

以上の関係式より、 W_i , V_i , A_s の関係は次の2式で与えられる。

$$\text{式(2), (3), (6)より} \quad W_i = (2li \sin \theta_i / 3 A_s E_s - a_{ii} + b_{ii}) V_i \equiv K_i V_i \quad \dots (7)$$

$$\text{式(1), (4)より} \quad W_i = W_i^0 - \sum_{j=1}^N A_{ij} V_j \quad \dots (8)$$

W_i^0 , A_{ij} 及び b_{ij} は、有限要素法を適用して求めることができる。

4) クリープ変形を考慮した場合：図3において位置1のみに鉄筋が配置された場合について考える。 Δt 時間後の変位の適合条件は、式(7), (8)より、

$$\Delta W_i = W_i^0 \Delta \varphi - a_{ii} V_i - a_{ii} V_i \Delta \varphi = K_i \Delta V_i \quad \dots (9)$$

$$\therefore (W_i^0 - a_{ii} V_i) \frac{\partial \varphi}{\partial t} - (a_{ii} + K_i) \frac{\partial V_i}{\partial t} = 0 \quad \dots (10)$$

$$\text{解くと、} \quad W_i^0 - a_{ii} V_i = \text{EXP} \{ (a_{ii} (C - \varphi) / (a_{ii} + K_i)) \} \quad \dots (11)$$

$$t = 0, \varphi = 0, V_i = V_i^0 \text{ の境界条件では}$$

$$C = \{ (a_{ii} + K_i) / a_{ii} \} \ln (W_i^0 - a_{ii} V_i^0) \quad \dots (12)$$

(V_i^0 はプレストレス導入時の位置1における鉄筋力である)

4. 解析結果および考察

前述した諸要因 (θ を除く) とひびわれ幅または鉄筋応力の関係は、突起、切欠き、埋込みににかかわらずほぼ同様の傾向になる結果が得られ、図5～7は突起について示してある。

1) 図5は鉄筋を $N = 1$ から $N = 3$ まで順次増加させたとき

の点Cのひびわれ幅 W_c と A_s の関係を示すものである。 $N = 2$ と $N = 3$ に注目すれば、両者の補強効果はほとんど変わらない。すなわち、補強筋はなるべく隅角点(埋込みでは定着具)に寄せて配置するのが有効である。

2) 図6, 図7に W_c とクリープ係数 φ の関係、鉄筋 R_1 の引張応力 σ_{s1} と φ の関係を示す。クリープ進行に伴い W_c と σ_{s1} は2～3倍に増加する。これを抑制するには A_s を増大させるのが効果的であるが、必要以上に鉄筋を配筋しても補強効果はほとんど変わらない。またひびわれ幅抑制には、付着長の短い細径の鉄筋を用いるのが有利である。

3) W_c に制限値を与えたときの σ_{s1} と A_s の値を表2に示す。 $W_c = 0.05 \text{ mm}$ に制限したとき、 σ_{s1} は小さく、 A_s の低減できる付着長の短い細径の鉄筋使用が合理的である。一方 $W_c = 0.10 \text{ mm}$ の場合、 σ_{s1} は低減するため付着長の長い太径の鉄筋、あるいは高強度の鉄筋が有利である。また突起、切欠きにおいて θ を大きくとることにより、必要鉄筋量を減少させることができる。

4) ひびわれ発生の原因となる引張応力の合力 Z に対する必要鉄筋量 $A_s = Z / \sigma_{sa}$ (σ_{sa} : 許容引張応力) を求め、この値をひびわれ供試体に適用した場合の W_c と σ_{s1} を算出し表3に示す。突起、埋込みにおいて、 σ_{s1} は σ_{sa} を超過しており、許容応力度による補強ではひびわれに対し安全である確証は得られないといえる。

5. あとがき

本解析結果は種々の仮定のもとで求められたものであるため、実際に適用するには実験的照査が必要である。

参考文献 1) 藤井, 北村, 森田: プレテンションPC桁端部の水平ひびわれ幅制御について, プレストレストコンクリート, Vol. 16, No. 6, 1974. 3

2) Fujii, Nakajima, Kajimura: Control of Crack Width in Anchorage zone of Post-Tensioned Concrete Members, 8th FIP Report

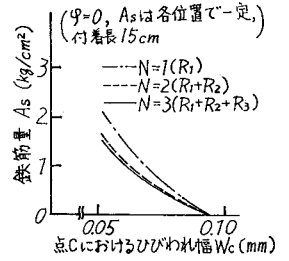


図5 W_c と A_s の関係

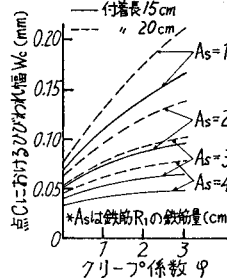


図6 φ と W_c の関係

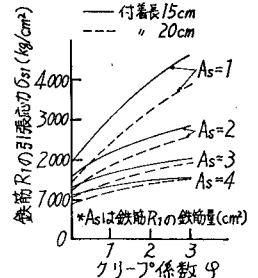


図7 φ と σ_{s1} の関係

表2 補強計算例 ($\varphi = 3$)

	付着長 (cm)	θ	$W_c = 0.05 \text{ mm}$		$W_c = 0.10 \text{ mm}$	
			σ_{s1} (kg/cm²)	A_s (cm²)	σ_{s1} (kg/cm²)	A_s (cm²)
突起	15	5°	1620	4.116	2940	1.968
		7.5°	1600	3.923	2920	1.873
		10°	1580	3.733	2890	1.782
切欠き	20	5°	990	7.319	1870	3.266
		7.5°	1000	6.811	1900	3.029
		10°	970	6.558	1850	2.908
埋込み	15	20°	1200	1.986	2190	0.707
		35°	1090	0.682		
		20°	910	2.711	1650	1.125
埋込み	20	20°	2240	2.980	3970	1.076
		35°	1770	4.158	2990	1.505
		30°	1150	7.349	2000	2.282

表3 許容応力度法による補強との比較 ($\varphi = 3$)

	付着長 (cm)	θ	$\sigma_{sa} = 1400 \text{ kg/cm}^2$ (SD24)			$\sigma_{sa} = 1800 \text{ kg/cm}^2$ (SD30)		
			A_s (cm²)	W_c (mm)	σ_{s1} (kg/cm²)	A_s (cm²)	W_c (mm)	σ_{s1} (kg/cm²)
突起	15	5°	2.96	0.068	2110*	2.31	0.086	2590*
		7.5°	2.96	0.065	2010*	2.31	0.083	2460*
		10°	2.84	0.065	1970*	2.21	0.082	2420*
切欠き	20	5°	2.96	0.108	2020*	2.31	0.131	2420*
		7.5°	2.96	0.102	1930*	2.31	0.124	2320*
		10°	2.84	0.102	1880*	2.21	0.124	2260*
埋込み	15	20°	1.49	0.062	1430*	1.16	0.074	1670
		35°	0.91	0.042	940	0.71	0.049	1070
		20°	1.49	0.081	1360	1.16	0.097	1610
埋込み	20	20°	3.25	0.047	2120*	2.53	0.057	2470*
		35°	0.060	0.060	1770*	0.072	0.072	2270*
		30°	0.084	0.084	1730*	0.095	0.095	1920*

注) *は許容引張応力 σ_{sa} を超過した値