

## VI-114

## リングシールド工法の開発（その20）

## 一袋詰めコンクリート覆工工法のコンクリート特性一

銭高組 正会員 岩崎則夫 東急建設 正会員 外裏雅一  
 五洋建設 神谷卓朗 日本国土開発 正会員 米山秀樹  
 住友建設 正会員 金子正士 不動建設 正会員 奥 利明

## 1. はじめに

リングシールド工法は、トンネル掘削を行う場合にトンネル外郭部を先行掘削し、覆工した後、内部残置土を掘削する工法であり、大断面トンネル、異形断面トンネルを建設するために有効な工法の一つである。そのリングシールド工法の覆工構造として、地山条件により適合した合理的な覆工構造として、新しく袋詰めコンクリート覆工に着目しその施工性確認実験を行ってきた。<sup>1) 2)</sup>

袋詰めコンクリート覆工工法は、透水性を有する織布を縫製した袋に流動性の高いコンクリートを打設し加圧するため、コンクリートの余剰水を脱水し、地山に密着した高強度、高耐久性を有する覆工体の構築が可能などの特長がある。袋詰めコンクリート覆工の早期脱型を考慮した、若材齢時のコンクリートの強度特性について検討を行った。

## 2. 実験概要

## 2.1 実験目的

加圧脱水されたコンクリートの圧縮強度試験を実施し、今回は特に、早強セメントを使用した場合と、混和剤を使用した場合の材齢3時間、6時間の若材齢時の強度特性を把握することを目的とした。各要因の試験体数を表-1に示す。

## 2.2 実験装置

コンクリートを加圧脱水する装置は、同時に6体まで供試体をセットしてコンクリートを加圧できるようになっている。実験はΦ10cm×20cm型枠(JIS A 1132に準拠)に、加圧によるコンクリートからの排水用に4cm間隔でΦ5mmの孔を20箇所設けたものである。

## 2.3 繊維の種類

実験に用いた織布はナイロン系(ナイロン66)合成繊維製で、型枠内面に密着するように裁断し、結合部はビニールテープで固定した。

## 2.4 コンクリートの配合

表-1 試験水準

| No.  | 検討要因      | セメントの種類 | 混和剤の種類                     | 加圧時間 | 加圧力                   | 材齢                   |
|------|-----------|---------|----------------------------|------|-----------------------|----------------------|
| I-1  | 基準        | 普通      | AE減水剤標準形(I種)               | 30分  | 5kgf/cm <sup>2</sup>  | 3h, 6h, 12h, 1d, 28d |
| I-2  | 基準        | 普通      | AE減水剤標準形(II種)              | 30分  | 30kgf/cm <sup>2</sup> | 3h, 6h, 12h, 1d, 28d |
| II-1 | 再加圧の影響    | 普通      | AE減水剤標準形(I種)               | 60分  | 30kgf/cm <sup>2</sup> | 6h, 12h, 28d         |
| II-2 | セメントの種類   | 早強      | AE減水剤標準形(I種)               | 30分  | 5kgf/cm <sup>2</sup>  | 3h, 6h, 12h, 1d, 28d |
| II-3 | 混和剤の種類    | 普通      | AE減水剤促進形(I種)               | 30分  | 5kgf/cm <sup>2</sup>  | 3h, 6h               |
| II-4 |           | 普通      | AE減水剤促進形(II種)              | 30分  | 5kgf/cm <sup>2</sup>  | 3h, 6h               |
| II-5 |           | 普通      | AE減水剤標準形(III種)<br>+塩化カルシウム | 30分  | 5kgf/cm <sup>2</sup>  | 3h, 6h               |
| II-6 | セメントおよび早強 | 早強      | AE減水剤標準形(III種)             | 30分  | 5kgf/cm <sup>2</sup>  | 3h, 6h, 28d          |

