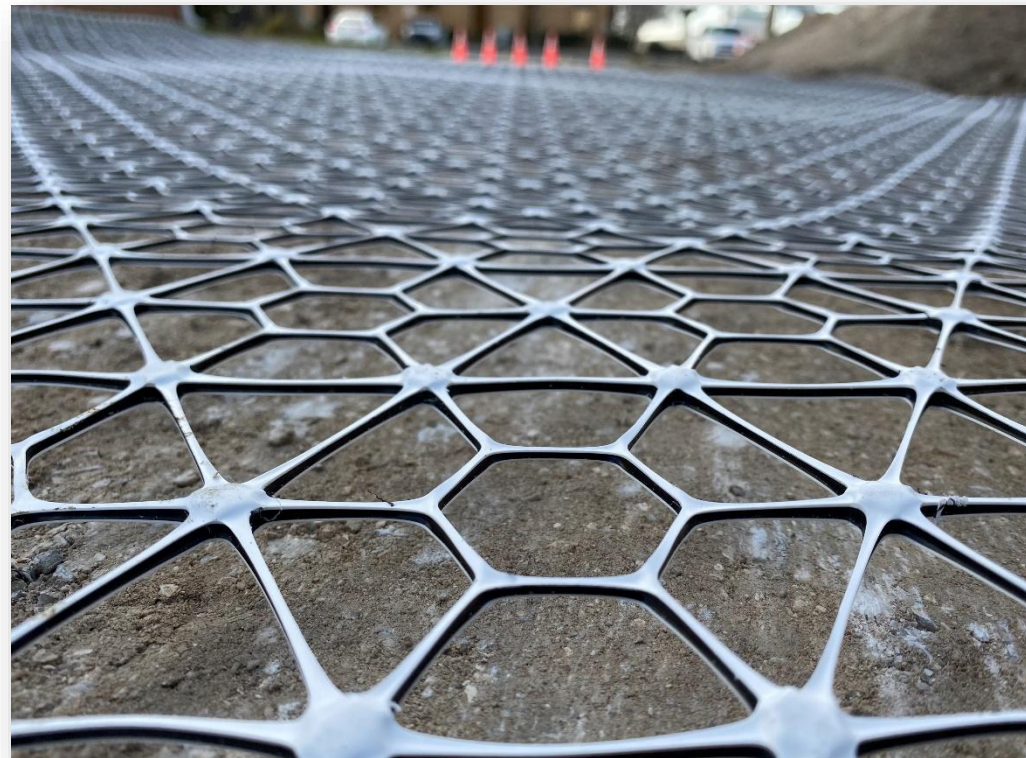
Tensar InterAx – najważniejsze cechy

Koekstruzja + zaawansowane badania materiałowe

- Zintegrowany rdzeń strukturalny
 - Czarny rdzeń o wysokiej trwałości
- Zewnętrzne warstwy wspomagające interakcję z kruszywem:
 - Podwyższona szorstkość, zwiększająca tarcie
 - Materiał trwały, lecz bardziej elastyczny i ściśliwy, co wspomaga zazębienie ziaren kruszywa

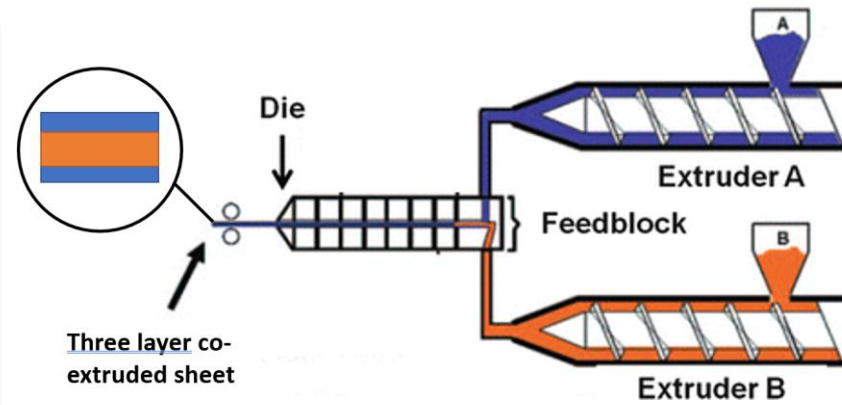
Zoptymalizowana geometria

- Poprawa zazębienia:
 - Zróżnicowane kształty i rozmiary oczek
 - Wysoki profil żebra



Dzięki połączeniu koekstruzji, zaawansowanych badań materiałowych i zoptymalizowanej geometrii Tensar InterAx zapewnia **najlepsze właściwości eksploatacyjne, przy poszerzonym zakresie dopuszczalnych typów kruszyw o różnym uziarnieniu i jakości.**

Koekstruzja



Jak działa georuszt Tensar InterAx?



