

第1部門 鋼とコンクリートとの付着の違いが合成柱の耐力と変形性能とに及ぼす効果に関する実験的研究

大阪市立大学工学部 学生員○谷 一成 大阪市立大学工学部 正 員 松村政秀
大阪市立大学工学部 正 員 北田俊行 大阪市立大学工学部 正 員 山口隆司
阪神高速道路公団 正 員 袴田文雄

1. まえがき 鋼とコンクリートとの付着に着目した実験は、合成部材や境界部分に着目し多数行われている。しかしながら、実橋脚に用いられるような、複数の縦補剛材を有する薄肉補剛板構造の梁・柱にコンクリートを充填した形式の実験供試体を用いた載荷実験が行われた例は、少ない。また、外側の鋼板などにより拘束を受けるコンクリートの構成則については、まだ十分に明らかにされておらず、未解明な点が多い。一般に、鋼製橋脚の設計には、車両の衝突による大変形を防止する目的で充填されている中埋めコンクリートが強度部材として考慮されていないことなど、コンクリートを充填した鋼製橋脚の耐震性を評価する上で明らかにすべき点が残されている。そこで、本研究では、鋼とコンクリートとの付着の程度が、橋脚柱の耐震性、および耐力とに及ぼす影響を明確にすることを一環として、縦補剛材を有する橋脚柱に、ダイヤフラムを設置した状態で、橋脚高さの3分の2までコンクリートを部分的に充填し、付着の有無の異なる3体の実験供試体を製作した。そして、一定の軸方向圧縮力を導入した状態で、漸増繰返し水平変位載荷実験を行い、塑性率と強度上昇率とに着目して考察を加える。

2. 実験供試体の設計 表-1 に示すような3体の実験供試体を製作した。そして、コンクリートの直上に位置する鋼断面に局部座屈が発生しないような高さ、すなわち橋脚高さの3分の2までコンクリートを充填し、ダイヤフラムによって密閉した¹⁾。また、鋼とコンクリートとの付着の程度を変えた実験供試体の充填効果の比較・検討には、鋼断面のみからなる実験供試体 CEO-1 の実験結果²⁾を基準として用いた。また、図-1 には、実験供試体の概要を示す。

3. 漸増繰返し水平変位載荷実験 まず、上部構造物の死荷重に想定する鋼断面の全塑性軸方向圧縮力の11%を作用軸方向圧縮力 $N(=232\text{kN})$ を導入した。つぎに、供試体頂部に $\pm n\delta_y$ ($n=1,2,\dots$) として降伏水平変位 δ_y づつ水平変位マイナス側から載荷し、実験供試体の耐力力の低下が認められるまで水平変位を制御した。

図-2 には、一例としてジベルを設置した実験供試体 CCJ-3 の水平荷重-水平変位曲線示す。ただし、繰返し回数の増加に伴い水平荷重-水平変位の履歴曲線の形状は、前半と後半では、明

表-1 実験供試体の内訳

実験供試体名	実験供試体の概要	付着の程度	コンクリートの充填高さ	断面の概要
CCO-1	箱断面内部にコンクリートを充填し、鋼とコンクリートとを自然な状態で付着させた実験供試体	自然付着	2/3L	
CCN-2	フランジ内部にグリスを塗り、さらにビニールシートを貼付することで鋼とコンクリートの付着を小さくした実験供試体	付着無し	2/3L	
CCJ-3	フランジ内部にジベルを設置し、鋼とコンクリートが一体となることを期待した実験供試体	完全付着	2/3L	
CEO-1 ²⁾	コンクリートを充填せず、鋼断面のみからなる実験供試体	-	-	

ここで、 L は、実験供試体基部から水平荷重の載荷位置までの距離を表す。

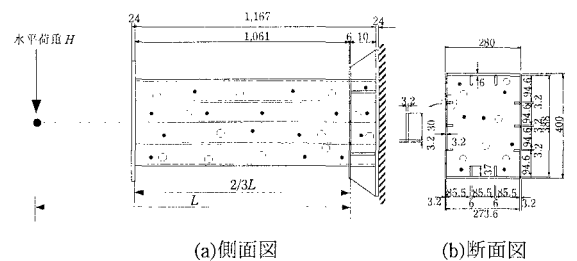
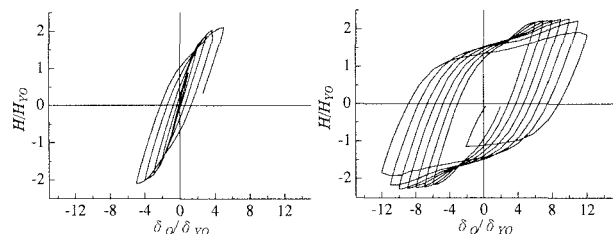


図-1 実験供試体の概要図 (実験供試体 CCO-1, 単位: mm)



(a) $-5\delta_y \leq \delta_0 \leq 5\delta_y$ (b) $\delta_0 > 5\delta_y, 5\delta_y < \delta_0$
図-2 水平荷重-水平変位曲線 (実験供試体 CCJ-3)

