

低含水比固化処理土の針貫入試験

五洋建設(株) 正会員 新舎 博
 五洋建設(株) 正会員 ○上野 一彦
 五洋建設(株) 正会員 熊谷 隆宏

1. はじめに

高含水比の浚渫土を原料とした固化処理土を地盤材料として利用する場合、混練直後の流動性はフロー試験(JHS A 313)で測定し、固化後の強度は一軸圧縮試験(JIS A 1216)で測定することが多い¹⁾。混練直後のフロー試験は処理土を打設する際に、自重によってセルフレベリングを確保するために必要な流動性が確保されているか、を確認するためである。一方、低含水比の浚渫土に粉体の固化材を混合して高強度の固化処理土を製造する場合、混練直後には流動性が乏しいため、フロー試験の適用が困難になる場合がある。そこで、混練直後から固化後の初期強度を一貫して測定する方法として、直径 11.3 mm の円柱丸棒を用いた針貫入試験を実施し、その適用性を調査した。

2. 原料土

配合試験の原料土としては、表-1 に示す名古屋港浚渫粘土を使用した。粒度組成は粘土分が 39%、シルト分が 38%、砂分が 23% であり、液性限界 w_L が 84.3%、塑性限界 w_P が 24.4%、収縮限界 w_S が 22.7% である。

表-1 名古屋港粘土の物理特性

土粒子密度	粒度組成(%)			液性限界	塑性限界	収縮限界
$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	粘土	シルト	砂	$w_L(\%)$	$w_P(\%)$	$w_S(\%)$
2.668	39	38	23	84.3	24.4	22.7

3. 針貫入試験

(1) 試験方法

針貫入試験は海水中に曝露した処理土の Ca 分の溶出に伴う劣化特性を調査する目的で、直径 3 mm の円柱の針²⁾や先端が平坦な 4 mm の円柱丸棒³⁾などが使用されているが、本研究では、先端が平坦な直径約 11.3 mm の円柱丸棒を用いることにした。この丸棒はコンクリートの凝結時間試験(JIS-1147)に使用されているもので、先端面積は 100 mm² である。この丸棒を選定した理由は、混練直後の処理土の強度は劣化調査で対象としている処理土の強度よりもはるかに小さいことから、針の直径を大きくして、試料の貫入抵抗をより正確に把握するためである。

針貫入試験では直径 11.3 mm の丸棒を 2 mm/min の速度で供試体に貫入し、貫入量と貫入抵抗の関係を求めた。写真-1 に、試験状況を示す。供試体は直径 5 cm×高さ 10 cm のモールド内に、一軸圧縮試験の供試体と同様に作製し(JGS 0812-2009)、その中心部で針貫入試験を実施した。

表-2 は、針貫入試験を実施した攪拌粘土と固化処理土の配合を示している。なお、表-2 の処理土の配合は空気量 V_a を零として示しているが、実際の処理土の V_a は、式(1)で求めることができる。ここに、 ρ_{sat} は表-2 に示す飽和密度、 ρ_t は実際に測定された密度である。

$$V_a = (\rho_{\text{sat}} - \rho_t) \times 100 / \rho_{\text{sat}} \quad (1)$$

攪拌粘土(完全攪乱状態)の含水比は 50, 60, 80, 100% の 4 水準とし、固化処理土はこの粘土に、高炉セメント B 種を 419~514 kg/m³ ($W/C=1.2$) 混合した。処理土の針貫入試験はセメントの硬化の影響を避けるために、セメント混合後 10~20 分以内で実施した。処理土の V_a は、含水比 w が 50% の場合は 3~4%、 $w=60\%$ では 4.5~5.5%、 $w=80\%$ では 4~5%、 $w=100\%$ では約 3% であった。この V_a



写真-1 針貫入試験の状況

表-2 固化処理土の配合表

w (%)	種類	W_w (t/m ³)	W_c (t/m ³)	W_s (t/m ³)	ρ_{sat} (t/m ³)
50	攪拌粘土	0.583	0	1.166	1.749
	$W/C=1.2$	0.503	0.419	1.005	1.927
60	攪拌粘土	0.627	0	1.045	1.672
	$W/C=1.2$	0.535	0.446	0.891	1.872
80	攪拌粘土	0.695	0	0.869	1.564
	$W/C=1.2$	0.584	0.486	0.729	1.799
100	攪拌粘土	0.743	0	0.743	1.486
	$W/C=1.2$	0.617	0.514	0.617	1.748

キーワード：針貫入試験，高強度固化処理土，配合試験

連絡先：〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 TEL：0287-39-2116

は供試体の中にできるだけ空気が入らないように、供試体を人力で突き固めた後の結果である。w=60, 80, 100%の固化処理土は粘性があるため、まき込み空気を低減することができなかったが、w=50%の場合は突き固めることができた。

(2) 試験結果

図-2は、攪拌粘土と固化処理土の針貫入試験の結果を示している。貫入抵抗は攪拌粘土および固化処理土とも、貫入量とともに次第に増加した。そこで、貫入抵抗の代表値として、5 mm 貫入時の貫入抵抗 P_{5mm} を用いることにした。

図-3は、含水比 w と P_{5mm} の関係を示したものである。攪拌粘土の P_{5mm} は w が増加すると減少した。攪拌粘土に粉体のセメントを表-2に示すように混合すると、 P_{5mm} は攪拌粘土の5~50倍に増加し、 w が増加すると減少した。 P_{5mm} が w の増加とともに減少したことは、流動性が増加したことを意味している。攪拌粘土と固化処理土の結果を比較すると、 $w=50\%$ の攪拌粘土と w が約90%の固化処理土の P_{5mm} がほぼ同じ値になることがわかる。また、参考として、水で P_{5mm} を求めると、100%の攪拌粘土は水に近い状態であることがわかった(水の貫入抵抗は本来零であるが、貫入速度と水圧の影響によって、 P_{5mm} は零ではなかった)。

