

3次元FEM手法を用いたRC梁端部の押抜きせん断破壊性状に対する検討

九州工業大学大学院 学生員 宮原みか子 九州工業大学 正会員 幸左 賢二
 阪神高速道路公団 正会員 鈴木 威 東京エンジニアリング(株) 正会員 萩原 隆朗

1. はじめに

現在、耐震性能向上を目的として、従来の金属支承からゴム支承への取り替えが行われている。支承取替の際に、上部工の桁を一時的にジャッキアップするが、ジャッキ位置は橋脚端部になることが多い。このため、コンクリート橋脚の梁端部に損傷が生じる恐れがある。そこで、本研究では破壊メカニズムの検討、梁端部破壊耐力の評価式¹⁾に対する検討を目的とし、橋脚の梁をモデル化した供試体を用いた実験および3次元FEM解析を行った。

2. 実験概要

表-1に実験供試体の諸元を、図-1に供試体および載荷板形状を示す。供試体は支承取替が必要な橋脚の中から、形状寸法が最も平均に近い橋脚の梁端部を基準とした。縮尺は1/3とした。載荷板は標準的なジャッキ寸法を考慮し、供試体と同様に1/3縮尺でモデル化した。図-2に実験における載荷位置を示す。

3. 解析概要

本解析には、FEMによる3次元弾塑性解析を用いる。case4を標準として損傷分析を行う。解析対象は、RC梁の対称性を考慮して、1/4モデルとした。コンクリート要素に適用した応力-ひずみは、圧縮上昇域では圧縮強度までを2次放物線とし、その後は応力が低下するモデルとし、引張側に関しては線形引張軟化モデルを用いた。また、ひび割れ面のせん断応力伝達には、Rotsによって提案されているモデルを用いた。鉄筋の応力-ひずみモデルは、完全弾塑性である。鉄筋とコンクリートは完全付着である。材料物性として、コンクリートは実験結果から得られた値を用い、鉄筋は公称値を採用した。

4. 実験結果および解析結果

(1) 損傷状況

図-3にcase4の鉄筋降伏時および最終損傷状況を示す。供試体は初期ひび割れが入った後緩やかに損傷が進展し、最大荷重近傍でひずみ、クラック幅、数が大幅に進展し、かぶりコンクリートが欠落、破壊に至った(最大荷重764kN)。図より供試体の損傷は供試体の端部への距離が短い前面方向に進展し、側面および内部方向にはほとんど損傷を生じていないと考えられる。他の実験ケースにおいても、概ね同様の破壊形態を示した。

(2) 破壊メカニズム

図-3より、供試体上面および前面を損傷していることから、その箇所を中心に破壊メカニズムについて検討する。

図-4に載荷板直下の要素の変形図を示す。変形が顕著である要素Bに着目し、検討を行う。400kN時の最大主ひずみは、鉛直荷重と垂直方向に発生しており、ひずみ量も 65μ と極めて小さい。これは、鉛直荷重により発生する圧縮ひずみのポアソン効果によって、引張ひずみが発生するためと考えられる。

次に、スターラップ降伏時の変形状態に着目する。要素Bは載荷板位置に対して前面よりであるため、載荷板側においては

表一1 供試体諸元				
	H(mm)	B(mm)	L(mm)	備考
供試体	330	760	1200	
	h(mm)	b(mm)	l(mm)	
載荷板	30	100	100	

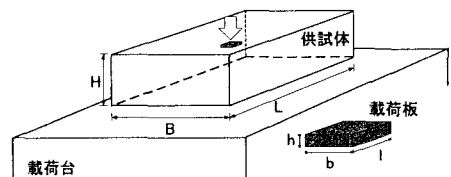
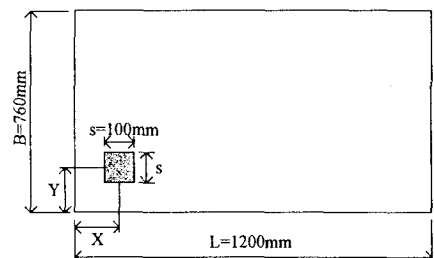


図-1 供試体および載荷板形状



		X=x/s				
		0.75	1.00	1.50	2.00	2.50
Y=y/s	0.75	case5	case6	case7	case8	
	1.00		case9	case10	case11	case12
	1.25		case1	case2	case3	case4

図-2 載荷板位置

より顕著に圧縮力の影響を受け、前面側と比較すると鉛直方向への変形量が大きくなる。また、ポアソン効果の影響で生ずる引張応力は、引張強度に達しており、急激に引張ひずみが進展すると考えられる。これより、拘束力の小さい前面側にコンクリートは変形する。したがって、はらみだしによる引張力と鉛直荷重による圧縮力により発生するずれ応力が支配的になることで、最大主ひずみが水平から対角線方向へと変化すると考えられる。

