

セメント改良土の弾性係数・変形係数

(株)竹中土木 正会員 ○小西 一生
 (株)竹中土木 齋藤 聡

1. はじめに

セメント改良地盤の変形解析に用いる弾性係数・変形係数には、微小ひずみの領域での弾性範囲において用いられる動的弾性係数 E_d 、 E_i (軸ひずみ 10^{-5} 以下の直線部) あるいは割線弾性係数 (設計でよく用いられるいわゆる変形係数 E_{50}) あるいは接線弾性係数がある。また、これらの弾性係数・変形係数は、改良土供試体のひずみの測定方法によって異なることから、近年、局所変位計の使用が推奨されている。

本論文は、局所変位計の π ゲージを用いた一軸圧縮試験結果から上記弾性係数・変形係数の予測式を提案するとともに、これらの値の相互の関係およびこれらの値のひずみの大きさを報告するものである。

2. 弾性係数・変形係数・ひずみの定義

この論文で用いる弾性係数・変形係数・ひずみの定義を図-1 に示す。なお、 E_i は軸ひずみ 0.005% 時の弾性係数とした。

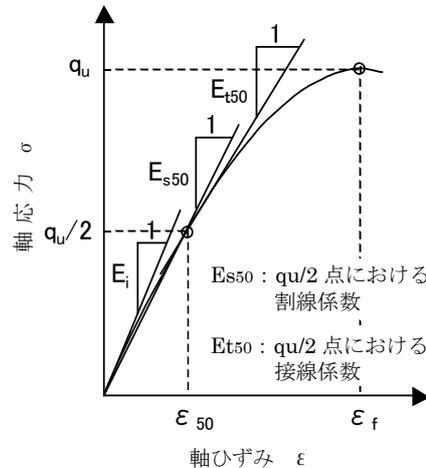


図-1 弾性係数・変形係数・ひずみの定義

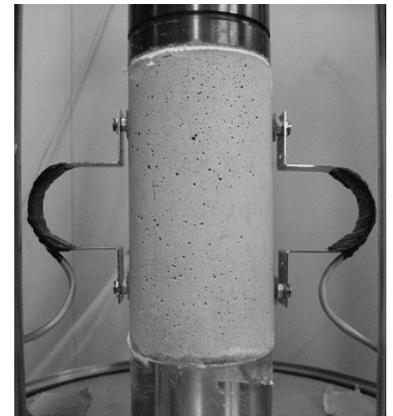


写真-1 用いた局所変位計 (π ゲージ)

3. 実験方法

セメント改良土供試体は室内改良土および現地改良土である。室内改良土供試体の作製条件および現地改良土の配合条件を表-1 に示す。供試体の作製は JGS0821-2000 「安定処理土の締固めをしない供試体作製方法」に準拠した。セ

メントは高炉セメント B 種、セメント系固化材などを用いている。試験は弾性波速度を超音波パルス法により測定した上で一軸圧縮試験を行った。超音波速度はセラミック振動子を用いた超音波パルス発生器とシンクロスコープとからなる装置で JGS2110-1998 「パルス透過法による岩石の超音波速度測定法」に基づき測定し、一軸圧縮試験は JIS A 1216-1998 「土の一軸圧縮試験方法」に準拠した。ただし、変位の測定は、供

試体の 2 箇所に取り付けた測定間距離 6cm の π ゲージ (東京測器研究所製) によって行った (写真-1 参照)。なお、表-1 には文献-1 の供試体条件も併せて示した (局所変位計は π ゲージと同種のものを用いている)。

表-1 試験に用いた供試体

		室内改良土				現地改良土	
サンプルNO.		①	②	③	④	⑤	⑥
採取場所		千葉	大阪	東京	各地	大阪	千葉
土	分類	砂	粘性土	粘性土	粘性土	砂質土	砂質土
	砂含有率 (%)	95%以上	6.1	5.6	1~44	73.8	58.8~81.3
	含水比 (%)	-	61.7	32	54~149	22.5	27.7~41.4
配合	セメントの種類	BB	BB	BB	N	BB	セメント系固化材
	セメント添加量 (kg/m ³)	200~400	200~400	200~400	60~330	400	175~225
	w/c (%)	60	60~100	60~100	60	60	80
データ数	19	15	9	48	15	9	

