

V-53

鉄筋コンクリート橋脚のせん断力に対する設計について

建設省土木研究所 ○正会員 中谷 昌一
建設省土木研究所 岡原美知夫
建設省土木研究所 正会員 田口 敬二
(株) 大林組 正会員 船越 敦*

1 はじめに

我が国は地震多発国であるため、橋脚等の柱部材では曲げモーメントに対する安全性のみならず、せん断力に対する安全性についても検討する必要がある。特に、橋脚等の鉄骨コンクリート（以下、RC）柱の設計においては、ぜい性的な破壊を避けるために、せん断耐力が曲げ耐力を上回るように設計することが耐震上望ましい。しかしながら、従来より道路橋下部構造にみられるRC柱部材の設計においては、原則として許容応力度法が適用されており、設計荷重以上の外力が作用した場合の挙動、すなわち、終局曲げ耐力や終局せん断耐力を考慮した設計は厳密に言えば行われていないのが現状である。一方、我が国においてもコンクリート標示方書（土木学会）の改訂にみられるように、終局状態に対して荷重や抵抗のばらつきを確率的に評価し部材の安全性を確保する、いわゆる限界状態設計法が実設計に取入れられる傾向にある。道路橋下部構造のRC柱部材の設計においては、特にぜい性的なせん断破壊に対する安全性を確保するために部材の有するせん断耐力を適確に把握する必要がある。本報告は、RC橋脚等のような柱部材を対象とした既往の荷重実験データを収集整理し破壊モードの分類を行うとともに、せん断スパン比の比較的小さな部材のせん断耐力算定式についてコンクリート標示方書に規定された式の補正を行い、さらに帯鉄筋による補強効果を調査し最小帯鉄筋比について検討したものである。

2. RC橋脚のせん断耐力に関する検討

2.1 実験データの収集および破壊モードの設定^{1) 2) 3) 4)}

国内の土木建築分野で実施されたRC柱部材の荷重試験データを収集し断面形状を矩形、せん断補強筋は帯鉄筋を対象とし301体を採用した。RC柱部材の水平力による破壊は、①主鉄筋の曲げ降伏する以前にせん断破壊する形態、②主鉄筋が曲げ降伏し斜めひび割れの発現無しに曲げ破壊する形態、③主鉄筋の曲げ降伏以後、斜めひび割れが発生し耐力低下を起し破壊するような①と②の中間的な破壊形態の3つに大別できる。橋脚等では、終局変位の降伏変位に対する比が4倍程度以上あれば十分な靱性が保持されているものとみなし、図-1に示すような破壊モードの概念図に基づいて4種類に分類した。破壊モードの特徴は表-1に示すとおりである。対象実験データに対して、上記の破壊モードについて分類し、せん断スパン比と引張鉄筋比に着目し図-2に示すようにグラフ化すれば、ぜい性的な破壊を示すS型およびSB型は、①せん断スパン比 $a/d < 3$ の領域、②引張鉄筋比 P_t の比較的多い領域に多くみられることがわかる。

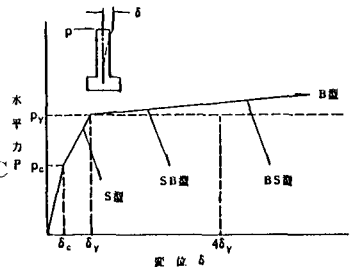


図-1 P-δ 曲線による破壊モードの分類

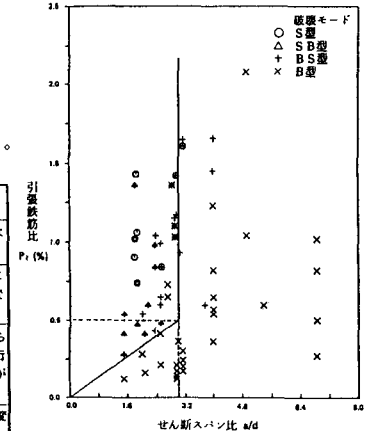


図-2 引張鉄筋比とせん断スパン比の関係（破壊モード別）

破壊モード	破壊モードの特徴
S型	斜めひび割れの進展に伴い、曲げ降伏荷重 P_y より小さい荷重で急激に破壊する。
SB型	曲げ降伏荷重 P_y より大きな荷重において急激に破壊する。変形性能が十分でなく、4.5 以下の変位において耐力が低下する。
BS型	斜めひび割れの発生後も急激な耐力の低下に至らず、4.5 P_y 以上の変位性能がある。曲げ降伏が先行した後、2～3.5 P_y の変位において斜めひび割れが発生することが多い。
B型	4.5 P_y までにほとんど斜めひび割れが発生せずに変形し、曲げ終局荷重 P_u において破壊する。

* 元土木研究所部外研究員

2. 2 セン断耐力算定式に関する検討⁵⁾

実験データのうち、ぜい性的なせん断破壊(S型, SB型)を呈した供試体を抽出すると、41体となった。この実験データについて、コンクリート標準示方書に規定されているせん断耐力算定式を基本に検討を行った。なお、検討にあたっては、部材係数等の設計用の安全係数は考慮しないものとした。

