

Tensar InterAx: najnowsza generacja georusztów do stabilizacji kruszywa

Piotr Mazurowski

Application Technology Manager Pavements

Tensor – nowa generacja





Tensar®

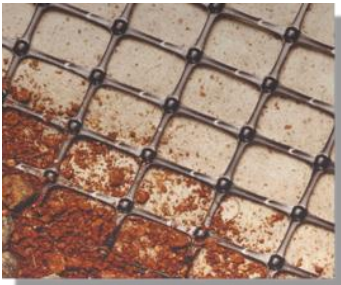
Czym jest georuszt
Tensar® InterAx™?

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.

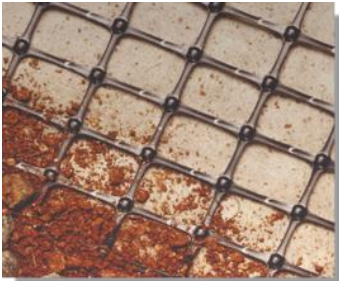
Prostokątny georuszt
dwukierunkowy



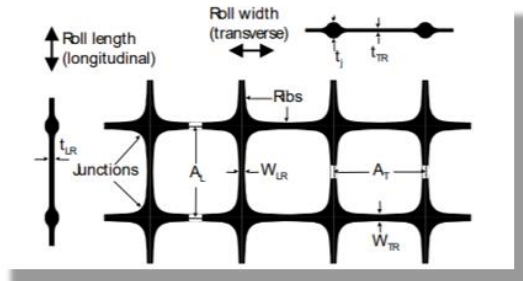
Ewolucja georusztów do stabilizacji Tensar

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



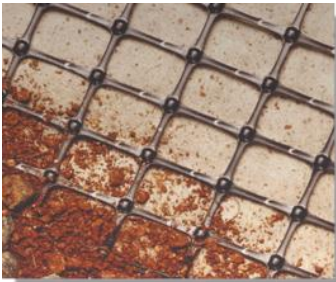
Lata 90.
Kwadratowy georuszt
dwukierunkowy



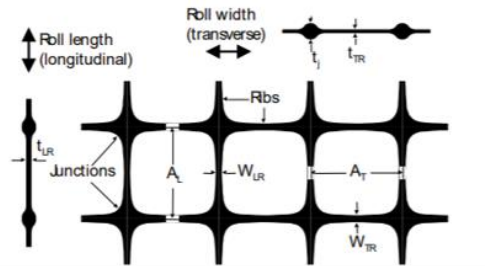
Ewolucja georusztów do stabilizacji Tensar

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

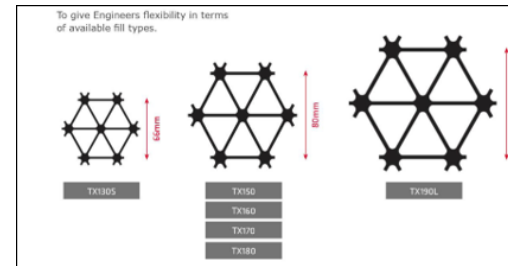
Lata 80.
Prostokątny georuszt
dwukierunkowy



Lata 90.
Kwadratowy georuszt
dwukierunkowy



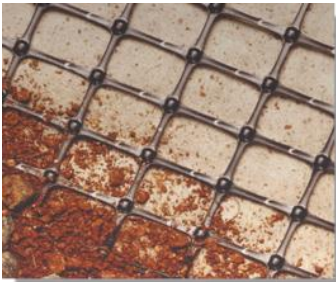
Po 2000
Tensar TriAx



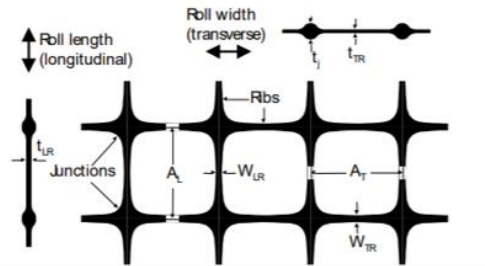
Ewolucja georusztów do stabilizacji Tensar

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

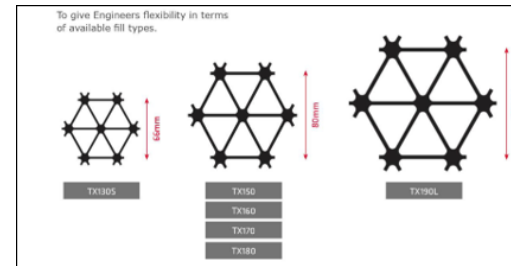
Lata 80.
Prostokątny georuszt
dwukierunkowy



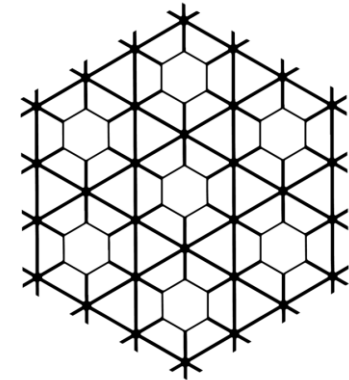
Lata 90.
Kwadratowy georuszt
dwukierunkowy



Po 2000
Tensar TriAx



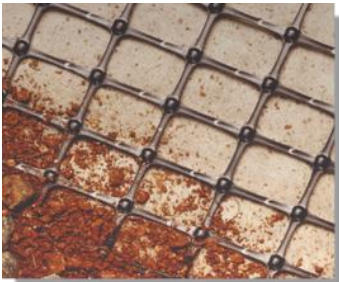
2022 Tensar InterAx



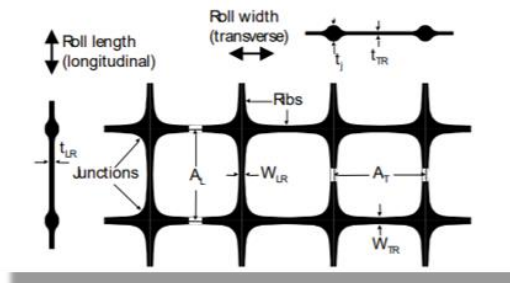
Ewolucja georusztów do stabilizacji Tensar

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

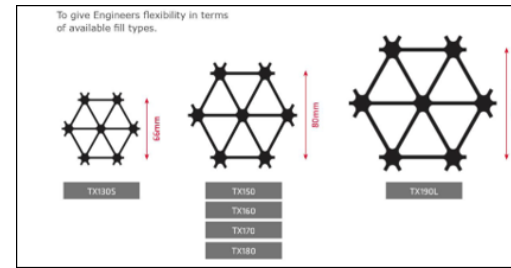
Lata 80.
Prostokątny georuszt
dwukierunkowy



