

I-14 模型PC桁のクリープと破壊試験について

九州大学 正員 木野 高助
九州大学 正員 石川 達夫

1. まえがき

筆者等は、一連のコンクリートのクリープ試験を計画し、実験を実施中であるがその一つとして模型PC桁と製作しそのクリープ測定を行なった。またクリープ測定後曲げ破壊試験を行ないその亀裂荷重より有効プレストレスを推定したので、それらの結果をここに報告する。

2. 桁の製作

試験に用いた桁を表-1に示す。

桁-1,2,4,5,7,9,10にはプレストレスを導入し、桁-3,6,8,11は収縮測定のためプレストレスを導入していない。桁の寸法を図-1に示し、PC鋼棒、カーボンひずみ計の配置位置を図-2に示す。

コンクリートの配合は、表-2に示すようなものであるが、セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、配合Aの細骨材は海の中道産、粗骨材は石灰石砕石を用いた。とくに配合Bとしては、細骨材、粗骨材ともに人工軽骨材を使用し、配合Cは細骨材に配合Aと同じ海の中道砂、粗骨材にのみ人工軽骨材を使用した。それぞれの圧縮強度を表-3に示す。なおPC鋼棒表面にワイヤーストレインゲージを貼りつけ、コーティング、防湿処理を十分にして、プレストレス導入時のプレストレスを、液のきのマンメータで繰り返し測定した。

3. 測定結果

カーボンひずみ計より求めた測定結果を図-3に示す。桁-1,4,7,9はコンクリートに直応力が作用し、桁-2,5,10には鋼棒偏心の反りコンクリートには直応力と曲げ応力とが作用する。

桁番号	配合	鋼棒位置	プレストレス σ_m	備 考
1	A	中心	29.4	コンクリート打設10日後にプレストレス導入
2	〃	偏心	12.9	〃
3	〃	中心	0	〃
4	〃	中心	27.4	コンクリート打設12日後にプレストレス導入
5	〃	偏心	12.5	〃
6	〃	偏心	0	〃
7*	B	中心	21.0	軽量コンクリート コンクリート打設10日後にプレストレス導入
8	〃	中心	0	軽量コンクリート
9	C	中心	19.6	軽量コンクリート コンクリート打設10日後にプレストレス導入
10	〃	偏心	9.3	〃
11	〃	中心	0	軽量コンクリート

*カーボンひずみ計なし

表-1

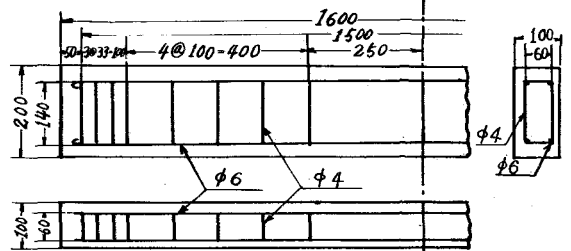


図-1

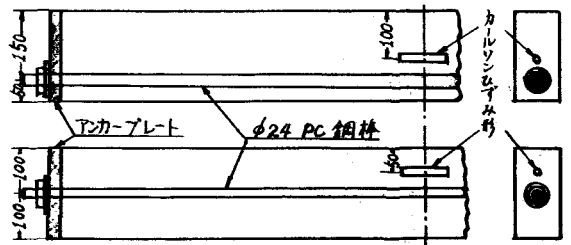


図-2

桁は室内に静置したので温度湿度の影響は交けてある。クリープとしては、プレストレス導入桁のひずみよりプレストレスを導入していない桁のひずみを差引いて求めた。

配合	桁種類	鋼材断面寸法 cm	スパン cm	単位水量 kg	単位セメント量 kg	水セメント比 %	総鋼材量 kg	単位鋼材量 kg	単位セメント量 kg
A	1~6	20	50	180	450	40	357	614	1105
B	7,8	20	92	180	450	40	293	342	616
C	9~11	20	154	180	450	40	400	680	452

コンクリート配合表 表-2

クリープおよび乾燥収縮の実験式を桁-1, 2, 3, 4, 5, 6に対して求めると、表-4のようになり、この実験式の $t \rightarrow \infty$ とすることによりクリープおよび乾燥収縮の最終値を求めることができ、これを表-4に示してある。

