

東京理科大学 正員 村田 三郎,  
神 山 行 男

鉄筋コンクリートの高橋脚などでは、耐震性を考慮して鉄骨を挿入するところが多いが、一般的に行なわれている。しかし最近では鉄筋が用いられ、これを鉄骨にかわりを用いることが考えられる。この実験は、直径41mmの高強度異形鉄筋を用いた鉄筋コンクリート柱と鉄骨を用いた同形の鉄骨柱の曲げ実験を行う。これらの復元性、じん性、および振動時の減衰特性を比較検討した。さらに、小型鉄骨柱を用い、軸筋と帯筋との結合方法が鉄筋コンクリートの変形特性に及ぼす影響をたしかめるため、軸筋と帯筋とを溶接したものと、単に鉄線で結束したものの、純粋な比較実験を行う実験を行ったものである。

### (1) 曲げ実験

鉄筋コンクリートおよび鉄骨コンクリート試験体は図1に示す断面を持ち、スパン中央に上下から載荷する下方に突出部を有している。

スパンを4.05mとし、スパン中央に上下から一対載荷とした。荷重は5kNから正負の両方に増えるよう載荷しながら逐次増加し破壊に至らした。なお、負荷荷重はジャッキの容量が50kNまでとした。

各荷重段階で、スパン中央の右側、鋼材応力変形曲線の測定を行った。

(1) 復元性 復元性を  $G_p/G_u$  で示せば図2のようになる。復元性は新荷重付与ではRCとSCとで大差ないが、降伏荷

図1. 正負より曲げ試験体

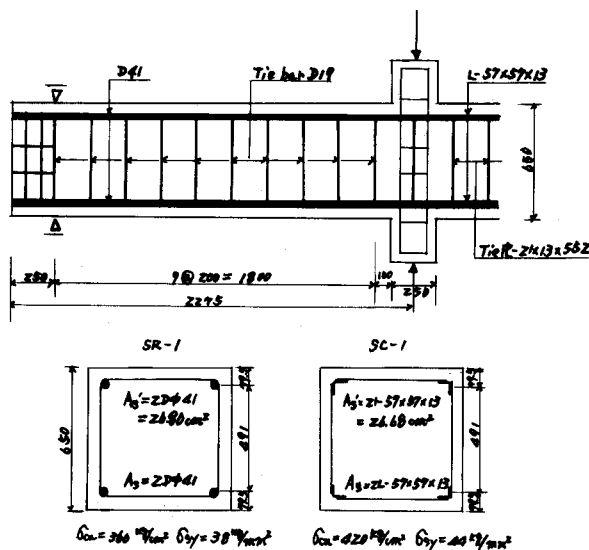


図3 荷重-変位曲線

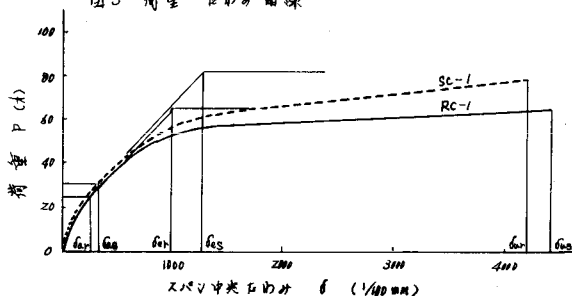
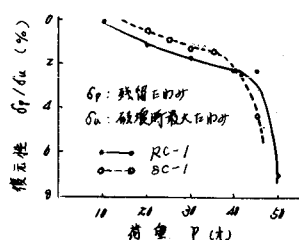


図2 復元性



単位重から急激に低下し、低下する荷重はRCの場合45才( $P/P_u$  = 約70%), SCの場合40才( $P/P_u$  = 約50%)でRCの方が大きい。これはRCとSCとでコンクリートの曲げひびわれ性状が相異する(と表3)等によると思われる。

(2) じん性 鋼材の変形能を最大たわみと弾性たわみとの比 $\mu_s = \delta_u/\delta_e$ で、エネルギー吸収能を最大変形容量と弾性変形容量との比 $\mu_w = W_u/W_e$ で示せば、表2のようになる。また、鋼材のねばり(破壊荷重断面積と許容荷重断面積との比)で定義すれば、表1のようになる。鋼材のじん性はRCとSCとでほとんど差異はなく、むしろRCの方が幾分大きい。

