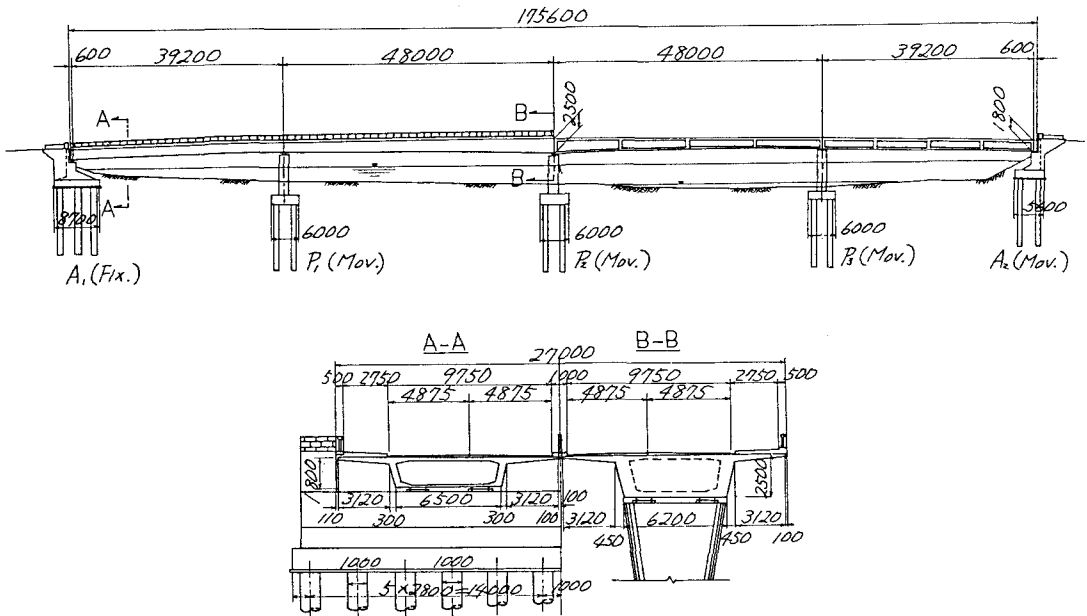


V-11 非対称歩道を有するPC連続箱桁橋の収縮差による橋方向力について

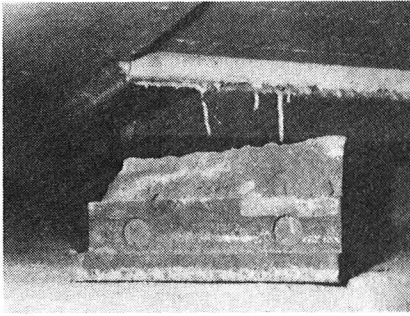
北海道工業大学 正員 猪又 総
札幌市 〃 立花邦雄
〃 〃 佐藤 敬

1. まえがき

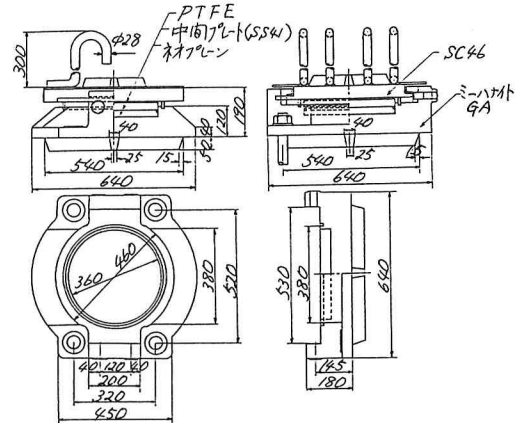
釧路川に架かる一条大橋は図へ1に示すようにPC4径間連続箱桁橋であるが上下線橋桁は分離されているので非対称歩道を有する構造となっている。たまたま右岸側橋台上支承のベッドプレートが横方向ずれ止めブロックが欠落し破損しているのが発見された(写真へ1)。一条大橋に用いられた支承はふっ素樹脂板タイヤのものが裏金にはめこまれたふっ素樹脂板と容器中に密閉されたゴムとが組合せられており、樹脂板と相手面のすべりで桁の伸縮にまたゴムの弾性変形により桁の回転に対応させる構造となっている。図へ2に破損支承の構造を示す。現場調査の結果、支承の破損状況に因りて次の特徴が認められた。1)破損は上下線橋梁とも右岸橋台上の支承に集中しており、1か所すべての支承が損傷をうけた。2)右岸側橋台においては主桁は上り線(上流側)で約20mm、下り線(下流側)で約8mmの横方向へのずれが認められそのずれはいずれも上下線境界寄りに生じた。3)その結果支承破損はベッドプレートの横方向ずれ止めに生じその部分が欠落した。右岸側橋台において60tまでの荷重による横方向変位試験の結果、除荷後現況に復したことから横方向のずれは曲げ変形によるものと推定された。その原因として支承破損の特徴から歩道部と主桁のコンクリートの収縮差による曲げ変形が考えられこれについて検討を行ったので報告する。



