

補剛リブを全廃した高耐久性合成床版—ダイヤスラブ

High Endurance Composite-slab with Stiffener-less Steel Form — Dia Slab

田 村 一 美 増 田 伊 知 郎 中 出 収
濱 田 純 夫 松 井 繁 之



底鋼板とコンクリートからなる橋梁用合成床版は、補強リブなどの鋼材で底鋼板を補剛した構造が一般的であるが、加工度が高いことや鋼リブが存在することにより力学特性が異方性であることなどの問題を有している。それらの問題を解決すべく、筆者らは工場にて一部先打ちしたコンクリートに補強リブの役割を受け持たせることにより底鋼板の補強リブを全廃し、溶接を不要とした合理的かつ経済的な構造の合成床版、すなわち、ダイヤスラブを開発した。ここでは、輪荷重走行試験により十分な疲労耐久性を有することを確認した結果を報告する。

1. は じ め に

鋼とコンクリートとをずれ止めを用いて力学的に合成した橋梁用の合成床版は合成構造として高い強度を有し、現場においても底鋼板が型枠として利用できるために、施工の合理化が図れる等の多くの利点を持っている。しかし、合成床版は型枠兼用の底鋼板や、架設時の死荷重（主にコンクリート自重）を支持するための補剛材料が多数必要であるため、経済性・製作性の面から改善要求だけでなく、力学的に異方性版の性状を呈することも指摘されている。

上記の課題について、工場にて床版コンクリートの一部を先打ちしたコンクリート（鋼板・コンクリート合成梁）に架設時の死荷重を受け持たせることにより、底鋼板の補強リブを全廃した合理的かつ経済的な合成床版、すなわち、ダイヤスラブを開発した。本論文では、実物大の施工実験、輪荷重走行試験による、施工性、疲労耐久性に関する検証結果を報告する。

2. ダイヤスラブの概要

ダイヤスラブは完成後は単純なロビンソン床版であるが、

図1に示すように、コンクリートの一部を工場にて先打ちし（1次コンクリートと称す）、現地へ運搬、架設、接合、配筋後に残りのコンクリートを打設（2次コンクリートと称す）するものである。同図に示した従来構造の合成床版に比較して、補強リブを全廃した構造となっている。1次コンクリートは底鋼板及びスタッドとともに、鋼・コンクリート合成構造の梁を形成し、架設時の死荷重に抵抗する。ダイヤスラブの施工手順は3。実物大模型施工試験を参照されたい。

ダイヤスラブの特徴を次に示す。

- (1) 床版死荷重を1次コンクリートに負担させるため、鋼リブが不要となるとともに、溶接作業が不要となる。
- (2) 床版コンクリート施工用の足場、型枠支保工が不要である。
- (3) 底鋼板が床版下側の鉄筋の役目をするため、上側鉄筋のみ配すればよく、現地の配筋作業を低減でき工程短縮が可能である。
- (4) 設計基準強度 40 N/mm^2 のコンクリートを用いており、耐荷力・耐久性が高い。
- (5) ただし、1次コンクリートを工場にて打設するため運搬重量が大きくなる欠点がある。