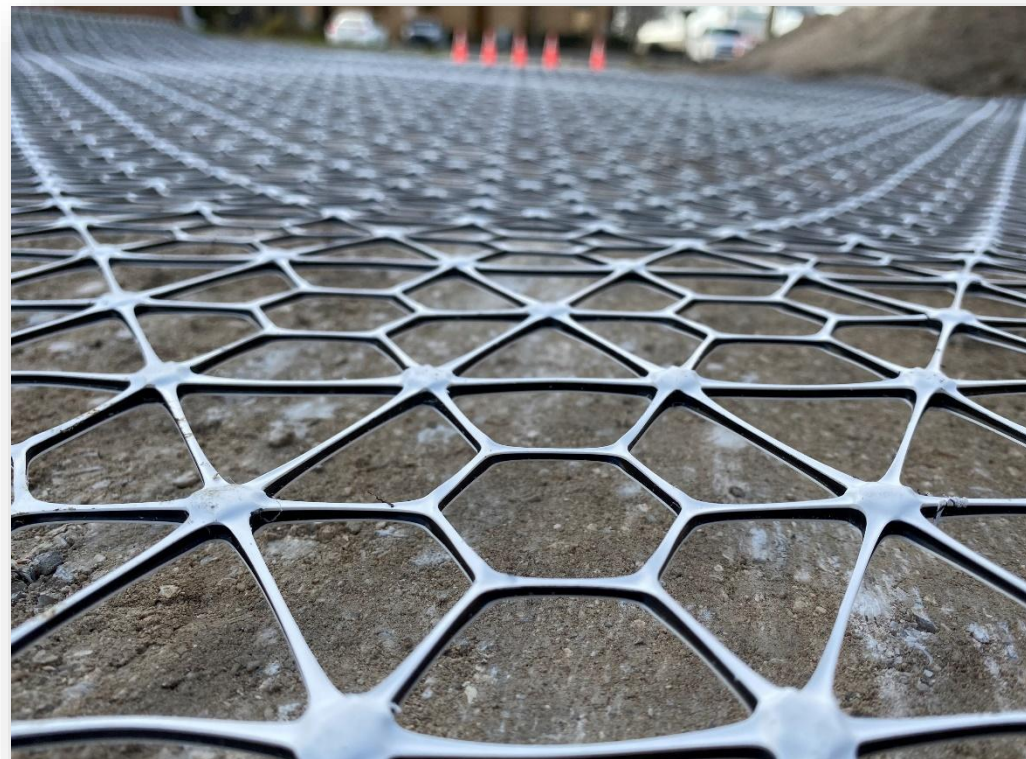
Tensar InterAx – najważniejsze cechy

Koekstruzja + zaawansowane badania materiałowe

- Zintegrowany rdzeń strukturalny
 - Czarny rdzeń o wysokiej trwałości
- Zewnętrzne warstwy wspomagające interakcję z kruszywem:
 - Podwyższona szorstkość, zwiększająca tarcie
 - Materiał trwały, lecz bardziej elastyczny i ściśliwy, co wspomaga zazębienie ziaren kruszywa

