

V-268

フレッシュモルタルおよびコンクリートのフロー値の推定

日本セメント(株) 正会員 下山善秀

1. まえがき

コンクリート施工の省力化、システム化を図るためには、静的、動的および衝撃等の各種外力によるフレッシュコンクリートの変形を予測する技術を確認する必要がある。これらの変形予測は、レオロジー手法による解析で可能と考えられ、既にいくつかの研究結果が報告されている。1)2)

本文は、衝撃荷重によるフレッシュコンクリートの変形を予測するための基礎研究としてモルタルフロー試験(JIS R 5201)、コンクリートフロー試験(ASTM C 124)を例にとり、そのフロー値を粉粒体物性値である粘着力Cおよび内部摩擦角 ϕ を用いて推定する方法について検討した結果について報告するものである。

2. フロー値の解析

n回目のテーブル落下時のフローコン底面部の薄層扇形要素に生ずる垂直応力 σ_x 、せん断応力 τ_{xr} および水平応力 σ_r は、それぞれ式(1)、(2)、(3)で与えられる。

$$\sigma_x = W(1 + nK\alpha/g) / \pi R_{n-1}^2 \dots (1)$$

$$\tau_{xr} = AW(1 + K\alpha/g) / \pi R_{n-1}^2 + B \dots (2)$$

$$\sigma_r = \tau_{xr} R_{n-1} / 2 H_{n-1}$$

W: 試料重量、K: 変形に寄与する有効加速度の推定係数、 α : 衝撃加速度、g: 重力加速度、 R_{n-1} : H_{n-1} : n-1回目のフロー半径および高さ(円柱と仮定)、A・B: 斜面試験より求まる摩擦抵抗を求めるための定数

従って要素の応力状態は、図-1に示すモールの応力円で示され、変形はクーロン式 $\tau = C + \sigma \tan \phi$ に接する条件で求め、その時の垂直応力 σ_{x1} は式(4)で、またフロー半径 R_n は式(5)でそれぞれ与えられる。

$$\sigma_{x1} = 2b - \sigma_r \dots (4)$$

$$b = \sigma_r (1 + \tan^2 \phi) + C \tan \phi +$$

$$\sqrt{(1 + \tan^2 \phi) \{ (\sigma_r \tan \phi + C)^2 - \tau_{xr}^2 \}} \dots (5)$$

3. 試験概要および結果

1) 配合: 表-1に示すような普通モルタル7配合、普通コンクリート5配合で試験を実施した。

2) 粉粒体物性値: Cおよび ϕ は、モルタルの場合一面せん断試験で、コンクリートの場合三軸圧縮試験でそれぞれ測定し求めた。結果を表-2に示す。

3) 摩擦抵抗定数: 底面部の摩擦抵抗を求める定数A、Bは、斜面試験で求めた。結果を表-2に示す。

4) 衝撃加速度: テーブル中心部のいわゆる振源の衝撃加速度 α_s と試料部における応答加速度 α は、ゲー

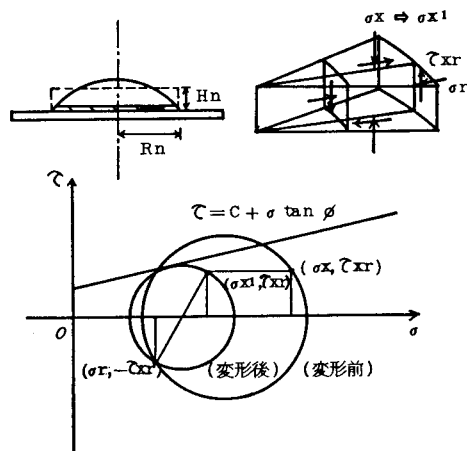


図-1 薄層扇形要素の応力状態
表-1 配合

配合 No.	W/C (%)	S/C (g/a)	FL (SL)	C (kg/m ²)	W (kg/m ²)	S (kg/m ²)	G (kg/m ²)
M 1	50	250	128	560	280	1400	—
M 2		236	135	570	285	1346	—
M 3		210	159	606	303	1273	—
M 4		200	166	620	310	1242	—
M 5		186	179	642	321	1197	—
M 6	60	273	143	500	300	1363	—
M 7		242	172	533	320	1288	—
C 1	50	48 (%)	0	340	170	863	949
C 2			1.0	360	180	843	927
C 3			4.0	380	190	822	904
C 4			8.0	400	200	802	883
C 5			12.0	420	210	783	861

ジ型および圧電型加速度計で各衝撃ごとに測定した。

表-2に αs および $\alpha/\alpha s$ を示す。

5) フロー値：フロー値は、JIS R 5201モルタルフロー試験とASTM C124コンクリートフロー試験に準じて求めた。ただし、規準衝撃回数より多い場合についても求めた。また、モルタル7配合についてはコンクリートフロー試験も実施した。測定結果を表-3に示す。