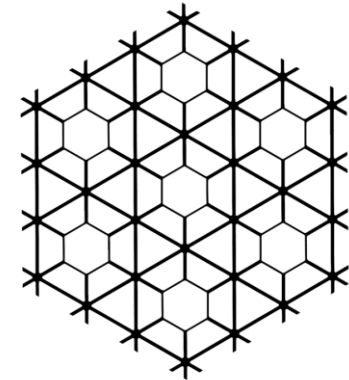
Lata 90.
Kwadratowy georuszt
dwukierunkowy



Po 2000
Tensar TriAx



2022 Tensar InterAx

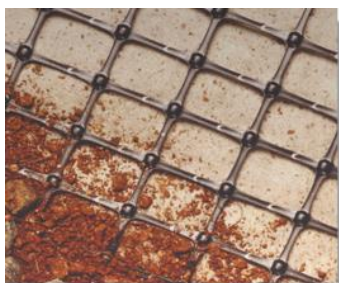


Wzrost skrępowania ziaren kruszywa

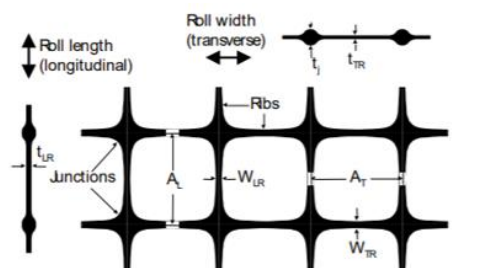
Ewolucja georusztów do stabilizacji Tensar

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

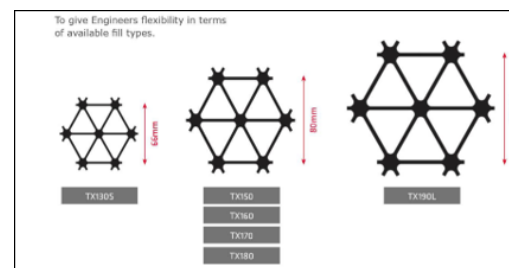
Lata 80.
Prostokątny georuszt
dwukierunkowy



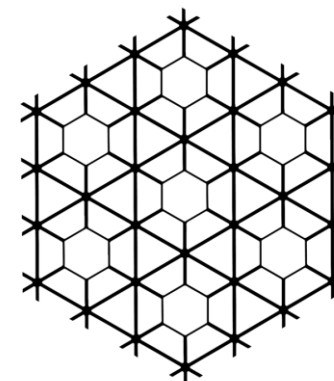
Lata 90.
Kwadratowy georuszt
dwukierunkowy



