

Ⅲ-B241

セメント改良土の強度特性

日本大学 学生会員○榮永 晋也、田中 等
 日本大学 正 会 員 山田 清臣、鎌尾彰司
 (株)竹中工務店 正 会 員 斎藤 聡

1. はじめに

コンクリートの強度は、配合(調合)に関連して、セメント水比C/Wを用いて $F=a(C/W)+b$ [F:コンクリートの圧縮強度、a,b:定数]で表現することが行われている¹⁾。そこで、この式を基に、セメント改良土における強度式を提案し、その適合性およびその強度式に基づくセメント改良土の強度特性を検討したので報告する。

2. 検討に用いた実験データ

検討に用いた実験データは文献^{2),3)}から選定した。同文献に基づき、検討に用いた土の土質性状を表-1に示す。改良材は普通ポルトランドセメントおよびB種高炉セメントの2種類を用いた(以下NセメントおよびBBセメントと記す)。

3. セメント改良土の強度式の提案とその適合性の検討

セメント改良土の強度式として、次の3つの式が考えられる。

$$q_u = a \times a_w / w_i^c + b \quad \dots (1)$$

$$q_u = a \times (a_w / w_i)^c + b \quad \dots (2)$$

$$q_u = a \times a_w / w_i + b \quad \dots (3)$$

ここに、

a_w :セメント添加率(%)=(添加セメントの質量/乾燥土の質量)×100

w_i :初期含水比(%)=(土中の水分およびセメントスラリー中の水分を合わせた水分の質量/乾燥土の質量)×100

a,b,c:定数

これらの強度式は前述したようにコンクリートの強度式、言い換えるとセメント水比を基にしている(上式の a_w/w_i はセメント水比と同じ。従って(3)式はコンクリートの式と同じ)。上の3つの強度式がどの程度の適合性があるのかを文献²⁾のセメント改良土の強度に関する

表-1 検討に用いた土の土質性状^{2),3)}

試料名	土粒子密度 ρ_s (g/cm^3)	自然含水比 w_n (%)	液性限界 w_L (%)	塑性限界 w_p (%)	塑性指数 I_p	粒度組成 (%)		
						砂分	シルト分	粘土分
飯田	2.591	105.6	97.5	33.8	63.7	17.3	36.2	46.5
日比谷	2.506	134.1	110.8	46.1	64.7	6.1	46.2	47.7
東京	2.656	95.5	68.3	33.0	35.3	6.2	47.8	46.0
横浜	2.683	97.9	95.4	32.3	63.1	6.4	37.5	56.1
名古屋	2.719	50.8	43.7	20.0	23.7	28.5	40.2	31.3
大阪	2.655	93.9	79.3	30.2	49.1	3.5	30.8	65.7
柳井	2.61	81.6	64.6	29.8	34.8	14.2	55.3	30.5
伊万里	2.632	83.3	70.4	24.2	46.2	2.2	44.5	53.3
熊本	2.559	116.6	116.6	49.6	67.0	1.7	55.8	42.5

表-2 強度式における相関係数および変動係数の関係

試料名	材令28日の q_u に関する相関係数R					
	Nセメント改良土 (1)式	Nセメント改良土 (2)式	Nセメント改良土 (3)式	BBセメント改良土 (1)式	BBセメント改良土 (2)式	BBセメント改良土 (3)式
* 飯田	0.993	0.972	0.979	0.989	0.986	0.962
* 日比谷	0.979	0.997	0.918	0.997	0.996	0.996
東京	0.989	0.747	0.744	0.993	0.974	0.974
横浜	0.993	0.874	0.865	0.995	0.981	0.980
名古屋	0.984	0.790	0.717	0.965	0.956	0.951
大阪	0.994	0.854	0.846	0.989	0.961	0.960
柳井	0.992	0.859	0.814	0.990	0.880	0.859
伊万里	0.990	0.878	0.848	0.981	0.925	0.921
* 熊本	0.893	0.999	0.993	1.000	0.998	0.999
平均値	0.943	0.878	0.870	0.987	0.962	0.956
標準偏差	0.031	0.084	0.089	0.010	0.036	0.041
変動係数	0.033	0.095	0.102	0.010	0.037	0.043

注) *は6個のデータ、その他は9個のデータで分析

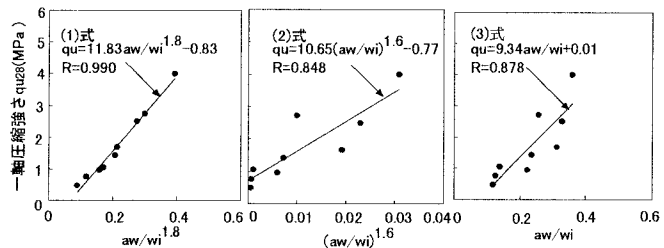


図-1 3つの強度式の実験値に対する適合性(伊万里土,材令28日)

する実験データで検討した。その方法は次の通りである。①:6~9個からなる実験データの組(a_w , w_i , q_u)を用い回帰分析により、定数a,b,cを決定する②:①の操作を土ごと、強度式ごと、材令ごとに行う。その結果得られた各強度式による強度の計算値と実験値(ここでは材令28日)との相関係数を表-2に示す。また伊万里土

キーワード:粘性土、セメント改良土、強度式、初期含水比、標準強度、ボゾラン反応

〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8 TEL 03-3259-0667 FAX 03-3293-3319

