

鋼・コンクリート合成床版を適用した連続合成げたの 静的載荷試験および3次元有限要素解析

Static loading test and three-dimensional finite element analysis of continuous composite girder
with steel plate-concrete composite deck

保坂鐵矢*, 街道 浩**, 橘 吉宏***, 田坂裕****, 松井繁之*****, 栗田章光*****
Tetsuya HOSAKA, Hiroshi KAIDO, Yoshihiro TACHIBANA, Hiroichi TASAKA, Shigeyuki MATSUI, Akimitsu KURITA

- * 博士 (工学) (株)レールウェイエンジニアリング (〒231-8315 横浜市中区本町 6-50-1)
- ** 工修 川田工業(株)橋梁事業部大阪技術部 (〒550-0014 大阪市西区北堀江 1-22-19)
- *** 博士 (工学) 川田工業(株)橋梁事業部技術部 (〒114-8562 東京都北区滝野川 1-3-11)
- **** 工修 川田工業(株)橋梁事業部大阪技術部 (〒550-0014 大阪市西区北堀江 1-22-19)
- ***** 工博 大阪大学大学院教授, 工学研究科土木工学専攻 (〒565-0871 吹田市山田丘 2-1)
- ***** 工博 大阪工業大学教授, 工学部都市デザイン工学科 (〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1)

In recent years, it has been evaluated by wheel trucking tests in Japan that steel plate-concrete composite decks have high strength and fatigue durability. Therefore, the composite decks are applied to continuous steel twin-girder bridges and U-shaped steel girder bridges whose slabs are played important roles as a structural element. Behaviors of continuous girders are complicated, especially it is important to investigate behaviors of areas that are subjected to negative bending moment. In order to study the behaviors of the continuous composite girder with composite deck, a static loading test for the mid-supporting point area specimen was conducted. Furthermore, three-dimensional finite element analyses of the specimen was carried out to compare with the measured values of the static loading test, and to evaluate stress distribution of concrete and longitudinal re-bars.

Key Words: steel plate-concrete composite deck, continuous composite girder, static loading test, three-dimensional finite element analysis

キーワード: 鋼・コンクリート合成床版, 連続合成げた, 静的載荷試験, 3次元有限要素解析

1. はじめに

近年, 各種の輪荷重走行試験により鋼・コンクリート合成床版 (以下, 合成床版と略す) の高い耐荷力および疲労耐久性が確認されたことや種々の機関において長支間床版への適用に関する研究が行われたことにより, 床版が重要な構造要素となる連続げた形式の鋼2主げた橋, 鋼少数主げた橋, 鋼開断面箱げた橋などに合成床版が積極的に採用されるに至っている。

著者らは, このような合成床版のうちロビンソン型の合成床版¹⁾を提案し, 合成床版を連続合成げたに適用した場合の挙動を明らかにすることを目的とした実験的な研究²⁾を行った。具体的には, 写真-1に示す合成床版と鋼げたとを一体化した試験体を製作し, 特に挙動が複雑である主げたの負曲げモーメントを受ける中間支点部に着目した静的載荷試験を実施した。

本研究では, この試験体のコンクリート, 鋼板, 横リブ,

スタッド, 鉄筋などに関して, 細部まで忠実に再現した3次元モデルを用いた有限要素解析 (以下, F E解析と略す) を行い, 静的載荷試験におけるたわみや橋軸方向鉄筋および下鋼板のひずみなどの測定結果との比較を通して, 提案

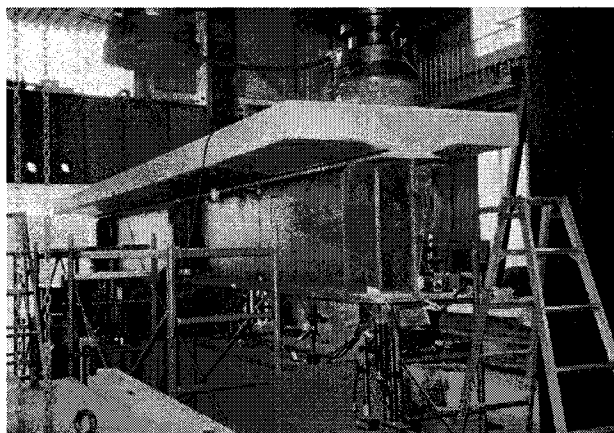


写真-1 試験装置と試験体

する合成床版を適用した試験体の挙動について検証する。また、合成床版の下鋼板上に橋軸直角方向に配置している横リブの有無や横リブの高さが、コンクリートおよび橋軸方向鉄筋の応力性状に与える影響についても検討する。さらに、本合成床版を連続合成げたに適用した場合の断面設計における下鋼板の評価方法に関しても考察を加える。

2. 静的载荷試験の概要

対象とする試験体の静的载荷試験については文献 2) において詳細に記述していることから、ここではその概要について述べるものとする。

2.1 試験体の設計および構造諸元

対象とする試験体の断面図および構造諸元を、それぞれ図-1、表-1 に示す。試験体は実橋の1/3程度の模型であり、表-2 に示す合成床版を適用した連続合成Iげた橋を道路橋示方書³⁾に準拠して試設計した結果に対して、試験体の発生応力度を一致させるように断面寸法を設定した。具体的には、全長6600mm、高さ641mmの鋼げたに、コンクリート版厚150mm、下鋼板厚9mm、幅員1200mmの合成床版を、鋼げたの上フランジ上のスタッドを介して結合している。

なお、試験体の床版部のコンクリートには、設計基準強度が $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$ の普通コンクリートを適用している。また、コンクリートの断面積に対する橋軸方向鉄筋の断面積の比率は1.5%、周長率は 0.0039mm/mm^2 である。

