

PC 圧着工法によるプレキャストコンクリート部材の力学の性状に関する研究 (その 2. 曲げ載荷試験の解析結果)

九州大学	学生会員	○周艾欣	渡邊允弘	フェロー	日野伸一
(一財)橋梁調査会	正会員	山口浩平			
(株)ヤマックス	正会員	久野俊文	松田学	松本康資	

1. 目的

PC 圧着工法は、主要構造部材を高品質・高強度なプレキャスト部材とし、施工現場で PC 鋼材による圧縮プレストレスを与えてプレキャスト部材を接合してコンクリート構造物を構築する工法であり、分割式のカルバート等に広く利用されている¹⁾。RC 構造の荷重－変位曲線は弾性域と塑性域が明確に分かれているバイリニアである。これに対して PC 圧着工法を用いた接合部の荷重－変位曲線は弾性域と塑性域が明確に分かれておらず、剛結合接点では変形挙動を再現できていないことになる。PC 圧着工法特有の圧着面の離間による回転挙動が非線形弾性履歴として表現され、これを構造骨組に取込むには、接合部接点を回転バネとして取扱うことが適当と考えられる。

本研究では、既存の RC 継手工法との比較で PC 圧着工法によるプレキャスト分割スラブ試験体の曲げ載荷試験を行い、接合部の力学性状を「梁－バネモデル」と捉えた場合の回転バネ定数について実験ならびに解析的検討を行った。本報告(その 2)では、非線形 FEM 解析を用いた曲げ載荷試験の解析検討結果について報告する。

2. 試験および解析概要

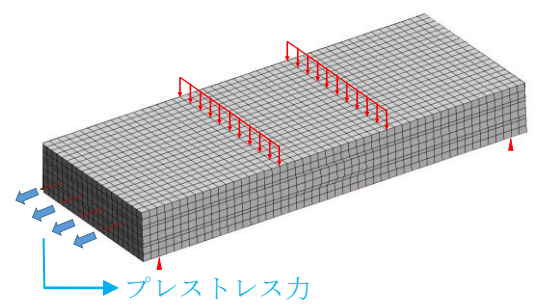
2. 1. 曲げ載荷試験

本報で取上げる試験体は、接合面にエポキシ樹脂を塗布して圧着接合したボンド試験体 (PC-B/E) および比較用の機械式継手 RC 試験体 (RC-S) である。試験体の左右から 1000mm の位置に載荷治具を配置し、その下にゴム板を設置し、等分布線載荷になるようにする。載荷装置は載荷能力 1000kN の門型フレームで、矩形のはり試験体であれば、長さ 2500mm 程度、幅 1000mm 程度、高さ 300mm 程度のものに対応している。

2. 2. FEM 解析

図－1 に解析に用いた解析モデルの要素分割状況の一例を示す。プレキャスト部材の耐荷挙動をシミュレートするために、汎用数値解析ソフトである DIANA を用いた。数値解析モデルは 1/1 モデル、要素寸法 50×50×50mm、コンクリートは 8 節点ソリッド要素、鉄筋と PC 鋼棒には埋込み鉄筋要素を用いた。コンクリートの材料構成則には、圧縮側に最大荷重まで圧縮試験の結果を用い、引張側に引張軟化曲線モデル式を用いた。

また、本解析では試験体と同様に、初めに PC 鋼棒によるプレストレスの導入、次に載荷位置に強制変位を加え漸増方式とした。

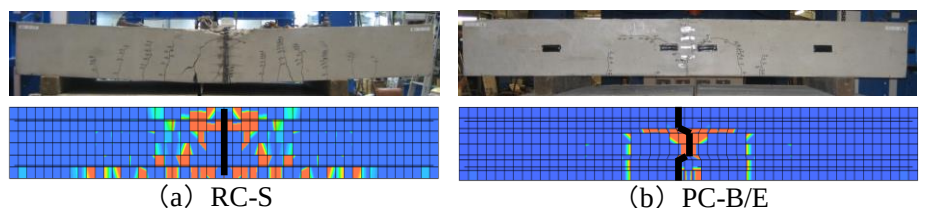


図－1 解析モデル

3. 結果および考察

3. 1. ひび割れおよび変形状

ひび割れ図を図－2 に、荷重と載荷点変位の関係を図－3 に示す。



図－2 最大荷重時のひび割れ分布

キーワード プレストレス構造、プレキャスト、PC 圧着工法、接合部、回転バネ定数

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 ウエスト 2 号館 1104 号室 TEL 092-802-3392