注) サンプル④は文献 1) による

4. 実験結果と考察

各サンプルの試験結果を、まず湿潤密度 ρ_t 、一軸圧縮強さ q_u 、動的弾性係数 E_d 、局所変位計による弾性係数 (E_i 、 E_{s50} 、 E_{t50})、ひず

み (ϵ_f 、 ϵ_{50}) に整理した上で、弾性係数・変形係数については、文献 2) にならって、 $E = a \cdot \rho_t^b \cdot q_u^c$ の a, b, c を回帰分析により求めた。表-2 にその結果を示す。図-2(a)~(d) は上記回帰式による E (計算値) と E (実測値) を比較したものである。

キーワード 弾性係数、変形係数、セメント改良土、 π ゲージ

連絡先 〒136-8570 東京都江東区新砂一丁目 1 番 1 号 (株)竹中土木 技術・生産本部 TEL03-6810-6215

回帰式の適合性はデータ数 69 では良く、データ数 109 では非常に良いと判断された。表-3 は E_d 、 E_i 、 E_{s50} 、 E_{t50} 相互の関係を示したものである。原位置せん断弾性波速度から求めたヤング係数と E_i は一致することが報告されているが³⁾、今回の結果では、 E_i は E_d の約 80%であった。また、 E_i

表-2 E_i 、 E_{s50} 、 E_{t50} の回帰式

	回帰式	データ数	決定係数R ²
E_i	$E_i = 156.3 \cdot \rho_t^{4.841} \cdot qu^{0.3787}$	67	0.82
E_{s50}	$E_{s50} = 140.0 \cdot \rho_t^{4.613} \cdot qu^{0.3901}$	67	0.91
	* $E_{s50} = 136.2 \cdot \rho_t^{3.726} \cdot qu^{0.6396}$	109	0.95
E_{t50}	$E_{t50} = 113.8 \cdot \rho_t^{4.216} \cdot qu^{0.4743}$	67	0.89

