

大阪市立大学工学部 正会員 中井 博
(株) 構造技研 正会員 坂口 三代治

大阪市立大学工学部 正会員 北田 俊行
阪神高速道路公団 正会員 徳林 宗考
大阪市立大学工学部 学生員 〇川副 孝行

1. まえがき 断面のコーナ一部に曲面を有する鋼製橋脚柱（以下、R 付き橋脚柱という）の耐荷性、および変形性能について検討するために、本研究では、脚柱の基部近傍のみにコンクリートを充填した橋脚柱（以下、部分合成橋脚柱という）に着目した 2 体の実験供試体を製作して、漸増繰返し変位載荷実験を行った。

2. 実験供試体の設計 表-1 に示す 2 体の実験供試体は、文献 1) の設計・施工の手引き（案）によって設計された縦方向補剛材を有する R 付き部分合成橋脚柱である。そこで、2 体の実験供試体の断面形状、および寸法は、同一とし、道路橋示方書Ⅱ鋼橋編²⁾ で定められている

表-1 実験供試体の内訳

No	実験供試体名	区分	断面形状	コンクリート 充填高さ	幅厚比 パラメータ	載荷方法
1	C-R-L/2-C	部分 合成柱		$L/2$	$R_p=0.494$	静的漸増繰返し 変位載荷
2	C-R-L/3-C			$L/3$		

幅厚比パラメータ R_p 、および補剛材剛比 γ を満足するように設計した。そして、各実験供試体の崩壊断面がそれぞれ鋼単独断面部、および合成断面部に位置するように、実験供試体のコンクリートの充填高さ L_c は、 $L/2$ 、および $L/3$ とした。なお、充填コンクリートは、低強度コンクリート（基準圧縮強度 $\sigma_{ck}=160\text{kgf/cm}^2$ ）を使用した。また、その直上には、必ずダイヤフラムを配置するようにした。

3. 静的漸増繰返し変位載荷実験 各実験供試体の耐荷性、および変形性能について調べるために、一定の作用軸方向力 N （上部構造

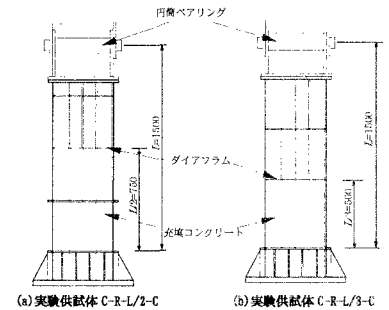


図-1 実験供試体の側面図（寸法単位：mm）

物の死荷重を想定し、充填コンクリートを見捨てた鋼断面の全塑性軸力 N_{ps} の 15%) を載荷させた状態で、制御された水平変位のもとに漸増繰返し変位載荷を行った。なお、1 回目の漸増変位としては、降伏水平変位 δ_{ys} を変位制御のもとに載荷した。そして、これを基準として、各繰返し回数ごとに、水平変位が降伏水平変位 δ_{ys} の 2 倍、3 倍、…と漸増するように水平変位を与えた。

各実験供試体の水平荷重—水平変位曲線を、図-2、および図-3 に示す。ただし、図中の水平変位 δ_θ は、漸増繰返し変位載荷実験による水平変位 δ から、実験供試体の基部が弾性支持されていることによって生じる剛体回転に起因した水平変位を取り除いた変位である。これらの図によると、各実験供試体の履歴特性は、いずれも $5\delta_{ys}$ の前後で鋼断面特有の紡錘型から、RC 断面特有の S 字型へと移行している。そして、水

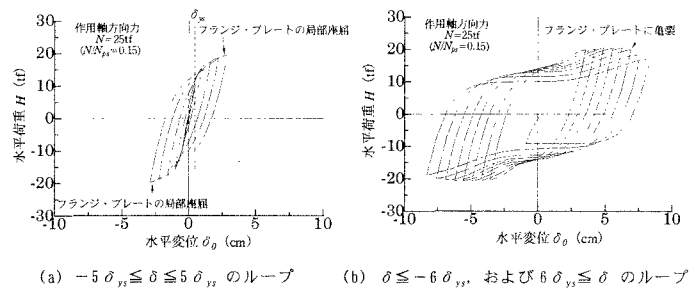


図-2 実験供試体 C-R-L/2-C の水平荷重—水平変位曲線

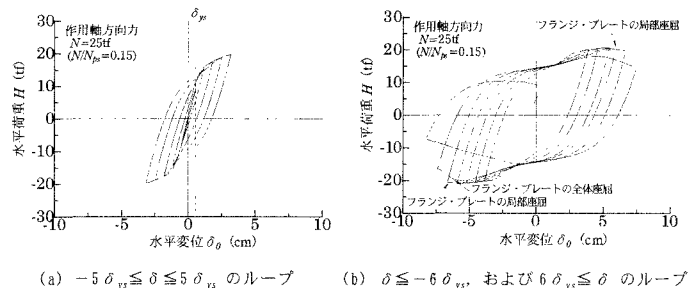


図-3 実験供試体 C-R-L/3-C の水平荷重—水平変位曲線

Hiroshi NAKAI, Toshiyuki KITADA, Miyoharu SAKAGUCHI, Munetaka TOKUBAYASHI and Takayuki KAWAZOE

