

NKK 正会員 安部大志

NKK 中島 隆

NKK 星 秀明

1. まえがき

掘削発生土の有効利用方法の一つとして、最近、流動化埋戻し工法による埋設物の埋戻しが検討されている。一方、ガス埋設配管等の都市街路の道路占有工事は、即日交通解放の条件下で行われることが多く、埋戻しは2時間程度の短時間作業を余儀なくされている。このため、流動化埋戻し工法を適用する場合には、流動化土を短時間で、路床材の投入や締固め作業が行える強度(30分～2時間後の一軸圧縮強度で 0.3kgf/cm^2 といわれている。以下、短期基準強度と称する)まで固化させることが要求されている。しかし、流動化土の強度を短期的に発現させるためには、対象土ごとに特殊な固化材や配合技術が必要となり、また現場における施工管理および品質管理の負担が大きくなることが考えられる。

著者等は、短期基準強度の検討を、大型土槽を用いた静的載荷試験、および屋外トレンチを用いた動的載荷試験により行った。また並行して、流動化土の覆土方法についても検討し、短期基準強度の低減を試みた。

2. 試験概要

(1)流動化土：試料土として関東ローム、固化材として早強セメント(比重 3.14)、また混合水は水道水を用いた。表-1に流動化土の配合を示す。流動化土の混合は各試験とも、ポリ容器(容量45L)内でハンドミキサーを用いて行った。混合

表-1 流動化土配合、フロー値、ブリージング率

NO	試験名	関東ローム		配 合				フロー値 (mm)	ブリージ ング率 (%)
		含水比 (%)	比重	調整含水比 (%)	関東ローム (kg/m^3)	固化材 (kg/m^3)	水 (kg/m^3)		
1	静的載荷試験 (土槽試験)	85.0	2.60	200	739	150	459	210~265	0~0.8
2	動的載荷試験 (トレンチ試験)	100.0	2.60	200	799	150	399	205~230	0~0.8

*フロー値：シリンダーフロー試験によるフロー値(KODAN 305)

手順は、試料土と混合水を2分間混合した後固化材を投入し、さらに2分間混合した。土槽およびトレンチへはポリ容器から直接投入した。

(2)短期基準強度の検討

①静的載荷試験：静的荷重に対する流動化土の短期基準強度を検討した。土槽は内寸 $500^{\text{W}} \times 800^{\text{H}} \times 1800^{\text{L}}$ のアクリル製土槽を用いた。埋戻し材としては、一般的な埋戻し材として山砂(自然含水比14%)を、また比較材として水砕スラグおよび絶乾状態の山砂を用い、厚さは30cmおよび40cmとした。荷重は重量可変な載荷治具(載荷面積 225cm^2 荷重 $0.3 \sim 1.3\text{kgf/cm}^2$ の範囲で可変)により $p=0.3, 0.5, 1.0\text{kgf/cm}^2$ の3種類とした。実験手順は、40cm厚に打設された流動化土の強度(コーン指数： q_c)をコーンペネトロメーターにより測定し、所要強度を確認した後、埋戻し材を所定厚さになるようスコップにより投入した。表面部を平滑に均した後、載荷治具を埋戻し材表面に静止させ、静かに載荷した。試験終了後、埋戻し材を取り除き載荷箇所直下での流動化土沈下量を測定した。

②動的載荷試験：動的荷重(ランマによる締固め荷重)に対する流動化土の短期基準強度を検討した。トレンチは断面寸法 $600 \sim 1100^{\text{W}} \times 800^{\text{H}}$ 、長さの25mであり所定長さ(1300~2500)に区切って用いた。なお端部は、片側は地山、一方は土嚢を積み上げ簡易に固定した。埋戻し材は、静的載荷試験と同様の材料を用いた。荷重はパイロランマ(重量60kg 一打当たりの荷重 0.7kgf/cm^2)による振動荷重を作用させた。実験手順は、流動化土の所定強度発現後(①と同様に q_c で管理)、埋戻し材を流動化土上に厚さが30cm程度になるよう投入し表面を均した。続いて、ランマにより2分/ m^2 程度締固めた。さらにこの作業を、締固め後の埋戻し材厚が30cm程度となるまで繰り返し、試験中の転圧可否の判定、および試験後の全域での流動化土沈下量の計測を行った。

3. 試験結果

(1)静的載荷試験結果：試験結果を図-1～3に示す。

山砂30cm厚とした条件では、 $q_c=0.15\text{kgf/cm}^2$ の流動化土強度で人と同程度の荷重である 0.3kgf/cm^2 の静荷重を受けても流動化土の沈下は見られなかった。また、比較材の高炉水砕スラグでは、同一の流動化土強度条件の場合、山砂と比較し流動化土沈下量が大きく、流動化土の覆土材としては劣る結果となった。一方、絶乾山砂は、湿潤山砂と比較し優れた結果となり、30cm厚、 $q_c=0.32\text{kgf/cm}^2$ の条件では、 1.0kgf/cm^2 の静荷重に対しても流動化土の沈下が見られなかった。この原因は、絶乾状態の山砂による流動化土表面部からの吸水作用によると考えられた。