Zoptymalizowana geometria

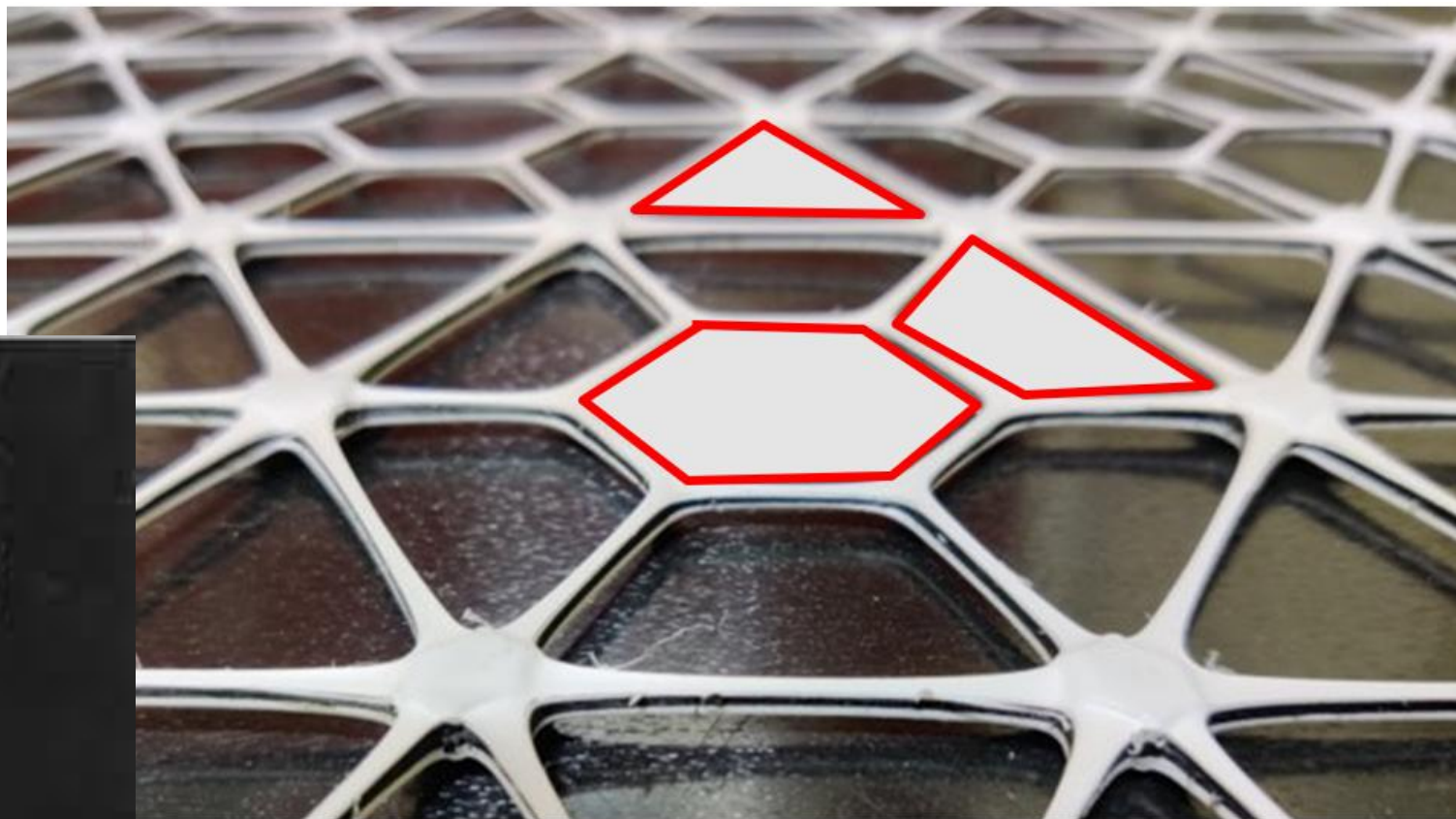
- Poprawa zazębienia:
 - Zróżnicowane kształty i rozmiary oczek
 - Wysoki profil żebra