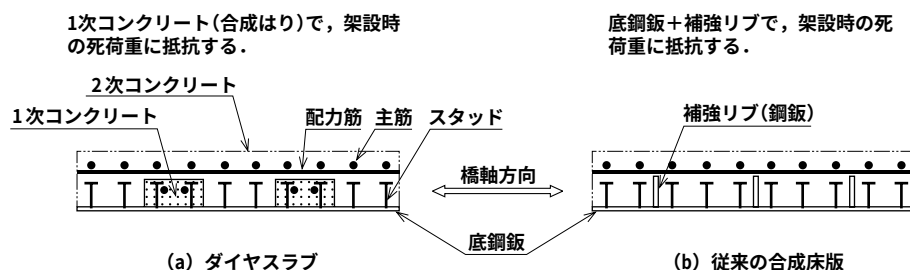


図1 ダイヤスラブと従来の合成床版（ロビンソン床版）との比較 ダイヤスラブは1次コンクリートはりで補強するが、従来の合成床版は鋼リブで補強する。

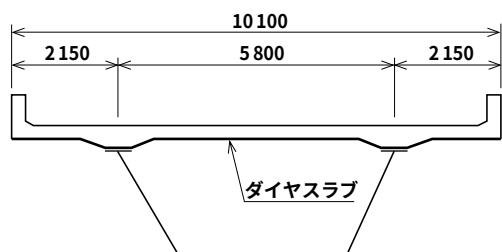


図2 対象橋梁断面図 開断面の箱桁にダイヤスラブを組み合わせた橋梁。

3. 実物大模型施工試験

3.1 想定実機

図2に示すように、開断面箱桁+ダイヤスラブを対象として実施した。

3.2 試験方法

試験は実機と同様の施工工程とし、1次コンクリート打設後のダイヤスラブパネルの運搬性、現場コンクリート打設時のたわみなどに着目して実施した。

3.3 試験結果

ダイヤスラブの製作・施工手順を図3に示す。主桁としての架台上への運搬は、ハンチ部の4点吊りで全く問題は生じなかった。2次コンクリート打設時のたわみは支間中央で1.8 mm（許容値： $L/500 = 5\,800/500 = 11.6$ mm）、張出部先端で0.6 mm（許容値： $2\,150/500 = 4.3$ mm）と許容値内に十分収めることができた。

4. 輪荷重走行試験

4.1 縮尺模型による輪荷重走行試験

4.1.1 試験体

対象とした合成床版は実機で床版厚300 mm、床版支間6 000 mmの単純支持版として設計を行った。試験体は実機の1/2の縮尺とし、図4に示すように、幅3 300 mm×長さ4 300 mm×厚さ150 mmとし、全体を4分割（4ユニット）

して3つの継手を設けた。継手の構造はユニット1、2及びユニット3、4間が重ね継手、ユニット2、3間が高力ボルト接合とした（図4）。床版支間は3 000 mmとし、橋軸方向縁端部の両端については連続性を考慮し、弾性支持とした。

4.1.2 載荷方法及び載荷荷重

試験は山口大学所有の輪荷重走行試験機を使用して行った。走行範囲は試験体中央を中心とし、 $\pm 1\,800$ mm（幅500 mm）とした。載荷荷重は次のように決定した。

RC床版の疲労強度は押抜きせん断耐荷力に依存することから、実機に対する縮尺模型の疲労強度は単なる寸法比率で決まるのではなく、押抜きせん断耐荷力により決定される⁽¹⁾。RC床版のせん断耐荷力の計算式⁽¹⁾により、実機及び試験体のせん断耐荷力 P_{sx} を計算すると表1ようになる。これより、実機に対する試験体のせん断耐荷力は約1/3となる。

一方、床版破壊の大きな要因となる過積載車両の軸重は、最大294 kN（30 tf）程度と推定される。その走行頻度を2回/日と仮定すると1回の走行につき後輪×2として、100年で約15万回となる。以上のことを踏まえ、載荷荷重は若

