

## 報 告

## [1012] 超流動コンクリートの打放し建築構造物への適用

正会員○早川光敬（大成建設技術研究所）

正会員 松岡康訓（大成建設技術研究所）

正会員 山田哲夫（大成建設生産技術開発部）

正会員 黒岩秀介（大成建設技術研究所）

## 1. はじめに

超流動コンクリートを都内の建築工事に適用する際に行った調査、打ち込み、収縮などの検討結果、および側圧とポンプ圧送圧の測定結果について報告する。用いた超流動コンクリートは分離低減剤に発酵技術により製造される多糖類ポリマーの一種を使ったものである。このコンクリートの基礎物性、性状の経時変化、および構造体の均質性などは昨年報告されている [1,2]。

この建築構造物はRC造で地上5階、地下4階の多目的ビルで、外部仕上げは打放しである。超流動コンクリートはその外壁部分に使用した。なお外壁表面には耐久性を確保するために、透明の樹脂塗装を施した。用いた超流動コンクリートの総量は約3000m<sup>3</sup>である。製造はレディミクストコンクリート工場で行い、運搬時間の平均は1時間であった。現場着のコンクリートのスランプフローの目標値を60~70cmとし、60cm以下のものには現地で高性能減水剤を添加して、所定の流動性をもたせるようにした。本建物は昨年12月に竣工した。

## 2. 調査の決定

多糖類ポリマーを分離低減剤として用いた超流動コンクリートの基礎物性に関する研究により調査の適正範囲があきらかにされている [1]。これを基本にして、工事に用いる材料を用いた試験室における試験練りにより、単位水量、および分離低減剤の添加量を決定し、さらに実機ミキサを用いた試験練りにより混和剤の使用量を決定した。用いた基本調査を表1に示す。

表-1 超流動コンクリートの調査 (kg /m<sup>3</sup>)

単位水量	普通ポルトランドセメント	高炉スラグ	フライアッシュ	単位細骨材量	単位粗骨材量	A E 減水剤	補助 A E 剤	高性能減水剤	分離低減剤
170	193	193	96	731	920	1200 (cc/m <sup>3</sup> )	96 (cc/m <sup>3</sup> )	9.0	1.0

## 3. 大型壁部材打ち込み試験

適切な施工計画を立てるため、工事に先立ち、壁部材への打ち込み試験を行った。第1回は実際の構造物とほぼ同条件の高さ4mの壁部材で、壁厚(20,40,60cm)および配筋条件を変化させた、幅3mのもの4体、幅2mのもの2体、傾斜させたもの2体で打ち込み試験を行った。第2回は高さ1.8m、幅1m、厚さ20cmのもので打ち込み試験を行った。試験の結果、超流動コンクリートを打放し仕上げで用いる場合に以下の点に注意しなければならないことが明らかになった。

1) 打継ぎ時間が90分をこえると上下のコンクリートの微妙な色の違いにより打継ぎ位置がはっきりした線として見えることがあるので、打ち込み後に型枠表面をたたくなどの処置をする。

2) コンクリートの自由落下が大きくなるとまきこんだ気泡がコンクリート表面に残ることがあるので、ホースなどを用いて自由落下距離をできるだけ小さくする。

3) ある種の剥離剤は用いる高性能減水剤と反応してコンクリート表面に細かい気泡を発生させることがあるので、そのようなものの使用をさける。

#### 4. 収縮の検討

超流動コンクリートの収縮特性の確認を行った。通常の乾燥収縮試験に加え、今回は仕上げが打放しということを考慮し、セメント量の多いコンクリートでしばしば発生する表面の微細ひびわれについても検討を行った。

##### 4.1 乾燥収縮試験

超流動コンクリートの乾燥収縮特性を調べるため、同一調合で分離低減剤を除いたもの、および同一の単位水量で単位セメント量が $300\text{kg/m}^3$ 程度の普通コンクリートと比較試験を行った。試験はJISA1129「モルタルおよびコンクリートの長さ変化試験方法」に準拠して行った。用いた材料は工事に用いたものと同じものである。各コンクリートの調合を表2に示す。

各コンクリートは、測定開始までの所定期間（3日間および7日間）は $20^\circ\text{C}$ の水中養生とし、以後 $20^\circ\text{C}$ 湿度60%の室内に保存して長さ変化の測定を行った。結果を図1に示す。分離低減剤の添加が乾燥収縮特性にほとんど影響をあたえないこと、また超流動コンクリートの乾燥収縮はセメント量 $300\text{kg/m}^3$ 程度の普通コンクリートのそれより10~25%程度小さいことが確認された。

##### 4.2 表面微細ひびわれの検討

鉄筋などの拘束によりコンクリートの表面に微細なひびわれが入ることがある。特に打放し仕上げでは美観上も好ましくないので、乾燥および拘束条件のきびしい試験体を作製し、微細ひびわれの検討を行った。

試験体の形状は $400\text{mm} \times 600\text{mm}$ 厚さ $80\text{mm}$ の板状で、D10,100メッシュ1段の配筋( $\text{pw}=0.89\%$ )とし