2.2 载荷要領および载荷荷重

試験体の载荷要領は図-2 に示す通りであり、試験体の中央において下フランジ下面を支持し、一方の端部において上フランジに溶接した鋼製の支持部材を支持している。また、荷重は支持しないもう一方の端部に載荷し、試験体全体に負曲げモーメントを発生させるものである。

また、载荷荷重については、コンクリートにひびわれが発生する状態および橋軸方向鉄筋の応力度がそれぞれ 70N/mm^2 、 100N/mm^2 、 140N/mm^2 、 300N/mm^2 となる状態を基準とした20kNから600kN程度までの繰返し载荷を行った。

2.3 コンクリートの材料試験結果

試験体と同一の条件のもとで養生を行ったコンクリートの供試体の材料試験結果を表-3 に示す。材料試験は供試体の材齢が30日である試験体の载荷試験当日に実施したものである。材料試験結果によれば、圧縮強度は設計基準強度にはほぼ等しく、静弾性係数は道路橋示方書³⁾に規定されている設計基準強度が $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$ の場合の静弾性係数 $2.8 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ より平均で7%ほど低かった。

なお、標準養生を行ったコンクリートの供試体の材齢28日における圧縮強度は 32.2N/mm^2

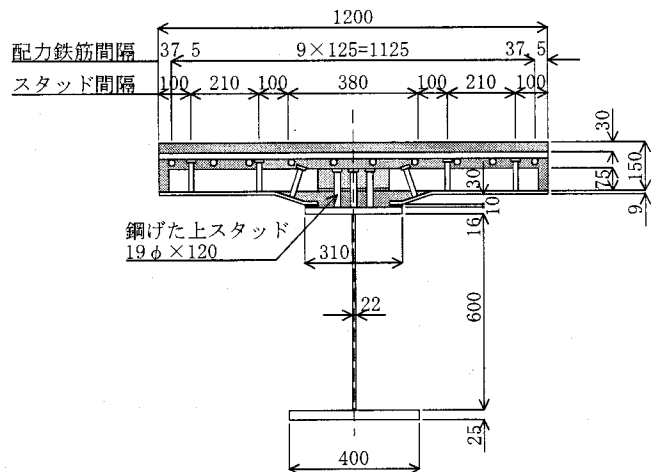


図-1 試験体の断面図

表-1 試験体の構造諸元

			単位	構造諸元	
合成床版	コンクリート	版厚	mm	150	
		設計基準強度	N/mm ²	30	
	下鋼板	板厚	mm	9	
		断面	mm	75×9	
	横リブ	橋軸方向間隔	"	750	
		寸法	mm	φ16×100	
	スタッド	橋軸方向間隔	"	250	
		橋軸直角方向間隔	"	210	
	橋軸直角方向鉄筋	呼び	—	D19	
		間隔	mm	125	
鋼げた	上フランジ	断面	mm	310×16	
		寸法	mm	600×22	
	下フランジ	断面	mm	400×25	
		寸法	mm	φ19×120	
	スタッド	橋軸方向間隔	"	150	
		橋軸直角方向間隔	"	50	

表-2 試設計および試験体の発生応力度の比較

	試設計における発生応力度					試験体の発生応力度 220kN載荷時
	後死荷重	活荷重	クリープ	乾燥収縮	合計	
橋軸方向鉄筋	23.4	57.3	2.2	10.0	92.9	100.0
上フランジ上縁	19.2	47.0	1.8	8.2	76.2	54.9
下フランジ下縁	-20.1	-49.3	-1.9	-8.6	-79.9	-83.2

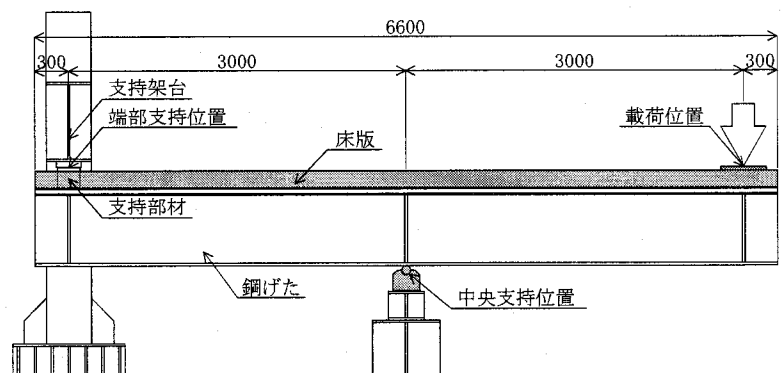


図-2 载荷要領図

であり、設計基準強度におおむね等しい値を示している。

2.4 測定項目

静的載荷試験における測定項目は図-3に示す通りであり、主げたの変位、鋼げたの上下フランジおよびウェブのひずみ、コンクリート上面のひびわれ幅およびひずみ、橋軸方向鉄筋のひずみ、下鋼板下面のひずみである。