桁の種類	配合	3日強度 kg/cm^2	7日強度 kg/cm^2	ポラストル導入日強度 kg/cm^2	28日強度 kg/cm^2	91日強度 kg/cm^2
1~3	A	280		377	460	
4~6	A	293		446	486	
7~8	B		300	304	312	381
9~11	C		296	287	353	

PCにおいては最初に導入されたプレストレスは、コンクリートの乾燥収縮、フリープ変形とともに減少するため一定持続荷重下のクリープを測定することはできない。これを導入プレストレスの一定値のまま持続させたとしてクリープ係数を求めるには、次式より求めればよい。

コンクリート圧縮強度 表-3

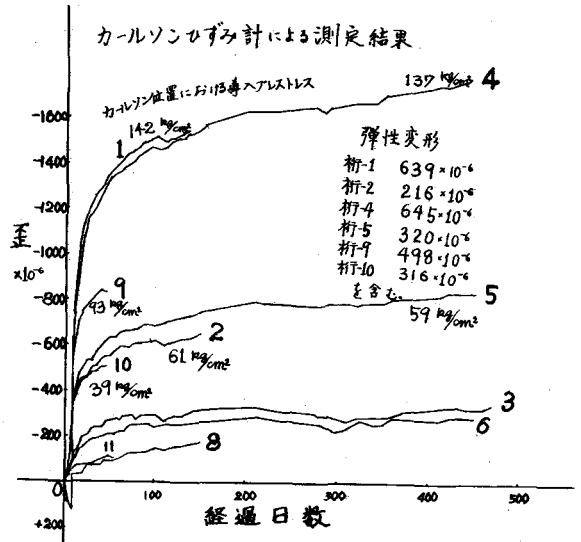


図-3

鋼材重心と部材断面重心が一致する場合

$$\varphi_t = \frac{1}{\gamma} \log_e \frac{P_{c0}/A_s E_s}{P_{c0}/A_s E_s - f_{ct}}$$

$$\gamma = \frac{np}{np + 1}$$

φ_t : t のクリープ係数

P_{c0} : $t=0$ の導入プレストレス

A_s : 鋼材断面積

E_s : 鋼材弾性係数

f_{ct} : t のクリープひずみ

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$p = \frac{A_s}{A_c}$$

A_c : コンクリート断面積

E_c : コンクリート弾性係数

鋼材重心と部材断面重心とが一致しない場合

桁種類	測定対象	実験式 $\times 10^{-6}$	最終値 mm	クリープ係数の最終値	28日最終値の弾性ひずみ
1	クリープ	$\frac{0.0203 + 0.00150t}{t}$	667	1.33	1.06
2	クリープ	$\frac{0.105 + 0.00618t}{t}$	162	0.91	0.69
3	乾燥収縮	$\frac{0.129 + 0.00483t}{t}$	207	—	—
4	クリープ	$\frac{0.0308 + 0.00144t}{t}$	694	1.38	1.07
5	クリープ	$\frac{0.0955 + 0.00444t}{t}$	225	0.93	0.68
6	乾燥収縮	$\frac{0.157 + 0.00526t}{t}$	190	—	—

表-4

$$\varphi_t = \frac{1}{\gamma'} \log_e \frac{P_{00}/A_c E_s}{P_{00}/A_c E_s - f_{ct}}$$

上式より求めたクリープ係数 γ' の最終値と実験式の最終値を弾性ひずみで除した値を表-4に示す。

コンクリートが収縮、クリープするためにプレストレスは減少するが、ひずみの実測値よりその減退量を求めてみると表-5に示すようになる。

乾燥収縮、クリープ測定後 曲げ破壊試験を行なうが、載荷方法は桁-1,2に対しては図-4(a)、桁-3~8に対しては図-4(b)のようである。桁-1,2,7,8に対してはプレストレス導入後凡そ150日、桁-3~6は凡そ460日に曲げ試験を行なった。

