

UBRC 構造を用いた縮小断面橋脚の二段階耐震性能評価

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○ 鶴飼 正裕
 京都大学大学院工学研究科 フェロー 家村 浩和
 京都大学大学院工学研究科 正会員 高橋 良和
 京都大学大学院工学研究科 学生員 曾我部直樹

1. 概要

現在の橋梁耐震設計¹⁾では、重要度が高い橋脚については、レベル1地震動に対しては「健全性を損なわない」、レベル2地震動に対しては「橋脚が崩壊せず、限定された損傷にとどめる」という性能が要求されている。このような性能を満たすRC橋脚を設計すると、RC橋脚では降伏後の剛性が期待できないためにその断面規模は実質的にレベル2地震動により決定されることが多い。

そこで本研究では合理的な二段階耐震設計を行うため、降伏後安定した正の二次剛性が期待できるUBRC橋脚²⁾に着目する。本橋脚を適用することにより、レベル1・2地震動に対する耐震性能をより断面の小さい橋脚で満足させる試みを行う。ここでは通常のRC橋脚と縮小断面を有するUBRC橋脚のレベル1・2地震動に対する地震時性能を評価するため、ハイブリッド地震応答実験を行った。

2. UBRC 構造を適用した二段階耐震設計

本研究で対象とするUBRC橋脚は、アンボンド芯材を通常のRC橋脚の断面内部に配置したものである。この橋脚では、芯材が常に弾性挙動を示す事により、RC橋脚では実現不可能である安定した正の二次剛性を橋脚の復元力特性に付与することができる。本橋脚では、正の二次剛性が期待できるので、芯材を導入する以前のRC断面でレベル1地震動に対する耐震性能を満たし、芯材を導入したUBRC断面でレベル2地震動に対する耐震性能を満たすような合理的な設計を行うことができる(図1)。

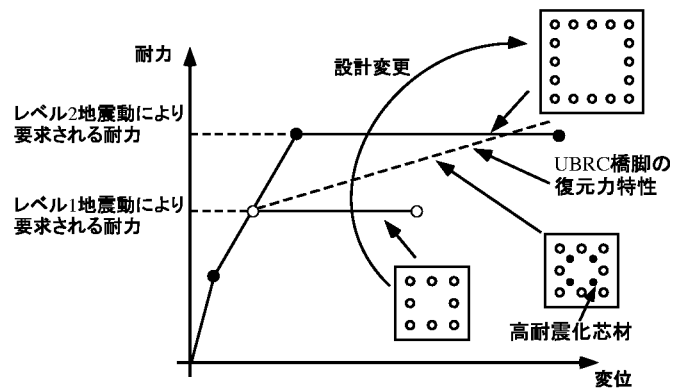


図-1 UBRC 構造を適用した二段階耐震設計法

3. ハイブリッド実験概要

本研究では、相似則を考慮したハイブリッド実験を行った。用いた相似則は実構造物型解析手法³⁾である。この相似則では、実験により得られた供試体の復元力を相似率に従い実大型RC橋脚レベルに変換し、逐次、実大型RC橋脚について行く時刻歴応答解析へフィードバックしながら載荷実験及び数値解析を同時進行する。

(1) 実験供試体

本研究では、前述した規定を満足するように通常のRC橋脚を想定したH-100、断面積および主鉄筋量を81%に縮小したH-81供試体を設計し、これらの耐震性能を震度法および保有水平耐力法により照査した。その結果H-100はレベル1・2地震動についての要求性能を満足するが、H-81はレベル1地震動についてのみ満足することが確認できた。そこでレベル2地震動に耐震性能を満足させるために、H-81に芯材を導入しH-100の最大耐力を上回るように芯材導入量・配置位置などを決定し、UBRC供試体を設計した(図2)。

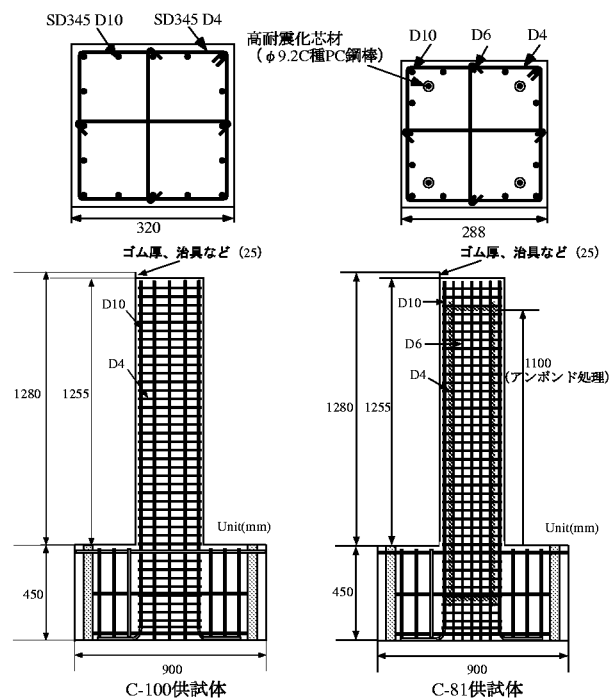


図-2 供試体図

(2) 入力地震動および上部工重量

レベル1・2地震動に対する二段階耐震性能を評価するために、それぞれの供試体にレベル1・2地震動の二波を入力する。なお入力地震動としては、道路橋示方書において時刻歴応答解析用標準波形として規定されている地震動のうち、I種地盤におけるレベル1地震動を想定した修正開北橋記録LG成分を15秒まで、そしてI種地盤におけるレベル2地震動・タイプII地震動を想定した神戸海洋気象台記録NS成分を用いる。

