

# III-458 ECL工法における推進反力実験について

戸田建設株式会社 正会員 岡村 光政 小林 光  
春山 浩彦 舘川 裕次

## 1. はじめに

ECL工法においてシールドの推進反力を直接、内型枠に伝達する場合、その必要な型枠延長等について、明確な基準が確立されていない。そこで、次の3タイプの型枠スベリ耐力について実験的検証を行い、種々の基礎データが得られたので、ここに報告する。

- ① 型枠と覆工コンクリートの自然付着力のみで推力を伝達する方法（無加工タイプ）
- ② 内型枠のテーパ付きピースをジャッキで押し抜け型枠と覆工の摩擦抵抗力を増大する方法（拡張タイプ）
- ③ 予め覆工中に埋め込んだアンカーを高張力ボルトで締め付け、摩擦力を増大させる方法（ボルト締めタイプ）

## 2. 実験の概要

### 2.1 実験装置

覆工モデルは、仕上り内径 1.0m 厚さ15cm 高さ60cmで 鋼棒に反力をとることで、フレッシュコンクリートの加圧

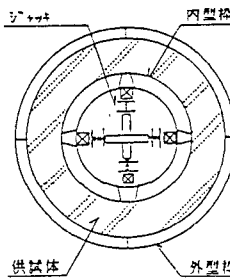


図-2 型枠拡張方法

及び4本の油圧ジャッキによる内型枠の押し抜きを行う。（図1） また、拡張タイプの型枠拡張方法を図2に、ボルト締めタイプに用いるアンカーの仕様を図3に示す。尚、アンカーは1リング当たり4本用いた。

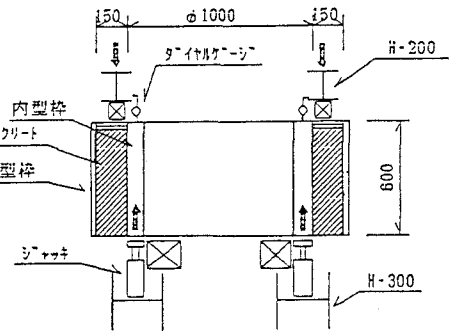


図-1 実験装置の概要

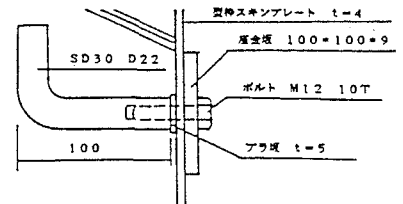


図-3 アンカーの仕様（4ヶ所）

### 2.2 実験条件

表1に、各タイプの実験ケースの一覧を示す。表中の①～⑥は、コンクリートのバッチ番号である。

拡張タイプでは、拡張力をパラメータとし

またボルト締めタイプではトルクをパラメータとしてスベリ耐力を求めた。表2は、コンクリートの配合である。

### 2.3 実験方法

実施工のサイクルタイムを考慮して、フレッシュコンクリートを1 kgf/cm<sup>2</sup>の加圧力で90分間加圧養生し、各材料毎に内型枠をその下側に設置したジャッキで押し抜き、スベリ耐力を求めた。主な測定項目は、加圧力制御の為に鋼棒の軸力、押し抜き時の作用ジャッキ荷重と内型枠のスベリ量で、拡張タイプでは拡張のジャッキ荷重、ボルト締めタイプではトルク値も測定した。

表-1 実験ケース一覧

| C a s e |       | 材 質 (day)     |         |         |         |
|---------|-------|---------------|---------|---------|---------|
|         |       | 1             | 2       | 3       | 4       |
| Case.1  | 無加工   | ① 1-1-1       | ② 1-1-2 | ③ 1-1-3 | ④ 1-1-4 |
|         |       | ⑤ 1-1-1       |         | ⑥ 1-1-3 |         |
| Case.2  | 拡張    | 小 $P_E=1.8$ t | ① 2-1-2 |         |         |
|         |       | 中 $P_E=2.8$ t | ② 2-2-1 |         | ① 2-2-4 |
|         |       | 大 $P_E=3.8$ t | ③ 2-3-1 |         | ② 2-3-4 |
| Case.3  | ボルト締め | 小 $P_T=200$   |         | ③ 3-1-3 |         |
|         |       | 中 $P_T=350$   | ⑤ 3-2-1 | ⑥ 3-1-3 |         |
|         |       | 大 $P_T=500$   |         | ③ 3-2-3 | ② 3-2-4 |

$P_E$  : 拡張力 (tonf)

$P_T$  : トルク (kgf・cm)

表-2 コンクリートの配合

| 設計基準強度                      | 粗骨材の最大寸法 | スランブの範囲       | 空気量の範囲        | 水セメント比                    |
|-----------------------------|----------|---------------|---------------|---------------------------|
| 42.8 (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 28 (mm)  | 15 ± 2.5 (cm) | 4.8 ± 1.8 (%) | 48.8 (%)                  |
| 単位量 (kg/m <sup>3</sup> )    |          |               |               |                           |
| 配合比率                        | 水        | セメント          | 粗骨材           | 細骨材                       |
| 39.1 (%)                    | 179      | 448           | 632           | 1851                      |
|                             |          |               |               | 5.73                      |
|                             |          |               |               | 48.4 (kg/m <sup>3</sup> ) |

