

プレストレス構造を用いたプレキャストアーチカルバートの変形特性

九州大学 学生会員 ○周艾欣, 三浦祐輔
(株)ヤマックス 正会員 久野俊文

正会員 山口浩平 フェロー会員 日野伸一
松田学 松本康資

1. 目的

2011 年に起きた東日本大震災では、多くの構造物が甚大な被害を受けた。将来発生するであろう大規模地震や突発的な自然災害に備えた、排水のための水路であるカルバートの地震対策の推進は急務である。

本研究に先駆けて、プレキャスト部材を PC 鋼材によって圧着接合したスラブ試験体の構造性能に関する実験的研究が行われた¹⁾。PC 構造のプレストレス力は、プレキャスト部材の接合にも利用できることからプレキャスト化に適した工法といえ、工期短縮にも効果的である。そこで本研究では、5 分割プレキャスト部材をプレストレス力にて圧着接合し、プレストレス構造を用いたプレストレスアーチカルバートの変形特性について検討した。

2. 試験および解析概要

2.1 頂部載荷試験

実物大試験体による頂部載荷試験を行った。図-1 に試験体の概略図を示す。試験体スプリングラインの内空幅 7.0m、内空高さ 5.8m とした。プレキャスト部材はアーチ部を 3 部材、脚部を 2 部材で構成している。

プレキャスト部材は設計基準強度 40N/mm^2 の高強度コンクリート、底版は設計基準強度 20N/mm^2 の現場打ちコンクリートを用いた。材料特性値を表-1、2 に示す。

試験体アーチ部材には D16 の異形鉄筋を主鉄筋とし、D10 のフープ筋を 250mm 間隔で配筋した。脚部材には D22、D25 を主鉄筋とし、D19 のフープ筋を 250mm 間

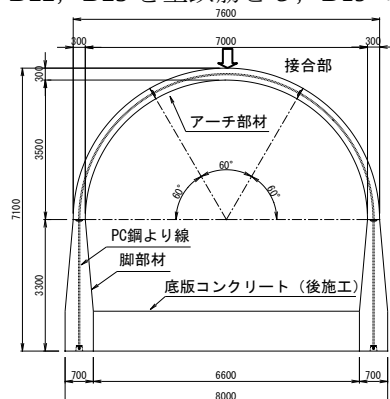


図-1 試験体概略図

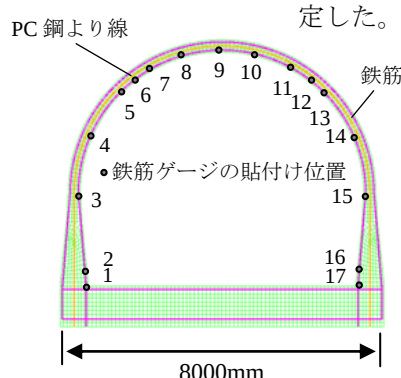


図-2 解析モデル

隔で配筋した。底版は脚部材と同じ配筋とした。また、プレキャスト部材は $\phi 17.8$ の PC 鋼より線を用い、断面中央に 4 本を配置した。図-2 に主鉄筋ひずみの測定箇所を示す。

載荷は、PC 鋼棒を底版コンクリートに固定し、試験体の頂部位置に荷重を加えた。測定は載荷点位置における変位量、アーチ部材接合面の開口変位、内側と外側の主鉄筋ひずみを測定した。

2.2 FEM 解析

プレキャストアーチの耐荷挙動をシミュレートするために、DIANA による非線形 FEM 解析を行った。数値解析モデルを図-2 に示す。

モデルは 2 次元モデル、要素寸法 $100 \times 100\text{mm}$ 、コンクリートは 4 節点シェル要素、鉄筋と PC 鋼より線には埋込み鉄筋要素を用いた。図-3 に使用したコンクリート材料構成則を示す。圧縮側には、最大荷重までは圧縮試験の結果を用い、引張側は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 鋼より線によるプレストレスの導入、次に底版をモデル化して、載荷位置に強制変位を加えた。載荷点位置における変位量、内側と外側の主鉄筋ひずみを測定した。

表-1 コンクリートの材料特性値

圧縮強度(N/mm^2)	47.4
ヤング係数(kN/mm^2)	37.8

表-2 鉄筋の材料特性値

種類	降伏点(N/mm^2)	引張強度(N/mm^2)
SD345		
D16	390	596
D22	397	610
D25	388	594

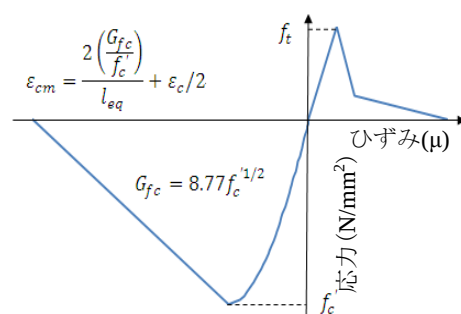


図-3 コンクリートの材料構成則

3 結果および考察

3.1 ひび割れおよび変形状

図-4 に荷重と載荷点変位の関係を示す。常時荷重時ではひび割れの発生は認められず、荷重 140kN で載荷点の直下に 0.05mm 未満の初期ひび割れを観察した。荷重の加力とともに僅かにひび割れが進展拡大したが、L2 荷重時の最大ひび割れ幅は 0.06mm と小さく、また、載荷点位置の変位量は 2.34mm であった。ここで、設計上の常時荷重は 64kN, L1 は 30kN, L2 は 156kN である。L2 荷重時の除荷後のひび割れ幅は 0.05mm 未満で、残留変位量は 0.25mm となり高い復元力を示した。なお、図-1 中の接合部の開口変位量は、L2 荷重時で 0.01mm 未満であり、接合部に変状は認められなかった。

