

ディープビーム部材のせん断挙動に関する解析的考察

九州工業大学 学生会員 内田悟史 九州工業大学 正会員 幸左賢二
九州工業大学大学院 学生会員 脇山知美 阪神高速道路株式会社 正会員 西岡勉

1. はじめに

コンクリート梁のせん断スパン比 a/d (以下, a/d) が1.5以上になると, せん断強度の増加割合が小さくなるとともに, 斜めひび割れの発生が支配的となり, 破壊挙動が1.0以下の場合と異なることが指摘されている. しかし, このような a/d の影響に基づいた破壊メカニズムの相違に関する研究結果はほとんど報告されていない. そこで, 本研究では, 図-1に示すように, a/d をパラメータとしたディープビーム部材の載荷実験およびFEM解析を行い, せん断に対する破壊メカニズムの考察を行った.

2. せん断スパン比をパラメータとした単純梁2点載荷実験

実験供試体の諸元を表-1に示す. 本実験では, せん断スパン比 a/d (0.5, 1.0, 1.5), せん断補強筋比 P_w および有効高さを比較検討パラメータとした. その結果, せん断補強筋を配置しない供試体では, 図-2に示すように, $a/d \leq 1.0$ と $a/d=1.5$ で破壊性状が分類できることが確認された. B-2, B-6 供試体は, ストラット内にひび割れが発生した後, 載荷板下および支承板上のコンクリートが圧縮破壊することにより終局にいたるせん断圧縮破壊であった. また, 圧壊した付近では圧縮ひずみが 3500μ を大きく超えるひずみが計測され, ダミー鉄筋は降伏しない結果となった. 一方, B-10 供試体では, ストラット下部に沿って斜めひび割れが進展し, 載荷板下が圧壊することにより終局に至った. この場合, 大きな圧縮ひずみは確認されず, ダミー鉄筋は降伏する結果となった.

3. FEM 解析

載荷実験の結果, 破壊性状に特徴がみられた B-2 供試体 ($a/d=0.5$) と B-10 供試体 ($a/d=1.5$) を対象にして, 二次元弾塑性 FEM 解析を実施した. 解析には DIANA (ver8.1) を使用した.

3.1 $a/d=0.5$ に関する考察

図-3にB-2 供試体において, ストラット内に発生したひび割れ周辺の最大主ひずみ, せん断ひずみおよびポアソン比(0.4)を考慮した最小主ひずみの進展状況を示す. 図-3より, 最大主ひずみとポアソン効果を考慮した最小主ひずみの進展傾向がほぼ一致していることがわかる. したがって, 解析でも, 実験で確認された圧縮力による割裂ひび割れの発生が評価できたといえる. また, $a/d=0.5$ ではストラット内の圧縮力が, 破壊に大きく影響すると考えられ

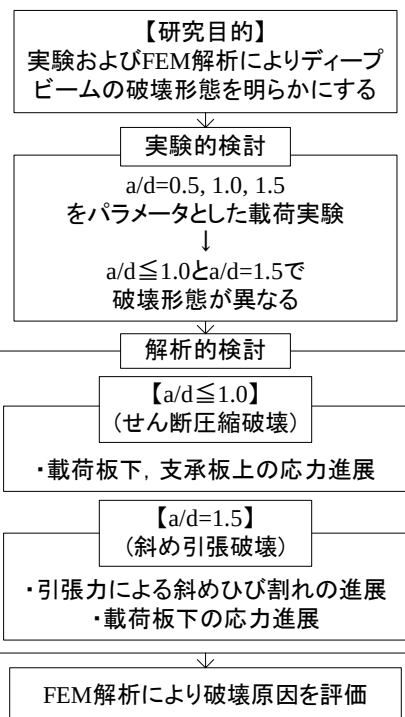


図-1 研究フロー

表-1 供試体諸元表

供試体 No.	せん断 スパン比 a/d	有効高さ d [mm]	圧縮強度 f_c (MPa)	せん断 補強筋比 P_w [%]
B-2	0.5	400	36.2	0.0
B-3	0.5	400	36.2	0.4
B-4	0.5	400	31.3	0.8
B-6R	1.0	400	31.3	0.0
B-7R	1.0	400	31.3	0.4
B-8	1.0	400	37.8	0.8
B-10	1.5	400	29.2	0.0
B-10R	1.5	400	37.3	0.0
B-11	1.5	400	29.2	0.4
B-12	1.5	400	31.3	0.8
B-10.1	1.5	300	37.3	0.0
B-10.1R	1.5	300	42.3	0.0
B-10.2	1.5	500	37.3	0.0
B-10.2R	1.5	500	42.3	0.0
B-10.3	1.5	600	37.8	0.0
B-10.3R	1.5	600	37.3	0.0

