



Tabela 1. Szacowane osiadania autostrady (dwujezdniowej, trójpasowej A 2×3) w zależności od podłoża gruntowego oraz wysokości nasypu

Głębokość rozpoznania/zalegania gruntu słabego [m]		Otwór nr 1		Otwór nr 2		Otwór nr 3				
Wysokość nasypu H [m]	Opis sytuacji	4,0		6,0		12,5				
		Szacowane osiadanie s [cm]		Głębokość aktywna [m]	Szacowane osiadanie s [cm]		Głębokość aktywna [m]	Szacowane osiadanie s [cm]		
		2 m gruntu słabego	4 m gruntu słabego		2 m gruntu słabego	4 m gruntu słabego				
3,0	bez Nm	2,5	2,5	14,0	2,0	2,0	15,2	7,3	8,3	14,5(16,5*)
	z Nm $I_L=0,0$	5,5	8,7		5,2	8,7		9,6	12,8	
	z Nm $I_L=0,3$	8,9	15,4		8,9	15,6		12,9	19,3	
	z Nm $I_L=0,5$	35,7	69,4		36,3	71,1		39,3	71,3	
6,0	bez Nm	5,2	5,2	20,0(22,0*)	4,8	4,8	21,2	16,7	16,7	20,0
	z Nm $I_L=0,0$	10,6	15,4		9,9	14,9		21,9	25,6	
	z Nm $I_L=0,3$	16,1	26,4		15,4	25,9		27,3	36,2	
	z Nm $I_L=0,5$	60,1	114,6		59,1	113,4		70,2	121,5	
9,0	bez Nm	8,7	8,7	26,0	7,5	7,5	25,2	29,3	29,3	26,0
	z Nm $I_L=0,0$	15,8	22,9		14,6	21,7		34,3	39,2	
	z Nm $I_L=0,3$	23,5	38,3		22,5	37,3		41,6	53,2	
	z Nm $I_L=0,5$	85,2	161,4		83,9	160,0		99,9	168,9	
12,0	bez Nm	13,2	13,2	32,0	10,1	10,1	27,2	43,1	43,1	32,0
	z Nm $I_L=0,0$	22,3	31,5		19,1	28,1		52,0	58,4	
	z Nm $I_L=0,3$	32,2	51,4		28,9	47,5		61,6	77,4	
	z Nm $I_L=0,5$	111,7	210,7		107,1	203,1		138,2	229,0	

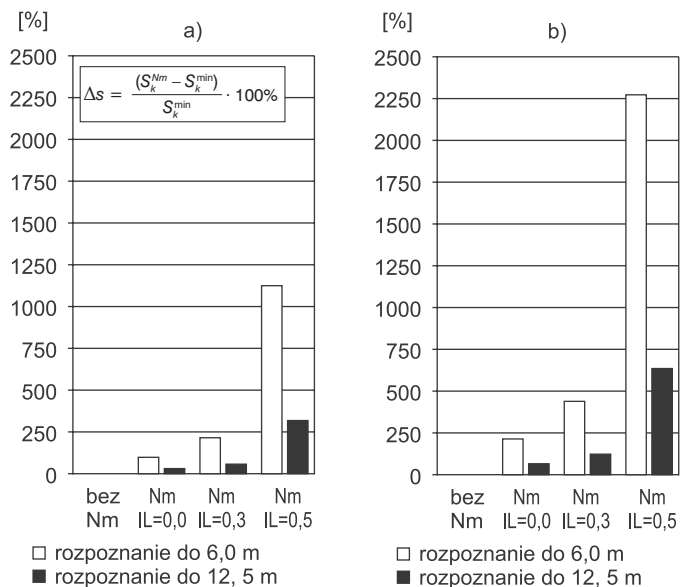
\* głębokość aktywna dla warstwy słabej o miąższości 4,0 m

dowych równomiernie rozłożone  $q$ , o wartości 27 kPa oraz gęstość objętościową gruntu w nasypie  $\sigma$  równą 1,9 g/cm<sup>3</sup>. Wyniki oszacowanych osiadań przedstawiono w tabeli 1.

Należy pamiętać, że dopuszczalna wartość osiadań eksploatacyjnych  $s_k$  korpusu i budowli ziemnej wynosi 10 cm [1]. W przypadku przekroczenia granicznej wartości dopuszczalnych osiadań  $s_k$ , niezbędne jest zastosowanie wzmocnienia podłoża.

