

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
 阪神高速道路公団 正員 澤登善誠
 大阪市立大学工学部 学生員 〇中原嘉郎

1. まえがき 図-1に示すように、座屈防止のための追加充填コンクリートと、車衝突による柱の損傷防止を目的として打設されている既存の中埋めコンクリートとの間に隙間を設けて、コンクリートを充填する耐震補強法（以下、中空コンクリート充填補強法という）の妥当性を検討するため、3体の実験供試体を用いて、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った。ここでは、その実験の概要をまとめている。

2. 実験供試体の設計 実験供試体には、文献1)に規定される補強が必要な断面（図-2参照）、すなわち縦補剛材間の板パネルの幅厚比パラメータ R_R 、補剛板全体の幅厚比パラメータ R_F 、および縦補剛材の幅厚比パラメータ R_S を、それぞれ 0.638、0.468、および 0.589 の断面を採用した。また、中空コンクリート充填補強法の補強効果に大きな影響を及ぼすと考えられる、下記の3つの長さを考慮し、表-1および図-3に示

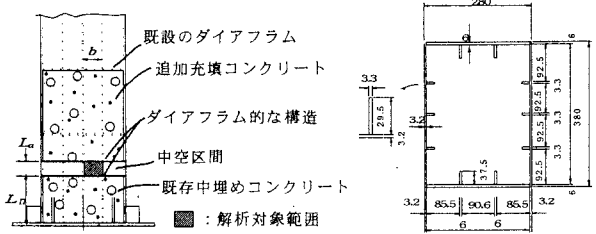


図-1 中空コンクリート充填補強法の概要

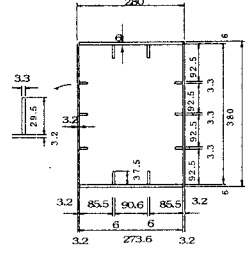


図-2 実験供試体断面図 (寸法: mm)

す3体の実験供試体 (C02-L/5~C04-L/5) を製作した。すなわち、①中埋めコンクリートの充填高さ L_n (実橋脚の中埋めコンクリートの充填高さを参考に $L/5$ (L : 橋脚高さ) とした。さらに、その充填高さも多様であるため、 $L/10$ も採用した。)、②中空区間: 補剛板の板パネルのアスペクト比 α_s ($= L_o/b$, 弾塑性有限変位解析による結果を参考に、鋼断面に局部座屈が生じない、 $\alpha_s=0.2$ を採用した。さらに、中空区間の補強効果に与える影響を調べるため、 $\alpha_s=0.4$ も採用した。)、および③追加充填コンクリートの高さ (文献2)を参考にし、すべての実験供試体において、鋼断面に局部座屈が発生しない高さ ($=2L/5$) とした。)。そして、表-2には実験供試体の主なパラメータをまとめており、比較対象として、文献3)の無補強の実験供試体 CEO-1の主なパラメータについても並記している。なお、追加充填コンクリートおよび中埋めコンクリートは、それぞれ既設のダイアフラム、および本工法のために追加するダイアフラムにより上下で密閉され、それらの充填効果を高めている。

表-1 実験供試体の内訳

中埋め高さ L_n	$L/5$	$L/10$
中空区間 L_o		
$0.2 \alpha_s$ (19mm)	C02-L/5	C02-L/10
$0.4 \alpha_s$ (38mm)	C04-L/5	-

ただし、表中の L は、橋脚高さを示す。

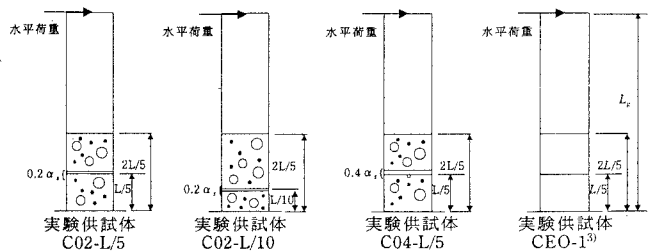


図-3 実験供試体の内訳

3. 漸増繰返し水平変位載荷実験 荷重の載荷は、作用軸方向力 N (上部構造物の死荷重を想定し、鋼断面の全塑性軸方向圧縮力 N_y の 11%) を一定とし、供試体頂部に $\pm n \delta_y$ ($n=1,2,\dots$) づつ水平変位 δ を作用させる漸増繰返し水平変位載荷実験を行った。