平変位 δ が 9、および $10\delta_{ys}$ に達したときに、実験供試体 C-R-L/2-C、および C-R-L/3-C の水平荷重 H は、それぞれ最大値 20.8tf、および 21.1tf となった。さらに、実験供試体 C-R-L/2-C は、水平変位 δ が $11\delta_{ys}$ に達したときに、柱基部のフランジ・プレートに亀裂が発生し（このとき、縦補剛材の局部座屈が、同時に発生したものと考えられる。）、その後の耐荷力は、徐々に低下した。しかし、その低減率は、比較的小さい。これに対し、実験供試体 C-R-L/3-C は、水平変位 δ が $11\delta_{ys}$ に達する直前の最大水平荷重に達したときに、鋼単独断面部のフランジ・プレートが内側に向かってに著しく全体座屈を起こし始めた。また、その後の耐荷力は、繰返し回数ごとに著しく低下した。

また、図-4 には、各载荷サイクルのピーク荷重点を結んだ水平荷重—水平変位の包絡線を示している。両実験供試体は、実験供試体 C-R-L/3-C が最大水平荷重点に達するまで、ほぼ類似の挙動を呈している。しかし、実験供試体 C-R-L/2-C、および C-R-L/3-C の塑性率 μ ($=\delta_{u0}/\delta_{ys0}$ 、 δ_{u0} : 最大水平荷重点に対応する水平変位) は、それぞれ 13.4、および 10.9 となった。以上のことから、実験供試体 C-R-L/2-C は、実験供試体 C-R-L/3-C と比べて、変形性能が優れているといえる。

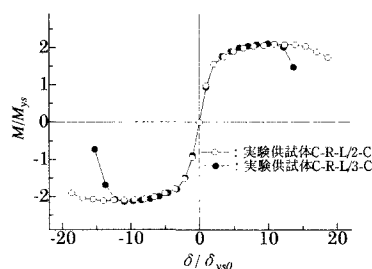


図-4 各実験供試体の水平荷重—水平変位の包絡線

4. コンクリートの必要充填高さに関する考察 実験供試体の終局限界状態における曲げモーメント図を、図-5 に示す。ここで、終局曲げモーメント M_u は、実験から得られた終局限界状態における実験供試体基部の合成断面の作用曲げモーメントを意味する。この M_u の値は、充填コンクリートの圧縮強度 σ_{ck} を用いて算出した合成断面の全塑性曲げモーメント M_{pc} の (1.04~1.06) 倍程度である。そして、 M_{pc} によって、合成断面の終局曲げモーメントは、精度よく推定できることがわかる。また、局部座屈の発生位置は、実験供試体 C-R-L/2-C の場合、柱基部だけであった。これに対し、実験供試体 C-R-L/3-C では柱基部、および鋼断面と合成断面との境界面直上の両方に局部座屈が生じた。このことから、実験供試体 C-R-L/3-C のコンクリート充填高さとしては、 $L/3$ がほぼ最適な充填高さであるといえる。しかし、実用的には、鋼単独断面が座屈しないための充填高さとしては、基部から ($L/2.5 \sim L/2$) 程度の高さが必要であると考えられる。この場合、基部の合成断面が全塑性曲げモーメント M_{pc} に達したとき、境界面直上の鋼断面では、作用曲げモーメントが (1.01~1.22) M_{ys} (M_{ys} : 鋼断面の降伏曲げモーメント) となる。ただし、作用曲げモーメント分布が三角形を呈さない場合、コンクリートの充填高さは、基部の合成断面が全塑性曲げモーメント M_{pc} に達したとき、境界面直上の鋼断面が (1.01~1.22) M_{ys} となるように設定すればよい。

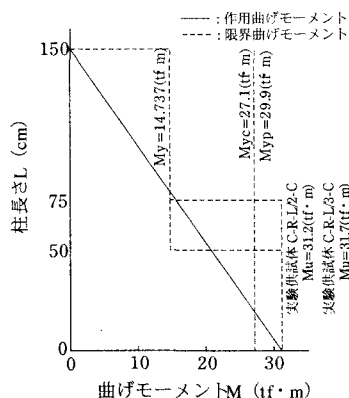


図-5 終局限界状態における曲げモーメント図と断面の各種限界曲げモーメント

5. まとめ

- 充填高さが不足し、鋼単独断面部分に局部座屈が発生して崩壊に至る R 付き橋脚柱と比べれば、局部座屈が発生しない高さまでコンクリートを部分充填した R 付き橋脚柱は、優れた変形性能を有していた。
- 合成断面の終局曲げモーメントは、その全塑性曲げモーメントによって精度よく推定できた。
- 対象とした単柱形式の R 付き橋脚柱における最適なコンクリート充填高さは、($L/2.5 \sim L/2$) となった。

この場合、柱基部の合成断面が全塑性モーメント M_{pc} に達したとき、境界面直上の鋼断面では、(1.01~1.22) M_{ys} となる。

参考文献

- 阪神高速道路公団：曲面を有する鋼製橋脚の設計・施工の手引き（案）、平成 6 年 3 月。
- 日本道路協会：道路橋示方書・同解説、I. 共通編、II. 鋼橋編、平成 8 年 12 月。