

# V-193 橋脚のせん断補強とじん性について

国鉄構造物設計事務所 正員 栗原 啓之  
 — “ — 正員 石橋 忠良  
 — “ — 正員 大坪 正行

## 1 まえがき

鉄筋コンクリート構造物の耐震性能は、部材のじん性を大きくすれば向上する。このじん性に大きな影響を与えるものとして、せん断補強鉄筋の存在が考えられている。しかし、既設の鉄筋コンクリート橋脚には、せん断補強鉄筋の非常に少ないものが多い。

本稿は、実際の橋脚の耐震性能を確認することを主な目的として行なった橋脚模型の交番載荷試験の結果を報告するものである。

## 2 試験の概要

試験は耐震性能の比較的劣ると思われるせん断スパン比 $a/d$ が4以下の鉄筋コンクリート橋脚を対象として試験体の種類とその諸元を図-1および表-1のように定めた。試験体Ⅰ～Ⅳは、軸方向鉄筋の曲げ引張降伏時の発生せん断応力度が実橋脚とほぼ同様となるようにした。ⅠとⅡおよびⅢとⅣではせん断補強鉄筋（以下、帯鉄筋という）の有無によるじん性の比較を目的とした。ⅤとⅥは、発生せん断応力度が実橋脚よりも大きくなるようにし、そのせん断力に対しての帯鉄筋量を求め、ともにその $4/3$ 倍の帯鉄筋を配置した。

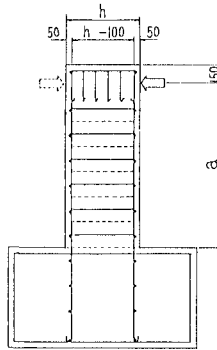


図-1 試験体概要

表-1 試験体の種類とその諸元

| 試験体 | 高さ $a$<br>(cm) | 厚さ $h$<br>(cm) | $M/d$<br>$= a/d$ | 軸筋<br>率 $\rho_f$<br>(%) | 帯筋<br>率 $\rho_w$<br>(%) | 車力<br>率 $\rho_n$<br>(%) | 試験体強度<br>(計算値) | $R_y$<br>(t) | $R_u$<br>(t) | $T_u$<br>(kg/cm) |
|-----|----------------|----------------|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|--------------|--------------|------------------|
| Ⅰ   | 140            | 40             | 4.0              | 0.35                    | 0.1                     | 10                      | 12.2           | 12.5         | 6.8          |                  |
| Ⅱ   | 140            | 40             | 4.0              | 0.35                    | 0                       | 10                      | 12.2           | 12.5         | 6.8          |                  |
| Ⅲ   | 105            | 40             | 3.0              | 0.23                    | 0.1                     | 10                      | 12.2           | 12.7         | 6.9          |                  |
| Ⅳ   | 105            | 40             | 3.0              | 0.23                    | 0                       | 10                      | 12.2           | 12.7         | 6.9          |                  |
| Ⅴ   | 155            | 40             | 2.5              | 1.09                    | 0.27                    | 10                      | 19.5           | 20.1         | 10.9         |                  |
| Ⅵ   | 110            | 60             | 1.5              | 0.66                    | 0.63                    | 10                      | 45.0           | 46.5         | 16.1         |                  |

単位：cm

載荷は油圧ジャッキを用いて、一定軸力( $\sigma_n=10\text{ kg/cm}^2$ ) 載荷のもとで水平交番繰返し載荷を行なった。軸方向鉄筋のひずみが降伏点ひずみに達するまでは荷重制御により、それ以後は降伏点変位( $\delta_y$ )の整数倍の変位の変位制御により、各 $\delta_y$ とも10サイクルを基本として、 $2\delta_y$ 、 $3\delta_y$ 、……と増加させていき、橋脚の耐力が明らかに軸方向鉄筋降伏時の耐力より低下した場合、または、 $4\delta_y$ 以上のじん性を確認できた場合に載荷を終了させた。

## 3 試験結果および考察

試験体ⅠおよびⅤの1 $\delta_y$ 載荷後および載荷終了時のひびわれ状況を図-2に示す。試験体ⅠおよびⅤとも最初曲げひびわれが発生し1 $\delta_y$ 後にはそれがやや斜め方向に進展した程度である。載荷終了時には橋脚の下端に発生した曲げひびわれが発達している。また、他の試験体の場合も同様のことがいえる。

次に、試験体Ⅰ、Ⅱ、ⅤおよびⅥの荷重-変位曲線を図-3に示し、また、試験体Ⅰ～

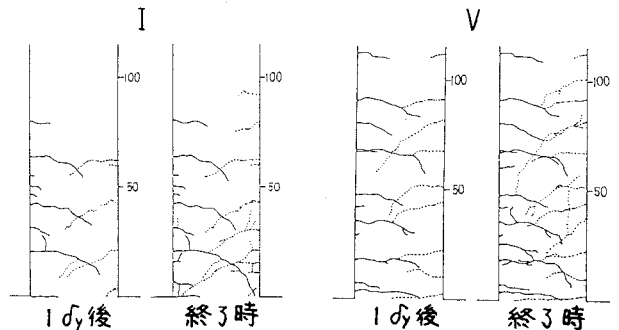


図-2 ひびわれ状況

VIの荷重-変位曲線の包絡線を図-4に示す。

橋脚の耐力が降伏耐力を超えて最大値に達したのち降伏耐力以下に低下する前の変位を終局変位( $\delta_u$ )とみなし、その変位の降伏変位( $\delta_y$ )に対する比( $\delta_u/\delta_y$ )をじん性率( $\mu$ )と定義する。

