

V-363 シリカフュームと低熱セメントを用いた高強度高流動コンクリートの連続地中壁模型施工実験

竹中工務店技術研究所 正会員 井上孝之 正会員 三井健郎
 同 正会員 米澤敏男 同 小島正朗
 竹中土木技術本部 正会員 山田敏昭 同 佐藤晃洋

1. はじめに

LNG地下タンクやシールド発進立坑の大深度化・大口径化に伴い、躯体断面の低減や掘削土量の低減を計るため、連続地中壁に適用されるコンクリートの高強度化が進んでいる。ここでは、設計基準強度 60N/mm^2 の高強度高流動コンクリートを連続地中壁に適用することを想定した模擬部材の施工実験を行い、フレッシュコンクリートの性状、充填性、構造体強度、水中での強度低減等の検討を行った。

2. 実験概要

2. 1. 使用材料及びコンクリートの配合 コンクリートの配合条件は、スランプフロー $65 \pm 5\text{cm}$ 、Lフロー初速度⁽¹⁾ 10cm/sec 以上とした。配合を表1に示す。セメントは高ビーライト系低熱ポルトランドセメント（記号 LA；比重 3.22）と低熱高炉セメント（記号 LB；比重 3.04）の2種類を用いた。粘性の低減及び強度上昇を目的とし粉体状シリカフュームを（比重 2.17）結合材重量の 10% 混入した。細骨材は大栄産山砂と葛生産砕砂の混合砂（比重 2.59；F.M2.56）を、粗骨材は葛生産硬質砂岩（比重 2.65；F.M6.60）を用いた。混和剤は特殊カルボン酸系高性能減水剤を用いた。

本実験における配合強度は、(1)式により求めた。 f'_{ck} が 60N/mm^2 では配合強度は 84N/mm^2 となり、各セメントの室内試験結果より水結合材比を決定した。

$$f'_{cr} = f'_{ck} / (L_w \times L_k) \times \alpha \quad \dots\dots\dots (1)$$

f'_{cr} ：配合強度 L_k ：構造体強度低減係数 0.90
 f'_{ck} ：設計基準強度 L_w ：水中低減係数 0.95
 α ：割り増し係数 1.20（変動係数 10%，不良率 5%）

表1. 配合

試験体 番号	セメント 種類	水結合 材比 (%)	S/a (%)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水	セメント	シリカ	細骨材	粗骨材
A	LA	30	46.4	3.0	165	495	55	751	888
B	LB	23	45.2	3.0	148	579	64	704	875

2. 2. 実大模型試験体 試験体はセメント種類の異なる2体とした。試験体寸法及び配筋図を図1に示す。型枠は打設時のコンクリート流動状況が観察出来るように、1面を透明アクリル板とした。型枠中にはベントナイト安定液（ベントナイト3.0%，CMC0.3%，分散剤0.3%）を満した。

2. 3. コンクリートの製造と打設方法 コンクリートは市中の生コンプラントで製造し、アジテータ車で運搬した。打設は、コンクリートをトレミー管頭部のホッパーまでポンプ圧送し、内径 25cm、長さ 4.0m のトレミー管を用いて行った。

2. 4. 試験項目及び試験方法 1)フレッシュコンクリート

通常の試験の他にLフロー試験⁽¹⁾を行った。

2)粗骨材分布 試験体から採取したコア側面の粗骨材を写し取り、画像解析装置で面積率を求めた。

3)側圧及び模擬試験体内部温度 側圧及び試験体内部温度測定位置（図中☆★）を図1に示す。

4)圧縮強度 供試体は $\Phi 10 \times 20\text{cm}$ とし、標準養生、簡易断熱容器でマッシュな部材の温度履歴を模擬した簡易断熱養生及び模擬試験体から採取したコア供試体について材齢 7,28,91 日に圧縮強度試験を行った。

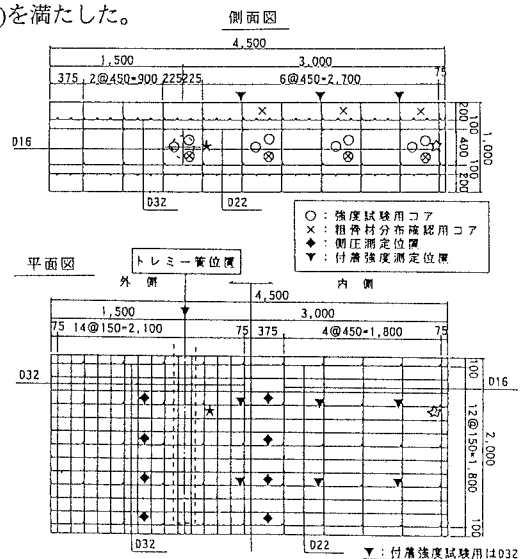


図1. 試験体の配筋及び各種試験位置

3. 実験結果及び考察

3. 1. フレッシュコンクリート フレッシュコンクリートの試験結果を表2に示す。空気量が若干低めであったが、いずれのコンクリートも配合条件を満足するものであった。

