

高充填コンクリートを用いた場合にセントルへ作用する側圧に関する実験的検討

三浦 貴幸¹・秋田 勝次²・萩原 秀樹³・小林 寛明⁴
西浦 秀明⁵・桜井 邦昭⁶

¹独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部 新幹線部新幹線第二課
(〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町50-1)
E-mail:t.miura@jr-tt.go.jp

²正会員 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部 新幹線部
(〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町50-1)
E-mail:k.akita@jr-tt.go.jp

³正会員 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部 設計技術部
(〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町50-1)
E-mail:hid.hagiwara@jr-tt.go.jp

⁴正会員 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部 大阪支社 敦賀鉄道建設所
(〒914-0812 福井県敦賀市昭和町1-12-30)
E-mail:hi.kobayashi@jr-tt.go.jp

⁵正会員 株式会社大林組 土木本部 生産技術本部 トンネル技術部
(〒108-8502 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟)
E-mail:nishiura.hideaki@obayashi.co.jp

⁶正会員 株式会社大林組 技術本部 技術研究所 生産技術研究部
(〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640)
E-mail:sakurai.kuniaki@obayashi.co.jp

一般に、流動性の高いコンクリートを用いるほど型枠に作用する側圧は増加するが、その具体的な要因は明らかでない。高充填コンクリートは、従来の覆工コンクリートと同じ最大寸法40mmの粗骨材を用い、かつ単位ペースト量を同等としたまま流動性、材料分離抵抗性および充填性を高めたコンクリートである。本稿では、高充填コンクリートを用いた場合にセントル側部に作用する圧力について、模擬部材実験および新幹線トンネルの実施工にて検証した。その結果、高充填コンクリートを用いた場合、セントルに作用する側圧は従来の覆工コンクリートと同様であり中流動コンクリートに比べて小さいこと、締固め方法の違いが側圧に及ぼす影響は比較的小さいことなどを確認した。

Key Words : *high compactability concrete, tunnel lining, lateral pressure against formwork*

1. はじめに

著者らは、より経済的に高品質なトンネル覆工を構築することを目的に、平成24年度より高充填コンクリートの研究開発および実用化を進めている。高充填コンクリートは、①硬化後の収縮ひび割れおよび材料コストの増加を抑制する観点から、従来の覆工コンクリート（以下、従来覆工という）と同じ最大寸法40mmの粗骨材を用い、単位水量やセメント量をほとんど増加することなく、②アーチ天端部において容易に流動し補助的な締固めを行

うことで均質な状態で充填できるように、高い流動性（スランプ21cm）と充填性（充填高さ28cm以上）を確保したコンクリートである（表-1）。

一般に、流動性の高いコンクリートを用いた場合、型枠に作用する側圧が増加することが懸念される。アーチ天端部の充填不良防止などの観点から広く適用されている中流動コンクリートを用いた場合にも側圧が大きくなることが報告されている¹⁾。しかし、側圧が増加する具体的な要因（コンクリートの使用材料や配合条件、施工方法等）は十分には明らかにされていない。標準的なセ

ントルの設計上の側圧耐力は0.04N/mm²程度であり、これを超える場合には、セントルを補強するもしくは打上がり速度を小さくするなどの対応が必要となる。

高充填コンクリートは、上述のように、従来覆工と同等の単位ペースト量（単位水量＋セメント量）、最大寸法40mmの粗骨材を用いたコンクリートである。このため、ペースト量や粗骨材寸法の異なる中流動コンクリートとは型枠に充填した後の挙動が異なる可能性もある。そこで、高充填コンクリートを用いた場合にセントルに作用する側圧を、覆工側壁部を模擬した部材実験および新幹線トンネルでの実施工により検討した。さらに、実施工での検証では、締固め方法が側圧に及ぼす影響についても調べた。

2. 高充填コンクリートの概要と取組みの現状

高充填コンクリートは、図-1に示すように高い流動性に対応する材料分離抵抗性を確保する手法の違いにより「粉体系」と「増粘剤系」に大別される。

粉体系は、混和材料としてフライアッシュを積極的に活用したコンクリートである。火力発電所から副産されるフライアッシュは、ポズラン反応により長期的に緻密なコンクリート組織を形成するとともに、アルカリシリカ反応の抑制効果に優れた材料である。現在、北海道地区では約80万トン/年、北陸地区では約6万トン/年が生産されているが、セメント原料や路盤材等への利用が多く、コンクリート用混和材料としての積極利用が望まれている。そこで、高充填コンクリートにフライアッシュを活用する検討を行い、既報²⁾に示す良好な結果を得ている。

一方で、増粘剤系は、混和剤に増粘剤を混和した高性能AE減水剤を用いることで材料分離抵抗性を確保したコンクリートである。特別な追加設備が不要なことから、生コン工場においてフライアッシュ専用の貯蔵サイロや計量設備が確保できない場合において、容易に高充填コンクリートを製造することができる。

これまで、北海道新幹線で実験的な検討を行い、良好な適用性を確認した。現在、北陸新幹線の新北陸トンネル（奥野々）工区的全線で高充填コンクリートを適用中であり、平成28年6月時点で、延長約1 000m（数量約8 000m³）の覆工を構築している（写真-1）。

