

プレストレストコンクリート梁の非線形有限要素法解析

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

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構造特性評価の一環として、図-1に示す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、有限要素法モデルの適用性について考察すると共に、曲げ及びせん断特性、ひび割れ性状を把握し、既に実施された実験結果との比較を行った。

2. 解析モデル 今回の解析には汎用プログラムDIANAを用いた。梁の全長は曲げ試験体 2000mm、せん断試験体

1000mm、断面 300mm×300mm で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-2に示す。要素数は曲げ試験体が532要素、せん断試験体が296要素である。コンクリート要素には8節点四辺形アイソパラメトリック平面応力要素を適用した。コンクリートの圧縮応力下の構成則として、応力～ひずみ曲線を図-3に示す。圧縮応力の降下域はモデル化せず、圧縮強度に達した後は、その強度を保つものとした。引張応力下では、ひび割れ発生まではヤング係数 E_c の弾性体とした。コンクリートの多軸応力下での破壊基準として、圧縮側にDrucker - Pragerモデルを使用し、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。解析に用いたコンクリートの材料特性を表1に示す。ボンドタイプではPC鋼棒、スターラップには埋め込み鉄筋要素を適用した。埋め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。PC鋼棒、スターラップともに、コンクリート部材には完全付着であると仮定した。

アンボンドタイプではPC鋼棒に梁要素を用いた。スターラップは埋め込み鉄筋要素でモデル化し、以下、材料特性はボンドタイプと等しくした。塑性学はVonMisesの降伏基準

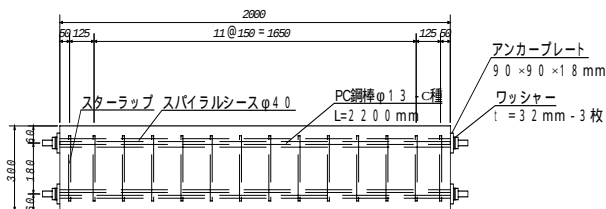


図1 アンボンド型PC梁

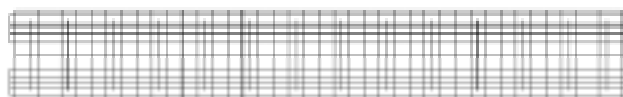


図2 有限要素法モデル概要図(上:曲げ試験体)
(下:せん断試験体)

ヤング係数 E_c	23.8 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	30 °
膨張角 ψ	30 °

表1 コンクリートの材料特性

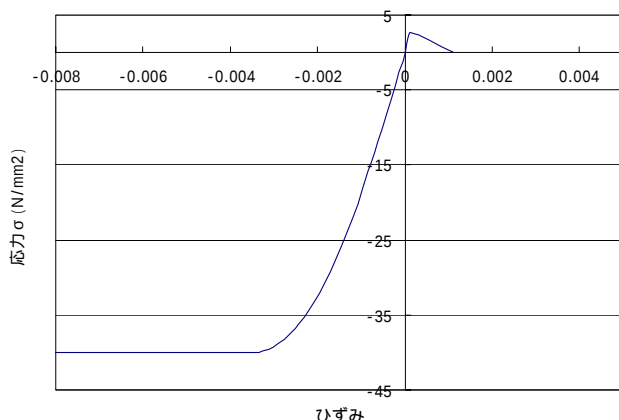


図3 コンクリートの応力～ひずみ曲線

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.03-5286-3852 FAX.03-5286-3852

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。ひび割れは、分布ひび割れモデルの概念を用いた。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。せん断保有関係は一定せん断保有として考えた。

3. 解析結果

解析結果を図-4～図-6に示す。曲げ試験体では、ボンドタイプもアンボンドタイプも初期剛性、引張応力による曲げひび割れ発生付近は解析値が実験値とほぼ同じ履歴をたどった。最大荷重もボンドタイプ、アンボンドタイプとも解析値が実験値に近い値となったが、終局部分の変位量に違いが見られた。これは、コンクリートの圧縮破壊後の剛性、コンクリートの圧縮挙動の構成則の下降部分のモデル化、また、内部状態変数 κ と膨張角の関係を一定としていることによるものと考えられる。せん断試験体ではボンドタイプでは支点から荷重載荷点の付近にせん断ひび割れが多く発生して破壊に至ったが、今回両者は良い一致を見なかった。引張側中央部付近には、曲げひび割れも生じる。曲げ試験体では、ボンドタイプ、アンボンドタイプともに曲げひび割れが多く発生して破壊に至った。アンボンドタイプでは曲げひび割れが中央部分に集まっているのが、実験および解析から、顕著にわかる。図-6にアンボンドの曲げ試験体でのPC鋼棒での比較を示す。PC2-1は梁中央、PC2-2は1/4地点のひずみである。PC導入に伴う初期ひずみの分1700 μ 程度の差を考えると両者は良く一致していた。

