

鉄筋コンクリート橋脚の極限耐力について

徳山高専 学生会員 ○石田 智伸
徳山高専 正会員 重松 恒美
徳山高専 正会員 田村 隆弘

1. はじめに

1995 年の兵庫県南部地震により、鉄筋コンクリート橋脚は大きな被害を受けた。そして、甚大なせん断破壊をした橋脚では、矩形断面が明らかに多く性能の上で詳細に円形断面柱と比較検討する事が求められている。本研究では、3次元ソリッド要素を用いた有限要素法により、実際の橋脚をモデル化し数値解析を行った。パラメーターは、矩形断面、円形断面といった断面変化、主鉄筋量や帯鉄筋量を変化させたものに加え、耐震補強として鋼板の巻き立てや、繊維補強材を加えたモデルを解析し、現在行われている補強方法の評価を行った。

2. 解析モデル

本解析では、実際に阪神大震災の際に倒壊した橋脚をモデル化し、図 1 のように要素分割は、矩形断面は、X 軸方向に 4、Y 軸方向に 4、Z 軸方向に 12 分割し、円形断面は半径方向に 4、主軸方向に 4、円周軸方向に 21 分割した。また、材料の諸定数を、表 1 に示す。境界条件は、柱基部を固定端、上部を自由端とし、荷重は、柱先端の中央部において変位増分法を採用した。

3. 解析結果

(1) 段落とし部の有無による影響

図 2 は、段落としを考慮した時の結果である。これより、段落としされていなくても、初期勾配及び最大耐荷力にあまり変化が見られない。しかしながら、図 7 に示すように、ひび割れの発生は明らかに段落とし部で生じている。また、主鉄筋比が減少すると最大耐荷力後の耐荷力の低下が大きくなり、脆性的な破壊をすることが分かる。

(2) 段落としされた矩形柱の補強による影響

図 3 は、段落としを有し主鉄筋比が異なるモデルをそれぞれ、厚さ 6mm の鋼板で柱全体を補強した時の結果である。補強した柱は、最大耐荷力の増加が見られ、最大耐荷力に達した後に、急激に耐荷力が低下する脆性的な破壊を生じず、最大耐荷力に達した後、十分な変形能力を有する靱性的な破壊に変化していることが分かる。このことより、鋼板が、柱を拘束することで、主鉄筋の破断を遅れさせ、コンクリートのひび割れの進行も防ぐ役割をしていると考えられる。

(3) 矩形柱の軸方向力の影響

図 4 は、主鉄筋比が異なり段落としを有し鋼板で補強したモデルと、段落としされてなく主鉄筋比が異なるものにそれぞれ軸方向力を導入したときの結果である。軸方向力は、圧縮力 $\sigma_{nc}=1.2, 2.4, 3.6\text{MPa}$ および、引張力 $\sigma_{nt}=1.2, 2.4\text{MPa}$ をそれぞれ導入した。軸方向引張力を受けたものは、軸方向引張力を受けないものに比べ、最大耐荷力の低下が見られる。また、軸方向圧縮力を受けたものは、最大耐荷力の増加が見られる。さらに、同じ軸方向力を受ける場合でも、鋼板で補強したものは、コンクリートが破壊したと思われるところから耐荷力が低下せず、曲げ破壊モードへと移行していることが分かる。

(4) 円柱橋脚に関する帯鉄筋間隔の影響

図 5 は、図 1 の円柱橋脚を鋼板で補強したもので、帯鉄筋間隔を変化させた柱に厚さ 6mm の鋼板を柱の下半分に覆ったものである。帯鉄筋の間隔を変化させると、初期勾配は同じだが、変位が 0.5cm を越えたあたりから帯鉄筋の間隔が小さくなるにつれ、曲げ耐力が大きくなりより有効な補強効果が見られる。

(5) 円柱橋脚の鋼板補強位置の影響

図 6 は、柱の補強として、厚さ 6mm の鋼板を柱の全周、上半分、下半分、真ん中 1/3 に巻いたものと、鋼板なしの解析結果である。これより、下半分、全周補強については、補強の効果があることが見られるが、上半分、真ん中 1/3 については、鋼板なしのものと鋼板の無い場合とあまり曲げ耐荷力に変化が見られない。橋脚の基部で曲げ破壊しているので鋼板を下につけた方が効果は高いと思われる。

表 1 材料定数

コンクリート		鉄筋(D32) (D16)	
弾性係数(GPa)	25	弾性係数(GPa)	190
ポアソン比	0.3	接線係数(GPa)	19
比重	2.4	降伏強度(MPa)	240
圧縮強度(MPa)	21	鋼板	
引張強度(MPa)	2	弾性係数(GPa)	200
		接線係数(GPa)	20
		降伏強度(MPa)	300

