

V-525 R C 梁せん断破壊解析における載荷点のモデル化について

鹿島情報システム部 正会員 沖見 芳秀

1. はじめに

R C 梁のせん断破壊実験を行う場合、集中荷重を鋼製支圧板を介して載荷する場合が多い。せん断破壊のシミュレーションに有効な手法である有限要素解析においても、集中荷重による局部破壊を避けるために、支圧板をコンクリート要素と同様にソリッド要素でモデル化する場合が多い。この時、コンクリートと支圧板は剛接合として取り扱われるが、コンクリートと鋼でポアソン比が異なることや応力の広がりなどから接合面でのせん断力が大きくなりずれが生じることが予想される。そこで、本報ではせん断破壊解析における載荷点付近のモデル化に着目し検討したので報告する。

2. 解析手法概要

複合非線形フレーム解析システム *SLAP*^①に、*Total Lagrangian* 定式化に基づく3次元ソリッド要素を組み込み行った。コンクリートの構成則は、クラック側と圧縮側の柔性を重ねあわせる手法を用いた。クラックモデルは、直交3方向のクラックを許す分散ひび割れモデル(固定)^②で、テンションソフトニングには4分の1モデル^④を用い破壊エネルギーを考慮した。圧縮側構成則は、弾塑性損傷モデル^③を用いた。なお、クラック側との重複をさけるため、非線形パラメータを算定する際、弾性ひずみの第1不変量の最大値(引張り正)を零に制限した。鋼板とコンクリートの接合部は、降伏関数を $f = a \cdot \sigma + |\tau| - k$ (σ : 接合面に直交する直応力, τ : 接合面でのせん断応力)とし、塑性歪み増分は非関連流れ則に従う接合要素でモデル化した。なお、いずれの剛性マトリクスも非対称となることから解法には非対称ブロックスカイラインを用いた。

3. 解析対象モデル概要

二羽により行われたディープビームの破壊実験^④の内、モデルA3を解析対象とした。図1にモデル概要を、図2にひび割れ図を示す。

4. 解析結果

解析は材軸を通る鉛直面を対称面とする2分の1モデルで行った。支承部でのコンクリートと支圧板の接合条件及び材軸直交方向の分割の検討を事前に行ったが、荷重変位曲線に与える影響は少なかったため、以下の検討では支承部接合条件を剛結とし材軸直交方向の分割は1とした(図3参照)。また、実験での斜めひび割れの非対称性を鑑みトリガーとして右支圧板の位置を水平方向に1mm移動した。いずれの解析ケースでも梁中央付近の引張り縁にひび割れを生じた後、斜めひび割れが発生し鉄筋が降伏する前に支圧板外縁にひび割れが達している。なお、斜めひび割れが上縁要素に達した時点を計算上破壊と定義した。

1) 支圧板外縁部のモデル化

実験での破壊パターンを見ると斜めひび割れが支圧板外縁を突き抜けている。この支圧板外縁の点は解析上特異点であり本来メッシュ分割を細かくする必要があるが、ここでは特異性を表現できる図4の分割を用いた^⑤。通常のメッシュ分割を用いた場合との比較(接合条件剛)を、

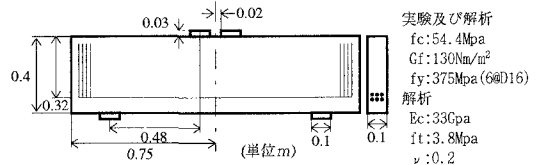


図1 対象モデル

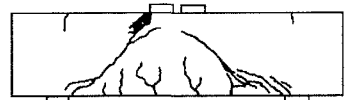


図2 ひび割れ図

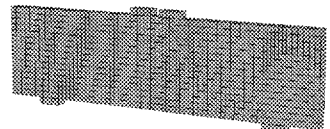


図3 メッシュ分割

キーワード：せん断破壊 有限要素法 分散ひび割れモデル 接合要素

〒107-8388 港区元赤坂 1-2-7 鹿島情報システム部 Tel. 03-4746-7101 Fax. 03-4746-7131

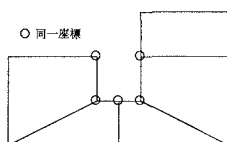


図4 特異点近傍の分割



1) 通常の分割

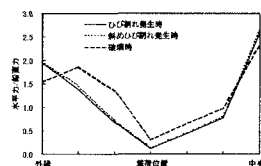


図7 水平力と鉛直力の比

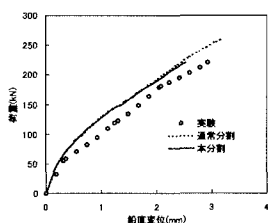
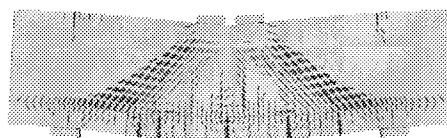


図5 荷重変位曲線



2) 特異性考慮

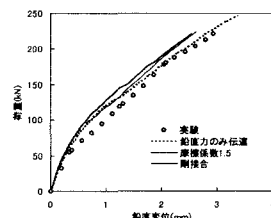


図8 荷重変位曲線

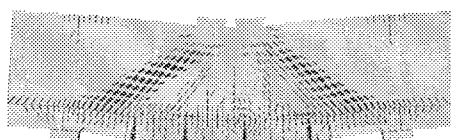
図5と図6に示す。これらを見ると分かる通り変形に対する拘束が軽減され、低い荷重レベルでクラックが上縁に達していることが分かる。以下の検討では本分割を用いた。

2) 接合条件による比較

図7に、剛ばねで接合した場合の材軸方向水平力と鉛直力の比を支圧板に沿って示した。接合のメカニズムがクーロン摩擦であると仮定すると、各ステップでそれら以上の摩擦係数があれば剛接となる。対象とした実験では石膏でキャッピングした上に鋼板を配しており、どの程度のせん断力に耐えられるかは不明である。そこで、鉛直力のみ伝達する場合、接合要素を用い摩擦係数が1.5の場合、剛接合の場合の比較を行った。図8に荷重変位曲線、図9に先の2ケースのひび割れ図を示す。図8を見ると、接合条件により斜めひび割れが生じた後の荷重変位曲線の勾配が異なっていることが分かる。また、鉛直力のみ伝達する場合は、支圧板外縁への斜めひび割れの進展が遅く耐荷力を大きく評価している。斜めひび割れのパターンを見るとそれぞれのケースで分散性と方向が若干異なっているが、実験結果のような完全な非対称性は見て取れない。



1) 鉛直力のみ伝達



2) 摩擦係数1.5

図9 破壊時ひび割れ図

5. おわりに

本検討により、特異性を考慮した分割が有効であること、接合条件によりひび割れパターン及び耐荷力が異なることが分かった。今後は、メッシュの細分割の影響、クラックの非対称性の影響を検討するとともに、接合要素を用い鋼とコンクリートの合成構造を対象とした解析への適用を試みたい。

【参考文献】

- 1) 沖見芳秀ほか、複合非線形フレーム解析システムの開発、土木学会誌, Vol. 80, 14-17, 1995
- 2) Dahlblom, O. et al, Smeared crack analysis using generalized fictitious crack model, J. Engng. Mech., ASCE, 116, 55-76, 1990
- 3) Maekawa, K. et al, Triaxial elasto-plastic and fracture model for concrete, Proc. of JSCE, 460/V-18, 131-138, 1993
- 4) 破壊力学の応用研究委員会報告書, JCI, 1993
- 5) Zienkiewicz, O. C., Finite Element Method, 4th Ed, McGRAW-HILL