

(47) コンクリートばりの曲げ圧縮応力

東北大学 正員 尾坂芳夫
同 上 学生員 張 荻薇
同 上 学生員 小川和明

§-1、まえがき

近年、コンクリート部材の解析方法は、弾性理論から塑性理論へ、許容強度から終局強度へという転換が強く叫ばれている。この報告は、曲げ圧縮を受けるコンクリート部材の終局状態に至るまでの力学的性状を明らかにするため、行なったものである。実験は、各水準の強度を持つコンクリート試験体を用い、6種類の偏心率について集中荷重を載荷したものである。本報告は、実験結果の一部分について簡単に述べることにする。

§-2、実験計画

図-1に示すように、所定の偏心率に対して、集中荷重を作用させ、測定部分(無筋コンクリート)に一樣な曲げと軸力が同時に加わるようにした。

a、試験体 試験体の形状寸法は、図-1に示す通りで、試験体に用いたコンクリートの配合および性質を表-1および図-2に示す。又、試験体の種類は、表-2に示す通りである。

b、載荷装置および測定装置 荷重は200 tonのアムスラ型油圧試験機を用いて各偏心率に応じて偏心載荷した。ひずみの測定は、ワイヤストレーンゲージでデジタル歪測定装置および自動切換装置によって歪を連続的に自動記録した。

§-3、実験結果および解析

この実験および解析は、次の仮定をした。

① 断面は平面を保持する。

② コンクリートの圧縮応力は、その真の歪のみの函数であり、引張応力を無視する。

③ 試験体の破壊形式は、コンクリートの圧縮破壊であるようにした。したがって、偏心荷重は、どれも核内($e/d \leq \frac{1}{6}$)に載荷した。

上述の仮定に基づき、コンクリートの曲げ圧縮部の応力分布は、Hognestad氏およびCEBの指針によれば、図-3のような曲線が得られる。

Hognestad氏の理論:

$$\varepsilon \leq \varepsilon_0$$

$$\sigma_1(\varepsilon) = \left[2 \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} - \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \right)^2 \right] \sigma_b \quad \text{----- (1)}$$

$$\varepsilon_0 < \varepsilon \leq 3.8\%$$

$$\sigma_2(\varepsilon) = \left\{ 1 - \frac{0.15(\varepsilon - \varepsilon_0)}{(3.8 - \varepsilon_0)} \right\} \sigma_b \quad \text{----- (2)}$$

図-1、試験体および試験概要

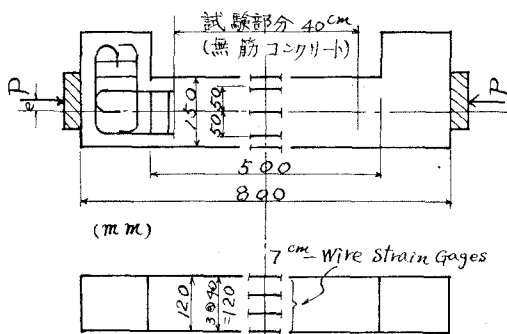
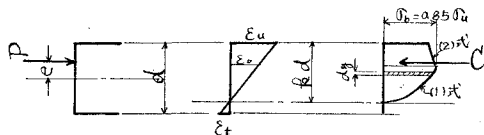


表-1、コンクリートの配合

配合番号	セメントの種類	骨材の種類	最大粗骨材の径(mm)	スラブの厚さ(mm)	w/c (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m³)				
							W	C	S	粗骨材	混合材
I	早強	砕石	20	7±1.5	53	42	165	311	766	1188	4.18 x 10 ⁻³
II	〃	〃	〃	3±1.5	40	42	160	400	742	1148	1.0
III	〃	〃	〃	19±1.5	26	40	156	600	645	1084	5.17 x 10 ⁻³

表-2、試験体の種類および概要

グループ	コンクリート配合番号	試験体番号	偏心率 e/d	コンクリートの 圧縮強度 σ_b (MPa)	最大応力時の 歪 ε_0 (%)	試験日 月 日 年
S	I	S-1	0	417	1.81	25
		S-2	1/15			
		S-3	1/25			
		S-4	1/30	431	2.13	
		S-5	1/10			
		S-6	1/6			
M	II	M-1	0	652	2.41	25
		M-2	1/15			
		M-3	1/25			
		M-4	1/30	688	2.37	
		M-5	1/10			
		M-6	1/6			
H	III	H-1	0	800 以上		
		H-2	1/15			
		H-3	1/25			
		H-4	1/30			
		H-5	1/10			
		H-6	1/6			



$$C = \int_0^d \sigma(\epsilon) \cdot b \cdot dy$$

$$= \frac{b \cdot d}{\epsilon_u + \epsilon_t} \left[\int_0^{\epsilon_u} \sigma_1(\epsilon) \cdot d\epsilon + \int_{\epsilon_u}^{\epsilon_t} \sigma_2(\epsilon) \cdot d\epsilon \right] \quad (3)$$

$$\therefore P = C = \frac{P_{ou}}{\epsilon_u + \epsilon_t} \left[\epsilon_u - \frac{1}{3} \epsilon_u - 0.075 \frac{(\epsilon_u^2 - \epsilon_t^2)}{(3.8 - \epsilon_u)} \right] \quad (4)$$

