

日本セメント 正会員○下山善秀

東京都立大学 正会員 鈴木一雄

東京都立大学 正会員 大作 淳

1. まえがき

レオロジーによるフレッシュコンクリートの変形に関する研究は、従来より経験的に行なわれてきた施工技术を理論的に検討するための基礎となる。

比較的軟練りのフレッシュコンクリートまたはモルタルはビンガム体として扱うことができ、そのレオロジー定数である降伏値を主に使用して変形までを検討した研究成果は現在までにいくつか報告されている。^{1) 3)}

しかし、比較的硬練りのそれらは、粉体又は粒状体としての性状が強くなりビンガム体としては扱いきれない。²⁾ そこで粘着力 C や内部摩擦角 ϕ で物性を表わすことのできる粉粒体として扱うことが試みられている。

本文は、比較的硬練りのフレッシュモルタルについてその静的荷重による変形であるスランプ値 Sl を C 及び ϕ を用いて推定する方法を検討するとともに、実験によりそれを検証し、それらを粉粒体の変形として解析することの妥当性等について検討した結果を報告するものである。

2. スランプ値の推定方法

図-1に示すようにスランプコーン頂面の中心に原点を、また中心から鉛直下方に x 軸を取る。任意の x における厚さ dx の薄層円板に作用する外力としては、円板上部の自重による垂直応力 P_x と底面による広がり抵抗する側方圧力 S_x が考えられ、それぞれ式(1)及び(2)で与えられる。

$$P_x = \rho [(H+x)^3 - H^3] / 3(H+x)^3 \quad \dots (1)$$

$$S_x = Cx / H + P_x \tan \phi \quad \dots (2)$$

従つて薄層円板内の各断面におけるせん断応力と垂直応力 σ は図-2のようなモールの応力円で示される。この応力円がこのモルタルの C および ϕ で与えられるクーロンの式より上方の変形領域($\tau > C + \sigma \tan \phi$ の領域)にある場合は $\tau = C + \sigma \tan \phi$ に接するまで変形する。また、応力円が安定領域($\tau \leq C + \sigma \tan \phi$)にある場合は変形しない。変形する場合、図-3のように薄層円板が潰れて広がり P_x がクーロン式に接する条件より求まる式(3)で計算される P_{x1} になつて変形が終了する。従つて円板厚 dx は dx_1 になり式(4)で計算される。

またスランプは式(5)で計算される。

$$P_{x1} = 2(C + S_x \tan \phi) / (1 + \sin \phi) / \cos \phi + S_x \quad \dots (3)$$

$$dx_1 = (R_x^2 / R_{x1}^2) \quad dx = (P_{x1} / P_x) dx \quad \dots (4)$$

$$Sl = H - [h_0 + \int_{h_0}^H (P_{x1} / P_x) dx] \quad \dots (5)$$

ただし h_0 は前記の安定領域の高さであり応力円と境界線による連立식이重根または虚根を持つ条件で決まるので、(6)式を満足する x として求められる。

$$[2C \tan \phi - (P_x + S_x)]^2 - 4(1 + \tan^2 \phi)(C^2 + P_x S_x) = 0 \quad \dots (6)$$

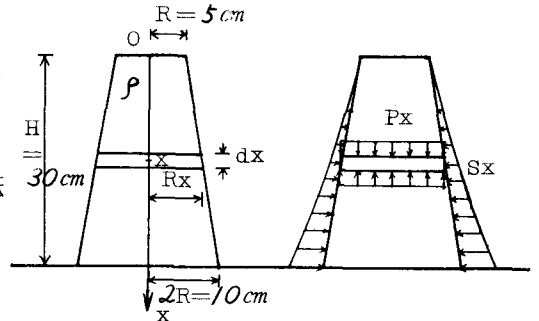


図-1 スランプコーンにおける座標及び外力

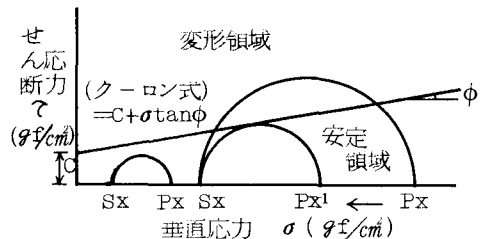


図-2 モール応力円及び変形、不変形領域

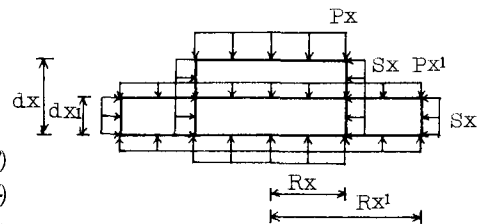


図-3 薄層円板の変形

3.試験概要

(1)使用材料及び配合：セメントは普通ポルトランドセメント、砂は比較的細かい川砂 ($P_s = 2.52$, $F.M. = 1.83$) を使用して表-1に示す8配合条件のモルタルにて試験を実施した。