なお、図-2は、同工区において、セントル天端部の延長方向3箇所に圧力計を設置し、高充填コンクリートで施工したときの天端部の充填状況を測定した一例である。各測定位置において圧力の増加する時間的なずれが少なく、覆工厚さ相当以上の圧力が作用していることが分かる。高充填コンクリートを用いることで、天端部を容易に流動し充填できることを示す結果である。

表-1 高充填コンクリートの仕様および目標品質

	従来の覆工 コンクリート (代表的なもの)	高充填 コンクリート	中流動 コンクリート (代表的なもの)
スラブSL スラブフロー-SF	SL15±2.5cm	SL21±2cm	SF35～50cm (SL21±2.5cm)
充填高さ(障害なし)	—	28cm以上	28cm以上
粗骨材の最大寸法	40mm	40mm	20mm
単位水量の最大値	165kg/m ³	165kg/m ³	175kg/m ³
単位セメント量 の下限値(目安)	270kg/m ³	270kg/m ³ *1	320kg/m ³ *2
水セメント比の最大値	60%以下	60%以下*1	—
設計基準強度	18N/mm ²	18N/mm ²	24N/mm ²

*1 表中の値は増粘剤系の場合。粉体系の場合は、単位粉体量320kg/m³程度（セメント260kg/m³＋FA60kg/m³）が目安で、水セメント比は65%以下

*2 増粘剤系の場合。粉体系は350kg/m³程度が目安（セメント270kg/m³＋FA等80kg/m³）

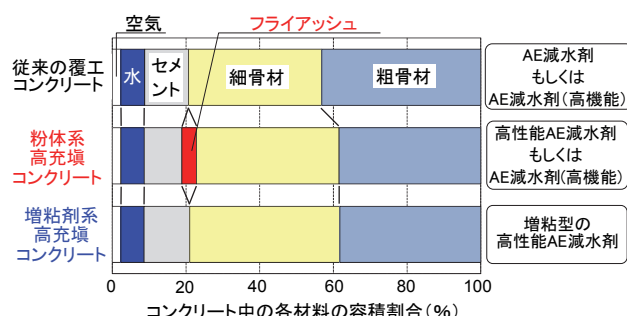


図-1 高充填コンクリート中の材料の構成割合の概念図



写真-1 高充填コンクリートで施工した覆工（奥野々）

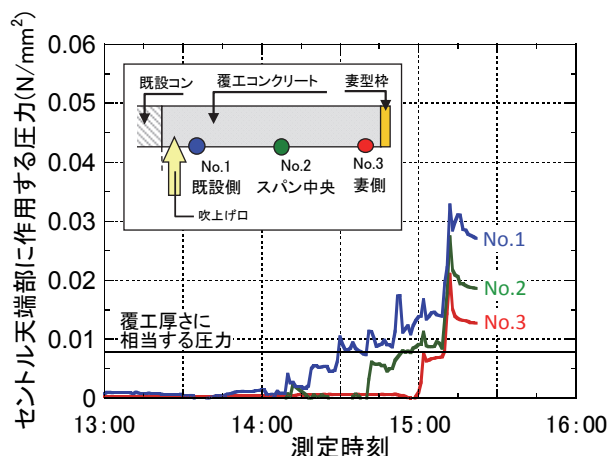


図-2 セントル天端部への作用圧力測定結果（奥野々）

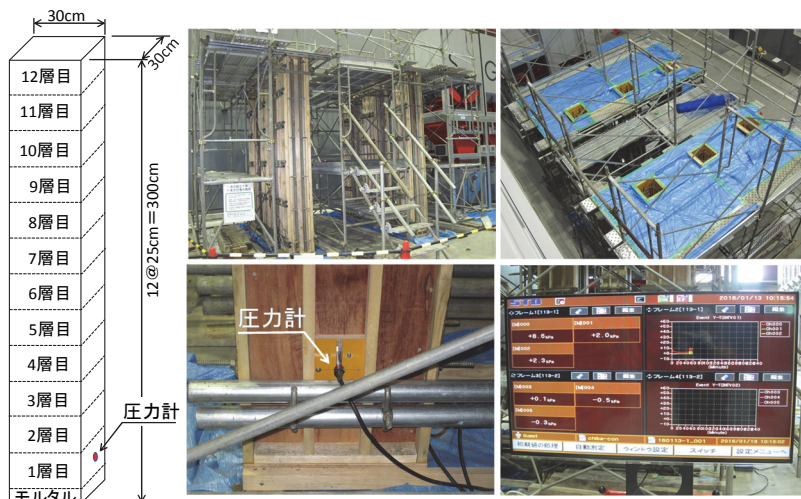


図-3 模擬部材実験に用いた型枠の概要

表-2 使用材料

種類	記号	物理的性質
セメント	C	フライアッシュセメントB種(FB) 密度 $2.97\text{g}/\text{cm}^3$ *FBセメントの内訳(重量比) 〔普通セメント83% フライアッシュ17%〕
細骨材	S1	陸砂, 表乾密度 $2.62\text{g}/\text{cm}^3$
	S2	砕砂, 表乾密度 $2.66\text{g}/\text{cm}^3$
粗骨材	G1	砕石1505, 表乾密度 $2.62\text{g}/\text{cm}^3$
	G2	砕石2010, 表乾密度 $2.62\text{g}/\text{cm}^3$
	G3	砕石4020, 表乾密度 $2.62\text{g}/\text{cm}^3$
混和剤	HWR	AE減水剤(高性能タイプ)
	VA	高性能AE減水剤(増粘剤一液タイプ)

