

## 小規模断面を有する UBRC 橋脚の二段階耐震性能評価

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○ 曾我部直樹  
 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

### 1. 概要

RC 橋脚の二段階耐震設計では、レベル1地震動に対しては損傷が弾性範囲内であること、またレベル2地震動に対しては崩壊せず、残留変位が一定範囲内であるという性能が要求される。本研究では、正の二次剛性を有する UBRC 橋脚構造<sup>1)</sup>に着目し、二次剛性を考慮した必要強度スペクトルを利用することにより、レベル1・2地震動に対する耐震性能を有する橋脚を合理的に実現させる試みを行った。

### 2. UBRC 橋脚構造の二段階耐震設計

UBRC 橋脚構造では、芯材を RC 橋脚断面内に塑性ヒンジ区間を挟むように配置している（図-1）。この構造では、大変形を起こした場合でも芯材が弾性挙動を示す事により、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。

UBRC 橋脚構造では、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-2）。例えば、図-3 に神戸海洋気象台記録 NS 成分に対する目標靱性率 5.0 の必要強度スペクトルを示す。このスペクトルは、バイリニア型モデルを想定し、かつ、二次剛性比  $\gamma$  をパラメータとして作成されている。図-3 を見ると、二次剛性比が大きいくほど、必要強度が低下していることが分かる。つまり、二次剛性を付与することにより、橋脚断面の小規模化が実現できることが分かる。

### 3. 検討対象 RC 橋脚と UBRC 橋脚の試設計

対象とした RC 橋脚は、道路橋を想定して設計された橋脚で 2400 × 2400mm の正方形断面を有し、せん断スパンは断面の4倍となる 9600mm のものである。また、上部工には鋼 I 桁を想定してその質量である 507ton を支えるものとする。

UBRC 橋脚の試設計については、以下の手順で行った。

1. 対象とした RC 橋脚の縮小断面橋脚を試設計し弾性固有周期、降伏強度、最大靱性率を求める。
2. 各縮小断面橋脚の弾性固有周期、降伏強度と必要強度スペクトル（図-3）より必要な二次剛性を決定する。
3. 決定した二次剛性を実現できるように縮小断面橋脚に芯材の配置（位置、長さ、量）を決定する。

以上の手順により、本研究では、実験用供試体として検討対象 RC 橋脚を相似率 7.5 で縮小した 100%RC 供試体、72%断面に  $\phi 9.2$ PC 鋼棒（丸鋼）を芯材として 4 本配置した 72%UBRC 供試体、同じく 60%断面に芯材を 6 本配置した 60%UBRC 供試体を作成した（図-4）。なお、芯材に対するアンボンド処理は、芯材が丸鋼であるので省略している。