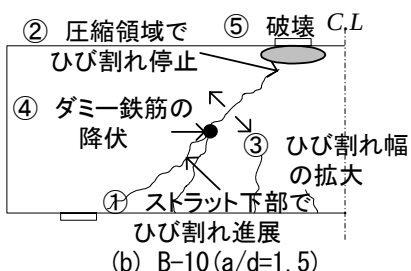
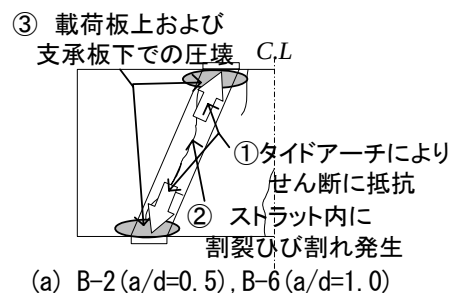


図-2 実験結果

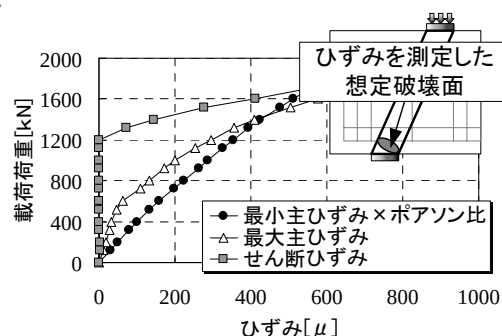


図-3 ひずみの進展状況 (B-2 供試体)

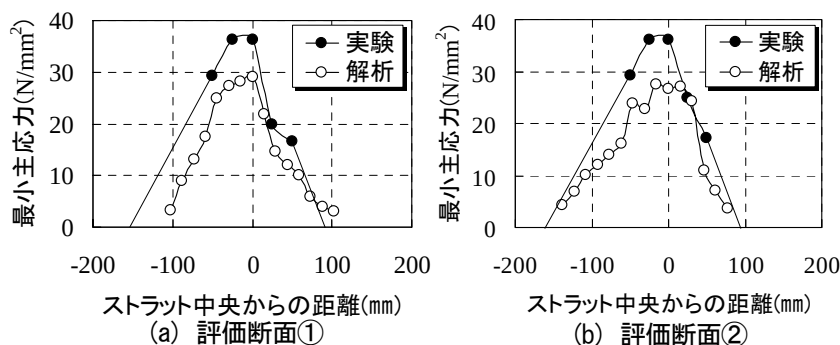


図-4 圧縮応力度分布 (0.95Pmax 時)

るため、圧縮ストラット内の圧縮力に着目した考察を行った。図-4 にひずみを測定したストラット断面での応力分布を示す。ここでは、圧縮力が大きく進展した載荷板下および支承板上で評価を行った。図-4 より、載荷板、支承板付近ではほぼ同様の傾向を示しており、 30N/mm^2 程度の大きな応力が確認された。さらに、ストラットに作用する圧縮力の鉛直成分 P' と載荷荷重 P の比較を行った。 P' は図-4の圧縮応力度分布から圧縮力を算出し、鉛直方向に補正したものである。図-5に P' と P の比を示す。図-5より実験、解析ともに載荷荷重 P と P' はほぼ等しいことが分かる。以上より、せん断力に対してタイドアーチで抵抗し、載荷点部及び支承点部コンクリートの圧縮破壊に至る現象が、解析でも再現できたといえる。

