

大偏心外ケーブル PC 波形鋼板ウェブ複合桁 1/36 縮小模型の載荷実験

日本大学 大学院 正会員 ○國井 道浩
 (株) 近代設計 正会員 工修 三品 貴寛
 日本大学 理工学部 正会員 工修 井戸 功誠
 日本大学 理工学部 正会員 Ph.D. 山崎 淳

1. はじめに

大偏心外ケーブル PC 桁橋に複合桁を適用させた構造について継続的に研究を行ってきた。これまでの研究では、大偏心外ケーブル PC 桁橋の効率的な設計を行うための EL 設計理論を検討し、桁に鋼トラスを適用させた中央スパン 180m のモデル構造を設計した¹⁾。次に、その縮小模型を製作し、プレストレス導入及び鉛直方向載荷実験を行い、この構造の耐荷機構や破壊挙動について検討してきた。これまでの実験では、鋼トラス材の変形に起因する桁のせん断破壊となった²⁾。今回の実験では、曲げに対する挙動を確認するため、鋼トラス材の代わりに、波形鋼板ウェブ複合桁³⁾を適用した構造について検討を始め、この構造のケーブルと桁の耐荷機構や曲げに対する挙動を検討する目的で、対象構造の縮小模型を用い、載荷実験を行った。ここでは、模型製作と実験結果について報告する。

2. モデル構造

対象としているモデル構造の側面を図-1、断面を図-2、波形形状を図-3、材料用値を表-1に示した。

モデル構造は、EL 設計理論を用いて、供用状態を対象に力学原理に基づき、耐荷性能など構造面から効率的な構造諸元を決定した⁴⁾。構造形式は、波形鋼板ウェブ桁を用い、3 径間連続モノケーブル形式とした。中央径間 180m、側径間 36m、ケーブルサグ 16.3m、桁高 3.55m である。

表-1 材料用値

コンクリート	
許容圧縮応力度 σ_c	10 N/mm ²
弾性係数 E_c	28kN/mm ²
波形鋼板 (SM490)	
許容せん断応力度 σ_s	105N/mm ²
弾性係数 E_s	200kN/mm ²
PC鋼線	
引張強度 f_{pud}	1900N/mm ²
許容引張応力度 $0.6f_{pud}$	1140N/mm ²
弾性係数 E_p	200kN/mm ²

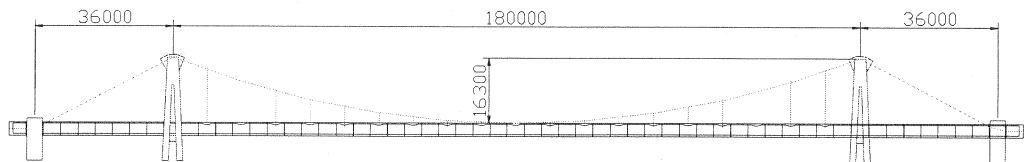


図-1 モデル構造側面 (単位: mm)

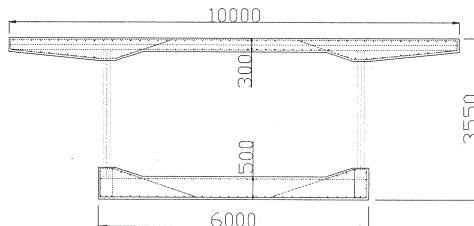


図-2 モデル構造断面 (単位: mm)

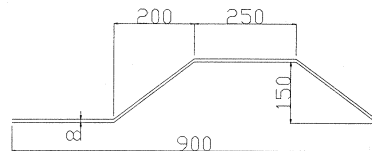


図-3 波形形状 (単位: mm)

3. 実験概要

3.1 縮小模型

図-4に縮小模型全体、表-2に使用材料を示した。実験供試体は、モデル構造を可能な限り1/36に縮小したものである。ただし、上下床版厚と波形鋼板に関しては施工上の問題から約1/10の縮小率になっている。ケーブルの緊張は、緊張側端部に取付けた導入ジャッキにより片側から2本同時に緊張する構造とした。桁への鉛直方向荷重は、載荷ジャッキをスパン中央下に取付け、荷重分配梁を介して中央スパンの4等分点に荷重を伝える構造とした。