Na podstawie otrzymanych wyników obliczeń można zaobserwować, jak nierozpoznana warstwa gruntu słabego wpływa na wielkość osiadań obiektu. Przyglądając się bliżej uzyskanym wartościom osiadań podłoża gruntowego pod nasypem autostrady o wysokości  $H$  równej 6,0 m, przy rozpoznaniu warunków w podłożu do poziomu 6,0 oraz 12,5 m poniżej poziomu terenu – ppt (odpowiednio otwór nr 2 i otwór nr 3) można porównać, jak zmieniają się wyniki w przypadku wystąpienia gruntu słabego w gruncie zalegającym poniżej znanych warstw. Jako poziom odniesienia przyjęto osiadanie wyznaczone dla przypadku, w którym słaba warstwa gruntu nie występuje, a materiał ostatniej rozpoznanej warstwy zalega do głębokości aktywnej.

Dla danych otrzymanych z otworu nr 2, gdzie rozpoznanie podłoża gruntowego sięgało 6,0 m ppt, otrzymano osiadanie równe 4,8 cm, które nie przekracza wartości dopuszczalnej  $s_k$ . Rozpatrując sytuację, w której w podłożu występowałyby warstwa gruntu słabego, do obliczeń przyjęto namul ( $I_L=0,0; 0,3; 0,5$ ), można zauważyć jak duże różnice osiadań otrzymano, w stosunku do sytuacji, w której brak jest słabej warstwy gruntu. Ogromny wpływ na wartości osiadań wywiera także stan



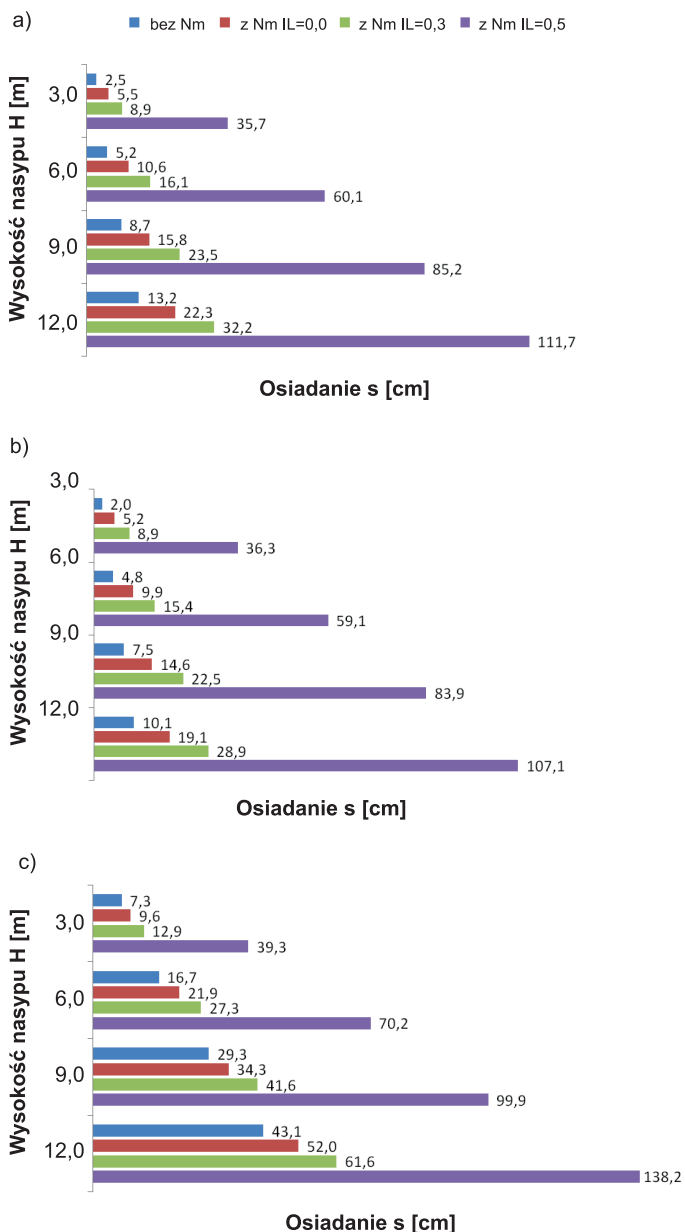
Rys. 2. Procentowa różnica pomiędzy osiadaaniem podłoża w sytuacji występowania oraz braku występowania słabej warstwy gruntu poniżej głębokości rozpoznania geotechnicznego a) dla 2-metrowej warstwy słabego gruntu, b) dla 4-metrowej warstwy słabego gruntu

gruntu słabej warstwy geotechnicznej (tab. 1). Na rysunku 2 przedstawiono procentową różnicę osiadań podłoża gruntowego pod ciężarem nasypu drogowego oraz od obciążenia ruchem samochodowym w przypadkach występowania oraz braku występowania w podłożu słabej warstwy gruntu.