Po 2000
Tensar TriAx



2022 Tensar InterAx



Wzrost skrępowania ziaren kruszywa

Lepsze właściwości eksploatacyjne pod obciążeniem ruchem

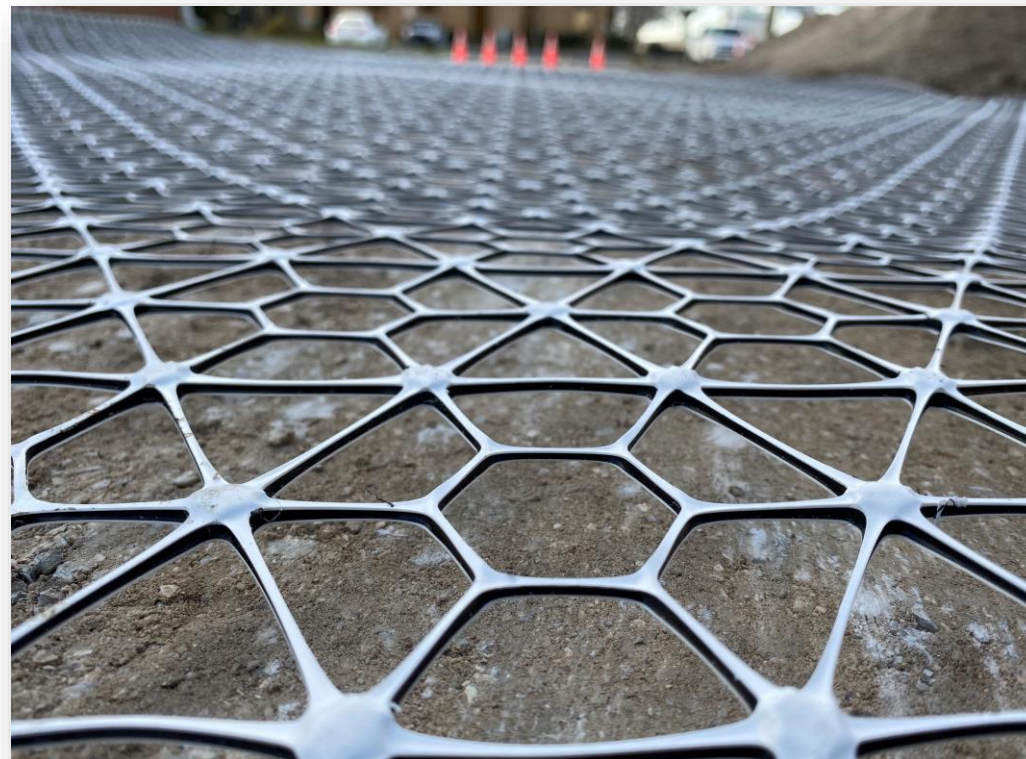
Tensar InterAx – najważniejsze cechy

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.**

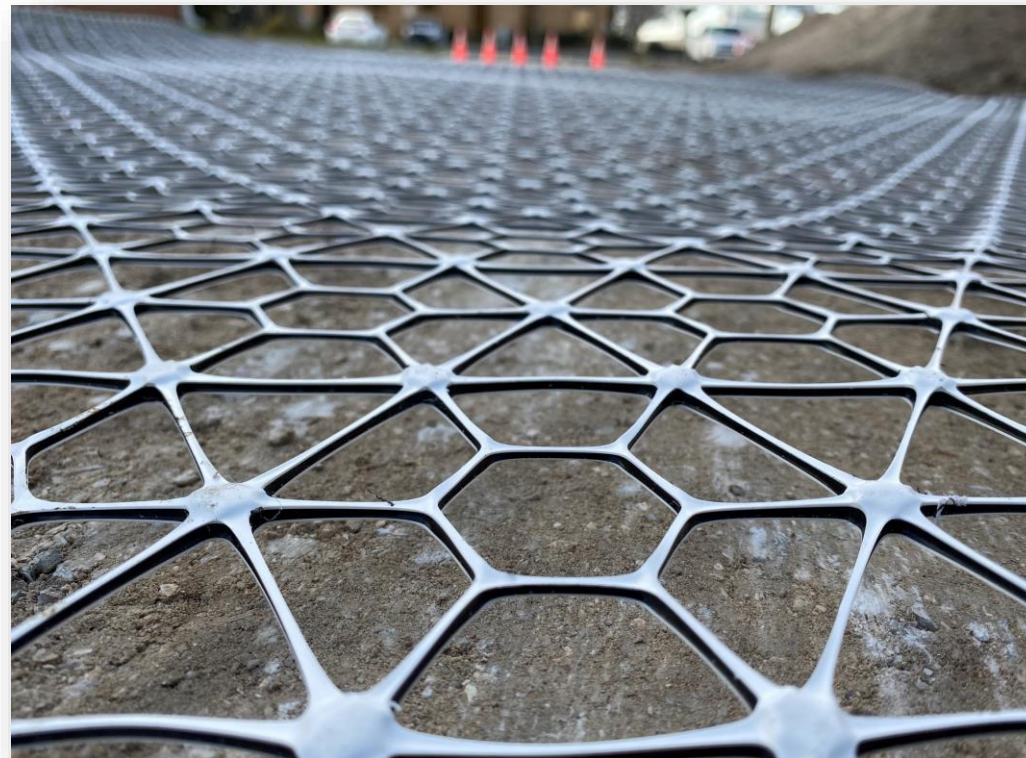
Tensar InterAx – najważniejsze cechy

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