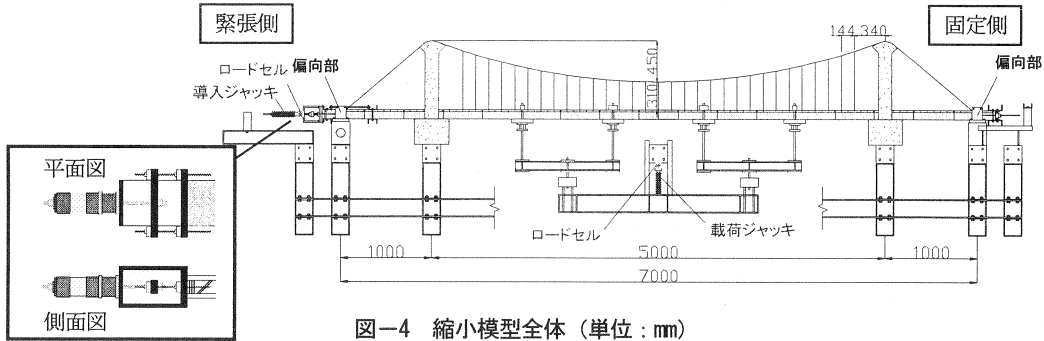


図-4 縮小模型全体 (単位: mm)

図-5、図-6に、縮小模型桁側面、桁断面図を示す。桁はRC構造とし、床版にモルタル、主筋にM6ネジ棒を用いて、17個のセグメントを製作し、連結した。桁とケーブルをつなぐハンガーにはM3ネジ棒(1箇所につき2本)、ケーブルはSWPD3(2.9mm3本より線)を使用し、2面吊となっている。波形鋼板は図-7に示す形状で、0.5mm厚の鉄板を折り曲げている、波形鋼板間の接合は、接合プレートを用い1面摩擦接合とした。波形鋼板と上床版は埋め込み接合、下床版はM3ネジ棒をずれ止めとして埋め込んだ。

3.2 実験の目的

プレストレス導入

プレストレス導入は、鉛直方向荷重実験の初期状態である、設計ロードバランス状態にするための実験である。設計ロードバランス状態にし、ケーブルに導入した張力により発生する上向き荷重が想定量発生することを確認する。

設計ロードバランス: “ケーブルによる上向き荷重” と “桁自重+載荷装置自重+縮小化に伴う桁自重補正荷重+1/2活荷重” がバランスしている状態 (図-9)。

鉛直方向荷重実験

設計ロードバランス状態を初期状態として、荷重増分に対し、載荷ジャッキにより鉛直方向に載荷荷重を与え、荷重増分に対する桁とケーブルの荷重分担割合、破壊までの挙動を確認する。

表-2 使用材料

ケーブル	PC鋼3本より線(SWPD:2.9mm)
ハンガー	M3ネジ棒(1箇所につき2本)
上下床版	モルタル(圧縮強度45N/mm ²)
波形鋼板	鉄板(JIS G3141)

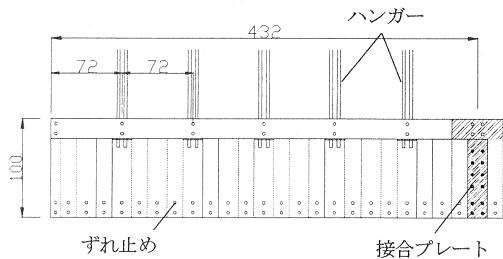


図-5 縮小模型桁側面

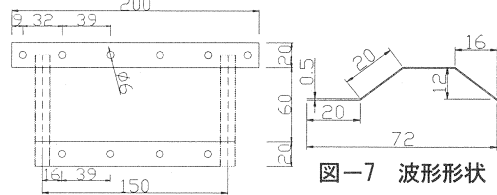


図-6 縮小模型桁断面

図-7 波形形状

4. 実験結果と考察

(1) プレストレス導入

図-8 に導入荷重-ケーブルひずみ関係を示した。実験値と予測値はよく一致し、ケーブル張力が固定側端部から緊張側端部まで適切に伝達されていることが確認できる。

図-9 は、ケーブル定着後の荷重状態を示したものである。ケーブル定着後のひずみからケーブル張力 26.98kN を得た。ケーブル張力から上向き荷重を算出し、下向き荷重との差を示したものである。上向き荷重と下向き荷重の差が小さいため、この状態を鉛直方向載荷実験の初期状態とした。