3. 3次元有限要素解析

静的載荷試験の測定結果と比較することを目的として、試験体の3次元F E解析を行った。以下に各部位のモデル化や解析方法について述べる。

3.1 基本モデル

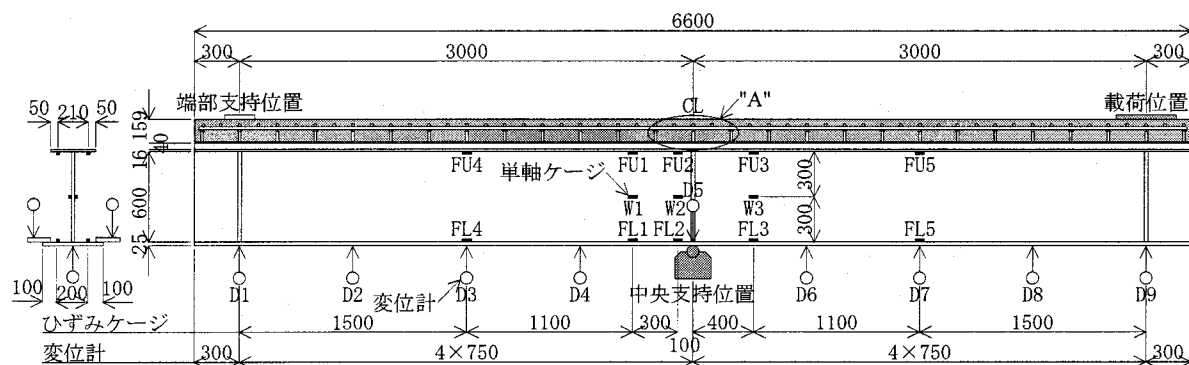
3次元F E解析の基本となるモデル（以下、基本モデルと略す）の要素分割は図-4に示す通りである。基本モデルは試験体の断面の対称性を考慮して1/2のモデルと

した。

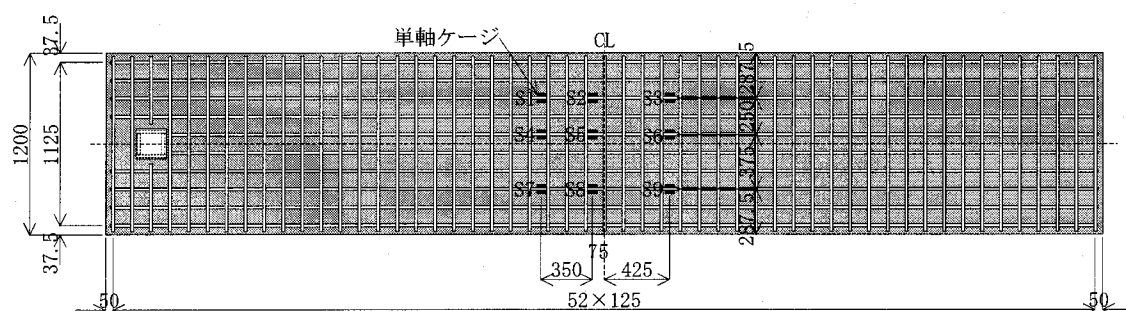
このモデルの合成床版部分に関する要素構成の概念図を図-5に示す。床版のコンクリートはソリッド要素、下鋼板および横リブはそれぞれの鋼板の厚さを有するシェル要素、スタッドおよび橋軸方向鉄筋はそれぞれの鋼材の断面積と断面二次モーメントを有するはり要素としている。なお、鋼げたはすべてシェル要素でモデル化し、鋼げたの上フランジと床版のコンクリートは、両者が一体化して挙動するように結合した。また、コンクリートと平面で接触している下鋼板および横リブについては、コンクリー

表-3 コンクリートの材料試験結果

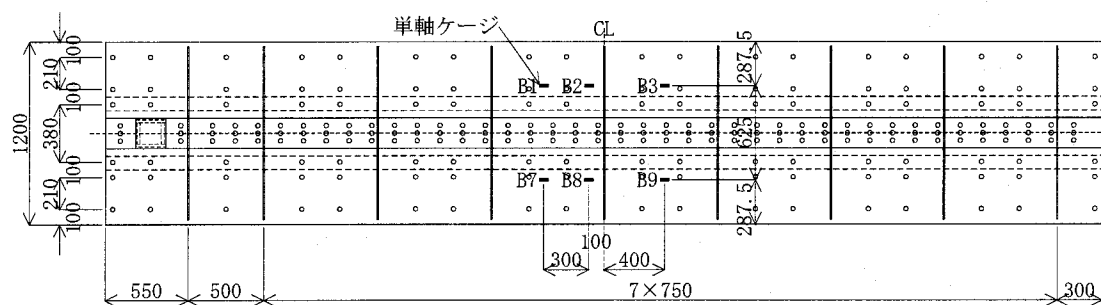
番 号	圧縮強度 N/mm ²	静弾性係数 ×10 ⁴ N/mm ²	ポアソン比	引張強度 N/mm ²
1	31.2	2.75	0.160	2.99
2	32.7	2.62	0.170	2.36
3	27.3	2.60	0.180	2.58
平均値	30.4	2.66	0.170	2.64



(a)試験体側面図：鋼げたのひずみゲージ・変位計配置



(b)床版配筋図：橋軸方向鉄筋のひずみゲージ配置



(c)床版下面図：下鋼板のひずみゲージ配置

図-3 試験体詳細図および測定位置図

トとの界面において両者のせん断力による付着を無視し、部材に垂直な方向についての接触・非接触現象を考慮している。一方、スタッドおよび鉄筋とコンクリートとの界面についてはこれを考慮せず節点において剛結合とした。

拘束条件については、図-2に示す中央支持位置および端部支持位置において鉛直方向を固定とした。また、荷重条件については、1/2モデルであることを考慮し、荷重載荷位置に98kN(10tf)の半分の49kNを等分布荷重として載荷した。

FE解析におけるコンクリートの材料定数は、表-3に示す材料試験結果をもとにヤング係数を $E=2.66 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比を $\nu=0.170$ とした。一方、鋼材の材料定数については比較的ばらつきが少ないことから、ヤング係数は道路

