

せん断スパン比の小さい部材に対する解析的検討

九州工業大学
阪神高速道路公団学生会員 中越亮太
正会員 西岡勉九州工業大学 正会員 幸左賢二
独立行政法人土木研究所 正会員 小林寛

1. はじめに

a/d とせん断補強筋比をパラメータとした, せん断補強筋を有するディーブーム部材の荷重実験(表-1 参照)¹⁾を対象に 2 次元 FEM 解析を行い, せん断抵抗に関する破壊メカニズムについての検討を行った。

2. 解析手法

本解析には FEM による二次元弾塑性解析を用いた。荷重条件は, 実験の荷重版設置部分に等分布荷重を, 境界条件は, 実験の支承版設置位置を鉛直方向で固定し, 中央線の位置を水平方向固定とした。要素特性は, コンクリートには平面応力要素, 鉄筋には線材要素を使用し, 降伏および破壊基準は Drucker-Prager の条件を用いた。また, 最大主応力が引張強度を超えるとひび割れが発生すると仮定し, ひび割れ発生後はせん断剛性を低減させた。コンクリートの応力-ひずみモデルは, 圧縮上昇域では圧縮強度までを二次放物線とし, その後は応力が直線的に減少するモデルを, 引張域は, 引張強度までは直線的に応力が増加すると仮定した。鉄筋の応力-ひずみモデルは, 降伏強度に達した後, 降伏ひずみの 8.5 倍の降伏棚領域を設け, その後はひずみ硬化を考慮したモデルを用いている。

3. 解析結果および考察

$a/d=0.5$ (B-2,3)の供試体において, 実験は荷重版及び支承版から圧縮ストラットの位置にひび割れが発生しているが, 解析は支承版から発生しているひび割れしか確認できない。これは, 解析によるひび割れが最大主ひずみにより定義されているため, 図-1 に示す最大荷重時の最小主ひずみ分布から, 荷重版付近の破壊は圧縮ひずみの進展によると考えられる。また, 解析

表-1 実験結果

せん断補強筋比		0.0[%]	0.4[%]
せん断スパン比	供試体No.	B-2	B-3
	最大荷重	1550[kN]	1536[kN]
0.5	破壊形態	せん断圧縮破壊	せん断圧縮破壊
	ひび割れ図と破壊位置		
1.0	供試体No.	B-6R	B-7R
	最大荷重	1050[kN]	1181[kN]
	破壊形態	せん断圧縮破壊	せん断圧縮破壊
	ひび割れ図と破壊位置		
1.5	供試体No.	B-10	B-11
	最大荷重	615[kN]	1025[kN]
	破壊形態	斜めせん断破壊	斜めせん断破壊
	ひび割れ図と破壊位置		

● アクリルバーの圧縮ひずみが 3500[μ] 超えた場所
◇ 縦方向鉄筋の引張ひずみが 1800[μ] 超えた場所

表-2 解析結果

せん断補強筋比		0.0[%]	0.4[%]
せん断スパン比	供試体No.	B-2	B-3
	最大荷重	1525[kN]	1548[kN]
0.5	ひび割れ図		
	最大荷重	812[kN]	970[kN]
1.0	ひび割れ図		
	最大荷重	670[kN]	924[kN]
1.5	ひび割れ図		

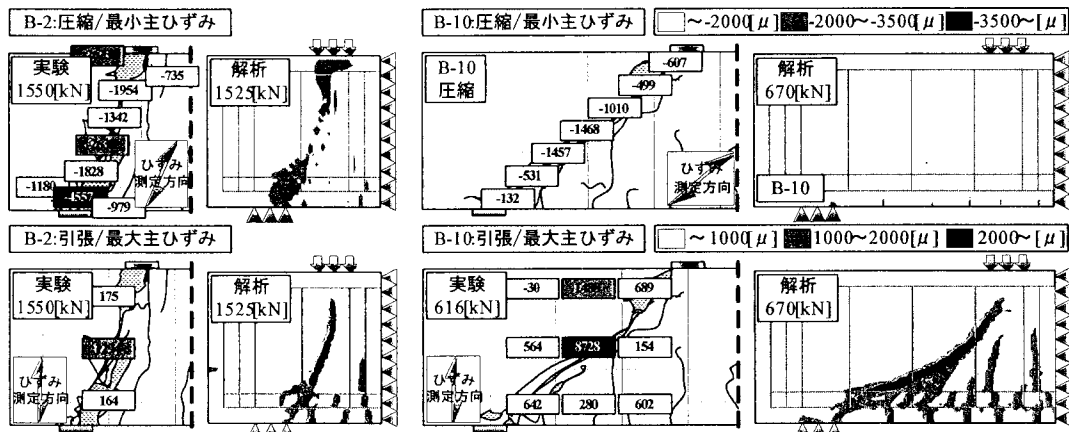


図-1 ひずみ分布(B-2, 10)

は圧縮ストラットにせん断ひび割れが発生し、載荷版及び支承版付近に比較的大きな最小主ひずみが発生し、支承版付近は実験と同様に圧縮ひずみが $-3500[\mu]$ を超えている。図-3に示す想定破壊面における最小主ひずみとせん断ひずみと、ポアソン比を考慮した最大主ひずみの進展状況を示す。ひずみの進展状況が近いことから、圧縮ストラットに発生する比較的大きな引張ひずみは、ポアソン効果により発生していると考えられる。

