

名古屋工業大学 正員 吉田 殊智
名古屋工業大学 学生員 ○奥田 義徳

1. まえがき

本実験は極限設計法と弾性設計法の相異を比較するための基礎実験として 鉄筋コンクリートばりの曲げ破壊モーメントの比較 および 破壊にいたる応力分布状態について調べたものである。

2. 使用材料 配合

セメント：浅野早産ベロセメント

細骨材：木曽川産, F.M. 278 比重 2.59

粗骨材：木曽川産 比重 2.64

鉄筋：普通丸鋼(φ9, 13, 16, 19, 22) 異形鉄筋(φ13)

実験に用いた示方配合は表-1のようである。

3. 実験方法

表-1 コンクリート配合表

Beam No.	粗骨材最大径 mm	スパン cm	単位水量 W $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	単位セメント量 C $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	W/C	S/A	単位細骨材量 S $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	単位粗骨材量 G $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
A, B, C, D, E, B'	20	110	135	331	40.7	37.6	733	1217
P	20	75	165	275	59.4	47.0	920	1037
Q	20	145	167	318	52.5	45.8	880	1037
R	20	95	169	360	47.0	44.6	837	1037
S	20	104	175	412	52.5	42.8	775	1037
T	20	94	190	490	38.8	39.7	683	1037

15×25×140cm³の木製型枠に主鉄筋2本、助筋6-14本を 図-1のように配置し、表-1の示方配合でコンクリートを打設した。A-Bは脱型後水中養生とし、P-Tは空中養生とした。材令15-21日で、図-1のように検長20mmのストレージ

ジを14-16枚貼付し、支間中央に曲げ破壊が生ずるように静的載荷試験を行った。

4. 実験の結果および考察

(1) 極限設計法による曲げ破壊モーメント M_u は次式で与えられる。

$$M_u / b d^2 = K_u = \gamma (1 - \gamma/2) \sigma_u \quad (1)$$

$$\sigma_u = k_1 k_2 \sigma_{cu}$$

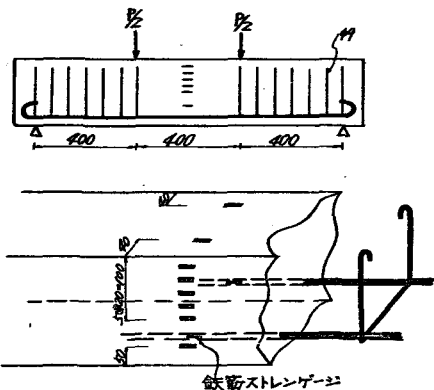
$$\gamma = P \sigma_y / \sigma_u$$

上式中、 k_1, k_2, k_3 はコンクリートの円柱圧縮試験によって得られる性状係数であるが、 k_1, k_2 の値は $\sigma_c = a E_c^2 + b E_c$ と仮定して求めた。

式(1)により計算した M_u および実験曲げ破壊モーメント $M_{u\text{test}}$ との比較は表-2のようである。表-2によれば、 $M_u / M_{u\text{test}}$ の値はBeam A-Bでは81.8% - 92.5%、Beam P-Tでは77.2% - 83.9%である。こ

のように、Beam P-TがBeam A-B'に比較してバラツキが少いかわりに全体に低い値を示しているのは、コンクリートの圧縮試験強度と、はり上部の圧縮強度が異なっているためと思われる。この強度差

