

V-577

高強度・高流動コンクリートの地下連続壁への適用
—スランプフローの保持と側圧の低減について—

大成建設技術研究所 正会員 大友 健
 大成建設技術研究所 正会員 横田和直
 大成建設横浜支店 正会員 坪根康雄
 東京ガス生産技術部 中野正文

1.はじめに

東京ガス(株)扇島工場で現在建設中の低温液化石油ガス(LPG)地下式貯槽(60,000kl)では、地下連続壁に設計基準強度 600kgf/cm^2 および 400kgf/cm^2 （いずれも材齢91日）の高強度コンクリートを使用している。高強度コンクリートを使用することで連壁厚を低減でき、掘削土量も減ずることができるため、経済性が発揮されると考えられる一方で、その品質には通常の連壁以上の信頼性が要求されるため、連壁コンクリートには、自己充填性能を有する高強度・高流動コンクリートを使用した¹⁾。また、このコンクリートには、連壁内に打込んだ後での流動性・充填性の確保および施工上の余裕の必要から一定時間の流動性の保持性能を付与した。本報告は、実際の施工におけるコンクリートの流動性の保持性状と連壁内に設置した土圧計による側圧測定値について考察した結果をまとめたものである。

2.コンクリートの仕様

コンクリートの仕様と配合・材料の概略を表-1に示す。打込時のスランプフローは、設計基準強度 600kgf/cm^2 配合の場合は $65\pm 5\text{cm}$ 、設計基準強度 400kgf/cm^2 配合の場合は $63\pm 5\text{cm}$ の範囲である。いずれの配合においても、練上り後1.5時間までは、この範囲の流動性が保持されるように高性能AE減水剤(ポリカルボン酸エーテル系)の種類と使用量を選定した。

結合材には、低発熱性と低収縮性、長期強度発現の安定性を考慮し、高ビーライト系低発熱ポルトランドセメントにフライアッシュを混合したセメントを使用した。また、骨材の表面水率の変動などの材料のばらつきによるコンクリートの品質変動を抑制し、品質の安定性を高めるために、分離低減剤として天然高分子の多糖類ポリマーを添加した。

表-1 コンクリートの仕様

設計基準強度 (材齢91日)	600 kgf/cm ²	400 kgf/cm ²
水中での強度低下を考慮した圧縮強度 (材齢91日)	667 kgf/cm ²	500 kgf/cm ²
配合強度 (材齢91日)	800 kgf/cm ²	600 kgf/cm ²
スランプフロー	65±5 cm	65±5 cm
空気量	4±1 %	4±1 %
水結合材比	30.0 %	35.1 %
単位結合材量	560 kg/m ³	470 kg/m ³
結合材の種類	フライアッシュ混入高ビーライト系低発熱ポルトランドセメント	
混和剤	高性能AE減水剤	
種類	分離低減剤	グルコース系天然多糖類

3.スランプフローの保持状態

各打設回におけるスランプフローの経時変化の測定結果（生コン車から打込直前に採取した試料を静置状態で練り置き、所定時間後に練り返して測定）を図-1に示す。

$f_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$ 配合、 $f_{ck}=600\text{kgf/cm}^2$ 配合とも、練上りから0.5～1.5時間は所要のスランプフローを保ち、それ以降にスランプフローが急減し始め、3時間後に50cm程度、4時間後に40cm程度のスラン

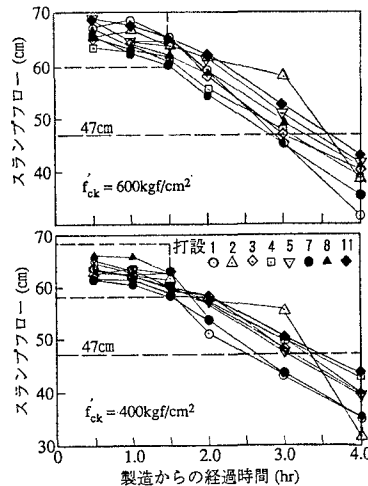


図-1 スランプフローの経時変化

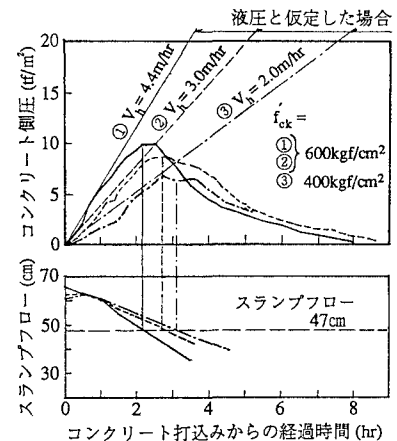


図-2 側圧とスランプフローの経時変化

ブフローとなる傾向にある。各打設回毎のばらつきは認められるものの、製造後4時間までにはスランブフローが50cmをきるまでに流動性が低下している。

4. 側圧の測定結果とコンクリートの流動性の関係

図-2には、第7回および第12回の打設において測定した側圧の経時変化を土圧計の設置高さの位置に打込んだコンクリートのスランブフローの経時変化と対応させて示す。打込みから2時間程度まで液圧として作用した側圧は2～3時間までに最大値を示した後は徐々に減少する。側圧がピークとなる時のコンクリートのスランブフローは47cm程度である。

ここで使用した高強度・高流動連壁コンクリート

については、他現場の側圧測定においても、スランブが24cm程度でスランブフローが49cm程度になった時に側圧が最大となる現象を得ている^{2,3)}。したがって、スランブフローが50cmをやや下回る程度まで流動性が損失する時点で、構造体内のコンクリートには自立性が生じ側圧の増大が停止する現象が起きていることが推察される。