(2) 鉛直方向載荷実験

図-10 に載荷荷重-中央変位関係を示した。予測値は、桁とケーブルはスパン中央でたわみを共有するものとし、そのたわみに対する桁とケーブルの分担荷重を別々に計算した。また、桁のたわみの計算は幾何学的非線形を考慮している。

図-10 のように、実験値は予測値に対して低い荷重となった。写真-1 のように桁の急激なせん断破壊となった。図-11 は載荷荷重時の桁の変形を示している。破壊箇所は、固定側の変位計 1 付近であった。図-11 から荷重 25.6kN 以降緊張側の変位計 4 の動きが止まっていることから、固定側に荷重が片寄ったと考えられる。また、予測値は終局時(載荷荷重 47.79kN)の値であり、実験値は予測値以上に大きいたわんでいることが分かる。写真-2 は破壊直前の状況で、特に波形鋼板の変形は見られず、最終的に、想定した設計荷重の約 3.64 倍で破壊した。

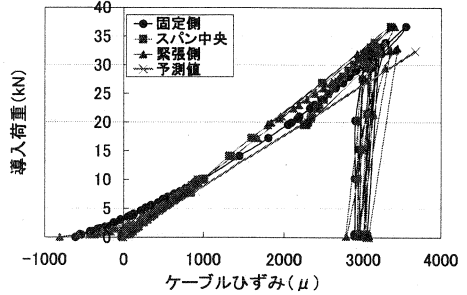


図-8 導入荷重-ケーブルひずみ

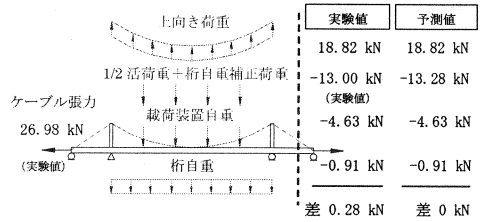


図-9 載荷実験の初期状態

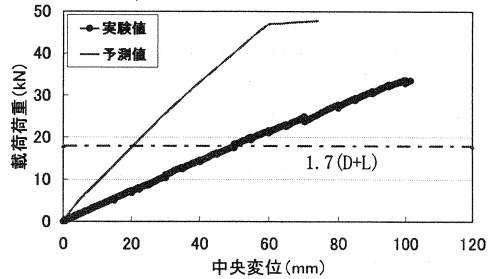


図-10 載荷荷重-中央変位

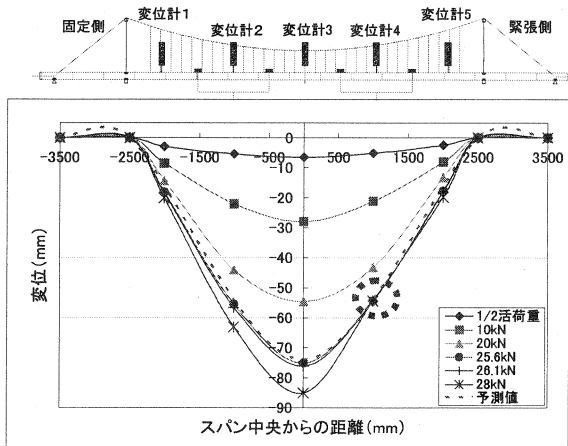


図-11 桁の変形

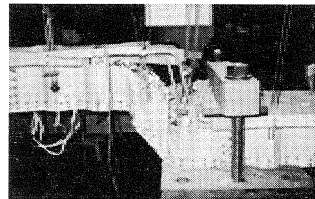


写真-1 破壊状況

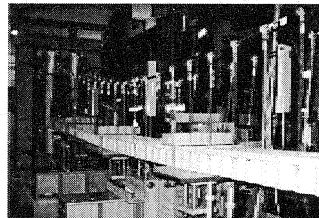


写真-2 破壊直前

図-12 に載荷荷重-ケーブルひずみ増加関係を示した。固定側は予測値より低いひずみ増加になったが、緊張側とスパン中央は、予測値とほぼ一致し、載荷荷重に対しては想定したひずみ増加となった。しかし、図-13の中央変位-ケーブルひずみ増加関係より、たわみに対して実験値は予測値より低いひずみ増加になった。

