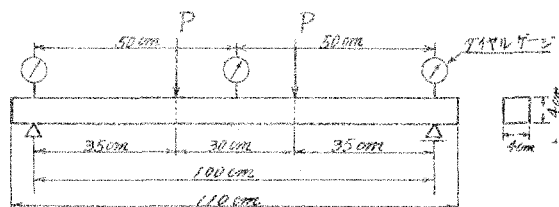


日本大学理工学部 正員 北田 勇 輔
日本大学大学院生 学生員 五 井 元 治

本文はレオロジカルな6要素模型がモルタル曲げクリープ挙動の一般式に適合するものと仮定し、セメントの種類によって如何なる変化があるかを実験結果をもとに、その6つの要素の定数を計算し、検討したものである。

1. 実験方法 (図-1) のような $4 \times 4 \times 110 \text{ cm}$ セメントモルタル供試体をスチール製試験台に載せダイヤルゲージによってスパン中央のタワミ量を測定した。供試体の材料であるセメントは、T社製、普通、早強、中腐蝕、高炉B種およびD社製、アルミナB種セメント



(図-1)

を、砂は供試体の均一化をはかるため豊浦標準砂を使用した。配合は工本学会コンクリート標準示方書のモルタル強さ試験の項(JIS R 5201)と同一とし載荷までの養生日数は空中養生を14日間行った。養生および持続荷重載荷時の温度は $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 温度は $70 \pm 5\%$ の恒温恒湿室を使用し、持続荷重は、自重および $P = \text{約 } 6 \text{ kg}$ の点荷重を載荷させた。また一般にコンクリートおよびセメントモルタルのクリープは、乾燥収縮の影響を著しく受けるのでそれをいくらか阻止するための打込2日後脱型と同時に樹脂塗料で供試体をシールした。

2. 6要素模型による曲げクリープ挙動の一般式

当実験のように持続荷重を載荷させた場合スパン中央のタワミ量は瞬時(図-2)のようにOAを生じ時間の経過と共にABの曲線を描いて増加する。しかし (t_1) 時間に持続荷重を除去するとスパン中央のタワミ量は即時 BC_1 に回復し時間の経過と共にタワミ量は減少するが永久変形を残す。全タワミ量 $(\delta_0) = BC_1 + C_1C_2 + C_2C_3 + C_3C_4$

$$= \delta_e + \delta_r + \delta_{p_1} + \delta_{p_2}$$

ここに δ_e : 瞬間弾性タワミ δ_r : 遅延弾性タワミ

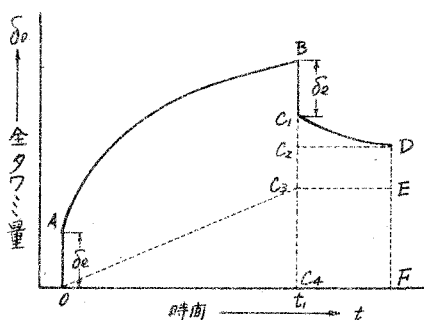
δ_{p_1} : 時間経過と共に増加が減少する永久タワミ δ_{p_2} : 時間変化に一定増加の永久タワミ

この変換過程を表わすにあたり次の(図-3)のようなレオロジカルな6要素模型を用いた。

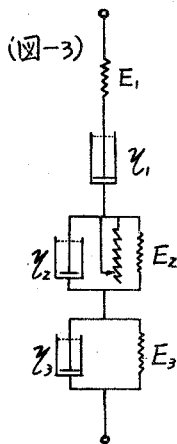
この模型において、 E_1 は δ_e と、 γ_1 は δ_{p_2} を、とり止めを付けた E_2 と γ_2 よりなる Kelvin 模型は δ_{p_1} を最後に E_3 と γ_3 よりなる Kelvin 模型は δ_r をそれぞれ生ぜしめるものとする。梁が単純曲げを受けた場合の各タワミは、

$$\delta_e = \iint \frac{M_x}{E_1 I} dx^2, \quad \delta_r = \iint \frac{M_x}{E_3 I} (1 - e^{-\frac{E_3 t}{\gamma_3}}) dx^2, \quad \delta_{p_1} = \iint \frac{M_x}{E_2 I} (1 - e^{-\frac{E_2 t}{\gamma_2}}) dx^2$$

$$\delta_{p_2} = \iint \frac{t}{\gamma_1} \frac{M_x}{I} dx^2, \quad \therefore \delta_0 = \iint \frac{M_x}{I} \left\{ \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} (1 - e^{-\frac{E_2 t}{\gamma_2}}) + \frac{1}{E_3} (1 - e^{-\frac{E_3 t}{\gamma_3}}) + \frac{t}{\gamma_1} \right\} dx^2 \quad (1)$$