図-2には、一例として実験供試体 C04-L/5の曲げモーメント-回転角曲線を示す。ただし、繰返し回数が増大にともなって、2種類の履歴特性が見られた。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、RC断面特有のS字型を描く後半とで分けて示している。同図の縦軸は、中空区間下端に作用する曲げモー

表-2 実験供試体の幅厚比パラメータおよび縦補剛材剛比

実験供試体	C02-L/5 C02-L/10 C04-L/5	CEO-1
主なパラメータ		
既設の縦補剛材間の板パネルの幅厚比パラメータ R_R	0.638	0.616
補剛板全体の幅厚比パラメータ R_F	0.468	0.471
縦補剛材の幅厚比パラメータ R_S	0.589	0.564
縦補剛材剛比 γ_s/γ_s^*	2.028	1.856
作用軸方向圧縮力 N/N_y	11%	11%
鋼材の降伏点 σ_y	285.2 N/mm ²	287.1 N/mm ²
中埋めコンクリートの目標強度 σ_{sk}	18 N/mm ²	-

メント M を、コンクリートを充填しない鋼断面のみからなる実験供試体 CEO-1 の降伏曲げモーメント M_{y0} で無次元化したものである。また、横軸は、頂部の回転角 θ ($= \delta / L_g$) を各実験供試体の降伏回転角 θ_{y0} ($= \delta_{y0} / L_g$) で無次元化したものである。ここで、 δ 、 δ_0 、および δ_{y0} は、それぞれ供試体基部の弾性ばね変形による、剛体変形を取り除いた水平変位、および降伏水平変位を、また L_g は供試体基部から水平荷重の作用位置までの高さを示す。また、図-5 には、すべての実験供試体の塑性率、および作用最大曲げモーメントの値を比較するため、各載荷サイクルの正側および負側の曲げモーメント-回転角曲線のピーク時点の座標値の絶対値の平均値をプロットしている。なお、同図中の全塑性曲げモーメントの値は、ひずみ効果を見捨てて求めたものである。また、表-3 には、これらの図から得られた各実験供試体の実験供試体 CEO-1 に対する強度上昇率 (各実験供試体のピーク荷重を鋼断面のみからなる実験供試体 CEO-1 のピーク荷重で無次元化した値)、および塑性率 ν_p (作用モーメントが最大となる終局回転角 θ_{f0} を降伏回転角 θ_{y0} で無次元化した値) とを比較して、まとめた。

さらに、表-4 には各実験供試体の崩壊過程の概要を示している。図-5 および表-2 から、中埋めコンクリートの充填高さが異なる実験供試体 C02-L/5 と、C02-L/10 とを比べると、中埋めコンクリートの充填高さが低いと強度上昇率は約 7% 大きくなる。一方、塑性率は、実験供試体 C02-L/5 では 7、C02-L/10 では 8 となり、中埋めコンクリートの充填高さが低い橋脚柱の方が変形性能はすぐれている。さらに、中埋めコンクリートの充填高さが高いと、損傷は柱基部に集中していた。中空間隔の異なる実験供試体 C02-L/5 と C04-L/5 とを比較すると、強度上昇率および塑性率ともに、今回設定した 2 種類の中空間隔の違いによる影響は顕著に認められない。しかしながら、中空間隔を $\alpha_s = 0.4$ とした実験供試体 C04-L/5 は、主に損傷が中空区間に集中して発生している。また、いずれの実験供試体からも、中埋めコンクリート、および本研究で提案している中空コンクリート充填補強法により、強度は約 25% 上昇するが、塑性率を著しく改善できることがわかった。

