

下水汚泥焼却灰を利用した改良土の埋設管の液状化対策への適用に関する検討

独立行政法人土木研究所
国土交通省徳島河川国道事務所
横浜市環境創造局
横浜改良土センター(株)

正会員
正会員
高瀬行廣, 佐藤 実
井手洋介, 小嶋利司

○佐々木哲也, 杉田秀樹, 水橋正典
石原雅規

1. はじめに

2003 年十勝沖地震や 2004 年新潟県中越地震では、埋戻し土の液状化による下水道管路やマンホールの浮き上がり等の被害が多発し、このような被害の軽減を図ることが急務となっている．一方、近年では管路布設に際し、建設発生土、下水汚泥焼却灰等の各種リサイクル材料が埋戻し材料として用いられるようになってきており、このようなリサイクル材料の液状化被害防止の観点からの性能についても検討が求められている．そこで、本研究では、動的遠心模型実験により下水汚泥焼却灰を用いた改良土による埋戻しの液状化対策としての効果を検討した．

2. 実験模型

実験条件を表-1 に、模型の断面図を図-1 に示す．模型は、実物の 1/25 あるいは 1/15 を想定し、周辺地盤と管渠模型を埋設した 3 つの埋戻し部からなるものである．周辺地盤は液状化地盤を想定した江戸崎砂あるいは軟弱粘性土地盤を想定した合成ゴム ($E=1.1\text{MN/m}^2$) とした．

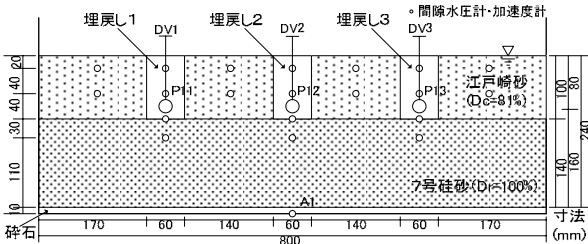
埋戻し部には、下水汚泥焼却灰を用いた改良土（以下、改良土と呼ぶ）、江戸崎砂、未処理土、山砂を用いた．埋戻し材料の主な物性を表-2 に示す．下水汚泥焼却灰を用いた改良土は、発生土に下水汚泥焼却灰 70kg/m^3 、生石灰 30kg/m^3 を添加して作成された改良土であり、埋戻し土の固結による液状化対策としての効果が期待されている．未処理土は改良前の発生土である．改良土では、供試体作成直後～28 日間まで養生期間を変えて土質試験および遠心実験を実施しており、 q_u については、養生を行うことにより締固め度 80% でも文献 1) に示されている液状化被害防止に必要な一軸圧縮強度の目安値の 50kPa 以上を確保している．なお、模型の寸法上、全ての材料で 4.75mm フレイを通したものを使用した．

管路模型は円筒形の亚克力製で、直径は Case05-01 で 21mm 、Case07-01～07-03 で 30mm 、比重はいずれも 0.8 になるよう調整した．

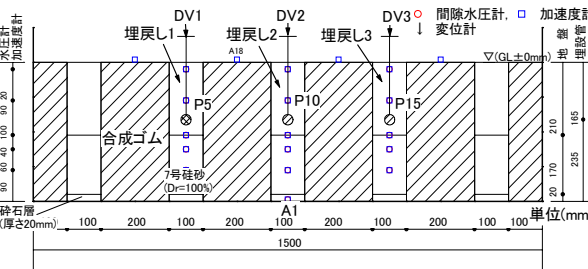
実験は Case05-01 で 25G 、Case07-00, 07-02 では 15G の遠心力場で行い、これに伴い間隙流体として、遠心加速度に応じて粘性を調整したメチルセルローズ水溶液を用いた．実験では所定の遠心加速度に達した後に加振を行い、入力波として、Case05-01 では

表-1 実験条件

ケース	埋戻し	埋戻し材	締固度 (%)	原地盤	遠心加速度 (G)	加振条件
Case05-01	1	改良土(養生なし)	91.1	江戸崎砂 ($D_c=81.5\%$)	25	sin波10G25Hz20波 (約400gal1Hz相当)
	2	未処理土	82.2			
	3	山砂1	90.0			
Case07-01	1	改良土(7日養生)	79.8	合成ゴム	15	sin波8G30Hz40波 (約500gal2Hz相当)
	2	改良土(7日養生)	90.8			
	3	山砂2	89.9			
Case07-02	1	山砂2	79.5			
	2	改良土(28日養生)	90.9			
	3	改良土(28日養生)	80.0			
Case07-03	1	江戸崎砂	80.3			
	2	改良土(5日養生)	90.3			
	3	山砂2	74.8			