図-5 に最大主ひずみを用いて、推定破壊面について検討を行った。端部に局所載荷を行うことで、載荷板直下は圧縮破壊領域となる。ずれひずみの急激な進展がみられる箇所においては、ずれ破壊領域になると考えられる。この2つの破壊領域を考慮すると、推定破壊面は鉛直荷重の影響で載荷板周辺から形成される。その後、圧縮力の増加からずれが急激に発生することにより、ずれ応力によって発生した最大主ひずみの垂直方向にクラックが発生する。このため、端部に破壊面が向かって形成されるものと考えられる。

5. 照査式に対する検討

図-5 に示す推定破壊面を用いて、照査式(1)で用いられている45度の推定破壊面との比較検討を行った。

$$\text{許容せん断耐力} = Sc + Ss \quad (1)$$

$$Sc = \tau_c \times \Sigma Ac, \quad Ss = \sigma_s \times \Sigma As$$

$$\tau_c = 2.78 \text{ N/mm}^2 \quad Ac: \text{せん断抵抗面積}$$

$$\sigma_s = 219 \text{ N/mm}^2 \quad As: \text{有効鉄筋面積}$$

その結果を図-6 に示す。各断面において最大主ひずみ 2000μ を用いることで、損傷面積が算出される。それら断面の平均値に奥行き幅を乗じることで、損傷体積を算出した。その結果、解析結果は 67031 cm^3 となり、45度の破壊面の 57656 cm^3 と概ね一致する結果となった。

したがって、推定破壊面の破壊形態と類似しており、一定の安全率を含むと考えられるため、45度の推定破壊面は梁端部破壊の耐力評価式において用いることが可能であると考えられる。

6. まとめ

本実験および3次元FEM解析結果から、以下の結論を得た。鉛直荷重の増加に伴い、載荷板直下のコンクリートは圧縮破壊し、その後前面にずれ応力が急激に発生する。最終的に前面が持ちこたえられず、コンクリートが破壊に至る。局所的なずれ破壊であると考えられる。また、載荷荷重に対して抵抗する範囲を検討したところ、45度の推定破壊面と概ね一致する結果となった。

参考文献

- (1) 余田善紀, 幸左賢二: 支取替に伴うRC梁端部の押し抜きせん断照査方法, 橋梁と基礎, pp. 21-26, 平成15年11月号
- (2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 IV下部構造編, pp. 177-183, 1996. 12.

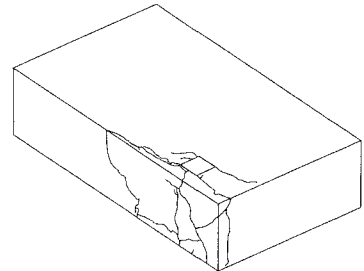


図-3 最終破壊状況

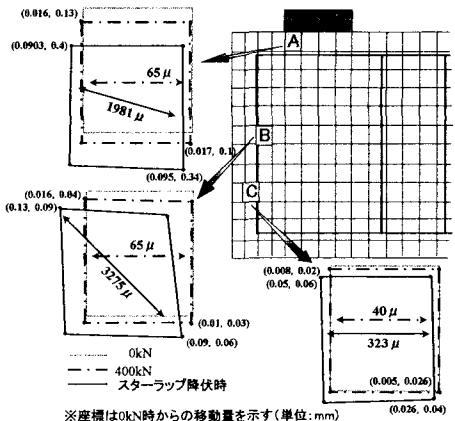


図-4 要素の変形図

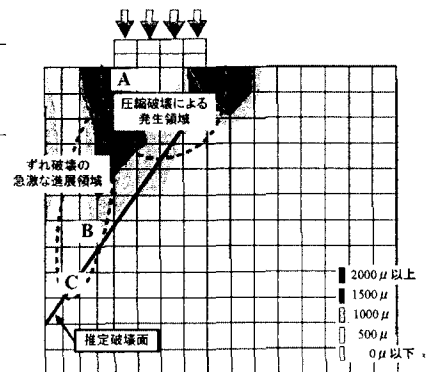


図-5 推定破壊面

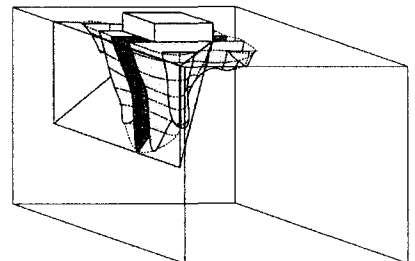


図-6 破壊面の比較