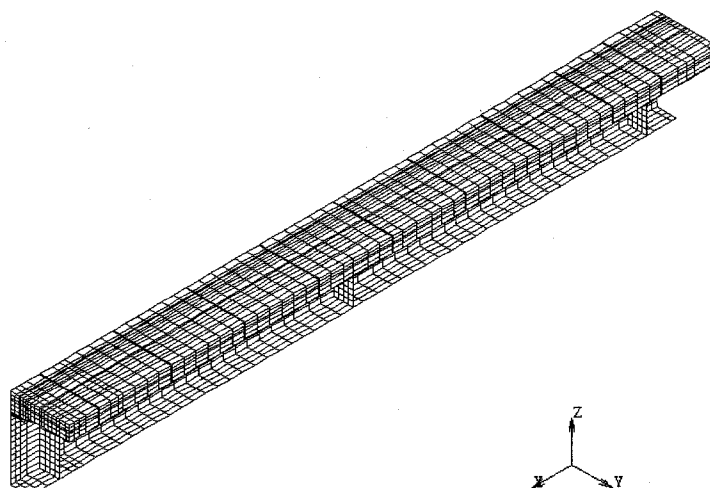


図-4 解析モデルの全体構造

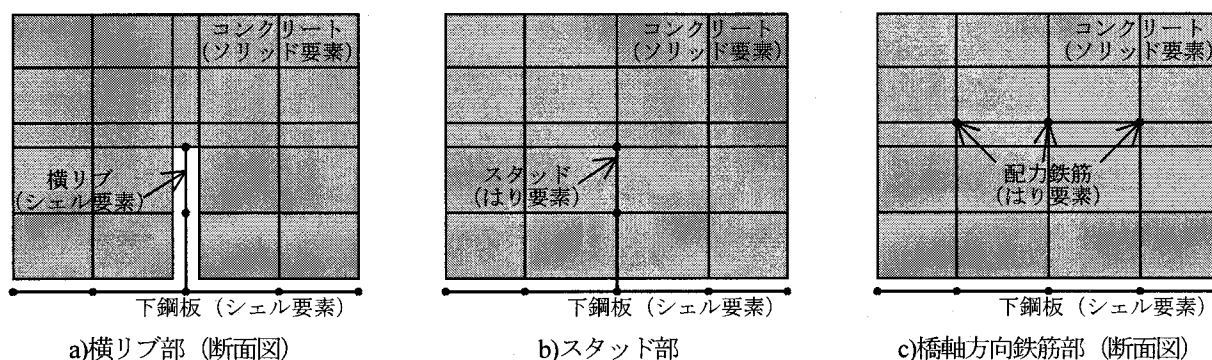


図-5 基本モデルの概念図

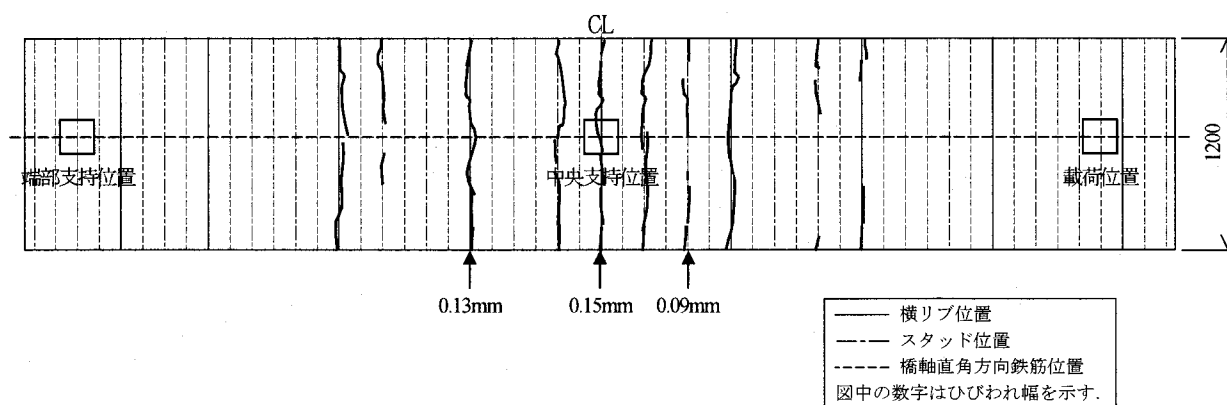


図-6 コンクリートのひびわれ状況：載荷荷重220kN

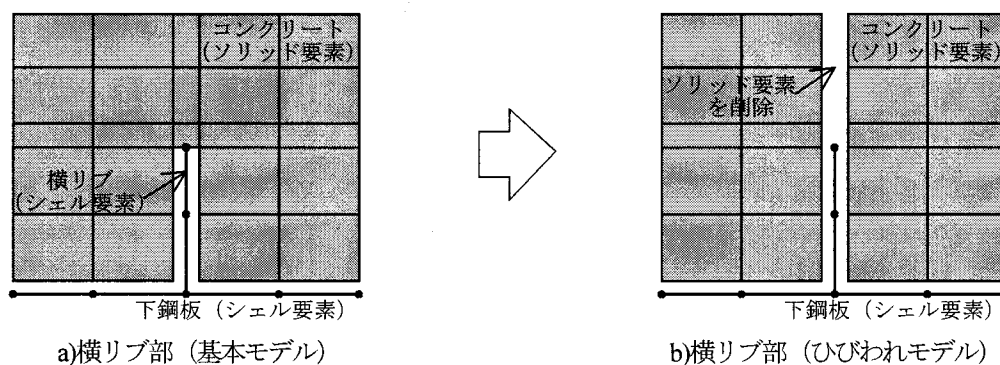


図-7 ひびわれモデルの概念図

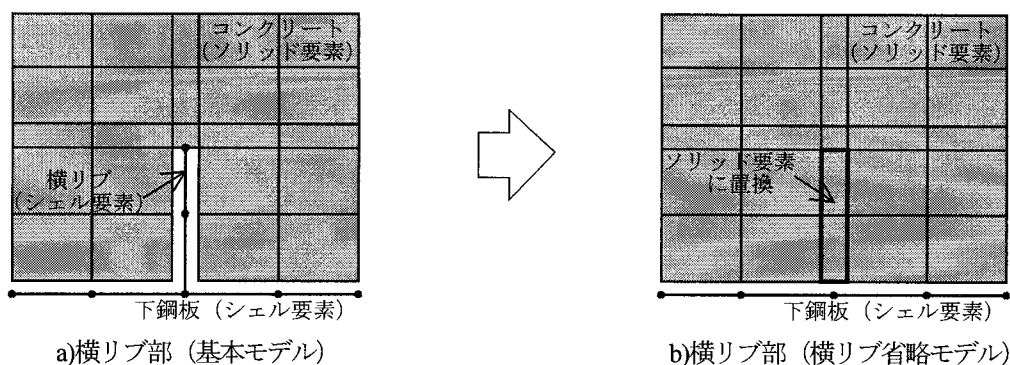


図-8 横リブ省略モデルの概念図

橋示方書³⁾に示される $E=2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ を採用し、ポアソン比は $\nu=0.3$ とした。

以下に示す F E 解析は、解析コード MSC.Marc⁴⁾ を使用した弾性解析であり、基本モデルに関して節点数は約 11,200、要素数は約 9,700 である。

3.2 ひびわれモデル

静的載荷試験においては、載荷荷重が大きくなるにつれて試験体の床版のコンクリートにひびわれが発生した。図-6は試設計の発生応力度に対応する載荷荷重が 220kN 程度の場合におけるコンクリートのひびわれの状態を示している。この状態において、最大のひびわれ幅は試験体中央の横リブ位置に発生している。その値は 0.15mm であり、コンクリート標準示方書⁵⁾に示される特に厳しい腐食性環境の許容ひびわれ幅 0.17mm を満足している。

また、静的載荷試験において、コンクリートのひびわれは、まず横リブ位置に発生し、その後スタッド列位置および橋軸直角方向鉄筋位置に発生することが明らかになった。ただし、横リブ上およびスタッド列上にも橋軸直角方向鉄筋を配置している。