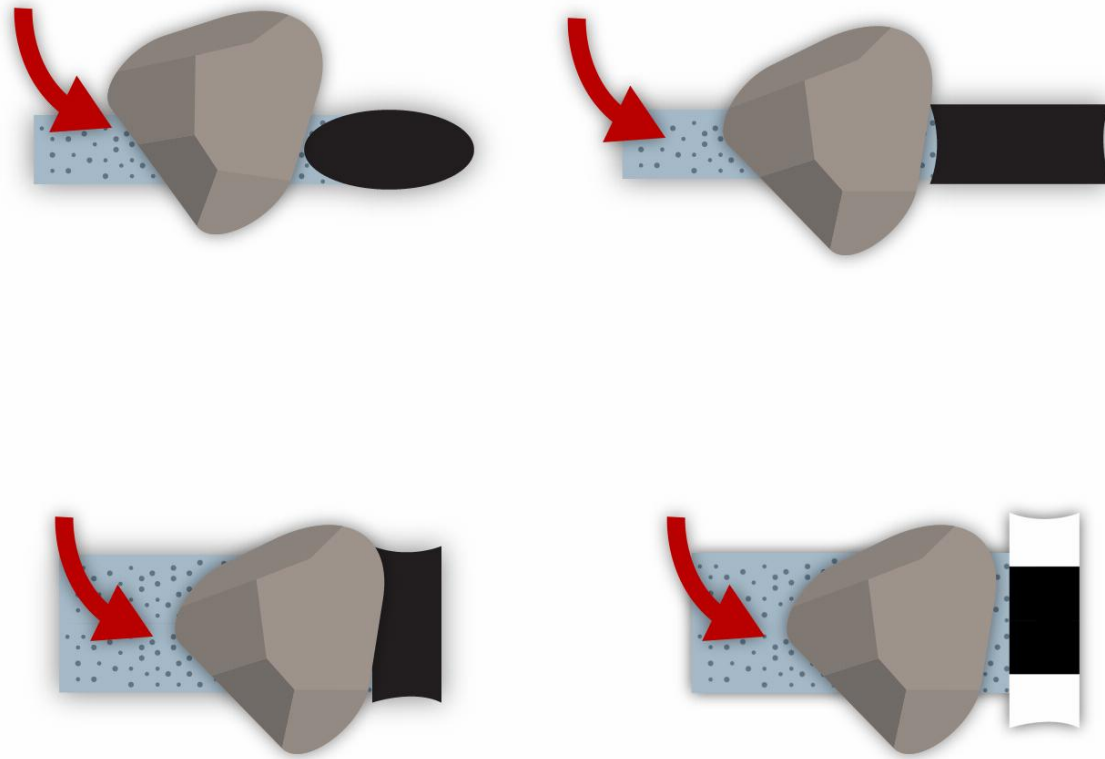
Dzięki połączeniu koekstruzji, zaawansowanych badań materiałowych i zoptymalizowanej geometrii Tensar InterAx zapewnia **najlepsze właściwości eksploatacyjne, przy poszerzonym zakresie dopuszczalnych typów kruszyw o różnym uziarnieniu i jakości.**

Tensar InterAx – najważniejsze cechy

Zróżnicowane kształty i
rozmiary oczek



Znaczenie wysokości żebra



Większy stosunek wysokości do szerokości żebra zapewnia uzyskanie lepszego zazębienia kruszywa

Główne wyzwania projektowania konstrukcji lotniskowych

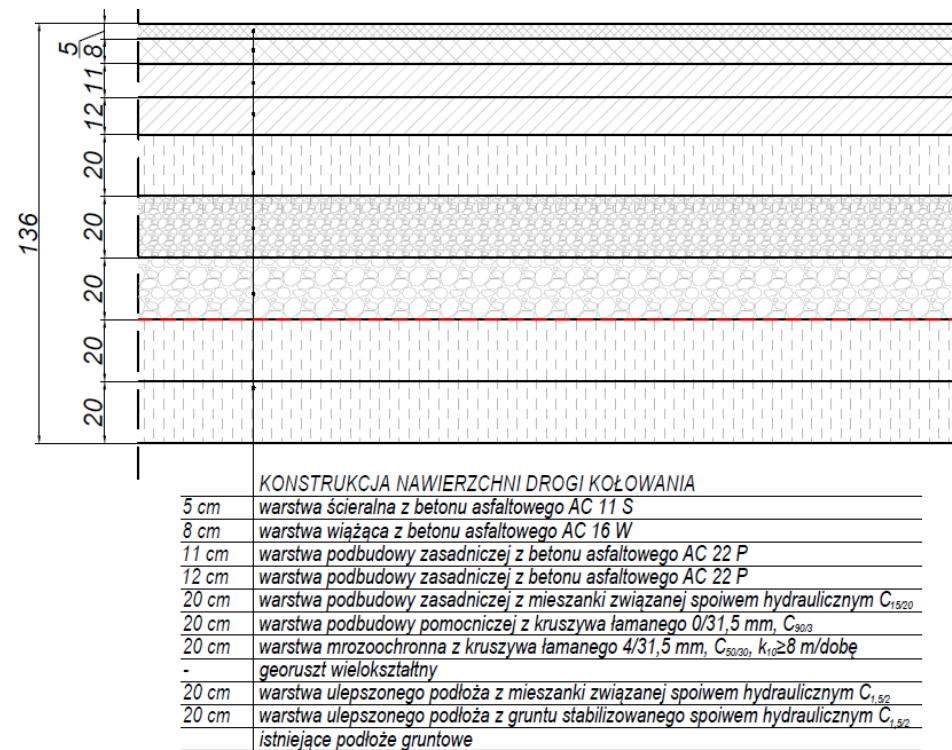
- Obciążenia – duże punktowe naciski na nawierzchnię, ogromny ciężar statków powietrznych, skoncentrowany (skanalizowany) ruch, operacje startu i lądowania,
- Warunki gruntowe – zróżnicowanie,
- Odwodnienie,
- Dostępność materiałów,
- Precyzja rozwiązań,
- Bezpieczeństwo,
- Terminy.

