

III-23

滞水玉石砂礫地盤における泥土圧シールド掘削土の塑性流動性に関する実験的研究

三井建設技術研究所 正会員 阿部 和毅

" " 石田喜久雄

1. はじめに

泥土圧シールドの土圧制御を成立させ切羽を安定保持するためには、チャンバー内の掘削土に切羽管理圧を保持する抵抗性と、チャンバー内に充満し滞留・過流動することなく排出される流動性の2つの相反する性質を合わせ持つ、塑性流動性が必要である。しかし、塑性流動性の確保が困難な滞水玉石砂礫地盤における施工には、土圧制御できずに噴発や閉塞、切羽崩壊や陥没等の発生を伴うことは少なくない。本研究では、滞水玉石砂礫地盤において、土圧制御を成立させ切羽を安定保持できた施工現場の排出土を採取し、貫入抵抗実験による排出土の性状によって、現場の切羽管理圧およびジャッキ速度と関連づけることで、チャンバー内の加圧状態にある掘削土が有する塑性流動性の把握を目的とした。

2. 実験試料土採取現場の施工状況

実験試料土（排出土）の採取現場は、排土機構に特殊な圧力保持機構がなくとも土圧制御を成立させており、掘削土の性状と施工管理状態の関連性が高いと考えられる現場を対象とした。今回設定した土圧制御成立の判断基準は、①排出土が分離していないこと、②掘進中常時排土ゲートがオープンであること、③切羽管理圧の標準偏差が 0.2kgf/cm^2 以下であること、④掘進速度が 30mm/分 以上であることの4点である。但し、排出土の性状からチャンバー内の掘削土の性状を把握することが目的であるため、排出後に極端な性状変化が予想される気泡材を使用している現場排出土は除外した。以上の基準に基づき、試料土を採取した3現場の施工状況を表-1に示す。B現場の採取時の排出状況を写真-1に、施工管理状況を図-1に示す。切羽管理圧の標準偏差がともに 0.1kgf/cm^2 であり同レベルに安定した管理状況にあるが、確保されたジャッキ速度に大きな差異のあることが分かる。

3. 実験方法

写真-2に貫入抵抗実験装置を示す。貫入抵抗実験方法は、①内径 $\phi 200\text{mm}$ のモールドに実験試料土を厚さ 200mm まで詰める、②貫入面に $\phi 120\text{mm}$ の開口径を有し加圧面積が 200cm^2 である貫入器を実験試料土表面に設置する、③貫入速度を通常のシールド速度を考慮して 30mm/分 に固定し貫入を開始する。計測値は、変位計による貫入変位量 δ とロードセルによる貫入荷重 P である。また、実験試料土に含有される礫の最大径を、貫入モールド径

表-1 試料土採取現場施工状況

項 目	A現場	B現場	C現場
シールド外径 (mm)	4,180	2,130	2,130
最大粒径 (mm)	300	900	1,200
N値	15~50	50以上	5~20
土被り (m)	19	9	5
地下水圧 (kgf/cm^2)	0.8	0.5	0.4
切羽管理圧 Q (kgf/cm^2)	平均値 1.0	0.6	0.5
	標準偏差 0.1	0.1	0.1
ジャッキ速度 S (mm/分)	平均値 51	36	77
	標準偏差 5.4	4.9	3.8



写真-1 B現場排出状況

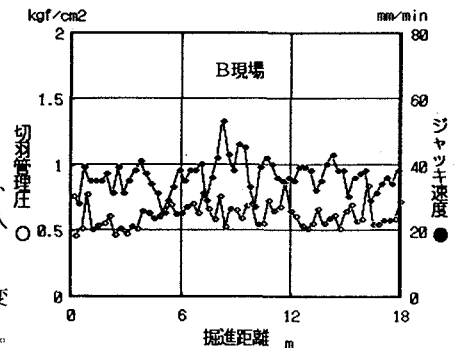


図-1 B現場施工管理状況

および試料土厚さの1/5、貫入器開口径の1/3程度である $\phi 38\text{mm}$ とした。

4. 実験結果および考察

貫入荷重 P を貫入器の加圧面積で除した値を抵抗圧 R と称して、 R と貫入変位量 δ で計測結果を整理したのが図-2である。図中のA試料は、A現場で採取した排出土を示す。3試料の貫入状況に大きな差異のあることが分かる。ここで R の発生状況と切羽管理圧 Q とを比較すると、A・B試料の R は δ が増加すると Q 以上になること、C試料の R は Q に達した後では δ が増加しても R が増加しないことが分かる。よって、3現場の排出土は、切羽管理圧 Q と同じ値である抵抗圧 R_c を発生し得る抵抗性を有するといえる。