そこで、これらのひびわれ発生位置においてコンクリートのひびわれを考慮したモデル（以降、ひびわれモデルと略す）を作成した。横リブ位置におけるモデル化の概念図は図-7に示す通りであり、図-6に示すひびわれが発生した位置において、コンクリートを表すソリッド要素を削除し、コンクリートのひびわれをモデル化している。

3.3 横リブ省略モデル

上述したように、コンクリートのひびわれは、まず横リブ位置に発生する。このことから、コンクリートのひびわれの発生と横リブとの関係について検討する必要がある。

横リブの有無によるコンクリートの応力状態を調べるために、横リブを省略したモデル（以降、横リブ省略モデルと略す）を作成した。横リブ省略モデルの概念図は図-8に示す通りであり、横リブを表すシェル要素を削除し、横リブが位置していた部分にはコンクリートを表すソリッド要素を追加した。

3.4 横リブ高さが大きいモデル

文献 6)には、ロビンソン型合成床版の横リブの高さは、コンクリート版厚の $1/2$ 以下が望ましいとの記述があ

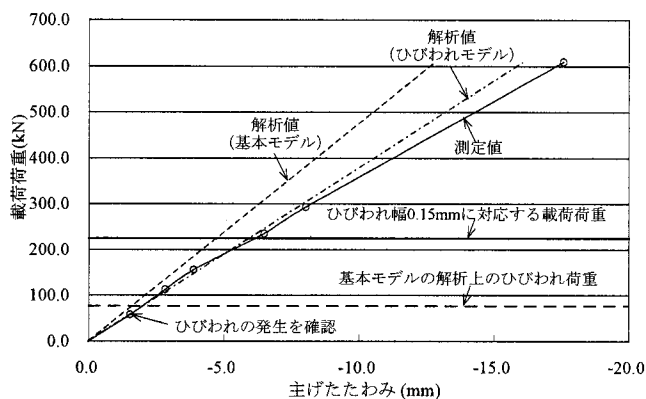


図-9 載荷荷重とたわみの関係(D9)

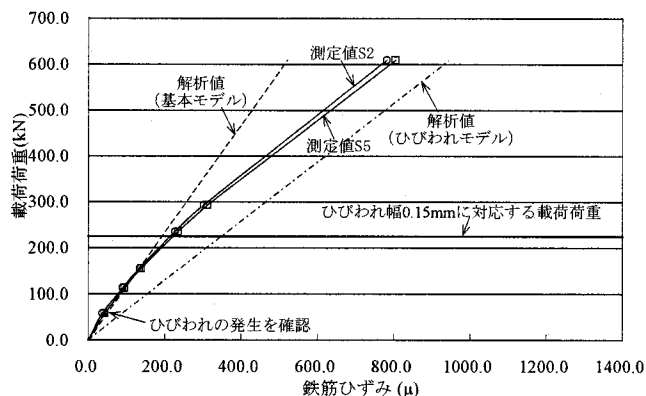


図-10 載荷荷重と橋軸方向鉄筋のひずみの関係

り、本試験体もコンクリート版厚 150mm に対し、横リブの高さを 75mm に設定している。

横リブの高さがコンクリートの応力状態に与える影響を調べるために、横リブの高さを大きくしたモデル（以降、横リブ高さ大モデルと略す）を作成した。横リブの高さは、コンクリート版厚の約 $3/4$ の 120mm に設定し、横リブの板厚については本試験体と同様に 9mm のままとした。

