

[2106] 両端固定鉄筋コンクリート造一方向床スラブの長期曲げ性状

正会員 岩原昭次 (熊本工業大学)

1 まえがき

荷重によってひびわれを生じる床スラブのような板厚が薄い曲げ部材で、長期にわたって持続荷重を受ける場合、コンクリートのクリープ及び乾燥収縮が終局状態に達するまで、その経時たわみは荷重直後から著しく増大する様相を示す。このような経時たわみの予測に対して、旧来、コンクリートのクリープや乾燥収縮を考慮した曲率の経時変化等の算出方法に準じた解法、あるいはACI435委員会による推奨式(文1)等が多く用いられていたが、近年の我国の実験資料等によれば、それだけでは不十分で、更に端部引張鉄筋の抜出しによる付加たわみを考慮する必要があることが定性的に分ってきている。しかしながら、その抜出しによる付加たわみを定量化するためには、コンクリートのクリープと乾燥収縮、及び付着応力とすべり関係の経時的劣化の関係を明らかにしなければならず、いまだ、不明の点があるものと思われる。

一方、膨張コンクリートはコンクリートのひびわれ防止に有効性が認められているが、長期荷重下における床スラブとしてのたわみ防止効果については資料が少ないようである。

以上の観点から、本研究は、床スラブの長期予測に関する基本的研究として、両端固定鉄筋コンクリート造一方向スラブについて、ひびわれの有無、端部引張鉄筋の有効寸の相違及び普通コンクリートと膨張コンクリートの2つの使用材料の相違に着目し、長期載荷実験(経過日数約900日)を行いその定性的な曲げ性状を検討すると共に、特に、端部引張鉄筋の抜け出しによる長期たわみへの影響を解析的に検討することを目的とする。

2. 実験方法概要

2-1 試験体 試験体は両端固定鉄筋コンクリート造一方向スラブで支点間距離は360cm、スラブせい13cm(目標値)、幅45cmである。普通コンクリートを使用したもの4体(SNシリーズ)と膨張コンクリートを使用したもの2体(SXシリーズ)の合計6体である。

形状及び配筋を図1に、要因別一覧を表1に示す。荷重程度として床スラブ両端部で曲げひびわれをおこし中央部では生じないことを想定して固定端で曲げモーメントが $1/2(M_c + M_y)$ 以下となるものと、スラブにひびわれが発生しないように $1/2M_c$ となるものの2形式の等分布荷重を目標とした。但し、実際の荷重はコンクリート製のインゴットを用い、10等分9点集中荷重とした。なお、試験体の実寸法

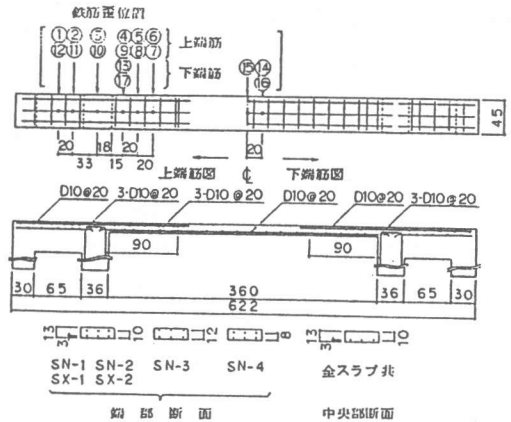


図1 試験体形状及び配筋図

表1 試験体の種類

スラブ名	有効寸(端部) d (cm)	最大曲げモーメント(端部) $M_{max}(t-m)$	膨張剤使用の有無	長期変形要因
SN-1	10	$\frac{1}{2}(M_c + M_y)$	無	クリープ + 乾燥収縮
SN-2		$\frac{1}{2}M_c$		
SN-3	12	$\frac{1}{2}(M_c + M_y)$		
SN-4	8	$\frac{1}{2}(M_c + M_y)$		
SX-1	10	$\frac{1}{2}(M_c + M_y)$	有	
SX-2		$\frac{1}{2}M_c$		
SN-0	10	0	無	乾燥収縮
SX-0			有	

M<sub>c</sub>: ひびわれモーメント  
M<sub>y</sub>: 端部での降伏モーメント

及び載荷荷重（自重を含む）はコンクリート打設後に測定した結果、表 2 のようになった。なお、普通コンクリート及び膨張コンクリートを使用した床スラブの乾燥収縮歪を測定するためのダミー床（普通コンクリートスラブSN-0、膨張コンクリートスラブSX-0）の支持は4点ローラとした。

