既設盛土の保水性と補強対策について

NEXCO 総研　正会員　○安部　哲生
NEXCO 総研　正会員　小林　一
川崎地質　正会員　三嶋　信雄

１．はじめに

近年，豪雨や地震により高速道路の既設盛土（以下，「盛土」とする．）の一部が崩落するといった災害が多々発生している．そのような災害が発生した箇所の盛土材（崩落土）は，必ずと言ってよいほど高含水状態である．そのため，盛土内の水（以下，「盛土内浸入水」という．）が何らか既設盛土に影響を与えていると考え，同じような災害を発生させないために，盛土の補強対策として，のり面に湧水が見られるような含水比の高い盛土に対し，砕石竪排水工といった盛土内浸入水排除対策[1)]（以下，「水抜き対策」という．）を実施している．しかしながら，盛土は含水比が高いとはいえ，間隙に満々と水を蓄えた飽和状態でなく，盛土内の一部に水みちのような含水比の高い部分が存在するだけで，ほとんどは不飽和状態である．そのため，盛土材によってはサンションによる保水力が大きく，水抜き対策をしても盛土材の含水比を容易に低下させることができないことが明らかになってきた．本論文では，このようなことを踏まえ，盛土材の保水性や補強対策について述べる．

２．盛土内浸入水が既設盛土に与える影響

不飽和状態の盛土内に水が浸入することで，盛土の強度にどのような影響を与えるのか把握するため，供用している高速道路盛土から採取した試料を使用して，以下に示す実験を行った．採取した試料は，東北地方太平洋沖地震で盛土のり面の崩落災害が発生した常磐自動車道　上り 92.4KP 付近の盛土材である（**図 1**）．その盛土材を使用して，締固め度を 4 種類（D_c=85,90,95,100%），空気間隙率を 4 種類（V_a=5,10,15,20%）変化させた計 16 種類の供試体（**図 1** の a～p に該当する）を作製し，一軸圧縮試験を実施した．その結果を**図 2** に示す．いずれの密度比（D_c）においても含水比（w）が高くなるにつれ強度（q_u）は低下している．また，その傾向は密度比（D_c）が高いほど顕著である．

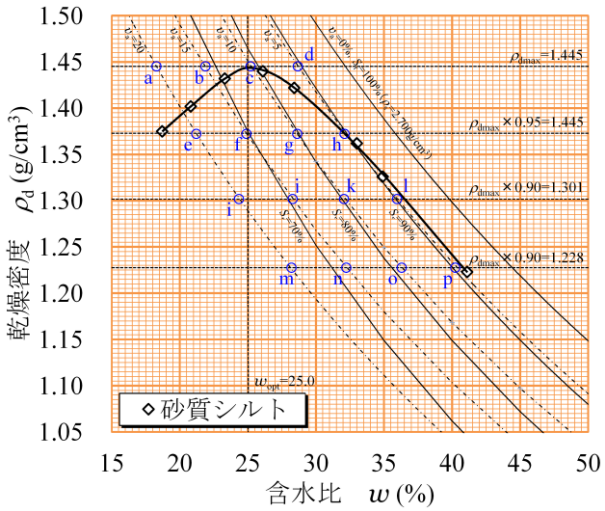

図 1　採取試料の締固め曲線

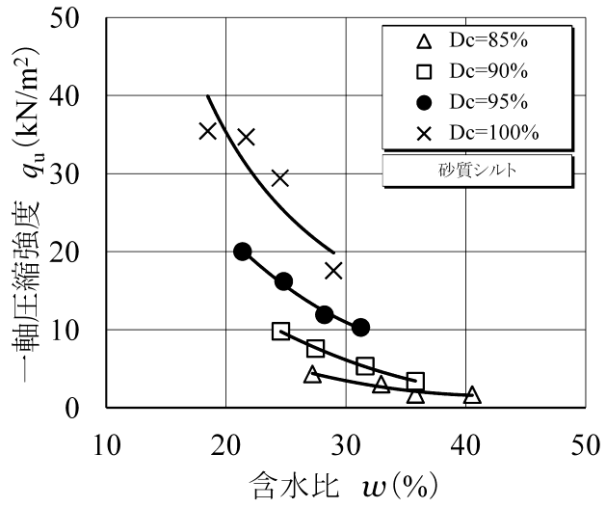

図 2　含水比と強度との関係

のり面の崩落災害が発生した盛土は，災害が発生する直前まで隆起（膨張）や沈下（収縮）といった変状を起こさなかったことから，それを踏まえると施工当時の締固め状態が崩落災害発生直前まで維持されていた（D_c＝一定）と考えられる．すなわち，締固め状態が維持されていたにも関わらず，盛土内の間隙に水が浸入することで盛土の強度は低下していたものと推測される．

３．盛土内浸入水排除対策による盛土補強

常磐自動車道　上り 92.4KP 付近では，盛土材の含水比を下げる目的で，水抜き対策（砕石竪排水工）を実施している．その効果を確認するため，対策前と対策後（施工から

キーワード　盛土，締固め，含水比，飽和度，保水性
連絡先　〒194-8508　東京都町田市忠生１－４－１　TEL 042-791-1694　FAX 042-791-2380

約 1 年後）の盛土強度をオランダ式二重管コーン貫入試験で確認したところ，顕著な差は確認されなかった．このことは，**図 2** の関係から踏まえると，盛土材の含水状態に変化があまりなかったことを示していると考えられる．この原因としては，含水比が高い盛土材とはいえ不飽和土であることから，盛土材のサクションによる保水力が大きく，透水性の良い砕石材であっても盛土内浸入水を排出させるだけの力がなかったものと推測される．そのため，盛土材自体の保水力について確認すべく，保水性試験を試みた．