4. 5mm 貫入抵抗とせん断強度の関係

5mm 貫入抵抗 P_{5mm} とせん断強さ τ の関係を求めた。その結果を図-4に示す。ベーンせん断強さ $S_u (= \tau)$ は幅20 mm×高さ20 mmのベーンブレードを用い、トルクが回転角の増加とともに漸増したので、回転角が35度における強度を S_u とした。一軸圧縮試験のせん断強さ τ は一軸圧縮強さ $q_u/2$ で求めた。図-4内の一軸圧縮試験の結果は表-2に示す配合の材例1日の結果である。

図-4によると、 P_{5mm} と τ の間には、式(2)の関係が認められる。

$$\tau = 0.2143 \times P_{5mm}^{0.8262} \quad (2)$$

本針貫入試験(直径11.3 mm 丸棒)の適用範囲は、 q_u が2000 kN/m²以上になると針貫入時に供試体が割れたので、 $q_u \leq 2000$ kN/m² であると考えられる。

5. まとめ

低含水比(w=50, 60, 80, 100%)の浚渫土に粉体の固化材を419~514 kg/m³混合して(W/C=1.2)、針(直径11.3 mm 丸棒)貫入試験を実施し、攪拌粘土と固化材混合直後の処理土の貫入抵抗を測定した。また、貫入抵抗とせん断強度(τ)との相関を調査した。その結果、以下の結論が得られた。

- (1) 攪拌粘土の5 mm 貫入抵抗 P_{5mm} は含水比の増加と共に大きく減少した。
- (2) 固化材混練直後の固化処理土の P_{5mm} は、同じ含水比を持つ攪拌粘土の場合の5~50倍大きくなった。また、固化処理土の P_{5mm} も、攪拌粘土の場合と同様、含水比の増加と共に減少した。
- (3) せん断強さ τ と貫入抵抗 P_{5mm} の間には、両対数座標上で直線関係が認められた。
- (4) 針(直径11.3 mm 丸棒)貫入試験の適用可能強度は、 $q_u \leq 2000$ kN/m²(供試体が割れない範囲)と考えられる。

参考文献 1)管中混合固化処理工法技術マニュアル(改訂版):沿岸技術研究センター, 2008. 2)菊池ほか:暴露環境における気泡混合処理土の強度特性(その2)-降雨による影響-, 第41回地盤工学研究発表会, 2006. 3)新舎・堤:海水暴露環境にある固化処理土と破碎粒子の劣化特性に関する実験, 土木学会論文集C(地圏工学), Vol.72, No.3, pp.265-276, 2016.

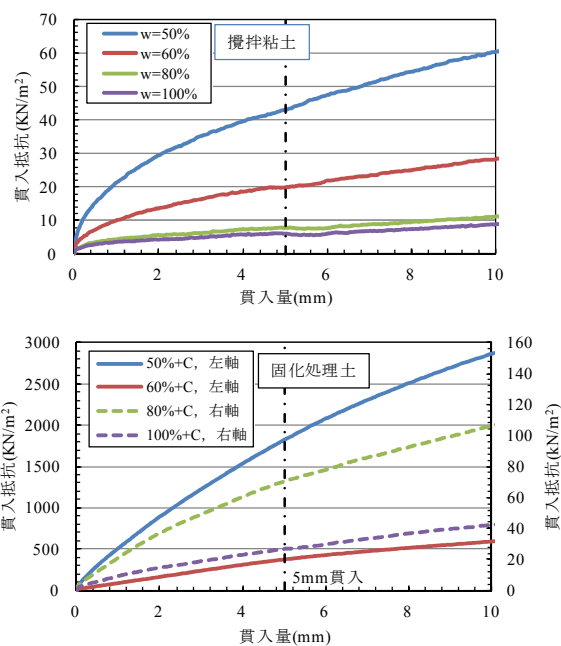


図-2 針貫入試験の結果

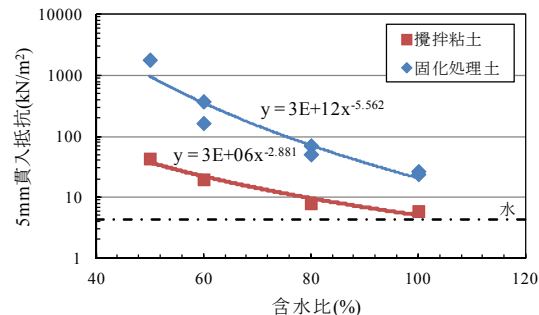


図-3 含水比 w と貫入抵抗 P_{5mm} の関係

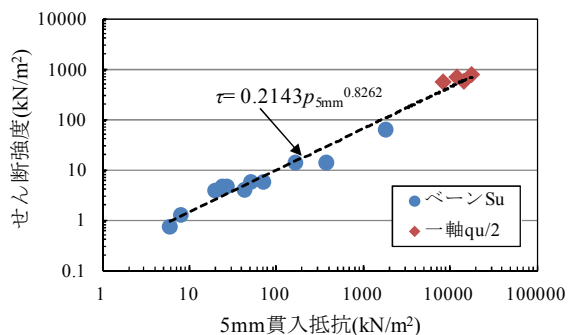


図-4 せん断強さ τ と貫入抵抗 P_{5mm} の関係