(3) 鉄筋筋の減衰性 正負反復荷重を加えたときの荷重-たわみ曲線の履歴ループの面積 $\Delta W$ と位置エネルギー $W$ との比 $R = \Delta W/W = \text{ループ}ABCD/\Delta AOE + \Delta COF$ (図5)を求め、鉄筋筋の減衰性を評価した。図5に、等価粘性減衰定数 $\beta = \frac{1}{2\pi}R$ と荷重との関係を示した。

$\beta$ はRCとSCとでほぼ一致しており、荷重約40才におよば、 $\beta$ は約5%である。

(4) ひびわれ中 試験体断面の正負軸鉄筋の同心位置に6mm間隔に埋込んだ鉄片上の標尺間の距離をコンタクトゲージを用いて測定し、コンクリートの引張ひびきを無視してひびわれ中を求めた。実験結果は表3のようである。同じ鋼材応力度におけるひびわれ中ではSCの場合RCの約1.5倍であり、RCの有利性が示されている。

5. ねばり試験

ねばり試験供試体は鉄筋コンクリート2個と鉄骨コンクリート1個であり、図5に示すように軸

図4 等価粘性減衰定数

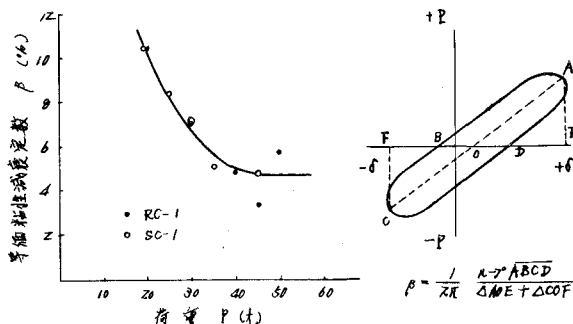


表1 ねばり

| 試験体  | 許容荷重 $P_c$ (k) | 許容荷重時変形量 $\delta_c$ (mm) | 許容荷重時たわみ $W_c$ (kmm) | 破壊荷重 $P_u$ (k) | 破壊荷重時変形量 $\delta_u$ (mm) | 破壊荷重時たわみ $W_u$ (kmm) | ねばり $\mu_u/\mu_c$ |
|------|----------------|--------------------------|----------------------|----------------|--------------------------|----------------------|-------------------|
| RC-1 | 25.3           | 260                      | 4.0                  | 65.9           | 4410                     | 246.1                | 61.7              |
| SC-1 | 20.5           | 210                      | 6.0                  | 82.5           | 4104                     | 262.7                | 41.1              |

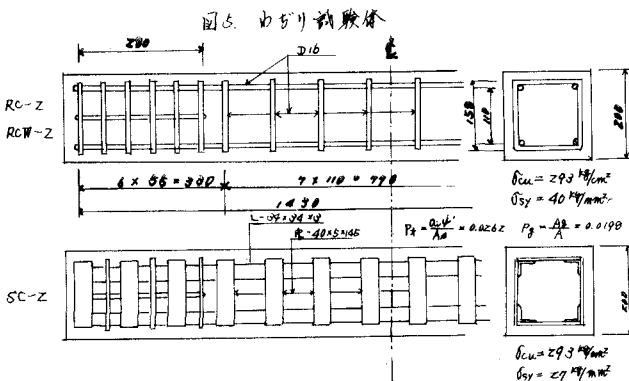
(注) 許容荷重は  $\delta_{cu} = 69/z$  としたため。

表2 じん性

| 試験体  | 弾性たわみ時         |                     |                  | 最大たわみ時         |                     |                  | じん性                         |                   |
|------|----------------|---------------------|------------------|----------------|---------------------|------------------|-----------------------------|-------------------|
|      | 最大荷重 $P_c$ (k) | 変形量 $\delta_c$ (mm) | 変形容量 $W_c$ (kmm) | 最大荷重 $P_u$ (k) | 変形量 $\delta_u$ (mm) | 変形容量 $W_u$ (kmm) | $\mu_s = \delta_u/\delta_c$ | $\mu_w = W_u/W_c$ |
| RC-1 | 54.0           | 919                 | 35.6             | 65.9           | 4410                | 246.1            | 4.5                         | 6.9               |
| SC-1 | 61.0           | 1260                | 34.4             | 82.5           | 4104                | 262.7            | 3.3                         | 4.8               |