$a/d=1.5$ (B-10,11)の供試体において、解析は実験と同様に圧縮ストラット下部周辺に主要なせん断ひび割れと小さな曲げひび割れが発生し、最大荷重に至る。図-1より、実験及び解析とも大きな圧縮ひずみは計測されなかった。また、実験は圧縮ストラット中央のダミー鉄筋の引張ひずみが、降伏ひずみ($1800[\mu]$)を大きく超え、解析の最大主ひずみは圧縮ストラット下部に比較的大きな値で発生している。図-2にB-2,10供試体のせん断ひずみ分布を示す。また、図-4の各ひずみの進展状況から、最大主ひずみとせん断ひずみは、 400kN を超えると急激に進展しているが、ポアソン比を考慮した最小主ひずみは急激な進展が見られない。これは、引張ひずみが圧縮応力のポアソン効果により発生していないことを表し、せん断応力分布と最大主ひずみ分布がほぼ一致することから、引張ひずみの発生要因はせん断(ズレ)であると考えられる。

4. 破壊メカニズム

以上の検討結果より、推定される破壊メカニズムの模式図を図-5に、フローを図-6に示す。 $a/d \leq 1.0$ の部材は、圧縮ストラット内の載荷版直下または支承版直上付近で圧縮力が卓越し、せん断ひび割れが発生することで、せん断圧縮破壊に至ると考えられる。また、 $a/d=1.5$ の部材は、初期段階は圧縮ストラット下部に、せん断(ズレ)による斜めひび割れが支承版下部から進展し、ひび割れが載荷版付近に達すると、支承版及び載荷版付近からひび割れが進展し、斜めせん断破壊に至る。これにより、圧縮ストラット下部に発生するせん断ひび割れが、せん断耐力を支配すると考えられる。

5. まとめ

以下に本研究で得られた結論を示す。

- (1) $a/d \leq 1.0$ のディープビーム部材の破壊形態は、載荷版直下及び支承版直上での圧縮破壊が主要因で、せん断ひび割れが入る圧縮せん断破壊である。
- (2) $a/d=1.5$ 程度のディープビーム部材の破壊形態は、圧縮ストラット下部でズレによって発生する斜めひび割れが主要因で、最終的に圧縮ストラットにひび割れが発生して破壊に至る、斜めせん断破壊である。

参考文献：1)梅本洋平,幸左賢二,西岡勉,小林寛：せん断スパン比をパラメータとしたディープビームの破壊形態に関する実験的検討,第7回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集,2004.1

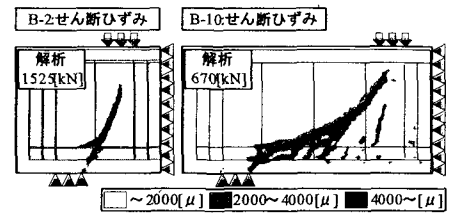


図-2 せん断ひずみ分布(B-2, 10)

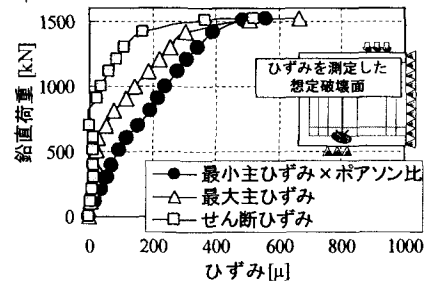


図-3 ひずみの進展状況(B-2)

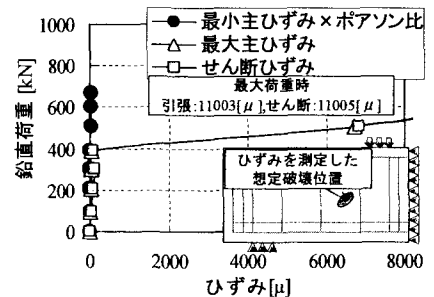


図-4 ひずみの進展状況(B-10)

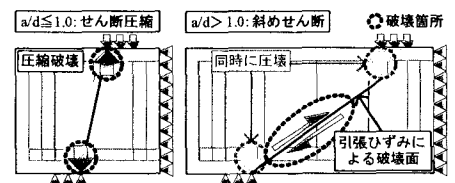


図-5 破壊メカニズムの模式図

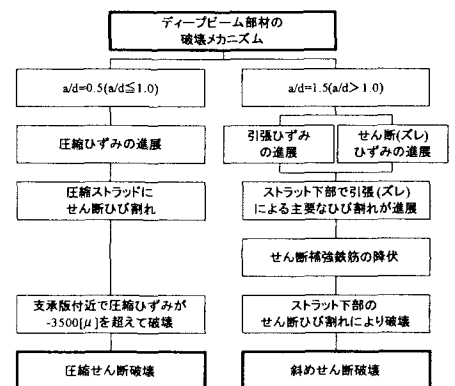


図-6 破壊メカニズムのフロー