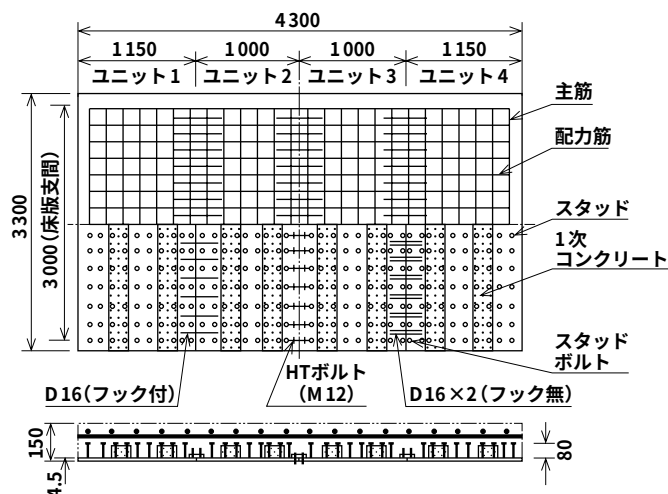


図4 縮尺模型試験体 縮尺1/2の模型を示す。4枚のパネル（ダイヤスラブユニット）を接合したもの。



① 底鋼板パネル製作



② スタッドジベル取付



③ 1次コンクリート打設



④ 運搬、主桁上に設置



⑤ 上面鉄筋配筋



⑥ 2次コンクリート打設

図3 施工試験の状況

実物大の模型を製作、運搬、架設の状況写真。

表1 セン断耐力力の比較

	Psx (kN)	実機/試験体
実機	1945	2.92
試験体	665	

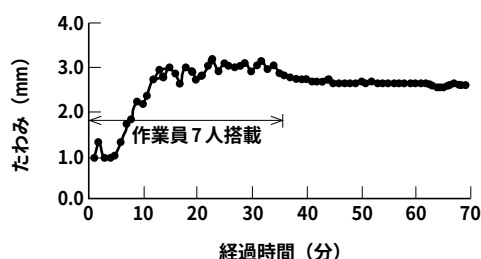


図5 コンクリート打設時のたわみ 最終たわみは、制限値の5 mm以内に十分収まっている。

干の余裕を見込み、147 kN (= 294 kN / 3 × 1.5) とし、最大22万回(約150年相当)を目標として走行試験を行った。

4.1.3 試験結果

(1) 2次コンクリート打設時のたわみ

図5に2次コンクリート打設時の床版中央たわみを示す。最終たわみは約2.6 mmとなった。 δ/L (支間) = 1/1150となり、底鋼板と1次コンクリートからなる合成梁は十分な剛性を有していることが確認できた。

(2) ひび割れ状況

22万回走行後もひび割れの発生はみられず、本試験体は破壊することはなかった。引き続き実施した床版表面に水を張った状態の走行試験(8万回)後も同様に全く健全なままであった。

(3) 床版のたわみと走行回数の関係

図6は、各走行終了後に実施した静的载荷試験(载荷荷重: 147 kN, 载荷位置: 床版中央)の結果を示したものである。ひび割れが発生していないため剛性の低下はほとんどみられず非常に良好な結果となった。

(4) 継手部の性状

各継手部の目視観察を行ったが床版変位と同様に、変化は全くみられなかった。

4.2 実物大模型の輪荷重走行試験

4.2.1 試験体

模型は図7に示すように幅2800 mm × 長さ4500 mm × 厚さ208 mmとし、支間中央部に継手を設け、床版支間長は2500 mmとした。

4.2.2 载荷方法

試験は独立行政法人土木研究所の輪荷重走行試験機を用いて行い、支間2500 mmで相対する2辺を単純支持し、残りの2辺は版の連続性を考慮して弾性支持とした。輪荷重は床版の支間中央部に200 mm × 500 mmの载荷ブロックを橋軸方向に並べ、その上に厚さ16 mmの鋼板を置き、その上に試験体中央部から±1500 mmの範囲で輪荷重を移動载荷した。载荷方法は157 kNから4万回毎に19.6 kNずつ増加させ、

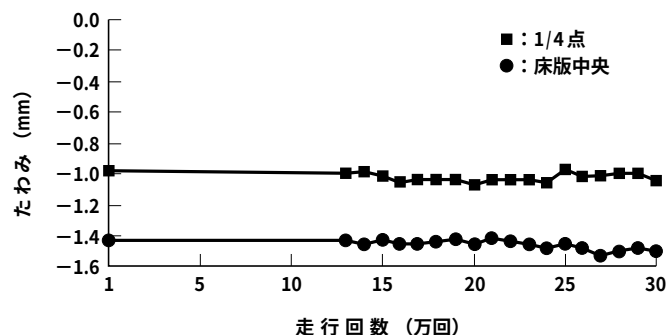


図6 走行回数と床版のたわみの関係 繰返し走行によるひび割れが発生せず、剛性の低下は見られない。

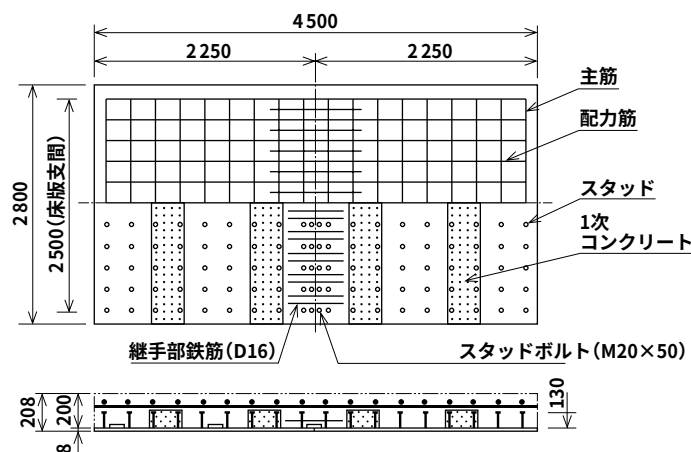
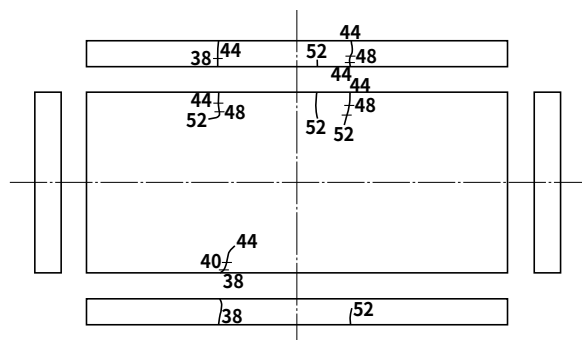


