

水酸化カルシウム水溶液のpHの変化量による固化処理土の簡易強度予測法の検討

(株)宇部三菱セメント研究所 ○正会員 清田正人
西田礼二郎 坂本知彦
(株)テノックス 吉田 茂 溝口栄二郎 村山篤史

1. はじめに

固化材による地盤改良工事では、現地の対象土によっては、固化材の種類により固化処理土の強度が大きく異なることがある。そのため、経済的な固化材添加量を決定するには、固化材の種類も含めた配合試験が必要とされる。近年では、セメント系固化材の他に高炉セメントを使用する工事が増加している。高炉セメントが比較的安価であることや、グリーン購入法の特定調達品指定、改良土からの六価クロム溶出対策¹⁾が、高炉セメント使用の増加に繋がっているものと推測される。高炉セメントは、含水比の高い軟弱な土や有機質土および関東ロームなどに対しては強度発現性が低いために、添加量が多くなり経済性が損なわれる場合もある。

そのため、室内配合試験の前に、固化材の種類も含めた固化処理土の強度を予測できれば、経済的な固化材添加量を効率的な試験計画によって求めることが可能となる。そこで、土の陽イオン吸着能²⁾に着目し、水酸化カルシウム水溶液を使用した固化処理土の簡便な強度予測法について、高炉セメントと六価クロム対策型固化材を対比検討した。以下にその結果を報告する。

2. 試験概要

2.1 土の陽イオン吸着能

水酸化カルシウム水溶液 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) を土に加えると、土粒子表面の Na^+ , K^+ , H^+ , Mg^{2+} 等の陽イオンが Ca^{2+} とイオン交換することで土粒子に吸着する。その時、水溶液中の OH^- が陽イオンと反応するため、pHは低下する。この陽イオン吸着能は土の種類で異なり、ローム等は大きく、砂質土等は小さい。

2.2 使用材料

使用した試料土の土質性状を表1に示す。固化材は、高炉セメントB種(BB)および特殊土用セメント系固化材

US50 (宇部三菱セメント(株)製)を使用した。水酸化カルシウムは、関東化学(株)製の試薬を使用した。

2.3 試験方法

20℃の蒸留水に水酸化カルシウムを添加(水1000gに対して3g, 0.1g, 0.05g, 順に水溶液A, B, Cとよぶ)し、攪拌機で溶解させ、3種類の濃度の水溶液を作製した。水溶液のpHはA=12.8(飽和水溶液), B=11.7, C=11.2であった。水溶液100gに対して、湿潤状態の土を3:1~25:1(水溶液:土)の割合で添加混合し、静置した。その後、上澄み液のpHを5, 30分, 1, 3, 6, 24時間後に測定した(土の添加前を0時間とする)。固化処理土の配合は、水固化材比を80%とし、固化材添加量は100~300kg/m³とした。JGS 0821-2000「安定処理土の締固めをしない供試体作製方法」に準じて供試体を作製し、JIS A 1216「土の一軸圧縮試験方法」に準拠し、材齢28日において一軸圧縮強さを測定した。

表1 使用した試料土の性状

土の種類	産地	含水比 (%)	湿潤密度 (g/cm ³)	粒度 (%)		
				礫分	砂分	細粒分
①ローム	ふじみ野市	127.3	1.313	0.4	6.7	92.9
②ローム	横浜市	110.2	1.395	1.2	8.5	90.3
③ローム	新座市	99.7	1.417	0.9	11.6	87.5
④ローム	千葉市	105.7	1.438	2.9	24.1	73.0
⑤ローム	ふじみ野市	104.3	1.285	0.0	5.7	94.3
⑥ローム	さいたま市	97.4	1.375	0.0	9.0	91.0
⑦ローム	秩父市	86.8	1.468	0.0	2.8	97.2
⑧ローム	鶴ヶ島市	132.9	1.333	6.9	11.1	82.0
⑨砂質土	三郷市	18.0	2.130	15.9	71.3	12.8
⑩マサ土	北九州市	15.9	1.906	2.1	68.6	29.3
⑪粘性土	川越市	25.9	2.010	0.4	27.2	73.2
⑫粘性土	川口市	45.4	1.726	0.8	44.5	54.7
⑬黒ぼく	大分県	100.4	1.396	1.7	17.6	80.7
⑭腐植土	浦和市	661.9	1.020	—	—	—

キーワード：固化材, 水酸化カルシウム, 安定処理, pH試験, 強度推定

連絡先：埼玉県秩父郡横瀬町大字横瀬2270番地 TEL(0494)23-7471 FAX(0494)23-7401

3. 試験結果および考察

試験結果を図1~4に示す。図3, 4の近似式と相関係数を表2に示す。図1において, 土と水溶液B (pH=11.7) の比を, 1:3~1:20で添加混合させると, pHの変化量が大きく, 明確な差となった。pHは時間の経過とともに低下するが, 概ね5分後で大きく低下し, その後は緩やかな挙動を示した。図2~4におけるpHの変化量と一軸圧縮強さの関係は, pHの変化量が大きいローム等の土は, 全般的に一軸圧縮強さが小さくなる傾向がある。

