

メタルフォームを使用した中流動繊維補強コンクリートの施工について

清水建設㈱東北支店土木部 正会員 ○藏重 幹夫 正会員 光増 朝久
 清水建設㈱土木技術本部 正会員 楠本 太 正会員 根本 浩史
 清水建設㈱東北支店土木技術部 正会員 近藤 克巳

1. はじめに

トンネル覆工コンクリートの打ち込みは狭く厳しい施工環境で行われ、作業員の経験による技量の差や癖による品質のばらつきや広範囲に流動させるため未充てん等の施工不良が発生しやすい作業である。そこで、東・中・西日本高速道路㈱では従来のコンクリートよりも作業性・充てん性の向上を目的として、中流動コンクリートを基準化し、トンネル施工管理要領¹⁾（以下、管理要領と称す）を制定している。今回、国土交通省東北地方整備局管内の国道7号鷹巣大館道路改築事業の一環として計画された摩当山トンネルにおいて、北秋田市側の避難坑坑口部にて中流動繊維補強コンクリートを施工した。そこで、メタルフォーム（バラセントル）を用いた中流動繊維補強コンクリートの配合及び施工とスランプ18cmのコンクリート（原設計）との違いについて報告する。

2. 施工概要

(1) 施工場所及び施工順序

避難坑坑口部（内空断面積 18.2m²、コンクリート厚さ $t=30\text{cm}$ ）において、1スパン目はスランプ18cmのコンクリートを通常の棒状バイブレータを用いて打設した。その際型枠バイブレータの振動加速度及びコンクリートの挙動を確認した。その結果を踏まえ2～4スパンにおいて、中流動コンクリートを打設した（図-1）。

(2) コンクリートの配合

中流動コンクリートは管理要領に準拠し、所定の圧縮強度 27N/mm^2 を確保する配合とした。原設計と中流動コンクリートの配合を表-1に示す（図-2）。なお、中流動コンクリートにはフライアッシュを使用した。また、ひび割れ防止を目的としてガラス繊維を投入した。

表-1 コンクリートの配合

No.	種類	スランプ及び スランプフロー (cm)	加振変形量 (cm)	U型充てん 高さ (cm)	W/C (%)	s/a (%)	W (kg)	C ^{*3} (kg)	FA ^{*4} (kg)	S (kg)	G (kg)	AD ^{*5} (kg)	繊維 ^{*6} (kg)
①	原設計コンクリート(27-18-20N)	18±2.5、フローなし	—	—	52.6	48.5	160	304	0	868	976	4.26	0.5
②	中流動コンクリート(27-21-20N)	21±2.5、35～50	10±3 ^{*1}	280以上 ^{*2}	53.1	50.1	170	320	50	847	894	5.18	0.5

*1 加振後のスランプフローの広がり、*2 障害なし、*3 普通ポルトランドセメント、*4 フライアッシュⅡ種、*5 高性能AE減水剤標準形(Ⅰ種)、*6 耐アルカリ性ガラス繊維

(3) セントルの仕様

中流動コンクリートの型枠への側圧はこれまでの他の文献により側圧係数 0.75～1.0 程度が作用したことが確認されている。そこで今回は打設高さ 3m 程度で側圧係数 1.0（液圧）の液圧が作用した場合まで耐えられるように、セントルの許容側圧を 0.065N/mm^2 （通常の 1.5 倍）とした。セントルに作用する側圧が測定できるように、下半盤レベル+0.5m、+2.0mの2箇所に圧力計を設置した（図-3）。

3. 締固め管理

コンクリートを確実に充てんさせるためには、セントル全体に所要の振動エネルギー（ 3.7J/L ）¹⁾ が作用するように型枠バイブレータを適切に配置することが重要である。

