

波形鋼板ウェブ手延べ桁の製作実験

ー北海道縦貫自動車道 鳥崎川橋における取組みー

大成建設株式会社 正会員 ○大島 邦裕

日本道路公団 北海道支社 正会員 東田 典雅

日本道路公団 北海道支社 正会員 安里 俊則

大成建設株式会社 正会員 塚本 敦之

1. はじめに

北海道縦貫自動車道鳥崎川橋は、押出し工法で施工する波形鋼板ウェブPC連続箱桁橋である。鳥崎川橋では図-1のように、上弦材が鋼板、ウェブ部材が波形鋼板、そして下弦材が超高強度繊維補強コンクリート（以降、UFCと呼称）から成る前例のない手延べ桁構造である。下弦材に使用するUFCは養生時における自己収縮が大きく（約600 μ ）、かつ所要強度（設計基準強度180N/mm²）を発現させるためには90℃で48時間の蒸気養生を要する材料である。UFCと鋼部材の複合構造を考える上で、このようなUFCの特性を考慮し、波形鋼板による自己収縮の拘束低減ならびに養生設備の低減を図るため、手延べ桁の製作は、まずアングルジベル付きフランジプレート（以降、フランジプレートと呼称）とUFCを7m～9.5m毎に一体製作し、波形鋼板の溶接した後に、現場で各部材を接合後し、プレストレスを導入して一体化する方法としている。この製作方法においては、フランジプレートとUFCを一体製作する際にフランジプレートがUFCの自己収縮を拘束するため、UFCには引張の拘束ひずみが発生する。また、この拘束ひずみにより下弦材に変形が生じ、押出し時の手延べ桁の応力に影響を及ぼす。本文では、フランジとUFCに作用する拘束力およびそれに起因する下弦材の変形量を把握するために実施した実験の結果について述べる。

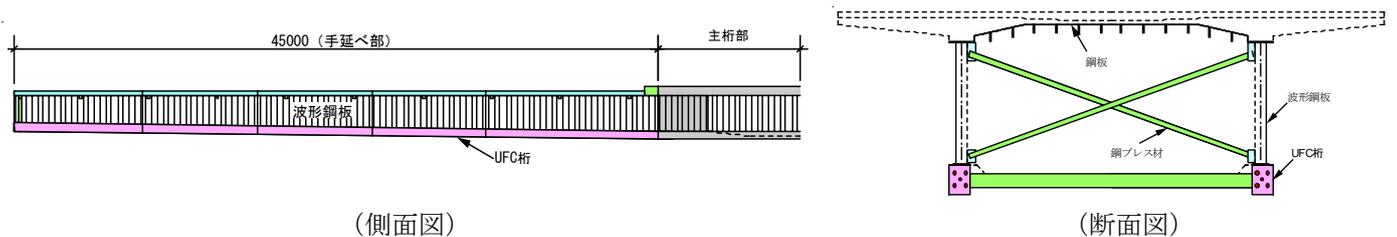


図-1 鳥崎川橋のUFC手延べ桁

2. 試験体概要

試験体スケールは、鳥崎川橋の手延べ桁の下弦材と実物大断面とし、桁長は8mとした（以降、拘束試験体と呼称）。拘束力の大きさに影響を及ぼすと考えられるフランジプレートの長さは、波形鋼板の1波長分の長さ（1波長=1.6m）を考慮して1.59m（Aプレート）と3.19m（Bプレート）の2種類とした。製作時における拘束力の検討は、図-2に示すBプレート端部より設置した埋込みゲージ、アングルジベル間のフランジプレートに設置したひずみゲージ、ならびに熱電対により打設直後～養生完了までの計測したデータを基に行った。

また、UFCの線膨張係数ならびに自己収縮を算出することを目的としてフランジプレートを取付けない試験体（拘束試験体と同断面寸法でL=1.0m。以降、無拘束試験体と呼称）を製作し、この無拘束試験体の中央位置（1/2L）には、拘束試験体と同断面位置に埋込みゲージと熱電対を設置した。

