

埋戻し土として石灰系改良土を使用した場合の 液状化防止効果

環境テクノサービス(株) 松本 和彦

1.はじめに

全国で約 200 箇所の土質改良プラントが運営されており、この施設を經由して年間 900 万 m³ の建設発生土がリサイクル使用されている。使用先の中で最も多くを占めるのが下水道工事における埋戻し用である。我々は、平成 15 年、仙台市の 5 箇所から採取した発生土を石灰系固化材で改良して改良前後の液状化強度を比較し、改良によって液状化強度が著しく上昇するとの知見を得た。その後、中越地震で下水道施設の浮き上がり事故が多数報告されたことを受け、より詳しく改良土の液状化特性を調査すべく、金沢市の 3 箇所から採取した発生土につき試験を行い、改めて優れた改良効果を確認した。

2.仙台市改良土の液状化特性

(1) 試料

試料は、仙台市の 5 地点の下水道工事現場から採取した。試料の物理特性を表 1 に示す。

(2) 改良土の調整

改良土は、発生土を生石灰(石灰系固化材を含む)やセメントと混合、分級後、数日間養生することで得られる。本試験では、固定式の土質改良プラントの多くで採用されている石灰系固化材で改良した改良土について液状化特性を調べた。試料に石灰系固化材を CBR が 15%以上になるように配合して改良土を調整した。

(3) 改良土の液状化強度

各発生土、各改良土につき、繰返し非排水三軸試験を行い、液状化強度(繰返し載荷回数が 20 回のときの繰返し応力振幅比)を比較した。供試体は、直径 50mm、高さ 100 mm のモールドに 5 層で突固めて作成した。結果を図 1 に示す。

(4) 結果についての考察

供試体の密度が高かったため、発生土、改良土ともに、一般的な不攪乱試料と比較して高い液状化強度が得られた。発生土と改良土との比較では、改良土の液状化強度が発生土のそれを大きく上回り、2 前後に達した。

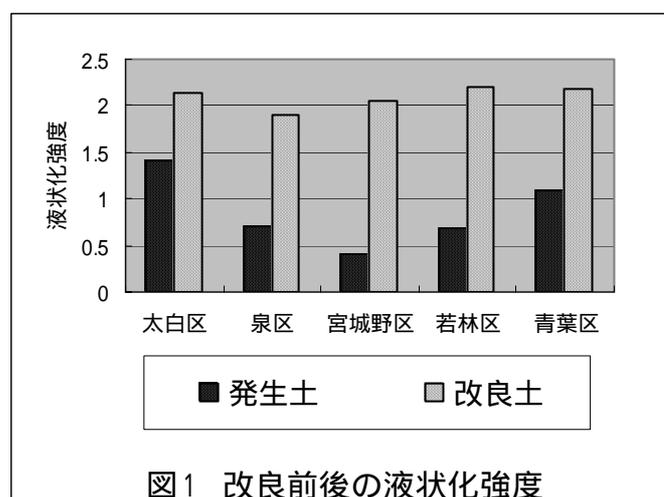
3.金沢市改良土の液状化特性

仙台市の発生土に関する試験では、発生土自

表 1 仙台市発生土の物理特性

	太白区	泉区	宮城野区	若林区	青葉区
密度	2.690	2.622	2.622	2.618	2.663
含水比	18.1	19.3	24.7	32.6	14.5
礫分	34.7	32.9	31.3	9.1	54.4
砂分	41.7	35.0	41.3	23.8	34.6
シルト分	10.4	13.5	12.2	29.5	4.5
粘土分	13.2	18.6	15.2	37.6	6.5
最大粒径	53	75	75	37.5	53
50%粒径	0.53	0.35	0.44	0.013	3.4
液性限界	53.1	61.9	49.2	62.4	40.4
塑性限界	30.1	25.0	26.6	32.8	28.2
塑性指数	23.0	36.9	22.6	29.6	12.2
CBR	22.2	10.4	0.8	3.6	8.8
コーン	不可	不可	247	941	不可

単位:密度g/cm³、コーン指数 kN/m²、粒径 mm、その他%



体の強度が高く、また、締固め度が高かったため、未改良でも高い液状化強度が得られた。その後、中越地震での被害状況が明らかになったのを受け、日本海側地区の代表として金沢市の発生土を取り上げ、特に締固め度に着目して改良土の液状化防止効果を調べた。

(1) 試料

試料は、金沢市の3地点の下水道工事現場から採取した。また、比較のため、金沢市内で流通している浜砂も採取した。試料の物理特性を表2に示す。

表2 金沢市発生土の物理特性

	単位	浜砂	示野	南森本	末町
密度	g/cm ³	2.699	2.660	2.672	2.686
含水比	%	7.8	25.4	53.9	28.9
礫分	%	0	29.4	0	57.3
砂分	%	97.6	31.5	19.8	20.2
シルト分	%	0.4	16.3	31.2	7.7
粘土分	%	1.7	22.8	49.0	14.8
最大粒径	mm	4.3	36.5	2.0	46.5
50%粒径	mm	0.3	0.2	0.0054	4.4
液性限界	%	NP	41.0	48.2	46.7
塑性限界	%	NP	24.2	28.0	32.5
塑性指数		NP	16.8	20.2	14.2
CBR	%	13.7	1.5	0.4	1.6

