

波形鋼板ウェブPC斜張橋(矢作川橋)の主桁斜材定着部に関する実験

オリエンタル・大成・川田共同企業体 正会員 工博 ○今井昌文
 オリエンタル・大成・川田共同企業体 正会員 奥山 元
 日本道路公団 中部支社 工修 垂水祐二
 日本道路公団 中部支社 工修 忽那幸浩

1. はじめに

第二東名高速道路矢作川橋は、世界初の波形鋼板ウェブPC斜張橋であり、最大支間長235mは橋長820mとともに波形鋼板ウェブPC橋として世界最大である。また、国内最大の総幅員43.8mに対して、波形鋼板ウェブを用いた5室箱桁構造の主桁も世界初の試みである。本橋は、この波形鋼板ウェブ5室箱桁構造の主桁を幅員中央のみで吊る1面吊り構造である。本橋では、上部工の重量軽減を目的に、橋軸方向の波形鋼板ウェブ複合構造に加えて横桁構造についてもウェブに鋼部材を用いた複合構造としており、主方向にはアングルジベル、横方向にはスタッドジベルおよび斜材定着部にはパーフォボンドジベルと多様な鋼コンクリート接合構造が用いられている。

主桁斜材定着部構造を図-1に示す。主桁斜材定着部構造には斜材定着部近傍に作用する局部応力に対して十分な耐荷力を有する性能が要求される。また、横桁構造と併せて、主桁断面の中央に導入される斜材張力を有効かつ確実に主桁全断面に伝達できる性能が要求される。本橋の設計では、2次元解析に加えて、主桁斜材定着部の局所的な応力状態や変形状態の照査に3次元弾性FEM解析を用いている。

本稿では、世界初の主桁斜材定着部構造と横桁構造について、設計の妥当性、斜材定着部の耐荷力および多様な鋼コンクリート接合性能を検証するために行った実験について報告する。

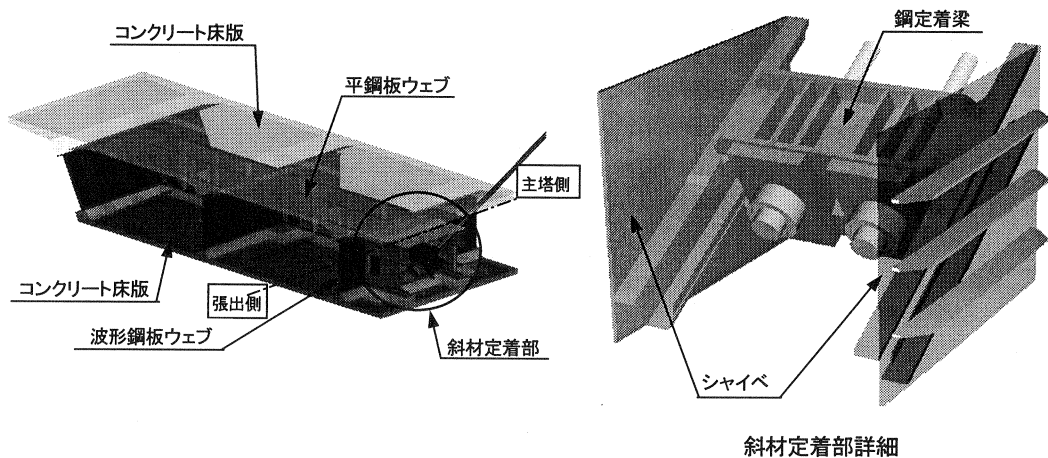


図-1 主桁斜材定着部構造

2. 実験概要

2.1 試験体形状寸法および載荷方法

試験体は1/2縮尺モデルとした。また、事前検討により、主桁断面を3室箱桁構造とした場合でも実験目的は達せられることを確認し、試験体主桁断面は3室箱桁構造とした。試験体形状および寸法を図-2に示す。試験体は、反力梁・主塔・ストラット鋼管から構成される載荷装置に主桁を片持ち梁式に取り付けた構造である。実橋では、斜材毎に張力および配置角度が異なるが、試験体では、実橋における最大鉛直分力お