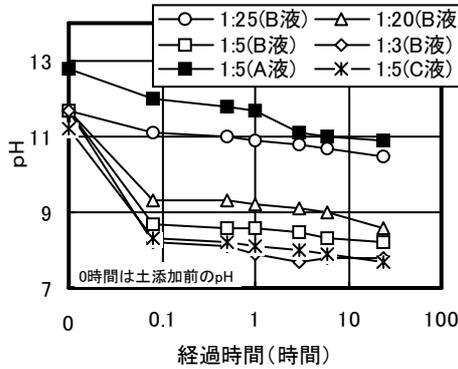


図1 水溶液と土の混合物のpHの経時変化 (土は①ローム, 凡例は土:水溶液比)

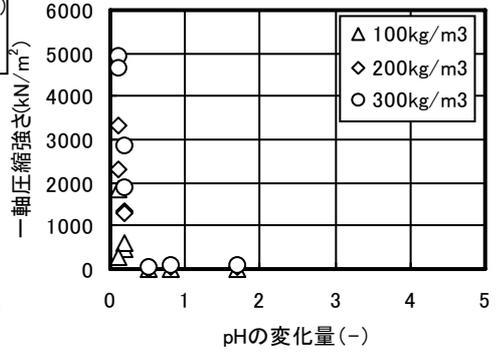


図2 pHの変化量とBBによる改良強度の関係 (A液のpH12.8, 土:水溶液=1:5, 5分後)

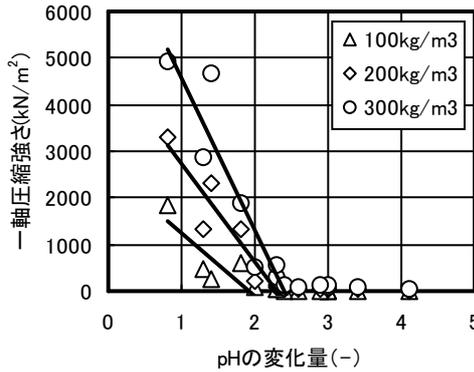


図3 pHの変化量とBBによる改良強度の関係 (B液のpH11.7, 土:水溶液=1:5, 5分後)

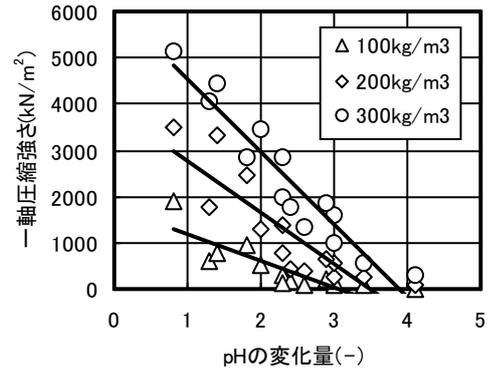


図4 pHの低減量とUS50による改良強度の関係 (B液のpH11.7, 土:溶液=1:5, 5分後)

図2の水溶液A (pH=12.8) では, pHの変化量が少ないため, 一軸圧縮強さとの関係は明確な相関が認められない。一方, 図3や4で示す水溶液B (pH=11.7) では, pHの変化量と一軸圧縮強さには相関があることが判る。水溶液AのようなpHが高い飽和水溶液では, Ca²⁺の供給が十分にあるため, 土に吸着してもpHの低下が少なく, 固化処理土と同じような状態とはならず, 評価・判断できないものと考えられる。すなわち, 固化処理土と同等のpH=11~12 (水溶液BやC) とすることで, 表2に示すように強い相関性があることが確認された。

表2 pHの変化量と強度の関係式 (qu=a·x+b)

固化材	添加量 (kg/m ³)	W/C (%)	a	b	r
BB	100	80	-1355	2589	0.77
	200		-2110	4818	0.93
	300		-3262	7794	0.93
US50	100		-630	1846	0.85
	200		-1122	3895	0.87
	300		-1575	6110	0.95

*) x ; pHの変化量 (-) , r ; 相関係数

図3~4および表2を用いれば, 5分後のpHの変化量を求めることで, 目標強度に見合うセメント系材料および添加量が予測できる。すなわち, 配合試験を実施する際に, 固化材の種類や添加量を絞り込み, 無駄な試験を省くことが可能となる。例えば, 5分後のpHの変化量が3で目標強度が1000kN/m²の場合, 高炉セメントB種では強度発現が期待できず, US50を200~300kg/m³程度の範囲で配合試験を実施すればよいことが判る。

4. まとめ

土の陽イオン吸着能に着目し, 土と水酸化カルシウム水溶液の混合物のpHの変化量と一軸圧縮強さの関係を調査した。その結果, 水酸化カルシウム水溶液のpHを固化処理土と同等の11~12とすることで, pHの変化量と一軸圧縮強さには強い相関性があることが判明した。配合試験の前に, pHの変化量を測定することで, 固化処理土の強度予測が可能となり, 簡便に材料を選定し, 固化材添加量の絞り込みができる。今後は, さらに土質, 固化材の種類, 固化材の添加方式 (乾式, スラリー式) などの試験を追加してデータを収集し, 精度の高い関係図を作成すれば, より詳細な推定が可能となる。

【参考文献】

- 1) 国土交通省:セメント及びセメント系固化材の地盤改良への使用及び改良土の再利用に関する当面の措置について,国土交通省HP, (2000.3)
- 2) 木次恭一:軟弱地盤改良技術と環境問題, セメントコンクリート, No.511, pp.104-115, (1989.9)