(2) 改良土の調整

浜砂を除く3つの試料にCBRが8%、20%になるように石灰系固化材を配合して改良土を調整した。

(3) 供試体の作成

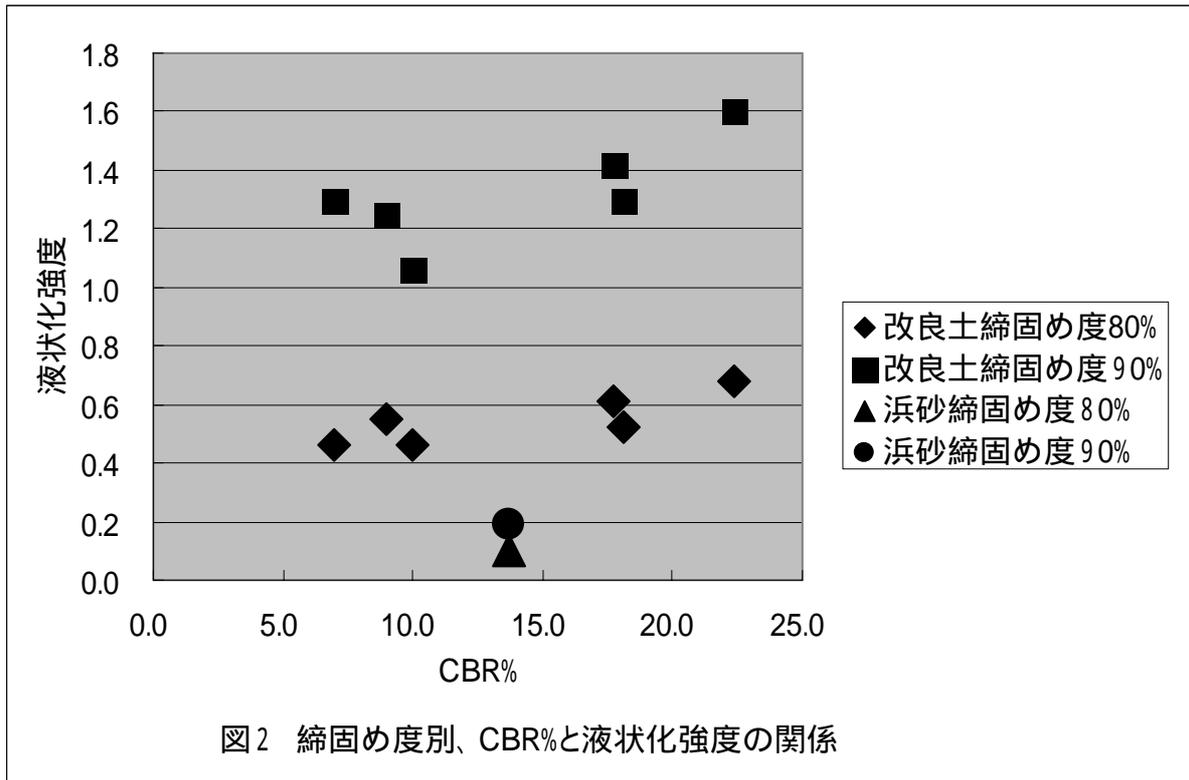
繰返し非排水三軸試験に供する供試体の作成は以下の手順でおこなった。まず始めに、改良土の締固め試験を行い、最大乾燥密度を求めた。そして、その80%、90%の密度になるように試料を取り、それを5等分して、専用の突き棒と円板を用いて5分の1の高さずつ、突固めることにより供試体を作成した。

(4) 液状化強度の測定

浜砂および各改良土につき、繰返し非排水三軸試験を行い、液状化強度（繰返し載荷回数が20回のときの繰返し応力振幅比）を測定した。結果を表3および図2に示す。

表3 浜砂および金沢市改良土の液状化強度

試料名	設定 CBR	実測 CBR	最大乾燥密度	締固め度	設定密度	液状化強度
浜砂	**	13.7%	1.592	80%	1.274	0.11
				90%	1.433	0.19
示野	8%	10.0%	1.608	80%	1.286	0.46
				90%	1.447	1.06
	20%	18.1%	1.532	80%	1.226	0.52
				90%	1.379	1.30
南森本	8%	9.0%	1.263	80%	1.010	0.55
				90%	1.137	1.25
	20%	17.7%	1.160	80%	0.928	0.61
				90%	1.044	1.42
末町	8%	7.0%	1.468	80%	1.174	0.46
				90%	1.321	1.30
	20%	22.4%	1.506	80%	1.205	0.68
				90%	1.355	1.60



(5) 結果についての考察

表3および図2に示すように、同じ地区の同じCBRの発生土でも、締固め度90%の供試体は80%のそのものの2.3~2.8倍の液状化強度を示し、締固め度の重要性が証明された。一方、CBRの違いが液状化強度に与える影響は、8%より20%の方が2割程度高くなる程度であった。

4.全体のまとめ

経験的に液状化の可能性は、液状化強度0.25以下で大きい、0.25~0.35で中位、0.35以上で小さいといわれている。金沢市の発生土を使った詳細な測定で、海砂の液状化強度が0.11~0.19であったのに対し、改良土は、試料中最も低いもの(末町、CBR7%、締固め度80%の場合)でも0.46の値を示し、改良土が液状化の防止に極めて有効であることが確認された。