

V-257

硬練りコンクリートの管内流動に関する
基礎研究

東京都立大学 正会員 村田二郎

〃 〃 ○鈴木一雄

〃 〃 塩沢 勝

1. まえがき 軟練りコンクリートの管内流動については、すでに明らかにしたので¹⁾硬練りコンクリートの管内流動について理論的、実験的に検討を行なった。

2. 硬練りコンクリートの管内流動 硬練りコンクリートは単位水量が少なく、固体粒子の影響が表われるので、試料と管壁との間にはクーロン摩擦が適用できる。

$f_R = \mu P_r + A = \mu kP + A$ (1) ここに、 f_R ：管壁に作用する摩擦抵抗 (kgf/cm^2)、 μ ：摩

擦係数、 P_r ：半径方向圧力 (kgf/cm^2) [$=kP$]、 P ：軸方向圧力 (kgf/cm^2)、 k ：圧力比 ($=P_r/P$)、 A ：付着力 (kgf/cm^2)
管内の力の釣合式は定常状態の場合

$\pi R^2 dP = 2\pi R f_R dx = 2\pi R (\mu kP + A) dx$ (2) ここに、 R ：管の半径 (cm)

式1および式2において境界条件として $X=0$ で $P=P_0$ （圧送圧力）とにおいて積分定数を定めれば圧力分布は

$$P = P_0 \cdot e^{(2 \mu k x / R)} + \frac{A}{\mu k} (e^{(2 \mu k x / R)} - 1) \quad (3)$$

式3において $P_0 = f_t$ 、 $P = f_b$ 、 $X = H$ とおけば

$$f_t = m f_b + B \quad (4)$$

ここに、 f_t ：任意長さ H の試料に作用する上流側の圧力 (kgf/cm^2)、 f_b ：下流側の圧力 (kgf/cm^2)、 m ：直線の傾き、 B ：切片 (kgf/cm^2)

従って、式3および式4より

$$\left. \begin{aligned} \mu k &= \ln \{m / (2H/R)\} \\ A &= \mu k B / (m-1) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

また、管入口の圧力は式2および式3より

$$P_0 = A e^{(2 \mu k x / R)} / \left(\frac{R}{2x} - \mu k e^{(2 \mu k x / R)} \right) \quad (6)$$

従って、実験により硬練りコンクリートの物性値 μk および A を定めれば式6より圧送負荷が算定できる。

3. コンクリートの圧送試験 1) 試験装置および試験方法

実験に用いた滑動圧縮試験機は内径100mm、長さ60cmで内壁面をクロムメッキ仕上した円筒容器とその両端に2個のピストンおよびジャッキ、ストローク40cmの変位計、ならびに、これらを固定するための架台から構成されている（写真参照）。

なお、円筒容器には長さ方向の中央部に半径方向圧力を測定するための圧力センサ取付ネジを設けた。実験は主として、水セメント比40%、砂セメント比を2.8～4.3としたフロー150以下のブレンモルタル、および水セメント比を40, 50 および60%とし、それぞれにおいて単位水量を140, 150 および160 kg/m^3 としたスランブ8cm以下のブレンコンクリートを用いた。滑動圧縮試験は、円筒容器内に試料を2層に分けて詰め、これを両側のピストンにより任意の圧力で圧縮し、ピストン間に生ずる圧力差によって試料を20cm程度滑動させるものであって、加圧力は小さい方から次第に上昇させた。それぞれの圧力条件において軸方向圧力（上流側を f_t 、下流側を f_b ）および半径方向圧力 P_r を容量50 kgf/cm^2 のダイヤフラム型圧力センサを用い、動アンプを介して電磁オシログラフに出力した。

2) 試験結果 実験結果の一例を図1に示す。図1は f_t と f_b との関係を示したものであって、スランブ0.5cm および4cmの試料を用いた結果である。図1において、両者の間に直線関係が認められ、硬練りのもの程、直線の傾きおよび切片の値が大きく固体粒子の影響が顕著となることを示している。直線の傾き

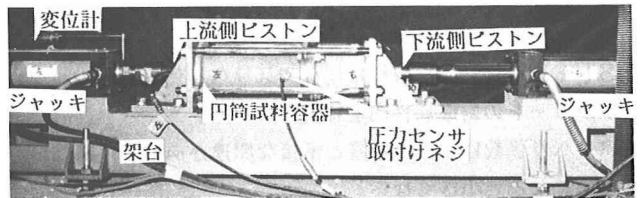


写真 滑動圧縮試験機の概要

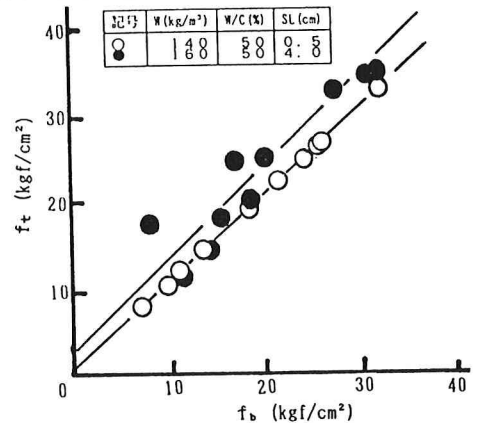


図1. f_t と f_b との関係

および切片の値から式5を用いて計算した μk および A の値は表1に示すようであって、硬練りのもの程これらの値は大となっている。次に、図2は管壁に作用する摩擦抵抗と圧送圧力との関係を示したものであって、モルタルを用いた場合、両者の関係は直線で示され、コンクリートの場合もスランブ0.5および1.5cmの試料における低圧部を除いて両者は直線関係となっており、これらの試料に対してクーロン摩擦が適用できることを示している。