表-3 コンクリートの配合

コンクリート 種類	目標 スランプ (cm)	目標 空気量 (%)	セメ ント 種類	粗骨材の 最大寸法 (mm)	単位 ペースト 容積 (L/m ³)	W/P (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						混 和 剤	許容 打重ね 時間間隔 (h-m)	凝結時間 (h-m)		
								W	C	S		G				始発	終結	
										S1	S2	G1	G2					G3
従来の覆工 コンクリート	15±2.5	4.5±1.5	FB	40	304	59.0	47.2	165	279	345	517	293	293	390	HWR	3-00	6-15	9-05
高充填 コンクリート	21±2	4.5±1.5	FB	40	304	59.0	51.1	165	279	420	513	262	371	271	VA	3-00	6-55	9-25
中流動 コンクリート	SF 42.5±7.5	4.5±1.5	FB	20	338	50.0	51.7	175	350	403	493	340	511	0	VA	3-30	7-00	9-10

3. 模擬部材実験

(1) 実験概要

a) 模擬型枠の概要と検討項目

模擬部材実験に用いた柱状の型枠の概要を図-3に示す。断面寸法は、標準的な覆工厚さを想定し30cmとした。これは、鉄道運輸機構の新幹線トンネルでは背面平滑型トンネルライニング工法（以下、FILM工法という）を標準化しており、ほぼ設計通りの厚さになることによる。また、1層の打込み高さは25cmとし、高さは3mとした。型枠の下端付近に圧力計を設置して作用する側圧を測定した。

検討項目は、コンクリートの配合種類と打上がり速度の2項目とした。配合種類は、従来覆工、高充填コンクリートおよび中流動コンクリートの3種類とし、打上がり速度は0.75m/hを基本として高充填コンクリートと中流動コンクリートは1.5m/hでも試験した。

b) 使用材料およびコンクリートの配合

実験に用いた材料の概要を表-2に、コンクリートの配合を表-3に示す。表-3に示すように、高充填コンクリートは、従来覆工と同等の単位水量およびセメント量であり、高い流動性と材料分離抵抗性を確保するために、細骨材率やそれぞれの骨材の混合比率を調整するとともに、混和剤に増粘型の高性能AE減水剤を用いている。なお、各コンクリートの目標スランプは、従来覆工が $15 \pm 2.5\text{cm}$ 、



写真-2 充填後のスランプの経時変化の測定

高充填コンクリートが $21 \pm 2\text{cm}$ 、中流動コンクリートがスランプフロー $42.5 \pm 7.5\text{cm}$ である。今回の実験に際して、各コンクリートの許容打重ね時間間隔（文献³）を参照してプロクター貫入試験における貫入抵抗値が $0.1\text{N}/\text{mm}^2$ に達する時間とした）および凝結時間の測定を行ったが、コンクリート種類による大きな違いは認められなかった（表-3）。なお、セメントや骨材は、奥野々工区の実施工で使用している材料である。前章に示すようにフライアッシュを積極的に活用する観点から、奥野々工区ではフライアッシュセメントB種を用いている。

c) 型枠内に充填したコンクリートの流動性の経時変化

型枠内に打ち込まれたコンクリートの流動性が時間経過に伴い、どのように変化するかを把握するため、コンクリート試料を10個のスランプコーンに詰めた状態で静置させ、20分ごとにスランプコーンを引き上げてスランプおよびスランプフローを測定した（写真-2）。

表4 側圧の最大値とその発生時間

打上がり速度 (m/h)	従来覆工		高充填コンクリート		中流動コンクリート	
	側圧の最大値 (N/mm ²)	発生時間	側圧の最大値 (N/mm ²)	発生時間	側圧の最大値 (N/mm ²)	発生時間
0.75	0.023	80分後	0.023	80分後	0.027	100分後
1.50	-	-	0.025	40分後	0.034	60分後

d) 模擬型枠への打込みの概要

コンクリートは1層ずつ製造し、練上がり15分後に型枠上部の開口より打ち込んだ。打込み後、φ30mmの棒状パイプレータで30秒間締め固めた。この手順を層ごとに順次繰り返した。なお、コンクリートの製造や模擬部材への打込み実験は20℃に管理された屋内で実施した。

(2) 実験結果および考察

a) 型枠に作用する圧力の経時変化

各種コンクリートを用いた場合に型枠に作用する圧力の経時変化を図4に、側圧の最大値とその発生時間（打ち込んでからの経過時間）を表4示す。

打上がり速度0.75m/h（20分ピッチで25cmずつ打込み）の場合、1層目を打ち込んでから80分後までの圧力の経時変化は、コンクリートの種類による違いは認められない。従来覆工と高充填コンクリートは80分後にピークを迎えその後は作用圧力が減少したのに対し、中流動コンクリートは100分後にピークに達していた。わずかであるが、中流動コンクリートの方が長時間にわたり型枠に圧力が作用する結果となった。

