

掘削深度と掘削トルクの関係

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
阪神電気鉄道（株） 正 員 〇久保田晃司 （株）神戸製鋼所 辻井 剛

1. はじめに 深層混合処理工法において、施工能率、経済性、仕上り品質を向上させるためには、原地盤強度を適確に把握する必要がある。今回、攪拌翼貫入の際に翼にかかる抵抗から、土質状態を推定することを目的とし、粘性土を用いた、実機に近い模型実験を行うことにより、掘削トルクと粘性土の強度特性との関係及び、その際の掘削深度を想定した上載荷重の影響について検討した。

2. 実験装置 実験に用いた土槽を図-1に示す。これは、土槽上蓋内のゴム製エアバッグに圧力を与えることにより、回転貫入時に上載圧をかけることができるようになっている。なお、土槽内試料の圧密にはこの上載荷重を用い、内壁全面に貼付されたドレン材を通して下部排水口より排水した。

3. 実験試料 表-1に示す深草粘土を用い、
圧密により3段階の強度を持たせた。

4. 実験内容 回転数及び、鉛直方向の貫入速度を設定した値に調節し、所定の上載荷重をかけ、土槽内深さ方向にトルクを測定した。また、これと対応する強度特性としては、各回転貫入実験前に測定した、ポータブルコーン貫入試験機によるコーン指数を用いた。結果の例を図-2に示す。この実験を、圧密圧力のちがいによる3種類の試料に対して行い、各試料について上載圧を圧密圧力まで数段階に変化させて、土かぶり圧の影響を調べた。

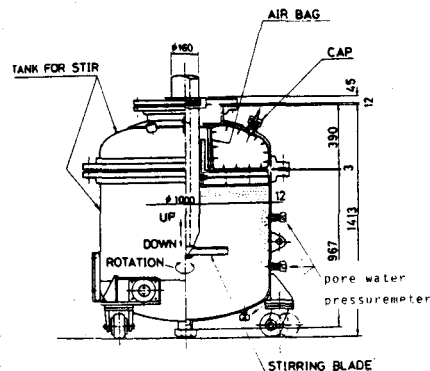


図-1 実験上槽

表-1 深草粘土諸元

比	承	G ₂	2.687
平均粒径	D ₉₀	0.33 mm	
均匀系数	U _c	71.4	
最大粒径	D _{max}	2.50 mm	
液性限	LL	52.4 %	
塑性限	PL	31.4 %	
塑性指数	IP	21.0	

压实压力(止压压实)	100kPa (试样 I)	200kPa (试样 II)	400kPa (试样 III)
湿密度(标准压实试验)	1.768 t/m ³	1.807 t/m ³	1.830 t/m ³
含水比(主槽内/平均值)	46.0 %	37.5 %	32.0 %

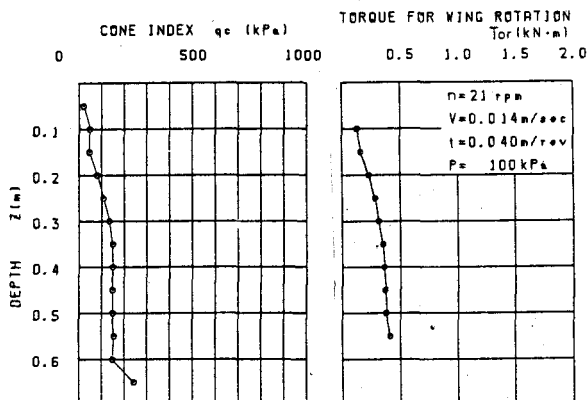


圖-2 實驗結果例

Shojiro HATA , Yoshio HIGAKI , Koji KUBOTA , Tsuyoshi TSUJII

5. 掘削トルクに及ぼす掘削深度の影響 掘削トルクに影響を及ぼす要因としては、回転速度、鉛直方向の貫入速度、翼径、翼高さ、地盤の土質特性、掘削深度（土かぶり圧）等が考えられる。外の要因を一定とした際の、地盤の強度特性としてのコーン指数と掘削トルクとの関係を図-3に示す。これは圧密圧力と同じ上載荷重をかけて回転貫入した際の測定値を表したもので、正規圧密状態を想定している。

このように掘削トルク T_{or} とコーン指数 q_c は比例関係にあると考えられ、 $T_{or} = a \cdot q_c$ とすると、土かぶり圧を含むその他の要因は、係数 a の中に含まれることとなる。そこで、圧密圧力を表-1中の湿潤密度を用いて地盤内深度 z に換算し、これと図-3における T_{or}/q_c ($= a$) との間の関係をみたものが図-4である。 a はほぼ z にかかわらず一定とみなすことができ、この結果、掘削トルクに対する土かぶり圧の影響は、粘性度を圧密して強度を増加させるという効果のみにあわれ、直接はきいてこないと考えられる。言いかえると、粘性度の諸元が一定であれば、掘削トルクはその深度の土の強度を示すことになる。

また、もう一つの考え方として、実験時の上載圧を圧密圧力より小さいものとした際のトルクが、その上載圧によりどのように変化するかを調べた。上載圧を前述と同様にして地盤内深度 z に換算し、これとトルク T_{or} との関係を表したのが図-5である。このとき、減圧後、時間をおいて吸水膨張させておらず、減圧のための強度低下はない。したがって、これは、一定の強度をもつ試料に対する掘削トルクへの土かぶり圧の影響をみたもので、過圧密状態を想定したものではない。このように、ある程度の深度以上においては、掘削トルクは一定とみなされ、土かぶり圧の影響はないことが確認された。

6. おわりに 粘性度の場合、回転貫入時の諸条件によって異なる係数をあらかじめ決定した後は、施工時に掘削トルクを計測することにより、地盤のコーン指数を推定することが可能になると考えられる。この結果を施工の自動制御化に結びつけようとするものであるが、これを室内配合試験結果の一軸強度と対応させるためには、施工時の攪拌効率の向上とその正しい評価方法の解明が望まれる。

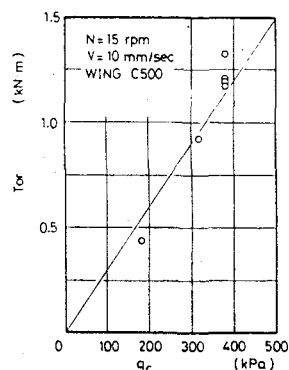


図-3 コーン指数とトルクの関係

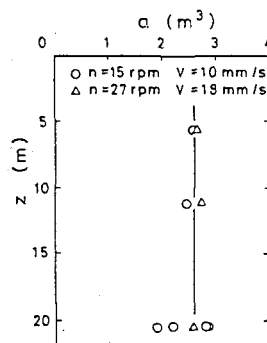


図-4 係数 a と換算深度の関係

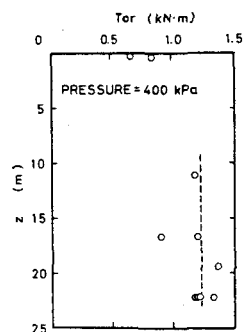


図-5 トルクに対する上載圧の影響