〒270-1352 千葉県印西市大塚1丁目5番 TEL 0476-47-1700 FAX 0476-47-3060

を例に各強度式による計算式と実験値のフィッティングの程度を図-1に示す。これらの図表より、3つの強度式の中では(1)式が最もフィッティングが良いことから、セメント改良土の強度式としては(1)式が推奨される。

4.セメント改良土の強度特性

土ごとの強度式(1)の定数を表-3に示す。

また同表

には、土の初期含水比 $w_i=10$ 0%、セメント添加率 $a_w=20$ %の場合の

材令28日

表-3 各土によるセメント改良土の強度式(1)の定数と標準強度

試料名	Nセメント改良土				BBセメント改良土			
	a	b	c	$q_{us}(N)$ (Mpa)	a	b	c	$q_{us}(BB)$ (Mpa)
飯田	43.32	-2.82	1.6	6.09	38.05	-2.31	1.6	5.30
日比谷	35.93	-1.40	1.8	5.79	39.81	-3.46	1.1	4.50
東京	26.56	-1.17	2.2	4.15	36.61	-2.89	1.3	4.43
横浜	28.23	-0.69	1.8	4.96	33.39	-2.05	1.2	4.63
名古屋	16.49	-0.50	2.1	2.80	24.22	-1.43	1.2	3.41
大阪	14.92	-0.56	1.8	2.42	27.86	-1.97	1.3	3.60
柳井	10.73	-0.68	2.0	1.47	20.95	-1.48	1.8	2.71
伊万里	11.83	-0.83	1.8	1.54	25.84	-2.38	1.5	2.79
熊本	29.62	-1.77	1.1	4.15	39.39	-4.15	0.9	3.73

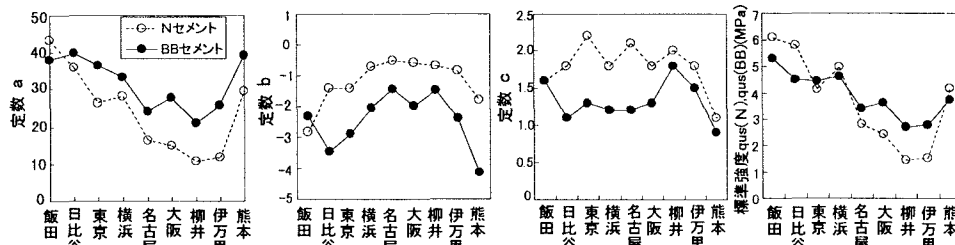


図-2 各土によるセメント改良土の強度式(1)の定数と標準強度

におけるセメント改良土の一軸圧縮強さを「標準強度」と定義し、その値をNセメント改良土、BBセメント改良土のそれぞれに対して $q_{us}(N)$ 、 $q_{us}(BB)$ と記して示している(標準強度はセメントによる土の改良効果を表す指標として用いることができる)。図-2は表-3を図化したものである。これらの図表より、次のことがいえる。

- 1)定数aは、Nセメント改良土の場合 $a=10\sim45$ 、BBセメント改良土の場合 $a=20\sim40$ でありNセメントのaの方が土の影響を大きく受ける。また平均的にBBセメント改良土の方が大きな値である。土の種類から見ると名古屋、大阪、柳井、伊万里の土(このグループをIグループと記す)のaの方が他の土(このグループをIIグループと記す)の場合よりも小さな値となる。このことは土のボゾラン反応性の程度と対応している²⁾³⁾。
- 2)定数bは、一部の土を除いてNセメント改良土の場合 $b=-0.5\sim-1.5$ 、BBセメント改良土の場合 $b=-1.5\sim-3.5$ である。このことから特にセメント添加率が小さい場合、BBセメント改良土の q_u はNセメント改良土の q_u よりも小さくなることが分かる。また、セメントの種類に関わらずIグループの土の方がIIグループの土よりもbの負の値が小さい傾向にある。
- 3)定数cは、一部の土を除いて、Nセメント改良土の場合 $c=1.6\sim2.0$ 、BBセメント改良土の場合 $c=1.0\sim1.6$ である。cの値は土の種類よりはセメントの種類に影響されるようである。cの値より、Nセメント改良土の方が水の影響(例えばセメントスラリーの水セメント比など)を受けやすいといえる。
- 4)標準強度は、Iグループの土よりもIIグループの土の方がセメントの種類によらず改良効果が高い。また、改良強度の面からIグループの土にはBBセメントが有効であり、IIグループの土にはNセメントがBBセメントと同程度かやや有利であると考えられる。各土の標準強度の傾向は定数aの傾向に類似しており、またボゾラン反応の程度に対応している。

5.まとめ

本研究の結果、以下のことがまとめられる。

- ①セメント改良土の強度式として、 $q_u=a \times a_w/w_i + b$ が提案される。
- ②①の強度式によって、セメント改良土の強度特性を総括的に説明することができる。

今後は、セメント改良土の強度式の定数と土の構造・組成および性質の関係を検討する。

(参考文献)1)笠井(1998):コンクリート総覧,技術書院,pp398

2)斎藤、白井(1986):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29),第21回土質工学研究発表会 pp1973~pp1976

3)斎藤、白井(1987):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30),第22回土質工学研究発表会 pp1989~pp1992