2-2 使用材料及び性質 表3～表5に示す。

2-3 試験体の養生 昭和58年9月19日（気温25度、湿度77%）に打設し、その後材令18日間は1日2回散水養生した。ダミー床及びテストピースの養生期間及び養生方法もこれに同一とした。なお、試験体は屋根をビニール波板で張った仮設建物内に設置されており、外気の温湿度の影響を受ける。

2-4 載荷方法 材令30日（同年10月19日、気温18度、湿度88%）に実験を開始した。最初支柱及び底板を撤去して自重によるたわみ及び鉄筋歪を測定した。その後SN-2及びSX-2スラブは載荷点に各々 約9Kgのコンクリート製インゴットを一段だけ載せ、他の各スラブに対しては約 29Kgのものを一段ずつ合計4段まで逐次加増した。

### 3 実験結果

3-1 コンクリートの乾燥収縮歪とクリープ係数 図2のような、試験体と同じ外気温湿度を受ける場所において、圧縮持続荷重12ton（ $\frac{1}{3}$  Fcレベル）を載荷した円柱供試体（ $\phi$ 15cm×30cm）の実験結果から、載荷後の経過日数tについて次の回帰式が得られた。

$$\text{普通コンクリート} : \varphi_t = t / (14.9 + 0.20 t) \quad \epsilon_{sh} = 1.13 \varphi_t \times 10^{-4} \quad (1.a, b)$$

$$\text{膨張コンクリート} : \varphi_t = t / (21.2 + 0.31 t) \quad \epsilon_{sh} = 1.79 \varphi_t \times 10^{-4} \quad (2.a, b)$$

なお、膨張コンクリートは材令7日で最大膨張歪  $2 \times 10^{-4}$  を示した。

3-2 経時たわみ 図3と図

4にスラブ中央点の経時たわみと

その増加率（長期付加たわみ/初期たわみ）を示す。経時たわみには自重によるたわみが加算されている。

(1.a)及び(2.a)式で示されるクリープ係数（普通コンクリートで  $\varphi_{856} = 4.6$ 、膨張コンクリートで  $\varphi_{856} = 3.0$ ）と比較すると、載荷時に端部にひびわれを生じるスラブ（SN-1、3、4及びSX-1）の増加率はクリープ係数値の約2～3倍、載荷時に端部にひびわれを生じないスラブ（SN-2、SX-2）では約4倍となっている。なお、図3にはSN-1、SN-3及びSX-1について端部上端及び下端筋の歪値に実験値（図5、

表2 試験体の実寸法及び実荷重

試験体名	内り長さ l (cm)	全せい h (cm)	鉄筋断面 面積 (cm <sup>2</sup> )	上端筋 かぶり厚 (cm)		下端筋 かぶり厚 (cm)		有効せい (cm)		自重 W (t/m)
				中央部	端部	中央部	端部			
SN-1	360	13.7	2.14	3.7	3.2	10.5	10	0.430		
SN-2				3.5	3.2	10.3	10	0.168		
SN-3				1.5	3.2	10.2	12	0.429		
SN-4				5.3	3.2	10.1	8	0.427		
SX-1				3.4	3.1	10.3	10	0.426		
SX-2				3.6	3.1	10.5	10	0.170		

(注) 鉄筋断面積： 端中央部下端筋1筋部上端筋、端部下端筋共通  
かぶり厚： 鉄筋中心までの距離

表3 鉄筋の性質

種別	品質	直径 (cm)	断面積 (cm <sup>2</sup> )	引張強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	引張強度係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	引張率 (%)	ヤング係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	伸び率 (%)
D-10	SD30	0.953	0.71	3577	5066	0.193	1.85×10 <sup>4</sup>	19.21

表4 コンクリートの性質

種類	4週圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	18日水中養生 圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	引張強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	引張率 (%)	所算スラブ (mm)
普通 コンクリート	20.4	22.6	2.32×10 <sup>4</sup>	18.6	0.189	19.2
膨張 コンクリート	22.5	—	2.41×10 <sup>4</sup>	16.6	0.183	20.0

表5 コンクリート材料

セメント	普通ポルトランドセメント
細骨材	製品砂(碓川産, 最大寸法5mm)
粗骨材	砕石(四北産, 最大寸法20mm)
水	地下水
その他	AE 減水剤 (チューポールEX) 膨張剤 (エクスパン)