曲げ試験中、桁下面に現われた初亀裂発生を目で見つけるのは困難なので、桁下面にワイヤストレーンゲージを貼りつけ初亀裂発生を測定した。さらに荷重を増加し桁を破壊した。プレストレスを導入した桁の亀裂荷重とプレストレスを導入していない桁の亀裂荷重との差はコンクリートに導入されているプレストレスと考えられる。亀裂荷重、破壊荷重を表-6に、亀裂荷重より求めた有効プレストレスと、実測ひずみより求めた有効プレストレスを表-7に示す。

桁種類	載荷装置径 ϕ	桁自重 kg	亀裂荷重 kg	破壊荷重 kg
1	9.1	88.2	4,100	8,690
2	9.1	91.1	3,780	10,840
3	14.0	87.7	640	6,340
4	14.0	88.0	3,300	8,300
5	14.0	90.0	3,800	14,000
6	14.0	91.0	960	10,500
7	14.0	66.1	3,100	9,000
8	14.0	65.6	830	6,490

表-6

$$\gamma' = \frac{np'}{np'+1}, \quad p' = \frac{A_s}{A_c'}, \quad \frac{1}{A_c'} = \frac{1}{A_c} + \frac{e^2}{I_c}$$

e: 偏心量
I_c: コンクリート断面の断面二次モーメント

桁種類	プレストレス $(\%)$	プレストレス導入後の減退量	
		145日 $(\%)$	460日 $(\%)$
1	28.4	5.67	—
2	12.9	3.38	—
4	27.4	5.25	6.67
5	12.5	3.28	4.04

表-5

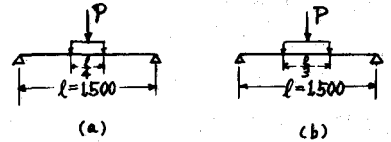


図-4

桁種類	亀裂荷重の求めた有効プレストレス	ひずみ測定求めた有効プレストレス
1	9.4 ton	9.5 ton
2	26.0	22.7
4	20.0	20.7
5	8.8	8.5
7	20.7	

表-7

4. 考察.

コンクリートのクリープ量は、コンクリートの圧縮強度の半分ぐらいまでの直応力荷重に対しては、荷重に比例するといわれている。桁-2,5に対しては曲げクリープとをさためか、桁-1,4の荷重に比例するクリープ量よりも小さくでている。これは曲げクリープのためかと思われたが、曲げクリープについては資料も少なく、今後とも研究していきたい。

これらの桁は、クリープ測定用に製作したため、コンクリート断面に比し鋼棒面積が大きく、鋼棒配置位置も破壊試験に対しては好位置ではなく、桁はいずれもコンクリートの圧縮破壊で破壊した。

桁-7~11に用いた軽量コンクリートは、 $\phi 15 \text{mm} \times 30 \text{mm}$ の供試体重量は、桁-7,8(配合B)に対し 8.60 kg, 桁-9~11(配合C)に対し 9.85 kg, 桁-1~6(配合A)に対し 12.85 kg であり、相当の重量軽減となっている。圧縮強度は表-3に示すように若干小さい値ではないが、桁-7,8の破壊時には、破壊荷重の少し前の荷重より、圧縮側コンクリートのピチピチ音がして跳びはじめ普通コンクリートの破壊時とはおもむきが違っている。乾燥収縮、クリープについては、数多く、長期に実験を続けてみたいと何ともいえない。また曲げ試験載荷時の桁中央裏のたわみと描いてみると図-5のようになり、軽量コンクリートの桁のたわみの大きいことを示している。

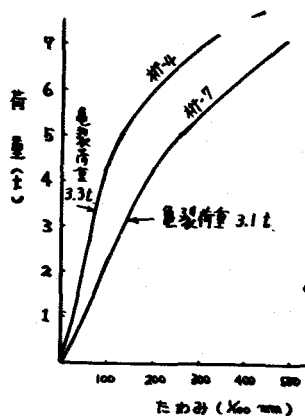


図-5

5. あとがき

本実験にあたり、オリエンタルコンクリートKKのご援助とご協力をいただきました。また本学学生 鳥巢賢至、小西茂男両君には、いろいろお力をあすうめしました。これらの方々に厚く感謝の意を表す次第です。