図-1 配筋およびゲージ貼付位置



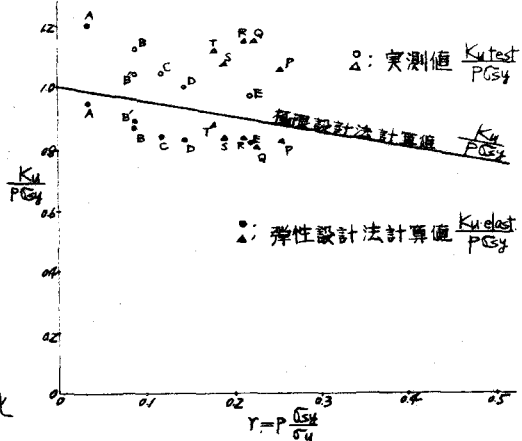
は、打込み方法、養生方法に大きく影響を受けるものである。Beam A-B' は二層に分けてコンクリートを打設し、水中養生としたが、Beam P-T は一層に打設し激しくバイブレーターをかき、空中養生としたことなども考え合わせれば上記の差が生じたこともうなずける。また、式(1)より、 M_u の計算誤差はコンクリートの有効平均圧縮応力の誤差よりも、鉄筋比 P および弾伏応力 σ_{sy} の測定誤差による影響の方がはるかに大きいことがわかる。事実、本実験においてもコンクリート強度を一定とし、鉄筋比を変えた Beam A-E においては、 P が大になるほど $M_u/M_{u\text{test}}$ の値が1に近づく傾向にある。さらに平面保持の仮定を満たす付着力の影響も大きい。異形鉄筋使用の Beam B の $M_u/M_{u\text{test}}$ は 0.92 を示しており、他に比較してかなり実測値に近しいものである。

表-2 鉄筋コンクリートばりの曲げ試験結果

Beam No.	b cm	d cm	主 鉄 筋 本数 形状 径	P %	σ_{sy} kg/cm ²	σ_{cu} kg/cm ²	γ	計算値 M_u t-cm	実測値 $M_{u\text{test}}$ t-cm	M_u $M_{u\text{test}}$	$K_{u\text{test}}$ PG _{sy}	計算値 $M_{u\text{elast}}$ t-cm	実測値 $M_{u\text{elast}}$ t-cm	$K_{u\text{elast}}$ PG _{sy}	$M_u-M_{u\text{elast}}$ $M_{u\text{test}}$
A	15.6	20.8	2-R ϕ 9	0.39	3130	4664	0.032	81	99	0.818	1.20	78	0.788	0.85	0.036
B	15.3	19.6	2-R ϕ 13	0.89	3770	447	0.086	188	219	0.859	1.12	169	0.772	0.86	0.087
C	15.5	20.1	2-R ϕ 16	1.29	3550	447	0.116	266	299	0.890	1.04	239	0.900	0.83	0.090
D	16.0	22.5	2-R ϕ 19	1.58	3485	447	0.142	416	449	0.925	1.00	369	0.822	0.82	0.103
E	15.3	19.7	2-R ϕ 22	2.54	3341	447	0.218	448	489	0.916	0.97	412	0.841	0.82	0.075
B'	16.3	19.2	2-D ϕ 13	0.85	3937	4664	0.088	192	209	0.919	1.03	178	0.852	0.89	0.067
P	14.6	18.0	2-R ϕ 19	2.16	3485	280	0.234	312	379	0.824	1.06	293	0.773	0.82	0.051
Q	15.2	20.2	2-R ϕ 19	1.85	3485	331.3	0.224	357	462.9	0.772	1.15	326	0.704	0.81	0.068
R	15.2	19.1	2-R ϕ 19	1.95	3485	378	0.210	338	433.8	0.779	1.15	315	0.726	0.84	0.053
S	14.9	19.7	2-R ϕ 19	1.93	3485	404.7	0.188	354	422.1	0.839	1.08	327	0.775	0.84	0.064
T	15.0	19.6	2-R ϕ 19	1.93	3485	443	0.175	354	434	0.916	1.12	343	0.789	0.89	0.027

(2) 極限設計法による曲げ破壊モーメント M_u と弾性設計法による曲げ破壊モーメント $M_{u\text{elast}}$ の比較
 両設計法の相異は、計算式中に個々のコンクリート強度の影響をとりに入れているか、いないかの相異である。したがって、コンクリート強度の影響をとりに入れている極限設計法の方が、抵抗モーメントアーム z の値が大になり実測値に近いはずである。このことは表-2、あるいは図-2 をみれば明きらかである。また Beam A-E をみれば、鉄筋比 P の増加にしたがって極限設計法の方が有利になる傾向にある。Beam P-T をみれば、 $P=1.96\%$ のときには、53% 極限設計法の方が有利であることと示している。