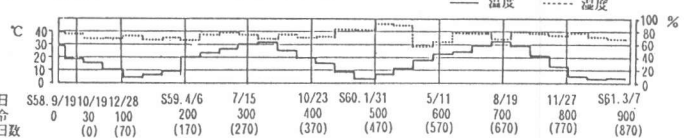


図2 月平均における温度・湿度の経時変化

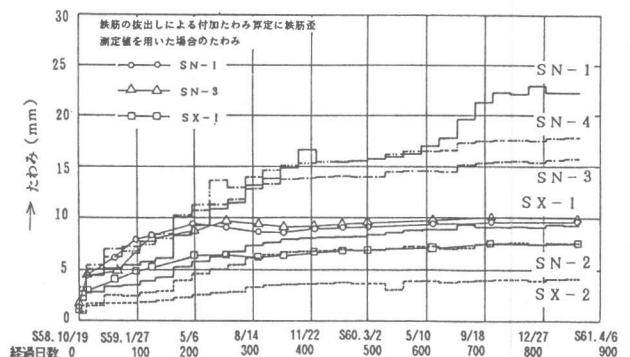


図3 月平均による経時たわみ

6 参照) を用い引張鉄筋歪から鉄筋の拔出量((7)式で $S_r$ のみ考慮)を、上端筋と下端筋との歪値から中立軸位置を算定し、(3)式による経時たわみ値を示した。但し、瞬時たわみ $\delta_0$ は実験値を、 $\delta_{cr}$ と $\delta_{sh}$ は(4)と(5)式を用いた。鉄筋歪値が大きく増進する(図5、6、7参照)経過日数200日を越えると、この計算結果は実験値に対してきわめて低くなる。

3-3 経時鉄筋歪 図5~図7に端部上端筋、端部下端筋及び中央部の鉄筋歪の経時変化を示す。但し、端部上端筋の歪はゲージ位置④と⑨の、端部下端筋の歪は⑬と⑰の平均歪値であり、中央部鉄筋は⑮の歪値である(ゲージ位置は図1を参照)。SN-4の歪値は変動が大きかったので除いた。3つの図とも経過日数200日~350日の間で鉄筋歪が正の歪値の方に大きく増大しているが、これについては文献2で触れたように外気の温度上昇によると推定されるものの、明確な理由付けはできない。

#### 4 経時たわみの検討

4-1 瞬時たわみ 荷重時にひびわれを生じるスラブに対しては、中央部のたわみの計算は、図8に示すモーメント-曲線関係を用い、また荷重分布を10等分9点集中荷重とし、荷重増分法でおこなった。また、端部引張鉄筋の拔出しによるたわみを、荷重時鉄筋歪測定値により別途に計算し、それを前述のたわみ計算値に加算して、瞬時たわみ計算値とした。端部引張鉄筋の拔出しによるたわみ計算方法は4-2で触れる。計算に用いた諸量は下記の通りである。

ひびわれモーメント $M_c$  と降伏モーメント $M_y$  :

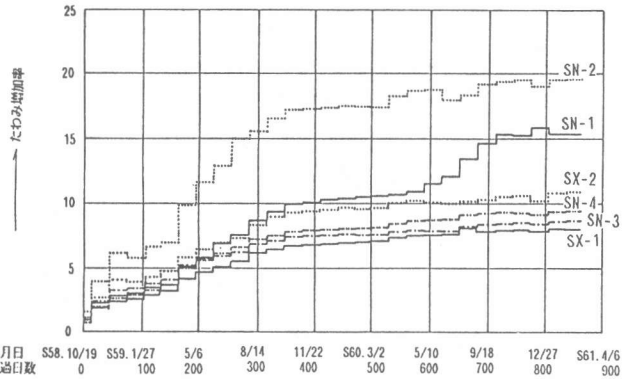


図4 月平均による経時たわみの増加率

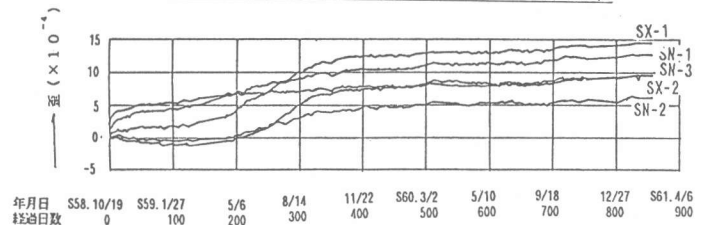


図5 端部上端筋の経時歪(④・⑨の平均)

