

高流動コンクリートの側圧算定式に関する一検討

住友大阪セメント(株) 正会員 ○三浦 真司 小田部 裕一

1. はじめに

近年、現場打ちコンクリートにおいて、生産性向上の観点から、高流動コンクリートの普及が期待されている。この際、課題の一つとされるのが、型枠に作用する側圧である。高流動コンクリートの側圧は、流動性が高いことに起因して、大きくなりやすく、型枠・支保工の補強コストを増大させる原因となっている。このコストを削減するためには、何らかの側圧低減対策を施し、その効果としての側圧を適切に算定し、型枠・支保工の設計に反映させる必要がある。高流動コンクリートの側圧算定方法に関しては、既往の研究において、側圧の主要因である流動性との関連に着目し、いくつか定式化が試みられている¹⁾²⁾。しかしながら、実用的な側圧算定式は非常に少ない。

そこで、本研究は、高流動コンクリートの側圧算定式について検討するものである。まず、側圧実験によって側圧挙動と流動性の経時変化について考察した。次に、一般的な側圧算定式に流動性の因子を導入する形で側圧算定式を構築した。さらに、既往の研究の実測値と比較することで側圧算定式の適用性を検証した。

2. 実験概要

2.1 側圧および流動性の測定方法

図1に側圧実験の概要を示す。ここでは、高さ3.5mの柱部材を模擬した。打込み方法は7層打ちとし、打上がり速度は1.5m/hとした。なお、2層目～7層目は、コンクリートと同等質量の鋼製の錘(おもり)で代用している。これにより、模擬型枠の高さを1.6m程度に抑えた。

流動性については、スランプフローとスランプを測定することとし、型枠外に静置した試料を所定の経過時間で切返した後に測定した。

2.2 実験水準と実験条件

実験水準は、表1に示すとおりであり、コンクリートの種類および特殊混和剤の添加量を変えた、4水準とし

た。この特殊混和剤は、自立を早める効果を有することから、側圧低減対策として採用したものであり、練上ったコンクリート(ベースコンクリート)に対して、あとから添加して使用する。今回は、練上り30分後に添加した。また、模擬型枠への打込みは、全てのケースで、ベースコンクリートの練上り60分後に開始した。その他の実験条件は、表2および表3に示すとおりである。なお、側圧が問題となるのは、流動性の保持時間が長い場合に多い。ここでは、そのような状況を想定することとし、ベースコンクリートは、練上り後120分程度まで流動性を保持するように、あらかじめ流動性保持剤の添加量によって調整したものを用いた。

表1 実験水準

ベースコンクリートの種類 (流動性の管理区分)	特殊混和剤の添加量 (C×%, 外割添加)	表記
スランプフロー管理	0.0	SFC
	1.5	SFC+SS1.5
	3.0	SFC+SS3.0
スランプ管理	0.0	SLC

表2 使用材料

材料	仕様	記号
水	上水道水	W
セメント	普通ポルトランドセメント	C
細骨材	静岡県掛川市産、山砂	S
粗骨材	茨城県岩瀬町産、砕石2005(硬質砂岩)	G
混和剤	高性能AE減水剤	SP
	流動性保持剤	SR
	AE剤	AE
	特殊混和剤	SS

表3 コンクリートの配合

ベースコンクリートの種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤量(C×%)		
			W	C	S	G	SP	SR	AE
スランプフロー管理 ^{※1}	40.0	51.0	175	438	844	829	1.3	1.2	0.002
スランプ管理 ^{※2}	40.0	42.5	165	413	722	1001	0.45	1.2	0.002

※1：練上り5分後の目標スランプフロー 60 ± 10 cm・目標空気量 4.5 ± 1.5 %
※2：練上り5分後の目標スランプ 12 ± 2.5 cm・目標空気量 4.5 ± 1.5 %



図1 側圧実験の概要

3. 実験結果と考察

3.1 側圧および流動性の測定結果

側圧および流動性の経時変化を図2に示す。いずれのコンクリートにおいても、側圧は、打上がり高さが小さい段階では液圧に近い値を示し、打上がり高さの増加に伴って液圧から離れ、抑制される挙動を示す。ただし、この挙動は、流動性に依存する。流動性が低いほど、液圧から離れやすく、側圧は抑制される。特殊混和剤を3.0C×%添加した場合、型枠充填後の流動性低下が早くなることによって、側圧が低減されていることを確認した。

キーワード 高流動コンクリート, 側圧

連絡先 〒274-8601 千葉県船橋市豊富町 585 番地 住友大阪セメント(株) TEL 047-457-0091

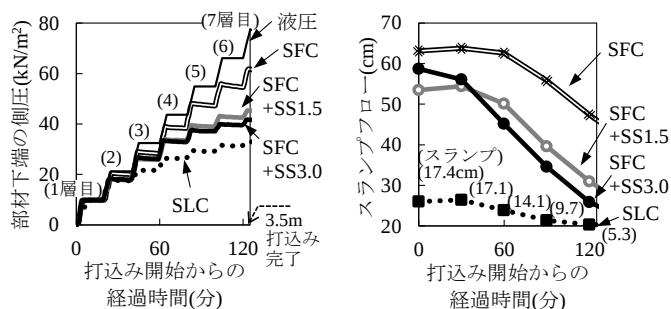


図2 側圧および流動性の経時変化

3.2 側圧算定式の構築

経過時間 t における側圧は、一般的に次式で表される。

$$p = Kp_w \quad (1)$$

$$p_w = W_c H \quad (2)$$

ここで、 p は側圧(kN/m²)、 K は側圧係数(0~1)、 p_w は液圧(kN/m²)、 W_c はコンクリートの単位重量(kN/m³)、 H は経過時間 t における打上がり高さ(経過時間 t において、側圧を求める位置から上に打込まれたコンクリートの高さ)(m)である。

