

関東地域の軟弱地盤に対する配合試験事例

大日本ダイヤコンサルタント株式会社 ○田中 陸登

1. はじめに

軟弱地盤上に構造物を施工するにあたって、安定・沈下・変形の様々な課題に対する対策方法として地盤改良工法が選定されることがある。軟弱地盤対策として地盤改良を行うにあたって、改良強度や六価クロムの溶出を確認するために、施工前に配合試験が実施される。

地盤改良を実施するうえで必要となる配合試験ではあるが、工事において実施される場合や、詳細設計で必要強度が決定してから実施されるケースが多く、地質調査結果、地下水調査結果、水質調査結果などと比較すると公開されている事例として非常に少ない状況である。

本発表では、関東地域の軟弱地盤に対して配合試験を実施した事例を紹介する。

2. 配合試験の概要

(1) 実施項目

配合試験の条件は表-1 に示すように設定し、改良強度の評価は一軸圧縮試験によって行った。また、改良土から、条件によっては六価クロムが溶出するおそれがあるため、六価クロム溶出試験を実施した。配合試験の項目については表-2に示す。

表-1 室内配合試験の試験条件

項目	数量	内容
改良材	2種類	高炉セメントB種 特殊土用セメント
添加量	3配合	100、200、300 kg/m3 ※一部試料については100、200、250kg/m3で実施
養生機関	2材例	7日、28日
水セメント比	-	W/C=100%

表-2 室内配合試験の項目¹⁾

項目	規格	内容
供試体作成	JGS0821-2009	-
一軸圧縮試験	JIS A 1216	-
六価クロム溶出試験	環境省公示46号 溶出試験 (H3/8/3)	土壤環境基準0.05 mg/L 以下

(2) 対象となる地層

配合試験の改良土は沖積層の第一粘性土層（Ac1層）のシルトとし、A～F の全6か所で実施した配合試験結果の事例を基に比較、検討を行った。いずれの実施箇所も河川沿いの低地に該当する。

配合試験を実施した各箇所の地盤特性について、室内土質試験結果を表-3に示す。

表-3 配合試験実施箇所の地盤特性

改良土 土質名称	A シルト	B 砂質シルト	C シルト	D 砂混じり シルト	E シルト	F シルト
自然含水比 w_n (%)	61.8	52.2	49.1	94.8	42.2	62.4
湿潤密度 ρ_t (g/cm3)	1.628	1.687	1.830	1.724	1.785	1.610
細粒分含有率 F_c (%)	94.6	84.7	-	-	97.8	99.5
強熱減量 L_i (%)	-	5.3	5.8	10.6	5.1	8.8
pH 試験	-	7.4	6.3	6.1	8.0	6.4

3. 一軸圧縮試験結果の事例

材例28日における一軸圧縮試験結果を図-1、図-2に示す。各箇所の地盤特性は概ね類似しているが、試験結果による一軸圧縮強度には箇所毎にばらつきがみられたため、一軸圧縮試験結果と改良土の地盤特性との関係について検討した。

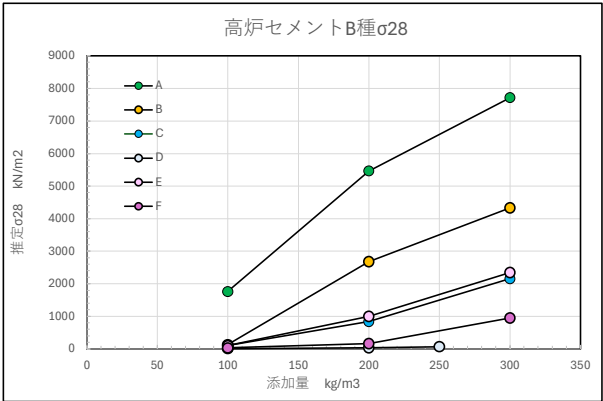


図-1 材齢28日における一軸圧縮試験結果 (高炉セメントB種)

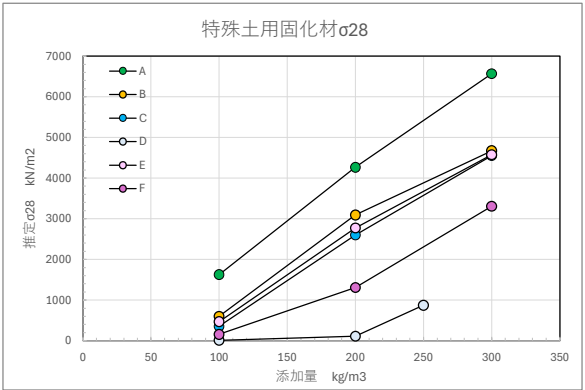


図-2 材齢28日における一軸圧縮試験結果 (特殊土用セメント)

