

## プレテンションウェブPC箱げた橋の実橋計測

中日本高速道路(株) 名古屋支社 亀山工事事務所 小宇佐 武司  
 中日本高速道路(株) 名古屋支社 亀山工事事務所 干村 秀次  
 (株)富士ピー・エス 技術本部 正会員 堤 忠彦  
 (株)富士ピー・エス 技術本部 正会員 ○岩崎 麻美

### 1. はじめに

新名神高速道路 錐ヶ瀧橋(上り線)では、国内初の試みとして2室箱げたの中ウェブをプレキャストのPC部材で置き換えた、プレテンションウェブ工法による施工を契約後VEとして採用している。また設計では、解析技術を有効に活用し設計の合理化を図っている。

本報告では、プレテンションウェブ工法を採用した区間において実橋計測を行い、その概要および結果を報告するとともに、設計の合理性および最適な設計方法に関する一考について報告するものである。なお、設計・施工の詳細については昨年度に報告を行っている<sup>1)・2)</sup>ので参照されたい。

### 2. 計測概要

#### 2.1 目的

本橋は、中・東橋の中ウェブおよび施工性の検証を行うための試験施工として東橋側径間の一部の外ウェブにプレテンションウェブ工法を採用している。また東橋の一部では、ストラットに支持された床版構造として施工されている(図-1、図-2 参照)。本橋の設計では、ウェブをプレキャスト部材に置き換えた合成げた構造において、①上下床版とプレテンションウェブは合成げた構造として挙動し、断面のひずみは直線分布する②プレテンションウェブの目地部では十分なせん断伝達性が確保されているとの前提のもと、横方向およびストラットの設計では橋梁全体が安全な設計となるように、等けた高モデルを用いて境界条件を最適化した線形FEM解析によって高精度な検討を行った。一方で、せん断設計では、ウェブのせん断力分担比率を、線形FEM解析により算定したウェブ厚比率(中ウェブ厚/全ウェブ厚)をパラメータとした一次式で一般化し、設計の効率化も図っている。<sup>1)・3)</sup>

以上のような設計方法に対して、本計測では、施工に合わせた実橋計測を行って実挙動を把握することにより、設計の合理性を検討し、最適な設計方法に関する一考を行うことを目的とした。

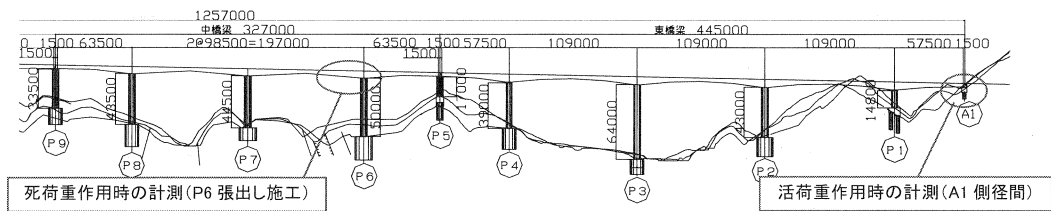


図-1 中橋および東橋側面図および計測対象位置

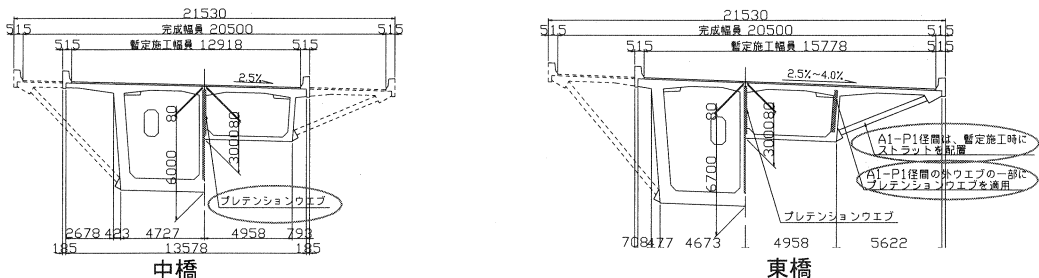


図-2 中橋および東橋標準断面図(暫定系) (破線部分は将来拡幅時の追加断面)