図7 実物大模型試験体 実機大の模型を示す。2枚のダイヤスラブユニットを接合したもの。



注) 数字はひび割れの発生した载荷回数(万回)を示す。

図8 ひび割れ図 輪荷重の繰返し走行により発生したもの。従来の合成床版は1000回程度で発生している。

392 kNで52万回まで载荷する土木研究所提案の階段状荷重漸増载荷とした。

4.2.3 試験結果

(1) ひび割れ状況

最終的に52万回走行を行っても、本試験体には破壊の傾向は見られなかった。最終的なひび割れ状況を図8に示す。一般に、底鋼板補強のための補強リブを使用したロビンソン床版は、鋼リブの影響により、走行の極初期に鋼リブに沿ったひび割れが発生することが知られている⁽¹⁾。ダイヤスラブは走行終盤の38万回時点で初ひび割れを生じた。これは、鋼リブを使用していないために、等方性版挙

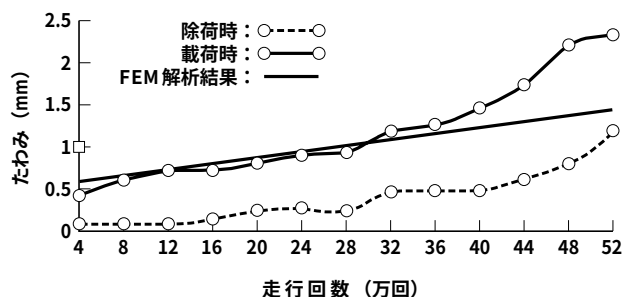


図9 走行回数と床版中央たわみの関係 38万回で初めてひび割れ発生。十分な疲労耐久性を有している。

動を示していることに加え、鋼リブが引き金となるひび割れを誘発しないことが大きな効果として考えられる。

(2) 床版のたわみと走行回数の関係

図9は、各荷重段階終了毎の試験体中央の静的たわみの変化状況を示したものである。ひび割れの発生荷重が38万回と遅かったこと、ひび割れ発生量が非常に少ないこと等により大きな剛性の低下はなく非常に良好な結果となった。

同図に示したFEM解析結果は、厚さ208mmのコンクリート版の弾性解析結果を示したものである。ひび割れ発生後（約38万回以降）は残留変位（除荷時変位）が徐々に大きくなり、実験値との差が出てくるが、ひび割れ発生以前は実験値とよく一致している。

5. ま と め

(1) 鋼リブを全廃した合成床版ーダイヤスラブは、従来の底

鋼板補強のために鋼リブを使用した合成床版よりも輪荷重によるひび割れが発生しにくく、優れた疲労耐久性を示すことが明らかとなった。

(2) ダイヤスラブはスタッド以外の溶接は全くなく、合理的にパネル製作を実施できることが明らかとなった。

参考文献

- (1) 松井繁之，移動荷重を受ける道路橋RC床版の疲労強度と水の影響について，コンクリート工学年次論文報告集，9-2，1987
- (2) 土木研究所，道路橋床版の輪荷重走行試験における疲労耐久性評価手法の開発報告書，平成11年3月



田村一美
技術本部
広島研究所
鉄構・土木研究室
工博



増田伊知郎
広島製作所
鉄構技術部
橋梁技術課長



中出收
広島製作所
鉄構技術部
橋梁技術課



濱田純夫
山口大学
工学部
社会建設工学科教授
工博



松井繁之
大阪大学
大学院工学研究科
土木工学専攻教授
工博