

**Tabela A8.** Wyniki obliczeń dla modelu MES-OS z geosiatką

Charakterystyka	Jednostka	Model MES-OS z geosiatką	
		$p = 12 \text{ kPa}$	$p = 22,2 \text{ kPa}$
Osiadanie średnie korony nasypu	mm	71,8	76,5
Osiadanie czapki	mm	17,1	20,1
Osiadanie gruntu w poziomie czapki	mm	86,1	90,8
Osiadanie podstawy kolumny	mm	16,5	19,3
Osiadanie gruntu w poziomie podstawy	mm	4,0	4,5
Poziom neutralny na głębokości	m	-5,84	-5,70
Siła pionowa na czapce	kN	236,4	281,4
Maksymalna siła pionowa w kolumnie	kN	329,7	379,7
Siła pionowa w podstawie kolumny	kN	210,8	245,3
Osiadanie pokonstrukcyjne korony:			
– od 260. do 2085. dnia	mm	21,9	26,4
– od 260. do 18510. dnia	mm	33,5	38,1

Do oceny pokonstrukcyjnego przemieszczenia nawierzchni drogowej miarodajne jest kryterium osiadania po 5 latach użytkowania wynoszące 50 mm (p. A1). Warunek jest spełniony dla obu modeli obciążenia użytkowego.

## A5. Obliczenia w układzie przestrzennym

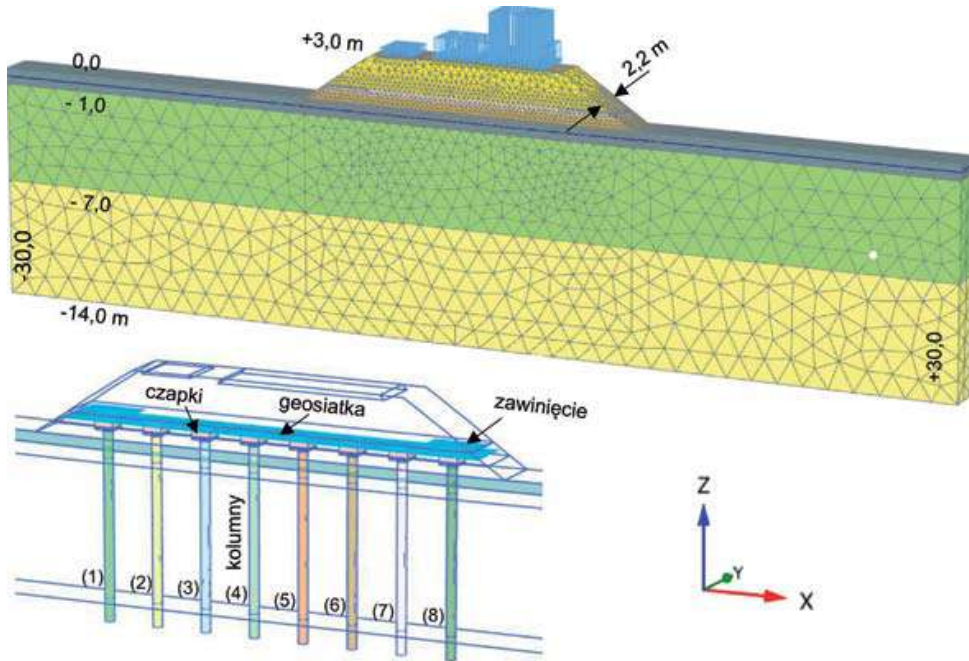
### A5.1. Model MES-3D

Model MES-3D, zbudowany w programie PLAXIS 3D (wersja 2021), obejmuje wycinek nasypu o długości 2,2 m odpowiadającej rozstawowi kolumn. Siatka elementów skończonych, pokazana na rysunku A24, składa się z 61 401 10-węzłowych elementów czworobocznych, o średnim rozmiarze ok. 0,488 m (pierwiastek sześcienny objętości elementu). Zastosowane modele konstytutywne oraz parametry są takie same jak dla modelu MES-OS z geosiatką. W obliczeniach uwzględniono aktualizację siatki (aktywna opcja *updated mesh*) oraz dwa modele obciążenia użytkowego (rys. A2).

Dla kolumn sztywnych z betonu przyjęto sieczny moduł sprężystości  $E_{cm} = 29 \text{ GPa}$ , odpowiadający betonowi C16/20 w wieku  $t_o = 28$  dni (rys. A1). W celu uwzględnienia wpływu pełzania betonu i zwiększonego ugięcia kolumn na osiadanie nawierzchni

drogowej w obliczeniach uwzględniono również efektywny moduł sprężystości betonu  $E_{c,eff}$  w wieku 50 lat ( $t = 18\,250$  dni), którego wartość obliczono zgodnie z PN-EN 1992, zakładając wilgotność względną środowiska  $RH = 90\%$  (przy 90% redukcja jest większa niż dla wilgotności 100%). Otrzymano współczynnik pełzania  $\varphi(t, t_o) = 1,915$  oraz moduł efektywny (Z144)

$$E_{c,eff} = \frac{1,05 E_{cm}}{1 + \varphi(t, t_o)} = \frac{1,05 \cdot 29,0}{1 + 1,915} = 10,4 \text{ GPa}$$



**Rys. A24.** Model nasypu i podłoża zbudowany w PLAXIS 3D (wariant z modelem uzupełniającym obciążenia na koronie nasypu)

Biorąc pod uwagę stosunkowo niski stopień wyężenia trzonu kolumn na ściskanie (mniej niż 40%), zmianę modułu sprężystości betonu w czasie uwzględniono w sposób uproszczony, manualnie zmniejszając wartość modułu w ostatnim kroku obliczeniowym, a więc czasu od  $t_{E5} = 2085$  do  $t_{E50} = 18\,510$  dni.

## A5.2. Analizy i kombinacje obliczeniowe

Obliczenia weryfikacyjne dla stanów granicznych SLS i ULS wykonano dwuetapowo, zgodnie z zasadami opisanymi w rozdziale 3 (tab. 3.11). W pierwszym kroku, wykorzystując parametry reprezentatywne i obciążenia charakterystyczne, obliczono