

改良地盤の品質管理手法等に関する検討 (その1)
(セメント系固化材を用いた改良土の促進養生による早期材齢での強度推定)

深層混合処理工法 早期材齢 促進養生
室内配合試験

○正会員 八木 正雄*
正会員 久世 直哉**
正会員 田井 秀迪**
正会員 井上 波彦***
正会員 新井 洋 ***
正会員 柏 尚稔****

1. はじめに

深層混合処理工法の配合設定において建築地の土試料を採取して室内配合試験を実施する場合、早期に試験結果が分かれば、事前の工法判断の早期化、工事開始後の配合修正の早期化および添加量の適正化が図れるメリットがある。これまでに、高温養生することで強度発現を促進し、早期材齢の一軸圧縮強さから 28 日強度を推定する方法がいくつか提案¹⁾されている。

今回、4 土質について 20℃と 50℃で養生した場合の材齢 28 日までの強度発現について、一軸圧縮強さの比較を行った結果を報告するとともに、50℃で高温養生した早期材齢の強度結果からの強度推定式を提案する。

2. 試験概要

試験は 4 試料とし 9.5mm ふり通過試料を使用した。各試料 2 種類の添加量、水固化材比は全て 60%、土質に応じ一般的に使い分けられている固化材を 2 種類用い、同仕様の供試体を各 6 本作製した。養生条件は、20℃と 50℃の湿空養生とし、材齢 28 日までの 6 材齢において一軸圧縮試験を実施した。試料の土質性状、配合条件等を表 1 に示す。なお、供試体の管理密度とは添加量を設定する際、所定の方法でモールドに詰めた試料を元に算出した密度であり、これを元に添加量を設定した。

表 1 試料の土質性状及び試験概要

試料	砂質土	粘性土	ローム	有機質土	
採取地	神奈川県 横浜	岐阜県 大垣	茨城県 つくば	宮城県 登米	
供試体の管理密度 (g/cm ³)	1.716	1.635	1.063	1.384	
土粒子の密度 (g/cm ³)	2.721	2.75	2.659	2.493	
含水比 (%)	10.10	33.16	148.52	95.79	
粒度組成 (%)	礫分	9.0	5.1	0.0	0.0
	砂分	77.9	21.5	4.1	0.9
	シルト分	10.8	44.0	36.8	24.4
	粘土分	2.3	29.4	59.1	74.7
液性限界 W _L (%)	NP	44.1	186.2	136.3	
塑性限界 W _p (%)	NP	24	90.4	53.4	
塑性指数 I _p (%)	-	20.1	95.8	82.9	
強熱減量 L _s (%)	-	-	-	12.3	
pH	-	-	-	5.1	
地盤材料の分類名	細粒分 礫まじり砂	礫まじり 砂質粘土 (低液性限界)	火山灰質 粘性土 II 型	有機質粘土 (高液性限界)	
添加量 (kg/m ³)	200, 400	300, 400	300, 400	300, 500	
固化材	ユースタビラー-50		ユースタビラー-52		
水セメント比 (%)	60				
強度試験材齢 (日)	1, 2, 3, 7, 14, 28				
養生温度 (°C)	20, 50				

3. 試料の混練と供試体の作製方法

今回の試験では試料の混練方法として図 1 に示すフローで実施し、混練条件を同じとするため、試料の混練時間は合計 5 分とし 2.5 分で一度ミキサーブレード等に附着している試料をへら等を用いて掻き出す作業を行った。

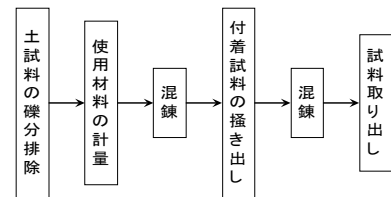


図 1 試料混練の作業フロー

試料のモールドへの充填方法は下記①を基本とし、①での充填が困難な場合は②の方法とした。充填後は、頭部を平滑に仕上げポリ塩化ビニリデンフィルムで覆い、速やかに養生を開始した。