表-2 コンクリートの配合

| 試験<br>No. | Gmax<br>(mm) | W/C<br>(%) | s/a<br>(%) | スランプ<br>(cm) | 空気率<br>(%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     | 塩化カルシウム<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|-----------|--------------|------------|------------|--------------|------------|--------------------------|-----|-----|-----|---------------------------------|
|           |              |            |            |              |            | W                        | C   | S   | G   |                                 |
| I-1       | 20           | 54.8       | 55.1       | 21.0         | 1.7        | 201                      | 367 | 953 | 793 | 0.918                           |
| II-1      | 20           | 54.8       | 55.1       | 21.0         | 1.7        | 201                      | 367 | 953 | 793 | 0.918                           |
| II-2      | 20           | 54.8       | 55.1       | 21.0         | 1.7        | 201                      | 367 | 952 | 789 | 0.918                           |
| II-3      | 20           | 54.8       | 55.1       | 21.0         | 1.7        | 201                      | 367 | 953 | 793 | 3.67                            |
| II-4      | 20           | 54.8       | 55.1       | 21.0         | 1.7        | 201                      | 367 | 953 | 793 | 3.67                            |
| II-5      | 20           | 54.8       | 55.1       | 21.0         | 1.7        | 201                      | 367 | 953 | 793 | 0.918                           |
| II-6      | 20           | 54.8       | 55.1       | 21.0         | 1.7        | 201                      | 367 | 952 | 789 | 3.67                            |

表-3 使用材料の性質と使用混和剤

| (a) 使用材料の性質 (実験 I, II) |                  |                         |                       |
|------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------|
| 使用材料                   | 産地およびメーカー等       | 性質                      |                       |
| セメント                   | 普通セメント 下笠製       | 比重: 3.15                |                       |
| 細骨材                    | 静岡県小笠産陸砂         | 表乾比重: 2.60<br>粗粒率: 2.71 | 吸水率: 1.48%            |
| 粗骨材                    | 茨城県岩瀬産碎石         | 表乾比重: 2.64<br>粗粒率: 6.70 | 吸水率: 0.66%            |
| 織布(袋)                  | A社製              | ナイロン系合成繊維(生地番号: #300)   |                       |
| (b) 使用混和剤 (実験 I, II)   |                  |                         |                       |
| 混和剤の種類                 | 主成分              | メーカー                    | 試験No                  |
| 減水剤 標準形(I種)            | リグニンスルホン酸ナトリウム系  | E社                      | C×0.25% I, II-1, 2, 5 |
| 減水剤 促進形(I種)            | カルボキシ系縮合ポリアミン化合物 | F社                      | C×1.0% II-3           |
| 減水剤 促進形(II種)           | カルボキシ系縮合ポリアミン化合物 | F社                      | C×1.0% II-4, 6        |
| 塩化カルシウム                | 塩化カルシウム          | K社                      | C×0.5% II-5           |

キーワード：トンネル覆工、袋詰めコンクリート、加圧脱水、圧縮強度、若材齢

連絡先：東京都新宿区西新宿3-7-1・電話03(5323)3861・FAX03(5323)3860

本実験に用いたコンクリートの配合および使用材料の性質を表-2、表-3に示す。

### 3. 実験結果

#### 3.1 排水率、加圧後の水セメント比

W/C、排水率、加圧後のW/C及びW/C減少量の結果を表-4に示す。

早強セメントを用いたNa II-2、Na II-6の排水率は普通セメントを用いたものより小さい。これは早強セメントの方が粉末度が高いため、セメント粒子間の水分保持能力、あるいは、セメント粒子による織布の目詰まり等により排水率が低下されたものと考えられる。

混和剤の種類を相違させたものについては、促進形(Ⅲ種)を用いたものが他の水準に比べ排水率が低かった。

#### 3.2 圧縮強度

Na II-1では初期加圧後3時間放置した後（圧縮強度は材齢3時間で0.24N/mm<sup>2</sup>程度<sup>1)</sup>）、再び30kgf/cm<sup>2</sup>の加圧力で30分加圧を行った場合の影響を試験したが、材齢28日の圧縮強度は54.1N/mm<sup>2</sup>と再加圧をしない場合(基準)の52.0N/mm<sup>2</sup>とほぼ同等の結果であった。全く加圧を行わない場合は42.0N/mm<sup>2</sup>（図-1）であり加圧による効果があった<sup>1)</sup>。6時間、12時間の若材齢においては、再加圧を行った方がやや強度が高い結果を得た。なお、再加圧時には排水は全く観察されなかった。

