

(10) 首都高速道路の連続合成鉄桁橋における 合成床版の要求性能の一考察

久保田 強¹・吉川 直志²・山本 泰幹³・松井 繁之⁴・伊藤 剛⁵・林 暢彦⁶

¹正会員 首都高速道路公団 東京建設局設計第二グループ (〒160-0026 東京都新宿区西新宿6-6-2)

E-mail:t.kubota86@shutoko.jp

²正会員 首都高速道路公団 前 東京建設局建設第二部設計第二課 (〒160-0026 東京都新宿区西新宿6-6-2)

E-mail:t.yoshikawa814@shutoko.jp

³正会員 首都高速道路公団 建設管理部技術管理室 (〒100-8930 東京都千代田区霞ヶ関1-4-1)

E-mail:y.yamamoto1414@shutoko.jp

⁴正会員 大阪大学大学院 工学研究科地球総合工学専攻 教授 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

E-mail:s-matui@civil.eng.osaka-u.ac.jp

⁵正会員 川田工業(株) 橋梁事業部技術部技術開発課 (〒114-8562 東京都北区滝野川1-3-11)

E-mail:takeshi.ito@kawada.co.jp

⁶正会員 (株)宮地鐵工所 生産本部技術研究所技術開発課 (〒290-8580 千葉県市原市八幡海岸通り3)

E-mail:hayashi@miyaji-iron.com

首都高速埼玉新都心線の見沼高架橋では、一般部の橋梁形式として、鋼連続合成少数鉄桁橋を適用したが、合成床版の要求性能として、(1)物理定数、(2)抵抗曲げモーメント、(3)配力鉄筋量、(4)許容ひび割れ幅、(5)許容たわみ量等の値を設定し、さらにひび割れを適切に制御する性能を保証するために、一般的な移動輪荷重走行試験および負曲げモーメントを作用させた移動輪荷重走行試験（以下、中間支点部疲労試験）による性能確認の実施を条件とした。

本稿では、見沼高架橋で使用したロビンソン型、成形型鋼の2タイプの合成床版を対象とした中間支点部疲労試験の結果、ならびに滞水状態における合成床版の耐久性、および破壊形態の確認を目的として実施した水張り状態における走行試験の結果等を踏まえ、合成床版の設計とその要求性能について考察する。

Key Words : *steel plate-concrete composite deck slab, continuous composite girder bridge, performance-based regulations, negative moment region, wheel-running test, fatigue durability*

1. はじめに

さいたま新都心の東側には、大規模緑地空間の見沼地域が広がる。首都高速埼玉新都心線の見沼高架橋は、この緑地空間を通る全長1.6kmの高架橋である。渡河部、始終点付近には、それぞれ鋼床版細幅箱桁橋およびP C桁橋ならびにP R C連続立体ラーメン橋を適用し、標準部における橋梁形式として、鋼連続合成少数鉄桁橋を適用した¹⁾。床版の構造は、R=600m程度の平面曲線を有する曲線桁への適応性、および将来の拡幅が可能な構造とすること等の理由から、本高架橋では合成床版を使用している。

本高架橋において、合成床版を連続合成桁で使用するに際しては、(1)合成床版の物理定数、(2)抵抗曲げモーメント、(3)配力鉄筋量、(4)許容ひび割れ幅、(5)許容

たわみ量などの要求性能の数値を設定し、これらを満足する合成床版を使用している。また、これらの性能を保証するものとして、開発段階で行われている一般的な正曲げ状態の移動輪荷重走行試験が挙げられる。しかし、連続合成桁の中間支点付近では、床版に負曲げモーメントによる引張応力が作用するため、中間支点部の床版の耐久性確保は重要な課題である。

そこで、一般的な移動輪荷重走行試験、および連続合成桁の負曲げ領域を想定した移動輪荷重走行試験（以下、中間支点部疲労試験という）にて、有害なひび割れの発生を適切に防止でき、十分な疲労耐久性を有する合成床版であることも条件とした。

これまで筆者らは、中間支点部疲労試験結果に基づき、合成床版の連続合成桁としての挙動、負曲げ領域下における疲労耐久性、ならびに耐久性に及ぼす水の影響など

を報告している^{2,3)}。そこで本稿では、見沼高架橋に適用したロビンソン型および成型型鋼の2タイプの合成床版に関して、性能評価の観点から中間支点部疲労試験結果を検証し、合成床版の設計とその要求性能について考察を加えたのでここに報告する。

