

セメント改良土の強度の早期材令からの予測

(株) 竹中土木技術本部 正会員 中間哲志 中野 徹
(株) 竹中技術研究所 正会員 齊藤 聡 馬場崎亮一

1. 概 要

深層混合処理工法の室内配合試験において、セメント改良土の材令 28 日における一軸圧縮強さの概略値を早期材令の強度から予測したい場合がある。本報告では、こうした時のために、促進養生試験と養生温度・期間を変数とした強度式を組合わせた強度予測法を提案している。

2. 既往の方法

セメント改良土の材令28日の強度 q_u を早期材令 T_c から予測する方法として次のものがある。

1) 室温20℃で標準養生した供試体の早期材令 $T_c=1\sim7$ 日時の q_u を $\log T_c \sim q_u$ 上にプロットし、そのプロットを外挿して材令28日の q_u を予測する。

2) 養生温度40～70℃で1日程度養生した供試体の q_u から室温20℃，材令28日における q_u を予測する。^{1),2)}

しかし、これらの方法では以下のような問題点がある。

1)の場合には、予測の精度上、少なくとも材令7日程度まで養生した供試体の q_u の値が必要となる。したがって、予測に日数を要する。2)の場合には促進養生した供試体の q_u と室温20℃，材令28日における q_u の関係が事前に得られている必要があることと、対象とする土の改良土に限定したときの予測法としては精度が悪いことである。

3. 提案する方法

提案する方法の手順は次の通りである。

1) 養生温度 40～60℃程度の促進養生を材令 $T_c=1\sim3$ 日行う。

2) 下式(1)に基づく M を計算し、1)の試験結果から強度式(2)の a, b を決定する。3)室温 20℃，材令 28 日の $M (=2^3 \cdot 28)$ を(2)の強度式に代入し、予測値 q_u を得る。

$$M = 2^{\frac{t+10}{10}} \times T_c \quad (1)$$

$$q_u = a (\log M) + b \quad (2)$$

ここに、 t : 養生温度 (℃)

T_c : 材令 (日)

a, b : 定数

(1)式は Rastrup (1954)³⁾によって提案されたもので

あり⁴⁾、(2)式への展開・応用は METCALF(1963)⁴⁾、馬場崎ら (1981)⁵⁾によってなされている。

4. 強度式および予測の検証

表 - 1 に著者らの既往の実験データ⁶⁾を示す。これらのデータを基にした $\log M \sim$ 改良土の q_u 関係を図 - 1, 2 に示す。 M の計算で用いた養生温度 t は 20, 30, 40, 50℃，材令 T_c は 1, 3, 7, 28 日である。回帰式による計算値と実測値との相関は満足できるものであり、強度式として(2)式は妥当であるといえる。そこで、養生温度を 20℃より高い温度で促進養生した供試体の早期材令 1～3 日時の q_u のデータのみから室温 20℃，材令 28 日時の改良土の q_u を予測した。表 - 2 はその結果である。

表 - 1 養生温度に対する改良土の一軸圧縮強さ

試料名	土の含水比 w_0 (%)	セメントの種別 添加率 a_w (%)	養生温度 t (℃)	一軸圧縮強さ q_u (MPa)			
				材令 $T_c=1$ 日	$T_c=3$ 日	$T_c=7$ 日	$T_c=28$ 日
横浜港粘土	103.5	Nセメント	20	0.80	2.55	3.24	4.07
			30	2.06	3.04	3.74	4.72
			40	2.73	3.55	4.15	5.65
			50	3.26	4.12	4.75	6.76
		Nセメント	20	0.47	2.23	3.70	5.91
			30	2.12	3.91	5.18	6.61
			40	3.63	5.23	6.14	7.82
			50	4.55	6.00	6.90	8.72
大阪港粘土	113.2	BBセメント	20	0.32	0.96	1.57	2.60
			30	0.70	1.40	2.18	3.31
			40	1.18	1.98	2.72	3.78
			50	1.73	2.64	3.41	4.66
		BBセメント	20	0.35	1.29	2.62	4.81
			30	1.03	2.36	4.03	5.25
			40	1.88	3.70	4.86	6.65
			50	2.89	4.68	5.87	7.59

注) Nセメント: 普通ポルトランドセメント

BBセメント: 高炉 B 種セメント

キーワード: セメント改良土 早期判定 強度予測 早期材令

連絡先: (株) 竹中土木技術本部 (〒104-8234 東京都中央区銀座 8-21-1

(株) 竹中技術研究所 (〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1

TEL 03-3542-6321 FAX 03-3248-6545)

TEL 0476-47-1700 FAX 0476-47-3060)

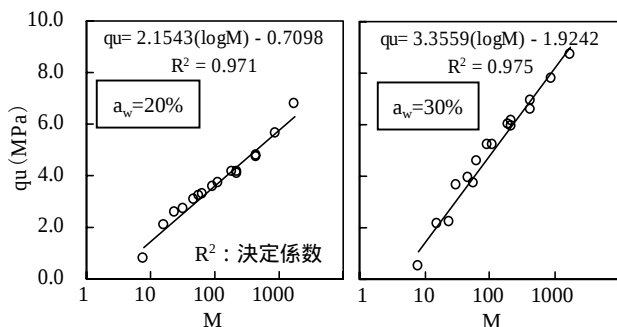


図 - 1 M と改良土の一軸圧縮強さ q_u の関係 (横浜港粘土)