試験体IおよびIIは、じん性率が4以上あることを確認できたので載荷を終了した。また、VおよびVIは、 $\pm 3\delta_y$ までは安定した耐力を示したが、 $\pm 4\delta_y$ 載荷中に耐力低下が明らかになってきた。

また、各試験体について、試験結果を表-2に示す。

表の $P_u$ は部材の曲げ破壊耐力( $M_u$ )から求めたせん断耐力であり、 $V_y$ はせん断補強鉄筋の降伏時の耐力で、以下に示す土木学会限界状態設計法試案の算定式より求めた。

$$V_c = f_{vd}(1 + \beta_d + \beta_p + \beta_n) b_w d$$

$$V_y = V_c + A_w f_{wd} \frac{z(\sin \alpha + \cos \alpha)}{S}$$

実際の橋脚の多くは、軸方向鉄筋の曲げ引張降伏時の発生せん断応力度は $7\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下である。I~IVの試験体はすべてじん性率が4以上であり、せん断スパン比が3以上で軸方向鉄筋比0.3%程度、曲げ降伏時の発生せん断応力度が $7\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下であれば、帯鉄筋がなくても耐震的に十分と思われる。Vの試験体は軸方向鉄筋比が多く、せん断スパン比も2.5と小さいため、また、VIの試験体はせん断スパン比が1.5と極端に小さいために、帯鉄筋を十分に入れたのにもかかわらずじん性が小さくなっている。

4 あとがき

以上より、橋脚下端の耐震性能は、軸方向鉄筋比が0.3%程度、 $a/d$ が3以上および曲げ降伏時のせん断応力度が $7\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下のものについては十分と思われる。しかし、せん断スパン比 $a/d$ の小さいもの、軸方向鉄筋比の多いものおよび曲げ降伏時の発生せん断応力度の大きいものについては、さらに確認していく必要がある。

おわりに、実験およびデータの整理にあたり清水建設研究所 小林晋爾、石井勝両氏の御協力を得たことに對し、紙面をかりて御礼申し上げます。

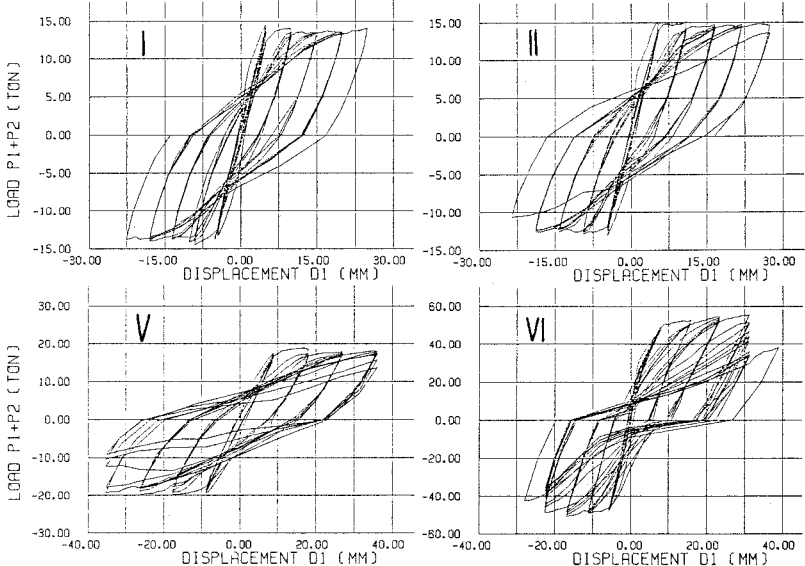


図-3 荷重-変位曲線

表-2 耐力、変位およびじん性率

| 試験体 | $R_y$<br>(t) | $P_{max}$<br>(t) | $P_y/R_y$ | $\delta_y$<br>(mm) | $\delta_u$<br>(mm) | $\mu$<br>( $\delta_u/\delta_y$ ) | 計算値<br>$P_u$<br>(t) | $V_y$<br>(t) | $V_y/P_u$ |
|-----|--------------|------------------|-----------|--------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|--------------|-----------|
| I   | 14.0         | 14.5             | 1.04      | 5.0                | 20.0               | 4 <sup>†</sup>                   | 12.5                | 17.0         | 1.36      |
| II  | 14.1         | 15.1             | 1.07      | 5.5                | 22.0               | 4                                | 12.5                | 10.5         | 0.84      |
| III | 16.2         | 17.8             | 1.10      | 3.7                | 14.8               | 4                                | 12.7                | 16.1         | 1.27      |
| IV  | 14.2         | 15.0             | 1.06      | 4.4                | 17.6               | 4                                | 12.7                | 9.7          | 0.76      |
| V   | 17.5         | 18.6             | 1.06      | 9.0                | 27.0               | 3                                | 20.1                | 32.3         | 1.61      |
| VI  | 48.1         | 55.9             | 1.16      | 7.8                | 23.4               | 3                                | 46.5                | 81.2         | 1.75      |

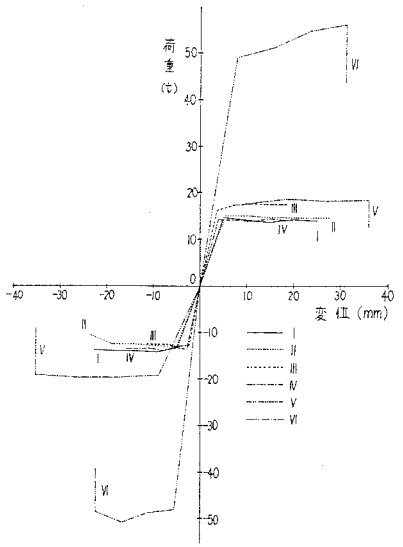


図-4 荷重-変位曲線の包絡線