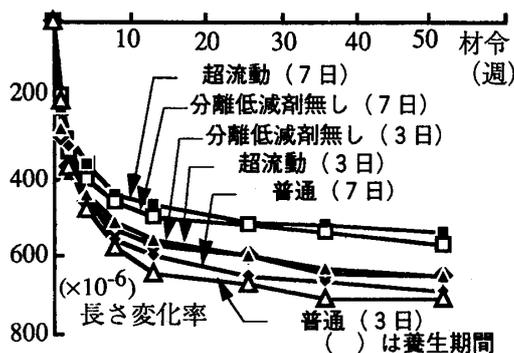


図-1 乾燥収縮試験結果

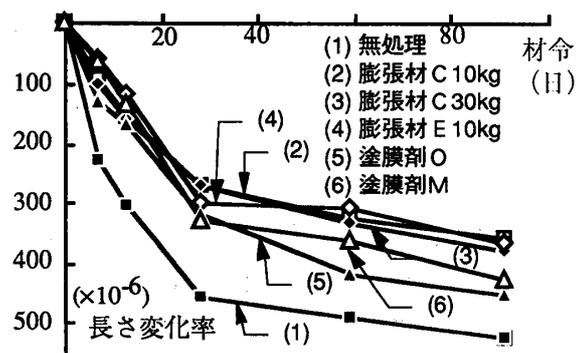


図-2 表面の長さ変化

表-2 乾燥収縮試験に用いたコンクリートの調合 ( $\text{kg/m}^3$ )

種類	単位水量	普通ポルトランドセメント	高炉スラグ	フライアッシュ	単位細骨材量	単位粗骨材量	A E 減水剤	高性能減水剤	分離低減剤
超流動	170	189	189	94.5	691	956	0.75	6.6	1.0
分離低減剤なし	170	189	189	94.5	691	956	0.75	6.0	-
普通	170	300	-	-	810	1036	0.9	-	-

た。打ち込みは短辺からの縦打ち込みとし、材令2日で脱型、20℃湿度60%の室内に保存した。材令4日で基長をとり、塗膜剤を使用するものについては材令9日で塗布した。コンクリートの表面の16区間についてコンタクトゲージを用いて長さ変化を測定した。試験条件は、(1)超流動コンクリートで特別の処理を行わないもの、(2)カルシウムサルフォアルミネート系の膨張材を10kg/m<sup>3</sup>混入したもの、(3)同上を30kg/m<sup>3</sup>混入したもの、(4)酸化カルシウムを主成分とする膨張材を10kg/m<sup>3</sup>混入したもの、(5)シリコン系ポリマーを主成分とする塗膜剤を塗布したもの、(6)シリコン系モノマーを主成分とする塗膜剤を塗布したもの、の6種類とした。結果を図2に示す。なお、材令13週までにいずれの試験体にも表面に微細ひびわれの発生はみとめられなかった。長さ変化の結果をみると、膨張材、塗膜剤とも表面の長さ変化を小さくする効果が確認された。この結果を踏まえ、実工事では予定されていた塗膜剤に加え、酸化カルシウムを主成分とする膨張材を10kg/m<sup>3</sup>用いることとした。

### 5. 側圧の測定

事前の検討で、超流動コンクリートを用いた時の型枠にかかる側圧は、コンクリートの単位容積質量に打ち込み高さを乗じた数値（液圧）に近くなることがみとめられた。実工事では、全体をバランスよく打上げていくため、1つの場所で見ると数回に分けて打ち込まれたような状態になる。このような場合に実際の側圧がどのようにかかっているのかを確認するために側圧の測定を行った。測定には土圧計を用い、型枠に穴をあけ、土圧計の面と型枠面が一致するように設置した。設置位置は下から45cm、135cm、226cmの3箇所である。測定は通常30分ごとに行い、測定位置で打ち込み高さが変化している時は時間間隔を短くした。

結果を図3～5に示す。打ち込み直後は液圧に近い圧力がかかるものの、時間がたつと側圧は低下し、最下部（A点）の側圧は150分後の上部の打ち込みによりまったく影響を受けていなかった。しかしながら、この結果をもとに型枠の強度を低減するのは危険であり、基本的には型枠は液圧に耐えられるよう設計すべきものとする。

### 6. ポンプ圧送圧の測定

本工事における現場内のコンクリートの運搬にはポンプを用いた。低層部の打ち込みではブーム付きポンプ車を用い、4階以上の打ち込みでは施工階まで5B管、最後の水平部分に