4.まとめ i) 中埋めコンクリートの充填高さが低い橋脚柱の方が変形性能はすぐれていた。
ii) 本研究で設定した 2 種類の中空間隔の違いによる影響は顕著にはみられなかった。
iii) 本研究で提案している中空コンクリート充填補強法により、強度は約 25% 上昇するが、塑性率を著しく改善できることがわかった。

参考文献 1) 阪神高速道路公団：既設鋼製橋脚の耐震補強設計要項 (案)，平成 9 年。
2) 阪神高速道路公団・工務部、(財)災害科学研究所：曲面を有する鋼製橋脚の設計法に関する研究業務，平成 11 年 3 月。
3) 阪神高速道路公団、(財)災害科学研究所：既設鋼製橋脚における補剛板の耐震補強法に関する研究，平成 11 年 3 月

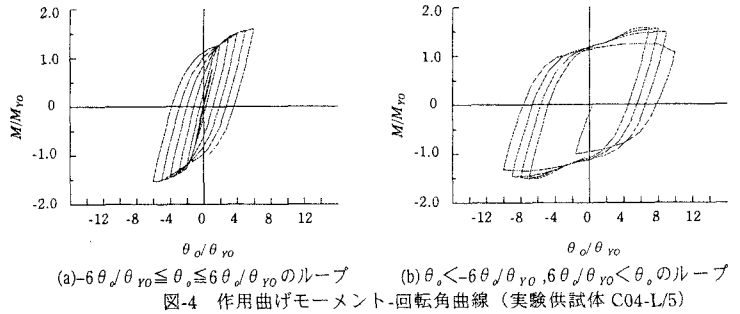


図-4 作用曲げモーメント-回転角曲線 (実験供試体 C04-L/5)

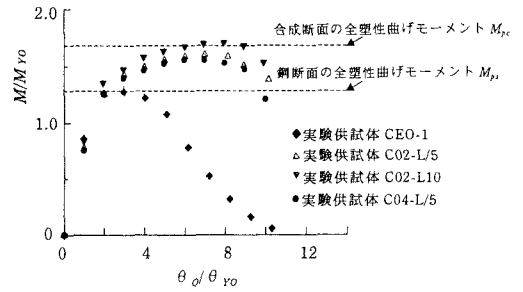


図-5 各実験供試体の曲げモーメント-回転角曲線のピーク点

表-3 各実験供試体の強度上昇率および塑性率

実験供試体名	中空間隔 L_a	中埋め高さ L_n	強度上昇率	塑性率 μ_n	主な崩壊箇所
CEO-1	-	-	1.00	3	
C02-L/5	0.2 α (19mm)	L/5	1.24	7	基部
C02-L/10	0.2 α (19mm)	L/10	1.33	8	中空部直上
C04-L/5	0.4 α (38mm)	L/5	1.21	7	中空部分

ただし、強度上昇率は、平成 9、10 年度の実験における、補強の行っていない既設鋼製橋脚モデルの終局水平荷重 M_u で無次元化した値。

表-4 各実験供試体の崩壊過程

実験供試体名	損傷の状況
C02-L/5	繰返し回数 8 回目以下端コーナ部に割れが発生した。その後、2cm 程度まで割れが進展した。
C02-L/10	繰返し回数 8 回目以下端コーナ部に割れが発生した。それ以降、割れの進展はなかった。 実験を終了した繰返し回数 10 回目には、著しい局部座屈が発生し、追加充填コンクリート部の補剛板に割れが発生した。
C04-L/5	繰返し回数 8 回目以下端コーナ部に割れが発生するが、それ以降、割れの進展はなかった。 実験を終了した繰返し回数 10 回目には、著しい局部座屈が発生し、中空部の補剛板に割れが発生した。

損傷の状況