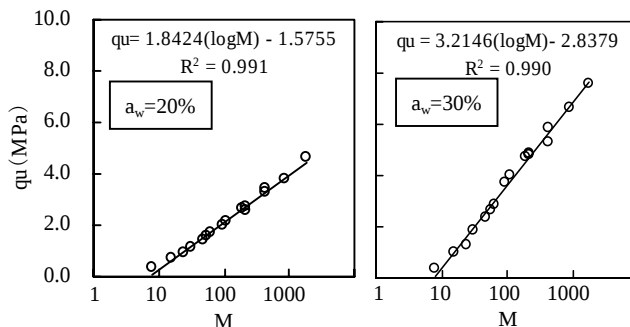


図 - 2 M と改良土の一軸圧縮強さ q_u の関係 (大阪港粘土)

表 - 2 室温 20℃, 材令 28 日時の改良土の q_u の予測

土の 種別	土の 含水比 w ₀ (%)	セメントの種別 添加率a _w (%)	室温20℃,材令28日における改良土のq _u の計算値,実測値 ()は計算値/実測値								
			t=20			t=20,30		t=20,40		t=20,50	
			Tc=1,3日	Tc=1,7日	Tc=1,3,7日	Tc=1日	Tc=1,3日	Tc=1日	Tc=1,3日	Tc=1日	Tc=1,3日
横浜 港粘 土	103.5	Nセメント 20	q _{u28} (t=20) =4.07MPa (実測値)								
			6.09 (1.5)	4.98 (1.2)	5.14 (1.3)	6.83 (1.7)	5.15 (1.3)	5.44 (1.3)	4.70 (1.2)	4.75 (1.2)	4.45 (1.1)
		Nセメント 30	q _{u28} (t=20) =5.91MPa (実測値)								
			5.82 (1.0)	6.01 (1.0)	5.98 (1.0)	8.39 (1.4)	6.67 (1.1)	8.06 (1.4)	6.98 (1.2)	7.00 (1.2)	6.44 (1.1)
大阪 港粘 土	113.2	BBセメント 20	q _{u28} (t=20) =2.60MPa (実測値)								
			2.26 (0.9)	2.45 (0.9)	2.43 (0.9)	2.11 (0.8)	2.32 (0.9)	2.37 (0.9)	2.50 (1.0)	2.58 (1.0)	2.69 (1.0)
		BBセメント 30	q _{u28} (t=20) =4.81MPa (実測値)								
			3.21 (0.7)	4.23 (0.9)	4.08 (0.8)	3.60 (0.7)	3.94 (0.8)	4.03 (0.8)	4.65 (1.0)	4.42 (0.9)	4.72 (1.0)
計算値/実測値の範囲			0.7～1.5	0.9～1.2	0.8～1.3	0.7～1.7	0.8～1.3	0.8～1.4	1.0～1.2	0.9～1.2	1.0～1.1

注) Nセメント: 普通ポルトランドセメント BBセメント: 高炉 B 種セメント

同表より室温 20℃, 50℃, 材令 1 日, 3 日の組合わせの 4 個の改良土の q_u データを用いて室温 20℃, 材令 28 日の改良土の q_u を予測したもののフィッティングが一番良い結果になっている。また, 室温 20℃, 50℃, 材令 1 日の組合わせの 2 個の改良土の q_u のデータからの予測は, 室温 20℃, 材令 1~7 日の組合わせの 2~3 個の改良土の q_u のデータからの予測 (既往の方法の 1)に同じ)と同程度である。したがって, 今回の検討では, 材令 28 日の改良土の q_u の概略値を予測するには室温 20℃, 50℃, 材令 1~3 日の組合わせの 2~4 個の改良土の q_u を用いるのがよいと判断される。

5. 促進養生試験

コンクリートにおける促進試験としては「温水法(55℃)によるコンクリートの促進養生試験方法(案)」がある⁷⁾。しかし, この試験法では $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の供試体を用いていることや温水の温度を 55℃に規定していることから, 改良土にこの試験法をそのまま適用しにくい。もう少しデータを蓄積した上で改良土に対してコンクリートと同様な促進試験法のマニュアル化が必要と考えられる。

6. まとめ

セメント改良土の材令 28 日での強度を早期材令時の強度から予測する方法を提案した。この方法を室内配合試験の予備試験に使い, 対象土に対する改良材の効果を早期に予測したり, 本実験においても, 早期材令の q_u から材令 28 日の q_u の精度のよい予測に用いることができる。

参考文献

- 1) 清田, 中村, 堤, 太田, 溝口: 温水養生による改良土の早期強度推定方法に関する検討, 第34回地盤工学研究発表会, pp.851-852, 1999
- 2) 山田, 福田: 高温養生によるソイルセメントの早期強度推定の試み, 第30回土質工学研究発表会, pp.2197-2198, 1995
- 3) Rastrup, E.: Heat of Hydration in Concrete, Mag. Concrete Research, pp.79, 1954
- 4) J.B.Metcalf, : The Effect of High Curing Temperature on the Unconfined Compressive Strength of a Heavy Clay Stabilized with Lime and with Cement, 4th Australia-New Zealand Conference on S.M.F.E., 1963
- 5) 馬場崎, 川崎, 新名, 齊藤, 井上: セメント系硬化剤による深層混合処理工法に関する研究(その 16), 第 16 回土質工学研究発表会, pp.1725-1728, 1981
- 6) 土質工学会: 安定処理土の試験方法に関するシンポジウム論文集, pp.61-66, 1980
- 7) 日本建築学会: コンクリートの早期迅速試験方法集, 温水法(55℃)によるコンクリートの促進養生試験方法(案), 1985