3. 実験結果および考察

3.1 主桁斜材定着部構造の耐力

a) 鋼定着梁耐力

斜材が直接定着される鋼定着梁において、斜材張力と局部応力が卓越するフィレット主応力の関係を図-5 に示す。また、斜材張力と鋼定着梁ウェブ主応力の関係を図-6 に示す。両図とも、斜材降伏荷重まで線形挙動を示しており、载荷による変状は認められない。また、3次元弾性FEM解析結果は、計測値とほぼ一致している。これより、SM570材で構成される鋼定着梁は斜材降伏荷重に対して十分な耐力を有することが確認された。また、3次元弾性FEM解析による局部的な応力照査の妥当性が検証された。

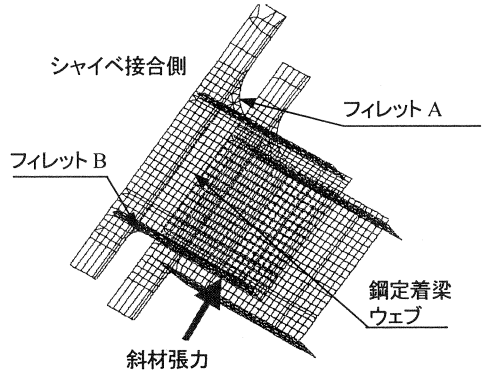


図-4 鋼定着梁

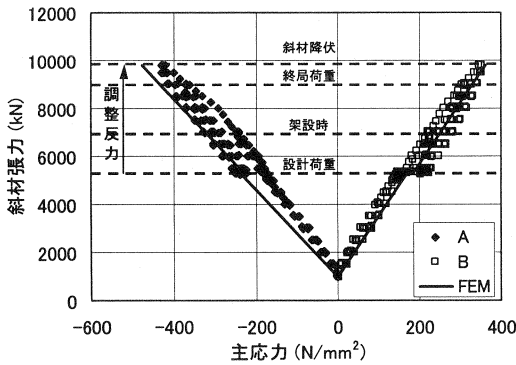


図-5 斜材張力とフィレット主応力の関係

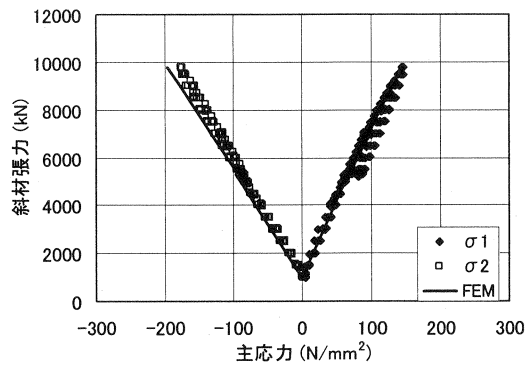


図-6 斜材張力と鋼定着梁ウェブ主応力の関係

b) シャイベ応力

鋼定着梁に载荷された斜材張力を、上下床版、主桁および横桁に伝達するシャイベについて、斜材張力とせん断応力の関係を図-8 に示す。同図は斜材降伏荷重まで線形挙動を示しており、载荷による変状は認められない。また、3次元弾性FEM解析結果は計測値とほぼ一致している。斜材降伏荷重時における主せん断応力解析結果の最大値は170N/mm²であり、SM570材のシャイベは斜材降伏荷重に対して十分な耐力を有することが確認された。また、3次元弾性FEM解析によるシャイベの応力照査の妥当性が検証された。

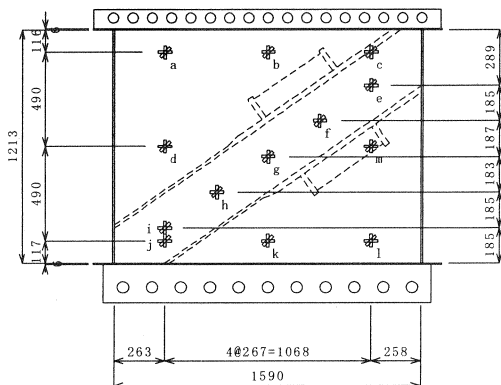


図-7 シャイベひずみ計測位置(寸法単位:mm)