2. 合成床版の設計

合成床版は底面に配置した鋼板とコンクリートとが適切なずれ止めにより合成された床版で、ずれ止めの形式や構造に特徴があり、多くのタイプが実用化されている⁴⁾。合成床版は前述のように様々なタイプが存在し、仕様を規定することは困難であることから、見沼高架橋の合成床版においては、具体的に以下に示す要求性能の数値を設定して、床版の詳細設計を行っている⁵⁾。

(1) 合成床版の物理定数

① 最小床版厚： $h = 2.5 \times L + 11$

② 自重： 27.5 kN/mm^3

③ 単位重量： 24.5 kN/mm^3

(2) 抵抗曲げモーメント：

死荷重・活荷重双方の設計曲げモーメントを合成床版が満足すべき抵抗曲げモーメントとした。設計曲げモーメントは、土木学会「鋼構造物設計指針PART B 合成構造物」他に準拠するものとする。

(3) 配力鉄筋量：

一般部：上側 D19@250，下側 D19@125

中間支点部：上側 D22@125，下側 D22@125

(4) 許容ひび割れ幅：

道路橋示方書の「最小鉄筋量の照査」とコンクリート標準示方書の「曲げひび割れの検討」の照査を行うこととする。

$$W_a = 0.0035C \quad (\leq 0.2\text{mm})$$

W_a ：許容ひび割れ幅 (mm)

C ：ひび割れに抵抗する配力筋の純かぶり (mm)

(5) 許容たわみ：

支間部死荷重たわみ $L/600$ 以下

支間部活荷重たわみ $L/2,000$ 以下

張出部では支間部の $1/2$

活荷重たわみは道示の「たわみの許容値」により、支間長 10m 以下の鋼げたに準じている。死荷重たわみはコンクリート打設時の鋼板パネルのたわみである。

これらの性能のうち(1)、(2)、(5)については、土木研究所での輪荷重走行試験により要求性能を満足することが確認されている⁶⁾。しかしながら、連続合成桁としての性能である(3)および(4)に関しては、主桁作用による引張力と床版作用による応力の重ね合わせ状態での耐久性を評価する必要があることから、中間支点部疲労試験

による要求性能の確認も条件の一つとして設定した。なお床版コンクリートのひび割れ制御については、防水システム機能の一部として、一般的に以下のような対策が講じられる。

① ひび割れを制御する設計

② ひび割れの生じ難いコンクリートの施工

③ 防水層の設置

このほか、中間支点部疲労試験では、防水層の疲労耐久性へ及ぼす効果についても水張り走行試験による検証を行うものとする。また、コンクリート施工に関しては、別途コンクリート充填試験を実施し、合成床版の構造およびコンクリート締固め方法に問題が無いことを確認している。

3. 中間支点部疲労試験概要

(1) 試験要領

a) 試験装置

中間支点部疲労試験は、大阪大学の所有する輪荷重走行試験機を使用して実施した。図-1 に試験装置の概要図、表-1 に試験装置の諸元を示す。

b) 合成床版の構造

試験に用いた合成床版の特徴を以下に述べる。

① タイプ A (ロビンソン型)：鋼板に溶接したスタッドにより鋼板とコンクリートを一体化した合成床版である。鋼板には横リブを溶接し、コンクリート打設時の補強材としている。(図-2)

② タイプ B (成型型鋼)：I 形鋼を $1/2$ に切断した T 形リブを補強横リブとして使用する。T 形リブ腹板の孔あきジベルにより一体化を確保する。(図-3)

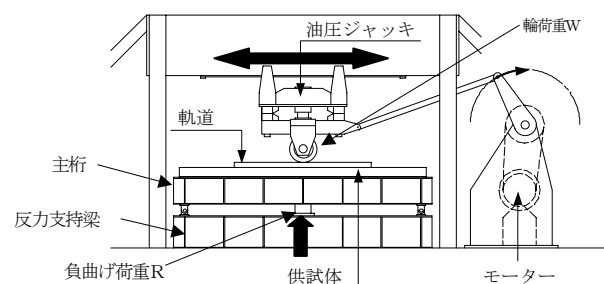


図-1 試験装置概要図

表-1 試験装置の諸元

載荷能力	98～294 kN(10～30 tf)
荷重移動範囲	中央から±100 cm
走行速度	112 m/min(28往復)
車輪(鋼鉄製)	外径 500 mm, 幅 500 mm
油圧ジャッキストローク	60 mm
動的ストローク変位差	- 0～+20 mm
荷重保持能力	動的変位差20 mm時で20%以内 (アキュムレーター設置)