3.2 $a/d=1.5$ に関する考察

実験結果を受け、引張力によるひび割れと載荷板下の圧縮応力進展に着目した考察を行った。図-6にB-10 供試体のひび割れ周辺のひずみ進展状況を示す。 $a/d=0.5$ の場合(図-3)と異なり、最大主ひずみとせん断ひずみは急激に進展するが、ポアソン効果を考慮した最小主ひずみは大きな進展が見られない。このことから、B-10 供試体では引張およびせん断力によって最大主ひずみが発生したと考えられる。図-7に解析上による斜めひび割れ直交方向の引張ひずみとダミー鉄筋ひずみを示す。図-7より、ひび割れ直交ひずみが 14000μ に達することが分かる。また、ひび割れが横切るダミー鉄筋のひずみは鉄筋の降伏ひずみである 1800μ を大きく超える結果となった。図-8に解析による載荷板下の圧縮応力分布を示す。 $0.95P_{\max}$ 時にはコンクリートの圧縮強度である 29.2N/mm^2 程度の大きな圧縮応力度が確認され、圧縮力の局所化がみられた。以上より、引張力により斜めひび割れが進展し、最終的に載荷板下のコンクリートが圧縮破壊する現象が、解析でも再現できたといえる。

4. まとめ

- (1) 実験結果より、せん断補強筋を配置しない場合、 $a/d \leq 1.0$ の破壊形態はせん断圧縮破壊、 $a/d=1.5$ では斜めひび割れの進展に伴う局部圧壊であることが確認された。
- (2) $a/d=0.5$ について、せん断力に対してタイドアーチで抵抗し、圧縮力による割裂ひび割れと、最終的に載荷点部および支点部コンクリートが圧縮破壊に至る現象が、解析でも再現できた。
- (3) $a/d=1.5$ について、引張力により斜めひび割れが進展していき、最終的に載荷板下のコンクリートが圧縮破壊する現象が、解析でも再現できた。

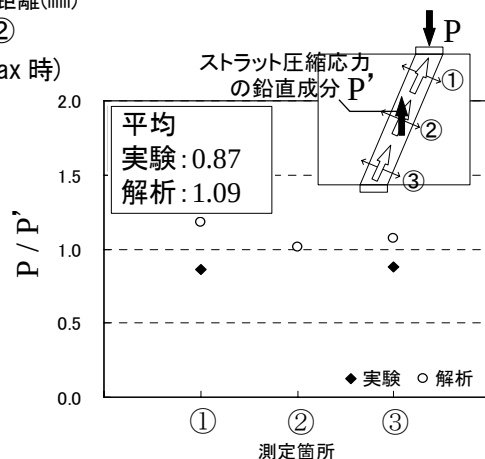
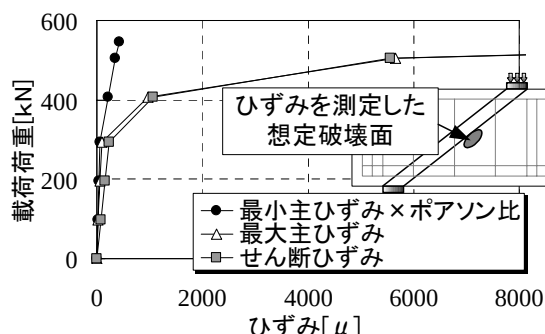
図-5 載荷荷重 P と計算圧縮力 P' の比

図-6 ひずみの進展状況 (B-10 供試体)

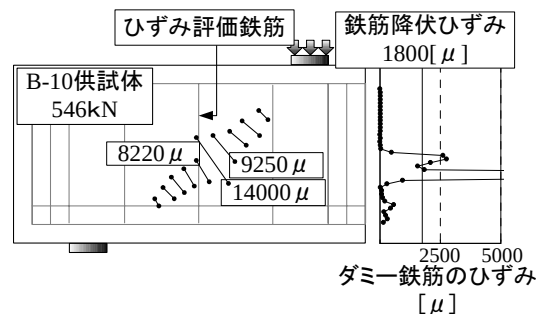


図-7 ひび割れおよびダミー筋のひずみ

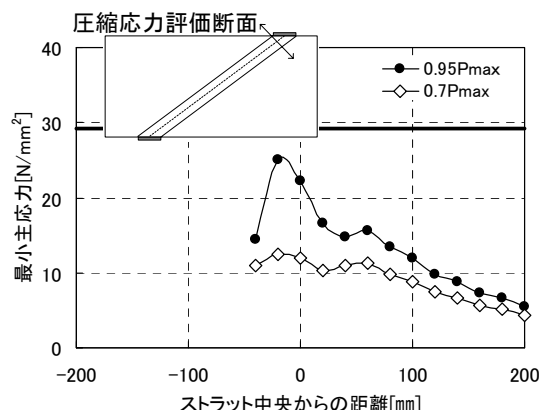


図-8 載荷板下の圧縮応力進展