

V-144

振動によるフレッシュモルタルの変形に関する基礎研究

日本セメント(株) 正会員 下山善秀
東京都立大学 後藤英仁

1. まえがき

コンクリート施工の自動化もしくはシステム化をはかるためには、種々の外力下におけるフレッシュコンクリートの変形もしくは流動を予測する技術の確立が必要である。

筆者らはこれまでにスランブ15cm程度以下の硬練りコンクリートを湿った砂のような粘塑性体と仮定し、物性値として粘着力と内部摩擦角を用いてモール・クーロンの降伏条件によってその静的外力および衝撃による最終変形を解析することを試みた。その結果、ある程度変形を予測できることを明らかにした¹⁾²⁾。そこで、次に振動が作用した場合の最終変形の予測技術の確立の基礎研究として、硬練りモルタルによる振動台上でのスランブ試験を例に取ってその解析を試みた。以下にこれらの研究によって得られた結果を報告する。

2. 振動台上スランブ試験におけるスランブの解析

図-1に示すように、スランブコーンの任意のxにおける半径 r_x 、厚さ d_x の薄層円板内の扇形要素には、自重および振動による動的な外力による垂直応力 σ_x (式(1))と振動台(1°Δ板)と試料間に作用する摩擦力と等価な水平直応力 σ_{r1} (変形領域 $h_0 \leq x \leq H$ においてxに関する指数乗分布を仮定、式(2))とが作用すると考えられる。

$$\sigma_x = (1 + k_d)w\{(H+x)^3 - H^3\} / 3(H+x)^2 \quad \dots (1)$$

ここに、 w : コンクリート(モルタル)の単位容積重量(gf/cm^3)、 H : スランブコーンの高さ(cm)、 k_d : 応答の倍率に基づいて推定される動的効果を与える係数

$$\sigma_{r1} = \sigma_{r1H}\{(x-h_0)/(H-h_0)\}^n \quad \dots (2)$$

ここに、 h_0 : 不変形領域高さ(cm)、

σ_{r1H} : 底面部における水平直応力(gf/cm^2)

従って、この扇形要素の各断面の応力状態は図-1に示すモールの応力円で示され、変形は要素が潰れて垂直応力が減少し、同図中のクーロンの式に接するまで起こると考えられるので変形後の要素の垂直応力 σ_{x1} は、振動時の粘着力 C_d (gf/cm^2)および内部摩擦角 ϕ_d (°)で求められ式(3)で示される。

$$\sigma_{x1} = 2\{\sigma_{r1}(1 + \tan^2 \phi_d) + C_d \tan \phi_d + (\sigma_{r1} \tan \phi_d + C_d) \sqrt{1 + \tan^2 \phi_d}\} - \sigma_{r1} \quad \dots (3)$$

変形前後で薄層円板上の試料重量および薄層円板の体積は不変と仮定できるので変形後の薄層円板の半径 r_{x1} および厚さ d_{x1} は式(4)、(5)でそれぞれ求め、これを総計することによりスランブコーン全体の変形後の形状を求めることができる。

$$r_{x1} = \sqrt{\sigma_x / \sigma_{x1}} \cdot r_x \quad \dots (4)$$

$$d_{x1} = (\sigma_{x1} / \sigma_x) d_x \quad \dots (5)$$

3. 実験概要

(1)使用材料および配合: 表-1に示すように普通

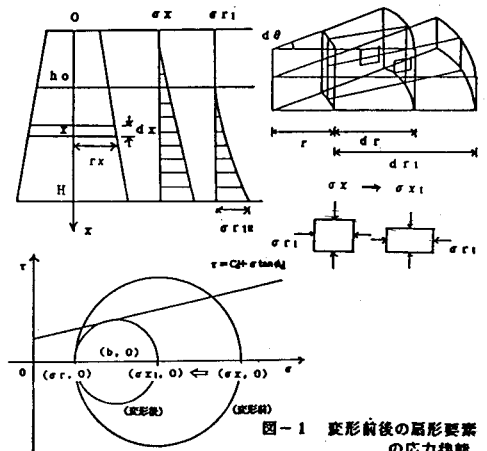


図-1 変形前後の扇形要素の応力状態

表-1 配合

配合 No	配合条件				単位量 (kg/m^3)			
	V/C (%)	S/C	70-目 (mm)	2500 (cm)	C	W	S	SP
1	4.0	2.2	130	0.5	639	256	1406	8.946
2	4.0	2.0	160	4.5	663	265	1326	9.282

セメント、利根川産細目砂($\rho=2.53, F.M=1.83$) および分離抑制のために高性能減水剤を用いた硬練りのモルタル2配合を対象とした。

(2)振動台上一面せん断試験方法:振動時の粘着力および内部摩擦角を測定するために、振動台上にモルタル用一面せん断試験機のせん断箱部分を固定し、土質試験法(土質工学会)に準じて試験を行った¹⁾。(図-2参照)

(3)振動台上スランブ試験方法:本試験はJIS A 1101に準じて行ったが、振動時のスランブはコーンの変形が停止するまで振動を継続し、その後測定した(図-2参照)。