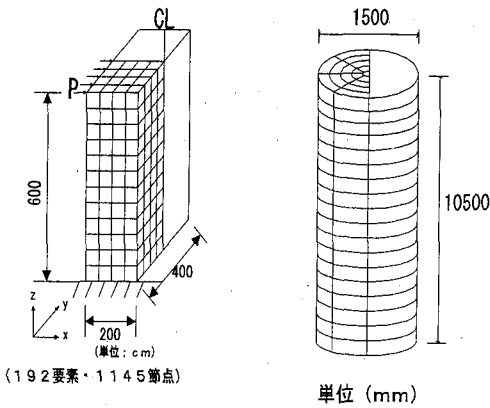


図 1 解析モデル

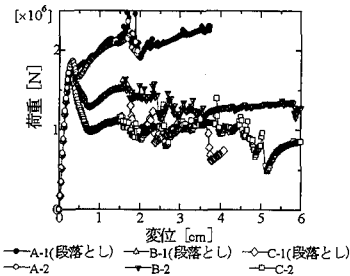


図 2 荷重—変位曲線

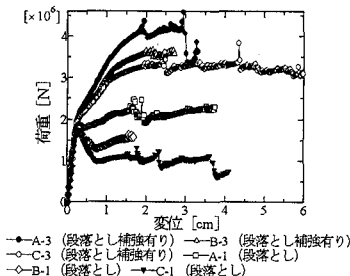


図 3 荷重—変位曲線

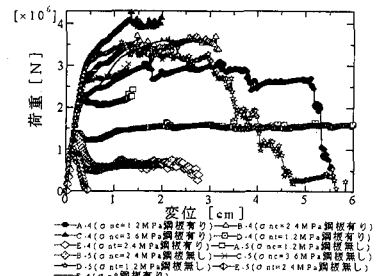


図 4 荷重—変位曲線

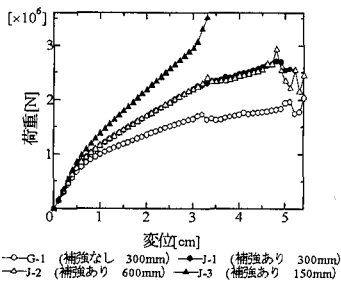


図 5 荷重—変位曲線

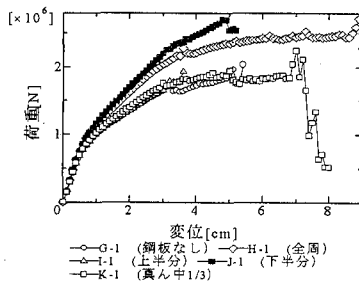


図 6 荷重—変位曲線

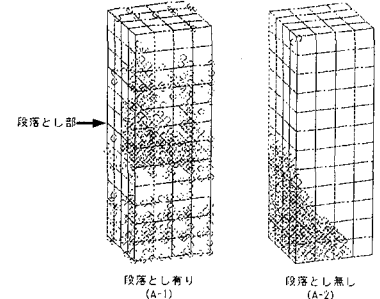


図 7 荷重—変位曲線

4. 結 論

- (1) 鉄筋コンクリート橋脚において、段落としを有する場合、最大耐力力に影響はないが、そのひび割れの発生箇所に影響がある。そして、主鉄筋量の減少により、脆性的な破壊が起きる。
- (2) 段落としを有する場合でも鋼板で補強をすれば、脆性的な破壊はさけられ、靱性的な破壊に移行させられる。
- (3) 軸方向引張力を受けると、受けないものに比べ最大耐力力が低下し、その応力が高いほど耐力の低下が大きい。反対に軸方向圧縮力を受けると最大耐力力は増加し、その応力が高いほど耐力の増加が大きい。
- (4) 鋼板で補強したものに軸方向力を導入したものは、せん断破壊から、曲げ破壊に移行させようとする効果がある。
- (5) 円柱断面における鋼板の補強は、矩形断面同様、橋脚基部で破壊が起きているために、下半分に鋼板を巻き立てるのが最も効果がある。また、上半分と真ん中 1/3 に鋼板を巻き立てるのは、ほとんど意味が無い。
- (6) 帯鉄筋の間隔を変化させ、なおかつ鋼板を覆った柱については、帯鉄筋の間隔を密にすることで曲げ耐力力が、より増大する。したがって、補強については鋼板で覆うことにより、曲げ剛度が増大するので、コンクリート内はせん断破壊が生じてくる。そのため、帯鉄筋を入れるとコンクリートのせん断破壊が防止され、結果的に曲げ耐力力が増す。このことから、補強する際には、鋼板だけでなく帯鉄筋を増やすとよい。