CEBの指針:

$$\epsilon \leq 2\% \quad \sigma_1(\epsilon) = \left(1 - \frac{\epsilon^2}{4}\right) \sigma_b \quad (5)$$

$$2\% < \epsilon \leq 3.5\% \quad \sigma_2(\epsilon) = \sigma_b \quad (6)$$

$$\therefore P = \frac{P_{ou}}{\epsilon_u + \epsilon_t} \left(\epsilon_u - \frac{2}{3} \right) \quad (7)$$

ここで、 $P_{ou} = 0.85 \sigma_u A_c$: 中心圧縮最大荷重

σ_u : コンクリートの圧縮強度

P : 軸方向力, $\sigma_b = 0.85 \sigma_u$

実験結果から、中立軸が試験体の断面内にある場合(M-5、M-6)、終局荷重の計算値と実験値との比較は、表-3に示す通りである。又、終局軸方向力と歪率との関係は、圧縮破壊に関して Whitneyの理論によれば

$$P = \frac{P_{ou}}{1 + 2.55 \epsilon/d} \quad (8)$$

(8)式を用いた計算値と実験値との比較は、表-4に示す通りである。尚、各偏心率について、軸方向力と歪の関係を図-4に示す。

表-3、実験値と(4)、(7)式による計算値の比較

試験体 番号	ϵ_u (%)	ϵ_t (%)	ϵ_c (%)	終局荷重 (t)				
				P_{test}	(4)式に よる $P_{cal.}$	(7)式に よる $P_{cal.}$	P_{test} (4)式 $P_{cal.}$	P_{test} (7)式 $P_{cal.}$
M-5	2.68	2.37	0.05	74.5	69.7	77.6	1.07	0.96
M-6	3.54	2.37	0.40	72.0	63.7	76.0	1.13	0.95

最後に、本実験では、載荷装置の都合上、最大荷重以後の領域、つまり、応力減退域での耐力(応力)と変形(歪)の挙動について測定できなかった。今後は、更に、実験を行ない、これについて究明するつもりである。又、本実験は、東北大学工学部の本橋賢一、田中朗彦両君との共同試験であることを記す。

図-2、円柱供試体の σ - ϵ の関係

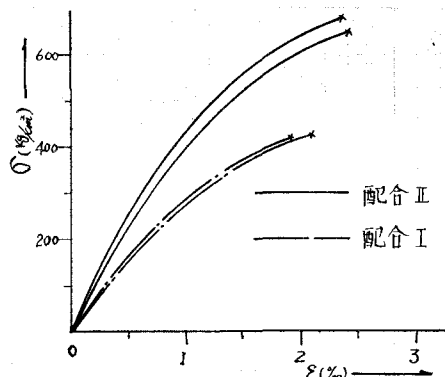


図-3、応力-ひずみ関係の概定

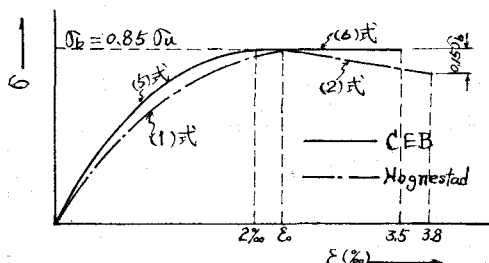


図-4、軸方向力と歪の関係(グループM)

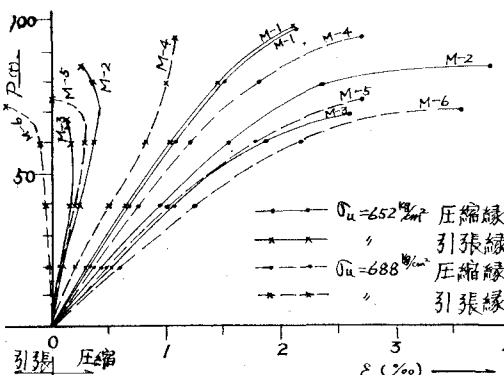


表-4、グループMの試験結果の概要

試験体 番号	コンクリートの 圧縮強度 (kg/cm^2)	偏心率 (%)	終局荷重 (t)			終局ひずみ (%)	
			P_{test}	$P_{cal.}$	$\frac{P_{test}}{P_{cal.}}$	引張線	圧縮線
M-1	652	0	98.5	99.8	0.99	2.04	2.11
M-2	"	1/15	84.8	84.2	1.01	0.23	3.81
M-3	"	1/7.5	69.5	73.5	0.95	0.11	2.57
M-4	688	1/30	94.5	97.0	0.97	1.05	2.70
M-5	"	1/10	74.5	83.8	0.89	-0.05	2.68
M-6	"	1/6	72.0	73.8	0.98	-0.40	3.54

* : 中心圧縮に於ける終局荷重の計算式は $P = 0.85 \sigma_u A_c$ により、その他は(8)式によるものである。

** : "-" は、引張りひずみを示すものである。