

深層混合処理におけるコア採取時期について

東邦地水株式会社 ○ 古市 良樹, 谷奥 幸雄

1. はじめに

セメントおよびセメント系固化材を用いた深層混合処理では、形成された改良体が設計書で示されている品質を確保しているかどうかを検査する必要がある。

検査手法としては、ロータリー式ボーリングマシンによるチェックボーリングと、一軸圧縮試験が一般的に実施されている。チェックボーリングでは「採取コアの目視による改良体の連続性の確認」、一軸圧縮試験では「採取コアを用いた強度確認」が行われる。なお、一軸圧縮試験は材齢 28 日の強度を測定して評価することが多い。

改良体の強度発現を阻害する要因はコンクリートと同様であり、養生時における振動・衝撃・温度等が挙げられる。このため、コアを採取する時期については改良体の強度発現を考慮して、試験材齢の直前で実施することが望ましいとされている。しかしながら、深層混合処理工の施工範囲・工程といった現場状況から、試験材齢の直前にチェックボーリングを実施することが困難な場合が多い。また、原則として材齢 28 日の強度を確認するため、万一所定の品質（強度）を満足しない結果が出た場合、施工面で致命的な手戻りが発生する懸念もある。

今回、深層混合処理の品質管理のうち、コア採取時期（材齢）と一軸圧縮試験結果から求められる強度発現の関係を評価し、適切なコア採取時期について提案した。

2. 品質検査場所の地形・地質

実施場所の大部分は、愛知県・岐阜県・三重県に広がる木曾三川を中心とした伊勢湾北部地域の濃尾平野および臨海部の、いずれも沖積低地にあたる。

ここで、当該地域の地層層序表を示す。（表-1）

同表より、検査対象地の地層構成は、最上位に第四紀完新世の沖積層、その下位に第四紀更新世の洪積層、さらに下位に第三紀鮮新世の東海層群が基盤層を形成する状況である。また、基盤層には養老山地を構成する美濃帯が分布する地域もある。

このうち、改良対象層の多くは第四紀完新世の沖積層である。沖積層は砂質土および粘性土を主体としており、

表-1 地層層序表¹⁾

地質年代	地質系統			
第四紀	完新世	北勢沿岸低地地下層序	濃尾平野地下層序	
		富田浜層	南陽層	
		四日市港層		
	更新世	伊勢神戸層	濃尾層	第一礫層
		古伊勢湾層	熱田層	第二礫層
				海部累層
				第三礫層
米野累層	弥富累層			
第三紀	鮮新世	東海層群		

N値は砂質土で10程度以下、粘性土で5程度以下で、層厚は最深部で40~50mに達する。

3. 品質検査方法

深層混合処理の品質検査はチェックボーリングと一軸圧縮試験で行った。

(1) チェックボーリング

チェックボーリングは、改良範囲で以下のサンプラーを用いたオールコアボーリングを実施し、採取したコアを目視することにより、改良体の連続性および攪拌状態の確認を行った。ここで、コア採取（試料採取）に用いられるサンプラーの種類と適用地盤を示す。（表-2）

表-2 サンプラーの種類と適用地盤²⁾

サンプラーの種類	構造	地盤の種類																		
		粘性土			砂質土			砂礫		岩盤										
		軟質	中くらい	硬質	ゆるい	中くらい	密な	ゆるい	密な	軟岩	中硬岩	硬岩								
		N値の目安																		
固定ピストン式シンワールサンプラー	単管	◎	○		○															
	水圧式	◎	◎	○	○															
ロータリー式二重管サンプラー	二重管			◎	○															
ロータリー式三重管サンプラー	三重管			◎	◎	○	◎	◎			○									
ロータリー式スリーブ内蔵二重管サンプラー	二重管			○	○		○	○					◎	◎	◎					
ブロックサンプリング	一重管	◎	◎	◎	○	○	◎			○	○									
ロータリー式チューブサンプラー	多重管			○									◎	○						

注) ◎最適、○適

セメントおよびセメント系固化材を用いた深層混合処理の改良体をコア採取する場合、当該地では上記のうちロータリー式スリーブ内蔵二重管サンプラーを用いた。このサンプラーによるコア採取の利点は以下の2点である。

- ①強度に対してある程度広い適用範囲がある。（改良体の設計基準強度にバラツキがあるため）
- ②コアがサンプラーのインナーチューブに内蔵された半透明のプラスチックフィルム製のスリーブに包まれて採取されるため、採取直後にコアの目視観察が可能で、さらに採取コアの乾燥をある程度防ぐことができる。

(2) 一軸圧縮試験（JIS A 1216）

改良体が設計書で示されている品質（強度）を確保しているかを確認するため、一軸圧縮試験を行った。

ここで、品質規格値の例を示す。（表-3）なお、試験に供する供試体は、改良長を概ね三分（上層・中層・下層）し、それぞれの代表箇所のコアを選定して供試体を作製することが多い。

表-3 品質規格値の例³⁾

試験項目	試験方法	規格値
一軸圧縮試験	JIS A 1216	①各供試体の試験結果は改良地盤設計基準強度の85%以上
		②1回の試験結果は改良地盤設計強度以上。なお、1回の試験とは3個の供試体の平均値で表したものを。