3. 2. コンクリートの流動勾配 図2は試験体Aの流動勾配測定結果である。勾配は約 1/13 であり、ほぼ水平に打ち上がることが確認された。試験体Bの勾配は約 1/18 であり、充填性は良好であった。

3. 3. 粗骨材分布 粗骨材面積率の測定結果を図3に示す。トレミー管からの距離と中心部と表層部等の部位により、有意差は認められなかった。

3. 4. 側圧 試験体Bのトレミー管から距離 450mm における側圧測定結果を図4に示す。側圧はコンクリートが土圧計に到達してから約 20 分経過以後頭打ちになっている。これは、自重による圧密や時間経過によってコンクリートの流動性が低下したことによると考えられる。

3. 5. 模擬試験体内部温度 模擬試験体の内部温度履歴及び簡易断熱養生試験体の温度履歴を図5に示す。温度上昇量は試験体Aで 40℃、試験体Bで 36℃であった。簡易断熱養生による供試体の温度履歴は、模擬試験体の 20 点の測定点の平均的な温度履歴であった。

3. 6. 圧縮強度 図6にトレミー管からの距離と圧縮強度の関係を示す。材齢7日では、いずれの試験体もトレミー管からの距離が長い端部のほうが強度は低くなっているが、材齢91日では全体がほぼ均一あるいは流動距離が長いほど若干ではあるが強度が大きくなった。これは模擬試験体の内部温度履歴による影響であると考えられる。温度上昇の大きかった中央部では初期強度は大きい長期での強度の伸びが小さく⁽²⁾、逆に温度上昇が小さく初期強度の小さかった端部は、長期強度の伸びが大きいため、材齢91日ではほぼ同程度になったと考えられる。

表3に材齢91日における各養生条件の圧縮強度及びコア強度(平均値)の一覧を示す。簡易断熱養生した供試体の圧縮強度は、模擬試験体の平均的な温度履歴と一致することから、気中打設時の構造体強度を示すものと考えられる。従って、水中打設による強度低減係数はコア/断熱で表され 0.93~0.96、構造体強度低減係数はコア/断熱で表され 0.87~0.90 となる。標準養生91日材齢から配合強度を決定するにはこの両者合わせて 15~20%程度の強度低減をみる必要がある。

4. まとめ

- ①シリカフュームと低熱セメントを用いた高強度高流動コンクリートは、十分な充填性と均一な構造体強度発現性を有し、地中連続壁への適用が有効であることが明らかになった。
- ②水中打設による強度低減と温度履歴による強度低減を考慮すると、0.80程度の強度低減係数を採用することが可能であると考えられる。

参考文献 (1)谷川他：日本建築学会学術講演梗概集，pp477-478，1990
(2)三井他：コンクリート工学年次論文報告集，pp1025-1030，1995

表2. フレッシュコンクリートの試験結果

試験体番号	セメント種類	スランプ (cm)	フロー (cm)	空気量 (%)	スランプフロー-初速度 (cm/sec)
A	LA	26.5	61.0	1.7	63.5
B	LB	27.5	67.3	2.1	66.5

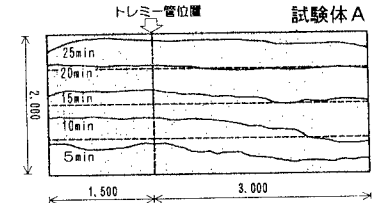


図2. コンクリートの流動勾配

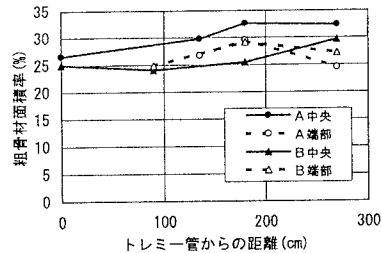


図3. トレミー管からの距離と粗骨材面積率

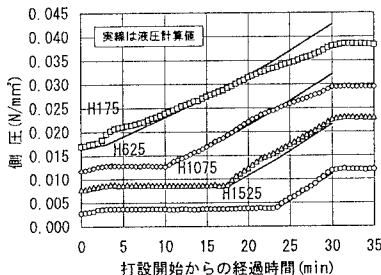


図4. 側圧の経時変化 (試験体B)

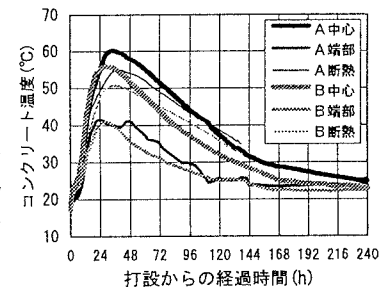


図5. 模擬試験体の内部温度履歴

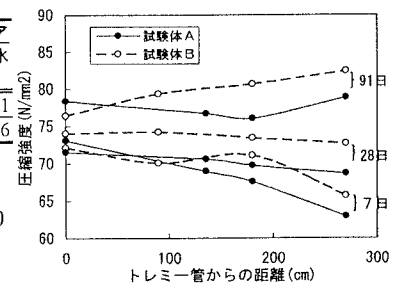


図6. トレミー管からの距離とコア強度