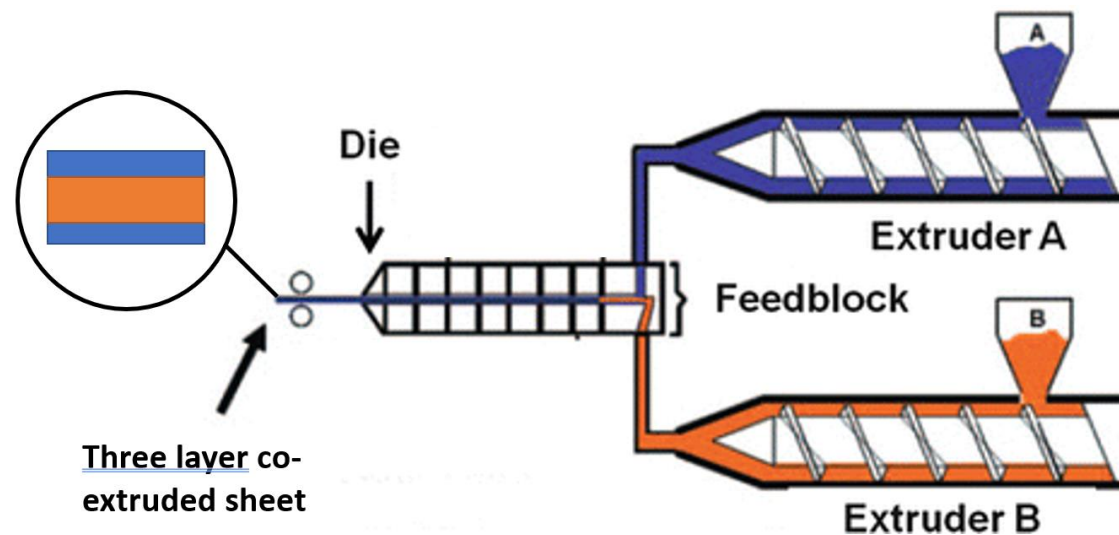
Zoptymalizowana geometria

- 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™

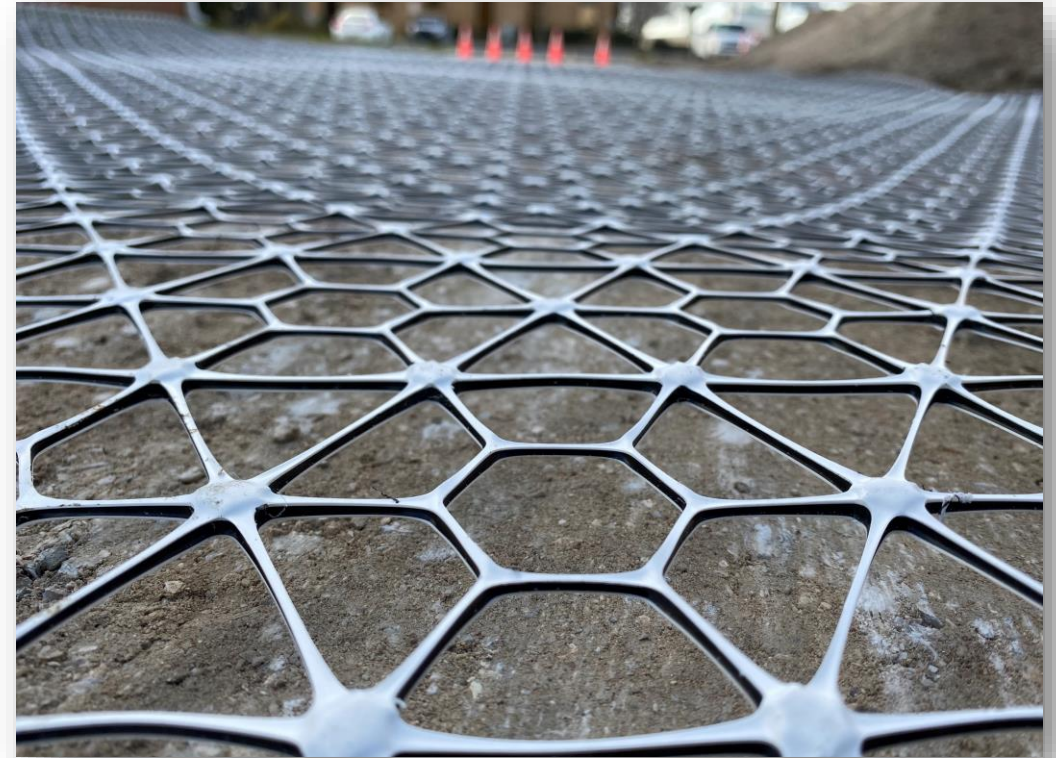
Tensar InterAx – najważniejsze cechy

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

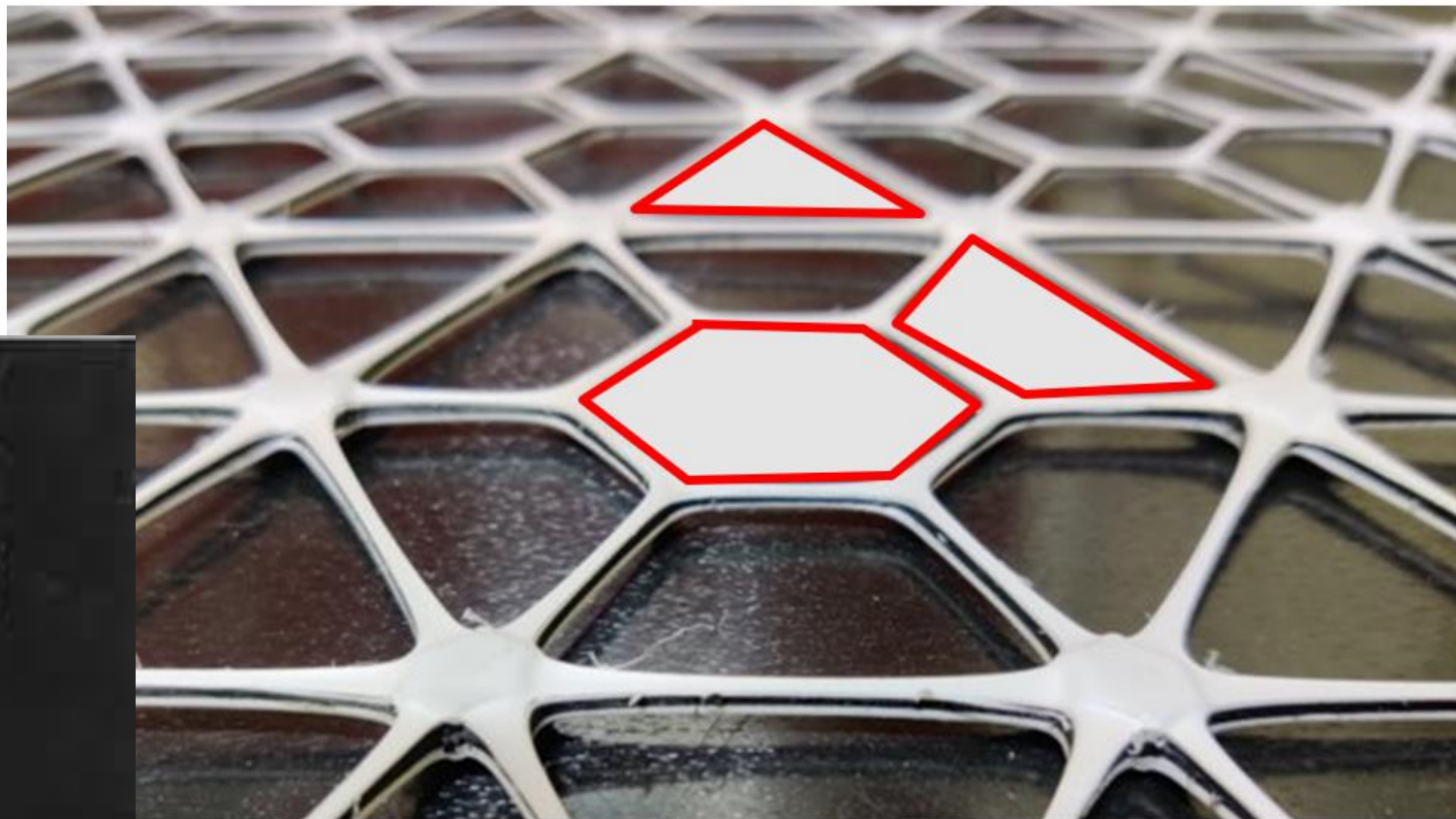
- Poprawa zazębienia:
 - Zróżnicowane kształty i rozmiary oczek
 - Wysoki profil żebra