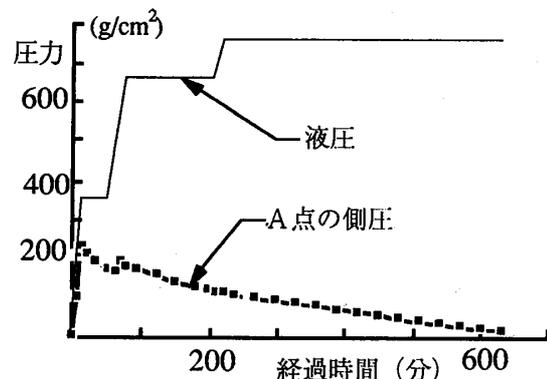


図-3 側圧測定結果（A点-下から45cm）

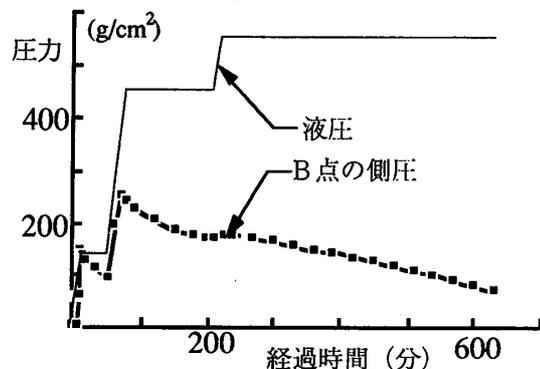


図-4 側圧測定結果（B点-下から135cm）

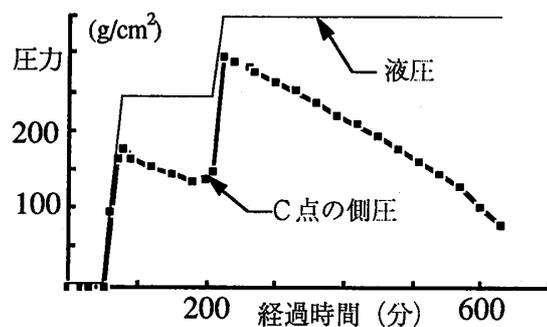


図-5 側圧測定結果（C点-下から226cm）

4B管を配して行った。このうち、5階立ち上がりの打ち込みのときにポンプの出口付近と施工箇所近くの2つの地点で配管内圧力を測定した。この2地点間の配管は5B管である。上向き管の1mを4mに、ベント管1本を6mとして2地点間の水平換算距離を求めると105mとなる。水平換算距離はコンクリート種類などにより異なるものであるが、超流動コンクリートの圧送性状の傾向をみるために、2地点間の圧力差をこの105mで除して求めた配管1m当りの圧力損失の値を表3および図6に示す。

表-3 ポンプ圧送圧測定結果

配車 No.	配管1m当りの圧力損失 (kgf/cm <sup>2</sup> /m)	吐出量 (m <sup>3</sup> /h)
3	0.162	45.9
5	0.078	34.9
7	0.070	34.9
9	0.122	45.9
11	0.105	45.9
13	0.083	45.9

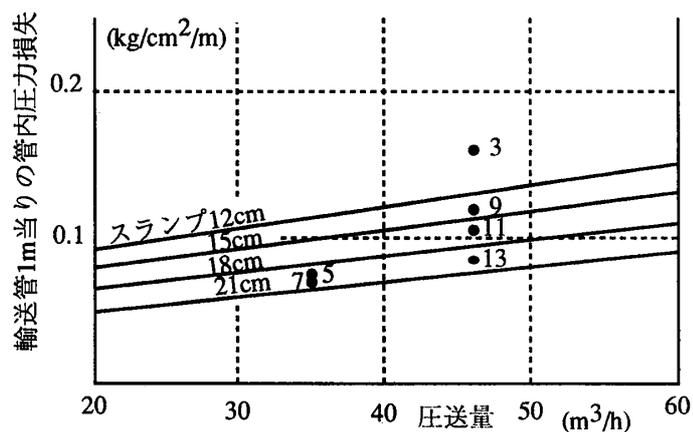


図-6 圧送量と配管1m当りの圧力損失

図6中の直線は標準的な建築用コンクリートの圧送量と輸送管1m当りの管内圧力損失の関係をスランプごとに示したものである [3]。超流動コンクリートの管内圧力損失はスランプ21cm程度の通常のコンクリートよりも大きくなる傾向がある。特に圧力損失が大きくなっている配車No.3のコンクリートは現場到着時のスランプフローが最も小さく、高性能減水剤を添加してフローの調整を行ってから使用したものである。このようにもとのスランプフローが小さいと、現地で高性能減水剤を添加して調整しても、圧力損失が大きくなる傾向があるようである。

## 7. まとめ

超流動コンクリートを打放し建築構造物の工事に適用した。工事に先立ち、調合、打ち込み、収縮などについて検討を行い、工事においては通常の品質管理に加えて型枠の側圧とポンプの圧送圧の測定を行った。これらの結果はさきに述べたとおりである。

実工事での使用を通し、超流動コンクリートは締め固めを行わなくとも型枠の隅ずみにまで確実に充填できること、型枠の継目から分離した水が洩れることがないためきれいな表面が得られることなど、総じて打放し仕上げに適したコンクリートであることが確認された。

## 参考文献

- 1)新藤竹文・松岡康訓・S.Tangtermsirikul・坂本淳:超流動コンクリートの基礎物性に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、vol.13,No.1,pp179-184、1991
- 2)坂本淳・松岡康訓・新藤竹文・S.Tangtermsirikul:超流動コンクリートの実構造物への適用に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、vol.13,No.1,pp881-886、1991
- 3)日本建築学会:コンクリートポンプ工法施工指針案同解説、pp45、1979