打上がり速度1.5m/h（10分ピッチで25cmずつ打込み）の場合、圧力がピークに達する時間は高充填コンクリートが40分後、中流動コンクリートが60分後で中流動コンクリートの方が遅い結果となった。また、高充填コンクリートは40分後にピークに達した後は、急激に作用圧力が減少したのに対し、中流動コンクリートは80分程度まで比較的高い圧力が作用する状態が続いていた。圧力の最大値は、高充填コンクリートが打上がり速度0.75m/hの場合と同様の0.025N/mm²であったのに対し、中流動コンクリートは0.034N/mm²に増大していた。

今回の測定結果を踏まえると、高充填コンクリートは従来覆工と同様の挙動を示すのに対し、中流動コンクリートはピークに達する時間が遅く、かつピーク後も圧力の減少が生じにくい傾向にあるといえる。このような挙動の違いは、実施工時においてセントルに作用する圧力の増加の程度の違いに影響する要因になると推測される。

b) 打上がり高さとは作用圧力の関係

測定結果を打上がり高さとは型枠に作用する圧力との関係で整理して図5に示す。

打上がり速度の水準によらず、いずれのコンクリート

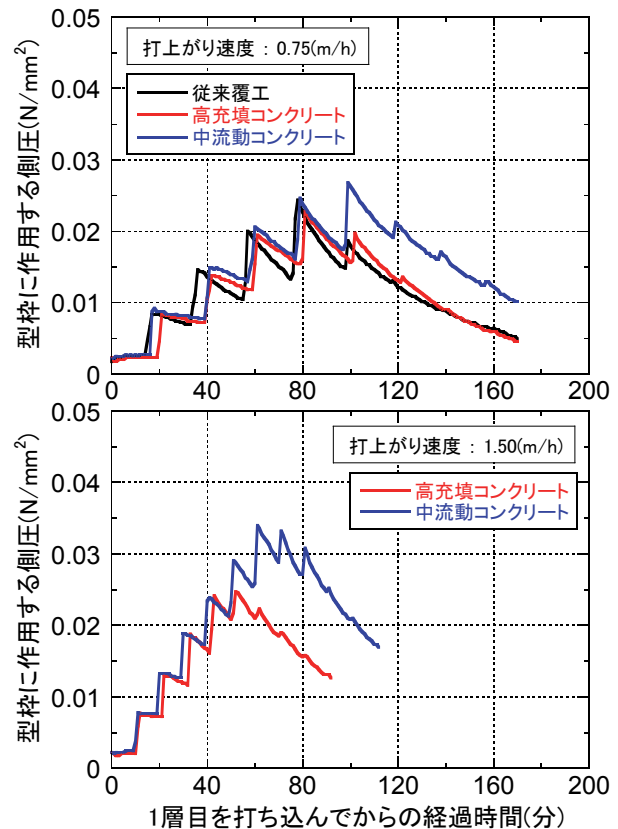


図4 打上がりに伴い型枠に作用する側圧の経時変化

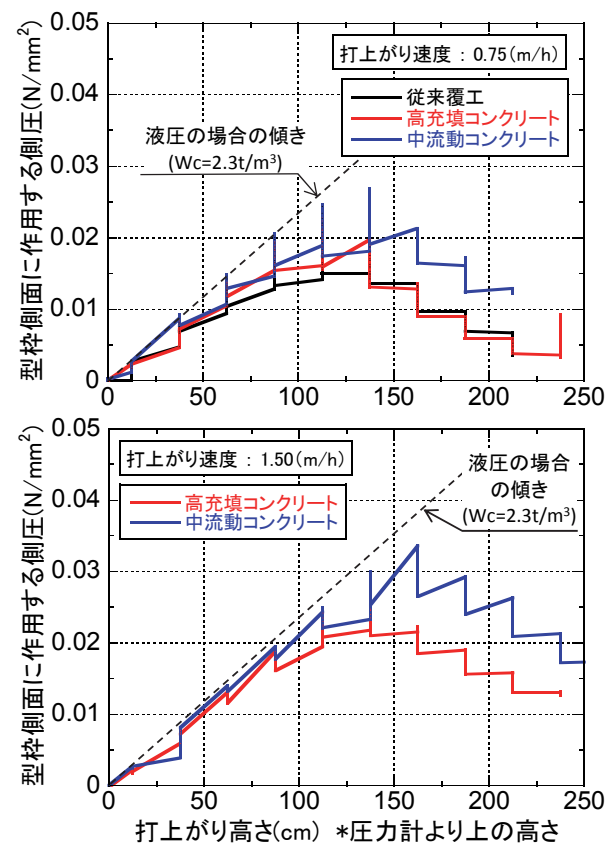


図5 模擬部材実験での打上がり高さとは側圧の関係

を用いた場合でも、打ち込まれてからしばらくの間は、コンクリートによる側圧は液圧とほぼ等しいことが分

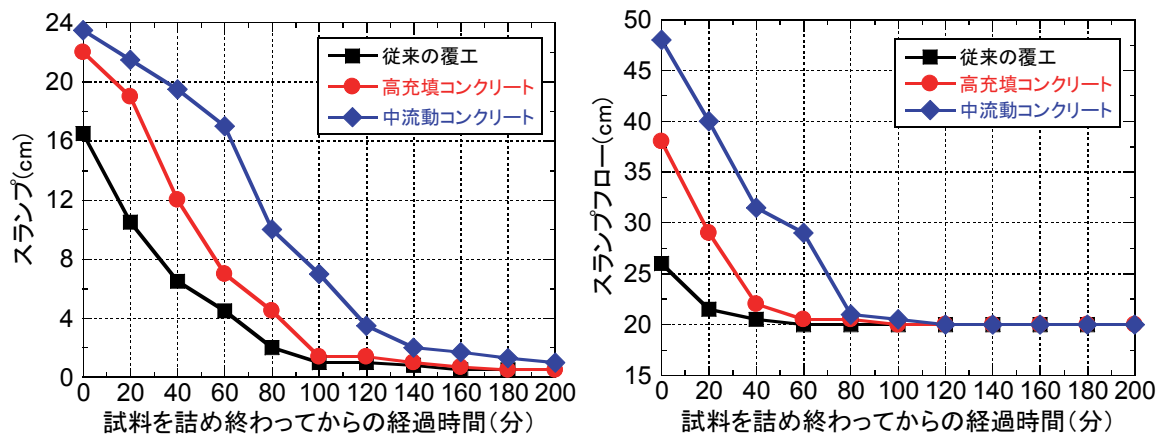


図-6 充填して静置したコンクリートのスランプおよびスランプフローの経時変化

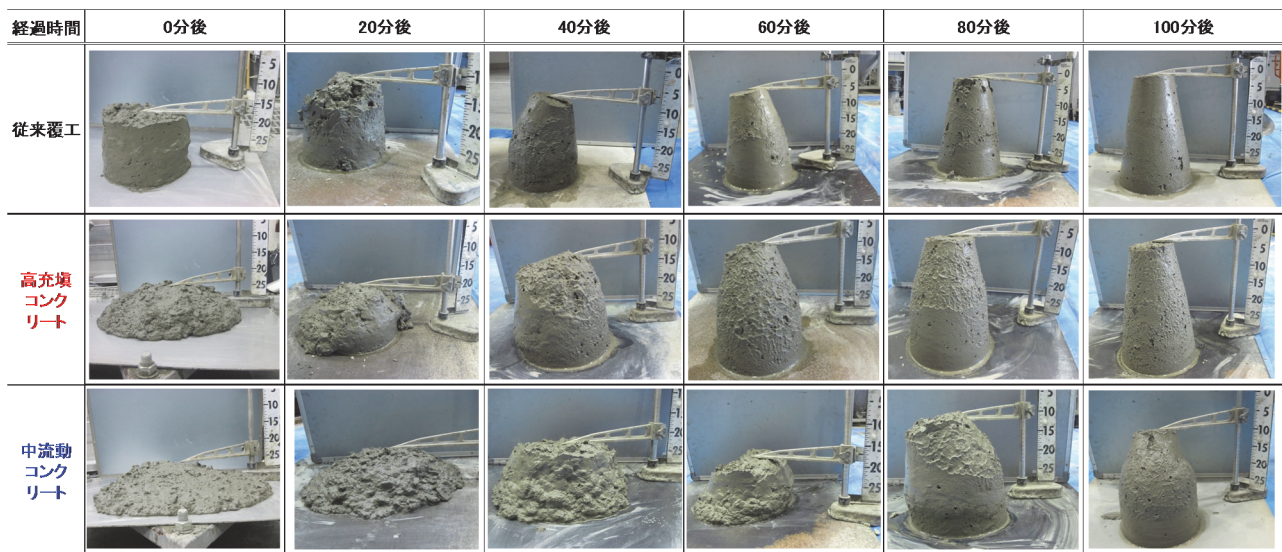