側圧を算定するためには、 K を定める必要がある。しかし、これまで、高流動コンクリートにおいては、 K を1、すなわち側圧を液圧と見なすことが多く、側圧の影響因子を考慮した K の算定式は、非常に少ない。

そこで、本研究では、 K の定式化を行った。 K は、液圧からの乖離(かいり)の程度を表す係数である。側圧実験の考察によれば、液圧からの乖離の程度は打上がり高さと流動性に依存することから、本研究では、 K を打上がり高さと流動性の関数で表す。図3は、 K とスランプフローの関係を示したものである。プロット点は実験結果を示している。実線は、実験結果の回帰式を示したものであり、次式のように表される。

$$K = 1/[1 + \alpha \exp\{-\beta(SF - 20)\}] \quad (3)$$

$$\alpha = 1.29\{1 - \exp(-0.270H^{2.17})\} \quad (4)$$

$$\beta = 0.0628\{1 - \exp(-0.543H^{1.62})\} \quad (5)$$

ここで、 SF は側圧を求める位置に打込まれたコンクリートと同等試料を型枠外に静置し経過時間 t で切返した後のスランプフロー(cm)、 α および β は H (m)によって決まる係数(-)である。

式(3)~式(5)の決定経緯は、次のとおりである。 K と SF の関係は、図3に示すように、 H の増加に伴い、ある一定の曲線に収束していく傾向であった。すなわち、下層のコンクリートは、上層に打込まれたコンクリートの自重によって加圧され、固体への移行が進むことで、液圧を示さなくなり、 K が低下する。この傾向は、 SF が小さいほど顕著に表れる。逆に、 SF が大きい場合は、高い値の K を維持しやすい。ただし、 SF は経時変化を伴うため、 K は各経過時間における SF と H に応じた値となる。 K が0

~1の値をとることから、 K と SF の関係は、シグモイド関数を拡張した式(3)のように表すこととした。式(3)において、 α は $SF = 20$ における K の値に関する係数であり、 β は曲線の立ち上がり方に関する係数である。それぞれ、 H の増加に伴って終局値に収束していく傾向を表現するため、式(4)・式(5)に示す関数で表した。最小二乗法により、 H ごとに式(3)中の α と β を求め、これらと H の関係から式(4)・式(5)の係数を求めた。ただし、式(4)・式(5)の終局値は、 H が3.45mに達したときの値と仮定した。

本研究では、 K の算定式として、式(3)~式(5)を提案する。これにより、任意の経過時間 t において、側圧を求める位置の SF と H が分かれば、側圧の算定が可能となる。なお、この算定式は、最終的な打上がり高さに至るまでの側圧挙動を対象としている。

3.3 側圧算定式の適用性評価

適用性評価に使用した既往の研究の概要を表4に示す。また、既往の研究による実測値と本研究の側圧算定式による算定値を比較した結果を、図4に示す。表4と図4には、本研究の結果も併記している。図4に示すように、液圧を超える条件以外では、算定値は概ね±20%の範囲内で実測値を表現できている。

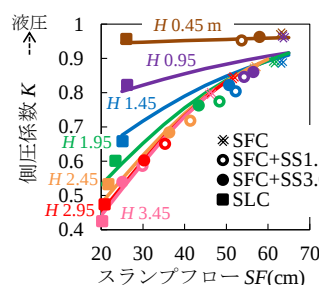
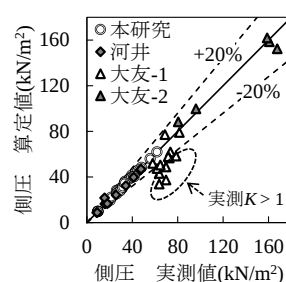
図3 K と SF の関係

図4 実測値と算定値の比較

表4 適用性評価に使用した既往の研究の概要※

表記	部材	打上がり速度(m/h)	H (m)	SF (cm)	K
河井 ¹⁾	柱	0.4	0.4~2.8	38~64	0.58~1.00
大友-1 ²⁾	地下連続壁	0.9~2.6	3.6~7.8	33~52	0.74~1.38
大友-2 ²⁾	地下連続壁	3.0~8.0	8.4~16.0	44~50	0.75~0.92
本研究	柱	1.5	0.45~3.45	20.3~63.7	0.42~0.97

※：実測 SF が示されている部分を抽出

4. まとめ

- (1)側圧挙動は、打上がり高さと流動性に依存する。
- (2)打上がり高さとスランプフローを説明変数とすることで、側圧係数を求めることができた。

参考文献

- 1)河井徹，黒田泰弘，武川芳廣：低発熱セメントを用いた高流動コンクリートの諸性質に関する実験的研究，土木学会論文集，No.462/VI-18，p.111-120(1993)
- 2)大友健，横田和直，鏑木孝治，小松原徹：高流動コンクリートの流動性の保持と側圧挙動に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.18，No.1，p.135-140(1996)