

プレストレストコンクリート梁のねじり載荷試験結果の比較と有限要素法による解析

早稲田大学土木工学科 学生会員 何 海明・増田 明仁

早稲田大学土木工学科 フェロー 清宮 理

1．はじめに 地震や不等沈下などによるねじりモーメントを受けるプレストレストコンクリート梁（PC梁）の力学的性質は曲げ，せん断，軸圧縮力などを受ける PC 梁に比べて，不明な点が多く，基本的なねじり特性や力学的挙動についても検討が必要である。そこで，本研究では，せん断補強筋の有無，グラウト注入の有無，導入プレストレス量を主要因子とした小型試験体による PC 梁のねじり載荷試験を行った。また，汎用プログラム(DIANA)で材料非線形を考慮した 3 次元有限要素解析も行い，試験結果との一部比較検討を行った。試験結果の比較および有限要素解析結果との比較について述べる。

2．試験の概要 図 - 1 に試験体の形状寸法を示す。試験体の長さは 1000mm で，断面は 150mm×150mm である。試験体は， $\phi 5$ の PC 鋼棒 4 本， $\phi 6$ のせん断補強筋を 100mm 間隔で配置してある。載荷装置は文献 1)の研究において使われた装置を用いた。また，載荷方法およびねじり率測定も文献 1)の研究と同様に行った。表 - 1 に各試験体の一覧を示す。

表 - 1 試験体の一覧表

試験体	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
せん断補強筋	なし	なし	なし	なし	なし	なし	あり	あり	あり
グラウト注入	なし	なし	なし	あり	あり	あり	なし	なし	なし
PC 導入量(N/mm ²)	0	1.0	2.0	0	1.0	2.0	0	1.0	1.5

3．載荷試験の結果

(1) ねじりモーメントとねじり率 図 - 2 にせん断補強筋なしの試験体，図 - 3 にせん断補強筋有りの試験体のねじりモーメントとねじり率の関係をそれぞれ示す。プレストレス導入量が増すとともに最大ねじりモーメントはせん断補強筋の有無，グラウト注入の有無，いずれのタイプにおいても増す結果がでた。ねじりモーメントとねじり率はおおよそ比例関係を保ちながら増加し，その後も傾きがやや緩やかになりつつも増加した。せん断補強筋なしの試験体は最大荷重を境にねじりモーメントは急激に減少し，ひび割れの伸展に伴って，耐力を失った。一方，せん断補強筋有りの試験体は最大荷重を超すとねじりモーメントがある程度落ちた後，せん断補強筋の働きで，大きさを保ちながらねじり率のみが増加を続けて，一定の耐力を持つことがわかった。ボンドの試験体およびアンボンドの試験体に関しては，ボンドの試験体は同一条件のアンボンドの試験体に比し，最大ねじりモーメントが大きく，力学的性能が上昇することが明らかになった。

(2) ひび割れ発生状況 試験体の最終破壊状況はほぼ同じパターンである。図 - 4 に試験体のひび割れ展開図を示す。最大荷重付近にひび割れが発生し，位置はほぼ試験体の中央であった。せん断補強筋無しの試験体では，上記のひび割れが発生後，載荷に伴って，ひび割れが進展し，最後は試験体の 4 面につながって，破壊に至った。せん断補強筋あり試験体では，最初のひび割れが発生した直後，せん断補強筋の働きで，