写真-3 スランプコーン内に充填して静置したコンクリートのスランプ状況

かる。従来覆工および高充填コンクリートは、打上がり高さが概ね1mを超えた時点で液圧相当のラインから外れ、その後急激に側圧が減少している。

一方、中流動コンクリートは、液圧相当のラインから外れるタイミングは他のコンクリートと大差はないが、その後も圧力が増加し続けるとともに、ピークに達した後の減少も緩やかである。この結果からも、中流動コンクリートが従来覆工や高充填コンクリートに比べて、長時間にわたり型枠に圧力が作用しやすい状態にあることが示唆される。

c) 型枠に詰め込んだ後の流動性の変化

各種のコンクリート試料を10個のスランプコーンに詰めて静置し、20分ごとにスランプコーンを引き上げた際のスランプおよびスランプフローの測定結果を図-6に、試料の外観を写真-3に示す。

スランプがほぼゼロ（約2cm以下）になる時間は、従来覆工と高充填コンクリートが約100分後、中流動コンクリートが約160分後であった。一方、スランプフローがスランプコーン底面の直径20cmとほぼ同じになる時

間は、従来覆工と高充填コンクリートが約40分後、中流動コンクリートが約80分後であった。いずれも、従来覆工と高充填コンクリートはほぼ等しく、中流動コンクリートは遅延する結果となった。

スランプコーンを引き上げたときに、コンクリート試料が下方もしくは横方向に移動するということは、コンクリートは自立できず、型枠側面に圧力が作用していることを示していると考えられる。すなわち、高充填コンクリートのスランプやスランプフローの経時変化が従来覆工と同様であることは、実施工において型枠内に打ち込み、締め固めた後では、従来覆工と同じような挙動をしていることを示していると考えられる。このため、模擬部材実験において、高充填コンクリートは従来覆工と同じような側圧の推移を示したものと推測される。

