

V-234

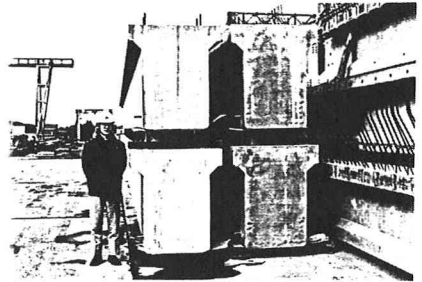
PC中空桁のクリープ変形計測試験

ピーエスコンクリート(株) ○ 正会員 久保明英
 " 正会員 中井聖棋

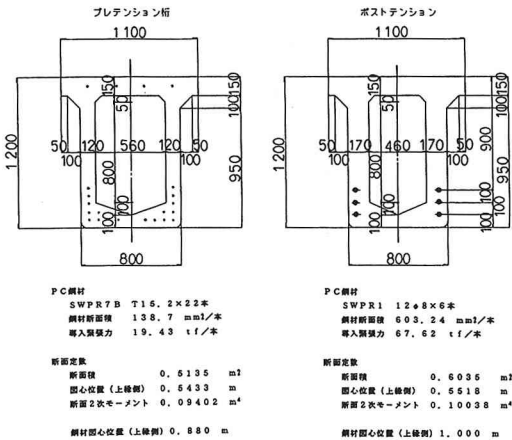
1. はじめに

1990年8月より1991年3月に図-1に示すような標準断面のPC中空桁の製作・架設業務を行った。製作本数は71本で内49本は直線桁であり、ピーエス社JIS認可の滋賀工場にてプレテンション方式にて製作した。残り23本は最大曲率半径100mの桁3本を含む曲線桁及び特異性を有する直線桁であり、中京地方にある架設地点近くのヤードにてポストテンション方式で製作した。

PC桁はプレストレスの減少、クリープ・乾燥収縮により桁を製作した後も変形する。本工事の場合、桁変形の過大な進行はその使用に支障をきたす。クリープ・乾燥収縮による変形はその計算方法を道路橋示方書にも規定してはいるが、使用材料及び設置環境に大きく依存し正確に予想することは難しい。また、本工事で製作するPC曲線桁は日本で製作されたPC桁では最小の曲率半径R=100mの桁3本を含んでいる。本工事ではPC桁の変形を追跡調査し、もし桁の上ぞり変形が大き過ぎる場合には桁受け支承高を低くする、あるいは橋面荷重載荷時期を調節する等で桁先端計画高を確保できる体制をとった。PC桁標準断面形状を図-1及び右写真に示す。なお、実際には桁上面にカントがついており、断面諸元が桁ごとに多少異なっている。本稿ではプレテン桁6本、ポストテン桁5本に関するプレストレスによる弾性変形及びクリープ・乾燥収縮による変形について報告する。



2. PC桁コンクリート諸定数



コンクリート	単位	プレテン桁	ポストテン桁
1次緊張時	kg/cm ²	350	350
2次緊張時	kg/cm ²	-	350
設計	kg/cm ²	500	450
1次緊張時	kg/cm ²	3.4 × 10 ⁴ (2.95)	2.9 × 10 ⁴ (2.55)
2次緊張時	kg/cm ²	-	3.0 × 10 ⁴ (2.9)
設計	kg/cm ²	3.6 × 10 ⁴ (3.3)	3.4 × 10 ⁴ (3.2)

表-1 コンクリート諸定数 () の値は設計用値

PC桁種類	粗骨材最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材比 S/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
						水	セメント C	粗骨材 S	粗骨材 G	混和剤 YZ4150
プレテン	2.0	8	2	37.1	39.0	175	472	669	1083	4.72
ポストテン	2.5	8	4	34.0	38.1	161	474	550	1170	7.11

表-2 配合表

3. PC桁の製作

プレテン桁は桁長19.96m、支間19.28mで桁両端は余盛りして桁高を高くしておき、緊張すると弾性変形により桁上面が所定の高さとなるように設計してある。桁下支承部にはレアーをつけ、変形した状態で桁受け面が水平となるようにしてある。プレテン桁は57℃の温度で高温蒸気養生し、コンクリート打設後16時間以上経過した時点でプレストレスを導入する。