4. 測定結果と解析結果の比較

静的載荷試験における測定結果のうち、主げたのたわみ、橋軸方向鉄筋のひずみ、下鋼板のひずみに関して、基本モデルおよびひびわれモデルの解析値との比較を行い、提案する合成床版を適用した試験体の挙動および応力性状に

について検討する。以下に示す図中には、測定値と基本モデルおよびひびわれモデルの解析値を同時に示す。なお、測定値については、荷重初期の状態からコンクリートにひびわれが発生するまでは荷重時の傾きを記入し、ひびわれが発生した後は各荷重段階における最終の除荷時の傾きを求め、それらを連続的に表した²⁾。

4.1 荷重荷重とたわみの関係

図-9 に荷重荷重とたわみの関係を示す。たわみは荷重荷重直下の測定値であり、変位計の番号は図-3(a)中の D9 に対応している。なお、図中のたわみについては鉛直方向の上方への変位を正としている。

たわみの測定値は、荷重荷重が 60kN 程度までは基本モデルの解析値よりも勾配がやや緩いものの、荷重荷重が 60kN から 150kN 程度においては基本モデルの解析値とほぼ平行である。また、荷重荷重が 220kN から 300kN 程度においては、たわみの測定値の経路はひびわれモデルの解析値とおおむね平行となっている。なお、基本モデルと横リブ省略モデルのたわみはほぼ等しい値を示したことを付記する。

4.2 荷重荷重と橋軸方向鉄筋のひずみの関係

図-10 に荷重荷重と橋軸方向鉄筋の橋軸方向に関するひずみの関係を示す。ひずみの測定位置は試験体のほぼ中央であり、ひずみゲージの番号は図-3(b)中の S2 および S5 に対応している。S2 および S5 は、試験体中央の横リブ位置に発生したコンクリートのひびわれ近傍の橋軸方向鉄筋に貼付したひずみゲージである。

ひずみの測定値は、荷重初期においては基本モデルの解析値とほぼ等しい経路を通り、荷重荷重が 150kN 程度以上においてはひびわれモデルの解析値と平行な経路を通る。

4.3 荷重荷重と下鋼板のひずみの関係

図-11 に荷重荷重と下鋼板の橋軸方向に関するひずみの関係を示す。ひずみの測定位置は試験体のほぼ中央であり、ひずみゲージの番号は図-3(c)中の B2 および B8 に対応している。

ひずみの測定値は、荷重初期においては基本モデルの解析値とほぼ等しい経路を通り、コンクリートのひびわれの発生にともないひびわれモデルの解析値と平行な経路を通る。また、荷重荷重が 300kN 程度以上においては、ひずみの測定値の経路はひびわれモデルの解析値よりもやや緩い勾配を示す。

以上に示した測定結果と解析結果の比較において、コンクリートにひびわれの発生が確認されるまでの測定値は、基本モデルの解析値とほぼ等しい経路を通ることから、コンクリートも含めた合成床版の全断面が一体として挙動していることがわかる。一方、コンクリートのひびわれの発生後から、試設計の発生応力度に対応する 220kN 程度の荷重荷重の範囲においては、測定値はコンクリートのひ