キーワード：トンネル、覆工コンクリート、中流動コンクリート、メタルフォーム、小断面

連絡先：東京都港区芝浦 1-2-3 シーパンス館、Tel. 03-5441-0566、Fax. 03-5441-0515

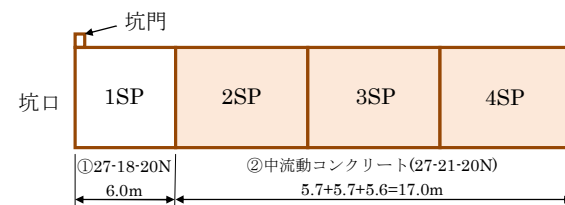


図-1 施工場所

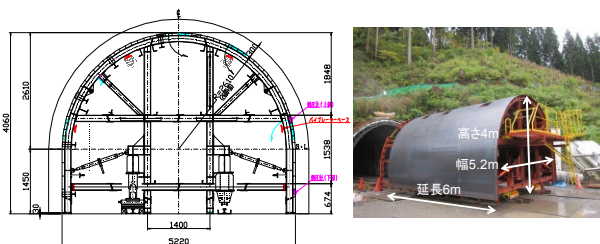
図-2 スランプ・スランプフロー状況
（左側①配合、右側②配合）

図-3 セントルの仕様

バイブレータはメタルフォーム（ $L=1.5\text{m}$, $W=0.15\text{m}$ ）に振動が伝わりやすいようにメタルフォームの中間に配置したアーチ鋼にバイブレータの設置架台を設置し、トンネル延長方向に最小 1.5m ピッチで設置が可能となるようにした。型枠バイブレータはエクセン 550W を使用した。型枠バイブレータの配置展開図を図-4 に示す。図中のバイブレータ A を用いて、フレッシュコンクリート未充てんの状態での振動試験と 1 スパン目の①配合のコンクリート（27-18-20N）打設時の振動試験を実施した。その結果を図-5 に示す。未充てん時は距離に反比例して徐々に最大加速度が低下しているが、充てん後の最大加速度は 0.75m 離れた箇所から極端に小さい値となっている。これは、側圧による拘束とセントル部材がスキンプレートではなくメタルフォーム（ $L=1.5\text{m}$ ）という構造上の特徴から、 0.75m 離れ以上の位置に振動が伝わりにくいことを示している。また、窓部やヒンジ部においても極端に振動の伝わりが悪い箇所が多数存在した。そこで、確実に締固めできるように実施工では延長方向に 1.5m ピッチで型枠バイブレータを配置した。また、バイブレータの振動時間は最大加速度から算出される理論値により肩部（ヒンジ部）までは 10 秒、肩部から天端は 20 秒で管理した。

4. 中流動コンクリートの施工状況

中流動コンクリートの打設時の状況は以下の通りである。

①コンクリートの流動距離は側壁部で 3m 、肩から天端部で 6m としたが、打設時に鉄筋によりコンクリートの流動が阻害されるような状況はなく、モルタル分と粗骨材の分離も認められなかった。②棒状バイブレータを使用しないで、型枠バイブレータで全て締固めを実施したため、セントルの狭い空間での締固め作業がなくなり、作業員の作業量が減少した。③従来の二次覆工作業では、棒状バイブレータを用いて目視観察しづらい場所での締固め作業もあり、作業員の技量により締固め不足による充てん不良などの発生が懸念されたが、型枠バイブレータにより均一なコンクリートが打設できた。

5. セントルに作用する側圧（図-6, 7）

1 スパン目の原設計コンクリートの場合には、最大 0.03N/mm^2 まで作用したが、中流動コンクリートの場合には 2, 3, 4 スパン目でそれぞれ最大 0.075 , 0.065 , 0.05N/mm^2 であった。2 スパンはスランプフローが規格値の上限に近い平均 48cm 、4 スパンは平均 41cm のコンクリートを打設した。スランプフローが限界値上限の場合には、打設高さが 3.5m 程度まで側圧係数 1.0 （液圧）の側圧が作用した。

6. まとめ

中流動コンクリートの採用により作業量が減少したことを確認した。メタルフォームでは型枠バイブレータの振動が伝わりにくい箇所が多数存在し、通常の 3m ピッチの配置では振動エネルギーが不足する箇所が発生したため、 1.5m ピッチでの配置とし、均一なコンクリートの仕上がり及び天端の縞模様の低減等の品質を改善した（図-8）。側圧についてはスランプフローが基準内であっても最終圧力に大きな差が生じ、今回採用したコンクリートの配合では、高さ 3.5m 分の液圧を考慮した設計が必要であることを確認した。

参考文献

1) 東・中・西日本高速道路(株)：トンネル施工管理要領（中流動コンクリート編）平成 20 年 8 月