①タッピングによる方法

モールドへ試料を 2 層に分けて入れ、各層毎に 50 回程度軽く叩きつけることで充填する。

②1.5kg ランマーによる突き固めによる方法

モールドへ試料を 3 層に分けて入れ、各層毎に質量 1.5kg の錘を 20cm の高さから 12 回自由落下させ突き固める。この時、層間の接続をよくするため、層毎に上面にカッター等で切込みを入れる。なお、供試体の管理密度は本方法により詰めた試料より算出した。

4. 試験結果

図 2 に試料毎の材齢と一軸圧縮強さの関係を示す。この結果より、各試料・添加量とも 50℃で高温養生した方が早期から材齢 28 日まで強度が大きくなる傾向が得られた。なお、ロームで材齢に対し発現強度にばらつきが生じたのは、写真 1 のように試料の粘性が非常に大きく、混練で固化材が均一になり難いことや、モールドへの充填が困難で供試体に空隙が残りやすいことが考えられる。



写真 1 ローム試料の混練・供試体の状況

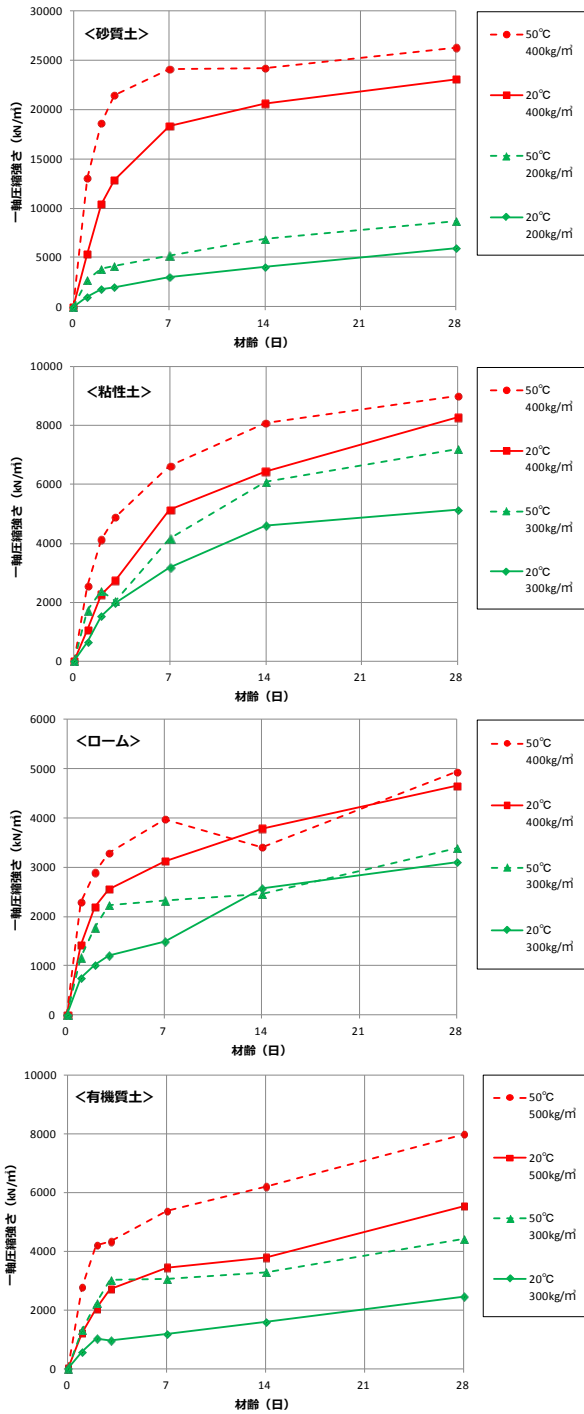


図2 材齢と一軸圧縮強さの関係

5. 考察

20°C養生の28日強度を基準強度 $qub28$ とした各条件の強度 $quki$ の比を表2に示し、さらに50°C養生の材齢と強度比の関係を図3に図示する。この結果より、各土質によりばらつきは見られるものの、材齢と強度比の関係は各条件とも同様の傾向が確認された。図3の関係より、