ポストテン桁はクリープ・乾燥収縮による変形を小さく抑えるため、桁を仮置き場へ移動する前に6本のケーブルの内最下段の2本を緊張(1次緊張)し、残りの4ケーブルは桁架設直前に緊張(2次緊張)す

ることとした。ポステン桁は桁長19.96m, 支間19.36mの桁高一定断面であり, 下側にそった状態で製作し, 緊張すると弾性変形により支間中央部が上がり桁上面計画高に近くなるように設計してある。

4. クリープ・乾燥収縮によるたわみの計算

4.1 たわみの計算

桁自重によるたわみは次式で計算した。

$$\delta_d = \frac{5 \cdot w \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

式中の記号はw: 桁自重, l: 支間, E: 桁の弾性係数,

I: 断面2次モーメントである。

プレストレスによるたわみは次式で計算した。

$$\delta_p = \frac{n \cdot P_t \cdot e \cdot l^2}{8 \cdot E \cdot I}$$

式中の記号はn: PC鋼材本数, e: PC鋼材偏心量,

P_t: 緊張直後に桁に残っている支間中央部平均の緊張力で,

セットロス及びシースとの摩擦損失を差引, さらに桁の弾性変形に伴う減少を考慮した値であり, 下の値を仮定した。

プレテン桁 $P_t = 19.43 \times 0.96 = 18.65 \text{ tf/本}$

ポステン桁 $P_t = 67.62 \times 0.9 \times 0.96 = 58.42 \text{ tf/本}$

4.2 クリープ係数の計算

クリープ係数は道路橋示方書の2.1.7「コンクリートのクリープ及び乾燥収縮の影響」に示されている方法で計算する。実際の中空断面で部材の仮想厚さを計算すると39cmであるが, ここでは充実断面を仮想して部材厚を66cmとしてクリープ係数を計算した。結果を表-3に示す。

4.3 クリープ・乾燥収縮によるたわみの計算

表-3に示すクリープ係数を用いてクリープ・乾燥収縮によるたわみ計算値を算出する。当初PC桁に導入されたPC鋼材緊張力は時間の経過に伴い減少するが, ここでは3週間で95%, 4週間で94%, 16週間で91%に低減すると仮定した。計算結果を表-4に示す。表-4でクリープ変形2-①, 2-②は2次緊張以後のクリープ変形及び経過日数である。

プレテン桁は高温蒸気養生しているため, 養生期間中に材令が早く進行する。養生期間は1日であるがこの間に進む材令を4日と仮定する。

ポステン桁は端部でPCケーブルを曲げ上げており, 曲げ力は低下する。表-4の計算値の欄右側の値はその効果を考慮した値で, 左側のプレストレスによる変形値より1次緊張で1mm, 2次緊張で2mm差し引いてある。

5. 結果の評価

高温蒸気養生したPC桁のクリープ変形を予測するには, 養生期間中の材令進行を適当に評価する必要がある。クリープ変形追跡調査の結果に合わせるには, 高温蒸気養生の1日を材令4日程度に評価する必要があるようだ。また, 中空断面のクリープ係数を計算する場合, 仮に充実断面として仮想部材厚を計算し用いた方が, 実測値に近いクリープ変形を計算できることが分かった。

【クリープ係数】

締結時の材令 (t0)	=	1.0
クリープ係数計算時の材令修正係数 (α)	=	2.00
部材の仮定する基本クリープ係数 (ε80)	=	66.0
部材に對する基本クリープ係数 (εd0)	=	6.4
プレ-至に對する基本クリープ係数 (εd0)	=	2.0
乾燥収縮係数 (εs0)	=	15.0
基本乾燥収縮係数 (εs0)	=	0.0025