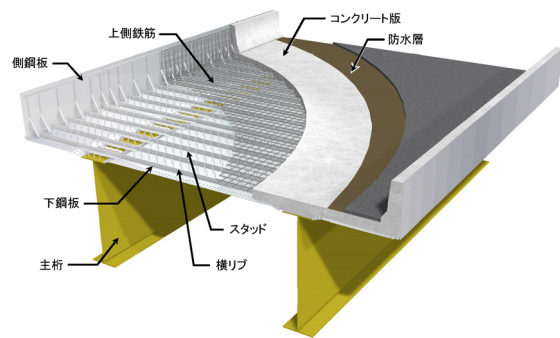


図-2 タイプAの概念図

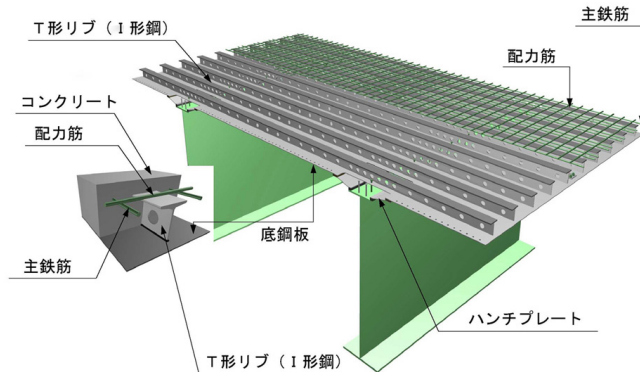


図-3 タイプBの概念図

表-2 実橋の応力と負曲げ荷重

対象橋梁		OE33工区上部工工事		
		実橋	輪荷重走行試験	
作用応力度	上側配力鉄筋	配力筋応力度 (N/mm ²)	曲げモーメント (kN・m)	負曲げ荷重 R(kN)
	①合成前死荷重(D ₁)	—	—	—
	②合成後死荷重(D ₂)	39.6	-146.74	136
	③活荷重(L)	58.2	—	—
	④クリープ	3.0	—	—
	⑤乾燥収縮	4.3	—	—
	⑥温度差	31.0	—	—
	⑦活荷重(0.6L相当)	34.9	-129.32	120
	②+⑦(D ₂ +0.6L)	74.5	-276.06	256

注) 負曲げ荷重=合成後死荷重(D₂)+活荷重(0.6L相当):1主桁当たりの荷重

c) 試験供試体

供試体の寸法は試験設備の制約から幅:2.3m, 床版支間長:2.0m, 長さ:4.5mとした。床版厚は合成床版の物理定数に基づいて16cm(実橋の床版厚26cmの2/3)とした。合成床版のコンクリートは材齢28日の実強度がほぼ30N/mm²であり, 初期収縮補償用として膨張材を添加している。

d) 試験荷重と走行回数の検討

① 負曲げ荷重

主桁作用に相当する負曲げ荷重Rは, 見沼高架橋の基本設計計算書から上側配力鉄筋応力度に着目し, 合成後死荷重(D₂)と合成後活荷重(L)の重ね合わせ応力度がD₂+0.6L相当になる荷重として⁷⁾, 1主桁あたりR=256kNとした(表-2)。

また負曲げ荷重の大きさによる耐久性への影響を確認するために, 活荷重応力度を0.6L相当から, 1.0L相当および1.4L相当までの3段階を考慮するものとし, 次に示す負曲げ荷重を決定した。

- 1) R = 256kN : D₂+0.6L
- 2) R = 333kN : D₂+1.0L
- 3) R = 412kN : D₂+1.4L

なお, 3)の場合の配力鉄筋応力度は121N/mm²となり, 設計最大応力度に相当する。

② 輪荷重

縮小モデルに載荷する輪荷重Wについては, 底鋼板の曲げ応力とコンクリートのせん断応力の相似性を考慮する必要がある。曲げ応力に着目した場合, 輪荷重強度が非常に大きい値となり, 押抜きせん断破壊の生じる恐れがあることからせん断応力の相似性に着目し, FEM解析を実施して載荷輪荷重を決定することとした。FEM解析はコンクリートをソリッド要素, 底鋼板にシェル要素でモデル化し, 支持条件を単純支持として実施した。解析プログラムにはMSC-Nastranを使用し, 解析ケースは図-4~6に示す試験体モデル(設計輪荷重1輪), 実橋モデル(設計輪荷重), 実橋モデル(過積載相当)の3ケースとした。

