

泥土圧シールド掘削土を用いた改良土のコーン指数に関する一考察

鹿島建設(株) 技術研究所 正会員 五十嵐 寛昌, 正会員 真鍋 智
住友大阪セメント(株) 正会員 青山 要, 宇野 貴
日本大学 理工学部 フェロー 巻内 勝彦

1. はじめに

筆者ら共同研究グループ（脚注）は，泥土圧シールド掘削土にセメント系固化材を添加・混合し，第3種および第4種改良土として有効活用を図る目的で，効率的な自動改良システムの開発を進めてきた¹⁾。建設工事から生じる発生土に対する改良土の品質は，JIS A 1228 のコーン指数による強度で規定されているが，JIS A 1210 によるランマーを用いた動的な締固めによる供試体作製は，連続的かつ大量に発生する掘削土の場合には，試験装置の上で自動化には適さない。そこで筆者らは，自動化に適する静的締固めと，JIS 法による動的締固めによる供試体のコーン指数の相関を検討し，両者に一定の関係があることを見出した²⁾。今回は，改良後1時間から3時間程度の若材令の供試体強度から，現場から改良土の搬出が行われる6時間から24時間後の発現強度の予測方法について検討したので報告する。

2. 実験方法

現場から採取した泥土圧シールド掘削土（および粒度調整した試料土）に，所定のセメント系改良材を添加し，ホバート型ミキサーで混練し，所定の時間後（1h, 3h, 6h, 24h 後）に JIS による締固め（動的締固めと呼称）を行い，湿潤密度を測定する。同種のモールドを用いて，動的締固めと同一の湿潤密度となるように，油圧式圧縮荷重装置により静的荷重を加圧して供試体を作製する（静的締固めと呼称）。両者の供試体について，締固め後直ちにコーン貫入速度 20cm/min でコーン指数を測定する。表-1 に実験方法の詳細を示す。

表-1 改良土の実験方法

項目	JIS規格 試験	室内試験方法	
		動的	静的
供試体 作製方法	供試体寸法	10cmモールド、容量1000±12cm ³	
	突固め器具	2.5kgランマー	圧縮試験機
	突固め層数	3層	1層
	突固め回数	25回	1回
	載荷速度	—	5cm/min
コーン 試験	コーン貫入器具	コーンペネトメータ	圧縮試験機
	コーン貫入速度	60cm/min	20cm/min

3. 試料土および使用材料

試料土の性質と試験条件を表-2 に，粒度分布を図-1 に示す。試料土 A は，現場から採取した泥土圧シールド掘削土である。試料土 B から H は，立坑などから採取した土であり，泥土圧シールド工法で掘削した場合を想定して，スランプ 18±1cm となるように細粒分含有率 30% 以上の場合は加水し，30% 未満の場合は加泥材を使用し流動化させた上で用いた。固化材として，セメント系改良材を砂質土系試料土に 20, 30, 40kg/m³，粘性土系試料土に 30, 60, 90kg/m³，さらに，各試料土とも高分子系改良材 2kg/m³ を添加した。

表-2 試料土の性質と試験条件

項目		A	B	C	D	E	F	G	H
湿潤密度 ρ_s (g/cm ³)		1.853	1.738	1.745	1.778	1.735	1.440	1.436	1.572
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)		1.365	1.237	1.180	1.257	1.175	0.716	0.703	0.911
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.682	2.685	2.717	2.636	2.672	2.598	2.643	2.672
自然含水比 Wn (%)		35.8	40.5	47.9	41.5	47.6	101.0	104.2	72.3
飽和度 Sr (%)		99.5	92.9	99.9	99.7	99.8	99.8	99.8	99.9
粒度組成	礫分(2mm以上)	4	1	5	0	3	4	0	0
	砂分(75 μ m ~ 2mm)	76	93	70	53	42	26	14	3
	シルト分(5 ~ 75 μ m)	15	3	13	31	37	36	45	69
	粘土分(5 μ m 以下)	7	3	13	16	18	34	41	28
コンシステンシー	液性限界WL(%)	—	—	44.3	30.3	55.4	112.6	104.2	79.2
	塑性限界Wp(%)	—	—	24.9	17.2	24.4	45.2	41.5	34.8
	塑性指数Ip(%)	—	—	19.4	13.1	31.0	67.4	62.7	44.4
固化材種類	セメント系改良材(kg/m ³)	20,30,40					30,60,90		
	高分子系改良材(kg/m ³)	2							
養生時間(h)		1,3,6,24							

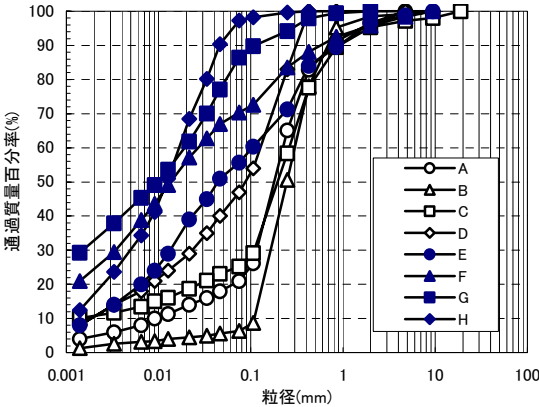


図-1 試料土の粒度分布

キーワード：シールド工法，発生土，改良土，締固め，コーン貫入試験

連絡先：鹿島建設(株)技術研究所土木技術研究部 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 0424-89-7067