図へ1 一条大橋一般図



写真～1 支承の破損状況



図～2 支承構造図

2. コンクリートの収縮差による横方向力

(1) 収縮差の発生要因

図～3 は一条大橋の断面図を示したものである。歩道部コンクリートと主桁コンクリートの収縮差は両者のクリープと乾燥収縮の差異によって生じ、これらに影響を与える要因としては 1) 主桁と歩道部のコンクリートの材令差 2) 主桁のプレストレスの導入時期 3) 断面の形状寸法 4) 使用セメントの種別 5) 気温、湿度等の気象条件がある。

(2) 乾燥収縮度とクリープ係数

主桁はカップリングを用いた継ぎなし工法により図～4 の実線で示す3区間に分割施工されているが計算の便宜上実線のような施工区間として考えるものとする。表～1 に解析に必要な工程を示す。各施工区間の主桁コンクリートおよび歩道部コンクリートの乾燥収縮度、クリープ係数は次式により求めることができる。

$$\varepsilon_s(t, t_0) = \varepsilon_{s0} [\beta_s(t) - \beta_s(t_0)] \quad (1)$$

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_{s0} / \beta_s(t - t_0) + \varphi_{s0} [\beta_s(t) - \beta_s(t_0)] \quad (2)$$

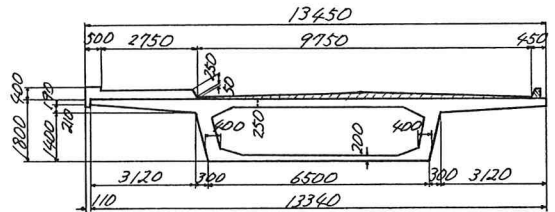
ここに

$\varepsilon_s(t, t_0)$: コンクリートの有効材令 t_0 から t までの乾燥収縮度

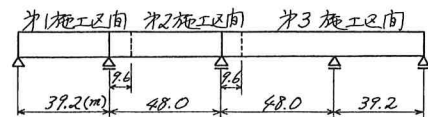
$\varphi(t, t_0)$: 有効材令 t_0 に載荷されたコンクリートの有効材令 t におけるクリープ係数

ε_{s0} : 基本収縮ひずみ

$\beta_s(t)$: 材令および部材の假想厚に關する関数



図～3 断面図



図～4 施工区間

表～1 工程

	第1施工区間	第2施工区間	第3施工区間
主桁コンクリート打設	S 42.11.5	43.6.20	43.9.10
主桁のプレストレス導入	S 42.11.15	43.6.27	43.9.17
歩道部コンクリート打設	S 43.10.10	43.10.10	43.10.10

β_{a0} : おくれ弾性ひずみに対する基本クリープ係数で一般に 0.4 とする。

$\beta_d(t-t_1)$: 載荷後の有効経過日数 $(t-t_1)$ に関する関数 β_0 : フローひずみに対する基本クリープ係数

$\beta_f(t)$: 材令および部材の板厚に関する関数

つぎに有効材令 t は式 (3) より求める。

$$t = \alpha \Sigma (T+10) \Delta t' / 30 \quad (3)$$

ここに

α : コンクリートの硬化速度に関する係数で乾燥収縮度を求める場合はセメントの種に関する係数なく $\alpha = 1$ とし、

クリープ係数を求める場合は早強セメントに対して $\alpha = 2$, 普通セメントに対して $\alpha = 1$ とする。

$\Delta t'$: 温度が T °C である日数

ε_0 , β_0 および有効材令 t を求めるには温度と湿度に依存するが表へ2に札幌地区気象台の平均気温と湿度を示す。²⁾ 表へ3は式 (1)~(3) より求めた歩道部コンクリート打設後の各施工区間の主桁コンクリートおよび歩道部コンクリートの乾燥収縮度およびクリープ係数 φ を示したものである。

表へ3 乾燥収縮度およびクリープ係数

			歩道部コンクリート打設からの経年			
			1	2	3	
主桁 コンクリート (早強セメント)	第1施工区間	ε	2.5×10^{-5}	4.3×10^{-5}	5.7×10^{-5}	
		φ	0.30	0.46	0.56	
	第2施工区間	ε	2.9×10^{-5}	4.9×10^{-5}	6.5×10^{-5}	
		φ	0.37	0.58	0.87	
	第3施工区間	ε	4.1×10^{-5}	6.5×10^{-5}	8.4×10^{-5}	
		φ	0.90	1.13	1.28	
歩道部コンクリート (普通セメント)			ε	1.2×10^{-5}	2.0×10^{-5}	3.0×10^{-5}
			φ	1.22	1.45	1.60

