超遅延剤を使用した打重ね時間遅延技術の実施工への適用

清水建設株式会社　正会員　○廣田　遼次
正会員　山口　浩
正会員　松井　淳
正会員　辻岡　章雅
ポゾリスソリューションズ株式会社　非会員　後藤　努

1．はじめに

東海旅客鉄道株式会社が建設を進めている中央新幹線工事は，都市部では大深度地下にシールドトンネルを掘削し路線を整備する計画である．当社 JV が担当した北品川非常口は，深さ約 90m，口径約 40m の大深度かつ大規模な円形立坑であった．構造的諸元を**表-1** に示す．側壁のうち特に上部は，厚さ 3m の円筒壁が高さ 60m にも及び，打設回数が多くなることで水平打継ぎも多くなることが考えられた．そこで，構造物全体としての一体性を向上させるため，1 度に打設するロット高を高くし，打継ぎを減らすことを検討した．一方，東京都の条例において打設時間に制約がある状況であったため(7:00～19:00 のみ許可)，2 日がかりで大容量のコンクリートを打設することとし，打設 1 日目の最終層に超遅延剤を使用し，夜間の打設中断期間を挟んだ翌日に打重ねる方法を検討した．超遅延剤の適用箇所を**図-1** に示す．遅延剤の特性に関する既往の研究[1),2)]は多くあるが，打重ね時間を延長する目的で実施工に適用された事例[3)]は少ないのが現状である．そこで，本報告では，当工法により施工された打重ね部の一体性を確認するため曲げ強度や耐久性の評価を実施すると共に，凝結試験により打重ね管理を行う事で実施工への適用を図った．

2．実施工に向けた事前検討

2-1．超遅延コンクリートの配合選定

本報告の中では，通常のコンクリートに対して超遅延剤を使用したコンクリートのことを「超遅延コンクリート」と呼ぶこととする．使用配合を**表-2** に示す．目標とするスランプは 23.0cm(フロー45.0cm)，空気量は 4.5%としている．また，超遅延剤については使用した 3 工場全てで統一したものを使用した．

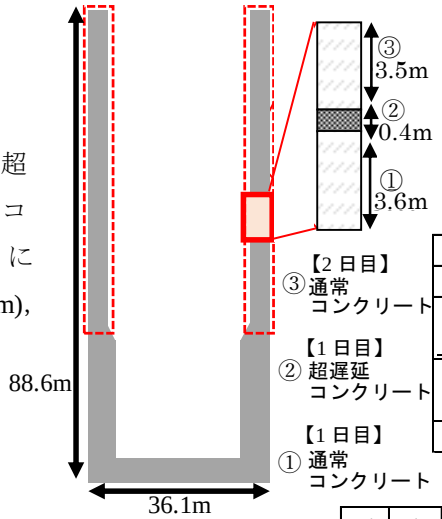

図-1　躯体断面図

表-1　構造物諸元一覧

立坑直径(m)		36.1
立坑深さ(m)		88.6
上部側壁（遅延剤使用）	厚さ(m)	3.0
	高さ(m)	60.1
下部側壁	壁厚(m)	4.3
	高さ(m)	22.9
底盤	厚さ(m)	5.6

表-2　使用配合

w/c (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)				
		W	C	S	G	Ad(高性能)
40	46.7	170	425	790	943	4.625

2-2．適正添加率の決定

超遅延剤の添加率を決定するため，凝結試験にて凝結遅延時間を確認した．実際の打設状況(午後 16 時 30 分頃打設中断，翌 8 時 30 分頃打設再開)を想定した打設後 16 時間に対して，翌日打込む 1 層目のコンクリートに凝結時間を近づけること，及び目標凝結時間に対する誤差を見込み，余裕を持って 25 時間後に打重ね可能なことを条件とした．打重ねが可能となる基準は打重ね時のコンクリートにおけるプロクター貫入抵抗値 0.1N/mm² 以下を設定した[4)]．**図-2** に示す結果より，添加率 1.05%程度の添加量で目標時間を満足できることが分かった．そこで工場毎に同様の検討を行い，添加率の決定を行った．

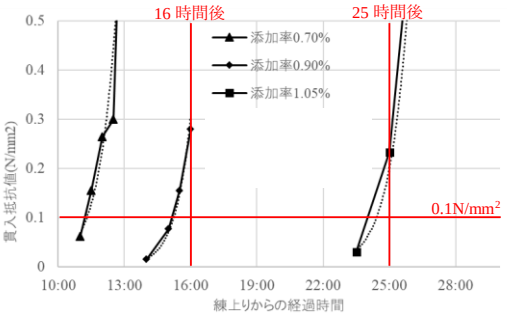

図-2　凝結試験結果

キーワード　超遅延剤，実施工，打重ね
連絡先　〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設(株)土木技術本部 廣田 TEL:03-3561-3915

© Japan Society of Civil Engineers

2-3．打重ね部の一体性評価

打重ね部の一体性を評価するため，超遅延コンクリートにより打重ねた箇所を模擬し，曲げ強度試験を実施した．供試体概要図を**図-3** に，結果を**表-3** に示す．通常の一体打ちの場合の 9 割程度の曲げ強度が発現していることが確認された．通常の打継ぎによる曲げ強度が 7 割程度であることから [4]，実用上十分な一体性が確保されていることが分かる．また，同様の供試体で透気試験及び促進中性化試験を実施し，打重ね部の耐久性の比較も行った．その結果を**表-3** に示す．一体打ちの場合と比較しても打重ね部の耐久性が同程度確保されていることが分かった．