共同研究グループ：戸田建設(株)多田幸司，鹿島建設(株)玉井達郎，大成建設(株)栄 毅熾，西松建設(株)磯 陽夫

4. 実験結果と考察

(1) 静的締固めと動的締固め供試体に対するコーン指数の関係²⁾

図-2 に示すとおり、静的締固めと動的締固め供試体のコーン指数の関係は、原点を通る相関直線式で表され、直線の勾配、すなわち静的法と動的法のコーン指数の比「コーン指数比 α 」は、改良する土の物性によって異なることがわかった。

(2) 経時変化に対するコーン指数の予測手法の提案

図-3 に示すように静的締固め供試体において、改良初期の測定値から24 時間後までのコーン指数を予測し（経路(a),(c)）、次にコーン指数比を用いて動的締固め供試体のコーン指数の予測値を推定する手法（経路(b),(d)）を検討した。

静的締固め供試体のコーン指数の経時変化は、改良から24 時間後の試験値に対する割合を表す「強度発現比」として、双曲線近似式を用いて図-4 のように表すことができる。この強度発現比の経時変化による予測と、前項で述べたコーン指数比から、動的締固め供試体の数時間後のコーン指数を得ることが可能となる。経路(a),(c)にあたる静的コーン指数の経時変化に伴う強度発現の予測式は、図-5 に示した養生時間と強度発現比の関係から双曲線近似式を用いて試料土ごとに得られる。

試料土ごとの予測値と実測値の相関は図-6 に示す結果となり、 $\pm 20\%$ 程度の差異が見られたが、改良土の現場搬出時の強度を予測し改良材添加量を調整するための管理に供することは可能であると考えられる。

予測の手順を以下に示す。

- 1) 双曲線近似式を用いて、静的締固め供試体のコーン指数予測値 q_{cst}^* を算出する（経路(a),(c)に該当、式(1)）
- 2) コーン指数比を乗じて、動的締固め供試体のコーン指数の予測値 q_{cdt}^* を求める（経路(b),(d)に該当、式(2)）
- 3) なお、予測式を決定する定数 a, b とコーン指数比 α は、改良する土の物性値によって異なるので実測する。

$$q_{cst}^* = \frac{t}{a+bt} \quad (1)$$

$$q_{cdt}^* = \alpha \times q_{cst}^* \quad (2) \quad (a, b, \alpha \text{ は定数})$$

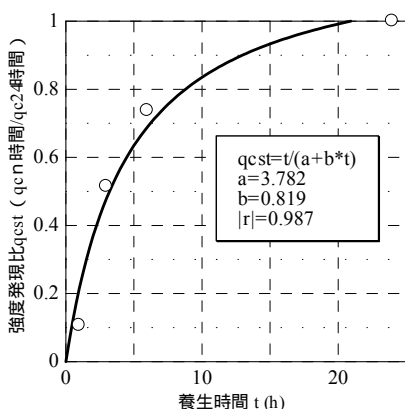


図-4 静的締固め供試体（試料土A）の強度発現比の経時変化

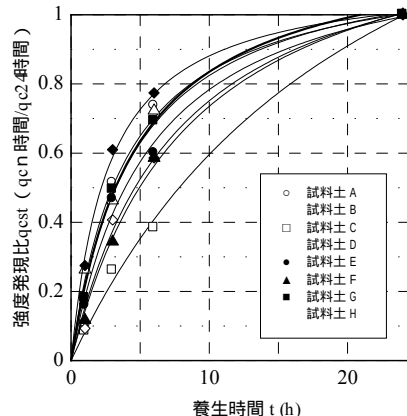


図-5 静的締固め供試体の強度発現比

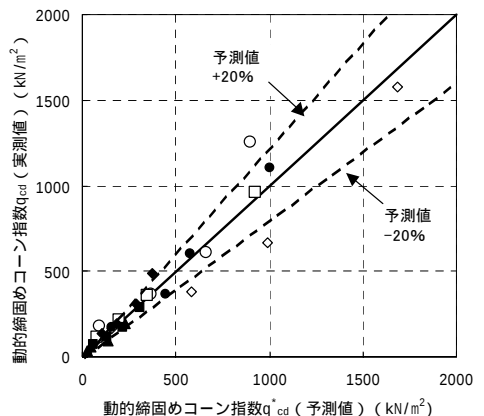


図-6 動的締固め供試体のコーン指数の予測値と実測値の相関

5. まとめ

泥土圧シールド掘削土の改良における品質判定に際して、静的締固め供試体のコーン指数を測定し、経時変化による動的締固め供試体のコーン指数の予測方法を提案した。今後は、対象土固有のコーン指数と土の諸性質との関係についての検討を行い、工学的意味づけと実用に向けて予測式の確定を図りたい。

【参考文献】

- 1) 柴田 他；シールド工から発生する泥土の処理システムの開発，第55回土木学会年次学術講演会，pp.488～489，2000
- 2) 五十嵐 他；泥土圧シールド掘削土を用いた改良土の締固め方法とコーン指数の関係，第37回地盤工学研究発表会，2002