解析の結果, 表-3に示すように, 実橋モデルの最大せん断応力度は設計輪荷重で-0.86N/mm², 過積載相当の荷重状態で-1.43N/mm²となった。試験体モデルでは, 設計輪荷重(1輪)で-0.88N/mm²と実橋モデルでの設計輪荷重載荷時とほぼ同等の最大せん断応力となっている。また, 本試験の結果を詳細設計に反映するため, 実橋の施工時期を考慮して試験期間を設定する必要があることから, 基本載荷荷重を137kN(98kNに衝撃係数を考慮)とし, 最大で177kN(過積載相当の1割増)まで3段階で荷重を漸増させる促進試験とした。

- 1) W = 137kN : 設計輪荷重+衝撃
- 2) W = 157kN : 過積載相当
- 3) W = 177kN : 過積載相当の1割増し

③ 走行回数

走行回数については, 過去に実施した土木研究所の輪荷重走行試験(正曲げ時)と比較するため, 前節と同様せん断応力に着目し次のような手順で試算を行った。

- 1) 土木研究所での試験体⁸⁾(以下, 土研タイプと称す)についても図-4と同様な解析モデルにより, 最大せん断応力を算出する(表-4参照)。
- 2) 土研タイプの解析結果より, 初期載荷輪荷重(157kN)時の最大せん断応力を基準応力とする。
- 3) 次式により, 土研タイプと本試験での試験体(以下, OEタイプと称す)との等価繰返し回数N_eをRCのS-N曲線を用いて相対比較する(表-5, 6参照)。

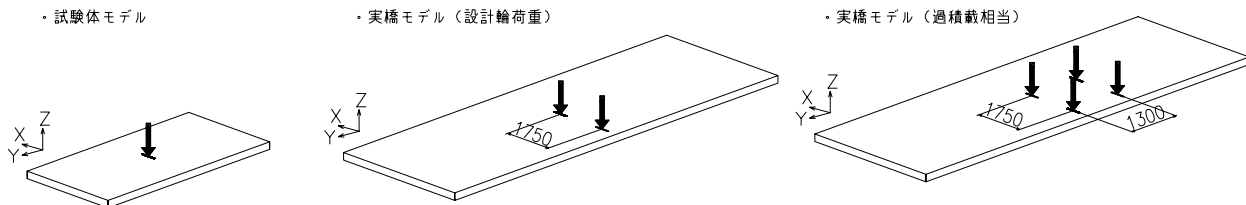


図4 CASE-1

図5 CASE-2
表3 解析結果

図6 CASE-3

	試験体モデル			実橋モデル	
	CASE-1			CASE-2	CASE-3
	98kN※	137kN※※	177kN	98kN※	過積載相当※※※
解析モデル長	4.5m			20m	20m
床版支間長	2m			6m	6m
床版厚	16cm			26cm	26cm
底鋼板厚	6mm			9mm	9mm
載荷面の形状	300mm×120mm			500mm×200mm	500mm×200mm
最大せん断応力: τ_{max}	-0.88 N/mm ²	-1.23 N/mm ²	-1.59 N/mm ²	-0.86 N/mm ²	-1.43 N/mm ²

※:設計輪荷重(1輪:98kN), ※※:設計輪荷重(1輪:98kN)+衝撃

※※※:過積載相当輪荷重(大型ダンブ(LD)最大重量時)後輪1軸:134kN, 後輪2軸:135kN

表4 両タイプの解析結果

	試験体モデル	
	土研タイプ	OEタイプ
	98kN※	98kN※
解析モデル長	4.5m	
床版支間長	2m	6m
床版厚	20.9cm	16.0cm
底鋼板厚	9.0mm	6.0mm
載荷面の形状	500mm×200mm	300mm×120mm
最大せん断応力: τ_{zx}	-0.43 N/mm ²	-0.88 N/mm ²

※:設計輪荷重(1輪:98kN)

*土研タイプ: $N_{ie(土研タイプ)} = \sum ni \times [\tau_{土研タイプ} / \tau_{基準応力}]^m$

*OEタイプ: $N_{ie(OEタイプ)} = \sum ni \times [\tau_{OEタイプ} / \tau_{基準応力}]^m$

ni: 各載荷輪荷重ごとの走行回数

m: RCにおけるS-N曲線の傾き(m=11.21)

*実橋モデル(過積載相当)