4. フロー値の推定に関する考察

表-3に前記実測結果を使用し、前記解析方法に従って算出した計算フロー値を示す。ただし、その場合のK値は実測値に合う値を推定した。K値は有効衝撃加速度の推定の他に、衝撃による物性の変化や慣性の影響等による変形への影響も含んでいると考えられ、コンシステンシーにより異なることが考えられる。モルタルの場合K値は、JISおよびASTMの両フロー試験で同一配合であればほぼ同じ値であること、また粘着力Cとの相関があることが認められ、図-2中に示す直線回帰式よりCから求めることができることがわかった。図-3に、試料の物性値 ρ 、C、 ϕ および振源の衝撃加速度 αs より求めた推定フロー値と実測フロー値の関係を示す。ただし、その他推定に必要なA、Bは全配合の平均値を、 α は全配合の $\alpha/\alpha s$ の平均値より求めた値を、Kは前回回帰式を使ってCより求めた値をそれぞれ使用した。この図より、実測値と推定値がよく合うことが認められる。この方法により衝撃荷重によるフレッシュコンクリートの変形を予測するにはさらに多くの検討を必要とするが、本方法は変形予測の一つの方法として有力なものであると考えられる。

表-2 物性値・摩擦抵抗数・衝撃加速度測定結果

配合 No.	ρ (g/cm^3)	C (g/cm^2)	ϕ ($^\circ$)	A	B	JIS		ASTM	
					ρ (g/cm^3)	$\alpha s(3)$	q.4s	$\alpha s(3)$	q.4s
M1	2.05	8.08	36.2	0.135	0.922	357	0.109	318	0.186
M2	2.05	6.06	29.6	0.120	0.879	357	0.114	318	0.177
M3	2.07	4.66	26.5	0.108	0.744	357	0.126	318	0.187
M4	2.07	4.15	18.5	0.091	0.587	357	0.138	318	0.203
M5	2.08	2.31	15.0	0.119	0.174	357	0.126	318	0.220
M6	2.02	7.73	28.1	0.137	0.709	357	0.132	318	0.195
M7	2.04	4.31	24.8	0.131	0.299	357	0.131	318	0.202
C1	2.32	16.4	32.1	0.318	0.900	—	—	318	0.224
C2	2.31	8.35	28.9	0.273	1.080	—	—	318	0.239
C3	2.30	5.82	25.1	0.227	1.250	—	—	318	0.242
C4	2.29	5.39	18.9	0.227	1.250	—	—	318	0.279
C5	2.27	4.50	9.14	0.235	1.600	—	—	318	0.385

表-3 フロー値の実測値および計算値

配合 No.	JIS () 計算値			ASTM () 計算値				
	n 15	30	60		K	n 15	30	45
M 1	128 (102)	141 (129)	168 (164)	00052	368 (361)	428 (446)	470 (503)	00051
2	135 (121)	159 (152)	186 (189)	00049	411 (398)	470 (483)	525 (540)	00044
3	159 (139)	187 (170)	214 (209)	00044	473 (462)	565 (555)	620 (617)	00052
4	166 (157)	198 (193)	229 (236)	00041	490 (502)	588 (600)	658 (667)	00039
5	179 (167)	211 (200)	244 (245)	00022	538 (531)	633 (633)	683 (706)	00021
6	143 (121)	171 (155)	199 (197)	00053	433 (419)	523 (518)	590 (586)	00056
7	172 (147)	202 (184)	237 (231)	00043	518 (492)	618 (603)	668 (679)	00047
C 1	—				315 (287)	380 (366)	433 (427)	00035
2	—				363 (345)	453 (430)	570 (496)	00026
3	—				418 (403)	518 (502)	585 (576)	00026
4	—				440 (407)	533 (500)	598 (572)	00017
5	—				470 (467)	565 (571)	630 (652)	00012

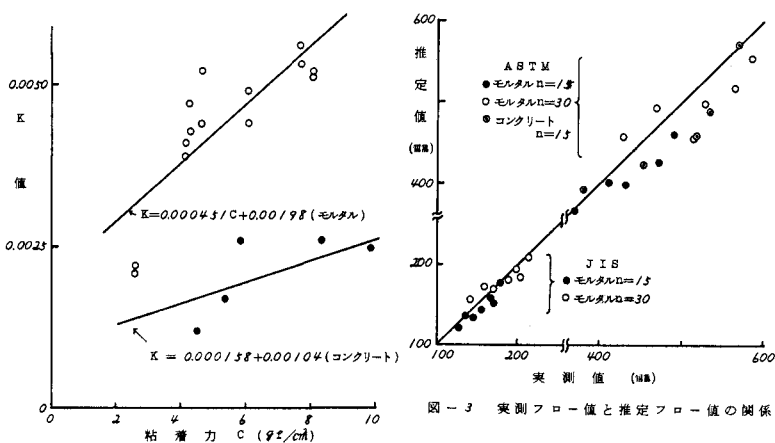


図-2 粘着力CとK値との関係

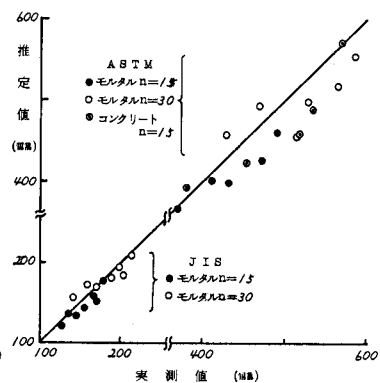


図-3 実測フロー値と推定フロー値の関係