(4)振動条件:振動条件は、一般にコンクリート施工で用いられている各種の振動機を想定して振動数25Hzと150Hzで、振動加速度を0~2G(G:重力加速度)の数水準とした。なお、試験に先立って前記の振動条件における各試験試料内での応答加速度を加速度計を用いて測定した。

4. 実験結果および考察

表-2、表-3に振動数25Hzおよび150Hzの場合の振動台上スランブ試験結果、この試験において試料に作用した応答加速度に対する振動時の粘着力 C_d と内部摩擦角 ϕ_d を振動台上一面せん断試験結果より推定した値、これを用いて前記の解析方法に従って求めたスランブの計算結果($k_d=0, 0.5, 1.0$)を示す。これらより以下のことが考察される。

(1)振動数25Hzおよび150Hzのいずれにおいても応答加速度が大きくなるに従って、 C_d および ϕ_d のいずれも小さくなること、また25Hzおよび150Hzとで同じ応答加速度が作用した場合、 C_d および ϕ_d はほぼ同じ値になることが認められる。

(2)振動数25Hzおよび150Hzとでは同じ応答加速度であればスランブは25Hzの方が大きいことが認められる。スランブの計算結果は、25Hzの場合 $k_d=0.5\sim 1.0$ で、150Hzの場合 $k_d=0$ で実測値とよく合うことが認められ、振動数によって動的効果が異なり変形に影響することが認められる。

終りに、本研究はその実施に当り昭和62年度吉田研究奨励金が授与された。また、都立大学村田二郎教授に終始多大なるご指導を賜った。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献 1)下山善秀:静的外力による硬練りコンクリートの変形に関する研究, 土木学会論文集 No.390, pp.141~149, 1988.2. 2)下山善秀・小倉拓也:衝撃荷重によるフレッシュコンクリートの変形に関する研究, セメント技術年報, No.41, pp.265~268, 1987

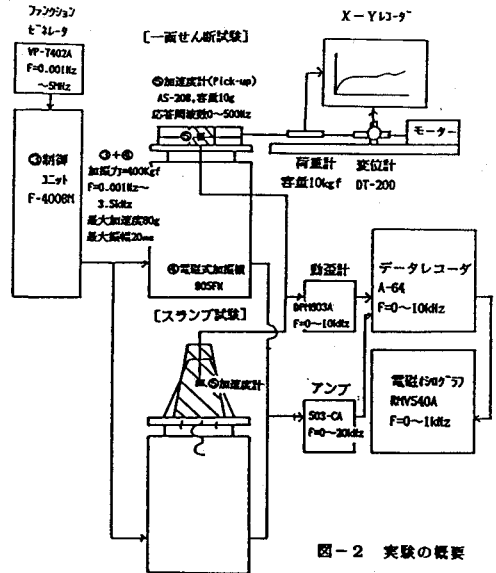


図-2 実験の概要

表-2 実験結果および計算結果(25Hz)

配合 (No- 値)	振動の 加速度 (G)	粘着力と内部摩擦角の推定			スランブの推定 (cm)			
		応答 加速度 (G)	粘着力 C, C _d (g/kw)	内部摩擦 角 φ, φ _d (°)	実測値	計算値1 (k _d =0)	計算値2 (k _d =0.5)	計算値3 (k _d =1.0)
No.1 (130)	0(静的)	—	8.55	26.7	1.0	0.5	3.4	5.3
	0.5	0.61	8.25	26.4	3.0	0.8	4.0	6.0
	0.7	0.98	6.94	22.2	8.5	3.2	7.8	10.1
	1.0	1.20	6.10	19.3	15.0	5.8	10.5	12.8
No.2 (160)	0(静的)	—	6.51	24.2	4.0	3.4	8.3	10.7
	0.5	0.63	6.05	18.9	7.5	6.0	10.6	13.0
	0.6	0.71	5.55	18.0	11.0	7.3	11.9	14.2
	0.7	0.86	4.65	16.3	17.0	10.0	14.3	16.5

表-3 実験結果および計算結果(150Hz)

配合 (No- 値)	振動の 加速度 (G)	粘着力と内部摩擦角の推定			スランブの推定 (mm)			
		応答 加速度 (G)	粘着力 C, C _d (g/cm ²)	内部摩擦 角φ, φ _d (°)	実測値	計算値1 (k _d =0)	計算値2 (k _d =0.5)	計算値3 (k _d =1.0)
No.1 (130)	0(静的)	—	8.16	28.9	0.5	0.2	3.2	5.1
	1.0	0.88	7.25	21.4	2.0	2.9	7.6	10.0
	2.0	1.47	6.25	19.7	7.5	5.3	9.9	12.2
No.2 (160)	0(静的)	—	6.71	24.2	4.0	3.1	7.7	10.0
	0.5	0.36	6.63	21.9	5.5	4.0	8.6	11.0
	1.0	0.63	5.55	17.5	8.0	7.5	12.0	14.2
	1.5	1.04	4.15	13.8	14.0	12.0	16.0	18.0