注) *: 文献1) のデータを加えた場合

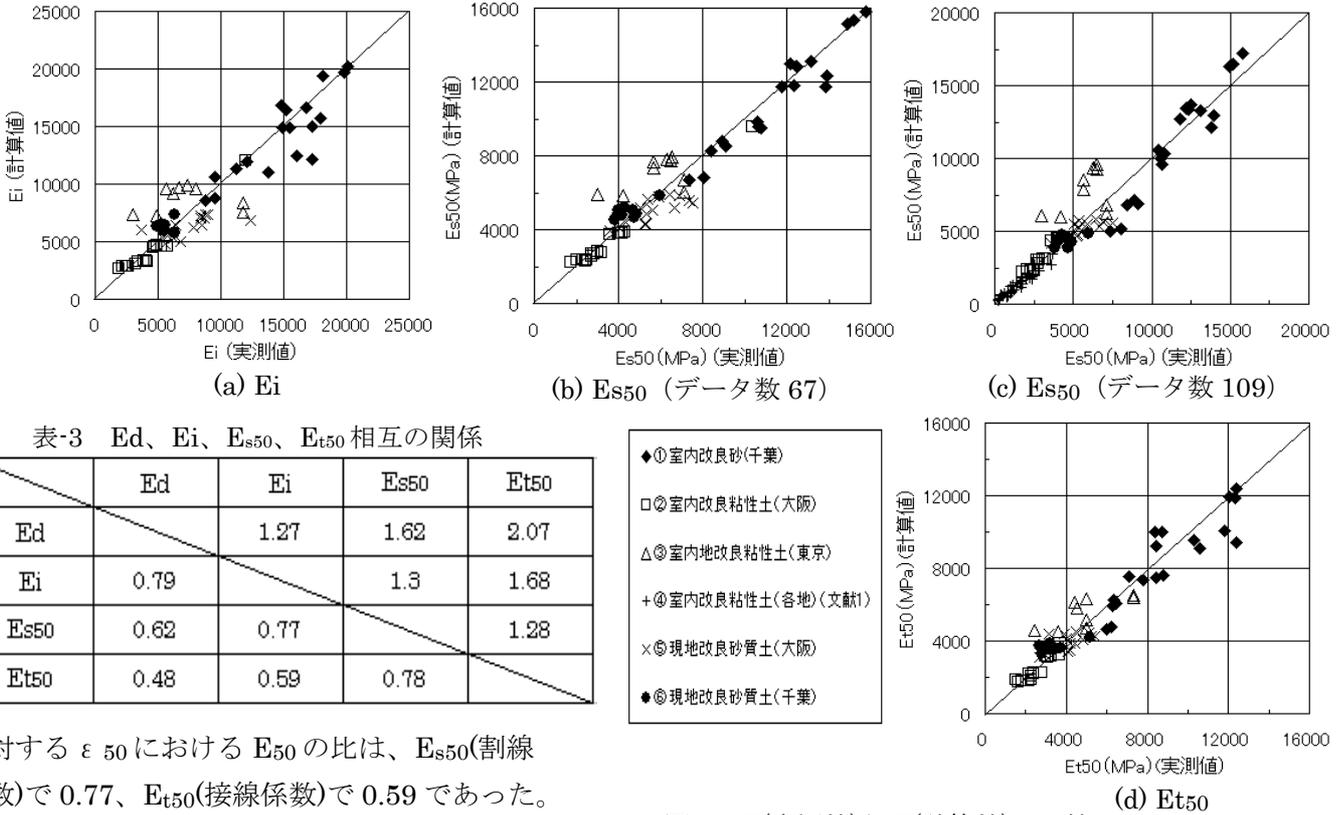


図-2 E(実測値)と E(計算値)の比較

表-3 E_d 、 E_i 、 E_{s50} 、 E_{t50} 相互の関係

	E_d	E_i	E_{s50}	E_{t50}
E_d		1.27	1.62	2.07
E_i	0.79		1.3	1.68
E_{s50}	0.62	0.77		1.28
E_{t50}	0.48	0.59	0.78	

に対する ϵ_{50} における E_{50} の比は、 E_{s50} (割線係数)で 0.77、 E_{t50} (接線係数)で 0.59 であった。図-3(a)(b)は軸ひずみ ϵ と qu の関係を示したものである。(a)の破壊ひずみ ϵ_f は 0.1~1.1% の範囲にあるが、各サンプルとも qu に対する ϵ_f の明瞭な傾向は見られない。(b)の ϵ_{50} は 0.03~0.18% の範囲にあり、各サンプルとも qu の増加に伴い ϵ_{50} もまた増加する傾向を示した。

5. まとめ

セメント改良土の弾性係数・変形係数 E_i 、 E_{s50} 、 E_{t50} をセメント改良土の湿潤密度 ρ_t と一軸圧縮強さ qu を用いて表現する予測式を提案した。また、 E_d および局所変位計による E_i 、 E_{s50} 、 E_{t50} 相互の関係および E_{s50} 、 E_{t50} を用いる際のひずみの値を明らかにした。今後、さらにデータを集積して精度の向上をはかりたい。

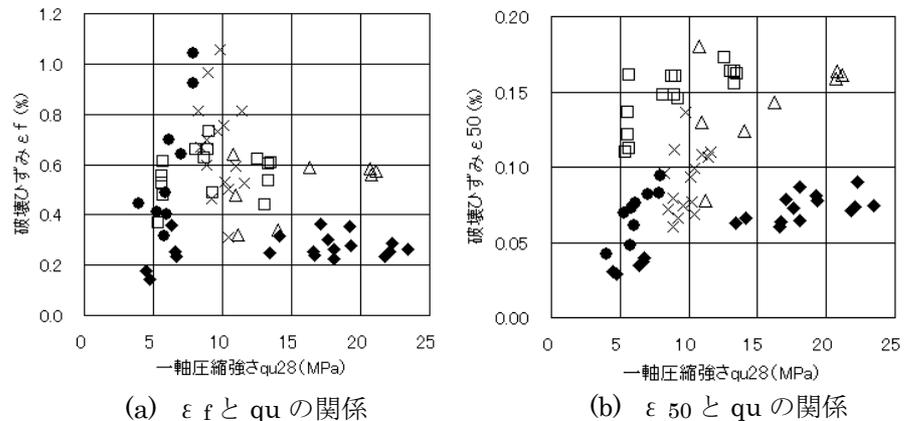


図-3 実測値と計算値の比較

【参考文献】 1) 新名昭土他：各地の沖積粘性土をセメントスラリーにより安定処理した改良土の工学的性質、竹中技術研究報告、第 25 号、1981 2) 小西一生他：セメント改良土の動弾性定数、第 45 回地盤工学研究発表会、2009 (投稿中) 3) 例えば、龍岡文夫：セメント改良した土の変形強度の特徴、基礎工、2008.8