4. コア採取時期による強度発現への影響

コア採取時期（材齢）による強度発現への影響について検討を行った。ただし、強度（設計基準強度）は現場毎に要求される品質がことなるため、単純に比較は出来ない。ここで、平均一軸圧縮強度（qu）/設計基準強度（quck）と材齢を比較した。各図の作成にあたり縦軸をqu/quck 横軸を採取時における改良体の材齢とした。なお、使用したデータ数、範囲は下記に示すとおりである。

- ・総データ数：497
- ・設計基準強度（quck）：200～1,320kN/m²
- ・採取時の改良体の材齢：σ4～σ43

(1) 全データによる比較

全データの比較図を示す。（図-1）

相関係数は $r=0.15$ である。これによれば、データは図中の材齢σ4～σ26区間に一様に散らばっており、コア採取時期による強度発現への明確な影響は認められない。ただし、材齢がσ28（一般的な強度確認材齢）以降では $qu/quck \geq 2$ と、材齢は長いほど強度発現が大きい。

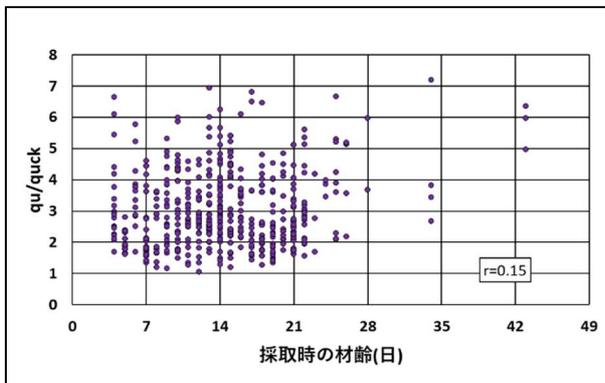


図-1 採取時の材齢と qu/quck(全データ)

(2) 改良土層毎の比較

次に、改良土層毎の検討を行った。ここで改良土層は構成土質から粗粒土（礫質土、砂質土）と細粒土（シルト、粘土）に区分した。

粗粒土、細粒土の比較図を示す。（図-2、図-3）

①粗粒土の改良土

相関係数は $r=0.18$ である。データは不規則に散らばっており、採取時の材齢による強度発現への明確な影響は認められない。

②細粒土の改良土

相関係数は $r=0.16$ である。データは不規則に散らばっており、粗粒土に比べ $qu/quck$ は若干小さい傾向があるものの、採取時の材齢による強度発現への明確な影響は認められない。

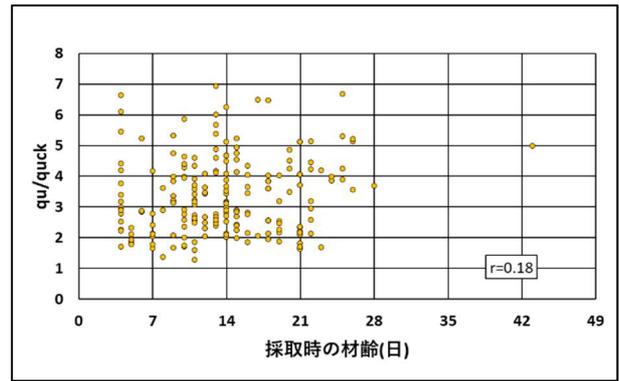


図-2 採取時の材齢と qu/quck(粗粒土)

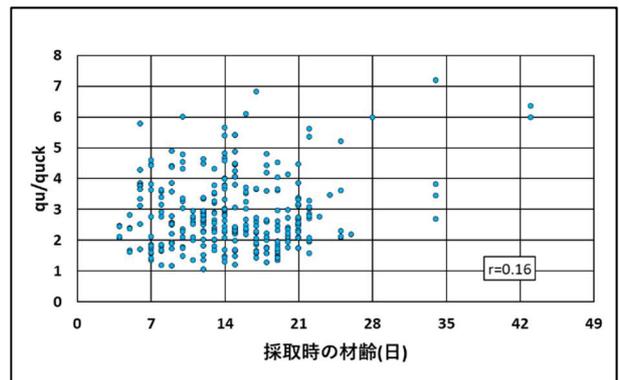


図-3 採取時の材齢と qu/quck(細粒土)

5. まとめ

今回の検討では、採取時期による強度発現への明確な影響が認められないため、材齢4日以降の改良体であれば、チェックボーリングによる改良体のコア採取が可能であると判断された。

しかしながら、改良体はセメントと水の水和反応により強度増加が起こるため、水和反応時に振動や衝撃が加わると強度増加に影響を与えることが懸念される。さらに、一般的には材齢7日以降に水和反応が落ち着くことを考慮すれば、やむを得ない事情が無い限り、材齢7日以降にチェックボーリングを実施することが望まれる。

今回の検討結果より、コア採取時期は一軸圧縮試験の直前でなくても可能であるとの結論を得た。これにより、コア採取時期を流動的に調整し、円滑な工程管理が可能になるものと考えられる。

今後更なるデータの蓄積により、固化材・添加量別の検討も行えば、さらに踏み込んだコア採取時期の提案も可能と考える。

《引用・参考文献》

- 1) 建設省計画局・愛知県・三重県編：伊勢湾北部臨海地域の地盤（都市地盤調査報告書第1巻），p. 1, 1962. 8
- 2) 社団法人セメント協会編：セメント系固化材による地盤改良マニュアル[第5版]，p. 233, 2021. 10
- 3) 社団法人セメント協会編：セメント系固化材による地盤改良マニュアル[第5版]，p. 234, 2021. 10