

V-187 高強度・高流動コンクリートを使用した高性能地下連続壁の品質評価

鹿島技術研究所 正会員 大友 忠典
 鹿島土木技術本部 正会員 田沢雄二郎
 鹿島土木技術本部 正会員 村田 俊彦
 鹿島北 陸 支店 正会員 坂 田 昇

1. はじめに

LNG地下タンク工事などで、地下連続壁を円筒形に構築して、円環圧縮材として利用する場合には、強度を高くすることで経済効果をあげられることが判明している。ここではその強度をはじめとする各種の性能の高度化を目指した地下連続壁の実証実験の結果を紹介する。

性能の設定とそれに対応した対策はつぎのとおりである。

- ①安定液中に打込むという条件で、設計基準強度 $600 \sim 800 \text{ kgf/cm}^2$ という高強度のものにする。そのために多量のセメントを使用するが、そうしても厳しいマス養生条件とはならず長期材齢で高強度を得易い高ビーライト系低発熱セメントを使用する。
- ②流動性に優れたものとする。そのために高性能AE減水剤を多量に使用する。その場合に、材料分離を生じ易いコンクリートになるが、それに抵抗するために増粘剤を使用する。
- ③製造・施工の過程で流動性が安定しているものとする。②の増粘剤はこのことにも有効である。
- ④温度ひびわれの問題で不利にならないものとする。高強度を目指すことにより多量のセメントを使用すると一般には温度ひびわれを生じ易くなるが、①の高ビーライト系低発熱セメントを使用すると温度ひびわれの危険は小さくなる。

以上のような性能を目指して材料と配合を選定し、実規模の施工実験により実現の可能性を確認した。

2. 使用材料、配合、実験方法

使用材料を表-1に、配合を表-2に示す。コンクリートの製造は一般の生コン工場で行い、約40分運搬した場所で地下連続壁として打ち込んだ。地下連続壁は図-1に示すように幅3m、厚さ1.5m、深さ30mであり、深さ15mまで鉄筋が挿入してある。コンクリート量は約 135 m^3 である。Aエレメントに設計基準強度 600 kgf/cm^2 のコンクリートを、Bエレメントに 800 kgf/cm^2 のコンクリートを打ち込んだ。図-2に示すCV-1, CV-2, CV-3の3箇所でもコアを採取して圧縮強度を調べた。

表-1 使用材料

材料	銘柄なしの産地
セメント	T社製 高ビーライト系ポルトランドセメント
細骨材	神奈川県・海老名市産・陸砂
粗骨材	東京都・八王子市産・砕石・硬質砂
高性能AE減水剤	K社製 ポリカルボン酸塩
増粘剤	Y社製 水溶性 ポリサッカライド (ウエランガム)

表-2 配合

記号	設計基準強度 (材料91B)	最大寸法 (mm)	S F (%)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
							水	W	セ	C	
A	600	20	60±5	2±1	34.6	47	165	477	806	939	0.165
B	800	20	65±5	2±1	27.8	44	165	594	713	939	0.165

② S Fはスランプフロー

3. 実験結果

(1) 流動性

コンクリートを運搬した約30台の全車でスランプフローを測定した結果はAエレメントではほぼ56～64cm、Bエレメントではほぼ63～68cmであり、変動係数で2～4%程度の安定したものであった。

(2) コアの圧縮強度

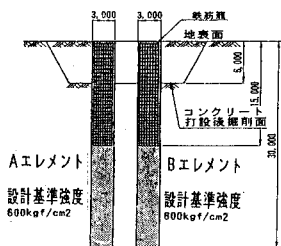


図-1 実証実験のエレメントの寸法

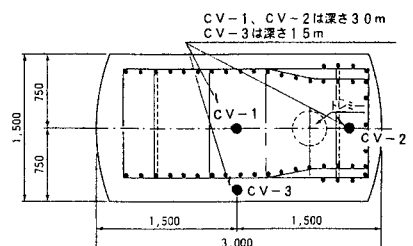


図-2 コア採取位置

コアの圧縮強度試験結果の統計値を表-3に示す。圧縮強度の平均値はAエレメントで 793kgf/cm²、Bエレメントで1017kgf/cm²であった。コア別の強度の有意差検定を行ったところ、Aエレメントでは有意差はなく、Bエレメントでは有意差があり、CV-3が低い強度であった。したがって、Aエレメントでは全体を一つのロットとして地下連続壁のコンクリートを評価でき、Bエレメントでは、全体の評価とともにCV-3のみに着目しても評価することが必要と判断された。