### 3. 結果及び考察

図4に各タイプの材令に応じたスベリ耐力を示す。スベリ耐力とは、型枠のスベリ量が0.01mmの時の作用荷重を型枠とコンクリートの接触面積で除した値である。

無加工タイプのスベリ耐力は材令に応じて高くなり、1日材令で $2.62 \text{ tf/m}^2$ と比較的小さいが4日材令では $8.23 \text{ tf/m}^2$ となる。一方、型枠が急激に滑り出す直前の耐力はさらに大きくなり、シールドの装備ジャッキ荷重との兼ねいで、型枠面の設計せん断強度の設定が問題となる。

拡張タイプのスベリ耐力は材令に左右されず、図5のように拡張力に比例する。しかし無加工タイプのものより耐力が落ちるケースがあること、スベリ後に型枠を押し戻して行った再試験の耐力と初期スベリ耐力との間に大きな差がないことから、今回の拡張方式は型枠とコンクリートを部分的に離間させる可能性があり、推進反力を増大させる方法として効率的なものではない。

一方、ボルト締めタイプが一番耐力を有し、無加工タイプと相関的な関係を示す。図6はトルクとスベリ耐力の関係を示したもので、図中の実線は、付着力ゼロ、型枠とコンクリートのスベリ係数を0.4とした場合の理論値である。トルクの差が耐力に顕著に現れなかったのは、全体のスベリ耐力に対するボルト締めによる摩擦抵抗成分が小さかったこと等が原因と考えられる。しかし、型枠とコンクリートを離間させる等の悪影響もなく、ボルト締めに伴う耐力増加の効果もあることから、推進反力の増強手段として当タイプが有効である。

### 4. まとめ

以上のことから、推進力を直接型枠に伝達する場合の基本事項として、次のようにまとめることができる。

- ・ 若材令時の型枠のスベリ耐力は、材令に応じて増加し、今回の実験条件では1日材令から4日材令において、 $2.6 \sim 8.2 \text{ tf/m}^2$ 程度となる。
- ・ 拡張タイプは、型枠と覆工の離間を生じさせない均一な押付力を型枠に与える機構のものでなくては、所要反力を得るのに過大な設備となる可能性がある。
- ・ ボルト締めタイプが推進反力の増強手段として最も有効である。スベリ耐力を設計上の耐力と見なせば、スベリ発生後もアンカー部の支圧抵抗によって推進反力の維持が可能となり、安全性も高い。

### 5. おわりに

ECL工法も、NATMと競合する堅硬な地盤条件に対しては実用化段階に入っている。しかし、一般的なシールド工法が対象とする比較的軟弱な地盤に適用される為には、まだ多くの問題を抱えており、今後共現場実証実験等を踏まえ、我国独自のECL工法の確立に寄与したいと考えている。

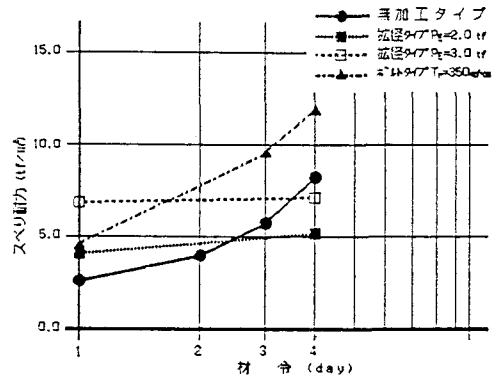


図1 材令とスベリ耐力の関係  
(型枠スベリ量 0.01 mm)

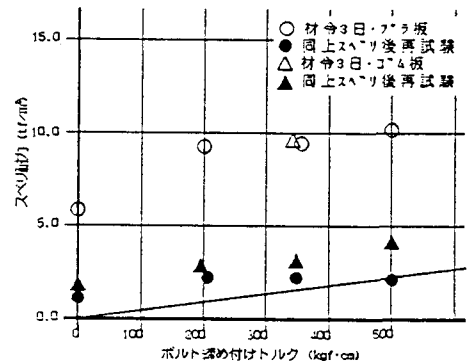


図2 トルクとスベリ耐力の関係

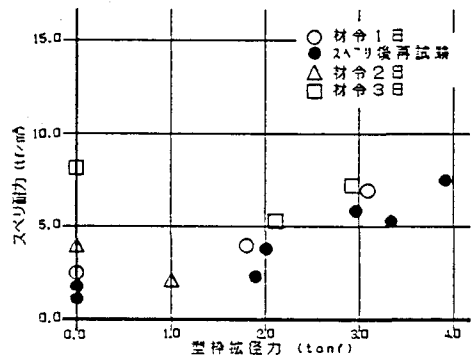


図3 拡張力とスベリ耐力の関係