図-14 に桁とケーブルの荷重分担割合を示した。荷重分担割合は、スパン中央のひずみ増加からケーブルの上向き荷重を算出し、載荷荷重との割合から算出した。実験値は、予測値と同じ傾向を示し、荷重増分に伴い、桁分担が減少し、ケーブル分担が増加した。

5. 施工実績

施工実績は、D. C. C. Vandepitte によって設計された Mariakerke Bridge⁵⁾。Jiri Strasky による Vranov Lake Pedestrian Bridge⁶⁾がある。

6. まとめ

本報告では、大偏心外ケーブルPC波形鋼板ウェブ複合桁の1/36縮小模型を対象としたプレストレス導入・鉛直方向載荷実験について報告した。

プレストレス導入では、ケーブルの緊張により、想定した上向き荷重が発生することを確認した。

鉛直方向載荷実験では、曲げ破壊ではなく桁の急激なせん断破壊となった。荷重分担割合では、荷重増分に対し、桁分担が減少し、ケーブル分担が増加した。

7. 今後の課題

今後は、縮小模型のFEM解析を行い、実験値と比較する。また、載荷荷重-中央変位関係、ケーブルひずみ増加-中央変位関係のケーブルの変形に対する実験値と予測値との差異について検討を進めていく。

<謝辞>

実験は、平成15年度日本大学理工学部土木工学科卒業研究生の朝日彰一(飛鳥建設株式会社)、石橋謙一(株式会社安部工業所)、小林洋介(青木あすなる建設株式会社)とともに実施された。上記の方々に厚く御礼申し上げます。

<参考文献>

- 1) 井戸・大熊・張・山崎：“大偏心外ケーブル鋼トラス複合桁模型の設計・製作” 第8回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp579-584, 1998. 10
- 2) Kosei, Ido：“EXPERIMENTAL STUDY FOR COMPOSITE PRESTRESSED CONCRETE GIRDER BRIDGE WITH EXTERNAL TENDONS OF LARGE ECCENTRICITIES” Proceeding of the first fib congress2002 volume 1 session5 pp, 85-86
- 3) 波形鋼板ウェブ合成構造研究会：波形鋼板ウェブPC橋計画マニュアル(案), 1998. 12
- 4) 井戸・萩原・大熊・山崎：“箱桁・複合桁を適用した大偏心外ケーブルPC桁の試設計” 第10回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp825-830, 2000. 10
- 5) D. C. C. Vandepitte：“Suspended Span is Prestressed Concrete” Eng. News-Rec., April21, 1960, p40-42
- 6) Jiri Strasky：“Design-Construction of Vranov Lake Pedestrian Bridge” Czech Republic, PCI Journal November-December 1997, pp60-75

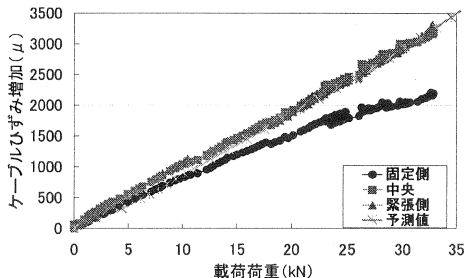


図-12 載荷荷重-ケーブルひずみ増加

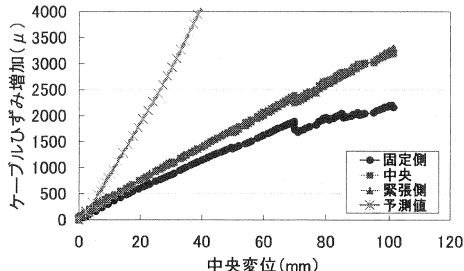


図-13 中央変位-ケーブルひずみ増加

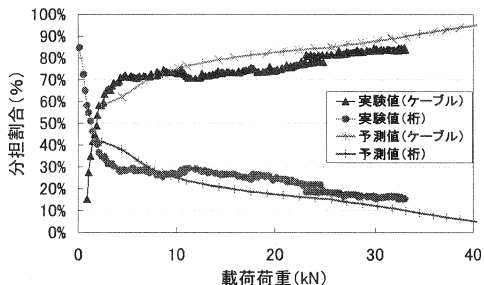


図-14 荷重分担割合