2-4．モックアップ試験

室内試験で決定した添加率の実構造物への適用性を検証するため，モックアップ試験体を作成し，超遅延コンクリート打重ね部の一体性を評価した．脱型後の仕上がりの目視確認から，表層の一体性が確認された．また，打重ね部においてコアを採取し，コアの外観評価及び圧縮強度試験を実施した．採取箇所を**図-4**，試験結果を**表-4** に示す．コアの連続性が確認されたと共に各層における圧縮強度には差は見られず，内部においても一体性が確保されていることが確認された．一方，打重ね部に沈みひび割れや色むらが確認された．これは打重ね時間が延びたことによるブリーディング量の増加が影響している可能性が考えられる．そこでブリーディングを低減するため管理上の打重ね時間を 20 時間と修正し，再度試験を実施し，添加率を 0.80% に再設定した．事前の凝結試験結果と比較し低い添加率となったのは，夏季に入り高くなった環境温度の影響を受けた可能性が考えられる [5]．

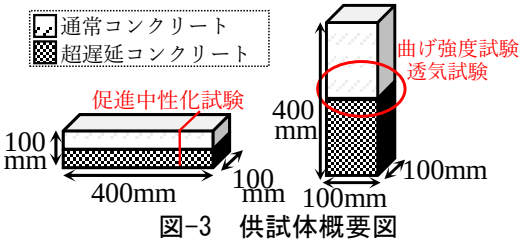

図-3　供試体概要図

3．実施工

各工場の超遅延コンクリートの打重ね管理のため，試料を採取し凝結試験を実施した．結果の一例を**図-5** に示す．16 時間後の打重ね時の試料のプロクター貫入抵抗値は 0.1N/mm^2 以下であり，目標を満足することが確認された．また，実打設面では目視確認及び触診を行い，打重ねが十分可能な状態であることを確認した．また，後日脱型後の仕上がりを確認したところ，十分に一体化していることを目視確認でき，一部に色むらが散見されたものの，沈下ひび割れ等は見られなかった．

表-3 打重ね部一体化検証試験

遅延剤添加	曲げ強度N/mm^2 (強度比)	透気係数kt (×10-16m^2)	中性化深さ (mm)
無し (一体打ち)	6.05 (1.00)	0.017	4.8
有り (2層打ち)	5.39 (0.89)	0.016	3.7

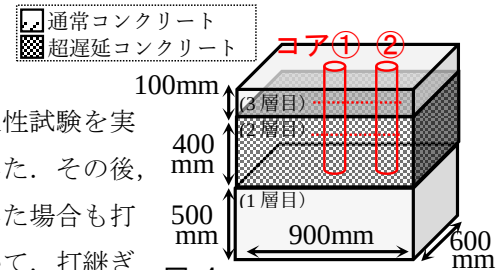

図-4
モックアップ試験概要図

表-4
コア圧縮強度試験 (N/mm^2)

コア	3層目中	打重ね部	2層目中
①	54.0	54.0	53.6
②	51.5	51.9	54.9

4．まとめ

超遅延剤コンクリートの実施工への適用に伴い，曲げ強度試験や耐久性試験を実施し打重ね部の一体性を確認すると共に，打重ね可能な添加率を決定した．その後，モックアップ試験により，実物スケールで超遅延コンクリートを適用した場合も打重ね部が一体化していることを確認した．また，実施工での適用において，打継ぎ部の施工不良は無く打重ね部が一体化したコンクリート構造物を構築することができた．なお，今回の施工に際して，超遅延剤による凝結時間の遅延効果が材料の違い等により変動することが確認された．今後の多様な施工への汎用性を高めるためにも，遅延効果への影響要因をさらに検討していく必要があると考えられる．

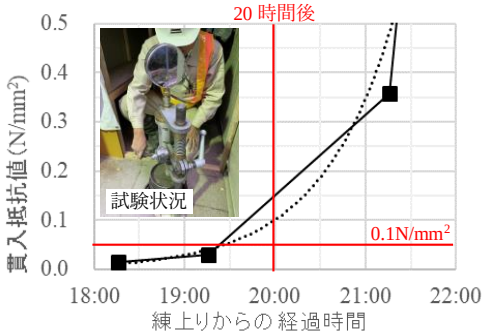

図-5　凝結試験結果

参考文献

1) 内川陽平，太田達見，高田良章，友澤史紀：遅延剤を用いたコンクリートの凝結特性とその予測式コンクリート工学年次論文集 vol.29，No.1,2007
2) 太田達見，内川陽平 他：遅延剤を用いたコンクリートの実施工条件下における凝結特性 コンクリート工学年次論文集 vol.29，No.1,2007
3) 酒井実，金岡伸幸 他：超遅延性減水剤を用いた冷凍施工のコンクリート施工 コンクリート工学 vol.19，No.6,June 1981
4) (社)土木学会：コンクリート構造物のコールドジョイント問題と対策
5) 竹内徹 他：超遅延剤を用いたコンクリートの特性 コンクリート工学 Vol.37 No.11,1999.11

© Japan Society of Civil Engineers