早強セメントを用いた材齢28日の圧縮強度は普通セメントを用いた場合よりかなり高い。同様の傾向は若材齢時においても確認され、早強セメントの強度発現特性が反映された結果といえる。（図-2）

混和剤を相異させた水準を材齢6時間で比較すると、基準は0.29N/mm<sup>2</sup>であるが、Na II-3、Na II-4、Na II-5でそれぞれ0.66、1.26、0.74N/mm<sup>2</sup>といずれの促進形混和剤も強度増大に効果があることがわかった。（図-2）強度増大に効果的であった早強セメントとAE減水剤促進形(Ⅲ種)を併用すれば、材齢3時間、6時間、28日の圧縮強度は、それぞれ0.30、2.64、69.5N/mm<sup>2</sup>であった。（図-3）これは基準の配合に対して、1.5倍(材齢28日)～9.1倍(材齢6時間)にも達し、全ての水準の中で最も高い圧縮強度であった。

### 4. まとめ

今回の若材齢試験により、以下のことが明らかとなった。①30kgf/cm<sup>2</sup>の加圧力で3時間後の再加圧を行っても強度発現に問題がない。②材齢6時間で圧縮強度1.0N/mm<sup>2</sup>が可能である。今回の試験では普通セメントと早強セメント、促進タイプのAE減水剤を使用した。今後は急硬剤などの使用により、施工性が良くかつ、早期強度がより早く発現できる材料を研究してトンネル覆工体としてのコスト縮減に寄与したいと考えている。本実験は、リングシールド研究会（五洋建設、住友建設、銭高組、東急建設、日本国土開発、不動建設）の共同研究の一環として行ったものである。

#### 参考文献

- 1) 井田他：リングシールド工法の開発（その19）土木学会、第52回年次学術講演会概要集、H9.9
- 2) 三宅他：袋詰め覆工体に用いるコンクリートの若材齢強度について、銭高組技報、No.22、1997

表-4 加圧後のW/C

| 試験No. | 加圧前W/C(%) | 排水率(%) | 加圧後W/C(%) | W/C減少量(%) |
|-------|-----------|--------|-----------|-----------|
| I-1   | 54.8      | 32.2   | 37.1      | 17.7      |
| I-2   | 54.8      | 39.4   | 33.2      | 21.6      |
| II-1  | 54.8      | 37.8   | 34.1      | 20.7      |
| II-2  | 54.8      | 29.4   | 38.6      | 16.2      |
| II-3  | 54.8      | 34.0   | 36.2      | 18.6      |
| II-4  | 54.8      | 30.7   | 38.0      | 16.8      |
| II-5  | 54.8      | 33.4   | 36.5      | 18.3      |
| II-6  | 54.8      | 29.0   | 38.9      | 15.9      |

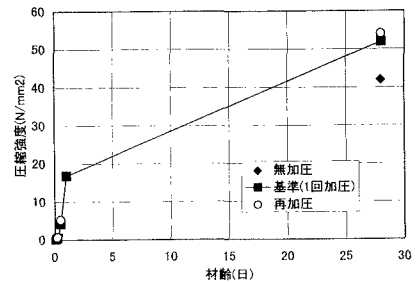


図-1 再加圧を行った圧縮強度

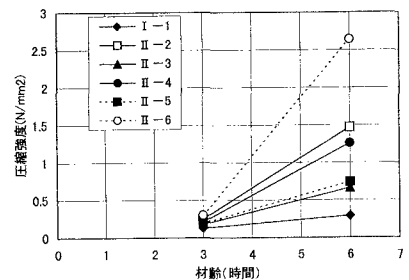


図-2 若材齢の圧縮強度

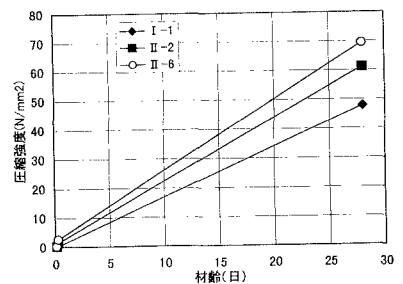


図-3 材齢28日の圧縮強度