(a) Case05-01 (25G)



(b) Case07-01～07-03 (15G)

図-1 実験模型

表-2 埋戻し材料の物性

ケース	埋戻し	材料	養生期間	D_c (%)	D_{50} (mm)	FC (%)	ρ_{dmax} (g/cm ³)	CBR	q_u (kPa)	R_{L20}
Case05-01	1	改良土	直後	90	0.068	52.0	1.17	6.5	-	0.38
	2	未処理土	直後	82	0.244	25.3	1.58	2.9	-	0.21
	3	山砂1	直後	90	0.189	7.9	1.49	15.0	-	0.15
Case07-01	1	改良土	10日	80	0.052	52.0	1.25	4.4	51.2	0.35
	2	改良土	10日	90	0.052	52.0	1.25	7.9	190	0.55
	3	山砂2	直後	90	0.286	12.0	1.70	13.9	-	0.39
Case07-02	1	山砂2	直後	80	0.286	12.0	1.70	5.6	-	0.21
	2	改良土	28日	80	0.052	52.0	1.25	5.4	66	0.36
	3	改良土	28日	90	0.052	52.0	1.25	10.1	239	0.61
Case07-03	1	江戸崎砂	直後	80	0.261	3.8	1.57	-	-	0.13
	2	改良土	5日	80	0.052	52.0	1.25	-	-	-
	3	山砂2	直後	75	0.286	12.0	1.70	5.6	-	-

*: $D_c=85\%$ 時の値、**: $D_c=86\%$ 時の値

キーワード 埋設管, 遠心模型実験, 地震, 改良土
連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 独立行政法人土木研究所 TEL029-879-6771

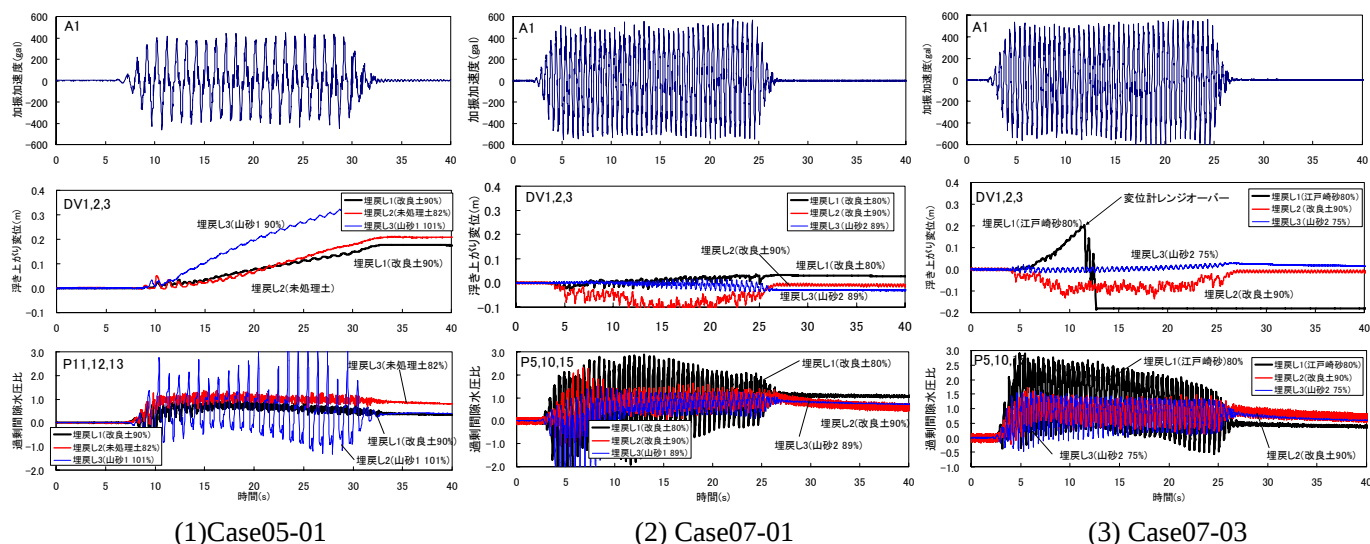


図-2 代表的な計測項目の時刻歴（重力場換算）

正弦波 25 Hz10G20 波（実換算 1Hz 約 400gal 相当）、Case07-00,07-02 では正弦波 30 Hz8G40 波（実換算 2Hz500gal 相当）を用いた。