図-2 実測値と計算値の比較



(3) 鉄筋引張力 T とコンクリート圧縮力 C の変化
 種々の曲げモーメント $M_{u\text{test}}$ に対する T/C の変化は
 図-3 に示したようである。ここで、 T 、 C はストレインゲージの読み、それぞれ鉄筋、コンクリー

トの応力-ひずみ図に照合して求めたものである。一点鎖線は T/C の平均値であるが、はり上部が圧縮試験強度よりも10-15%程度弱いこと、および鉄筋に貼付したゲージが鉄筋軸から逸脱していることを考慮に入れれば、実際の $T/C - M_{test}/M_{utest}$ 線は、点線で示された値に近いものと思われる。したがって最大荷重の $1/2$ のときには全引張力の $1/2$ をコンクリートが負担し、破壊直前には全引張力の $1/2$ 程度をコンクリートが負担していることになる。

(4) 破壊直前の測定応力分布図より求めた曲げモーメント M_1, M_2, M_3 と実測値 M_{utest} との比較

破壊直前のストレングスの読みより求めた応力分布図は図-4のようになる。この場合の曲げモーメント M_1, M_2, M_3 を M_{utest} と比較したものが図-5である。最初の思惑としては材料の性質上 M_1 よりも M_3 の方が M_{utest} に近いものと思われたが、結果は逆で、 M_1 には M_{utest} に近い値が半数ほどあるのに対し、 M_3 は一様に低く、平均すると M_{utest} の 67.8% にとどまっている。しかしながら、 M_3 には M_1 のようなバラツキはみられない。

これらの結果に対しては実験方法、実験作業の良否および鉄筋コンクリートはり自体の基本的性質等が影響をおよぼすのであるが、それらの割合をも調べるためには、さらに詳細な実験検討を必要とする。

最後に、共同実験者の桑名通安、今井宏之両君に深く謝意を表す。

図-3 コンクリート圧縮力 C と鉄筋引張力 T のつりあい

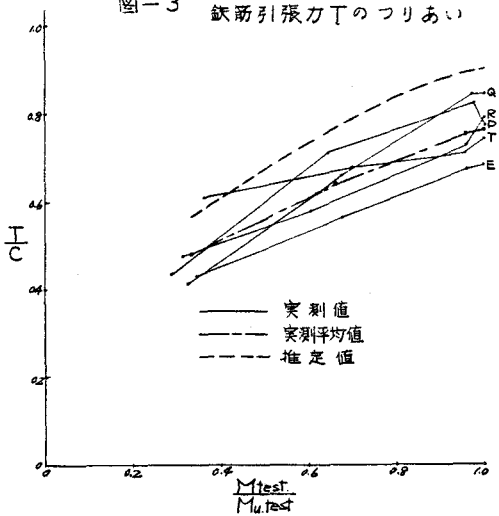


図-4 破壊直前の測定応力分布図

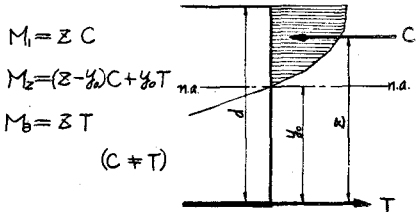
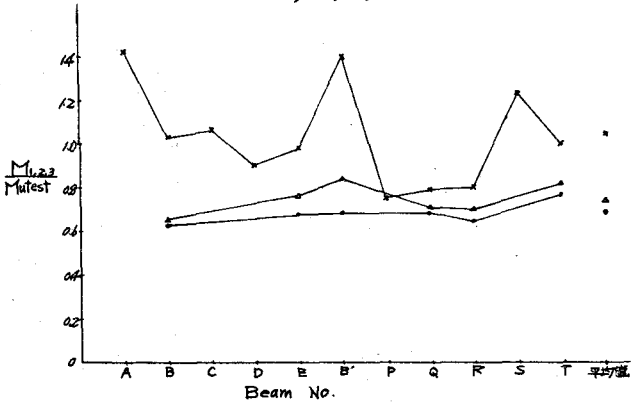


図-5 M_1, M_2, M_3 と M_{utest} との比較



参考文献: A General Flexural Theory of Reinforced Concrete with Particular Emphasis on the Inelastic Behavior of the Concrete and Reinforcement; Hjalmar Granholm