

プレストレストコンクリート梁の非線型有限要素法解析

早稲田大学大学院理工学研究科 学生会員 ○伊藤 一紘
早稲田大学大学院理工学研究科 フェロー 清宮 理

載荷板

1．目的 連続的に製作された鉄筋コンクリート製のセグメントをアンボンド PC で連結した柔構造式プレキャストセグメント構造の力学特性評価として、せん断試験体を用いて載荷実験を行いその力学特性を把握してきた。今回、アンボンド型 PC 梁の有限要素法による解析を行い、圧縮強度による耐力力の相違、アンボンド型 PC におけるせん断特性、コンクリートの応力降下域が解析結果に与える影響について考察する。

2．解析モデル 今回の解析には汎用プログラム D I A N A を用いた。せん断試験体モデルの全長は 1000mm、断面 300mm×300mm である。PC 鋼棒はφ13mm を内部に 4 本配置している。試験体の FEM モデルを図-1 に示す。要素数は、ボンド型 Type1 が 1692 要素、アンボンド型 Type2

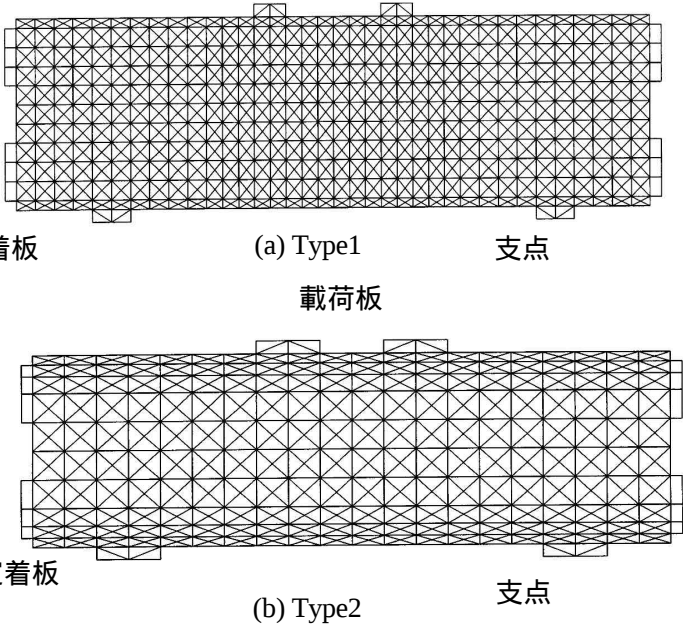


図-1 試験体モデル

ヤング係数 E_c	23.4 kN/mm ²
ポアソン比 ν	0.2
単位体積重量 ρ	2.35 tf/m ³
圧縮強度 f_c	40 N/mm ²
引張強度 f_t	2.69 N/mm ²
破壊エネルギー G_f	92.832 N/m
粘着 c	16.782 N/mm ²
内部摩擦角 ϕ	10 °

表-1 コンクリートの材料特性

埋め込み鉄筋要素を適用した。埋込み鉄筋要素は母要素内に埋め込まれ、鉄筋は鉄筋自身の自由度を持たない。PC 鋼棒は、降伏強度 f_y の 60%まではヤング係数 E_s の弾性挙動をとり、それ以降はヤング係数 E_s の 1/3 の剛性で直線的に応力が増加していき、降伏強度 f_y に達したら、さらにはヤング係数 E_s の 1/100 の剛性で直線的に応力が増加するトリリニアモデルとした。スターラップはバイリニアモデルとした。ボンドタイプでは PC 鋼棒、スターラップともに、コンクリート部材に完全付着であると仮定した。アンボンドタイプでは PC 鋼棒、スターラップに梁要素を用いてモデル化した。塑性学は VonMises の降伏基準で、内部状態変数 κ と塑性過程の関係はひずみ硬化仮説に従うものとした。引張側のコンクリートの多軸応力下での破壊基準には、Rankine モデルを使用した。引張軟化モデルには、Moelands & Reinhardt による非線形引張軟化モデルを適用した。

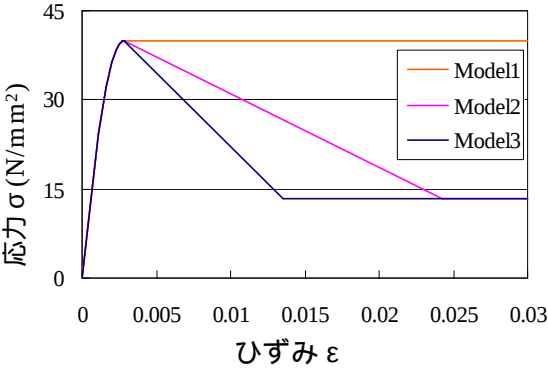


図-2 コンクリートの応力～ひずみ曲線

キーワード アンボンド，有限要素法，PC，非線形解析，

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51 号館 16F-01 TEL.03-3355-3433 FAX.03-5286-3852

3. 解析結果 静的載荷、実験では、せん断圧縮破壊で終局に至った為、コンクリートの圧縮強度 f'_c が耐力に大きな影響を与えていると考えられる為、圧縮強度による比較検討を行った。図-3 に荷重変位曲線を示す。図-3 から分かるように初期剛性はコンクリートの強度試験から得られ、計算と実験とで一致するのが普通であるが、いくつかの事例で合わない場合がある。この原因としてコンクリート供試体と梁とでの応力状態の相違、支点状況などでのモデル化の影響などが指摘されているが原因は不明で計算時に初期剛性を載荷実験に合わせる場合もあるが今回はこのような対応はとらなかった。以上のように圧縮強度の評価の差によりかなり解が異なってくる。3 ケース間において、圧縮強度とせん断破壊荷重の相関性が確認できた。