(3) 地下連続壁コンクリートの評価

表-4に、計画段階で設定した条件、試験結果、壁体コンクリートの評価、水中低減係数の確認などをまとめて示す。表は横に長いものであるが、紙面の都合で二段に分けて示す。

『計画段階での設定』の欄に示すように、水中低減係数を 0.9に設定し、他の係数も適当と考えたものに設定して、配合強度をAエレメントで 846kgf/cm²、Bエレメントで1007kgf/cm²とした。（F項）。

『試験結果』の欄に標準供試体の強度の平均値を示しているが、この値は予定した配合強度より50～130 kgf/cm² だけ大きいものとなった。

『壁体コンクリートの評価』の欄に不良率5%位置強度を示している。これは設計基準強度相当値と考えることができるが、Aエレメントで 690kgf/cm²、Bエレメントで 900kgf/cm² となっており、600, 800 kgf/cm² の当初設定の設計基準強度が確保されている（M項）。BエレメントでCV-3に着目してみても同様である。標準供試体強度が、設定した配合強度よりも大きいものになったのでこれが予定どおりのものであったとした場合を想定して、（予定した配合強度／実際に得られた標準供試体強度）の比を乗じて評価したのが『修正した不良率5%位置強度』である（O項）。このように修正して設計基準強度相当値を評価しても当初設定の設計基準強度が確保されている。

(4) 水中低減係数の確認

『水中低減係数の確認』の欄に示すように、（得られた壁体コンクリートの設計基準強度相当値／設定した設計基準強度）の比を当初設定の水中低減係数に乗じて実際の水中低減係数を逆算して求めた結果、Bエレメントで0.90となり（P項）、当初の設定のとおりであった。Aエレメントで変動係数を結果より大きく設定して配合強度を定めたので、これを

表-3 コア圧縮強度データの統計値

種別と統計単位	Aエレメント			Bエレメント		
	CV-1	CV-2	CV-3	CV-1	CV-2	CV-3
値の項目	平均、最大、最小、標準偏差の単位は、kgf/cm ² 、変動係数の単位					
データ個数	55	60	26	59	58	29
平均値	804	786	786	1054	1000	974
最大値	973	887	864	1226	1137	1074
最小値	657	668	635	898	865	870
標準偏差	71	53	56	64	68	45
変動係数	8.9	6.8	7.3	6.2	6.9	4.7
全 体						
平均値	793			1017		
変動係数	7.8			7.0		

表-4 計画段階での設定、試験結果、壁体コンクリートの強度評価、低減係数の確認（強度関係の単位は kgf/cm²）

エレメント名	計画段階での設定						試験結果			
	設計基準強度 (材齢91日)	水中低減係数	水中低減係数による割増	変動係数 D (%)	変動係数 E による割増	配合強度 F	水セメント比 (%)	コア供試体 平均強度 H	標準供試体 平均強度 J	標準供試体 変動係数 K (%)
	A	B	C					I		
	計算式→→→		1÷B			A×C×E				
A	600	0.9	1.11	13	1.27	846	34.6	793	898	5.2
B	800	0.9	1.11	7	1.13	1007	27.8	1017	1134	3.3
	800×CV-3	0.9	1.11	7	1.13	1007	27.8	974	1134	3.3

4. 結論

当実験で使用した材料と配合のコンクリートを用いて、設計基準強度 800kgf/cm² クラスまでの高強度地下連続壁を設計施工でき、0.90～0.94 程度の水中低減係数を採用するとも可能である。

壁体コンクリートの強度評価					水中低減係数の確認						
不良率5%位置算出係数 L	不良率5%位置強度 M	配合設計上の誤差 N	修正した不良率5%位置強度 O	修正低減係数 ¹⁾ P	修正変動係数 ²⁾ Q	修正標準偏差係数 R	修正配合強度 S	修正平均コア強度 T	不良率5%位置強度 U	修正低減係数 ³⁾ V	
H÷L	F÷J	M×N	(O÷A)×B				A×C×E	(S÷F)×H	T÷R	(U÷A)×B	
1.15	690	0.94	649	—	8	1.15	766	718	624	0.94	
1.13	900	0.89	801	0.90	¹⁾ 算出方法：O/Aの比だけ低減係数を引き上げるとして計算した。 ²⁾ この「修正」は計画時の変動係数の設定が過大であったことに対する修正。 ³⁾ 算出方法：U/Aの比だけ低減係数を引き上げるとして計算した。						
1.08	902	0.89	803	0.90							

参考文献：大友忠典、田沢雄二、村田俊彦、馬場美二郎：高強度地下連続壁のコンクリートの実大規模実験、コンクリート工学年次論文報告集、Vol. 16, 1994. 6