シールドトンネル二次覆工における中流動コンクリートの天端への適用

鹿島建設　東京港トンネル工事　正会員　○古賀　進一　佐藤　卓哉
鹿島建設　技術研究所　尾口　佳丈　坂井　吾郎

1. 背景および目的

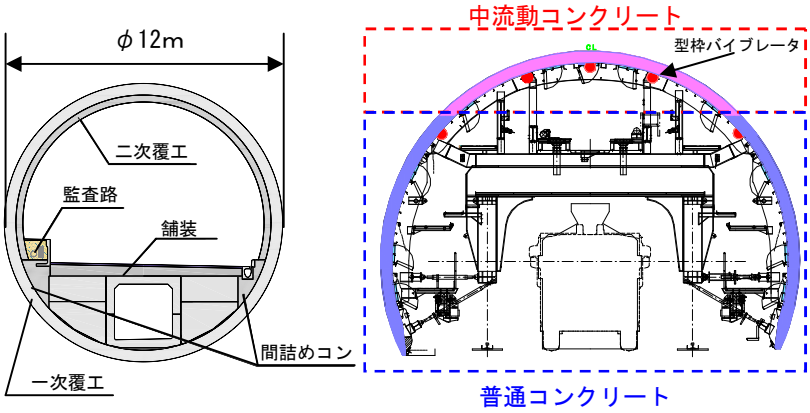
狭隘で締固めが難しいトンネル覆工コンクリートに，材料分離抵抗性および流動性を付与した中流動コンクリートを採用する事例が増えている．東京港トンネル工事(国土交通省関東地方整備局発注)は，慢性的な渋滞が発生している首都高湾岸線の東京港トンネルと平行して構築するシールドトンネルである．本工事では，一次覆工の火災に対する保護を目的に二次覆工が施工され，二次覆工は，レベル 1 地震動を考慮して全区間有筋であり，かつ剥落防止を目的に繊維を混入する仕様になっている．

ここでは，二次覆工の天端部の充填向上対策として中流動コンクリートを採用した．本文では，天端部のみに中流動コンクリートを適用するにあたり，普通コンクリートとの一体性について確認した結果を報告する．

2. トンネル諸元および配合

トンネル諸元を**図－１**に示す．シールドトンネルの全長は，1,470m で外径はφ12.2m である．シールドトンネルの一次覆工は覆工厚 500mm の RC セグメントと覆工厚 345mm の合成セグメントを用いており，二次覆工は覆工厚 300mm の保護コンクリートの仕様となっている．また，工期短縮のため 15m のロングスパンセントルを採用している．

コンクリートの使用材料および配合を，それぞれ**表―１**および**表－２**に示す．二次覆工で使用するコンクリートは**図－１**に示すとおり，普通コンクリートおよび中流動コンクリートに区分されている．普通コンクリートは 24-21-20 BB を用い，維混入後の目標スランプを 18cm とした．また，中流動コンクリートは，繊維投入後の目標スランプフローを 40～55cm となるように配合を選定した．



a) シールドトンネル概要　　b) 二次覆工詳細

図―１　トンネル諸元

表－１　使用材料

使用材料	記号	摘　　要
セメント	C	高炉セメント B 種，密度：3.04g/cm ^{3}
細骨材	S1	砂，表乾密度：2.58g/cm ^{3}，粗粒率：2.20
	S2	砕砂，表乾密度：2.62g/cm ^{3}，粗粒率：3.40
粗骨材	G	砕石 2005，表乾密度：2.70g/cm ^{3}，実績率：60.0%，
混和剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系化合物
	VSP	ポリカルボン酸エーテル系化合物と 増粘性高分子化合物の複合体
繊維	FB	ポリプロピレン，密度：0.91g/cm ^{3}，長さ：12mm

表－２　コンクリート配合

配合	目標 SL (cm)	目標 SLF (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m^3)							
					W	C	S1	S2	G	SP	VSP	FB (vol%)
24-21-20 BB	18.0	-	55.0	48.1	175	319	423	423	946	3.35	-	0.05
中流動コンクリート	-	50	53.0	50.0	175	330	437	437	907	-	3.80	0.05

キーワード　覆工，中流動コンクリート，打重ね，締固め
連絡先　〒107-0052　東京都港区赤坂 2-14-27　鹿島建設株式会社東京土木支店　TEL03-6838-2222