表3 ひびわれ中

| 鋼材応力 $\sigma$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) | 平均ひびわれ中(mm) |      | SC/RC |
|-------------------------------------------|-------------|------|-------|
|                                           | RC-1        | SC-1 |       |
| 2000                                      | 0.21        | 0.32 | 1.62  |
| 2500                                      | 0.30        | 0.43 | 1.43  |



方向鋼材比  $P_y$  およびねじり補強鋼材比  $P_t$  を同一としてある。RC供試体2個のうち1個は軸方向鉄筋とスターラップとを単にはずし鉄線に結束したものの(RC-Z)、他は接合部をエングロースト路持したものである。

図6 ねじり試験状況

図6に示すように、供試体の両端に鉄筋をボルト締めし、アーム長を  $40\text{ cm}$  として鉛直荷重を載荷し、純粋なねじりを与えた。荷重は正方向載荷の後に、 $0.6\text{ N}$  の増加ごとに  $0.6\text{ N}$  にもどす繰返し載荷とした。

各荷重段階で供試体中心から  $40\text{ cm}$  の位置にセットした5個のアーム先端の変位を  $1/100\text{ mm}$  タイヤルゲージで測定して円転角を求めるとともに、鋼材の応力度も測定した。

ただし、使用した鉄骨と鉄筋の降伏状態が著しく相異なっており、SCは鉄骨の降伏によりねじり破壊をなしたほか、RCはコンクリートの破壊によるねじり破壊をなした。変形特性の比較が十分できなかった。

(1) 復元性 図8はスケーリングしたRC供試体のねじりモーメントと残留円転角との関係を示したもので、弾性範囲では両者は差異は認められず、これを超過した場合には、軸筋とスターラップとを路持したもののほうが鉄線結束したものより劣っている。

(2) じん性 鋼材のじん性を曲げ試験の場合と同様に定義すれば、弾性変形、最大変形、弾性変形容量、最大変形容量(図7)からじん性は表4のようになり、軸筋とスターラップとの路持により、じん性は約1.4倍となる。ねじりは表5のようであり、路持したもののねじり鉄線結束の場合の約1.4倍となり、路持の有利性が認められる。

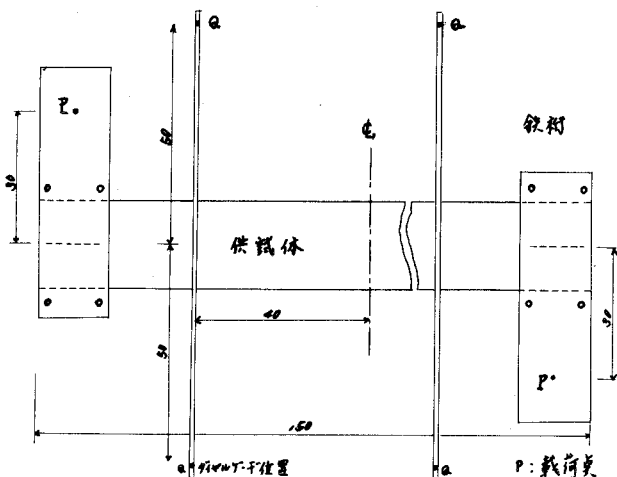


図7 ねじりモーメント-回転角曲線

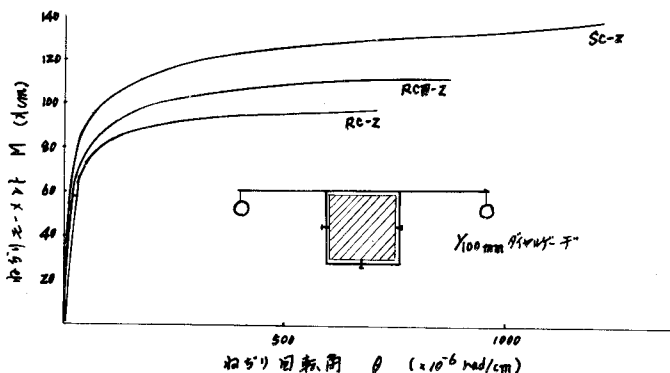
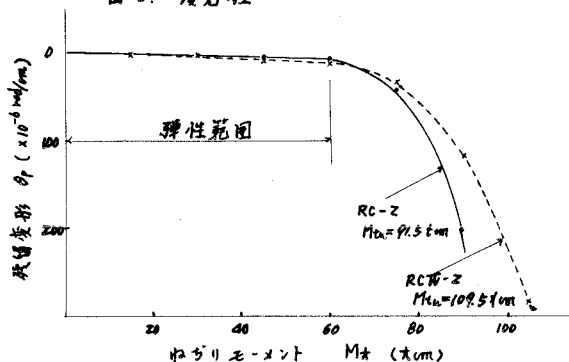