3. 実験結果

図-2 に Case05-01, Case07-01,03 の代表的な計測項目の時刻歴を、図-3 に各ケースの埋設管の残留鉛直変位と埋戻し部地表面の残留沈下量を示す。ここでは重力場換算した値を用い、鉛直変位は浮き上がりを正とする。

図-2 より、全てのケースで過剰過激水圧の上昇が見られたものの、浮き上がりが生じたのは Case05-01 と Case07-03 の江戸崎砂 80%による埋戻しのケースのみである。ただし、図-3 に示したように、改良土で養生を行ったケース以外では埋戻し部地表面の沈下が生じている。改良土については、養生を行わなかったケースでは浮き上がりが生じたものの、養生を行ったケースでは、埋設管の浮き上がり、埋戻し部の沈下ともほとんど生じなかった。これは、改良土の養生による固結作用より、液状化抵抗が高まったためであると考えられる。図-4 に繰り返し三軸試験による R_{L20} と浮き上がり量の関係を示す。液状化抵抗が低いほど浮き上がり量が大きくなる傾向が見られ、改良土のケースでは、 R_{L20} が 0.4 程度以上あれば浮き上がりおよび埋戻し部の沈下がほとんど生じていないことがわかる。

4. まとめ

下水汚泥焼却灰を用いた改良土による埋戻しの液状化対策としての効果を動的遠心模型実験により検討した。その結果、改良土による埋戻しで養生期間を設けることにより、埋設管の浮き上がりおよび埋戻し部の沈下を抑制できることがわかった。なお、本研究は土木研究所、横浜市環境創造局、横浜改良土センター(株)の共同研究として実施したものである。

<参考文献> 1) (社)日本下水道協会：下水道施設の耐震対策指針と解説-2006 年版-, pp.144-145, 2006.

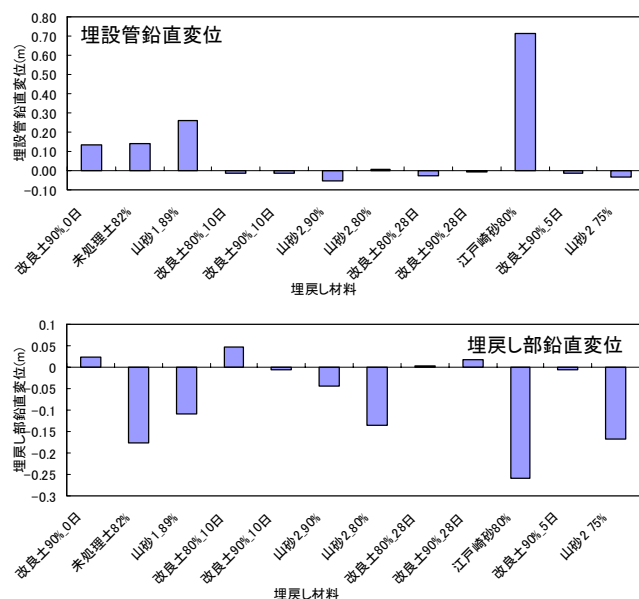
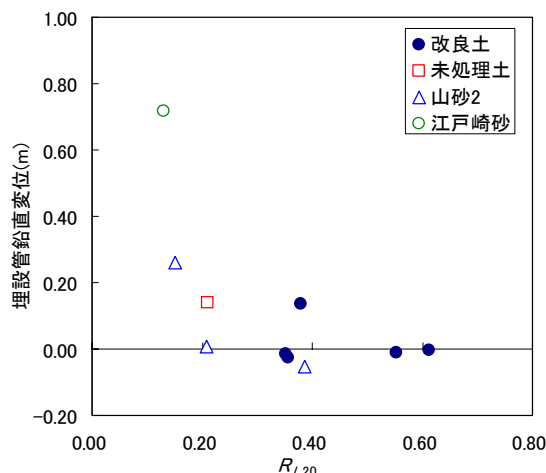


図-3 埋設の残留変位と埋戻し部の残留沈下量（重力場換算）

図-4 R_{L20} と埋設管鉛直変位の関係（重力場換算）