(1)式により計算される最大平均せん断応力度 τ_{cal} と実験結果から(2)式により計算される最大平均せん断応力度 τ_{max} との比について整理した。

$$\tau_{cal} = 0.9\beta_d\beta_p\beta_n\sqrt{\sigma_{cd}} \cdots (1) \quad \tau_{max} = P_{max}/bd \cdots (2)$$

β_d :有効高さに関する係数 τ_{max} :最大荷重

β_p :軸方向鉄筋比に関する係数 b :柱幅

β_n :軸方向力に関する係数 d :有効高さ

せん断破壊型を呈した41体のうち、帯鉄筋の配置されていない28体について計算すると図-3のようになる。明らかにせん断スパン比が小さい領域では、(1)式ではせん断耐力を最小に評価している。これは(1)式が設計式であり、簡便性および適用部材を考慮してせん断スパン比の効果を固定しているためであるが、RC橋脚のように大断面な部材については不経済な設計となる可能性があり、(3)式のような補正を提案した。

$$\tau_{cal}' = (4.0 - a/d)\tau_{cal} \cdots (3)$$

ただし、 $1 < a/d < 3$

(3)式による τ_{cal}' と τ_{max} とを比較すれば、図-4に示すように変動係数が減少するとともに計算値が実験値に近い値を示す。

2. 3 最小帯鉄筋比に関する検討

靱性のある曲げ破壊(B型, BS型)を呈した供試体の帯鉄筋量を調べ、引張鉄筋比~せん断スパン比平面上において帯鉄筋比別にプロットしたものが図-5である。図-5によれば、帯鉄筋が全く配置されていない場合においても、靱性に富んだ曲げ破壊を呈することが認められ、引張鉄筋比とせん断スパン比の関係において帯鉄筋を配置することが合理的であると考えられる。図-5に基づけば、概略図-6に示す帯鉄筋比以上を適切に配筋すれば靱性が確保できるものと思われる。

3 おわりに

道路橋下部構造にみられるRC柱部材は一般に低鉄筋部材であることを考慮し、今後安全係数や帯鉄筋に関する構造細目について検討を行う必要がある。

[参考文献]

- 1) 建設省土木研究所: RC橋脚の動的耐荷力に関する実験的研究(その1,その2)、土研資料第2232号、2279号
- 2) 石橋、吉野、青木: 鉄筋コンクリート部材のじん性率、構造物設計資料No.79、1984
- 3) 建設省建築研究所: 鉄筋コンクリート部材の強度と靱性、建築研究所報告書No.76、1977
- 4) 宮内、大久保: 軸圧縮応力度の大きい鉄筋コンクリート柱のじん性実験、首都高速道路公団技報第17号、1985
- 5) 土木学会: コンクリート標準示方書、昭和61年

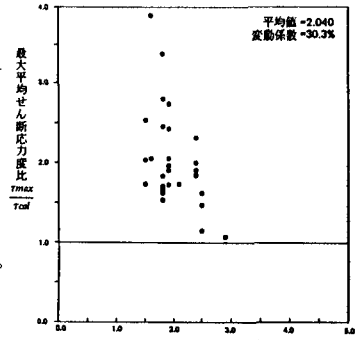


図-3 コンクリート標準示方書による計算値と実験値の比較 (対象: 28体)

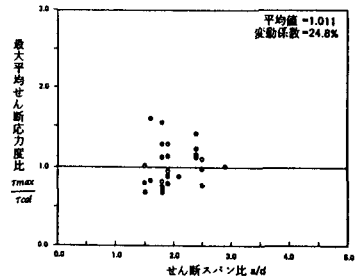


図-4 提案式による計算値と実験値の比較 (対象: 28体)

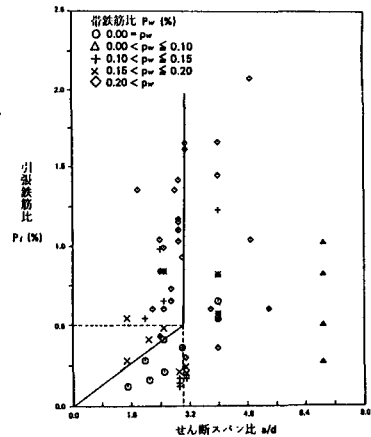


図-5 曲げ破壊型(B型, BS型) 供試体の最小帯鉄筋比

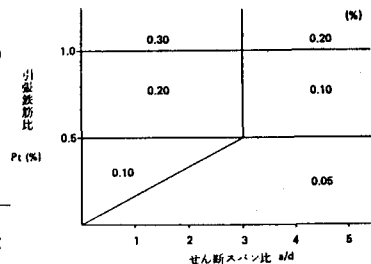


図-6 最小帯鉄筋比