高充填コンクリートは、打込み段階では中流動コンクリートと同様に、セトル内を容易に充填できる高い流動性を有しているが、従来覆工と同等の単位ペースト量であること（骨材量も同等であること）、粒径の大きい粗骨材を用いていることから、型枠内に充填された後で

表-5 実施工における検討項目

検討項目	水準数	種類
コンクリートの配合種類	3	従来覆工, 高充填コンクリート, 中流動コンクリート
打上がり速度	2	1.5m/h, 2.0m/h
締固めの方法	3	従来の方法, 型枠バイブレータ, 打込み後に締固め

は、骨材同士のかみ合いが卓越し、コンクリート自体は水平方向に動きにくい状態となり、中流動コンクリートのような側圧の増大が生じにくいものと推測される。

4. 実施工による検証

(1) 検証の概要

実施工の検証は、現在建設中の北陸新幹線の新北陸トンネル（奥野々）工区で行った。検討項目はコンクリート種類、打上がり速度および締固め方法とした（表-5）。

コンクリートの種類は、模擬部材実験と同様に、従来覆工、高充填コンクリートおよび中流動コンクリートの3種類とした。配合および使用材料も同じである。打上がり速度は、標準的な速度である1.5m/hとし、従来覆工および高充填コンクリートでは打上がり速度2.0m/hも試験した。なお、1層の打込み高さは50cmとした。

締固め方法は、従来の覆工で標準的に行われているように打込み箇所にて棒状バイブレータをほぼ常時作動させることでコンクリートを各所に行き渡らせる方法、型枠バイブレータにより締め固める方法、およびコンクリートの打込み中は振動を作動させず、コンクリート自体の流動が停止した後、打込み面が平坦になるように棒状バイブレータで締め固める方法の3種類とした（表-6）。

セントルに作用する圧力は、図-7に示すように、SLより2.39m下のインバートフォームのスパン中央に設置した圧力計で測定した。また、型枠バイブレータ（出力550W）の設置位置は、SLより1.7m下および0.9m上の2段とし、延長方向に3列の合計6台設置した。

コンクリートは生コン工場で製造し、約45分かけて現場まで運搬した後に打ち込んだ。なお、実施工の検証は春先に実施し、コンクリート温度は10～20℃であった。また、検証は新幹線トンネルの標準断面の区間で行い、施工スパンごとの断面形状や躯体厚さの違いはない。なお、覆工の1スパンの施工延長は10.5mである。

(2) 検証結果および考察

a) コンクリート種類と打上がり速度

各種コンクリートのセントル側部へ作用する圧力の経時変化を図-8に示す。なお、締固め方法は表-6に示す「従来の方法」である。

表-6 締固め方法の概要

略称	概要
従来の方法	従来の覆工で標準的に用いる方法。流動性の小さいコンクリートを型枠内の各所に行き渡らせるため、打込み箇所にて、常に棒状バイブレータを作動させて打込み・締固めを行う。
型枠バイブレータ	中流動コンクリートで広く適用されている方法。打込み完了後に、該当する列の型枠バイブレータを30秒間作動。
打込み後に締固め	高充填コンクリートの特性を活かした方法。打込み時には振動は作動させず、コンクリート自体の流動の停止後に、打込み上面が平坦になる程度に棒状バイブレータで締め固める。