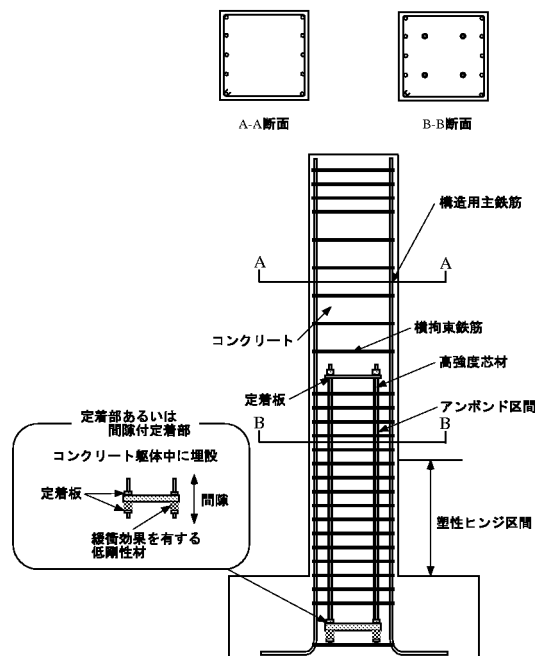


図-1 UBRC 橋脚構造

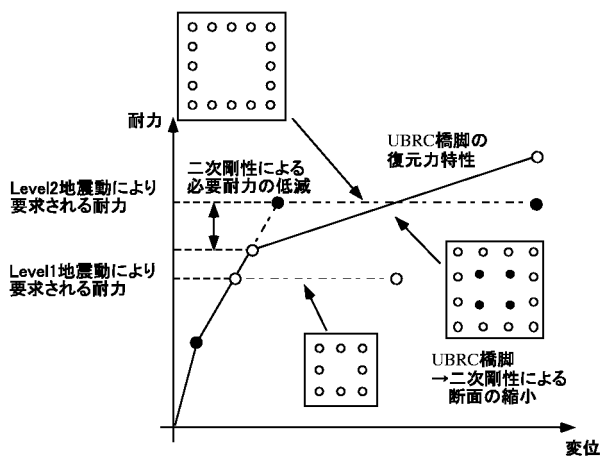


図-2 二次剛性を利用した二段階耐震設計

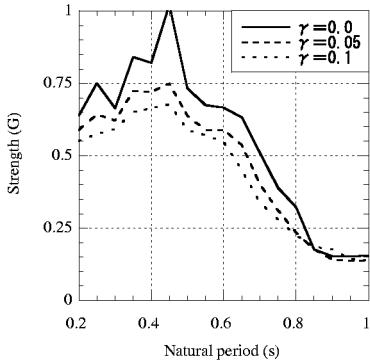


図-3 必要強度スペクトル

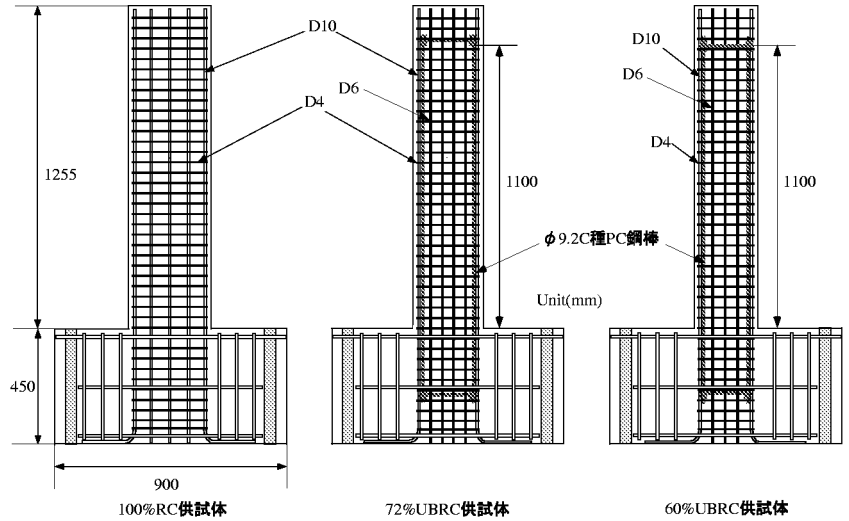


図-4 実験用供試体

4. ハイブリッド地震応答実験

本研究では、従来の RC 橋脚と試設計した UBRC 橋脚の地震時性能を評価、比較するために二段階の地震動を入力するハイブリッド地震応答実験を行った。入力地震動はレベル 1 地震動として修正開北橋記録 LG 成分を 15 秒まで、そしてレベル 2 地震動として神戸海洋気象台記録 NS 成分を用いた。

図-5 にレベル 1 地震動に対する P-Δ 履歴曲線（破線は正負交番载荷実験で得られた骨格曲線）を示す。実験結果より、全ての供試体において応答が弾性範囲内であり、レベル 1 地震動に対する基準を満足していることが分かる。

図-6 にレベル 2 地震動に対する P-Δ 履歴曲線（破線は正負交番载荷実験で得られた骨格曲線）を示す。レベル 2 地震動に対しては、全ての供試体の最大応答変位が、ほぼ同等のレベルであること、かつ、終局変位内の応答であることが分かる。

60%UBRC 供試体で最大耐力が 100%RC 供試体よりも小さいにも関わらず、最大応答変位が同等であったことの原因としては、断面縮小に伴い橋脚の弾性固有周期が長くなったことが考えられる。必要強度スペクトル（図-3）でも、弾性固有周期が 0.6 秒より長い領域で必要強度が大きく低減しており、断面の縮小に伴う橋脚の剛性低下が神戸海洋気象台記録に対して有利に作用していることが分かる。一方、残留変位については、100%RC 供試体に比べ、UBRC 供試体の方が小さくなっており、二次剛性による残留変位の低減効果が確認できる。以上より、試設計した UBRC 橋脚が二段階耐震設計で要求される性能を有していることが実証された。

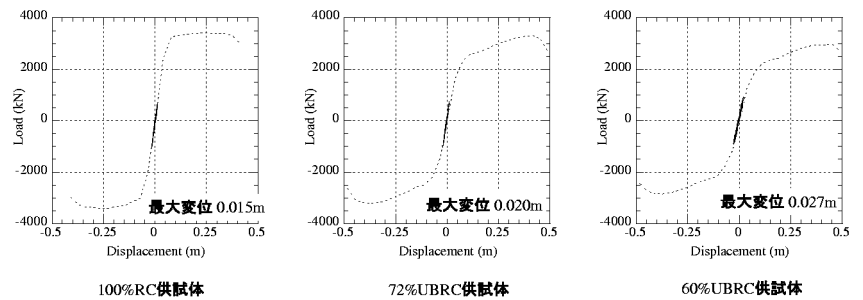


図-5 レベル 1 地震動入力

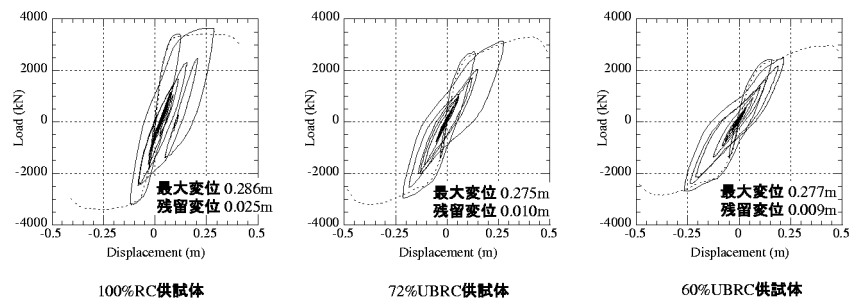


図-6 レベル 2 地震動入力

参考文献

1) 家村浩和, 高橋良和, 曾我部直樹: アンボンド芯材を活用した高耐震性 RC 橋脚の開発, 土木学会論文集, Vol.I-60, No. 710, pp283-296, 2002 年 7 月