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.**

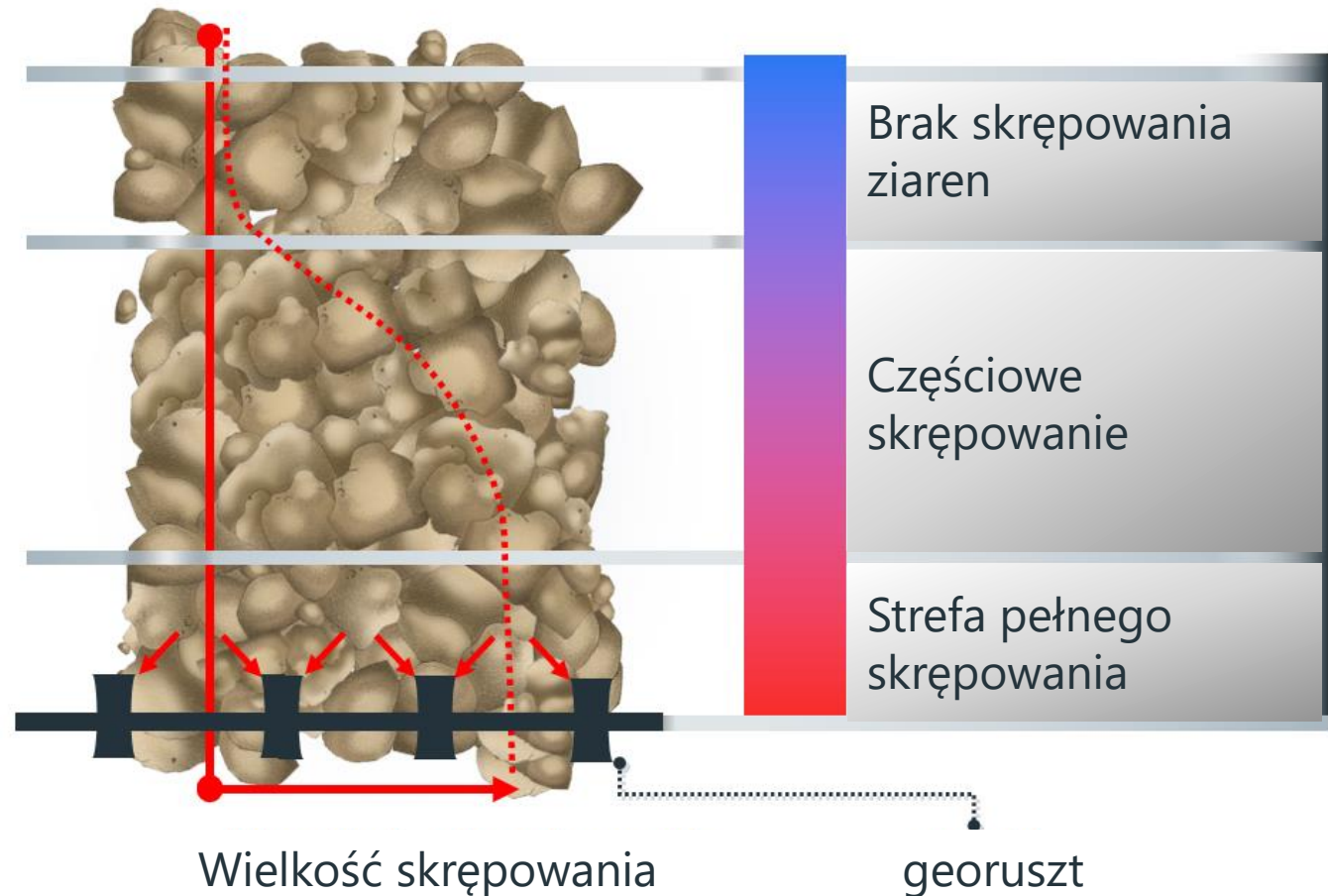
Tensar InterAx – najważniejsze cechy

Zróżnicowane kształty i
rozmiary oczek



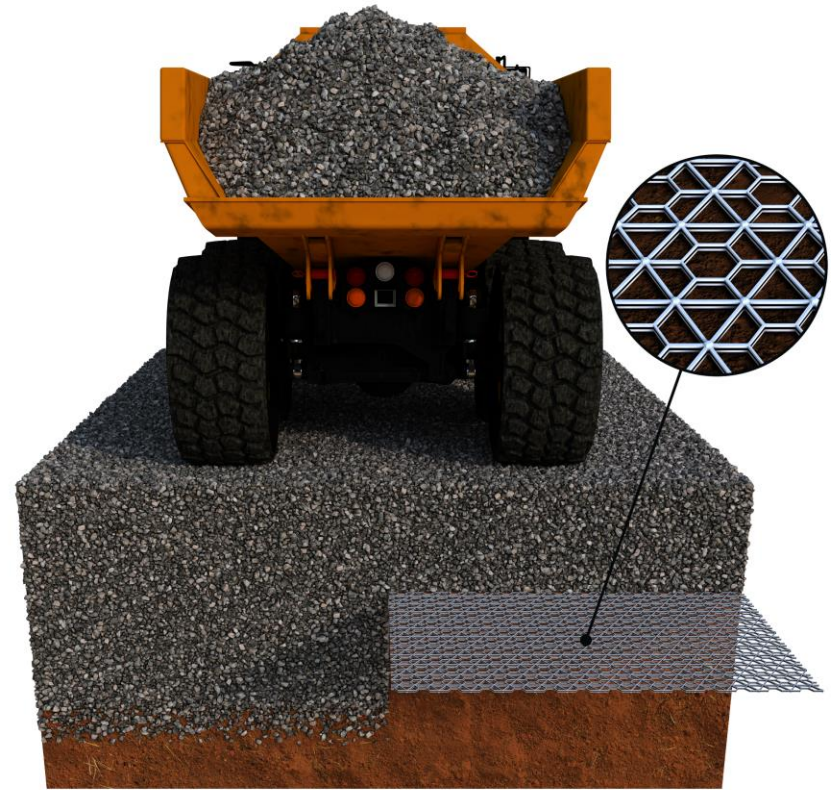
Jak działa georuszt Tensar InterAx?

Wynikający z optymalizacji geometrii mechanizm **udoskonalonego zazębienia** skutkuje zwiększeniem wysokości strefy **skrępowania ziaren** w obrębie warstwy kruszywa stabilizowanego georusztem



Jak działa georuszt Tensar InterAx?

- Poprawa efektu skrępowania bocznego wynikająca z **udoskonalonego zazębienia** dzięki **unikalnemu projektowi georusztu Tensar InterAx**
- Poprawiony efekt **stabilizacji** skutkuje **zwiększeniem sztywności warstwy kruszywa**
- **Podwyższone współczynniki stabilizacji** przekładają się na wyższą trwałość pod obciążeniem od ruchu oraz/lub redukcję grubości warstwy kruszywa



**Sprawdzona
technologia**
Badania nad
georusztem
Tensar InterAx



Tensor InterAx pod obciążeniem od ruchu (badania w małej skali)

Centrum Techniczne Tensor w Blackburn

- Założyliśmy je, by badać i porównywać właściwości eksploatacyjne różnych georusztów oraz lepiej zrozumieć, jak **pracują w funkcji stabilizacji**

Aparat do badań pod ruchem

- **Szeroko zakrojony program badań w małej skali** – pozwala na korelację wyników z wynikami uzyskanymi w pełnej skali, jak pokazały wcześniejsze badania w ośrodku Transport Research Laboratory
- Liczbowe wyrażenie efektywności poszczególnych rodzin georusztów
- **Optymalizacja cech produktów w celu poprawy właściwości eksploatacyjnych**
- Zestawienie wyników z testami pełnoskalowymi pozwala na **wiarygodne prognozowanie właściwości eksploatacyjnych**



Tensar InterAx pod obciążeniem od ruchu (badania w małej skali)