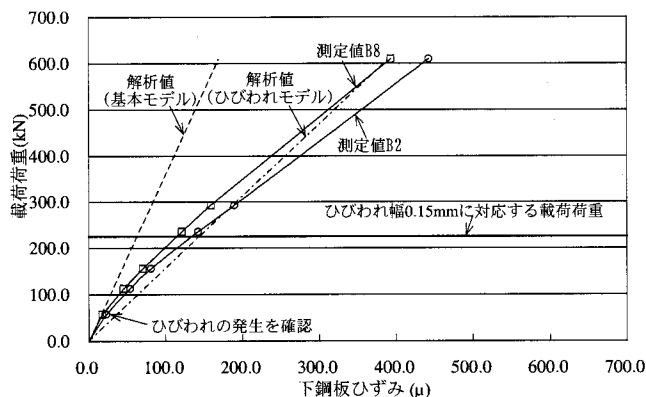


図-11 荷重荷重と下鋼板のひずみの関係

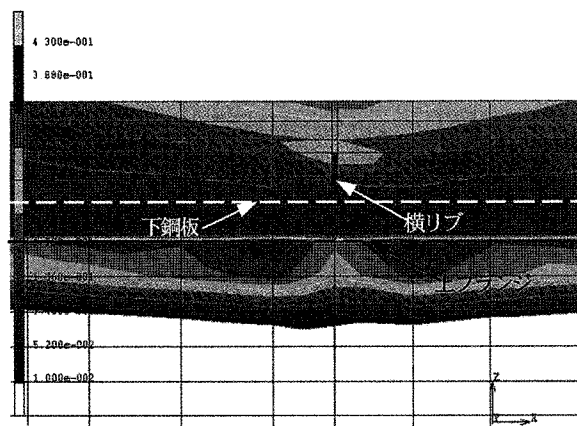


図-12 基本モデルの応力分布

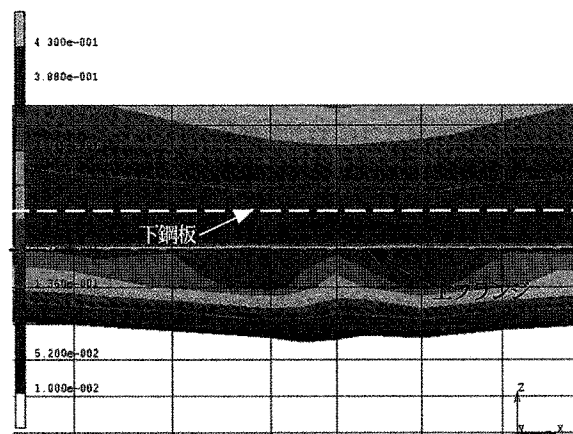


図-13 横リブ省略モデルの応力分布

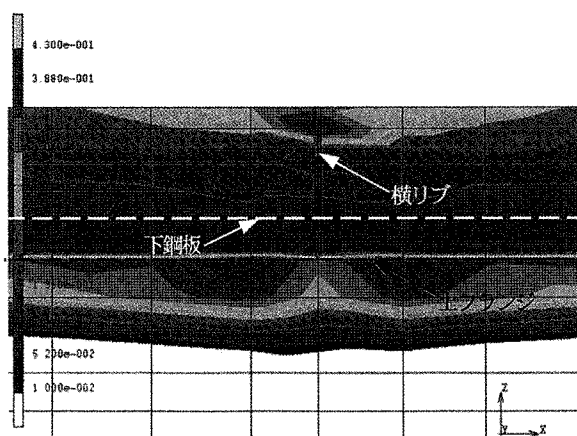


図-14 横リブ高さ大モデルの応力分布

びわれを考慮したひびわれモデルの解析値にほぼ平行な経路を通ることから、橋軸方向鉄筋および下鋼板の断面が試験体の剛性およびひずみの伝達に有効に働いていることがわかる。

5. コンクリートの応力分布

静的載荷試験において、コンクリートのひびわれは、まず横リブ位置に発生することが明らかになった。このため、上述したモデル化を適用した3次元FE解析により、横リブの有無や高さが床版のコンクリートおよび橋軸方向鉄筋の橋軸方向に関する応力性状に与える影響について検討を行う。なお、以下に示す解析値は、すべて載荷荷重を49kNとした場合の結果を示したものであり、コンクリートの引張強度やひびわれを考慮せずに応力度を算出している。

5.1 基本モデル

図-12 に基本モデルの試験体中央における床版部分の橋軸方向の垂直応力分布を示す。この図は図-3(a)中の試験体中央の床版部分“A”を拡大したものである。また、コンクリートおよび橋軸方向鉄筋に発生する橋軸方向の最大応力度を表-4に示す。

コンクリートの引張応力度の最大値は、コンクリートの上面において発生している。また、横リブの上部のコンクリートにおいてもやや大きい応力が発生しているが、その値はコンクリート上面の80%程度である。本試験体では、前述したように文献6)に準拠して横リブの高さをコンクリート版厚の1/2としている。この場合においては、コンクリート上面よりも横リブ上部のコンクリートの引張応力度が小さい。

また、コンクリート上面の引張応力度と表-3に示す材料試験における引張強度から、解析上のひびわれ発生荷重を推定した結果を図-9に併記するが、静的載荷試験において最初にひびわれの発生を確認した載荷荷重と比較的近い値を示している。

5.2 横リブ省略モデル

図-13 に横リブ省略モデルの試験体中央における床版部分の橋軸方向の垂直応力分布を示す。コンクリートの引張応力度の最大値は、基本モデルと同様にコンクリートの上面で発生しており、その値は表-4に示すように横リブのある基本モデルの90%程度である。また、橋軸方向鉄筋の引張応力度の最大値については、同表に示すように基本モデルとほぼ等しい。

5.3 横リブ高さが大きいモデル

図-14 に横リブ高さ大モデルの試験体中央における床版部分の橋軸方向の垂直応力分布を示す。横リブ高さ大モデルでは、横リブの高さをコンクリート版厚の3/4程度にしており、コンクリートの引張応力度の最大値は横リブの上部で発生している。横リブ上部のコンクリートの引張

表-4 各モデルの最大応力度の比較

単位: N/mm²

	基本モデル	横リブ省略モデル	横リブ高さ大モデル
コンクリート上面	3.43	3.07	3.57
横リブ上部のコンクリート	2.77	—	4.17
橋軸方向鉄筋	17.0	17.6	35.3

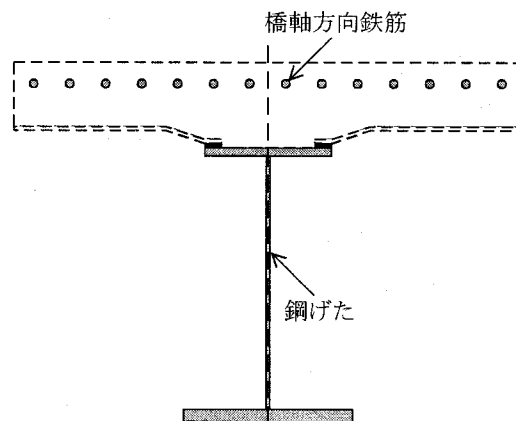


図-15 下鋼板を無効とした場合の主げた断面

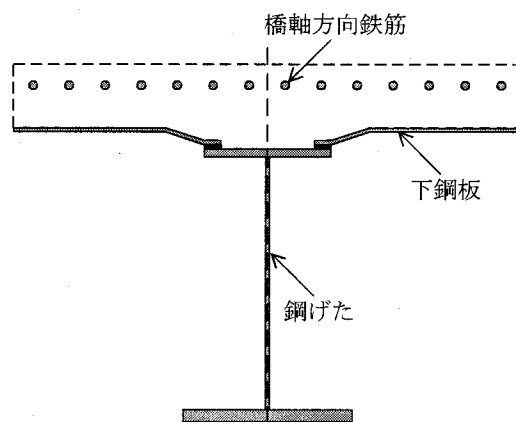


図-16 下鋼板を有効とした場合の主げた断面

応力度は、表-4に示すように基本モデルよりも50%程度大きい。また、橋軸方向鉄筋の引張応力度の最大値については、同表に示すように基本モデルの2倍以上となっている。