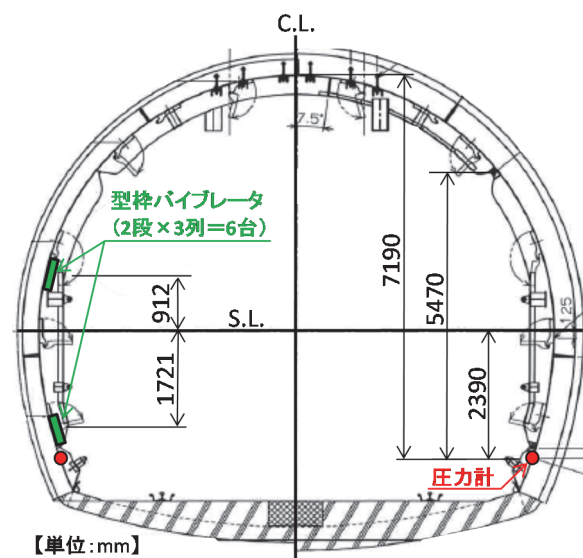


図-7 圧力計および型枠バイブレータの設置位置

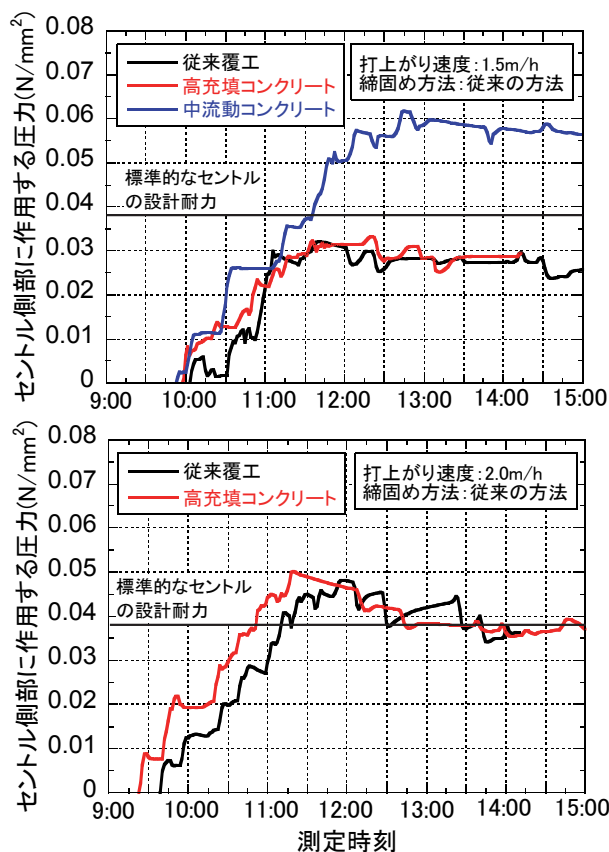


図-8 打上がりに伴うセントルへの作用圧力の経時変化

打上り速度1.5m/hの場合、側圧がピークに達する時間は、従来覆工および高充填コンクリートが約1.5時間後、中流動コンクリートが約2.5時間後であった。セントルに作用する側圧は、従来覆工と高充填コンクリートが約0.03N/mm²で、標準的なセントルの設計耐力以下であったのに対し、中流動コンクリートは0.06N/mm²と2倍程度に大きくなっていた。

これらの結果は、模擬部材実験において得られた知見と同様であり、高充填コンクリートは従来覆工と同程度に単位ペースト量が少なく、かつ粒径の大きい粗骨材を用いているため、いったん充填された後では、骨材のかみ合いによる影響が卓越し、中流動コンクリートのような側圧の増大が生じなかったものと考えられる。なお、いずれのコンクリートにおいても、前章の模擬部材実験と比べて側圧がピークに達する時間が遅くなったのは、1層の打込み高さが模擬部材実験は25cmであるのに対し、実施工は50cmと大きいことなどが影響していると推測される。

打上り速度を2.0m/hとした場合、従来覆工および高充填コンクリートとも側圧の最大値は0.05N/mm²程度まで増加した。一方、側圧がピークに達する時間は1.5時間程度でほとんど変化しなかった。このことは、コンクリートの圧力が型枠に作用するのは、コンクリートがいったん充填された後において、コンクリート自体が有する流動性（水平方向に動こうとする力）の保持時間と密接な関係があることを示していると推測される。

b) 締固め方法

打上り速度1.5m/hで、締固め方法を変化させた場合の測定結果を、打上り高さで側圧との関係で整理して図-9に示す。

締固め方法によらず、側圧の最大値は、高充填コンクリートが0.03～0.035N/mm²、中流動コンクリートが0.06～0.07N/mm²であった。

今回の検証結果を踏まえると、コンクリートの締固め方法がセントルに作用する側圧へ及ぼす影響は比較的小さいといえる。先述のように、型枠に作用する圧力の大小は、①コンクリート自体の特性である充填された後にコンクリート自体が水平方向に動こうとする力の大小およびその保持時間、ならびに②打上り速度の影響が大きいことを示す結果と考えられる。

5. まとめ

高充填コンクリートを用いた場合にセントル側部に作用する圧力について、模擬部材実験および新幹線トンネルの実施工にて検証した。また、締固め方法が側圧に及ぼす影響についても検討した。