4．盛土材の保水性

盛土材の保水性試験は，脱水過程・吸水過程ともに吸引法（水頭型）により行った．その結果を**図 3** に示す．また，盛土材（砂質シルト）の物性値について**表 1** に示す．この盛土材の自然含水比（w_n）は 34.3%ということで，水分特性曲線上では含水比（w）・飽和度（S_r）の高い側に位置し，これ以上，盛土材の含水比を下げることは，水分特性曲線の示す傾向から容易ではないことが分かる．とは言え，自然含水状態で飽和度（S_r）は 90%を超えており，不飽和土と言えども飽和度（S_r）の高い盛土材である．少し盛土材の含水比が増えれば，たちまち盛土材は飽和状態になり安定が損なわれる可能性をあることから，水抜対策以外の対策を講じる必要があると考える．

これとは別に.，保水性の高い盛土材を探っていく中で，泥岩など脆弱岩材料からなる盛土において，施工時と供用後の現時点とで，含水状況が大きく変わっていることが明らかとなった．全国 9 地区において，脆弱岩を用いられた盛土の調査を実施したところ，いずれも盛土材も飽和度（S_r）が 90%程度もしくはそれ以上の値を示した．**表 2** に代表的な 3 地区の調査結果を示す．これまで，施工時の含水状態がそれなりに保たれているものと考えてきたが，そうではないことが明らかとなった．

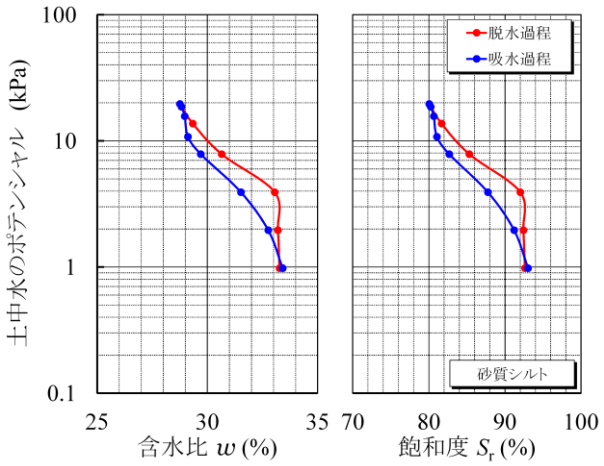

図 3　盛土材（砂質シルト）の水分特性曲線

表 1　盛土材（砂質シルト）の物性値

項　目		物性値	項　目		物性値
土粒子の密度	ρ_s(g/cm3)	2.70	自然含水比	w_n(%)	34.3
石分 75mm以上	%	0.0	最大粒径	mm	9.5
礫分 2mm以上	%	0.9	細粒分含有率	Fc(%)	54.1
砂分 2mm～75μm	%	45.0	液性限界	w_L(%)	59.0
シルト分 75μm～5μm	%	25.8	塑性限界	w_P(%)	30.5
粘土分 5μm以下	%	28.3	塑性指数	I_P	28.5

表 2　脆弱岩の路頭材料と盛土材料の物性の変化

土質試験項目		東名 掛川		北陸道 能生		上信越道 高崎	
		路頭	盛土	路頭	盛土	路頭	盛土
土粒子の密度	ρ_s (g/cm^3)	2.701	2.62～2.72 (2.70)	2.678	2.69～2.70 (2.69)	2.626	2.60～2.73 (2.68)
含水比	w_n (%)	21.1	16.2～30.5 (23.6)	16.4	17.7～38.3 (25.6)	18.5	15.9～43.1 (27.7)
液性限界	w_L (%)	44.2	40.6～55.3 (46.8)	51.0	58.6～114.4 (93.0)	56.1	51.0～77.3 (66.7)
塑性限界	w_P (%)	26.1	18.2～25.2 (22.0)	21.0	16.9～21.7 (18.9)	30.5	25.8～31.2 (28.1)
塑性指数	I_P	18.1	20.0～30.1 (24.8)	30.0	41.1～96.9 (74.2)	25.6	24.9～50.9 (38.6)
ｽﾚｰｷﾝｸﾞ率(%)		98.4	—	100.0	—	92.3	—
乾燥密度	ρ_d (g/cm^3)	1.462	1.49～1.73 (1.61)	1.578	1.32～1.73 (1.57)	1.499	1.20～1.67 (1.42)
飽和度	S_r (%)	67.2	90.7～102.9 (97.8)	63.0	85.7～98.3 (94.5)	64.6	87.9～99.5 (94.2)

※スレーキング率はNEXCO試験方法110による
※表中の（）は平均値を示す。
※盛土からの試料採取は、降雨の影響を省くため地表面から2m以深より採取している。

5．まとめ

盛土内浸入水が盛土の安定に影響を与えていることから，まずは水抜き対策を実施すべきと考えたが，基本，不飽和土である盛土に対しては，水抜き対策だけで万全とは言い難い場合があることが明らかとなった．とくに，保水性が高く飽和度の高い盛土材からなる盛土では，水抜き対策に加え，それ以外の補強対策を講じる必要が考える．

今後，どのような盛土材が保水性が高く，水抜き対策を実施しても飽和度が高く維持されてしまうのか特定していき，そのような盛土材からなる盛土に対し，水抜き対策以外のどのような対策が有効的なのか，検討していきたいと考える．

参考文献

1）安部哲生・長尾和之・藤岡一頼・中村雅範：盛土内浸入水排除工　ー砕石竪排水工ー，地盤工学会誌，Vol. 61, No. 8, pp30～31, 2013