以上に示した結果によれば、横リブの高さをコンクリート版厚の1/2とした場合のコンクリートおよび橋軸方向鉄筋の発生応力は、横リブがない場合の発生応力に比較的近い値を示す。一方、横リブの高さをコンクリート版厚の3/4程度とした場合は、1/2とした場合に比較して発生応力が大きく増加する。このため、本合成床版では文献6)に準拠して、横リブの高さをコンクリート版厚の1/2程度とするものとした。

6. 断面設計における下鋼板の評価方法

6.1 下鋼板の評価方法および有効性

従来、合成床版の下鋼板は、コンクリート打設時の型枠と床版作用に対する橋軸方向および橋軸直角方向の下側鉄筋の役割を果たす部材として設計されてきた。しかしながら、本研究における測定結果と解析結果の比較により、下鋼板が主げた作用に対しても主げたの断面の一部として有効に作用することが明らかになった。

このため、連続合成げたに本合成床版を適用する場合において、負曲げモーメントを受ける中間支点部の断面設計に関しては、図-15 に示すような鋼げたおよび橋軸方向鉄筋を有効とする応力計算から、図-16 に示すような下鋼板も有効とする応力計算への移行が可能になり、連続合成げたの経済性がさらに高まることになる。ただし、中間支点部においては、下鋼板は床版作用と主げた作用の両方に関して引張力を受けることから、両者の合成効果については十分に配慮する必要がある。

また、本合成床版の連続合成げたへの適用は、床版が引張力を受ける中間支点部において、下鋼板という引張力に対して大きな抵抗力を有する鋼断面を配置することになり、主げた断面の耐力力および靱性を大きく高めることが可能であるものと考えられる。

6.2 主げた上フランジと下鋼板の結合方法

本試験体においては、主げたの上フランジの端部にゴムパッキンを配置し、その上に下鋼板を設置している。このため、主げたと下鋼板は直接接合されておらず、主げたの上フランジ上のスタッドおよびコンクリートを介して接合されている。下鋼板をさらに有効に活用するためには、主げたの上フランジと下鋼板とを高力ボルトなどで接合することも有効な方法であると考えられる。

7. まとめ

本研究は、ロビンソン型の合成床版を適用した連続合成げたの中間支点部の試験体に関して、細部まで忠実に再現した3次元モデルを用いた有限要素解析を行い、静的載荷試験の測定結果との比較を通して試験体の挙動について検証したものである。また、合成床版の下鋼板上に橋軸直角方向に配置している横リブの有無や高さが、コンクリートおよび橋軸方向鉄筋の応力性状に与える影響についても検討した。さらに、本合成床版を連続合成げたに適用した場合の断面設計における下鋼板の評価方法に関しても考察を加えた。

本研究において、得られた結果は以下の通りである。

- 1) コンクリートのひびわれの発生が確認されるまでは、コンクリートも含めた合成床版の全断面が一体として挙動している。
- 2) 試設計の発生応力度に対応する 220kN 程度の載荷荷重においては、橋軸方向鉄筋および下鋼板の断面が主げたの剛性およびひずみの伝達に有効に働いている。
- 3) 1)および2)の結果から、中間支点部の断面設計に関しては、橋軸方向鉄筋および下鋼板を有効とする応力計算が可能である。
- 4) 横リブの高さをコンクリート版厚の $1/2$ とした場合、コンクリート上面よりも横リブ上部のコンクリートの引張応力度が 20%程度小さい。また、横リブを省略すると、コンクリート上面の引張応力度が 90%程度に減少する。
- 5) 横リブの高さをコンクリート版厚の $3/4$ 程度とした場合、 $1/2$ とした場合よりも横リブ上部のコンクリートの引張応力度が 50%程度増加する。また、橋軸方向鉄筋の引張応力度は2倍以上となる。

なお、今後の課題として、静的載荷試験終盤の荷重が大きい状態における挙動を把握するために、コンクリートや鋼材の構成式を考慮した弾塑性解析の実施が必要である。また、下鋼板の抵抗断面としての効率および有効幅に関する定量的な評価や、下鋼板の防錆に着目した耐久性および継手などの構造詳細を含めた検討が重要である。

参考文献

- 1) 渡辺 滉, 街道 浩, 水口和之, 村松竹司, 松井繁之, 堀川都志雄: 鋼・コンクリート合成床版の開発と実橋への適用について, 第一回鋼橋床版シンポジウム講演論文集, 土木学会, pp.213-218, 1998.
- 2) 街道 浩, 渡辺 滉, 橘 吉宏, 松井繁之, 栗田章光: 鋼・コンクリート合成床版を適用したプレストレスしない連続合成げたの中間支点部の静的載荷試験, 構造工学論文集 Vol.49A, 土木学会, pp.1115-1126, 2003.
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, II 鋼橋編, 丸善, 2002.
- 4) 日本エムエスシー: MSC.Marc 2001 日本語オンラインマニュアル, 2001.
- 5) 土木学会: コンクリート標準示方書, 構造性能照査編, 2002年制定, 丸善, 2002.
- 6) 土木学会: 鋼構造物設計指針 PART B 合成構造物, 平成9年版, 丸善, 1997.

(2003年9月12日受付)