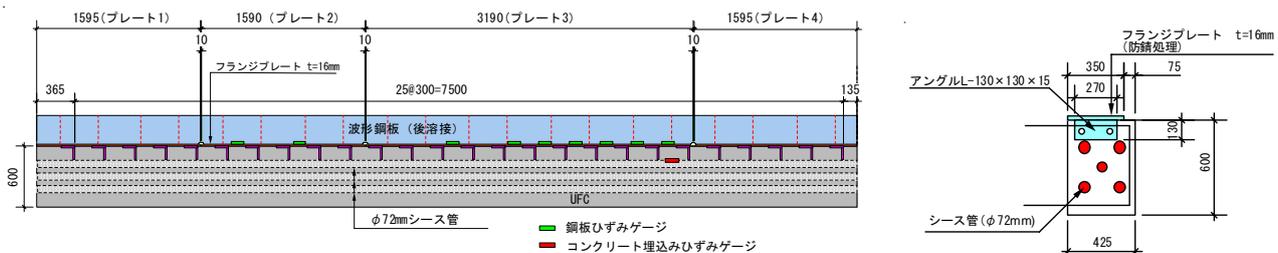


図-2 実験試験体

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート、波形鋼板ウェブ橋、押出し工法、手延べ桁、拘束ひずみ

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター 土木技術開発部 TEL 045-814-7219

3. 実験結果

図-3 にひずみ履歴（コンクリート埋込みゲージ）を示す。ひずみの履歴から、フランジプレートにより収縮ひずみが拘束されていることが分かる。また、養生温度が90℃一定となったにも関わらず、自己収縮による引張ひずみの減少が認められた。拘束試験体の拘束ひずみは、重ね合わせの原理により式2) の関係式を用いて算出した。式2) のうち、温度ひずみと自己収縮は、無拘束試験体から求められる線膨張係数と自己収縮を適用した。線膨張係数は、養生過程で水和反応がほぼ完了していると考えられる降温過程後半での温度変化とひずみ変化の関係から算出した。この関係を図-4 に示す。両関係は線形関係にあり、傾きから線膨張係数は $13.5 \mu / ^\circ\text{C}$ と算出された。また、自己収縮は重ね合わせの原理により式1) を用いて算出した。

無拘束試験体ひずみ $\epsilon F = \epsilon t + \epsilon a \dots \dots$ 式1)

拘束試験体ひずみ $\epsilon R = \epsilon t + \epsilon a + \epsilon r \dots \dots$ 式2)

ϵF : 無拘束試験体の全ひずみ ϵR : 拘束試験体の全ひずみ

ϵt : 温度ひずみ

ϵa : 自己収縮

ϵr : 拘束ひずみ（クリープを含む）

式1) ならびに式2) から算出した拘束試験体の各ひずみ成分の経時変化を図-5 に示す。この結果、拘束試験体の養生完了時における拘束ひずみは 191μ (UFC の応力換算で $9.5\text{N}/\text{mm}^2$) であった。

図-6 に UFC の拘束ひずみと同断面位置において計測したフランジプレートのひずみ（フランジプレートの圧縮の拘束ひずみ）との関係を示す。両者はほぼ線形関係であることが分かる。また、表-1 に養生完了後におけるフランジプレートのひずみから算出した拘束応力を示す。B プレートに対する A プレートの拘束応力は約 70~80% であり、前述のひずみの線形関係と併せて考察すると、フランジプレートを短くすることにより、UFC の拘束応力も 70~80% は小さくなると判断できる（応力換算で最大 $8.5\text{N}/\text{mm}^2$ ）。以上の結果から、フランジプレートを短くした方が、UFC に対する拘束力が小さくなることを考慮し、鳥崎川橋では、フランジプレートを A プレートの仕様とし、また、フランジプレートに発生する拘束応力（軸圧縮力）をジベルに作用する付加的な水平せん断力（ 200kN ）として考え、アングルジベルの設計に反映させた。また、養生完了後の桁の変形量は、試験体中央付近でフランジプレート側に約 6mm の鉛直反りが確認されたため、桁の製作時には、この反り量相当のキャンバーを考慮して、桁の製作を行った。