Bez stabilizacji

TriAx TX160

InterAx
NX750

InterAx
NX850

Powierzchnia
warstwy
kruszywa

Podłoże

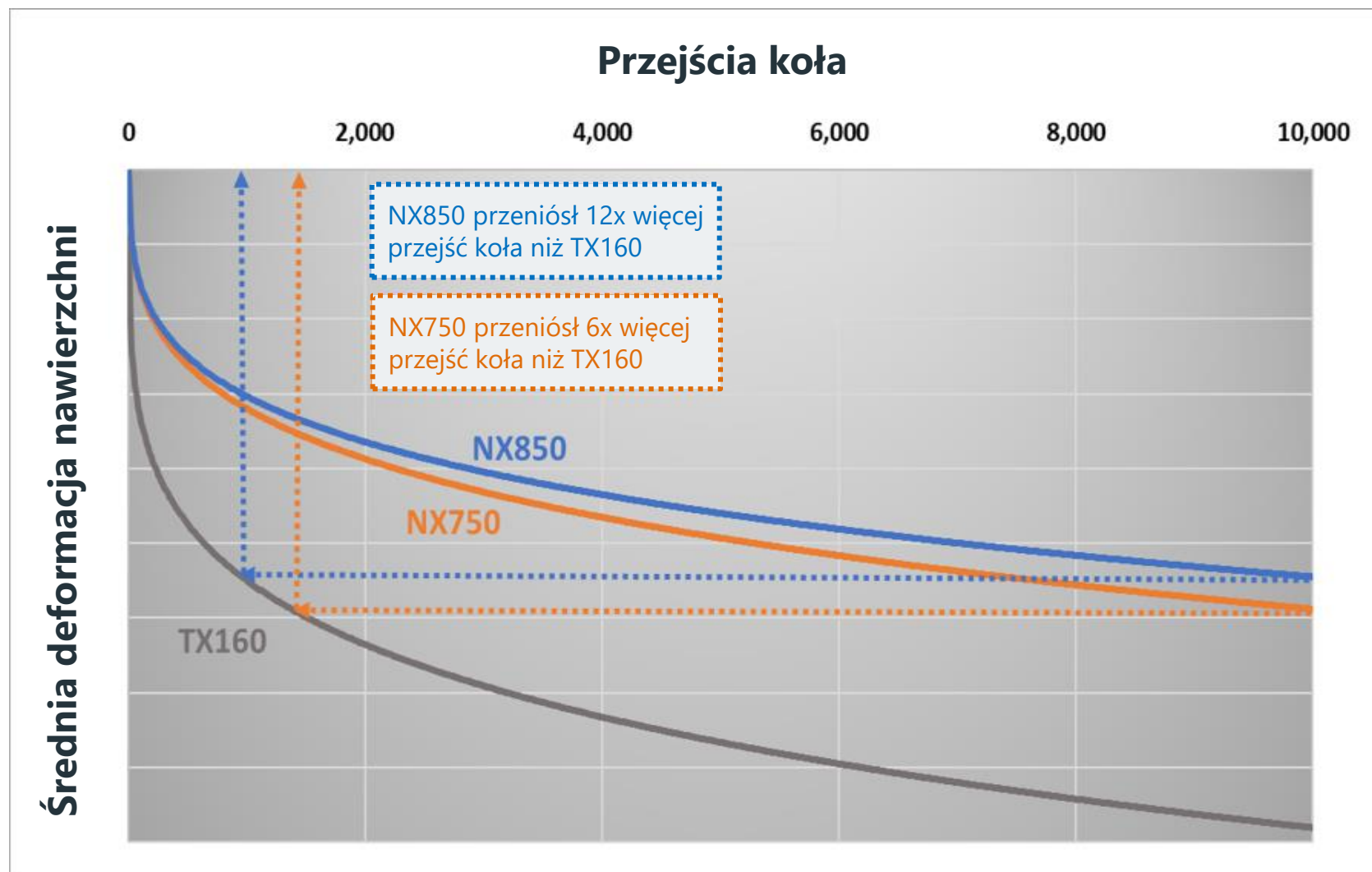


Tensar InterAx wykazał lepsze właściwości eksploatacyjne niż TriAx, redukując deformacje zarówno nawierzchni, jak i podłoża

- Na sekcji z NX850 stwierdzono **minimalną deformację podłoża** (po prawej)



Tensor InterAx pod obciążeniem od ruchu (badania w małej skali) - wyniki





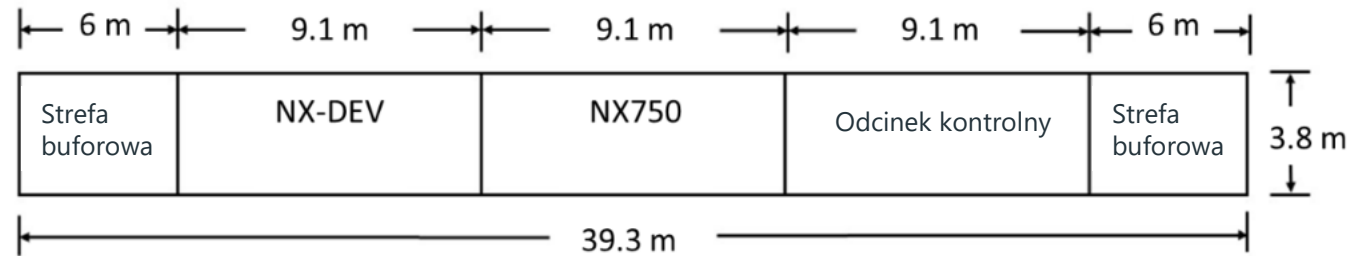
Testy w pełnej skali na odcinkach stabilizowanych georusztami InterAx

- Program badań w pełnej skali zrealizowany przez Korpus Inżynieryjny Armii Stanów Zjednoczonych w Vicksburgu w Mississippi
- Tor badawczy do przyspieszonych badań nawierzchni Engineer Research and Development Center (ERDC)
- Oś pojedyncza, koło bliźniacze
 - Obciążenie koła: 44kN
 - 10.000 przejazdów ~ 15.000 równoważnych 80 kN osi obliczeniowych

