

日本大学	学生会員	榮永 晋也
日本大学	正会員	山田 清臣、鎌尾 彰司
㈱竹中工務店	正会員	斎藤 聰

## 1.はじめに

一般にコンクリートの圧縮強度はセメント水比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<sup>1)</sup>。そこで、この式をもとにセメント改良土における強度式を提案し、既存の強度データを用いて、その強度式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明らかにした。更に、この強度式に用いる定数は可溶シリカ量と最も関連の深いこと、実用的には液性限界でも関連づけられることを明らかにした。

## 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17種類の粘性土の土質性状を表-1に示す。同表で、試料名が同じで(a),(b)とあるのは採取地は同じであるが、異なる位置あるいは異なる土層で採取したものである。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B B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。

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

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

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

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)

$w_i$ :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)

a,b,c:定数

これらの強度式は、セメント水比をもとにしている(上式の $a_w / w_i^c$ はセメント水比と同じ)。従って(3)式はコンクリートの場合の式と同じ)。上記の3つの強度式がどの程度の適合性があるのかをセメント改良土の強度に関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の定数のうち材令28日における9種類の粘性土の各強度式の相関係数の比較を表-2に示す。同表より、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)式の $a_w / w_i^c$ の形が推奨される。

## 4.セメント改良土の強度特性

実験データに対して得られた強度式の定数a,b,cをセメントの種類ごとに表-3に示す。定数a,cは以下のキーワード:セメント改良土、強度式、一軸圧縮強さ、可溶シリカ量、液性限界

〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8

TEL 03-3259-0667 FAX 03-3259-3319

〒270-1352 千葉県印西市大塚1丁目5番

TEL 0476-47-1700 FAX 0476-47-3080

表-1 粘性土の土質性状

試料番号	土ね子 密度 (g/cm <sup>3</sup> )	自然 含水比 (%)	限界 含水比 (%)	塑性 指数 (%)	液性 指数 (%)	強度組成 (%)			70日 および 40日 の 強度 成分量 (%)	可溶 シリカ 量 (%)
						砂 分	シルト 分	粘土 分		
1	2.591	105.6	97.5	33.8	63.7	17.3	36.2	46.5	-	-
2	2.506	134.1	110.8	46.1	64.7	6.1	46.2	47.7	-	-
3	2.656	95.5	69.3	33.0	35.3	6.2	47.8	46.0	-	-
4	2.683	97.9	95.4	32.3	63.1	6.4	37.5	56.1	23.2	7.7
5	2.646	74.4	68.4	27.0	41.4	10.2	38.9	50.9	-	-
6	2.655	93.9	79.3	30.2	49.1	3.5	30.8	65.7	-	-
7	2.610	81.6	64.6	29.8	34.6	14.2	55.3	30.5	11.9	5.3
8	2.632	83.3	70.4	24.2	46.2	2.2	44.5	53.3	15.4	3.8
9	2.559	175.0	116.6	49.6	67.0	1.7	55.8	42.5	-	-
10	2.679	105.0	94.1	42.0	52.1	1.5	36.7	61.8	-	-
11	2.688	38.6	40.6	25.4	15.2	18.8	61.3	19.9	11.7	3.8
12	2.715	88.9	79.0	38.4	40.6	3.4	70.1	26.5	18.3	9.0
13	2.662	55.0	47.6	21.5	26.1	29.0	41.0	30.0	18.9	5.5
14	2.682	41.0	43.6	20.7	22.9	3.4	52.5	44.1	14.2	4.4
15	2.737	52.1	56.2	24.8	27.8	9.8	53.8	36.4	14.4	6.8
16	2.694	56.7	57.7	28.6	29.1	8.8	43.0	48.2	-	-
17	2.758	37.8	48.3	26.4	21.9	0.2	38.4	61.4	10.2	2.2

1)横浜港土 2)日比谷土 3)東京港土 4)横浜港土 5)名古屋港土(a) 6)大阪港土

7)柳ヶ瀬港土 8)万里場港土 9)熊本港土 10)川崎港土(a) 11)名古屋港土(b)

12)南丘土 13)港区土(a) 14)港区土(b) 15)鶴見町土 16)川崎大師土 17)高知土

表-2 各強度式による $q_u$ の相関係数の比較

試料番号	材令28日の $q_u$ に関する相関係数R							
	Nセメント改良土	B Bセメント改良土	(1)式	(2)式	(3)式	(1)式	(2)式	(3)式
1	0.993	0.972	0.965	0.989	0.963	0.962		
2	0.979	0.929	0.929	0.997	0.996	0.996		
3	0.986	0.747	0.744	0.993	0.974	0.974		
4	0.993	0.874	0.865	0.995	0.981	0.980		
5	0.984	0.790	0.787	0.981	0.956	0.920		
6	0.994	0.854	0.846	0.989	0.961	0.960		
7	0.992	0.859	0.814	0.990	0.880	0.859		
8	0.990	0.878	0.848	0.981	0.925	0.921		
9	0.993	0.999	0.993	1.000	0.998	0.999		
平均値	0.989	0.878	0.866	0.991	0.959	0.952		
標準偏差	0.005	0.081	0.083	0.007	0.037	0.045		
変動係数	0.005	0.092	0.095	0.007	0.039	0.047		

注)\*は6個のデータ、その他は9個のデータ

特徴が見られた。

①定数aは、土のポゾラン反応性と関連が深く、ポゾラン反応性が小さい土ほど定数aは小さく、ポゾラン反応性が大きい土ほど定数aは大きいと考えられる<sup>2)3)</sup>。