Metody projektowe:

- Metody empiryczne (ICAO, ACN/PCN, katalogi konstrukcji),
- Metody mechanistyczno-empiryczne,
- Programy komputerowe (FAARFIELD).

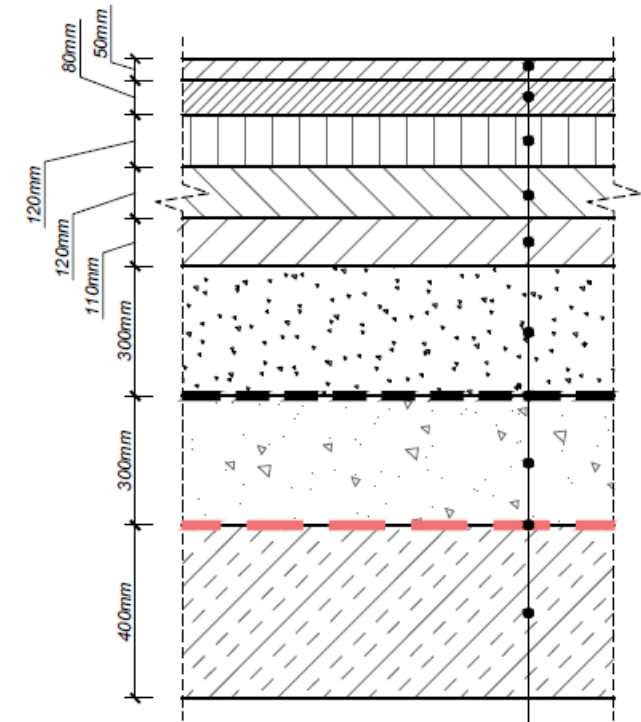
Lotnisko we Wrocławiu (2025)

- Rozbudowa drogi kołowania i placów postojowych,
- Około 70.000 operacji rocznie,
- Obciążenie ciężkimi statkami powietrznymi: Boeing 737-MAX9, C-17 Globemaster, C-5 Galaxy,
- Bardzo zróżnicowane warunki gruntowe (grunty spoiste, niezagęszczane grunty niespoiste),
- Powierzchnia: około 380.000 m².



Lotnisko w Warszawie (2025)

- Rozbudowa drogi kołowania i placów postojowych,
- Około 25.000 operacji rocznie dla analizowanych płaszczyzn,
- Obciążenie ciężkimi statkami powietrznymi: Boeing 737-MAX9, Airbus A321neo, Boeing 777-9X,
- Zróżnicowane warunki gruntowe (grunty spoiste, nasypy niekontrolowane),
- Powierzchnia: około 100.000 m².



KONSTRUKCJA NAWIERZCHNI Z BETONU ASFALTOWEGO

warstwa ścieralna z betonu asfaltowego AC 11 S	50 mm
warstwa wiążąca z betonu asfaltowego AC 16 W	80 mm
warstwa górna podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego AC 22 P	120 mm
warstwa dolna podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego AC 22 P	120 mm
warstwa dolna podbudowy zasadniczej z betonu asfaltowego AC 22 P	110 mm
warstwa podbudowy pomocniczej z kruszywa łamanego 0/31,5 mm	300 mm
georuszt wielkoształtny	
warstwa odsączająca z kruszywa łamanego 4/31,5 mm o $k_{10} \geq 8 \text{ m/dobę}$	300 mm
geokompozyt drenażowy z siatki PE i geowłókniny	
warstwa ulepszonego podłoża z materiału stabilizowanego	400 mm
spoiwem hydraulicznym z dowozu C3/4	
grunt rodzimy min. $E_2 \geq 25 \text{ MPa}$ lub wymiana gruntu słabonosnego na grunt $E_2 \geq 40/50 \text{ MPa}$	

