

第I部門 中空断面を有するRC高橋脚の弾塑性地震応答解析

中部大学工学部 正員 山田 善一 京都大学工学部 正員 家村 浩和
立命館大学理工学部 正員 伊津野和行 大阪市 正員○藤澤 悟

1. はじめに

山岳部、溪谷部に建設される橋梁には中空断面高橋脚が採用されることが多い。本研究では、コンクリート・鉄筋の応力ひずみ関係構成則を用いてRC部材の耐荷力、および変形性能を照査するファイバーモデル解析手法を用いることにより、中空断面RC高橋脚の耐荷力、極限変形性状について照査した。また関東地震規模を想定した保有耐力レベルの地震波(Ⅱ種地盤)に対する橋軸直角方向の弾塑性地震応答解析を行い橋脚の地震応答性状について検討した。

2. 中空断面高橋脚の弾塑性地震応答解析手法

本研究の解析モデルは図1に示す3径間連続PCラーメン橋における中空断面高橋脚である。橋脚モデルを図2に示す。本橋脚は高さ0m-25mまでが中実部で高さ25m-90mまでが中空部となっている。また、高さ6.5m, 12.5m, 28.5mの各断面で主鉄筋(SD345)の段落としを行っている。主鉄筋量の違いによる影響を検討するため、橋軸直角方向のみに配筋したモデル(ケースA)、橋軸方向、直角方向の両方に配筋したモデル(ケースB)の2種類を設定した。また、コンクリートの応力ひずみ関係はKent, Parkモデルを用い、ケースAでは横拘束度を高く、ケースBでは横拘束度を低く設定した。鉄筋・コンクリートの応力ひずみ関係を図3, 4に示す。橋脚を断面分割して、これらの応力ひずみ関係を用いることにより 橋脚各断面のモーメント曲率関係(M- ϕ 関係)の計算を行う。M- ϕ 関係は、コンクリートひび割れ点、主鉄筋の降伏点、コンクリート応力最大点(非拘束コンクリート圧壊)、終局点(拘束コンクリート圧壊)の4点を結んだ直線として表現される。また、このM- ϕ 関係より荷重-変位関係包絡線が得られる。荷重-変位関係包絡線を用いて非線形地震応答計算を行い、橋脚の耐震安全性を検討する。

3. 解析結果

まず各断面の抵抗モーメント(図5)について検討する。この図により段落とし部ごとに抵抗モーメントが減少することがわかる。またケースAでは全般的に抵抗モーメントは小さい。ケースBでは主鉄筋量が多いことから、抵抗モーメントはケースAに比べて50%程度上昇する。しかし中空、中実変化点での抵抗モーメントの減少はさほど大きくない。この図よりひび割れは橋脚基部で、降伏は2回目の段落し部で生じることがわかる。次に高さ方向の曲率(図6)を検討する。中空部では曲率が激減していることに注意を要する。中空部はコンクリートの面積が小さく、初期応力が大きいため、わずかな変形でコンクリートは応力低下域に入り、圧縮部コンクリートの応力分布は極めて複雑になると考えられる。中空部は鉄筋の降伏以降、変形性能に乏しく、またコンクリート応力が最大

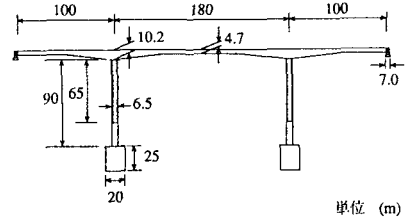


図1. 橋梁モデル全体図(3径間PCラーメン橋)

