

近畿大学大学院総合理工学研究科 学生員 ○廣澤 達雄
近畿大学理工学部 正会員 柳下 文夫

1. はじめに

高橋脚への適用を目的とした中空式二重鋼管合成柱が、優れたじん性能を有する構造形式であることが報告されている¹⁾。またその後の筆者らの研究により、脚部近傍に軸方向鉄筋を配することで橋脚の損傷を分散し、いっそうのじん性改善が示された²⁾。昨今、兵庫県南部地震以上の大規模地震の発生が懸念される中、橋脚の崩壊を遅延させ重要なライフラインを確保する為、更なるじん性能の向上が望まれる。また大規模地震を想定した際、耐震性能だけではなく地震後の補修等においても優れた構造形式が期待される。その中、川島らは地震後にも大規模な補修が不要な橋脚の開発として、橋脚基部にゴム層を配した新形式RC橋脚を提案している³⁾。

そこで、本構造形式の新たなじん性能向上方法として、塑性ヒンジ領域のコンクリートを免震ゴム支承に代替し、免震ゴム支承自身がもたらす安定した変形能とエネルギー吸収により更なるじん性能の向上を試みた。

2. 実験概要

図-1、表-1に試験体の詳細と寸法を示す。柱部に打設したコンクリートの実圧縮強度は 26N/mm^2 であり、鋼管は材質SS400(実降伏点強度： 259N/mm^2 ，実破断強度： 445N/mm^2)の平鋼板を造管して使用した。試験体は、想定した直径4.5mの円形断面を有する実橋脚に対して1/10モデルとした。充填コンクリート厚 t は40mm(Unit-1,3)，57.5mm(Unit-2,4)の2種を設定した。図-2に使用した免震ゴム支承(以下：ゴム支承と呼ぶ)の形状を示す。ゴム支承は、せん断弾性係数が 1000kN/m^2 の高減衰ゴム用いて、文献[3]で有効形式とされた、せん断キーと定着ボルトを有し、ゴム層と鋼板を加硫接着したものを使用した。ゴム支承は柱最下部の外側鋼管内全断面に配し、内側鋼管をゴム支承上端で切断した。これにより不足する内側鋼管の鋼材量は、中込部に抵抗モーメントが等価な軸方向鉄筋(36D10)に置換して配し(Unit-1,2)，さらにUnit-3,4は鉄筋量を増加させ2段配筋(中込部:36D10，充填部:36D6)とした。鋼管の定着は、両鋼管とも放射状に取り付けた定着ボルトのみにより行った。ここで、ゴム支承の効果を調べる目的で、文献[1]で扱ったゴム支承を有さない試験体をUnit-A($t=40\text{mm}$)，Unit-B($t=57.5\text{mm}$)とし、比較検討を行うための基準試験体と位置づける。

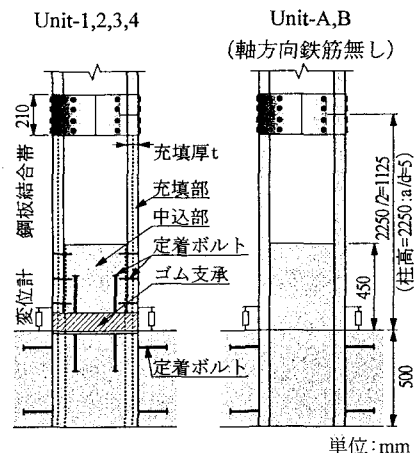


図-1 試験体詳細と寸法

本実験は、大変形時において $P-\delta$ 効果を忠実に再現できる特徴を有する荷重装置を使用して行った。荷重は 0.98N/mm^2 の一定軸力下において、柱頭水平方向の変位制御により漸増静的正負繰返し荷重を行った。

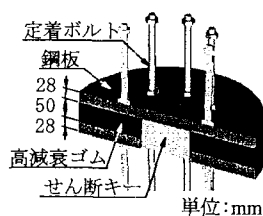


図-2 ゴム支承形状

表-1 試験体断面寸法

Unit	t(mm)	Ds1(mm)	Ds2(mm)
1	40	352	—
2	57.5	285	—
3	40	355	210
4	57.5	320	392.5
共通：D=450mm, 鋼板厚=2.1mm			

3. 実験結果

3.1 荷重-変形関係と破壊状況

実験より得られた荷重-変形関係を図-3に示す。各試験体とも部材角 $1/100$ で柱最下部の外側鋼管に局部座屈が発生するものの、Unit-1,3は部材角 $R=1/40$ ，Unit-2,4は部材角 $R=1/33$ の繰返し中に耐力低下を起こすまで安定した挙動を示した。各試験体とも耐力低下後、履歴ループ形状が逆S字状に移行しており、軸方向鉄筋の