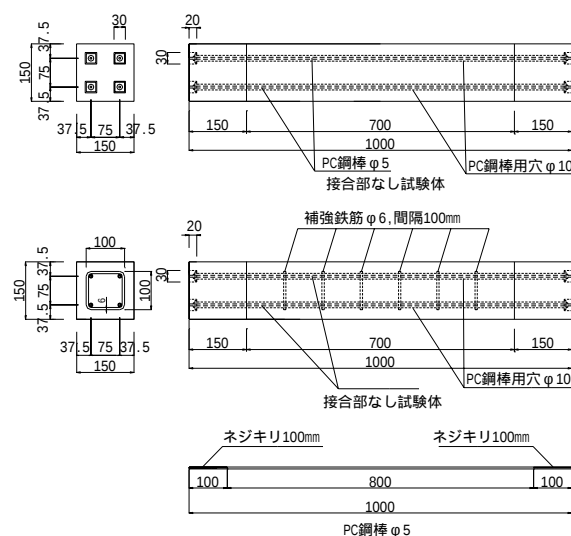


図 - 1 試験体の寸法 単位：mm

連絡先：〒169 - 8555 新宿区大久保 3 - 4 - 1 早稲田大学 51 号館 16F - 01 TEL/FAX： 03-5286-3852

験体の4面にわたって、真ん中付近に集中した数多くのひび割れが発生し、載荷と伴って、各ひび割れも進展し、最後に試験体の4面に貫いたひび割れが形成し、終局を迎えた。

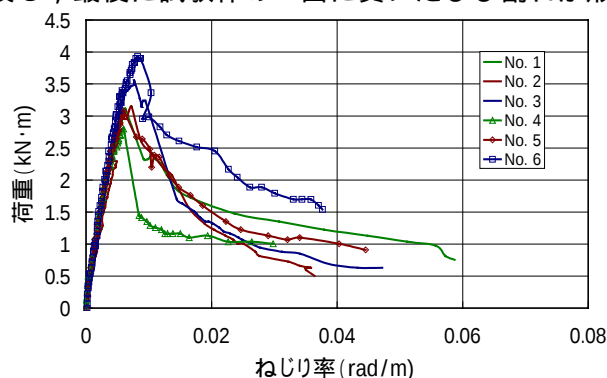


図 - 2 セン断補強筋あり試験体

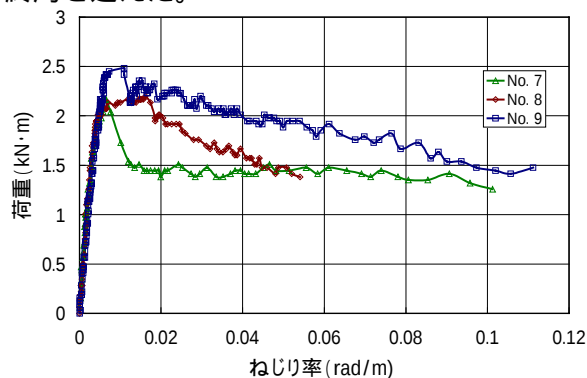


図 - 3 セン断補強筋なし試験体

4. 有限要素法による解析 本研究では、ボンドの試験体を対象に、材料の非線形を考慮した3次元有限要素法解析を行った。図 - 5 に解析モデルを示す。使用する要素の種類は、コンクリートにソリッド要素（要素数 500）を、PC 鋼棒には鉄筋要素（要素数 20）を用いた。図 - 6 にコンク

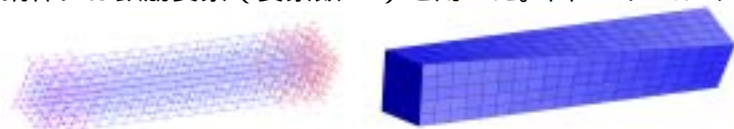
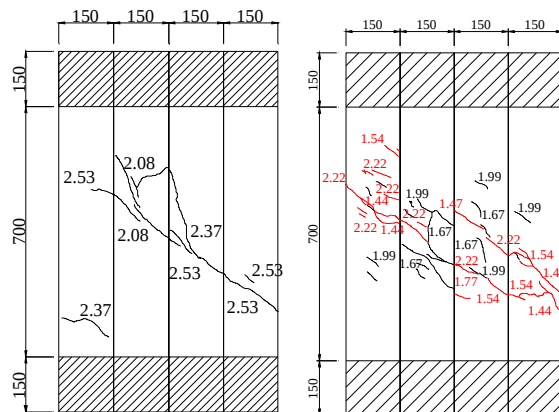


図 - 5 解析モデル



No.1 試験体

No.7 試験体

図 - 4 試験体のひび割れ展開図

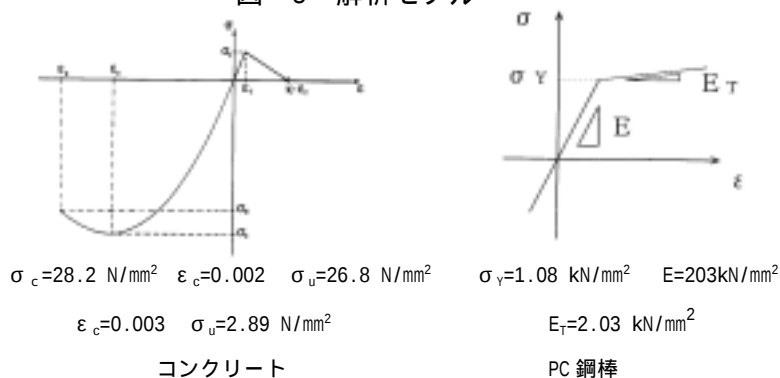


図 - 6 コンクリートと鋼材の応力 - ひずみ関係

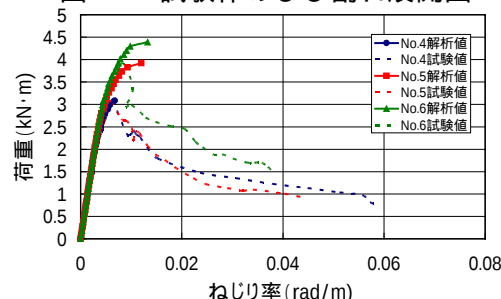


図 - 7 試験値と解析値の比較図

リートと鋼材の応力 - ひずみ関係を示す。PC 鋼棒は降伏強度に達するまではヤング係数の弾性挙動をとり、それ以降はヤング係数の 1/100 の剛性で直線的に応力が増加していくバイリニアモデルとした。部材にねじりモーメントの与え方は、試験と同じように、両端から 150mm の範囲で、固定端には X, Y, Z 三方向に拘束をかけ、自由端となる側の 4 面に分布荷重をかけた。図 - 7 にねじりモーメントとねじり率の曲線の試験値と解析値の比較図を示す。No. 4 試験体は試験値と解析値は最大荷重まで良く一致している。No. 5 試験体と No. 6 試験体は、ねじり剛性（曲線の傾き）がほぼ一致したが、解析の値が試験の値より高い結果が出た。

5. まとめ (1) プレストレス導入量が増加するとねじり耐力は 14%~26%上昇した。(2) セン断補強筋の配置により、PC 梁のじん性増加が得られる。(3) PC 梁のねじり破壊は急激に生ずる、ねじり剛性はひび割れ発生後急激に低下する。(4) アンボンド PC 梁はボンド PC 梁より、最大荷重と鋼材のひずみ量が小さく、力学的に性能が落ちた。(5) 解析結果と試験結果との比較検討を行ったところ、最大荷重まで、両者が良く一致した。

参考文献) 何 海明, 他「接合部とせん断補強筋を有する PC 梁のねじり載荷試験」第 30 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集 V - 76 2003. 3