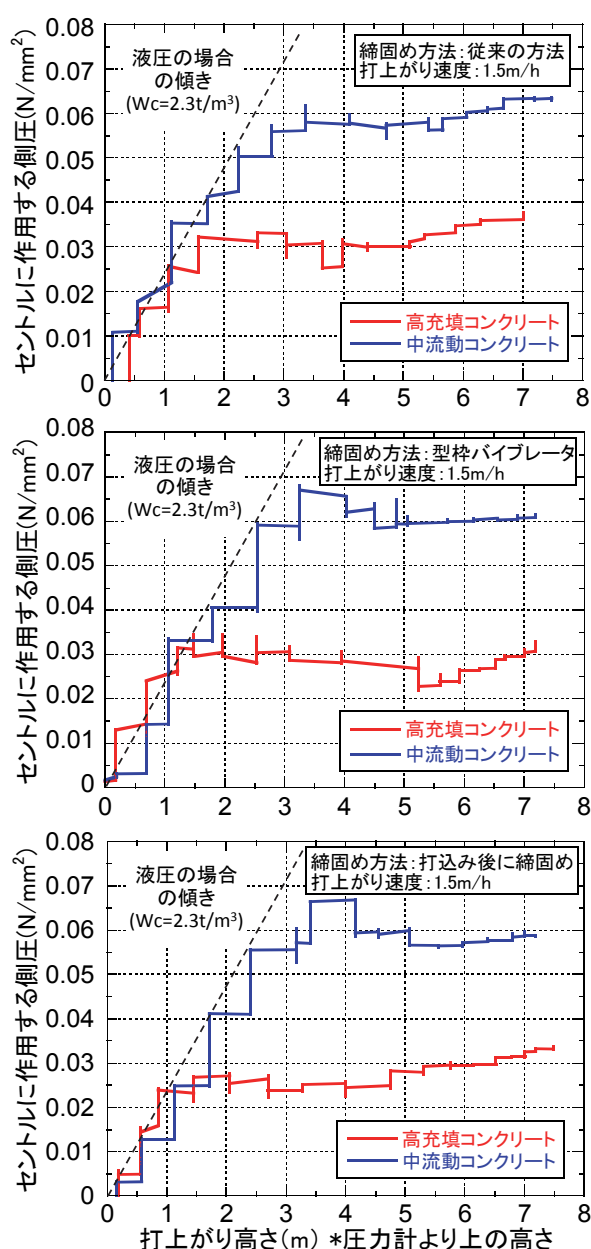


図-9 実施工における打上り高さと側圧の関係
(締固め方法の影響)

本稿の範囲で得られた知見を以下に示す。

- (1) 高充填コンクリートを用いた場合、セントルに作用する側圧の推移および最大値は従来覆工と同様である。打上り速度1.5m/hの場合、側圧の最大値は0.03～0.035N/mm²で、標準的なセントルの設計耐力以下である。
- (2) 従来覆工や高充填コンクリートを用いた場合でも、打上り速度が大きくなると側圧の最大値は増加する。一方、コンクリートを打ち込んでから側圧がピークに達する時間はほとんど変わらない。
- (3) コンクリートの締固め方法の違いが、側圧に及ぼす影響は比較的小さい。
- (4) 高充填コンクリートは、従来覆工と同じ粒径の粗骨材を用い、中流動コンクリートと比較して単位ペー

スト量も少ないため、いったん型枠内に充填された後では、骨材同士のかみ合いが卓越し、コンクリート自体が水平方向に移動しにくい状態となるため、側圧の増大が生じにくいものと推察される。

今回の実験的検討により、高充填コンクリートを用いて施工した場合でも、セントルに作用する側圧は従来覆工と同等であることを確認できた。鉄道運輸機構では、充填不良の防止、余掘りによる覆工打設量の増加抑制や温度ひび割れ防止等の観点から新幹線トンネルにFILM工法を採用している。本工法の適用により、覆工の躯体厚さはほぼ設計通りとなるため、当初は側圧が増加することも懸念されたが、これまで通りの標準的な打上がり速度とすることでセントルの補強対策を講じることなく、高充填コンクリートで施工できることが確認できた。

近年では、充填の難しい天端部の施工において流動化剤を後添加して一時的に流動性を高めた流動化コンクリートを用いる方法、セントル天端部に引抜きパイプレータを数本取り付けて締め固めを行うことで、従来の覆工コンクリートでも充填不良なく品質の高い覆工を構築する方法など、品質向上を図る様々な工法が提案され実用化されている。そのため、施工条件（施工現場の立地、地域の特性、生コン工場の設備、および運搬など）、作業の効率や安全性を踏まえ、様々な施工計画を立案することが可能である。

これまでの一連の研究開発の結果、高充填コンクリー

トは、現場近郊の生コン工場で安定的に製造出荷できること、高い流動性を長時間保持できること、引抜きパイプレータ等の追加設備を用いなくとも天端部を容易に流動し補助的にパイプレータで締め固めることで充填できること、セントルへ作用する側圧は増加せず既存のセントル設備で施工できることなどを確認した。このため、高充填コンクリートは、合理的に高品質で耐久的なトンネル覆工を構築する有効な材料技術であると考えられる。

なお、フライアッシュは、アルカリシリカ反応の防止、コンクリートの品質および耐久性向上の観点から有益な混和材料である一方で、供給や製造設備での課題もある。今後、これらの改善が図られることに期待したい。

最後に、今回の実験や報告では、各関係者に多大なるご協力を頂きました。記して御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 村崎慎一，森俊介，中間祥二，桜井邦昭：トンネル全線に中流動コンクリートを適用し高品質覆工に挑戦—北海道横断自動車道 久留喜トンネル—，トンネルと地下，Vol.41，No.12，pp.7-16，2010.12
- 2) 佐藤貴史，萩原秀樹，秋田勝次，桜井邦昭：フライアッシュを用いた覆工用高充填コンクリートの開発，トンネルと地下，Vol.44，No.10，pp.43-52，2013.10
- 3) 土木学会：コンクリートライブラリー103 コンクリート構造物のコールドジョイント問題と対策，pp.7-20，2000

(2016.8.5 受付)

EXPERIMENTAL EXAMINATION ABOUT LATERAL PRESSURE AGAINST FORMWORK OF CENTERING CONSTRUCTED BY HIGH COMPACTABILITY CONCRETE

Takayuki MIURA, Katsuji AKITA, Hideki HAGIHARA, Hiroaki KOBAYASHI,
Hideaki NISHIURA and Kuniaki SAKURAI

Generally, lateral pressure against formwork of centering increases using concrete with high fluidity. But, it is not clear that specifically factors of lateral pressure increasing. This paper examined experimentally 3 factors, mix proportion of concrete, rate of placing and methods of placing and compaction.

As a result, the following were found: 1) Lateral pressure was caused High Compactability Concrete (HCC) and standard concrete for lining were equivalent. 2) Change of lateral pressure caused by difference of placing and compaction methods were little comparatively.