(2)試験項目及び方法：モルタルの粉粒体としての性状を把握するために、試料容器の寸法が内径10cm、内高6cmのモルタル用一面せん断試験機を使用して、せん断速度を1mm/min、垂直応力を自重を含めて約10~35gf/cm²間の4段階で一面せん断試験を実施した。図-4に一面せん断試験における水平変位とせん断応力の実測例を示す。程度に若干差はあるがどの配合条件でも水平変位2~4mmですべる部分が存在する。さらに水平変位させるとせん断面付近より分離脱水が起り、従つてせん断抵抗も大きくなり最大せん断応力のピークがあらわれる。本試験では、分離脱水の影響の少ない初期せん断すべり部の応力を、そのモルタルのせん断応力と考えた。従つて各垂直応力に対応する初期せん断すべり部の応力を打点し、これらの点より最小2乗法にて回帰直線式を求めその勾配及び縦軸との交点の縦距でそれぞれ ϕ とCを求めた。また、モルタルの静荷重による変形を実測するためにJISA1101に準じてスランプ試験を行い、スランプ値及び変形後の形状等を調べた。

4.試験結果及び考察

一面せん断及びスランプ試験の結果と実測されたC、 ϕ より計算したスランプ値を表-2に示す。また図-5にスランプ値の実測値と計算値の関係を、図-6に変形後の形状の実測値と計算値/例を示す。これらより若干の差はあるものの比較的実測値と計算値が良く一致していることが認められる。このことは、これら比較的硬練りのフレッシュモルタルを粉粒体として扱い、その変形を解析することの妥当性を示すものであると同時に、これらのコンクリート及びモルタルの変形に関する今後の研究の1方向を示すものであると考えられる。

終りに、本研究において御指導いただいた都立大学村田二郎教授に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 村田、下山「静荷重によるフレッシュコンクリートの変形」昭和51年セメント技術年報
- 2) 越川「まだ固まらないコンクリートの粒状体特性に関する研究」昭和52年土木学会第32回年次講演会
- 3) 村田、鈴木、田中「繰り返し衝撃を受けるフレッシュモルタルのレオロジー」昭和58年セメント技術年報

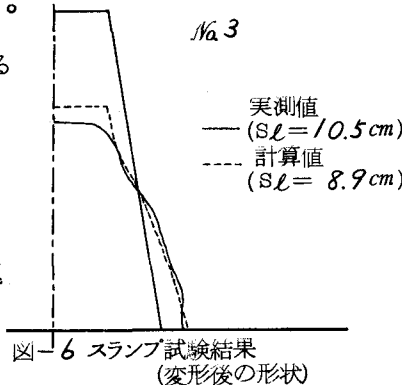


表-1 モルタルの配合

配合No.	配合条件		単位量 (kg/m ³)		
	W/C (%)	g/c	C	W	S
1	30	2.36	570	285	1346
2		2.0	606	303	1273
3		2.00	620	310	1242
4		1.86	642	321	1197
5		1.67	676	338	1126
6	60	2.73	500	300	1363
7		2.36	517	310	1326
8		2.42	533	320	1288

表-2 一面せん断試験結果、実測スランプ値及び計算スランプ値

配合No.	一面せん断試験結果		実測スランプ値	計算スランプ値
	C (gf/cm ²)	ϕ (°)	SL (cm)	(cm)
1	2.25	16.6	4.2	2.4
2	1.94	13.7	7.7	6.7
3	1.72	12.7	10.5	8.9
4	1.09	11.7	16.6	14.3
5	0.32	8.3	22.7	22.0
6	1.82	16.8	5.1	2.9
7	1.59	12.3	10.7	10.6
8	1.52	8.9	15.2	14.4

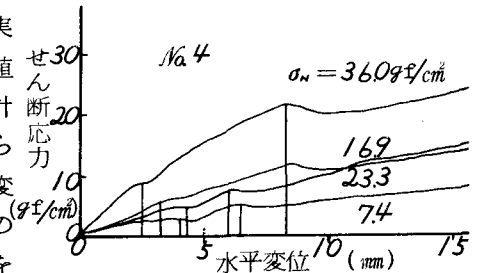


図-4 一面せん断試験、せん断応力-水平変位曲線

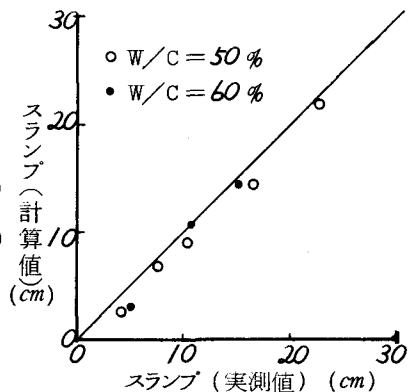


図-5 実測スランプ値と計算スランプ値の関係