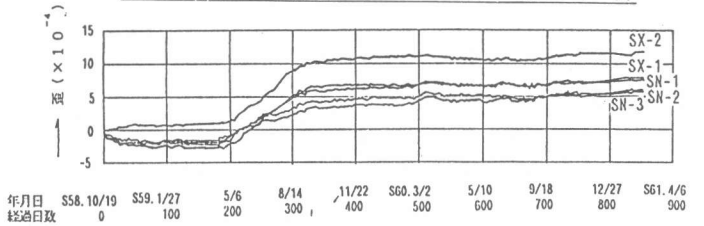


図6 端部下端筋の経時歪(⑬・⑰の平均)

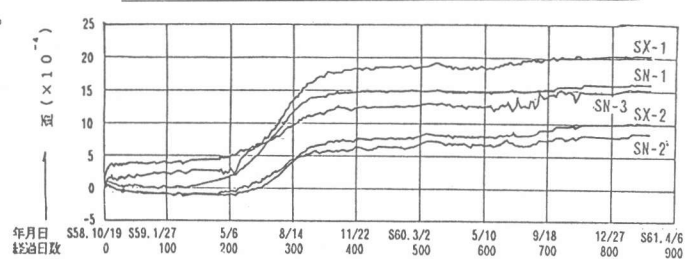


図7 中央部鉄筋の経時歪(⑮)

表6 瞬時たわみ(mm) [計算値と実験値の比較]

スラブ名	計算値			実験値	計算値	
	$\delta_{o1}$	$\delta_{o2}$	$\delta_o$	$\delta_{exp}$	$\delta_o^*$	$\delta_o^{**}$
SN-1	1.11	0.19	1.30	1.36	1.70	1.27
SN-2	0.33	--	0.33	0.37	--	--
SN-3	1.07	0.39	1.46	1.63	1.65	1.25
SN-4	1.65	--	1.65	1.71	1.99	1.46
SX-1	0.97	0.12	1.09	1.02	1.63	1.32
SX-2	0.31	--	0.31	0.35	--	--

(注1)  $\delta_{o1}$ ,  $\delta_{o2}$ ,  $\delta_o$ : bi-linear型のモーメント-曲率関係によるたわみ、鉄筋の拔出しによるたわみ、瞬時たわみ ( $\delta_o = \delta_{o1} + \delta_{o2}$ )

(注2)  $\delta_o^*$ ,  $\delta_o^{**}$ : ACI318-B3による瞬時たわみ計算値。但し、 $\delta_o^*$ はスパン寸法として柱中心間 $l=3.96m$ とした場合、 $\delta_o^{**}$ は $l=3.60m$ 、曲げ強度として割裂強度値を採用

$$M_c = \sigma_B Z \quad \sigma_B = 1.8\sqrt{F_c}$$

$$M_y = 0.95 \{1 - 0.43(1 - 30P_c) \sigma_{sy} / F_c\} P_t \sigma_{sy} b d^2$$

ひびわれ時曲率  $1/\rho_c$  と曲げ降伏時曲率  $1/\rho_y$  :

$$1/\rho_c = M_c / (E_c I_g) \quad 1/\rho_y = M_y / (E_c I_c)$$

但し、 $I_g$ と $I_c$ は全断面及びひびわれ断面二次モーメント。

なお、膨張コンクリートに対しては曲げ強度  $\sigma_B$  でケミカルプレストレスの影響を考慮した。ケミカルプレストレスの算出にあたっては、両端固定支持の拘束およびクリープ・収縮による応力緩和の影響を無視し、鉄筋の影響のみを考慮した。また、SN-2及びSX-2に対しては弾性変形計算によった。