5. 側圧の定式化と側圧に影響を及ぼす要因の評価

コンクリートの側圧式を式(1)として定義する。

$$Pcl = kp \cdot Wc \cdot Vh \cdot T_{pmax} \quad \text{— 式(1)}$$

ここで、 Pcl :側圧(tf/m^2)、 kp :側圧低減係数、 Wc :コンクリートの安定液中での重量($(2.35-1.05)\text{tf/m}^3$)、 Vh :打上り速度(m/hr)、 T_{pmax} :側圧最大時間(hr)

この式に対応して側圧の実測値を整理した結果と、コンクリートの経時変化測定においてスランブフローが47cmとなる時間を側圧最大時間として作用側圧を推定した結果($f_{ck}=400\text{kg/cm}^2$ を対象)を表-2に示す。側圧の実測値から算出した側圧低減係数は、本現場の測定で0.8程度である。

図-3に示すように、側圧の実測値においては、コンクリートの打上り速度が大きいくほど作用側圧も大きくなる傾向にあることは当然であるが、各打設回ごとでは、コンクリートの経時変化に変動があるため、図-4に示すように側圧の推定値に一定の幅がある。

図-5には、コンクリート温度がコンクリートの最大側圧時間の推定値に及ぼす影響を示す。打込み温度が8℃も相違した場合でも、最大側圧時間推定値は1時間程度の変化に抑えられており、この温度変化の範囲では、打込み温度の影響を比較的に受けにくい傾向が認められる。

6. まとめ

本高強度・高流動コンクリートは1.5時間所要のスランブフローを保持した後速やかに流動性を失ない自立する性質を有する。スランブフローの経時変化値が47cmとなる時点を目安として側圧の管理を行ない、経時変化の適切な変動幅を考慮することで、過大な側圧が作用しないようにコンクリートを施工することが可能である。

参考文献 1) 鍋木ほか：高強度・高流動コンクリートの地下連続壁への適用—フレッシュコンクリートの性質—，土木学会第50回年次学術講演会，1995 2) 大友他：高強度・高流動コンクリートの実規模構造体における性能実証実験，大成建設技術研究所報，1994 3) 飯野ほか：大深度連続地中壁の施工，下水道研究発表会論文集，1995

表-2 側圧の測定結果およびコンクリート経時変化特性

配合 f_{ck} (kgf/cm^2)	打設回 (側圧 測定)	打込 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	打上速 度 V_h (m/hr)	作用*1 重量 W_c (tf/m^3)	SF=47cm 時間*2 (hr)	最大側 圧時間*3 T_{pmax} (hr)	側圧 実測値 (tf/m^2)	側圧低 減係数 値 kp
①600	7実測	21.0	4.4	1.30	3.2	2.2	9.8	0.78
②600	12実測	18.0	3.0	1.30	3.8	2.6	8.7	0.80
③400	12実測	15.0	2.0	1.30	4.0	3.0	6.7	0.86
600*4 (現場A)		17.0	5.0	1.30	2.8	1.7	10.0	0.90
600*5 (現場B)		18.0	8.7	1.25	3.3	2.0	17.5	0.80
配合 f_{ck} (kgf/cm^2)	打設回 (経時 測定)	打込 温度 ($^{\circ}\text{C}$)	打上速 度 V_h (m/hr)	作用*1 重量 W_c (tf/m^3)	SF=47cm 時間*2 (hr)	最大側 圧時間*7 T_{pmax} (hr)	側圧*6 ($kp=1.0$) (tf/m^2)	側圧*6 ($kp=0.8$) (tf/m^2)
400	1	20.5	4.2	1.30	2.7	1.7	9.3	7.4
400	2	21.5	4.2	1.30	3.3	2.3	12.6	10.1
400	3	17.0	3.4	1.30	3.2	2.2	9.7	7.8
400	4	20.5	4.6	1.30	3.2	2.2	13.6	10.9
400	5	19.0	3.4	1.30	3.5	2.5	11.1	8.9
400	7	20.0	4.2	1.30	2.7	1.7	9.3	7.4
400	8	16.0	3.8	1.30	3.5	2.5	12.4	9.9
400	11	13.5	4.7	1.30	3.5	2.5	15.3	12.2
400	12	15.0	2.0	1.30	4.2	3.2	8.3	6.6

*1(作用重量)= (ゴシック単位容積重量×安定液重量)

*2 製造からの経過時間、*3 打込み後の経過時間

*4 文献2)による

*5 文献3)による

*6 側圧: $Pcl = kp \times Wc \times Vh \times T_{pmax}$ 、 kp : 側圧低減係数 ($kp=0.8$ は実測実績に基づく)

*7 SF= 47cm時間からの推定値 (ゴシック体は実測値を表わす)

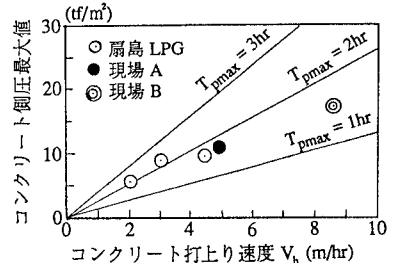


図-3 打上り速度と側圧の関係(実測値)

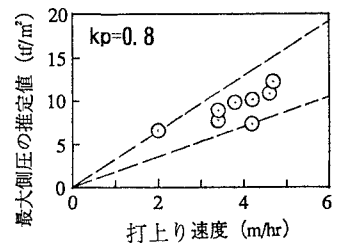


図-4 打上り速度と側圧の関係

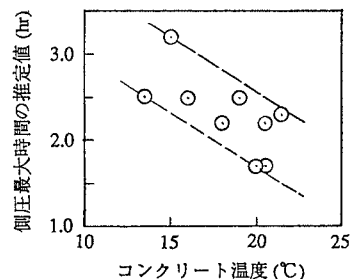


図-5 打込温度と側圧最大時間の関係