安全側となるよう下限値を用いることで、50°C養生の早期材齢1~3日の強度から20°C養生の28日強度を推定できる可能性があると考えられる。この考え方に従い28日強度推定式の設定を試みた結果を表3に示す。

表2 基準強度(20°C, 28日)に対する各条件の強度比

養生温度(°C)	試料	添加量(kg/m³)	$quki/qub28$ (i: 材齢)						
			1日	2日	3日	7日	14日	28日	
20	砂質土	200	0.17	0.30	0.34	0.50	0.69	1.00	
		400	0.23	0.45	0.56	0.79	0.89	1.00	
	粘性土	300	0.12	0.30	0.38	0.62	0.89	1.00	
		400	0.13	0.27	0.33	0.62	0.78	1.00	
	ローム	300	0.24	0.33	0.39	0.48	0.83	1.00	
		400	0.31	0.47	0.55	0.67	0.81	1.00	
	有機質土	300	0.24	0.42	0.39	0.49	0.65	1.00	
		500	0.22	0.37	0.49	0.62	0.68	1.00	
		平均値	0.21	0.36	0.43	0.60	0.78	1.00	
		最大値	0.31	0.47	0.56	0.79	0.89	1.00	
	最小値	0.12	0.27	0.33	0.48	0.65	1.00		
	標準偏差	0.06	0.08	0.09	0.11	0.10	0.00		
50	砂質土	200	0.47	0.65	0.69	0.88	1.16	1.47	
		400	0.56	0.81	0.93	1.04	1.05	1.14	
	粘性土	300	0.34	0.46	0.39	0.81	1.18	1.40	
		400	0.31	0.50	0.59	0.80	0.98	1.09	
	ローム	300	0.38	0.57	0.72	0.75	0.79	1.09	
		400	0.49	0.62	0.71	0.85	0.73	1.06	
	有機質土	300	0.53	0.90	1.23	1.24	1.33	1.79	
		500	0.50	0.76	0.78	0.97	1.12	1.44	
		平均値	0.45	0.66	0.75	0.92	1.04	1.31	
		最大値	0.56	0.90	1.23	1.24	1.33	1.79	
	最小値	0.31	0.46	0.39	0.75	0.73	1.06		
	標準偏差	0.09	0.15	0.24	0.16	0.20	0.26		

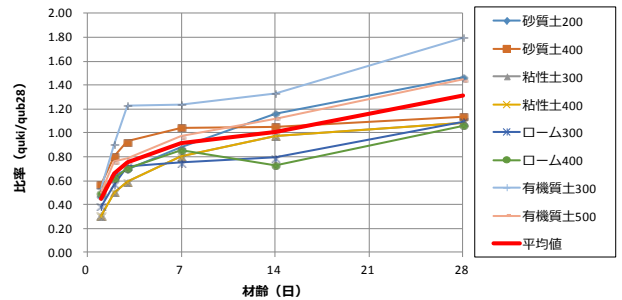


図3 基準強度に対する50°C養生強度比率と材齢の関係

表3 50°C養生の早期材齢強度からの28日強度推定式の例

材齢	1日	2日	3日
推定式 (kN/m^2)	$qub28=1.7quk1$	$qub28=1.1quk2$	$qub28=0.8quk3$

6. まとめ

50°Cで高温養生した早期材齢の試験結果より設計基準強度を満足していることの確認、あるいは20°C養生の28日強度が推定できる可能性を示した。しかし、固化材の種類や土質によるばらつきが生じると考えられるため、さらなるデータの蓄積が必要である。また、室内配合試験の供試体作製方法についても、特に粘性の大きい試料では混練方法や時間、充填方法などによっては試験結果へのばらつきの原因となるため、定量的な作製方法を検討していく必要がある。

<参考文献>

- 1) 野田、斉藤、奥村、鎌尾：セメント改良土の早期材令強度(促進養生)から28日材令強度の予測,第41回地盤工学研究発表会,2006

*積水ハウス株式会社
 **一般財団法人ベターリビング
 ***国立研究開発法人建築研究所
 ****国土交通省国土技術政策総合研究所

*Sekisui House, Ltd.
 **Center for Better Living
 ***Building Research Institute
 ****National Institute for Land and Infrastructure Management