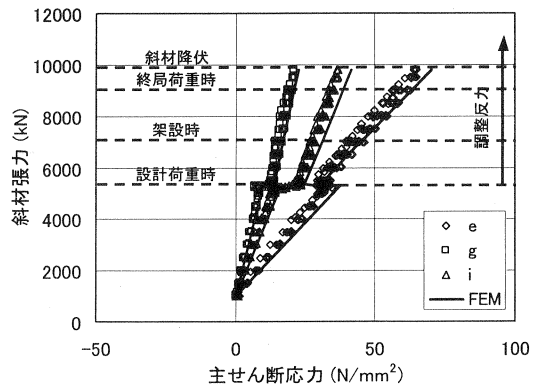


図-8 斜材張力と主せん断応力の関係

3.2 横桁構造

斜材張力と各主桁せん断応力の関係を図-10に示す。設計荷重時においてせん断応力が減少しているのは、斜材張力と逆向きの力である調整力の影響である。同図より、定着部に近いG2桁の波形鋼板ウェブせん断応力は、G1桁に比べて概ね1.5倍となっていることが分かる。また、それぞれの主桁のせん断応力解析結果は、計測値とほぼ一致していることから、横桁構造は設計の仮定通り機能しているものと判断できる。

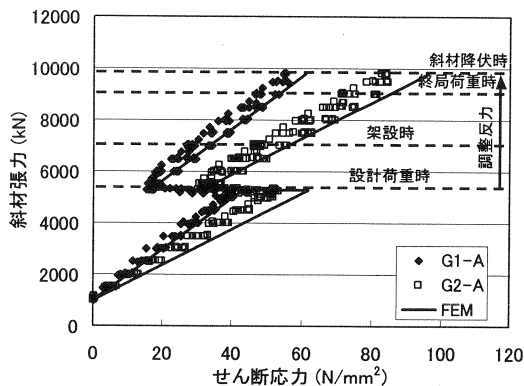
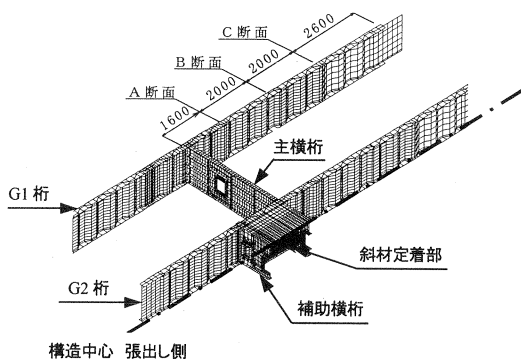


図-9 波形鋼板ウェブひずみ計測位置(寸法単位:mm) 図-10 斜材張力と波形鋼板ウェブせん断応力の関係

3.3 鋼コンクリート接合構造

それぞれ、図-5から図-10に示したように、斜材張力と各測定値の関係は何れも斜材降伏荷重まで線形挙動を示し、3次元弾性FEM解析結果とほぼ一致した。3次元弾性FEM解析では、鋼コンクリート接合部を完全結合として評価している。以上のことから、本試験体の鋼コンクリート接合部は、斜材降伏荷重まで完全結合に近い接合性能を有していたものと判断できる。

4. まとめ

- a) 斜材張力が直接作用する鋼定着梁について、斜材張力とフィレット主応力およびウェブ主応力の関係は、斜材降伏荷重まで線形挙動を示した。これより、鋼定着梁は斜材降伏荷重に対して十分な耐荷力を有していると判断できる。
- b) 鋼定着梁に載荷された斜材張力を、上下床版、主桁および横桁に伝達するシャイベについて、斜材張力とせん断応力の関係は、斜材降伏荷重まで線形挙動を示した。これより、シャイベは斜材降伏荷重に対して十分な耐荷力を有していると判断できる。
- c) 斜材張力と各主桁波形鋼板ウェブせん断応力の関係より、斜材降伏荷重まで横桁構造は設計の仮定通り機能していることを確認した。
- d) 斜材張力と各測定値の関係は線形挙動を示し、3次元弾性FEM解析結果とほぼ一致した。これより、本試験体の鋼コンクリート接合部は、斜材降伏荷重まで完全結合に近い接合性能を有したものと判断できる。
- e) 本構造のように、多様な接合構造を用いた鋼コンクリート合成構造においても、3次元弾性FEM解析による局所的な応力状態や変形状態の照査は妥当であると判断できる。

謝辞：本実験は、第二東名高速道路矢作川橋の設計・施工に関する技術検討委員会（委員長：池田尚治横浜国立大学名誉教授）の一環として行ったものである。ご指導賜りました関係各位には厚く感謝の意を表します。

よび最大水平分力を同時に再現できるように斜材角度を設定した。荷重ステップは、設計荷重時 (0.4Pu、Pu : 斜材破断荷重)、架設時 (0.6Pu)、終局荷重時 (0.68Pu) および斜材降伏荷重 (0.74Pu) である。また、斜材定着部上縁における橋軸方向の架設時相当の応力を再現するため、架設時以降の荷重ステップでは主桁先端に調整力を荷重した。

