

張弦 PC 橋の終局曲げ耐力の解析

熊本大学 学生員○小幡 大輔 (株)ピーエス 正員 前田 文男
 熊本大学 正員 崎元 達郎 熊本大学 正員 渡辺 浩

1. まえがき¹⁾

建築の分野で主に屋根材として用いられている張弦梁を橋梁の分野へ応用した図-1 に示すような構造を張弦 PC 橋と呼ぶことにする。張弦 PC 橋は、図-1 に示すように、ストラットを用い PC ケーブルを桁高以上に偏心させていることから、PC ケーブルによる曲げ成分を有効に利用することができる。また、死荷重を軽減し適応スパンを伸ばすことが可能であることから、これまで PC 橋では適応が難しかった中規模径間(70m~100m)の橋梁形式として有望である。本研究は、張弦 PC 橋実用化への研究の一環として、張弦 PC 橋の終局耐力及び破壊時の挙動やメカニズムを解析的に明らかにすることを目的とする。また、本解析の妥当性を検証するため、模型実験²⁾を行い解析結果との比較検討を行った。

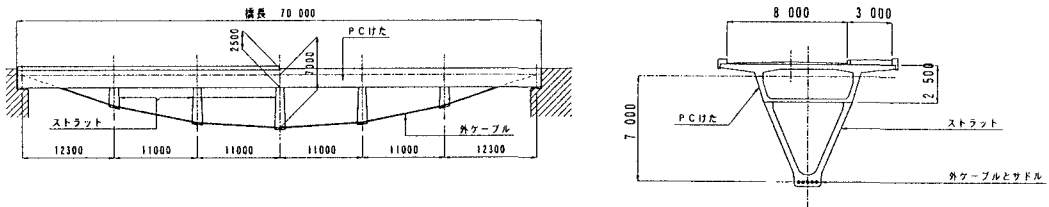


図-1 張弦 PC 橋の一般図

2. 解析理論の要約³⁾

2.1 概説

本解析においては、1 節点 3 自由度のはり-柱要素の有限要素法を用いることとし、断面分割法によって材料的非線形性を、断面要素毎の応力を積分した断面力を要素とする初期応力マトリックスにより幾何学的非線形性を考慮する。

2.2 解析上の仮定

- 1) 鋼、コンクリート及び PC 鋼材とも一軸(直)応力-ひずみ関係がひずみ硬化、軟化を含めてすべての履歴に対して与えられるものとする。
- 2) 断面の一部または全部が降伏し塑性化しても、曲げによるひずみに対して平面保持の仮定が成立する。
- 3) 部材は十分に細長いものとし、せん断ひずみ、せん断応力度の変形、降伏に及ぼす影響は無視する。
- 4) 変形は大きくても、ひずみは微小である。
- 5) 局部破壊や断面欠損は生じないものとする。
- 6) 鉄筋とコンクリートは完全に付着しているとして、相互のすべりは考慮しないものとする。

2.3 増分つり合い方程式

増分移動座標法及びエネルギー増分の停留原理より導いた次式に示す増分つり合い方程式を変位増分毎に Newton-Raphson 法による繰返し計算で解く。

$$(K_{ep} + K_g) \cdot U = P - (T \cdot \bar{f} - \bar{P})$$

ここに、 K_{ep} : 塑性の影響を考慮した微小変位の接線剛性マトリックス

K_g : 初期応力マトリックス U : 節点変位増分ベクトル P : 節点外力増分ベクトル

T : 座標変換マトリックス $\bar{f}$: 全節点断面力ベクトル $\bar{P}$: 全節点外力ベクトル

3. 解析モデル

3.1 概説

本解析との比較検討に用いた模型実験の供試体を以下のようにモデル化する。尚、供試体形状、材料特性などの詳細は参考文献²⁾を参照されたい。

3.2 骨組モデル

骨組は、図-2のような節点間のはり一柱要素に分割するが、主桁内 PC 鋼材を一つの部材として考慮するため、主桁両端及び中央部に主桁内 PC 鋼材の偏心量の長さを持つ剛なダミー部材を想定し、主桁と内 PC 鋼材を連結した。また、サドル部での外ケーブルのすべりを考慮するため、両端のストラット下端部に曲げ剛性の弱い板ばね部材を導入した。

3.3 断面分割法

部材要素は曲げ方向に分割した断面要素に分割する。具体的に、主桁である複鉄筋 T 型断面で考えると、図-3 に示すように、鉄筋部分は集合断面積 AS1 及び AS2 を断面幅 W1 及び W2 で除することにより、等価な層厚への置換を行った。

3.4 境界条件

境界条件は、両端支点を Y 方向変位拘束のローラー支点、中央ストラットの上下端部を X 方向変位拘束とした。

4. 解析結果

今回は、実験値との比較により本解析の妥当性を検証する。まず、図-4 は、荷重と支間中央部の鉛直変位との関係を示している。図より、荷重 25tf までは、解析値と実験値は、ほぼ一致していることが分かる。最大耐力については、実験値 27.5tf に対して、解析値では 25.4tf となり、7.6%程度の誤差で安全側に評価されている。

図-5 は荷重と外ケーブルの増加張力との関係を示したものである。図より、外ケーブルの増加張力に関しては、解析値は実験値と終局状態まで一致しており、精度良く追跡できていることが分かる。

参考文献

- 1) 前田、他：中規模 PC 橋の構造形式に関する一提案、土木学会第 51 回年講 V-450、平成 8 年 9 月
- 2) 山之口、他：大型模型による張弦 PC 橋の耐荷力実験、土木学会西部支部研究発表会、平成 10 年 3 月
- 3) 森島伸吾：有限変位を考慮した鉄筋コンクリート骨組の終局強度解析法、熊本大学提出、平成 3 年度卒業論文

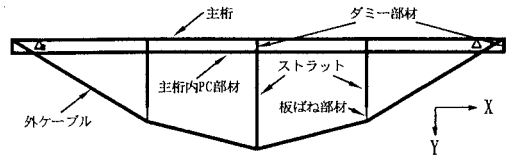


図-2 骨組モデル

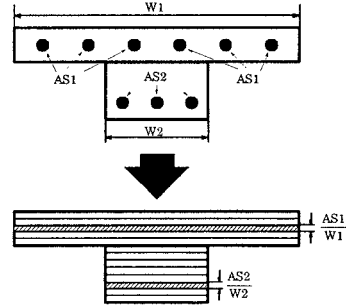


図-3 断面分割法

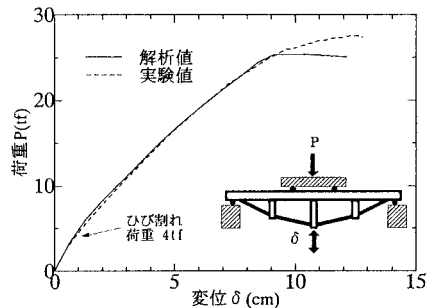


図-4 荷重-変位曲線

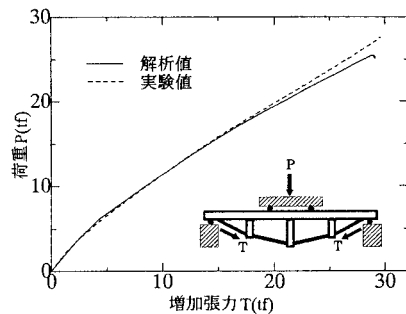


図-5 荷重-ケーブル増加張力曲線