NO	H	α	βd(t-t0)	βε(t)	βε(t0)	ε(t, t0)
1	1.0	1.667	.273	.101	.012	.287
2	2.0	1.667	.297	.167	.012	.427
3	3.0	1.667	.318	.212	.012	.525
4	4.0	1.667	.338	.245	.012	.601
5	5.0	1.667	.355	.272	.012	.660
6	6.0	1.667	.372	.293	.012	.709
7	7.0	1.667	.387	.310	.012	.750
8	8.0	1.667	.400	.325	.012	.785
9	9.0	1.667	.413	.338	.012	.816
10	10.0	1.667	.425	.350	.012	.844
11	11.0	1.667	.437	.360	.012	.870
12	12.0	1.667	.447	.369	.012	.893
13	13.0	1.667	.458	.378	.012	.914
14	14.0	1.667	.467	.386	.012	.933
15	15.0	1.667	.476	.393	.012	.952
16	16.0	1.667	.485	.400	.012	.969
17	17.0	1.667	.493	.407	.012	.986
18	18.0	1.667	.502	.413	.012	1.001
19	19.0	1.667	.509	.419	.012	1.016
20	20.0	1.667	.517	.424	.012	1.030
21	21.0	1.667	.524	.430	.012	1.044
22	22.0	1.667	.531	.435	.012	1.057
23	23.0	1.667	.538	.440	.012	1.070
24	24.0	1.667	.544	.445	.012	1.083
25	25.0	1.667	.551	.449	.012	1.094
26	26.0	1.667	.557	.454	.012	1.105
27	27.0	1.667	.563	.458	.012	1.116
28	28.0	1.667	.569	.462	.012	1.127
29	29.0	1.667	.575	.467	.012	1.138
30	30.0	1.667	.580	.471	.012	1.148
31	35.0	1.667	.606	.490	.012	1.197
32	42.0	1.667	.639	.513	.012	1.257
33	56.0	1.667	.690	.553	.012	1.356
34	60.0	1.667	.703	.562	.012	1.381
35	90.0	1.667	.773	.622	.012	1.529
36	120.0	1.667	.819	.667	.012	1.637
37	240.0	1.667	.913	.784	.012	1.908
38	365.0	1.667	.957	.862	.012	2.082
39	730.0	1.667	.999	.903	.012	2.368
40	1095.0	1.667	.999	1.054	.012	2.504
41	1460.0	1.667	1.000	1.112	.012	2.599
42	1825.0	1.667	1.000	1.146	.012	2.666
43	3000.0	1.667	1.000	1.297	.012	2.969

表-3 クリープ係数

計算値	1桁	2桁	3桁	4桁	4桁	4桁
総量	-7.2					
プレストレス	20.1					
弾性変形 Δ	12.9	8.5	11.0	7.0	8.5	12.0
クリープ変形 ①	7.4	3.7	5.0	7.5	5.0	6.0
②	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
クリープ変形 ③	12.1	4.4	3.5	8.6	-	9.0
④	1.6	1.6	1.6	1.6	-	-

計算値	4桁	7桁	13桁	14桁	15桁
総量	-9.5	-9.5			
プレストレス	10.3	9.8			
弾性変形 Δ	0.8	-0.2	1.5	-0.5	-1.1
①	0.3	-0.2	-2.8	-	-0.3
②	3.9	3.9	1.4	3.9	1.6
③	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0
プレストレス (2次緊張)	14.6	12.5	9.6	7.1	8.0
④				クランプ台	10.0
⑤					13.6
⑥					
⑦					
⑧					
⑨					
⑩					
⑪					
⑫					
⑬					
⑭					
⑮					
⑯					
⑰					
⑱					
⑲					
⑳					
㉑					
㉒					
㉓					
㉔					
㉕					
㉖					
㉗					
㉘					
㉙					
㉚					
㉛					
㉜					
㉝					
㉞					
㉟					
㊱					
㊲					
㊳					
㊴					
㊵					
㊶					
㊷					
㊸					
㊹					
㊺					
㊻					
㊼					
㊽					
㊾					
㊿					

表-4 クリープ・乾燥収縮によるたわみ変化量