土圧制御を成立させたチャンバー内の掘削土が、 Q を保持している状態でジャッキ速度 S と相関関係にある流動性を有することを考慮して、排出土においては、ジャッキ速度と抵抗圧 R_c における流動性を評価する必要がある。そこで、(1)式で定義される塑性流動係数 $K_{pf}(R)$ を考えた。

$$K_{pf}(R) = \Delta R / \Delta \delta \cdots (1)$$

ここに、 ΔR は抵抗圧 R の増分量、 $\Delta \delta$ は R 時の貫入変位量 δ の増分量である。 $K_{pf}(R)$ と R の関係を図-3に示す。これより、抵抗圧 R_c の $K_{pf}(R_c)$ と S の関係を図-4に示す。両者の関係が一次回帰式で近似できること、B現場の施工実績から、ジャッキ速度 30mm/分 程度以上で土圧制御するには、排出土の性状を $K_{pf}(R_c) \leq 1.5$ とする必要があることが分かる。よって、3現場の排出土は、 $K_{pf}(R_c) \leq 1.5$ である流動性を有するといえる。

以上より、土圧制御できる現場の排出土は、① R_c を発生可能な抵抗性、② $K_{pf} \leq 1.5$ である流動性の2つの性状を有することが分かった。泥土圧シールドで必要とされる塑性流動性とは、排出土に上記の性状を保持する、チャンバー内の加圧状態の掘削土の性状であるといえる。

5. おわりに

泥土圧シールドの土圧制御が成立していると判断される施工現場の排出土の貫入抵抗実験結果を、切羽管理圧およびジャッキ速度と関連づけることにより、チャンバー内加圧状態にある滞水玉石砂礫地盤掘削土の塑性流動性を把握できることが分かった。但し、今回得られた排出土の抵抗性と流動性は、大気下での土粒子相互の接触抵抗に支配される性状により発生していると考えられ、チャンバー内の掘削土の性状と必ずしも同義ではないと考えられる。今後は、より現実に近い状況として、貫入モールド内を切羽管理圧と同じ圧力状態に保持した場合の貫入抵抗実験を実施する予定である。

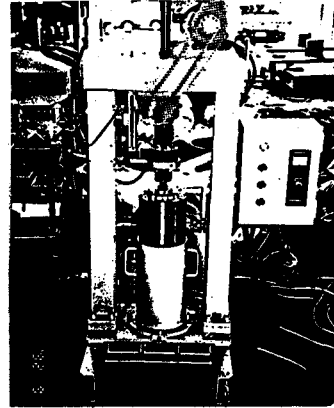


写真-2 貫入抵抗実験装置

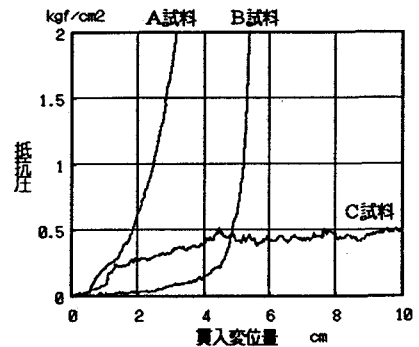


図-2 抵抗圧と貫入変位量の関係

図中の●印は抵抗圧 R_c を示す

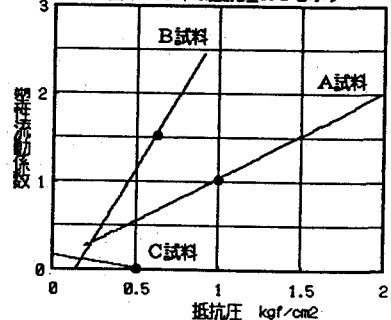


図-3 塑性流動係数と抵抗圧の関係

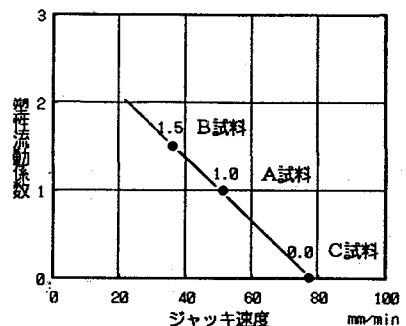


図-4 塑性流動係数とジャッキ速度の関係