

V-127

超高強度連壁コンクリートの粘性がトレミー工法における打設速度に及ぼす影響

大林組技術研究所 正会員 三浦 律彦

大林組土木技術部 正会員 青木 茂

大林組技術研究所 正会員 十河 茂幸

1. はじめに

近年、地下構造物の大型化や大深度化が進むとともに、基礎構造物としての耐震性の向上や本体利用の観点から、地下連続壁（以下連壁と略）の高強度化が進められるようになってきた。高強度化が進むと、コンクリートの粘性の増大がトレミー工法での施工性や溝壁内での充填性の低下を招き、コンクリートの配合選定を誤ると連壁の構造性能や止水性を低下させる原因となってしまう。このため、連壁の品質保証を行うためには施工時の流動性や粘性の管理が大変重要となる。今回、仮設構造物の基礎壁で圧縮強度が 100N/mm^2 および 130N/mm^2 の超高強度連壁コンクリートを施工する機会があり、高ビーライト系のセメントと高性能AE減水剤を使用することで無事施工することができた。本報告は、この場合の超高強度連壁コンクリートと従来の高強度連壁コンクリートの施工速度の対比を行うことで、水セメント比の低下による粘性増大がトレミーでの施工速度に及ぼす影響について定量的な検討を試みるものである。

2. 連壁コンクリートの施工概要

2. 1 施工速度に関する計測データの比較手法

一般に、高強度連壁コンクリートは8B($\phi 20\text{cm}$)~10B($\phi 25\text{cm}$)のトレミー管を使用して施工されることが多い。また、パネルの長さによっては2~3本のトレミー管を用いて同時に打ち上げることがある。コンクリートの粘性の違いがトレミーでの施工速度に及ぼす影響を定量的に検討する場合には、同一径、本数のトレミーを用いて同一面積の溝壁内に打設した場合の打上り速度から判定することが望ましいが、実際に施工に用いられるトレミーの径や溝壁の断面寸法は多種多様で、一律に比較することが難しい。また既往の研究によると、打設深度の違いによっても打上り速度は影響を受けることが知られている¹⁾。このため本研究では、ほぼ同じ打設深度(40~25m)での打上り速度をベースに、トレミー断面積とトレミー1本当りの分担面積の比を換算係数として、便宜的に、8Bのトレミー管1本当たり 1.80m^2 の施工面積を分担する場合(ケースD相当)の打上り速度を算定して比較を行った。

2. 2 施工事例及びコンクリートの配合

検討の対象とした施工データは、今回施工した超高強度連壁コンクリート2種類(ケースA, B)の他に、LNG地下貯槽における過去の施工事例2種類(ケースC, D)^{2), 3)}の計4種類である。これらの連壁の施工概要を表-1に、配合の概要を表-2に示す。トレミー1本当りの打設面積は、壁厚が最も薄いケースDが最も小さく 1.80m^2 、壁厚が厚いケースCが最も大きく 2.17m^2 であった。

2. 3 打上り速度の考え方

溝壁内のコンクリートの打上り速度は、通常は運搬車1台毎の天端管理の記録から求められる。実際の施工時間には運搬車の待機や入替時間、トレミーの引上

表-1 連壁の施工事例一覧

検討 ケース	構造物 の種類	壁体の寸法 (m)			トレミー管		1本当 打設面 積(m^2)
		深 度	厚 さ	長 さ	本数	直径	
A	基礎壁	32.6	0.9	2.40	1	10B	2.16
B	基礎壁	32.6	0.9	2.40	1	10B	2.16
C	LNG貯槽	74.0	1.1	5.93	3	8B	2.17
D	LNG貯槽	71.0	0.8	6.76	3	8B	1.80

表-2 コンクリートの配合の概要

検討 ケース	使用セメント の種類	設計基準 強度 (N/mm^2)	配合強 度 (N/mm^2)	水セメント 比 (%)	細骨材 率 (%)	単位置 (kg/ m^3)		
						W	C	SP
A	高ビーライト	(110)	130	22.0	40.0	175	795	21.5
B	高ビーライト	(85)	100	30.0	45.7	165	550	11.0
C	高炉B種	45	60	38.0	43.0	173	447	8.0
D	高ビーライト	45	60	37.0	47.0	175	468	8.4

* 設計基準強度、配合強度の管理材齢は91日、()は躯体強度より推定

げ・切断時間等が含まれており、水セメント比が35～40％程度の高強度コンクリートの純打設時間は施工時間の1/2～1/3程度となることが経験的に知られている。また、粘性が低くて施工性の良いコンクリートほどこの比率は低くなる傾向にある。従って、打上り速度から流量分析をする時にはこれらも考慮する必要がある。