Tatsuo HIROSAWA, Fumio YAGISHITA

座屈が耐力低下の主要因と思われる。鉄筋座屈後、変形性能に富むゴム支承が曲げ圧縮域においてきわだった損傷なく安定して抵抗し、引張側の鉄筋がひずみ硬化域に到達することで、各試験体とも徐々に耐力を回復しながら驚異的な粘りを見せた。特に Unit-1,2 は部材角 $R=1/13$ 付近まで安定した挙動を示し、耐荷力も最大耐力の 90% 程度まで回復した。各試験体とも最終的な耐力の低下は外側鋼管の破断と、それに伴って生じたと思われる引張縁近傍の鉄筋の破断(実験終了後に破断を確認)による。本実験シリーズでは、基準試験体に比べ、外側鋼管の座屈形状が鈍化しており、低サイクル疲労がもたらす鋼管破断の遅延に影響を及ぼしたと思われる。なお、実験終了後の柱内部の損傷は軽微なものであり、ゴム支承上縁端の充填コンクリートに軽微な圧壊、内側鋼管定着ボルト近傍に引張亀裂が若干生じている程度であった。

3.2 材軸方向の回転分担率

ゴム支承を配することで、同部に損傷形態が集中し、部材の回転が集中すると思われる。そこで本項では、柱下部の平均ひずみ量からゴム支承部の全変形量に対する回転分担率を算出し、その推移について述べる。算出したゴム支承部の回転分担率を図-4に示す。本シリーズでは、鉄筋量や充填厚による影響は見られず、高じん性域に至るまで同程度の値を示した。ゴム支承による影響は、低じん性域において急激に値が上昇し、高じん性域においては 90% 程度と回転の大部分を占めた形で現れた。すなわちゴム支承を配することで、同部に部材の回転が集中し、特に高じん性域においてはゴム支承より上部はほぼ剛体的に回転すると言える。

3.3 等価粘性減衰定数 heq

実験より得られた等価粘性減衰定数 heq を図-5に示す。各試験体とも heq 値は高じん性域に至るまで安定して上昇し続けた。しかし部材角 $R=1/13$ 以降ゴム支承を配した Unit-1,2,3,4 の heq 値は減少し、特に充填厚の薄い Unit-1,3 においては顕著な減少が見られた。ゴム支承を配した試験体の heq 値は、部材角 $R=1/13$ 付近まで配さない試験体と比べ平均で 40% 程度高い値を示した。

4. まとめ

橋脚下部に免震ゴム支承を配した中空式二重鋼管合成柱について、正負交番繰り返し載荷を行った。その結果、崩壊遅延効果に関する基礎的データを得ることができ、本構造形式が崩壊しない橋脚の開発において可能性を有するものであると確認できた。また、橋脚の損傷をゴム支承部に集中させることで、地震後の補修も容易になると推測される。

参考文献 1) 柳下ら；コンクリート工学年次論文集, Vol.24, No.2, 2002 2) 柳下ら；コンクリート工学年次論文集 Vol.25, No.2, 2003

3) 川島ら；土木学会論文集, No.703/I-59, 2002.4

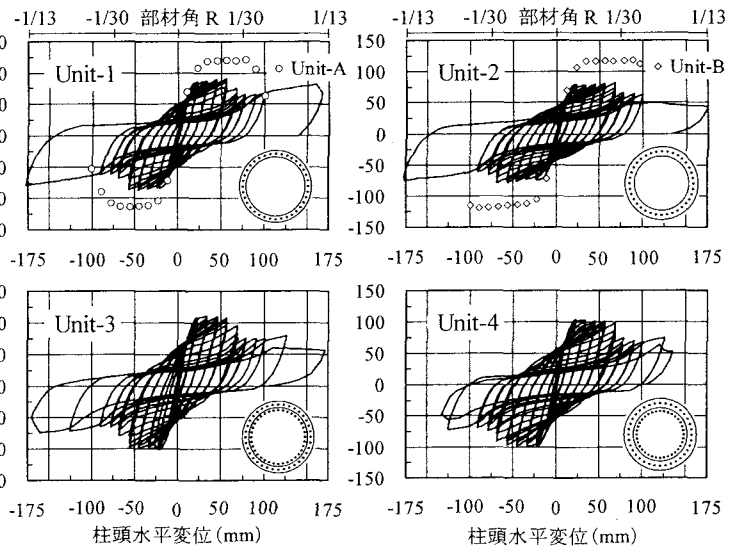


図-3 各試験体の荷重-変形関係

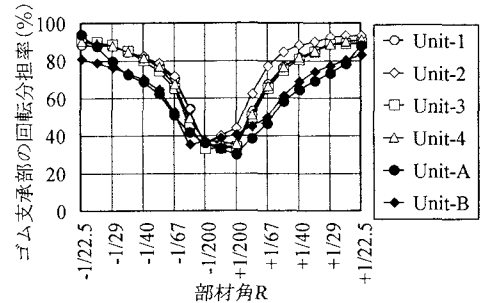


図-4 ゴム支承部の回転分担率

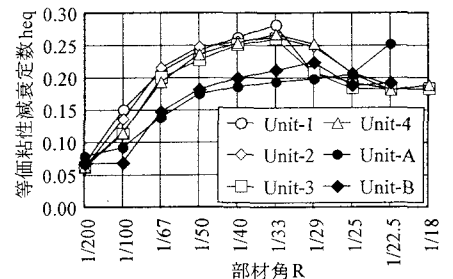


図-5 等価粘性減衰定数 heq