4. まとめ

- 1) フランジプレート長の短い方が UFC の拘束効果は小さい。
- 2) フランジプレートの拘束力（軸圧縮力）を付加的なせん断力としてアングルジベルの設計に反映した。
- 3) 実験で確認された反り量をキャンバーとして考慮することで所定の精度（ $\pm 3\text{mm}$ ）内で桁を製作できた。

※参考文献 波形鋼板ウェブ手延べ桁部の設計と施工- 北海道縦貫自動車道鳥崎川橋における取組み- 安里、白谷ら

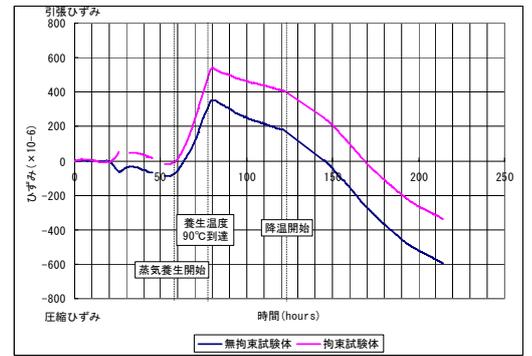


図-3 拘束および無拘束試験体の全ひずみ履歴

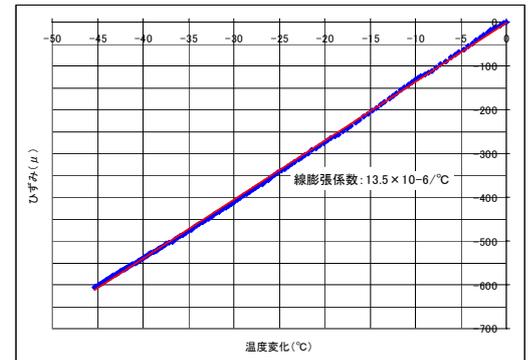


図-4 UFC の線膨張係数

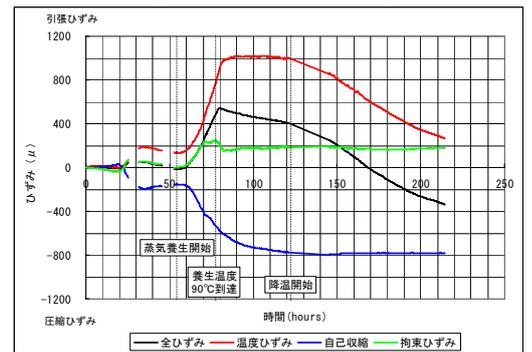


図-5 拘束試験体の各ひずみ毎の経時変化

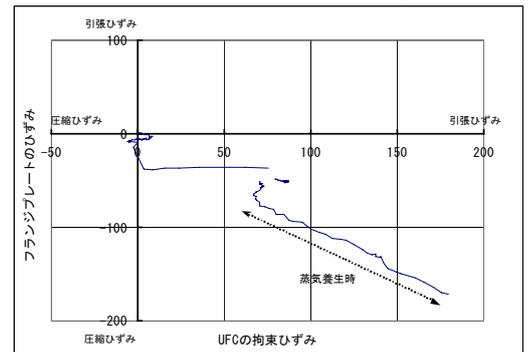


図-6 UFC とフランジプレートの拘束ひずみの関係 (B プレート)

表-1 フランジプレートの拘束応力

応力度 (N/mm^2)	プレート端部				プレート中央
Aプレート (1.59m)	28.3	---	---	---	32.2
Bプレート (3.19m)	35.8	38.0	41.0	38.2	45.9
Aプレート/Bプレート	0.79	---	---	---	0.70