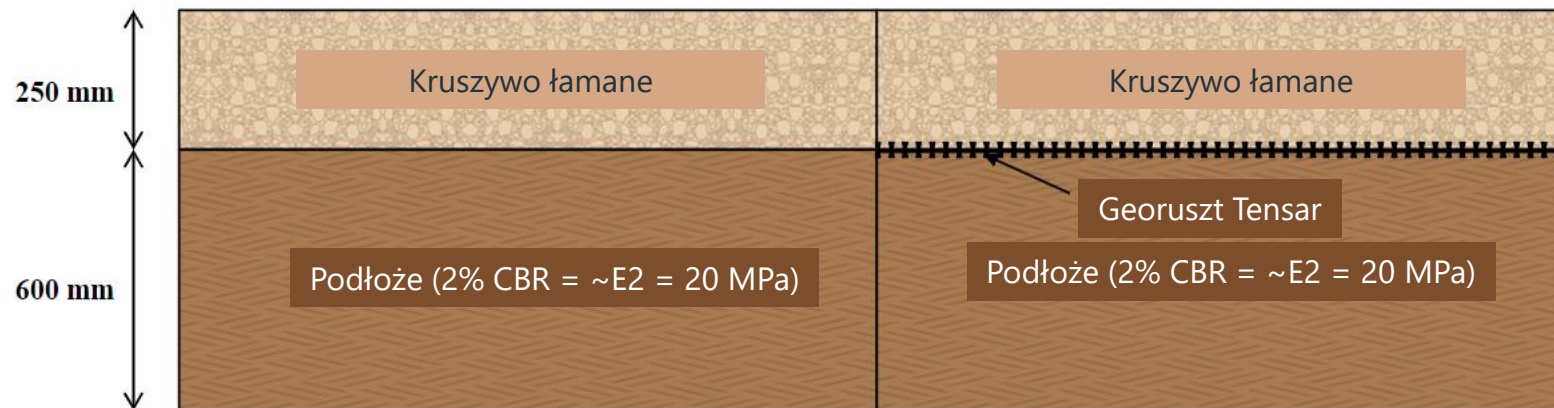




Testy w pełnej skali na odcinkach stabilizowanych georusztami InterAx



Widok odcinków w planie

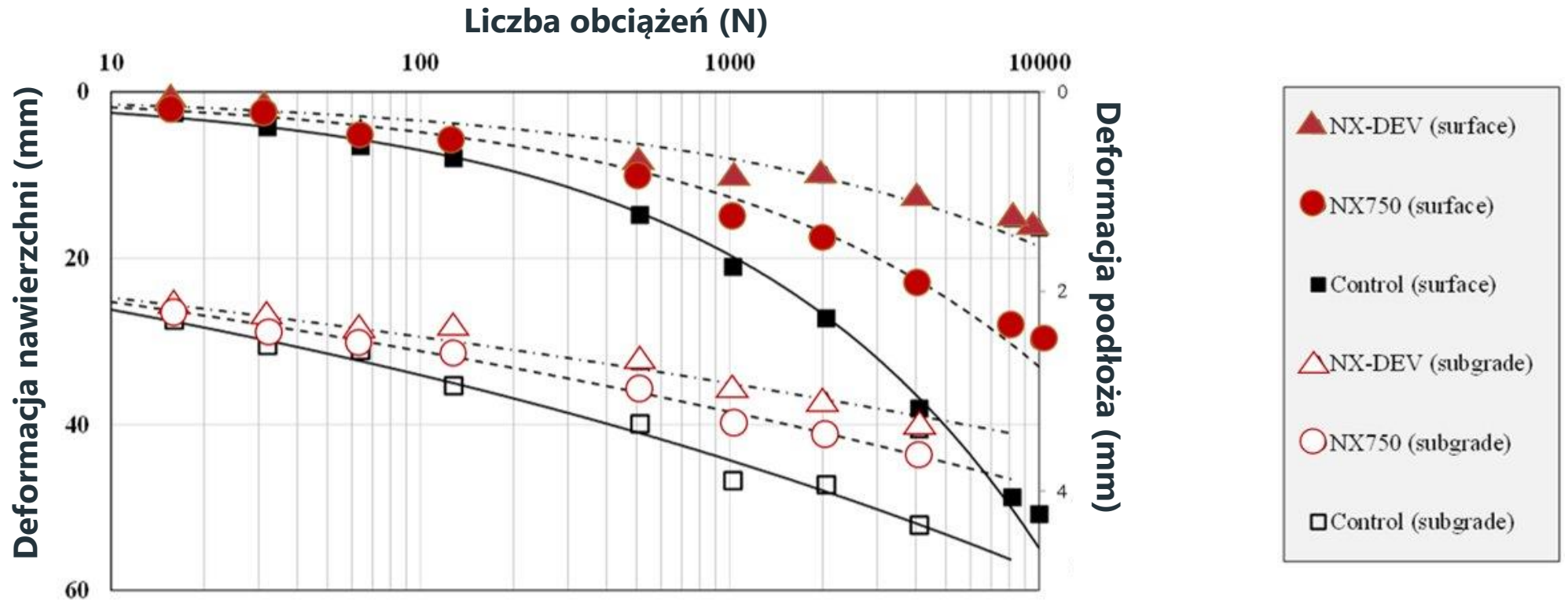


Odcinek kontrolny

Odcinek ze stabilizacją



Testy w pełnej skali na odcinkach stabilizowanych georusztami InterAx



	Poprawa względem odcinka kontrolnego bez stabilizacji ¹	Redukcja głębokości koleiny ²	Redukcja deformacji nawierzchni ²	Redukcja deformacji podłoża ²
NX750	6 -krotnie więcej przejeźdź	64%	49%	20%
NX-DEV	14-krotnie więcej przejeźdź	81%	75%	29%

Odcinki testowe nawierzchni nieulepszonych (Polska)



Odcinki testowe nawierzchni nieulepszonych (Polska)

Średni przyrost głębokości koleiny [mm]

	Sekcje kontrolne	Sekcje z Tensar InterAx NX850
Pelplin (500 przejazdów):	+23,4	+12,1
Gdańsk (250 przejazdów)	+71,6	+40,3
Częstochowa (kontrolne po 19 przejazdach, stabilizowane po 36 przejazdach)	+111	+78

Testy obciążenia platformy roboczej: S7, Kraków, Polska

- Platforma robocza wykonana z kruszywa łamanego
- Podłoże: grunty spoiste, $C_u = 60 \text{ kPa}$
- Obciążenie do zniszczenia platformy



Testy obciążenia platformy roboczej: S7, Kraków, Polska

$Q_u = 286\text{kN}$ (non-stab.)

$Q_u = 418\text{kN}$ (TriAx)

$Q_u = 507\text{kN}$ (NX850)



Tensar

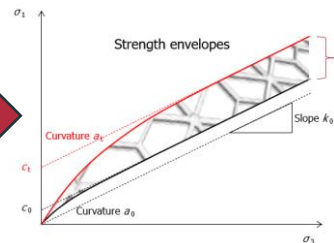
**Nowe metody
projektowe**

Nowe metody projektowe - LAAMS

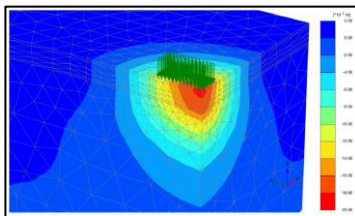
Dla różnych kruszyw i odmian georusztu:



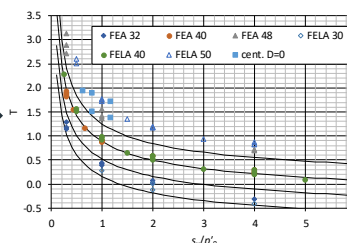
Badania w wielkowymiarowym aparacie trójosiowego ściskania



Parametry modelu TSS



Analiza parametryczna MES



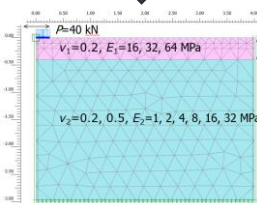
Zależności T-value



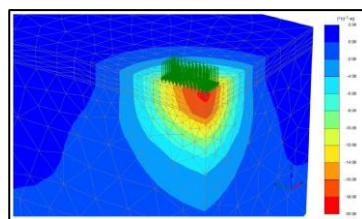
Testy w pełnej skali

Platformy robocze

Nawierzchnie nieulepszone



Wyprowadzenie modułu sprężystości

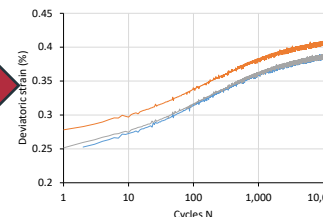


Analiza parametryczna MES

Nawierzchnie nieulepszone



Badania cykliczne w wielkowymiarowym aparacie trójosiowego ściskania



Charakterystyka przyrostu deformacji

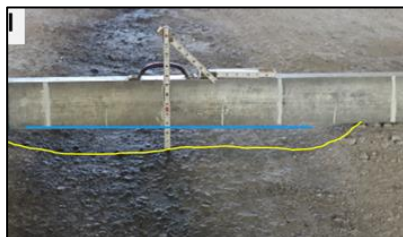
Nawierzchnie nieulepszone

Zalety metody projektowania nawierzchni nieulepszonych

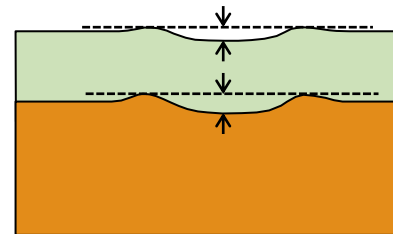
Nowa metoda pozwala na analizę parametrów niespotykanych w innych, obecnie istniejących metodach:



Różne obciążenia i geometria koła



Dowolna głębokość koleiny do 75mm



Sprawdzenie głębokości koleiny na górze konstrukcji oraz na podłożu



Ruch skanalizowany i rozłożony na większej powierzchni



Wszystkie rodzaje gruntów podłoża i różne rodzaje kruszyw



Odształcenia elastyczne (tzw. efekt łóżka wodnego)



Zweryfikowana przez niezależnych ekspertów



Nowe metody projektowe - LAAMS

LAAMS – Lees Approach to Applied Mechanical stabilisation:

- Nowa metoda projektowania nawierzchni nieulepszonych
- Metoda T-Value projektowania platform roboczych z georusztem InterAx

Wkrótce:

- Nawierzchnie nieulepszone na ponadnormatywne obciążenia
- Nawierzchnie kolejowe
- Nawierzchnie ulepszone



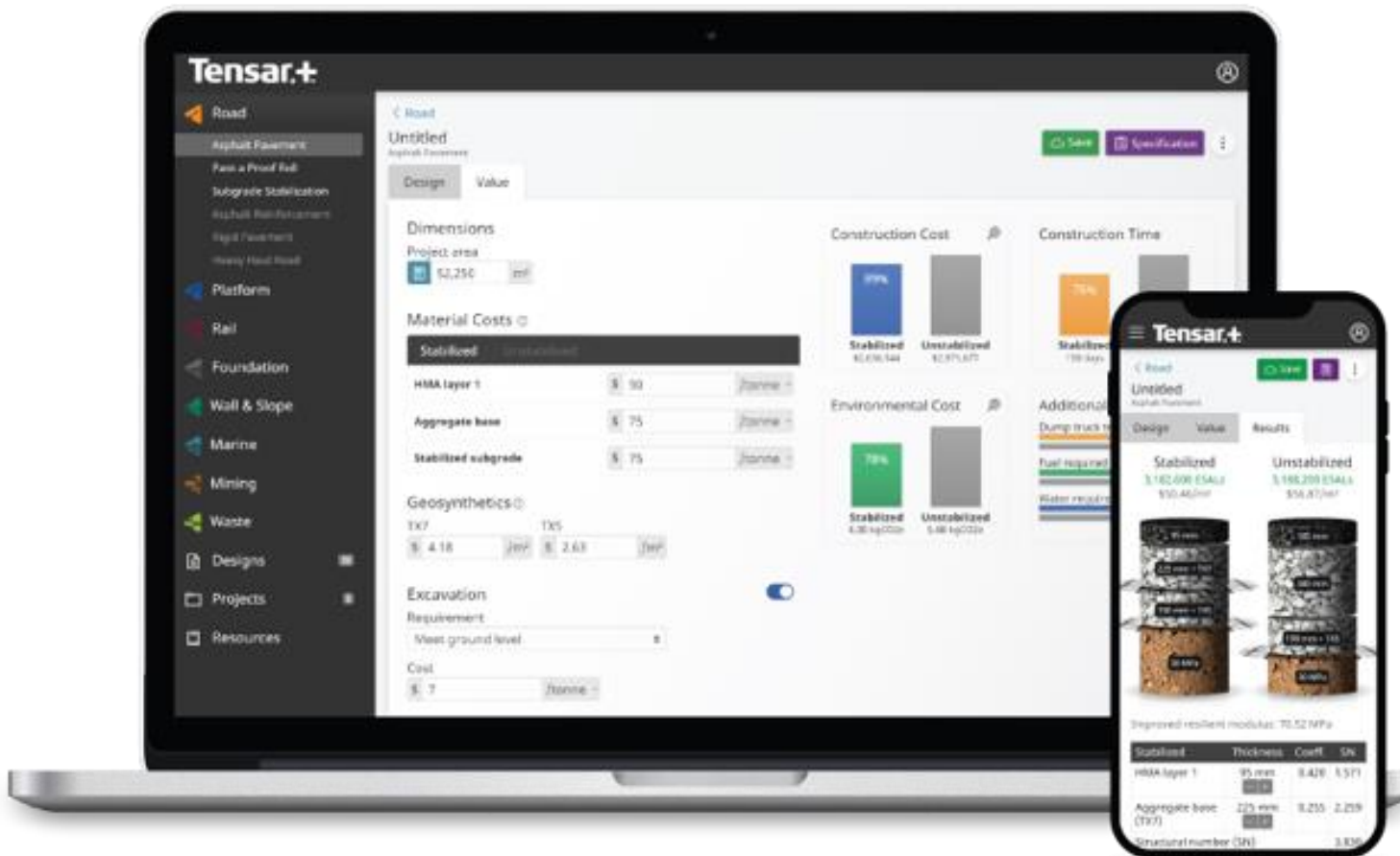
Tensar[®]

**Platforma
projektowa
TENSAR+**

Tensor InterAx™ - więcej niż nowy produkt

Tensor+ 

Oprogramowanie Tensor w chmurze

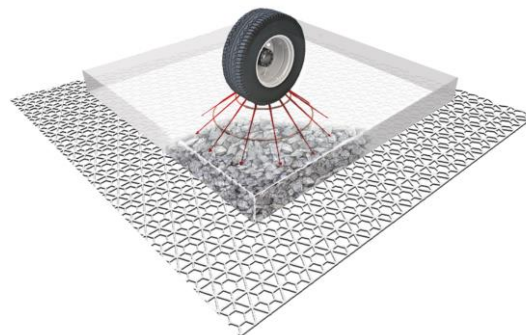


tensorplus.com

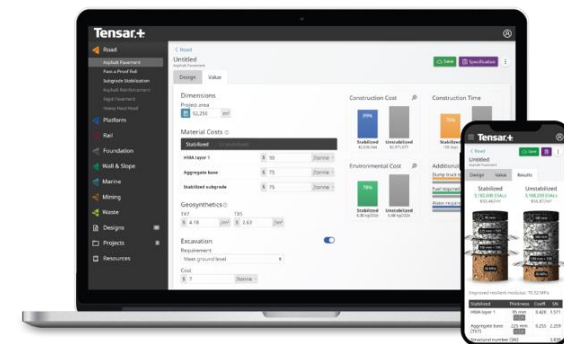
Podsumowanie – co omówiliśmy...



Innowacyjny produkt
Tensar InterAx™



Poprawa zaziębenia
Tensar InterAx™



Innowacyjny program
Tensar+



Badania



Inwestycje &
realizacje*



**Skrócenie
czasu
realizacji**



**Oszczędności
finansowe**



**Redukcja emisji
zanieczyszczeń**

** - w Stanach Zjednoczonych od wprowadzenia w kwietniu 2021 do dzisiaj zastosowano ponad 3 mln m2 georusztu InterAx w prawie 100 projektach*



Dziękuję