上部工に鋼I桁を想定すると、橋脚断面における面圧は0.766MPaとなるので、この値に想定する実橋脚の断面（2400×2400mm）を乗じた4410kNを上部工重量として用いる。

4. 実験結果と地震時性能評価

(1) レベル1地震動

レベル1地震動を入力したハイブリッド実験の履歴曲線を図3に示す（破線は、正負交番載荷実験の骨格曲線）。

履歴曲線よりH-100・81は、橋脚が弾性域にとどまり、レベル1地震動に対する必要耐震性能を満足していることが確認できた。

(2) レベル2地震動

レベル2地震動を入力したハイブリッド実験の履歴曲線を図4に示す（破線は、正負交番載荷実験の骨格曲線）。

H-100では、正負交番載荷実験とハイブリッド実験との履歴曲線が異なる。これは神戸波では繰返し回数が少ないため、正負交番載荷実験のような繰返しによる劣化の影響が小さいためと考えられる。これに対し、H-81では両者が一致している。これは、H-81では芯材が弾性挙動を示すため正負交番載荷実験においても繰返しによる劣化の影響が小さくなるためであると考えられる。両者の履歴曲線を比較すると、降伏耐力はH-100 > H-81となっているのに対し、最大耐力は芯材を配置したことにより同程度となっていることが確認できる。

最大応答変位はH-81 > H-100となっているが、正負交番載荷実験の骨格曲線より得られる終局変位と比較すると、共に小さく橋脚が健全であると確認できた。また残留変位はH-81 < H-100となっていて、芯材を導入したことによる残留変位低減効果が確認できた。

以上の結果よりH-100・81は、レベル2地震動に対する必要耐震性能を満足していることが確認できた。

5. まとめ

- 通常のRC橋脚の断面内部に芯材を導入することにより、断面積を81%に縮小したUBRC橋脚の最大耐力をRC橋脚のそれと同程度にすることができる。
- レベル1地震動を入力したハイブリッド実験では、RC橋脚・縮小断面を有するUBRC橋脚ともに弾性範囲にとどまり、レベル1地震動に対する必要耐震性能を満足している。
- レベル2地震動を入力した際の最大応答変位は、縮小断面を有するUBRC橋脚がRC橋脚よりやや大きくなったがどちらも終局には達しておらず、橋脚は健全である。また残留変位は、UBRC橋脚がRC橋脚より少なくなっていた。これによりレベル2地震動に対する必要耐震性能は、どちらの橋脚も満足している。
- UBRC橋脚を二段階耐震設計に適用することにより、RC橋脚と比較し、断面積を約20%縮小することができる。

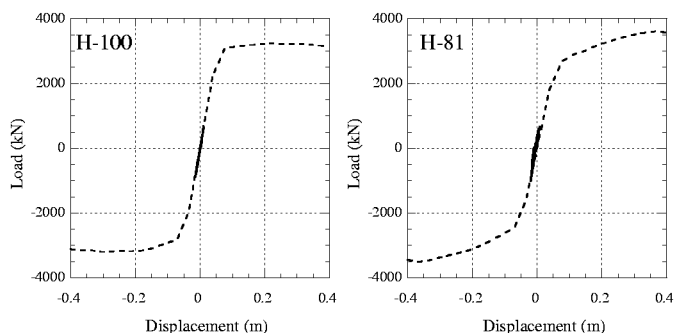


図-3 修正開北橋記録LG成分入力

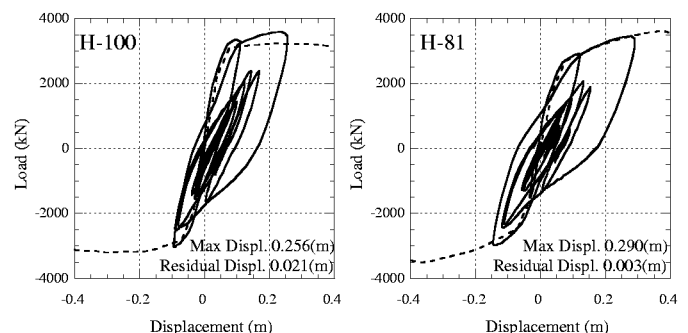


図-4 神戸海洋気象台記録NS成分入力

参考文献

- 1) 日本道路協会：「道路橋示方書・同解説V耐震設計編」、平成8年
- 2) 家村浩和・高橋良和・曾我部直樹：「ハイブリッド地震応答実験による高耐震化芯材を用いたRC橋脚の性能評価」、第26回地震工学研究発表会講演論文集、Vol No.2, pp929-932, 2001年8月
- 3) 才塚邦宏・伊藤義人・木曾英滋・宇佐美勉：「相似則を考慮したハイブリッド地震応答実験手法に関する考察」、土木学会論文集、No.507/I-30、pp179-190、1995年1月