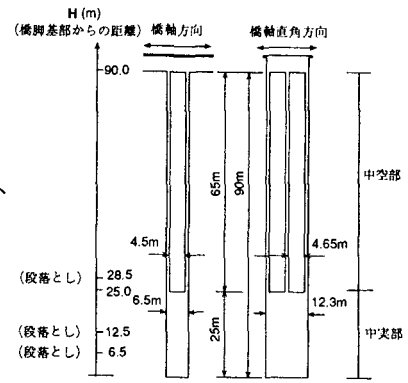


図2. 橋脚モデル全体図

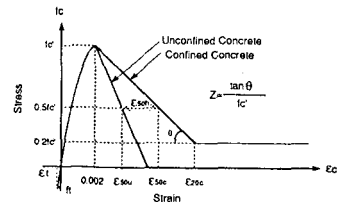


図3. コンクリートの応力ひずみ関係

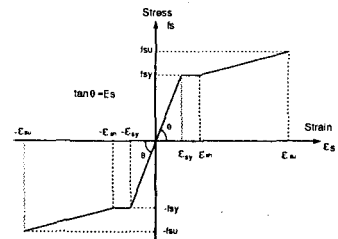
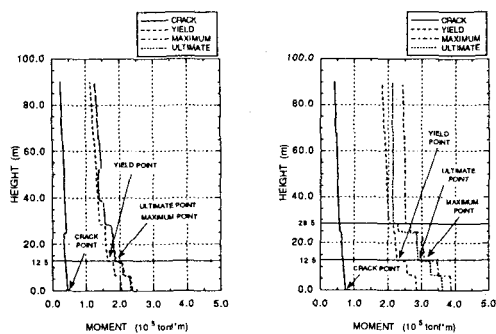
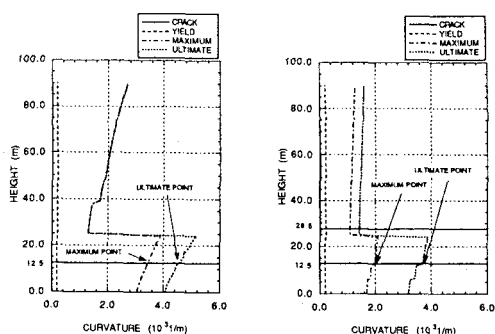


図4. 鉄筋の応力ひずみ関係



ケースA (橋軸直角方向のみ配筋) ケースB (橋軸方向、直角方向配筋)

図5. 各種限界状態における各断面の抵抗モーメント



ケースA (橋軸直角方向のみ配筋) ケースB (橋軸方向、直角方向配筋)

図6. 各種限界状態における各断面の曲率

となった後、脆性的な破壊性状を示すことがわかる。これらのモーメント曲率関係から荷重変位関係包絡線が得られ、これを用いて保有耐力レベルの地震波(Ⅱ種地盤)(図7)に対する弾塑性地震応答解析を行った結果を図8に示す。変位の時刻歴波形は周期3~4秒の緩やかな応答を示している。入力加速度の最大値が400galを越えるのに対し、最大応答加速度はケースAで183gal、ケースBで255galである。

橋脚の固有周期が比較的に長いことにより橋脚の応答加速度は小さい。応答は降伏点をわずかに越え、靱性率(最大応答変位/降伏変位)による評価では、ケースA、Bともに軽微な損傷が生じたと判断される。しかし、ひび割れ点を除いた包絡線による地震応答結果(ケースA', ケースB')では、履歴減衰が小さくなるため応答変位が大きくなり、靱性率は2.0を越え、中程度の損傷が生じたと判定される。応答変位は、ひび割れ点の設定により大きく変化することに注意が必要である。また、ケースAの荷重変位包絡線は、P-Δ効果を考慮すると降伏点以降、耐力が低下するため、橋軸直角方向のみの配筋では耐震的に危険であると言える。

4. 結論

中空断面高橋脚は、長周期の地震応答特性から保有耐力レベルの巨大地震に対して生じる損傷は軽微な損傷~中程度の損傷に留まり、崩壊に至ることはない。しかし、中空部は変形性能に劣るため、横拘束鉄筋による十分な拘束を確保する必要がある。

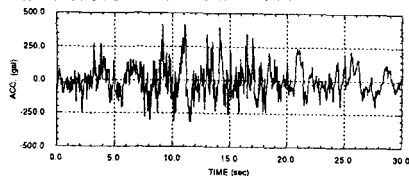
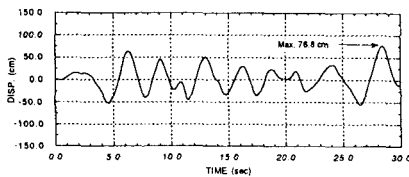
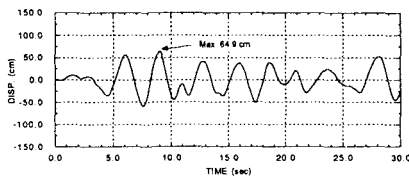


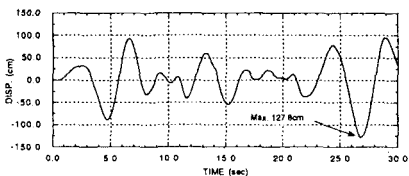
図7. 入力地震動の加速度波形
(保有耐力レベル・Ⅱ種地盤)



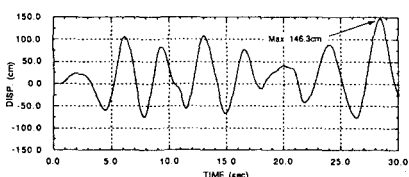
ケースA (橋軸直角方向のみ配筋)



ケースB (橋軸方向、直角方向配筋)



ケースA' (コンクリートひび割れ点なし)



ケースB' (コンクリートひび割れ点なし)

図8. 地震応答解析結果(履歴曲線と時刻歴応答波形)