(図-2)



したがって本実験のように単純梁において、自重によるスパン中央の全たわみ δ_{01} は

$$\delta_{01} = \frac{5wL^4}{384I} \left\{ \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} (1 - \frac{E_2}{E_1}) + \frac{1}{E_3} (1 - \frac{E_3}{E_1}) + \frac{t}{E_1} \right\} \quad (2)$$

集中荷重 P が Z 点にあって、梁中央に対して $2L$ だけ距っている場合のスパン中央の全たわみは、

$$\delta_{02} = \frac{PL(2L^2 + 2L^2 - 2^2)}{48I} \left\{ \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} (1 - \frac{E_2}{E_1}) + \frac{1}{E_3} (1 - \frac{E_3}{E_1}) + \frac{t}{E_1} \right\} \quad (3)$$

(2)(3)式において、 w : 供試体の自重による等分布荷重 P : Z 点荷重 t : 時間

L : スパン長さ I : 断面二次モーメント $2L$: Z 点荷重間距離

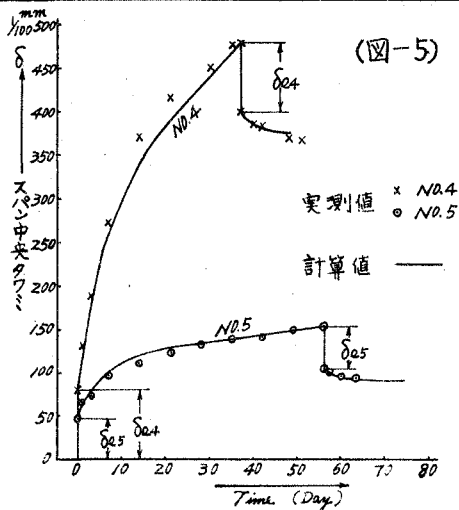
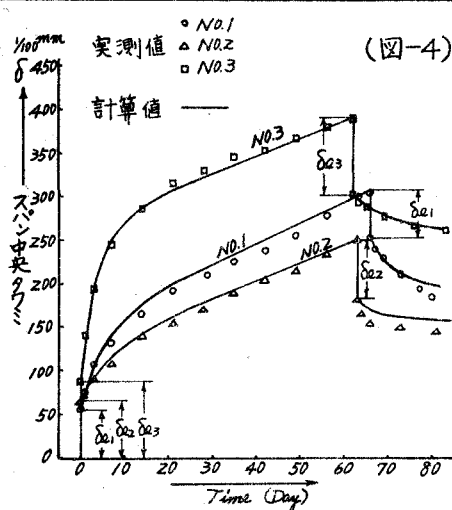
E_1, E_2, E_3 : 弾性係数 $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$: 粘性係数

3. 実験結果および諸検討 当実験に用いた供試体のセメントの種類、荷重、 Z 点荷重、載荷時、 $t=14$ 日の同一配合の $4 \times 4 \times 16$ cm 供試体の曲げ、圧縮強さおよび6要素模型

型としての各定数を下表に示す。(図-4)(図-5)はそれ等の定数を用いた計算値と実験値の比較である。

(表-1) 実験および計算結果一覧表

供試体 No.	セメント の種類	自重荷重 g/cm	Z点荷重 (ZP) Kg	曲げ強さ kg/cm ²	圧縮強さ kg/cm ²	E_1 $\times 10^4$ kg/cm ²	γ_1 $\times 10^4$ (dynes/cm ²)sec	E_2 $\times 10^4$ kg/cm ²	γ_2 $\times 10^4$ (dynes/cm ²)sec	E_3 $\times 10^4$ kg/cm ²	γ_3 $\times 10^4$ (dynes/cm ²)sec
N0.1	普通ポルトランド	32.0	12.00	62.3	237	18.7	4.5	40.8	10.40	17.5	10.4
N0.2	早強ポルトランド	31.9	11.96	69.4	271	15.5	5.2	50.9	30.20	34.9	20.7
N0.3	中庸熱ポルトランド	30.6	11.86	37.6	107	11.6	5.1	8.9	2.26	26.5	15.8
N0.4	高炉B種	30.2	11.80	60.0	161	12.7	2.1	6.3	3.73	39.8	10.1
N0.5	アルミA種	32.8	11.87	60.5	364	21.3	16.2	22.1	13.10	81.2	20.6



(表-1)の各定数は実験値をもとに計算したものであり当然(図-4)(図-5)の計算値に一致するがこの6要素模型によれば一般クリープ挙動を表わし得るようである。またクリープ量は、この実験の範囲では、アルミナ、早強、普通、中庸熱、高炉の順に大きくなるが特に高炉が顕著である。これ等はセメントの化学的水和速度の大小に大体類似している。