表6に計算結果を示す。SN-4 は不明なので、端部上端筋の抜出しによるたわみを加算していない。

瞬時たわみは鉄筋の抜出しを考慮すると、計算値と実験値がよく近似する事が分かる。

4-2 経時たわみ ここでは、載荷時にひびわれを生じた4試験体について数値的に検討する。

経時たわみ  $\delta_t$  は次式で表されるとする。

$$\delta_t = \delta_0 + \delta_{cr} + \delta_{sh} + \delta_s \quad (3)$$

但し、 $\delta_0$ 、 $\delta_{cr}$ 、 $\delta_{sh}$ 、 $\delta_s$  はそれぞれ瞬時、

クリープ、乾燥収縮及び鉄筋の抜出しによるたわみである。

$\delta_{cr}$  と  $\delta_{sh}$  は ACI435 委員会で推奨されている次式を用いる。

$$\delta_{cr} = K_{cr} \varphi_t \delta_0 \quad (4)$$

但し、記号の意味は表7に示す通り。

端部引張鉄筋の抜出しによるたわみ  $\delta_s$  は通常よく用いられる仮定(スラブの右あるいは左半部分が鉄筋の抜出しによってひびわれ断面の中立軸を中心に剛体的に回転する)に従って、次式で表す(例えば、文献3)。

$$\delta_s = \frac{S \ell}{2(d - X_n)} \quad (6)$$

但し、 $d$ は有効丈、 $X_n$ はひびわれ断面の中立軸である。

端部引張鉄筋の抜出し量  $S$  は、次式で示されるものとする。  $S = S_1 + S_2 \quad (7)$

$S_1$  と  $S_2$  は次の通り(図9 参照)。

$S_1$  : 端部上端筋の鉄筋応力によるスタブ側コンクリートからの鉄筋の抜出し量

$S_2$  : コンクリートの乾燥収縮によってスタブの端部上端筋近傍のコンクリートが収縮する時の、そのコンクリート端部の移動量

従来、鉄筋の抜出しによるたわみを長期たわみに考慮する場合、その成分として  $S_1$  のみが用いられている。また、その  $S_1$  を用いて  $\delta_s$  を計算する際、既往の手法では端部上端筋応力(あるいは歪)の経時的増大を仮定したり(文3)、更にはその増大を図8のモーメント-曲率関係が終局的にはひびわれ剛性になるという仮定(文4)で図っている。しかしながら、① 解析的に断面の力の釣り合いと平面保持の仮定から求まる引張鉄筋の経時歪はわずかに微増する程度で、初期値に略々近い、② 本実験も含めていくつかの実験結果によれば両端固定スラブで端部にひ

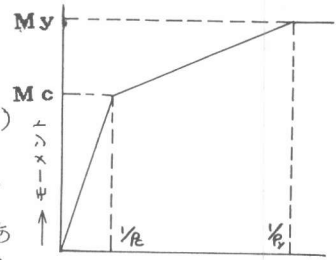


図8 モーメント-曲率関係

表7 (4)と(5)式における記号

$K_{cr} = 0.85 / (1 + 50 p')$	$p' = A's / bd$
$K_{sh}$ : 部材の支持状態で決まる定数(ここでは 0.063)	
$\varphi_{sh} = A_{sh} E_{sh} / h$ ( $A_{sh}$ は $p$ ( $= A_s / bd$ ) と $p'$ とで図表から求める)	
$\ell$ : 部材長	$A_s$ と
$A's$ : 引張鉄筋と圧縮鉄筋の各々の断面積	
$b$ : スラブ幅	$d$ : 有効丈
	$h$ : 全丈

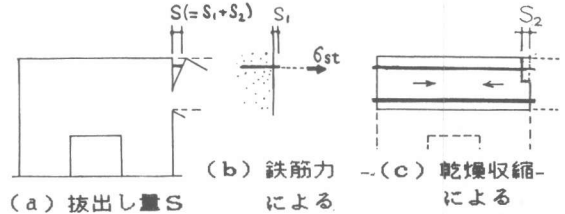


図9 鉄筋の抜出し量  $S$  における  $S_1$  と  $S_2$

びわれを生じている場合、端部上端筋の経時歪は略々一定ではなく経時的に大きく増大するかあるいは原因不明の歪挙動を示す、③ また、②のようなスラブの場合、端部上端筋のひびわれ幅は経時的に増大する傾向がある。ここでは、ひびわれ後のこれらの現象を、①についてはスタブ部分の影響を考慮しなければ確かに成立つという前提の下に、②と③についてはスタブ部分がスラブ部分とは別個に収縮し、その収縮の影響で端部上端筋に引張力が付加されそれと共に歪が経時的に増進し、他方、スタブの収縮の影響をうけて端部上端のひびわれ幅が大きくなると推論し、この推論の下に、文献3,4の既往の仮定方法とは別に、(7)式で端部上端筋の拔出し量を表示した。但し、 $S_2$ の算定にあたっては後述(12)式で示すように、スタブ部分の上端筋の周辺のコンクリートが左右対称自由収縮すると仮定するため、スラブとスタブ間の鉄筋の拔出し区間における鉄筋自体の連続性が考慮されないことになるが、ここでは、その影響を無視する。以下に算定式を示す。