スランブ0.5および1.5cmの試料における低圧部が曲線状となったのは、試料の圧密が不十分であるためと考えられるが、実際のポンプ圧送においては管路入口で最大圧力となるので、上記の現象は

図2. 圧送圧力と管壁における摩擦抵抗との関係

生じないものと考えられる。なお、図2に対応する半径方向圧力と軸方向圧力との比は図3に示すようであって、圧密が不十分な領域における K の値は圧力の増加に伴って上昇した後、圧密が完了することにより一定値を示すものと考えられる。硬練りのモルタルおよびコンクリートの一定となる圧力比は、コンシステンシーによって相違し0.1~0.6の範囲($K < 1$)となっている。これに比べフロー152のモルタルおよびスランブ2cmのコンクリートの圧力比は $K \approx 1$ となっており、試料が飽和状態にあることを示している。これらの試験における試料の流速は最大5cm/secであった。

表1に示した硬練りコンクリートの物性値 μk および A の値とスランブとの関係はそれぞれ図4および図5のような曲線で示される。図4および図5においてこれらの値が急激に増加する領域、すなわちクーロン摩擦が適用できる範囲は、スランブで2ないし3cm以下の場合である。従って、任意の配合のコンクリート圧送における負荷の計算は図4および図5の関係をを利用して物性値を定め、式6を用いれば良い。

参考文献) 1) 村田、鈴木『セメント系混合物の管内流動に関するレオロジー解析とその応用』セメント技術年報 Vol. 39 昭和60年

表1. 滑動圧縮試験結果の一例

試料	No	W/C (%)	[S/C]	フロー	$f_c = mf_b + B$		μk $\times 10^2$	摩擦係数 μ	付着力 A (kgf/cm ²)
			W (kg/m ³)		SL (cm)	m			
モルタル	M1	4.0	4.3	1.0	1.12	8.78	2.63	0.25	1.09
	M2	4.0	3.8	1.1	1.11	8.25	2.12	0.08	1.03
	M3	4.0	3.4	1.03	1.29	0.31	0.11	0.11	0.64
	M4	4.0	3.3	1.06	2.25	0.49	0.02	0.02	0.27
	M5	4.0	3.1	1.00	0.12	0.39	0.0	0.0	0.02
	M6	3.5	3.8	1.12	4.76	1.43	0.18	0.18	0.52
	M7	4.5	4.1	1.12	7.75	1.33	0.22	0.22	0.86
	M8	4.5	4.4	1.15	6.62	1.57	0.11	0.11	0.51
コンクリート	C1	4.0	1.4	1.08	2.17	0.98	0.017	0.017	0.27
	C2	4.0	1.1	1.01	0.38	0.13	0.001	0.001	0.05
	C3	5.0	1.6	1.00	0.05	0.05	0.001	0.001	0.01
	C4	5.0	1.4	1.32	2.33	3.60	0.092	0.092	0.39
	C5	5.0	1.5	1.00	0.16	0.01	0.0	0.0	0.02
	C6	6.0	1.4	1.00	0.50	0.01	0.0	0.0	0.07
	C7	6.0	1.4	1.31	3.84	3.46	0.230	0.230	0.42
	C8	6.0	1.5	1.05	0.80	0.66	0.007	0.007	0.11
	C9	6.0	1.6	1.8	2.0	0.09	0.01	0.01	0.01

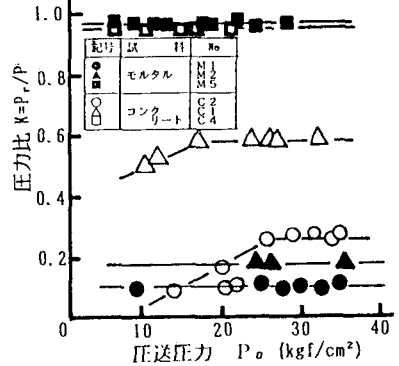
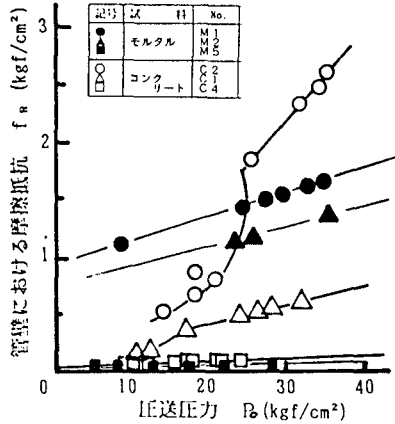


図3. 圧送圧力と圧力比との関係

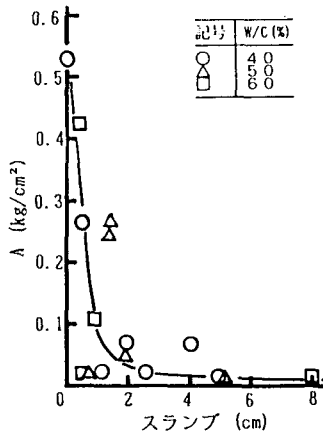


図5. スランブとAとの関係

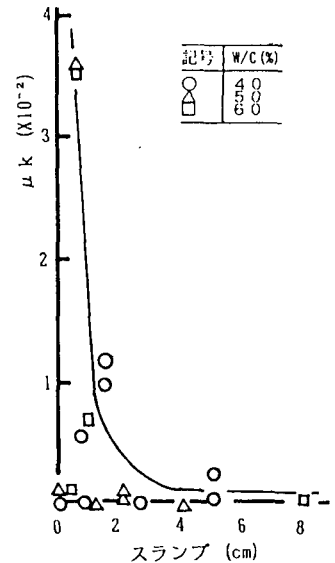


図4. スランブと μk との関係