また、常時荷重時、L1 荷重時および L2 荷重時の変位量は、解析値と実験値は同程度の値を示しており、プレキャスト部材の接合方法に特に問題はないと判断できる。

図-5 に主鉄筋ひずみ分布(内側)を示す。載荷点位置である着目点 9 番に最大引張ひずみ、アーチ肩部中央の着目点 4 番に圧縮ひずみ、脚部付根近傍の着目点 1 番ならびに 2 番に引張ひずみの発生が認められた。L2 荷重時の主鉄筋ひずみの最大値は 103μ であることから、主鉄筋が弾性範囲内であることは明らかであり、主鉄筋のひずみは左右対称に分布しており、設計荷重に対して十分な安全性が確認された。

3.2 設計値と実験値の比較

表-3 に頂部載荷位置の応力および変位の実験値と設計値の比較を示す。設計値は、

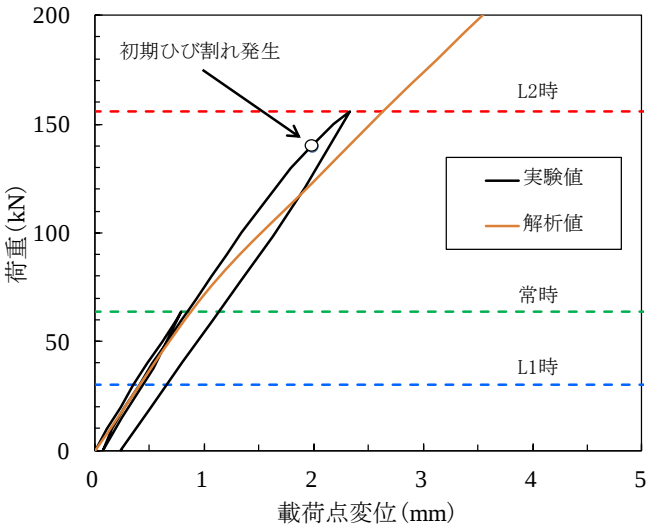


図-4 荷重と載荷点変位の関係

試験荷重載荷時の断面力および変位量を骨組み解析モデルによる平面解析にて求めており、実験値は、ひずみの測定値をフックの法則により応力度に読み替えて示した。設計値と実験値は概ね良い対応を示しており、プレキャスト部材の接合を鋼結合とした解析モデルが妥当であることが示された。本載荷試験の結果、常時荷重時点でひび割れの発生が抑制され、また、L1 荷重時および L2 荷重時で鉄筋降伏ならびに終局状態に至っていないことが実験的に確認された。

4. まとめ

常時荷重時点でひび割れが発生せず、L2 荷重時の除荷後も残留変位量は小さく高い復元力を確認した。また、2 次元非線形解析の結果は、実験結果と一致した。骨組みモデルによる平面解析の設計値と実験値には良い対応が得られ、鉄筋の応力伝達も良好であることから、本構造の有用性が明らかになった。

参考文献

- 1) 日野, 村上, 武田, 山口, 松田 : PC 圧着工法による RC スラブの構造性能に関する実験的研究 (その 1 実験方法およびせん断試験シリーズ結果), 2012 (第 52 回) 日本建築学会九州支部研究報告会 (大分), 135

表-3 頂部載荷位置における応力および変位

区分	応力(N/ mm ²)				変位(mm)	
	実験値		設計値		実験値	設計値
	圧縮	引張	圧縮	引張		
常時	5.63	7.51	5.44	13.6	0.8	1.3
L1時	2.63	3.57	4.17	10.4	0.4	0.9
L2時	14.3	20.6	9.02	22.6	2.3	2.4

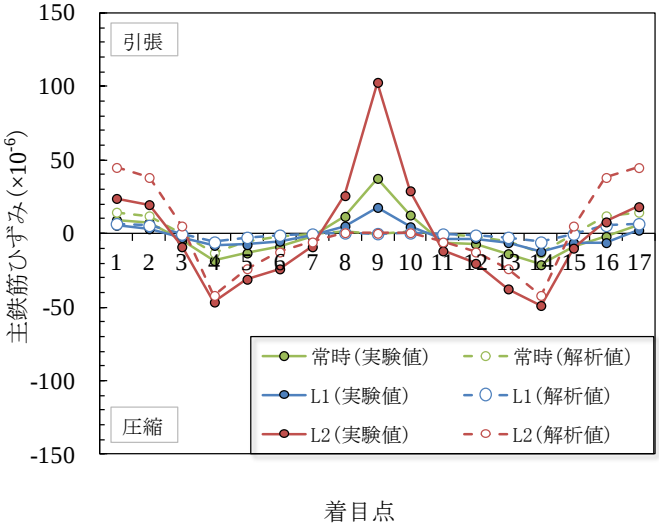


図-5 主鉄筋ひずみ分布