4. 結論 アンボンドタイプのPC梁はボンド型に比べて曲げ耐力が20%減少する。また、ボンドタイプよりもアンボンドタイプの方がPC鋼材のひずみ量が大きい。そして、曲げ試験体の場合、アンボンドタイプではボンドタイプに比べてひび割れが中央部に集中する。以上のことが実験結果と解析結果より言える。また、PC鋼棒のひずみ性状についても両者はほぼ一致した。ただし、今回せん断試験体についてはあまり一致しなかった。この原因については今後、検討していきたい。

5. 参考文献 1) 石橋重幸, 清宮理ほか: PCで連結した梁の耐荷力性状, 土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 Vol.56 2001年 pp.1132-1133

2) 色部誠、河角誠、安達洋: コンクリート構造物の塑性解析、丸善株式会社

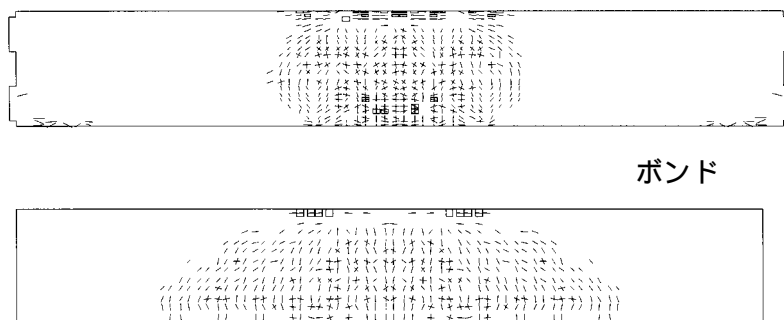
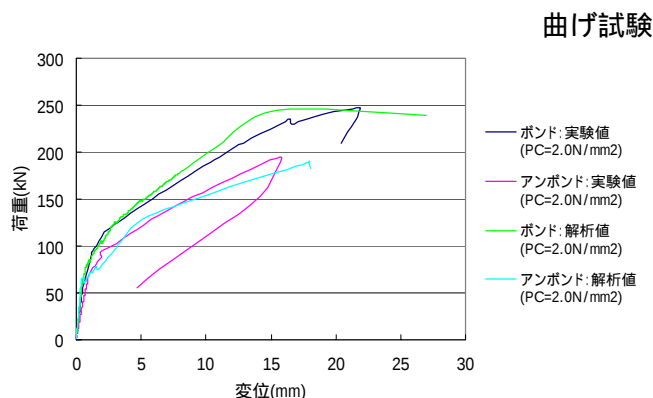
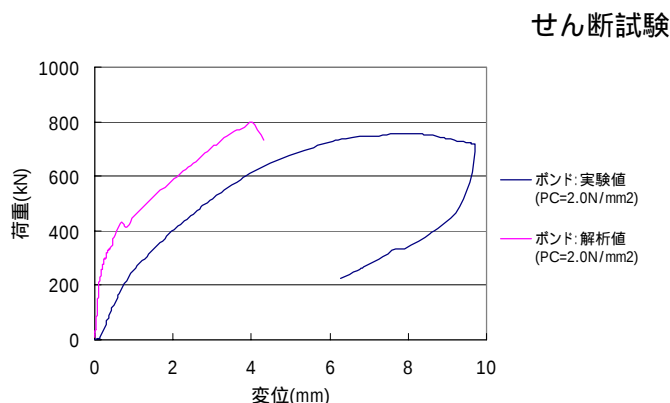


図4 最終ステップ時のひび割れ分布図



曲げ試験



せん断試験

図5 中央点における荷重～変位曲線

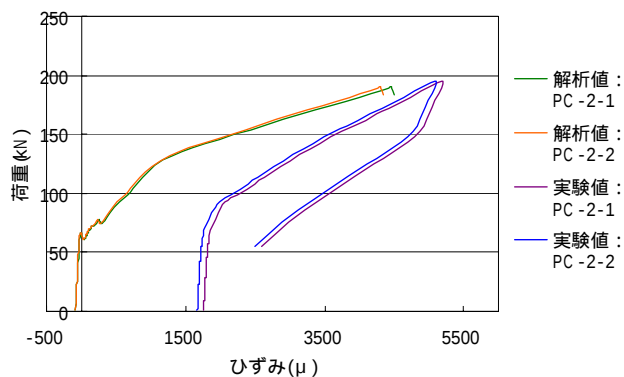


図6 荷重～PC鋼棒ひずみ曲線(曲げアンボンド)