## 2.2 計測内容

実橋計測は、荷重状態が異なる死荷重作用時および活荷重作用時において行った。死荷重作用時には、中ウェブへプレテンションウェブを適用した P6 橋脚張出し施工部において、施工状態で計測を実施した。一方、活荷重作用時には、中・外ウェブともにプレテンションウェブを適用した A1 側径間部において、構造系が完成した状態で自動車荷重を載荷して計測を行った。計測の対象とした位置を図-1 中に示す。なお、本計測では実橋計測とともに、実橋サイズを設定したモデルを用いた FEM 解析を実施し、計測値との整合性を確認するとともに、FEM 解析による設計の合理性を検討する。

## 2.3 検討項目

本計測での検討項目および検討方法を以下に示す。

### ① ひずみの直線分布

→死荷重作用時において、上下床版の橋軸方向鉄筋のひずみおよびウェブのコンクリート表面の橋軸方向のひずみ計測を行い、断面のひずみが直線的に分布し、上下床版とプレテンションウェブが合成げたとして挙動していることを確認する。

### ② セン断伝達性

→活荷重作用時において、異なるプレテンションウェブ目地部を挟んだ異なる 2 断面でウェブのひずみを計測。計測結果から算出したせん断応力が 2 断面で同程度となることで、目地部で十分なせん断伝達性が確保されていることを確認する。

### ③ セン断力分担比率

→死荷重作用時および活荷重作用時において、各ウェブのひずみを計測し、計測結果からせん断力分担比率を算出。プレテンションウェブを中ウェブのみに適用した場合と中・外ウェブともに適用した場合、いずれの場合にも、せん断力分担比率が以下のウェブ厚比率をパラメータとした一次式<sup>3)</sup>に従うことを確認し、FEM解析による設計の合理性を検討する。

$$y = 0.3273x + 0.1933 \quad \dots\dots (1) \quad [y : \text{中ウェブのせん断力分担率} (\%), x : \text{中ウェブ厚/全ウェブ厚}]$$

## 3. 死荷重作用時の計測

### 3.1 概要

計測位置は、ウェブ厚比率 (中ウェブ厚/全ウェブ厚) の異なる 2 箇所 (2BL 着目断面および 4BL 着目断面) を選定し、各ウェブのコンクリート表面および床版の軸方向鉄筋にひずみゲージを貼り付けた。図-3 に計測位置図を示す。また、ひずみの計測は 4BL から 12BL のコンクリート打設時、床版横締めケーブル緊張時、内ケーブル緊張時およびワーゲン移動時に行った。

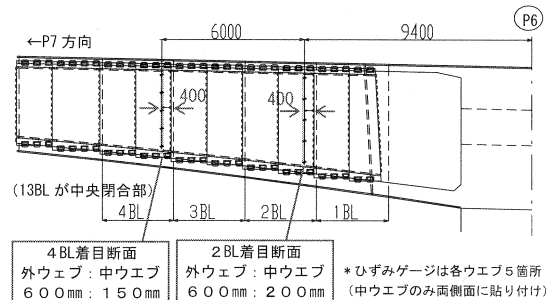


図-3 計測位置 (死荷重作用時)

### 3.2 計測結果 (計測結果と解析結果の比較)

ここでは、代表的な結果として 11BL のコンクリートを打設した場合の結果を示す。

#### 1) 橋軸方向ひずみ

2BL 着目断面の上下床版の橋軸方向鉄筋のひずみおよび中ウェブの橋軸方向ひずみの分布を図-4 に示す。図-4 より、計測値と解析値はよく一致しており、橋軸方向のひずみは中立軸を中心に距離に比例して直線分布を示した。なお、4BL 着目断面についても同様の結果を示した。

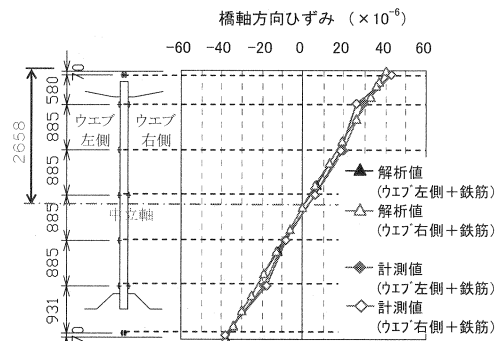


図-4 橋軸方向ひずみ分布

2) せん断応力

ひずみの計測結果からせん断力分担比率を算出した結果を表-1に示す。表より、計測値と解析値は概ね一致しており、ウェブ厚比率が(中ウェブ：外ウェブ)=(1：3)の場合でも、せん断力分担比率は(中ウェブ：外ウェブ)=(1：2)程度となっており、中ウェブはウェブ厚比率に比例せず、ウェブ厚比率以上にせん断力を分担していることがわかる。