Podłoże rozpoznane do głębokości 6,0 m ppt (kolor biały, rys. 2) wykazuje ponad 3-krotnie większe różnice osiadań w porównaniu do sytuacji, w której rozpoznanie było około 2-krotnie większe (kolor czarny na rys. 2). Im większy jest zastosowany zasięg badań podłoża gruntowego, tym dokładniej projektant jest w stanie przeprowadzić analizę osiadań projektowanej konstrukcji.

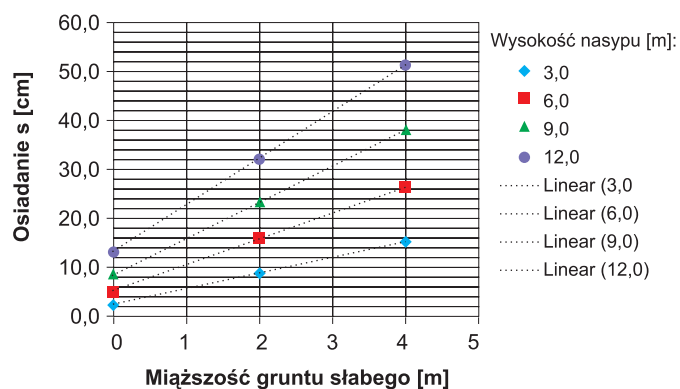
## Wpływ wysokości nasypu drogowego oraz miąższości gruntu słabego na wyniki osiadań podłoża

Wysokość budowli komunikacyjnej  $H$  (rys. 1) wpływa bezpośrednio na wyniki obliczeń osiadań budowli ziemnej. Zależność osiadań ( $s$ ) od wysokości nasypu ( $H$ ) zalegającego



Rys. 3 Zależność oszacowanej wartości osiadań od wysokości nasypu przy 2-metrowej warstwie słabego gruntu, a) otwór nr 1, b) otwór nr 2, c) otwór nr 3

nad rozpatrywanym podłożem (rys. 3) jest zbliżona do liniowej. Podobnie przedstawia się relacja pomiędzy miąższością warstwy słabego gruntu a wartościami osiadań. Na rysunku 4 przedstawiono oszacowane wartości osiadań dla danych geotechnicznych z otworu nr 1, w przypadku wystąpienia w podłożu namułu o stopniu plastyczności  $I_L=0,3$ .



Rys. 4. Zależność osiadania podłoża od miąższości warstwy słabego gruntu i wysokości nasypu  $H$  – otwór nr 1,  $N_m (I_L=0,3)$

Duże ryzyko niedoszacowania osiadań występuje w miejscach przy dużej wysokości budowli, co powoduje znaczny wzrost obciążeń. Sytuacja ta jest przedstawiona na rysunku 4, z którego wynika, że istotny jest wpływ miąższości warstwy ściśliwego gruntu w podłożu na wartości osiadań. Przy wysokości nasypu drogowego równej 12,0 m i braku słabej warstwy geotechnicznej oszacowane osiadanie wynosi 13 cm, podczas gdy przy 4-metrowej warstwie słabego gruntu jest ono większe o prawie 40 cm.

## Podsumowanie

Z przeprowadzonych analiz wynika, że zbyt płytkie rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych, zwiększa ryzyko pominięcia ewentualnie występującej, niekorzystnej dla budowli, warstwy słabego gruntu. Brak rozpoznania w podłożu gruntowym stref o słabych parametrach geotechnicznych może spowodować przekroczenie dopuszczalnych wartości osiadań konstrukcji, powodować pęknięcia elementów konstrukcyjnych budowli, przechylenie lub przewrócenie budowli. W przypadku dróg może także doprowadzić do zmiany przechytek (szczególnie niebezpieczne na łukach poziomych), niekontrolowanych zmian niwelety drogi, powstania nierówności poprzecznych bądź utraty stateczności skarp budowli ziemnych.

## Bibliografia

- [1] Dz.U. z 1999 r. nr 43 poz. 430: *Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie*
- [2] PN-81/B-03020 – *Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie*
- [3] Świątek Z. (2011): *Nowoczesne badania w geotechnice*. Dypłomowa praca magisterska, Politechnika Śląska, Gliwice ■