次にボンド型とアンボンド型の解析結果の比較検討を行った。耐力に関しては実験値と解析値ではほぼ一致した。図-4 に荷重変位曲線を示す。図-5 にボンド型、アンボンド型のひび割れ図を示す。図-5 に示すように、アンボンド型のひび割れは中央下部に向かって進展し、横方向への広がりはない。一方、ボンド型ではひび割れは、アンボンド型に比べ広範囲に発生している。

コンクリートの圧縮強度到達後の圧縮応力降下域のモデル化の違いによる解析を行い、比較検討を行った。図-2 に示すように、応力降下を考慮しない Model1、圧縮強度到達後コンクリートのヤング係数 E_c の $1/10$ の勾配で応力降下する Model2、 $1/20$ の勾配で応力降下する Model3 の3 ケースが対象である。応力降下域のモデル化の相違による荷重変位曲線比較を図-6 に示す。初期ひび割れ発生まで、いずれのケースも同じ履歴曲線をたどった。圧縮強度到達後の勾配を急にするとせん断破壊荷重は小さくなった。ひび割れ図に関しては応力降下域のモデル化による影響は無かった。終局荷重は応力降下が少ないほど大きくなったが解の安定とはあまり関係がなかった。

4. 結論 (1) 有限要素法解析では入力条件や計算条件の設定が重要となる。コンクリートの構成則の相違による影響について着目したが、コンクリート強度の設定、応力降下時の設定による差を調べたところ、終局耐力、剛性にかなりの差が生じることが分かった。(2) 有限要素法により、ボンド型及びアンボンド型の耐力の推定が可能であった。また、双方のひび割れ性状の差についても傾向を把握することが可能であった。

5. 参考文献 1) 長谷川俊昭：RC ディープビームの非対称せん断破壊に関する数値解析的検討，土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要，V-451，pp.902-903，2001

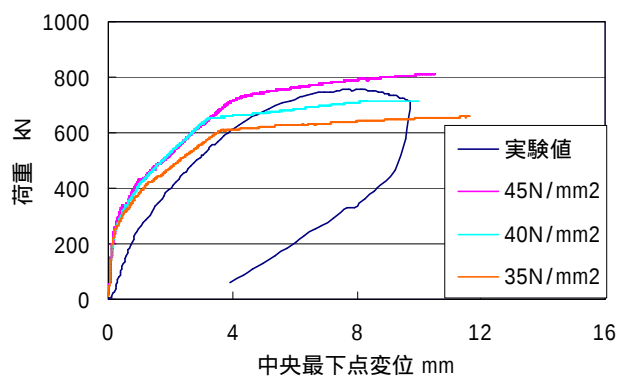


図-3 荷重変位曲線(圧縮強度による比較)

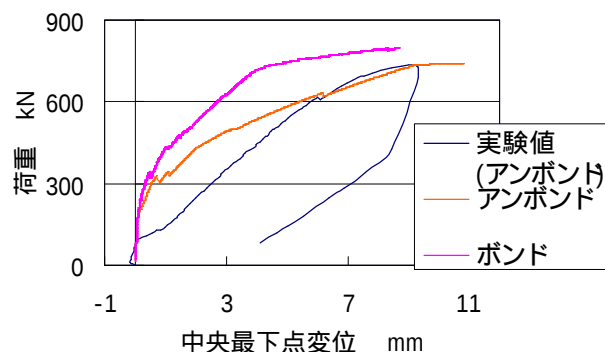


図-4 荷重変位曲線(ボンド・アンボンド)

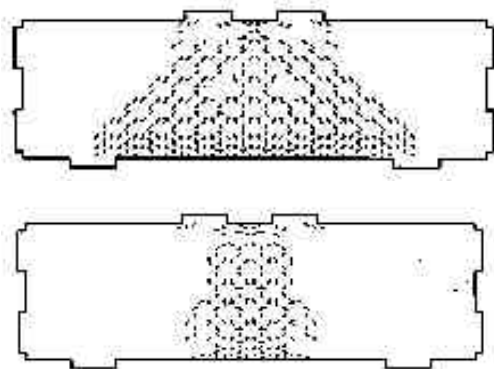


図-5 終局ひび割れ図(上：ボンド)
(下：アンボンド)

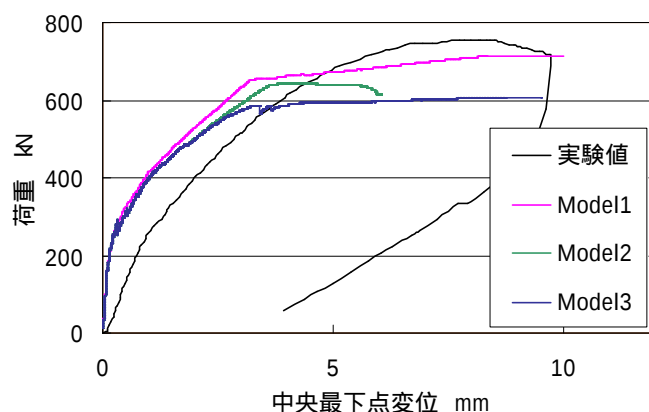


図-6 荷重変位曲線(応力降下モデルによる比較)