表-1 せん断力分担比率(死荷重作用時)

せん断力 分担比率 (%)	2BL(4BL)着目断面 中ウェブ厚：外ウェブ厚=1:3 (1:4)		
	左外ウェブ	中ウェブ	右外ウェブ
解析値	38 (39)	20 (19)	42 (42)
計測値	36 (36)	23 (21)	41 (43)

\* ( )内は4BL着目断面の値を示す

4. 活荷重作用時の計測

4.1 概要

計測位置は、プレテンションウェブ接合面を挟んだ2箇所を選定し、中ウェブおよび右外ウェブの両面に3軸ひずみゲージを貼り付けた。図-5に計測位置図を示す。また、ひずみの計測は、軸重約20t(車両総重量約40t、軸距5300mm)のクレーンを橋面上に載荷して行った。載荷ケースは、表-2に示したとおり、計2ケースとした。

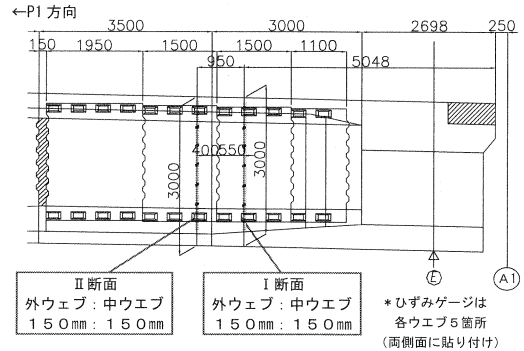


図-5 計測位置図(活荷重作用時)

4.2 計測結果(計測結果と解析結果の比較)

中ウェブ上へ載荷した場合のせん断応力分布を図-6に示す。図より、計測結果には、載荷位置に近いII断面の中ウェブに、輪荷重の支圧の影響が現れているため解析値との整合性は劣るが、I断面とII断面の計測値を比較した場合、同程度のせん断応力が生じているといえる。また、右外ウェブ上に載荷した場合にも、同様の結果が得られている。

表-2 載荷ケース

	橋軸方向載荷位置	橋軸直角方向載荷位置
中ウェブ上載荷	前軸位置 5300, 1000, 950, 5048 後軸位置 4005, 4005 II断面, I断面 3500, 2899, 2899, 900	515, 4210, 2420, 16700, 9040, 515
右外ウェブ上載荷	II断面, I断面 3500, 2899, 2899, 900	515, 9158, 2420, 4092, 515

※ 橋軸方向の荷重載荷位置は、輪荷重の支圧の影響を避けるため、II断面からP1方向へ1000mm離れた位置とした

この結果から、せん断力分担比率を算出するが、偏載荷状態では算出できないため、左外・中・右外ウェブ上それぞれに載荷した時のウェブに生じるせん断力を合計し、計3台(約120t)のクレーンを載荷したと仮定してせん断力分担比率を算出した。その際、左外ウェブ上への載荷を行っていないため、右ウェブ上

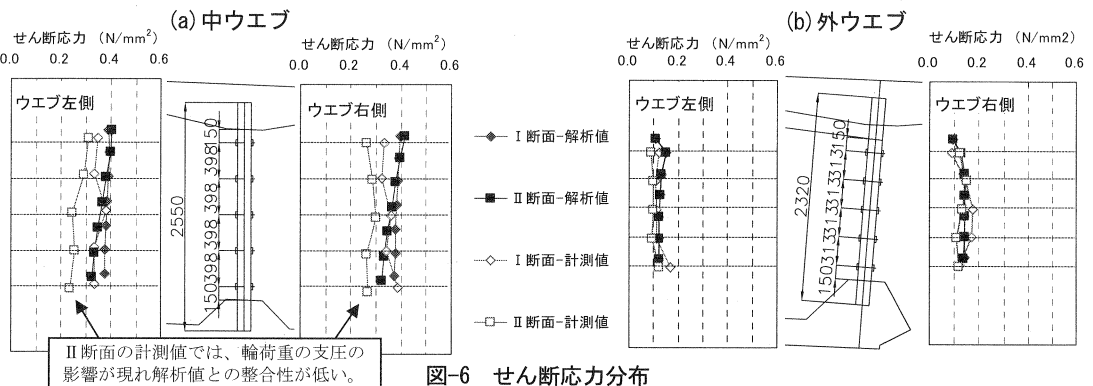


図-6 せん断応力分布

へ載荷した場合の計測値を転用した。また、実橋計測では左外ウエブでのひずみ計測を行っていないため、せん断力算出結果において計測値と解析値の整合性が得られていることから、解析値を転用した。表-3にI断面における算出結果を示す。表-3より、せん断力分担比率の計測値と解析値は概ね一致しているといえる。

