

回転掘削における土質とトルクの関係

京都大学工学部 正 員 島 昭治郎 京都大学工学部 正 員 檜垣 義雄
 京都大学大学院 学生員○芦田 恵樹 (株)神戸製鋼所 青井 実

1. はじめに

深層混合処理工法における施工の自動制御化への一環として本報告では、攪拌翼を回転貫入するときにかかるトルクと地盤のコーン指数との関係について、模型実験により検討を行った。これにより、攪拌翼貫入時の掘削トルクから土の強度と土質を推定、判別しようというものである。

2. 実験内容と結果

実験は直径約1 m、深さ約1 mの土槽に、長さ(翼径)500mm、450mm、400mmの3種類の攪拌翼を各々貫入し、翼にかかる掘削トルクとコーン指数の関係を調べた。コーン指数は先端角30°、底面の直径30mmのポータブル単純コーン貫入試験機を用いて計測した。また地盤中の深部を想定し、土槽上面から圧力をかけ試料を拘束して同様に実験を行い、土かぶりの影響についても検討した。試料には、砂としては小豆島砂を自重により圧縮したもの、粘性土としては深草粘土を100kPa載荷、200kPa載荷、400kPa載荷で3種の状態に圧縮したものをを用いた。これらの特性を表2-1に示す。回転数、貫入速度を数種類変えて行った実験の結果の一例を図2-1に示す。これを見ると、砂、粘土とも掘削トルクとコーン指数が比例していることがわかる。また砂の比例係数は粘性土より大きいがこの比例係数は、砂分、粘土分の含有率により変化することが考えられ、これを定量的に把握すれば土の種類の判別利用

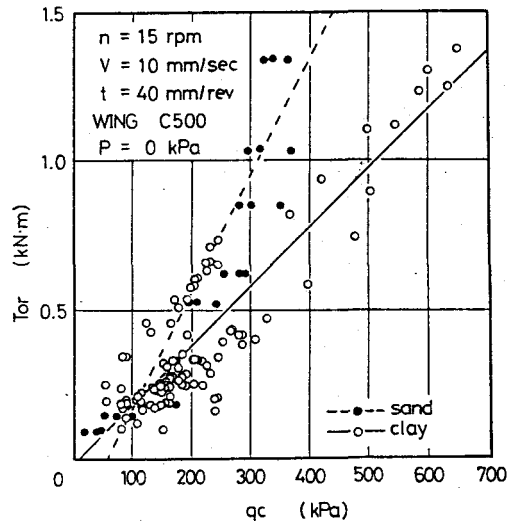


図 2-1 コーン指数と掘削トルクの関係

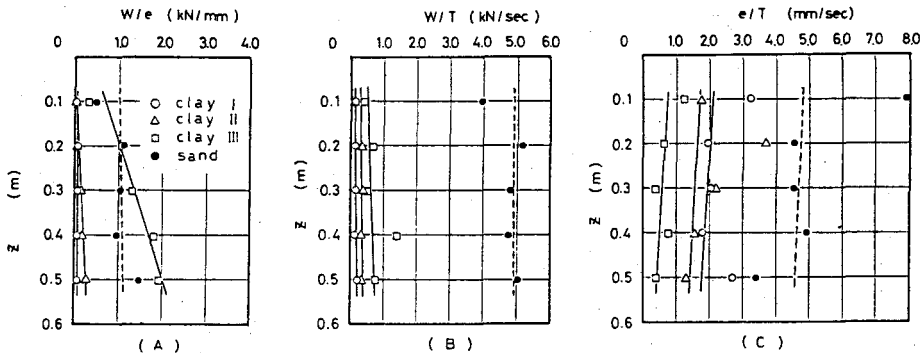


図 2-2 土の種類の判別

Shojiro HATA, Yoshio HIGAKI, Shigeki ASHIDA, Minoru AOI

できる。また他の回転数や貫入速度の場合についても同じ関係が得られている。ところでこれを利用して土の種類を判別するには、掘削トルクと共にコーン指数も計測しなければならず、これでは攪拌翼だけで土質を推定できない。そこで土の判別にはこれとは別に、攪拌翼を回転させずに貫入し、そのときの荷重-変位関係などから得られる一定変位に対する荷重変化率や一定時間に対する荷重変化率などを用いる方法を検討中で、その一例を図2-2に示す。図中Wは荷重、eは変位、Tは時間を表す。これにより土の種類を判別した後、掘削トルクとコーン指数との関係を地盤の強度を推定する際に用いる。

3. 実験結果の考察 掘削トルクとコーン指数が比例することがわかって、実際に掘削トルクからコーン指数を推定するには、その比例係数や切片を求めておかなければならない。これらの定数は攪拌条件や翼の形、あるいは土の種類によって変ると思われる。翼径、上載圧によってこれらの定数がどう変化するかを示すと表3-1のようになる。なお表中の値は、各々の実験で得られた掘削トルクとコーン指数との関係の直線回帰による定数を各条件ごとのまとめ、Thompsonの棄却検定によって棄却を行った後平均をとったものである。

これをみると、係数、切片共に砂のほうが粘性土よりも翼径や上載圧の影響をうけていること、その影響は、係数についてはそれぞれの増加に伴い大きくなり、切片については砂において翼径の増加に伴い小さくなること、これら以外ではほとんど有意な差異はみられないことがわかる。砂については切りこみ量の影響もみられ、これは翼径と共に係数に影響することは十分に考えられる。また上載圧の影響はコーン指数を装置の制約上無載荷の状態で計測していることによるもので、コーン指数を同じ載荷状態で計測できればこの影響は消えるものであろう。有意な差異がみられなかった粘性土についても、同じことがいえているはずである。以上、今回はデータ数が不十分のためこの程度の定性的な言及にとどめておく。

4. あとがき 本研究により掘削トルクとコーン指数の比例関係が実験的に得られたが、攪拌翼の回転貫入により具体的に土質を把握するには、さらに多くの実験により検証がなされなければならない。今後この検討をすすめながら、さらに比例定数の定量的な、また理論的な検討をすすめていく予定である。

表 2-1 試料の特性

試 料	小豆島砂	深草粘土
比 重	2.65	2.69
平均粒径	0.94mm	0.33mm
均等係数	2.66	71.4

表 3-1 翼径、上載圧の影響

翼	翼径 L (mm)	上載圧 P (kPa)	小豆島砂		深草粘土	
			a	b	a	b
C500	500	0	-311.9	3.78	82.5	1.75
		50	—	—	72.3	2.12
		100	—	—	2.34	2.71
		150	—	—	89.9	2.17
		200	—	—	52.0	2.65
		300	—	—	141.2	2.39
		350	—	—	151.1	3.15
		400	—	—	130.7	2.57
C450	450	0	-153.0	2.63	—	—
C400	400	0	46.1	1.29	-66.0	1.25
		5	-16.9	2.16	—	—
		10	96.7	3.97	—	—
		400	—	—	-20.0	1.64
A500	500	0	-64.5	3.32	—	—

$$\text{但し、Tor (N} \cdot \text{m)} = a + b \cdot q_c \text{ (kPa)}$$