土の pH は、鉱物組成のほか土中に存在する無機塩類や有機物の種類や量で変化する。pH が4～5を示すような酸性土はセメント系固化材で改良しても水和硬化反応が阻害され十分な強度発現が得られない場合がある²⁾。

B～F の事例では pH の範囲は6.1～8.0であり、pH の観点からは水和硬化反応の阻害は低いと考えられる。土の懸濁度試験を実施した5種の改良土のうち、最も pH の値が大きかった改良土 E は改良土 B よりも一軸圧縮強度が小さい結果となった。改良土の懸濁度と室内配合試験の一軸圧縮試験結果との相関は明瞭ではなかった。

また、土の水分量による影響として、一般的に含水比が高いとセメント系固化材により、固化した土の改良強度は小さくなるとされている²⁾。改良土 D は本事例のうち一軸圧縮強度が最も小さい。自然含水比が94.8%と高いために、強度発現が低くなったものであると考えられる。

細粒分含有率についても一般的に、砂分が少ないほど改良土の強度が小さいとされている²⁾が、本事例では細粒分含有率との相関は確認されなかった。

4. 六価クロム溶出試験の事例

各改良土について六価クロム溶出試験の試験結果を表-4に示す。なお、使用した供試体は7日強度の配合試験結果から推定した材齢28日強度において、目標強度に必要な添加量に最も近い供試体を使用した。また、基準値は土壤環境基準値（0.05mg/ℓ）以下とした。

表-4 六価クロム溶出試験結果

改良土	固化材	固化材添加量	六価クロム溶出量	判定 OK：○ NG：×
		(kg/m ³)	(mg/ℓ) ※基準0.05mg/ℓ	
A	高炉セメントB種	100	0.01	○
	特殊土用固化材	100	0.01	○
B	高炉セメントB種	200	0.03	○
	特殊土用固化材	200	0.02	○
C	高炉セメントB種	-	-	-
	特殊土用固化材	200	0.02	○
D	高炉セメントB種	-	-	-
	特殊土用固化材	250	0.02	○
E	高炉セメントB種	200	0.07	×
	特殊土用固化材	100	0.03	○
F	高炉セメントB種	300	0.13	×
	特殊土用固化材	200	0.06	×

セメント系固化材には、微量のクロム化合物が含まれており、これを用いた改良土からは環境基準を超える六

価クロムが溶出される場合がある。

本事例では、改良土 E、F で基準値を超える六価クロムの溶出が確認された。特に改良土 F については特殊土用のセメントを用いた場合でも六価クロムの溶出が確認されている。地盤特性としては、細粒分含有率は改良土 E、F とともに97%以上であり同程度の細粒分含有率を示すが、自然含水比は改良土 F が20%高い。含水が多いことにより固化する際に固まりにくく、水和反応が不十分になりやすいことが六価クロム溶出の要因となる可能性があると考えられる。

ただし、本事例のうち含水比が最も高い改良土 D は特殊土用固化材を用いた配合試験で六価クロムの溶出は確認されていないことから、含水比のみが六価クロムの溶出に影響しているとは限らない。

本発表では、類似した地盤条件、試験条件の事例を基に比較検討を行ったが、地盤条件の他にも温度や深度、地形条件等様々な要因から総合的に判断することが望ましい。したがって、配合試験結果のデータベース化が今後の課題としてあげられる。

5. まとめ

本発表では、地盤改良施工において実施される配合試験結果の事例を整理した。実際には非常に多くの試験データはあるものの公開されにくい情報となっているため、データ蓄積の重要性とともに調査事例として整理した。

現在、室内配合試験に関するデータベース化は十分に進展されていないため、地質調査結果、地下水調査結果、水質調査結果と配合試験結果を照合し、相関関係を的確に把握することが困難な状況である。例えば、配合試験結果に異常値が観測された場合においても、地盤条件や試験結果のデータの蓄積が十分に進展していれば、原因の追究が可能になる可能性があると考えられる。

このような現状を踏まえ、今後は配合試験や地質調査結果などのデータを体系的に集約し、データベース化を推進することが重要であると考ええる。これにより、設計段階において最適な試験条件の設定等に活用でき、無駄な試験の削減や設計変更の低減を通じて、費用および時間といったコストの削減につなげられるものと期待される。

《引用・参考文献》

- 1) 地盤材料試験の方法と解説(第一回改訂版)(2020), : 公益社団法人地盤工学会, pp. 581-592.
- 2) セメント系固化材による地盤改良マニュアル(第5版), : 一般社団法人セメント協会, pp. 44-119.