3 トレミーでの施工速度に及ぼす粘性の影響

3. 1 コンクリートの品質試験結果及び塑性粘度

各施工事例におけるコンクリートの品質試験結果を表-3に示す。ケースC、D＜B＜Aと強度が高くなるほどコンクリートの粘性が上り、漏斗流下時間が長くなるのが判る。この場合、施工性を保つためにスランプフローも大きめに設定されている。降伏値が無視できるほど小さい（フローが50cm程度以上の）場合には、流下時間は塑性粘度に比例し単位容積質量に反比例するため⁴⁾、塑性粘度は流下時間と単位容積質量の積（「流動抵抗指数」と呼称）に比例すると考えることができる。

3. 2 平均打上り速度と漏斗流下時間の関係

順調打設時の平均的な打上り速度とO漏斗流下時間の関係を図-1に示す。この結果より、順調打設時の平均打上り速度は漏斗流下時間が長いほど小さくなり、超高強度コンクリートでは高粘性の影響で打上り速度がかなり低下することが明らかとなった。

3. 3 トレミー管内の流動速度と塑性粘度の関係

トレミー工法での施工時間に占める純打設時間の割合は粘性の程度に応じて変化するが、今回の施工事例（O漏斗流下時間が5～30秒程度の配合）では、打設深度が30m程度と深い場合には0.35～0.50、打設深度が10m程度と浅くなると0.40～0.60となることが純打設時間の計測から明らかになった。純打設時間と打設数量からトレミー管内の平均流量を算出し、前述の流動抵抗指数の逆数との関係で示したものが図-2である。この結果より、粘性が高い場合にはトレミー管内の流動速度は流動抵抗指数（すなわち塑性粘度）の逆数に概ね比例することが判明した。また、超高強度連壁コンクリートのトレミー管内の流動速度は通常の高強度連壁コンクリートの1/2～1/3程度に低減し、このことがトレミー工法における施工速度の低下の原因となることが確認された。

4. まとめ

本研究により、連壁コンクリートのトレミーでの施工性は、コンクリートの配合の違いに基づく塑性粘度の大小によって評価できることが明らかになった。また、圧縮強度が130N/mm²程度の超高強度連壁コンクリートのトレミー管内の流動速度は従来の高強度連壁コンクリートの1/2～1/3程度まで低減する可能性があることが判明した。今後は、セメントの種類やトレミー管径の影響についても検討する必要があると思われる。

【参考文献】

- 1)三浦, 青木他: 超高強度・低発熱連壁コンクリートの配合選定と実施工時のフレッシュ性状, JCI年次論文報告集 Vol. 18, No. 1, 1996, 7
- 2)青木, 岩田他: ロット流下時間による高強度連壁コンクリートの施工性判定に関する一考察, 土木学会第48回年次講演会 V-185, 1993, 9
- 3)三浦, 青木他: 高ヒートセメントを用いた高強度連壁コンクリートの実施工におけるフレッシュ性状, 土木学会第50回年次講演会 V-61, 1995, 9
- 4)三浦, 十河他: 高流動コンクリートの分離抵抗性や施工性判定のための漏斗流下試験, JCIフレッシュコンクリートシンポジウム論文集 No. 6, 1996, 4

表-3 コンクリートの品質試験結果

配合の種類	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	O漏斗流下時間 (秒)	単位容積質量 (t/m ³)	圧縮強度 (N/mm ²)	
					28 日	91 日
A	70～72	1.8～2.1	25～27	2.45	105	127
B	68～72	1.8～2.0	13～14	2.42	73.2	99.2
C	46～58	3.2～5.8	5～19	2.33	48.4	60.8
D	48～62	3.4～5.0	4～8	2.35	43.2	60.3

*単位容積質量, 圧縮強度は平均値を, それ以外は実測値を示す

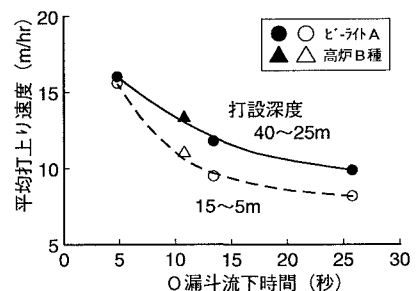


図-1 打上り速度と漏斗流下時間の関係

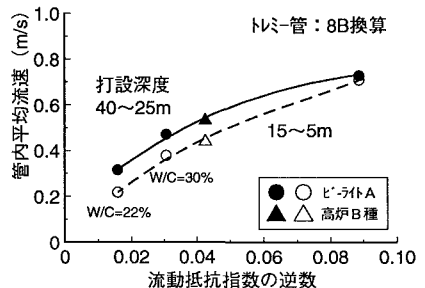


図-2 管内流速と流動抵抗指数の関係