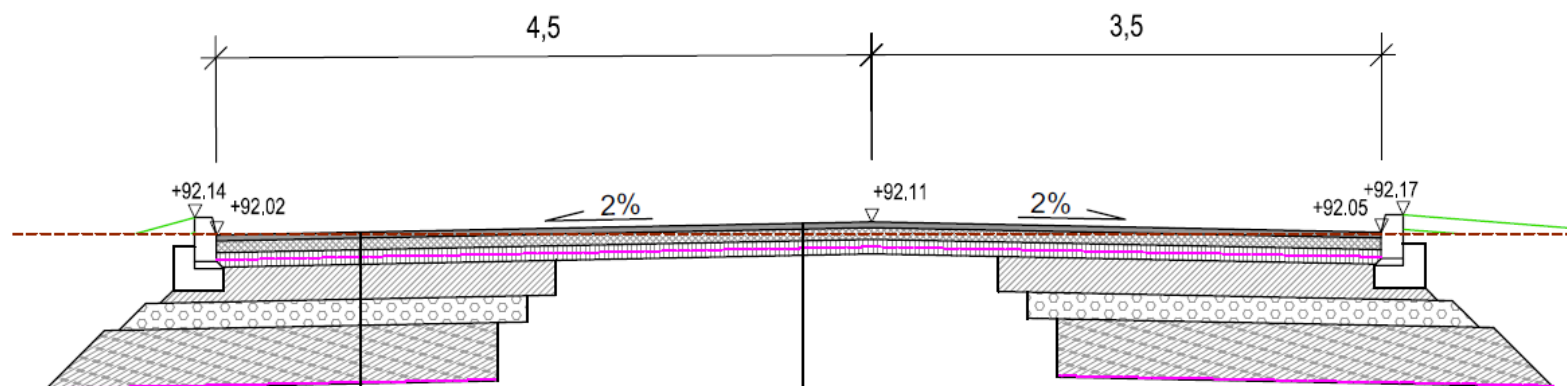
Lotnisko w Warszawie (2025)

- Rozbudowa drogi kołowania i placów postojowych,
- Około 25.000 operacji rocznie dla analizowanych płaszczyzn,
- Obciążenie ciężkimi statkami powietrznymi: Boeing 737-MAX9, Airbus A321neo, Boeing 777-9X,
- Zróżnicowane warunki gruntowe (grunty spoiste, nasypy niekontrolowane),
- Powierzchnia: około 100.000 m².



Lotnisko w Sochaczewie (2025)

Przekrój A-A Droga na poszerzeniu (szer. 8m)



Konstrukcja nawierzchni bitumicznej na poszerzeniu		
Warstwa ścieralna AC11S, 50/70	gr. 4cm	E2>100MPa
Warstwa wiążąca AC16W, 35/50	gr. 8cm	
Podbudowa AC16P, 35/50	gr. 5cm	
Geosiatka wytr. na rozciąganie MD16 CMD20	-	
Podbudowa AC16P, 35/50	gr. 5cm	
Podbudowa zasadnicza z mieszanki niezwiązanej MN C50/30	gr. 24cm	
Podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej MZC C3/4	gr. 18cm	
Ulepszone podłoże WUP MZC C1,5/2	gr. 40cm	
Geowłóknina separacyjno-wzmacniająca wytrzymałość na rozciąganie 25kN/m	-	
	gr. 104cm	

Istniejące podłoże gruntowe o wtórnym module odkształcenia E2>25MPa

Konstrukcja nawierzchni bitumicznej na istniejącej drodze		
Warstwa ścieralna AC11S, 50/70	gr. 4cm	E2>180MPa
Warstwa wiążąca AC16W, 35/50	gr. 8cm	
Podbudowa AC16P, 35/50	gr. 5cm	
Geosiatka wytr. na rozciąganie MD16 CMD20	-	
Podbudowa AC16P, 35/50	gr. 5cm	