【  $S_1$ の算定方法 】

(仮定1) : スタブ部分端部上端筋周囲のコンクリートは剛体とする。

(仮定2) : コンクリートの付着応力-すべり関係は完全弾塑性とする。文献5及び6を参考にして、付着強度  $\tau_y = 50\text{Kg/cm}^2$ 、クリープ無視の場合の付着剛性  $K_0 = 5000\text{Kg/cm}^3$  を採用する。

(仮定3) : 付着クリープは文献7の付着剛性の変化率を参考にして、簡便に次のように扱う。

$$\tau = k S \quad k = k_1 K_0 \quad (8)$$

但し、  $0 \leq t \text{ (日)} \leq 100$  の場合  $k_1 = -5 \times 10^{-3} t + 1 \quad (9.a)$

$t \text{ (日)} > 100$  の場合  $k_1 = 0.5 \quad (9.b)$

( (算定式及び条件) )

付着問題における基礎式 : 弾性域の場合 (10.a,b) 式、塑性域の場合 (11.a,b) 式

$$\frac{d^2 S}{d x^2} = \frac{\psi \tau}{E_s A_s} \quad , \quad \epsilon_{sx} = -\frac{d S}{d x} \quad (10.a, b) \quad \left| \quad \frac{d^2 S}{d x^2} = \frac{\psi \tau_y}{E_s A_s} \quad , \quad \epsilon_{sx} = -\frac{d S}{d x} \quad (11.a, b)$$

境界条件 : 鉄筋位置  $X=0$  で  $\epsilon_{sx} = \epsilon_{st}$  、 鉄筋末端  $X=a$  で  $\epsilon_{sx} = 0$

: 弾塑性境界ですべり量と鉄筋歪が連続

但し、 $\epsilon_{sx}$  はスタブ内の上端筋に沿う鉄筋歪、 $\epsilon_{st}$  はスラブ端部における鉄筋の経時歪を、また、 $a$  は上端筋の定着長さを表す。

【  $S_2$ の算定方法 】

(仮定1) : スタブ部分の上端筋に対するコンクリートの有効断面としてスラブ幅  $\times$  (スラブ上端筋かぶり厚  $\times 2$ ) を採用し、有効長としてスタブ内の鉄筋長さ  $a = 126\text{cm}$ 。

(仮定2) : 上述のその部分のコンクリートは均一に収縮する。

(仮定3) : 付着応力-すべり関係は弾性と仮定し、その時の付着剛性  $K_0$  は (8) 式における値と同一とする。

(仮定4) : 付着クリープについては (8)、(9.a,b) 式が成立ち、また、コンクリートのクリープについては次式で示される有効弾性係数として扱う :  $E_{ct} = E_c / (1 + \psi t)$

( (算定式) ) 簡単に次式から求まる。

$$S_2 = \frac{\epsilon_{sh}}{1 + n\psi} \left( \frac{n\psi}{a} \tanh \frac{\alpha a}{2} + \frac{a}{2} \right) \quad (12) \quad \alpha = \sqrt{\frac{1 + n\psi}{E_s A_s} k \psi} \quad n\psi = \frac{E_s A_s}{E_{ct} A_c}$$

但し、 $\psi$  は鉄筋の周長である。

以上の (3) ~ (12) 式を載荷時にひびわれを生じたスラブに適用し、経過日数 856日での解析結果を表 8に示す。表中  $\epsilon_{st}$  は4-1 の弾塑性解析から得られた端部モーメント値から、クリープと