RC-S 試験体は、常時荷重到達後に初期ひび割れが発生し、スパン中央の接合界面に沿ったひび割れとともに純曲げ区間の曲げひび割れおよび斜めひび割れが進展拡大し、最終的には圧縮側コンクリートの圧壊に至る典型的な曲げ圧縮破壊を示した。PC-B/E 圧着試験体については、RC-S 試験体に比べて曲げひび割れの発生が少なく、荷重の増加とともに接合界面のシアキーに発生した斜めひび割れが進展拡大し、最終的には曲げ圧縮破壊により終局に至った。実験では、PC-B/E は RC-S より復元性が高いことが分かった。また、解析では、はりのたわみ挙動を最大耐力レベルまで精度良く追跡できている。

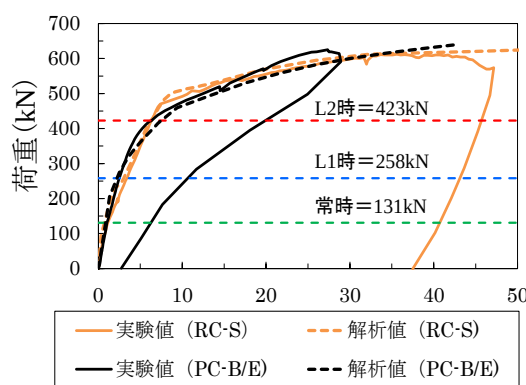


図-3 荷重と変位の関係

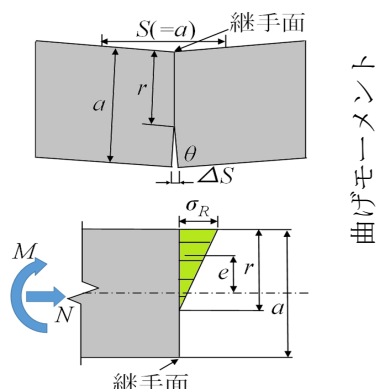


図-4 継手部の变形と応力分布

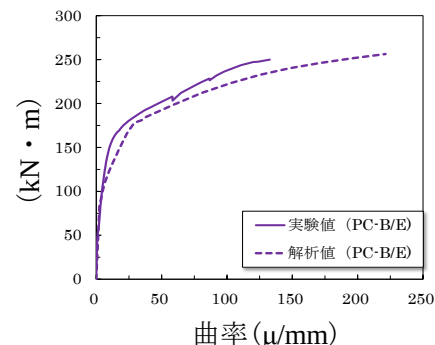


図-5 曲げモーメントと曲率関係

3. 2. 回転バネ定数

回転バネ定数とは、曲げモーメントを回転角で割ったもので、接合面の剛性を表しており、回転バネ定数が高いほど剛性が大きくなる。現在の設計ではレオンハルトの式が用いられている。レオンハルトの式では回転バネ定数は、図-4 に示すように、桁高や桁幅などの継手部の寸法と作用軸力によって決まると考えられている。回転バネ定数は次式で与えられる。²⁾

$$K = \frac{M}{\theta} = \frac{Ne}{\theta} = \frac{9Ea^2b}{8} m(1-2m)^2 \quad (1)$$

ここで、E:コンクリートの弾性係数(kN/m²)、m:荷重偏心率、a:桁高(m)、b:幅(m)

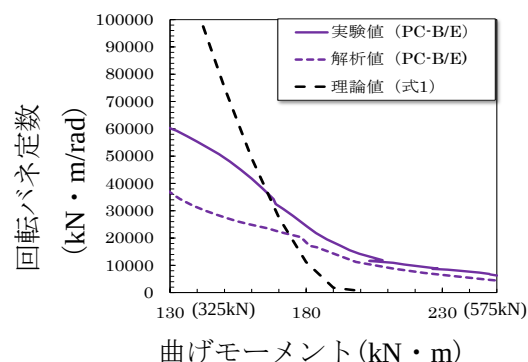


図-6 回転バネ定数と曲げモーメント関係

曲げモーメントと曲率関係を図-5 に、回転バネ定数と曲げモーメントの関係を図-6 に示す。実験では、曲げモーメント 136kN・m 時に、PC 鋼材に引張応力が発生し、また、PC 鋼材の抜け出しが開始したと推定される曲げモーメントは 176kN・m である。したがって、回転バネ定数については、接合面の開口が開始されて以降の範囲について考察する。回転バネ定数の解析値は、曲げモーメントの増加にともない減少しており、解析値は既往のレオンハルト式に比べて、実験値の傾向をよく捉えている。

4. まとめ

3 次元非線形解析の結果は、回転バネ定数を含め実験結果を精度良くシミュレートすることができた。今後、最適な回転バネ定数を導入した、今回の実験および解析結果を基に、PC 圧着工法を用いたプレキャスト構造の合理的な設計法を確立していく予定である。

参考文献

- 1) 松本, 久野, 松田, 日野: PC 圧着工法によるプレキャストコンクリート部材の力学的性状に関する研究 (その 1. 曲げ載荷試験の実験結果)
- 2) 本田, 古市, 吉田, 中川: プレキャスト部材の突合せ接合についての力学挙動に関する検討, コンクリート工学年次論文集, vol.27, No.2, 2005