表-3 せん断力分担比率 (活荷重作用時)

せん断力 (N)	計測値			解析値		
	左外ウエブ	中ウエブ	右外ウエブ	左外ウエブ	中ウエブ	右外ウエブ
左外ウエブ上載荷	172115*	32471*	3698*	174156*	40003*	3698*
中ウエブ上載荷	43191**	132728	46191	43191	139060	44995
右外ウエブ上載荷	3698**	32471	172115	3698	40003	174156
せん断力合計(N)	219004	197669	222004	221045	219065	222849
せん断力分担比率(%)	34.3	30.9	34.8	33.3	33.0	33.6

\* 右ウエブ上載荷時の結果を転用  
\*\* 解析値を転用

5. 考察

① ひずみの直線分布

死荷重作用時における橋軸方向ひずみ計測結果から、ひずみは直線分布することが示されたことより、プレテンションウエブと上下床版は合成げたとして挙動していることが確認できた。

② せん断伝達性

活荷重作用時におけるせん断応力計測結果から、異なるプレテンションウエブパネル上で、同程度のせん断応力が生じていることが確認された。したがって、プレテンションウエブ目地部でのせん断伝達性は十分確保されていることが確認できた。

③ せん断力分担比率

各計測結果から算出されたせん断力分担比率の計測値と、式(1)の一次式<sup>3)</sup>により算出されたせん断力分担比率の設計値を表-4に示す。表より、いずれの場合もせん断力分担比率は(1)の一次式に概ね従っており、合理的な設計が行われたと考えられる。

以上のように、2.3で示した各検討項目について考察を行い、接合部で設計上の前提が成立していることを改めて確認した。また、せん断設計に関しては、せん断力分担比率がウエブ厚比率をパラメータとした一次式<sup>3)</sup>に従うことを確認したことから、FEM解析による設計は合理的であったと考えられる。また本報告では省略したが、横方向の曲げおよびストラットの応力についても、FEM解析結果との整合性を確認している。

表-4 せん断力分担比率 (計測値と設計値の比較)

計測ケース	死荷重作用時の計測						活荷重作用時の計測			
	2BL着目断面 (中ウエブ厚/全ウエブ厚=14%)			4BL着目断面 (中ウエブ厚/全ウエブ厚=11%)			I断面 (中ウエブ厚/全ウエブ厚=33%)			
	左外ウエブ	中ウエブ	右外ウエブ	左外ウエブ	中ウエブ	右外ウエブ	左外ウエブ	中ウエブ	右外ウエブ	
せん断力分担比率 (%)	計測値	36.2	23.3	40.5	36.2	21.2	42.6	34.3	30.9	34.8
	設計値	38.0	24.0	38.0	38.5	23.0	38.5	35.0	30.0	35.0

6. おわりに

本橋は、契約後VEとして国内初のプレテンションウエブ橋の適用を実施した橋梁である。これまでの設計および施工に関する報告<sup>1)・2)</sup>に加え、実橋計測を行い、本橋の設計の合理性の検討および最適な設計方法に関する一考を行った。プレテンションウエブ橋は、自重の軽減による低コスト化、構造物の高品質化・耐久性の向上、現場施工の省力化等から今後大いに発展することが期待される構造形式であると考えられ、本橋の設計、施工実績、実橋計測結果が今後のPC橋の発展に役立てば幸いである。

最後に、本橋の設計・施工に際し、多大なるご指導を頂いた関係各位に深く謝意を表す次第である。

[参考文献]

- 1)坂本健俊ら：第二名神高直道路 鉾ヶ瀬橋 (上り線) の設計, 第15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
- 2)八木洋介ら：第二名神高直道路 鉾ヶ瀬橋 (上り線) の施工, 第15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
- 3)忽那幸浩ら：設計VEによる新技術の適用-第二名神高直道路 鉾ヶ瀬橋-, プレストレスト・コンクリート, Vol. 47, No. 3, PP. 16~24