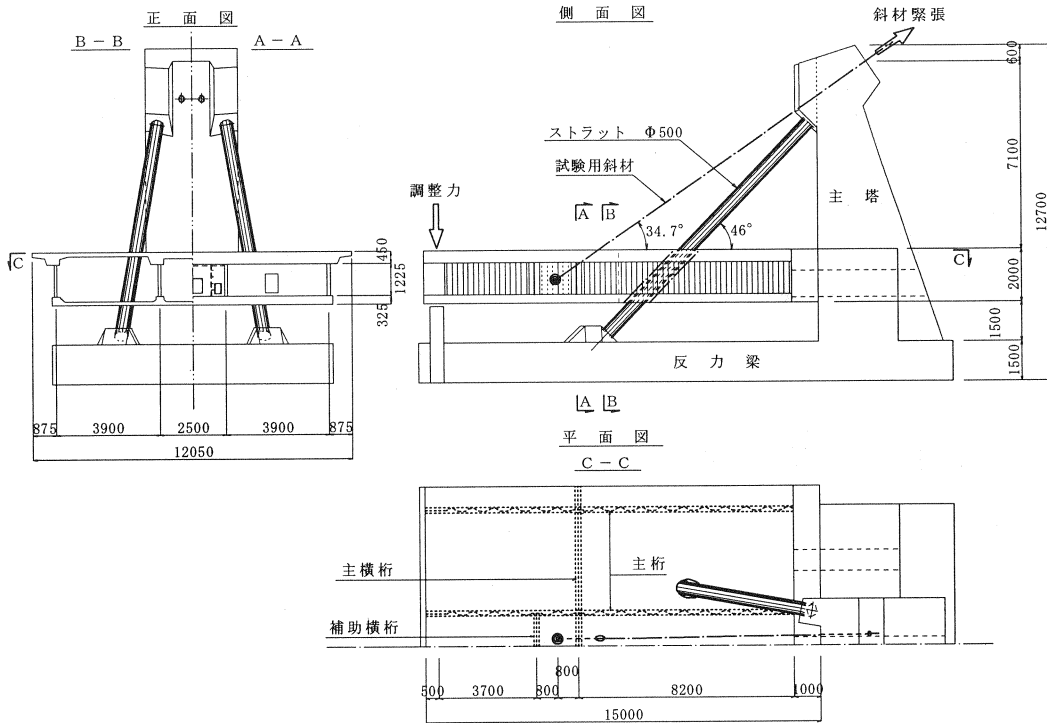


図-2 試験体形状寸法および荷重方法(寸法単位:mm)

2.2 3次元弾性FEM解析

試験体は構造中心において左右対称であることから、半断面モデルとした。3次元弾性FEM解析で用いた要素の諸元を表-1に示す。要素分割図を図-3に示す。斜材は部材としてはモデル化せず、斜材張力を鋼定着梁に荷重として作用させた。また、反力梁の下面には、地盤バネを要素として設定している。

表-1 使用要素諸元

	使用要素	SOLID要素
床版コンクリート	設計基準強度	60 N/mm ²
	ヤング係数	35 kN/mm ²
	ポアソン比	0.167
鋼材	使用要素	SHELL要素
	ヤング係数	200 kN/mm ²
	ポアソン比	0.3

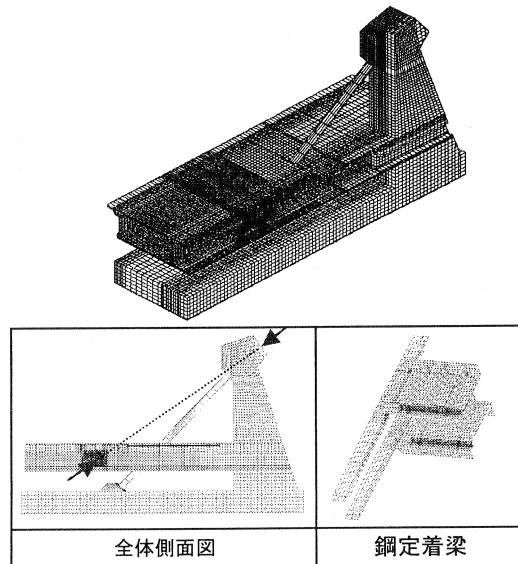


図-3 要素分割図および荷重作用図