表へ2 札幌地区の気温と湿度

月	平均気温 (°C)	日最高気温 の平均値 (°C)	日最低気温 の平均値 (°C)	平均湿度 (%)
1	-5.1	-1.1	-9.5	75
2	-4.4	-0.2	-9.0	73
3	-0.6	3.5	-4.8	72
4	6.1	11.3	1.3	68
5	11.8	17.6	6.6	69
6	15.7	21.2	11.2	77
7	20.2	25.1	16.2	80
8	21.7	26.5	17.8	81
9	16.9	22.1	12.2	77
10	10.4	16.0	5.4	74
11	3.7	8.2	-0.3	72
12	-2.3	1.5	-6.1	74
年平均	7.8	12.6	3.4	74

(3) 収縮差による主桁の横方向反力

部材の収縮差による横方向力の計算には種々の方法があるが本文では近似度が高く計算が比較的容易な安宅³⁾の解法を応用するものとする。これによれば図へ5に示すように拘束をうけない場合の自由収縮差ひずみ $\varepsilon_{(grs)}$ に対して a 部材に R なる引張力を作用させて収縮差が 0 となる位置にもどした後 a 部材と b 部材を結合させて R を解放すれば合成断面には R なる圧縮力と M なる曲げモーメントが作用することになる。

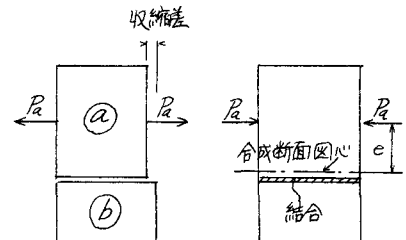
$$R_a = E_{ag} \cdot A_a \cdot \varepsilon_{(grs)} \quad (4)$$

ここに

$$E_{ag} = E_a / (1 + \frac{\varphi_a}{2}) \quad (5) \quad E_a : a \text{ 部材の弾性係数}$$

β_a : a 部材のクリープ係数

A_a : a 部材の断面積



図へ5 収縮差による断面力

$$M = R \cdot e \quad (6)$$

e は合成断面図心軸と E の作用点までの距離であり、また合成断面図心軸を求める場合の b 部材の a 部材への換算比 n はつぎのようである。

$$n = E_{bg} / E_{ag}$$

(7)

$$\text{ただし } E_{bg} = E_b / (1 + \frac{\rho_b}{2})$$

(8)

ここに E_b および ρ_b は b 部材の弾性係数とクリープ係数である。表へ4は一条大橋の1スパン10等分点の主桁断面上縁(主桁と歩道の結合部)における静荷重とプレストレスとの合成応力度を示したものである。したがって表へ3と表へ4の諸数値から収縮差による断面力は求まることになるので、それによって生じる連続桁の横方向反力は中間支点部で切断した静定基本系における支点の回転角の釣合条件から算定できる。表へ5に計算結果を示す。

表へ4 主桁の合成応力度(静荷重+プレストレス) kg/cm^2

分割点	合成応度	分割点	合成応度	分割点	合成応度	分割点	合成応度
0	22	10	31	20	41	30	26
1	29	11	63	21	66	31	47
2	37	12	76	22	77	32	64
3	42	13	38	23	38	33	37
4	47	14	38	24	43	34	34
5	50	15	37	25	43	35	39
6	50	16	34	26	39	36	39
7	43	17	30	27	31	37	38
8	75	18	77	28	73	38	35
9	60	19	64	29	71	39	29
10	31	20	41	30	26	40	22

3. まとめ

クリープ解析の対象となるコンクリート構造物としては

- 1) 単純桁として架設後、支点部で連結した連続桁
- 2) スパンごとに順次継ぎたして施工する連続桁
- 3) 斜張桁のクリープによるザイルの不静定力
- 4) ラーメン、連続桁等の不静定構造物の支点沈下による不静定力

等がありこれらは設計においてクリープの影響の検討がなされるのが通例である。しかし主桁と歩道部のコンクリートの収縮差によって生ずるような不静定力については一般に考慮されておらず特に歩道部が片側にのみ設置される場合には鉛直方向のみならず横方向にも反力が発生することになり条件によっては本文のようになり大きい横方向力が支承に作用することにもなるので設計時に十分な検討が必要となる。

表へ5 横方向反力(t)

支 点 位 置		$A_1(A_2)$	$P_1(P_2)$	P_2
歩道部 コンクリート 打設からの経年	1	42.6	-53.5	21.6
	2	51.8	-65.0	26.2
	3	53.7	-67.4	27.2

注) 反力は図へ3において左向きを正にとる。

参考文献

- 1) H. Rüsch, D. Jungwirth: Stahlbeton-Spannbeton, Band 2
Berücksichtigung der Einflüsse von Kriechen und Schwinden auf das Verhalten der Tragwerke, Werner Verlag, 1976 (和訳, 百島祐信訳, コンクリート構造物のクリープと乾燥収縮, 鹿島出版会)
- 2) 東京天文台編纂, 理科年表, 1981, 丸善
- 3) M. Yasumi: Simplified Treatment, according to F. Chichoki, of the Effect of Creep and Shrinkage in Composite Girders, Technology Reports of the Osaka Uni. Vol. 15, 1965