Istniejąca konstrukcja nawierzchni z bruku gr. 22cm

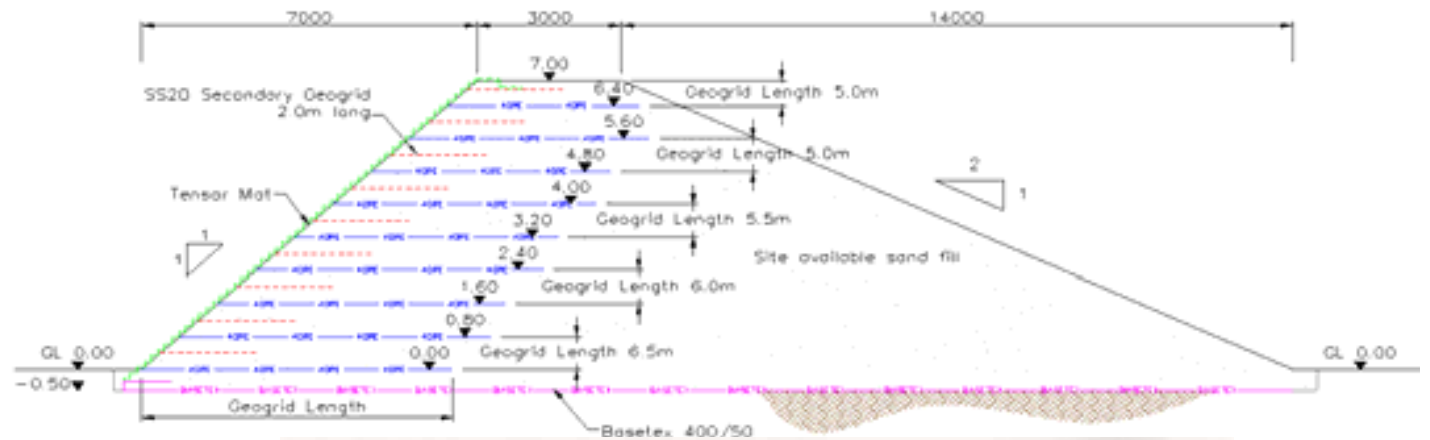
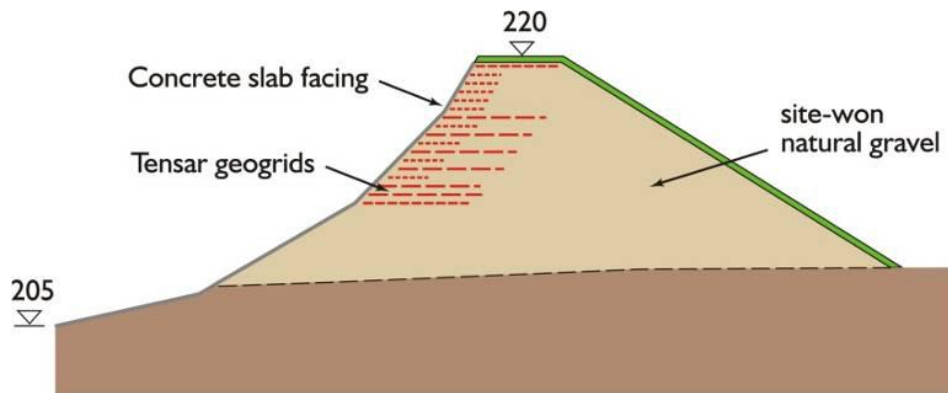
Lotnisko RAFu w Odiham (UK)

- Nakładka asfaltowa zbrojona kompozytem z włókien szklanych, ułożona na istniejącej nawierzchni w celu zabezpieczenia przed spękaniem odbitymi oraz wyciekami benzyny,
- 8.500 m² kompozytu ułożone w 3,5 godziny.



Bariery dźwiękowe

- Gardermoen (Oslo), John Lennon (Liverpool)



Podsumowanie

Optymalizacja konstrukcji nawierzchni z wykorzystaniem georusztów i geokompozytów Tensar pozwala na:

- znaczne oszczędności finansowe,
- skrócenie czasu realizacji inwestycji,
- zwiększenie trwałości konstrukcji,
- ograniczenie ruchu budowlanego,
- zmniejszenie kosztów utrzymania,
- istotne obniżenie śladu węglowego inwestycji drogowej.

Tensar®



Dziękuję za uwagę