3. 一体性試験概要

普通コンクリートと中流動コンクリートの打重ね部に関して，コンクリートの一体性を確認するための施工試験を実施した．試験体作製のための型枠詳細を**図－２**に示す．試験は，打重ね部の締固め方法を変えた２ケースとし，普通コンクリートを型枠の 60cm まで打ち込み，内部振動機にて締固めを行い，30 分経過後に中流動コンクリートを型枠天端まで打ち込んで打設終了とした.その際，打重ね部を馴染ませるために，内部振動機および型枠バイブレータを用いたケースと振動機を用いないケースの２ケースを行った．材齢 20 日まで養生を行い，材齢 21 日に打重ね部のコア採取，材齢 28 日にコアの一面せん断試験を実施した．コアの一面せん断試験体は**図－３**のとおり作製し，試験は**図－４**に示すとおりに実施した．また，比較用に打重ねのない普通コンクリートのコアについても同様の試験を実施した．

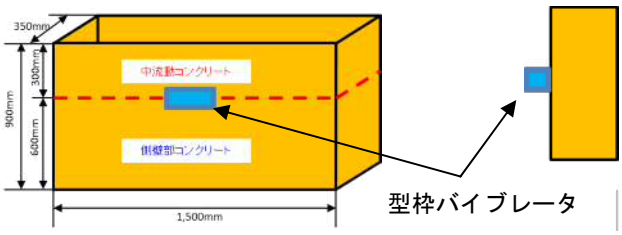
4. 一体性試験結果および考察

普通コンクリートと中流動コンクリートの打重ね箇所の一体性確認試験体の外観を**図－５**に示す．図より，ケース１は内部振動機と型枠バイブレータによる締固めを行ったことから，明確な打重ねの跡は見られなかった．ケース２（締固め無し）においては，打重ね線が確認された．

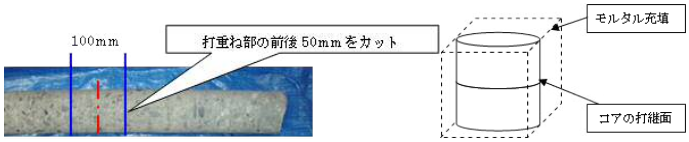
一体性確認試験体のコアの一面せん断試験結果を**図－６**に示す．図より，締固めによる打重ね部のせん断強度は，内部振動機および型枠バイブレータの使用により，締固めなしよりも大きなせん断強度を示すことが確認された．打重ね部のせん断強度は締固めの影響が大きく，特に今回の打重ね部は肩部から吹上げへの切替部分になるため十分な締固めが必要であると考えられる．本工事では、打重ね部分において，内部振動機および**図－１**に示したように型枠バイブレータを使用することとした．実際の施工後の状況を**図－７**に示す．

5. まとめ

シールドトンネルの二次覆工の充填向上対策として天端に中流動コンクリートを採用し，全長 1,470mにおいて中流動コンクリート約 4,600m^3 施工し，打重ね線のない二次覆工コンクリートを構築することができた．



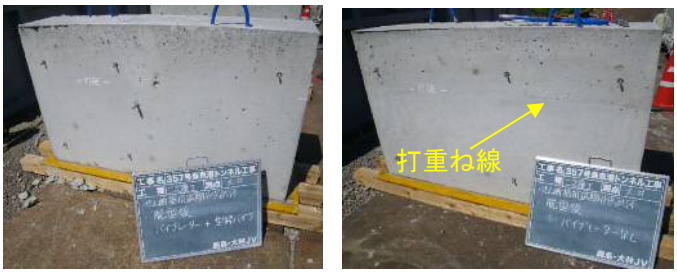
図―２　型枠詳細



図―３　一面せん断試験供試体作製

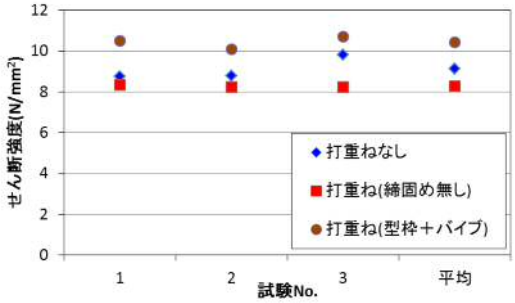
1）せん断試験体　　2）試験状況

図―４　一面せん断試験



1）ケース１　　2）ケース２

図―５　一体性確認試験体



図―６　せん断強度試験結果

図―７　二次覆工施工後の状況