②定数cは、多くの場合においてc=1.0以上であり、コンクリートの場合と異なっている。またNセメント改良土の方がB Bセメント改良土よりも定数cの値が大きくなるため、Nセメント改良土の方が含水比の影響を受けやすいと解釈することができる。

## 5.強度式の定数と土の組成・性質

土の組成・性質の中で特に重視したのはアロフェンおよび非晶質成分量、可溶シリ力量、液性限界である。表-4にこれらの3つの項目と強度式から得られる定数の相関係数を示す。同表より、定数aは可溶シリ力量との相関が最も高く、次いで液性限界、アロフェンおよび非晶質成分量の順である。

定数b,cは、可溶シリ力量では相関は低く、むしろ一定値に近いと考えられる。この事から、3つの項目のうち可溶シリ力量がセメント改良土の強度の重要な影響因子として見なせる。また、図-1は表-4の液性限界に関する項目を図化したものである。液性限界は可溶シリ力量ほど定数aとの相関は良くないが、試験法も簡便であることから、セメント改良土における実用的な強度予測の説明変量になると考えられる。

## 6.概略強度の予測式としての活用

改良地盤の設計段階において、限られた土の情報からセメント改良土の強度を予測することがなされる。前述したように、土の液性限界の情報があれば強度式の定数が決定され、セメント改良土の概略強度を予測することができる。図-2は土の液性限界 $w_L$ を用いて強度式の定数を求め、これを用いて計算した $q_u$ とセメント改良土の $q_u$ の実測値を比較したものである。同図より、相関係数はNセメント改良土でR=0.843、B Bセメント改良土でR=0.924と予測精度としては良好である。

## 7.まとめ

- セメント改良土に対して強度式を提案した。また既存の強度データを用いてその強度式の適合性の良さを確認した。
- 提案するセメント改良土の強度式の定数を、液性限界を用いて決定して得た強度の計算値と実測値とは良い相関が得られた。

最後に、土の化学分析を行って頂いた(株)宇部三菱セメント研究所に感謝の意を表します。

(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~pp1892

表-3 提案する強度式の定数

試料番号 (M P a)	Nセメント改良土			B Bセメント改良土		
	a (M P a)	b (M P a)	c (M P a)	a (M P a)	b (M P a)	c (M P a)
1	43.32	-2.82	1.6	38.05	-2.31	1.6
2	35.93	-1.40	1.8	39.81	-3.46	1.1
3	26.56	-1.17	2.2	36.61	-2.89	1.3
4	28.23	-0.69	1.8	33.39	-2.05	1.2
5	16.51	-0.51	2.0	26.28	-1.72	1.4
6	14.92	-0.56	1.8	27.86	-1.97	1.3
7	10.73	-0.68	2.0	20.95	-1.48	1.8
8	11.83	-0.83	1.8	25.84	-2.38	1.5
9	29.62	-1.77	1.1	39.29	-4.15	0.9
10	39.06	-1.69	2.2	38.37	-2.99	1.3
11	11.89	-1.76	2.1	21.36	-3.39	2.0
12	35.59	-1.32	2.3	44.20	-3.76	1.5
13	16.54	-1.91	2.3	20.68	-2.40	1.9
14	11.54	-0.99	2.3	23.76	-2.65	1.6
15	24.05	-1.32	2.2	31.50	-2.88	1.6
16	21.16	-0.41	2.8	35.26	-2.91	1.5
17	10.10	-1.23	1.8	16.19	-2.00	1.3

a,b,c 強度式の定数, R : ④に関する相関係数

改良土の種別	定数	相関係数R		
		アロフェンおよび非晶質成分量	可溶シリ力量	液性限界
Nセメント改良土	a	0.707	0.930	0.752
	b	0.098	0.087	-0.239
	c	0.067	0.375	-0.626
B Bセメント改良土	a	0.615	0.694	0.742
	b	-0.091	-0.356	-0.320
	c	-0.340	-0.175	-0.739

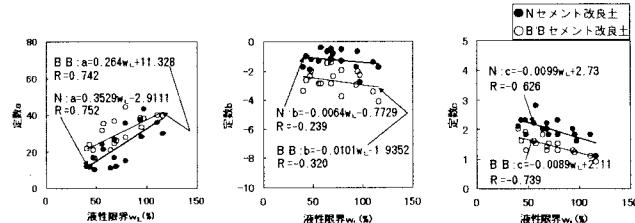


図-1 強度式の定数と液性限界の関係(材令28日)

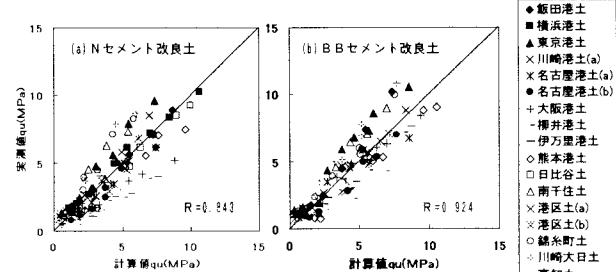


図-2 セメント改良土の一軸圧縮強さ $q_u$ の実測値と計算値の比較(材令28日)

●新田港土 ■浜名港土 ▲東京港土 ×川崎港土△名古屋港土▲名古屋港土△名古屋港土○名古屋港土△名古屋港土+大阪港土×横浜港土○伊万里港土△熊本港土□日比谷土△南千住土×港区土(a)×港区土(b)○錦糸町土△川崎大日土△葛知土

R=0.843 R=0.924

計算値 $q_u$ (MPa) 実測値 $q_u$ (MPa)

計算値 $q_u$ (MPa) 実