らかに異なっていた。そこで鋼断面特有の紡錘型のヒステリシスを描く前半と合成断面特有のS字型の後半とで分けて示している。同図の縦軸は、作用水平荷重 H を、鋼断面のみからなる場合の降伏水平荷重 H_{Y0} で無次元化したものである。また、横軸は、頂部の水平変位 δ_0 を実験供試体の降伏水平変位 δ_{Y0} で無次元化したものである。図-3 には、実験供試体の塑性率、およびピーク時の荷重を比較するために、各載荷サイクルの正側および負側の水平荷重曲線から各ピーク時点での座標値の絶対値の平均値をそれぞれプロットした包絡線を、それぞれ、示している。表-2 には、これらの図から得られた各実験供試体の CEO-1 に対する強度上昇率 β 、塑性率 μ_u 、および弾性実験から得られた曲げ剛度とを比較してまとめた。

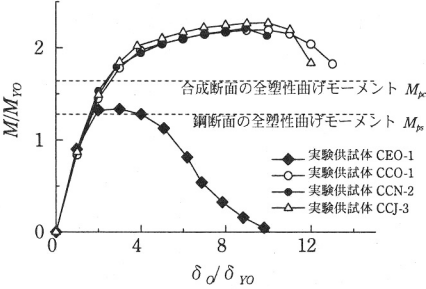


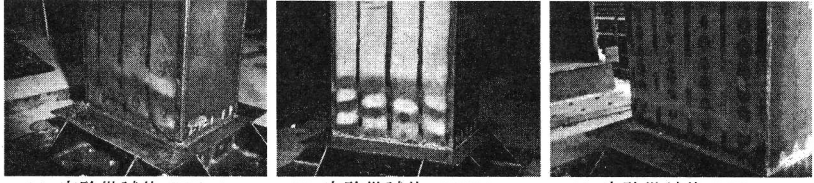
図-3 各実験供試体から得られた包絡線

表-2 各実験供試体の強度上昇率、塑性率、および曲げ剛度

供試体名	強度上昇率 β	塑性率 μ_u	曲げ剛度(kN/cm)	実験供試体 CEO-1 に対する剛度の比
CEO-1	1	3	78.46(111.08)	1
CCO-1	1.64	9	131.70	1.67
CCN-2	1.65	9	103.13	1.31
CCJ-3	1.70	10	134.14(201.85)	1.71

*: () 内は、鋼断面および充填コンクリートを全断面有効とした場合の計算曲げ剛度

図-3 および表-2 から、鋼とコンクリートとが自然付着した実験供試体 CCO-1 と実験供試体 CEO-1 とを比較すると、コンクリートを充填することにより、耐力が 1.7 倍程度上昇し、変形性能が 3 倍程度改善されることがわかる。また、実験供



(a) 実験供試体 CCO-1 (b) 実験供試体 CCN-2 (c) 実験供試体 CCJ-3
図-4 実験供試体の崩壊状況

試体 CCJ-3 は、実験供試体 CCO-1 と比較すると、ほぼ同じ挙動を示しており強度上昇率、および塑性率は、それぞれ 3.6%、および 11% 大きな値となった。ダイヤフラムで密閉してコンクリートを充填する場合、ジベルの有無が耐力と変形性能とに及ぼす影響は顕著に現れなかったが、実験供試体下端のコーナー部での割れのため、最高荷重状態以降、耐力は著しく低下している。一方、鋼とコンクリートの付着を無くした実験供試体 CCN-2 は、実験供試体 CCO-1 と比較すると、曲げ剛度が 22% 程度小さい値となり、弾性範囲内では、変位が大きくなるものの強度上昇率、および変形性能に大きな違いは見られなかった。

図-4 には、実験終了後の供試体の崩壊状況を示す。実験供試体 CCO-1 と CCN-2 では、ともに箱断面外側に補剛板全体の座屈が発生し、基部付近では、縦補剛材間の局部座屈が断面外側に向かって発生していた。しかし、実験供試体 CCJ-3 では、補剛板全体の座屈は発生しなかったことから、ジベルが補剛板全体の座屈変形を抑制には、有効に機能すると考えられる。

4. まとめ i) 鋼とコンクリートとの付着の違いにより、各供試体の曲げ剛度に違いが確認され、充填されたコンクリートが弾性範囲内でも強度部材として機能していた。そのため、鋼製橋脚に充填されている中埋めコンクリートも強度部材として、設計計算に考慮する必要がある。 ii) ダイヤフラムを設置すると、鋼とコンクリートの付着の違いが耐力および変形性能に及ぼす影響は小さい。 iii) 作用最大曲げモーメント M_u は、合成断面の全塑性曲げモーメント M_{pc} の約 1.3 倍となった。この強度上昇は、密閉による充填コンクリートの強度上昇、および鋼材のひずみ硬化現象が影響していると考えられる。したがって、ダイヤフラムによって密閉される充填コンクリートの影響の正確な評価を、今後、検討する必要がある。

参考文献 1) 北田俊行・中井 博・徳林宗孝・坂口三代治・川畑孝行：コンクリートを充填し、コーナー部に曲率を設けた鋼製橋脚の耐力と変形性能に関する研究，構造工学論文集，Vol46A，土木学会，pp54-60，2000 年 3 月。 2) 北田俊行・中井 博・加賀屋泰一・松村政秀：既設鋼製橋脚における補剛板の耐震補強に関する研究，構造工学論文集，Vol.45A，土木学会，pp215-226，1999 年 3 月。