表8 経過日数856日でのたわみの解析結果  $\delta_t$  と実験値の比較

スラブ	$\epsilon_{st}$ ( $\times 10^{-4}$ )	$S_1$ ( $\times 10^{-2} \text{cm}$ )	$\varphi_t$	$\epsilon_{sh}$ ( $\times 10^{-4}$ )	$S_2$ ( $\times 10^{-2} \text{cm}$ )	$S$	$\delta_o$ (mm)	$\delta_{CR}$ (mm)	$\delta_{sh}$ (mm)	$\delta_s$ (mm)	$\delta_t$ (mm)	実験値 (mm)
SN-1	4.21	0.56	4.60	5.20	2.68	3.24	1.85	6.54	1.69	7.78	17.10 (0.77)	22.22
SN-3	3.99	0.53	4.60	5.20	2.14	2.69	1.65	5.92	1.70	5.21	13.90 (0.89)	15.70
SN-4	5.36	0.71	4.60	5.20	2.83	3.54	2.88	9.98	1.76	11.18	24.57 (1.38)	17.80
SX-1	3.25	0.43	2.99	3.35	1.81	2.24	0.97	2.23	1.76	5.38	10.34 (1.11)	9.27

(注1)  $\epsilon_{st}$ : 弾塑性解析にもとづく端部モーメントによる端部上端筋歪の計算値  $\delta_o$ : 瞬時たわみ。但し、弾塑性解析におけるたわみ  $\delta_t$  に初期引張鉄筋応力による抜出しに伴う付加たわみ  $\delta_s$  を加算してある。

(注2)  $\delta_t$  欄の ( ) 内は実験値に対する比

(注3) SX-1における $\epsilon_{sh}$ は(2.b)式による値と膨張歪  $2 \times 10^{-4}$  の差

乾燥収縮を共に考慮した有効弾性係数法で算定した値である。また、(6)式の計算にあたって、中立軸位置は経時変化を考慮せず、ひびわれ断面での値(一定)とした。

SN-1スラブは計算値の実験値に対する比は低いが、このスラブの経時たわみは図6に見られるように、原因はよく分からないが、経過日数約600日~700日間でのたわみ急増が原因である。ちなみに経過日数600日でのSN-1スラブの、計算値の実験値に対する比を求めると、約1.01でよく近似した。また、SN-4スラブについて、瞬時たわみ計算値に端部上端筋の抜出しによる付加たわみを考慮しなければ、計算値の実験値に対する比は約1.14となる。

表8の結果から、本実験に関する限り、(3)~(12)式を適用すれば載荷から2,3年後の経時たわみを解析的にある程度推定できる事が示されている。

一方、鉄筋の抜出し量S中に占める $S_1$ と $S_2$ の割合はSN-1,SN-3及び4のスラブに対して、約0.2と0.8であり、スタブ部分の収縮が大きく影響することが解析的に示されている。また、先に述べたように、Sの算定において、スタブ部分とスラブ部分間における鉄筋の連続性が考慮されず、スタブの収縮によって、端部上端の鉄筋力がどう増大するかが不明確である点に問題が残っている。この2点については今後更に検討する必要があると思われる。

## 5 まとめ

(1) 本実験結果として、スラブ下面中央部の経時たわみは端部上端筋の有効文にあまり影響を受けないようである。また、膨張コンクリートを使用すると、載荷時のひびわれ発生の有無に関係なくその経時たわみは普通コンクリート使用のものに比較して約0.4~0.6倍程度にすぎない。

(2) 長期たわみについて、普通コンクリート使用のスラブは、端部上端筋の抜出し量として、その上端筋の鉄筋力によるもの( $S_1$ )の他に、スタブ内の乾燥収縮歪を考慮する( $S_2$ )と、解析値は実験値に比較的近似し、その際、 $S_2$ が経時たわみに大きく影響を与えることが本解析では示された。これについては、今後更に検討する必要があると思われる。

(参考文献) (文1) ACI Committee 435 Proposed Revisions By Committee 435 to ACI Building Code and Commentary Provisions on Deflections ACI Journal / June 1978 (文2) 岩原昭次「ひびわれを入れた鉄筋コンクリート床スラブの長期曲げ性状に関する研究(その3)」日本建築学会中国・九州支 昭和62年月 (文3) 東洋一、小森清司「鉄筋コンクリート床スラブの長期たわみに関する実験的研究(その2)」日本建築学会大会講演梗概集、昭和52年 (文4) 武田寿一、小柳光生「拘束スラブの長期たわみに関する研究」コンクリート工学、Vol.23, No.1, Jan. 1985 及び関連論文 (文5) 狩野芳一著「鉄筋コンクリート造の設計」P.87昭和55年、丸善 (文6) 小阪義夫、森田司朗共著「鉄筋コンクリート構造」P.52~P.61昭和5年、丸善 (文7) 鈴木計夫他「持続荷重下における異形鉄筋とコンクリートの付着特性」日本建築学会近畿支部研究報告、昭和60年