図8. 復元性



(3) ねじり剛性 供試体の弾性範囲に示けるねじりモーメント-回転角の関係は図9に示すようであり、SC、RCの場合RCのそれと比べねじり剛性は低減を与えれば、実験値とよく一致する。

$\theta = M_t / G I_p$        $\theta$ : ねじり回転角 (rad/cm),       $M_t$ : ねじりモーメント (tcm)       $G$ : セン断弾性係数 ( $\text{kg/cm}^2$ )       $I_p$ : 断面二次モーメント ( $\text{cm}^4$ )

ねじり剛性:  $G I_p$       SC       $G I_p = G_c I_{cp} + 0.8 G_s I_{sp} + G_s I_{sp}$   
 RCW       $G I_p = G_c I_{cp} + G_s I_{sp}$   
 RC       $G I_p = G_c I_{cp} + \frac{1}{2} G_s I_{sp}$

ここで、 $G_c$ : コンクリートのせん断弾性係数 ( $\text{kg/cm}^2$ )       $G_s$ : 鋼材のせん断弾性係数 ( $\text{kg/cm}^2$ )  
 $I_{cp}$ : コンクリート全断面の断面二次モーメント ( $\text{cm}^4$ )       $I_{sp}$ : ねじり鋼材の断面二次モーメントの断面二次モーメント ( $\text{cm}^4$ )       $I_{sp}$ : 鋼材の断面二次モーメント ( $\text{cm}^4$ )

軸筋とスラブラップとを保持するにより、通常のRC構造の場合にくさば、鋼材のねじり剛性を約4倍に高まるとかである。

小型供試体の曲げ試験結果はコリては、当日発表する。

表4 曲げ性

| 試験体   | 弾性変形所                |                                   |                    | 最大変形所                |                                   |                    | 曲げ性            |                  |
|-------|----------------------|-----------------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------------|----------------|------------------|
|       | ねじりモーメント $M_t$ (tcm) | 変形量 $\theta$ ( $\times 10^3$ rad) | 変形量 $\theta$ (rad) | ねじりモーメント $M_t$ (tcm) | 変形量 $\theta$ ( $\times 10^3$ rad) | 変形量 $\theta$ (rad) | $M_t / \theta$ | $M_t / \theta_u$ |
| SC-Z  | 116.7                | 38.3                              | 1.77               | 138.0                | 122.5                             | 163.3              | 38.7           | 92.4             |
| RCW-Z | 103.5                | 36.1                              | 1.71               | 109.5                | 87.0                              | 87.7               | 28.1           | 51.4             |
| RC-Z  | 89.6                 | 36.5                              | 1.53               | 91.5                 | 78.6                              | 68.8               | 19.3           | 38.7             |

表5 ねじり

| 試験体   | 許容ねじりモーメント $M_t$ (tcm) | 許容変形量 $\theta$ ( $\times 10^3$ rad) | 許容変形量 $\theta$ (rad) | 破壊ねじりモーメント $M_t$ (tcm) | 破壊変形量 $\theta$ ( $\times 10^3$ rad) | 破壊変形量 $\theta$ (rad) | ねじり $M_t / \theta$ |
|-------|------------------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------|
|       | $M_t$ (tcm)            | $\theta$ ( $\times 10^3$ rad)       | $\theta$ (rad)       | $M_t$ (tcm)            | $\theta$ ( $\times 10^3$ rad)       | $\theta$ (rad)       | $M_t / \theta$     |
| SC-Z  | 46.0                   | 13.5                                | 0.311                | 138.0                  | 122.5                               | 163.3                | 526                |
| RCW-Z | 36.5                   | 10.7                                | 0.185                | 109.5                  | 87.0                                | 87.7                 | 484                |
| RC-Z  | 30.5                   | 12.4                                | 0.184                | 91.5                   | 78.6                                | 68.8                 | 322                |

$M_t = \frac{M_t}{\theta}$  とする

図9. ねじり剛性の実験値