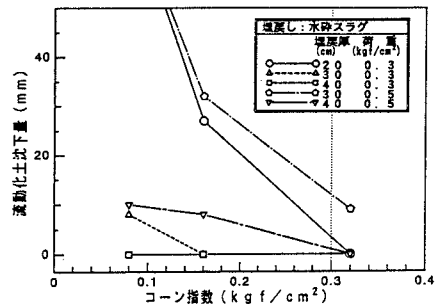


図-1 流動化土沈下量とコーン指数の関係（水砕スラグ）

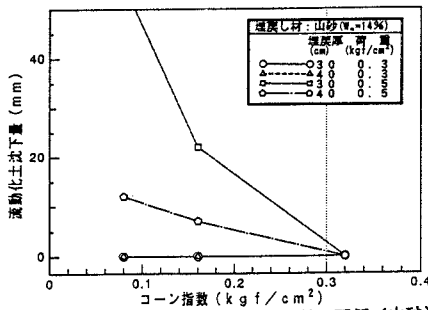


図-2 流動化土沈下量とコーン指数の関係（山砂）

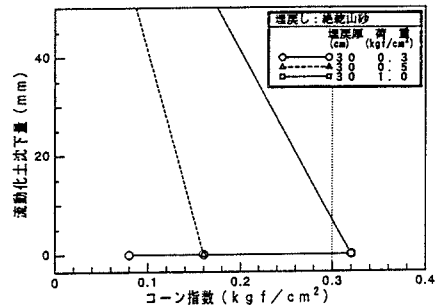


図-3 流動化土沈下量とコーン指数の関係（絶乾山砂）

(2)動的載荷試験結果：荷試験結果を表-2に示す。山砂を用いたケースでは、ランマによる締固めに対し $q_c=0.32\text{kgf/cm}^2$ の強度条件でトレンチの土囊側端部を除く全域で流動化土の沈下はなかった。一部端部付近で沈下が確認されたが、端部の土囊が1列であったためと考えられる。比較材の内、水砕スラグについては、 $q_c=0.32\text{kgf/cm}^2$ の強度では、トレンチ全域で流動化土の沈下はなかったが、 $q_c=0.13\text{kgf/cm}^2$ の強度では、転圧作業中に大きく沈下し、転圧作業が不能となった。また、山砂との複層構造（下層部10cm：絶乾山砂、上層部20cm：山砂）とした絶乾状態の山砂のケースでは、 $q_c=0.15\text{kgf/cm}^2$ の条件下でもランマ転圧に対して流動化土の沈下が認められなかった。

表-2 トレンチ実験結果

No	気温 (℃)	トレンチ (mm)		流動化処理土					覆土材		試 験 結 果	
		寸法 W×H×L	端部条件	強 度 コーン指数 (kg/cm)	厚 さ (cm)	養生時間 (分)	処理土温度 (℃)			覆土材		厚さ (cm)
							液状前	液状直後	試験時			
1	13.5	1100×800×1300	両端地山	0.32	500	72	—	18.0	21.5	水砕ｽﾗｸﾞ	30	転圧可能 処理土の沈下無し
2	11.0	1000×700×2100	地山 土嚢 (1列)	0.13	400	115	—	12.0	15.0	水砕ｽﾗｸﾞ	30	転圧不可
3	7.5	1000×800×1800	地山 土嚢 (1列)	0.32	500	145	5.0	12.0	16.0	山砂	30	転圧可能 処理土の沈下→土嚢側端部沈下
4	10.0	800×800×2500	地山 土嚢 (1列)	0.2~0.3	500	102	11.7	17.0	22.3	山砂 乾燥山砂	20 10	転圧可能 処理土の沈下→土嚢側端部沈下
5	19.0	800×800×2500	地山 土嚢 (2列)	0.15	500	75	11.2	19.6	24.5	山砂 乾燥山砂	20 10	転圧可能 処理土の沈下無し

4. あとがき

静的および動的載荷試験より流動化土の短期基準強度に対して以下の知見が得られた。

- ①山砂を使用した埋戻し作業では、流動化土の短期基準強度は $q_c=0.15\text{kgf/cm}^2$ ($q_u=0.015\sim0.03\text{kgf/cm}^2$)程度であり、従来工法についても、現状用いられている基準強度値 $q_u=0.3\text{kgf/cm}^2$ を下方修正できる可能性がある。
- ②埋戻し材として、また流動化土表面部の覆土材として、絶乾状態の山砂など吸水性の大きい材料を用いることにより、短期基準強度をさらに低減した状態でも、埋戻し、転圧作業ができる可能性がある。