$\tau_{土研タイプ}$: 各載荷輪荷重ごとの最大せん断応力

$\tau_{OEタイプ}$: 各載荷輪荷重ごとの最大せん断応力

等価繰返し回数の試算の結果, 本試験での走行回数は, 土木研究所で実施した輪荷重走行試験(正曲げ時)の走行回数と同等以上となることから, 走行回数10万往復ごとに137kN, 157kN, 177kNと輪荷重Wを階段状に漸増し, 合計で30万往復走行させることとした。なお本試験は, 負曲げ荷重を載荷し床版表面にひび割れを発生させた状態で輪荷重を走行させることから, 土研方式と比較してより過酷な試験であると考えられる。

e) 試験方法

試験は, 輪荷重と負曲げ荷重の大きさに着目した2つの荷重載荷方法で行った。

表5 土研タイプの等価繰返し回数

W (kN)	$\tau_{土研タイプ}$ (N/mm ²)	$\tau_{基準応力}$ (N/mm ²)	$\sum N_{ie(土研タイプ)}^m$ (回)
157	-0.69	-0.69	4.0E+04
177	-0.78	-0.69	2.0E+05
196	-0.86	-0.69	6.7E+05
216	-0.95	-0.69	2.1E+06
235	-1.03	-0.69	5.7E+06
255	-1.12	-0.69	1.5E+07
275	-1.21	-0.69	3.7E+07
294	-1.29	-0.69	8.1E+07
314	-1.38	-0.69	1.8E+08
333	-1.46	-0.69	3.5E+08
353	-1.55	-0.69	7.0E+08
373	-1.64	-0.69	1.4E+09
392	-1.72	-0.69	2.5E+09

※各荷重での走行回数は40000回

表6 OEタイプの等価繰返し回数

W (kN)	$\tau_{OEタイプ}$ (N/mm ²)	$\tau_{基準応力}$ (N/mm ²)	$\sum N_{ie(OEタイプ)}^m$ (回)
137	-1.23	-0.69	1.3E+08
157	-1.41	-0.69	7.3E+08
177	-1.59	-0.69	3.1E+09
98	-0.88	-0.69	3.1E+09

※各荷重での走行回数は200000回

① T荷重階段載荷試験

等価繰返し回数の試算に基づき, 載荷方法は図-7に示すように負曲げ荷重Rを一定とし, 輪荷重Wを10万往復回ごとに137kN, 157kN, 177kNと階段状に漸増させるものとした。

② L荷重階段載荷試験

載荷方法は図-8に示すように, 輪荷重Wを一定とし, 負曲げ荷重Rを10万往復回ごとに1主桁当たり256kN, 333kN, 412kNと階段状に漸増させるものとした。

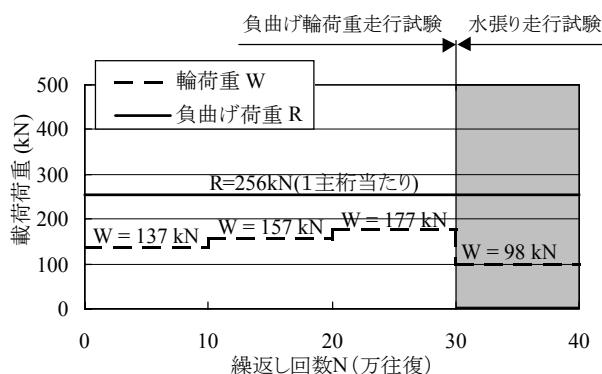


図-7 T荷重階段載荷試験

③ 水張り走行試験

30 万回往復終了後、T 荷重階段載荷試験の供試体は床版上面に防水層を施工して、L 荷重階段載荷試験の供試体は防水層を施工せずに水張り走行試験を実施した。この試験の目的は、床版の耐久性に及ぼす水の影響、防水層の効果および合成床版の破壊形態を確認するものである。なお、試験供試体は三体用意し、タイプAは上記試験①+③を1体、タイプBは①+③を1体、②+③を1体の合計3体で試験を実施した。

(2) 試験結果

a) 床版作用

タイプA、タイプBの走行回数と換算活荷重たわみ関係を図-9に示す。ここで換算活荷重たわみとは、各荷重段階での輪荷重による床版たわみを98kNで換算したたわみである。たわみの増加量は0から1万往復回の間が大きく、1万往復回から階段載荷終了時の30万往復回までにおいては、たわみはあまり増加していない。また、T 荷重階段載荷とL 荷重階段載荷の結果には、特に差異は生じていない。

b) T 荷重階段載荷試験の主桁作用

走行試験では走行回数0, 0.1万, 10万, 20万, 30万往復時に、輪荷重は除荷した状態で負曲げ荷重静的載荷試験を実施した。各走行回数の試験結果から、負曲げ荷重 $R=256\text{kN}$ 載荷時の主桁系断面応力分布図を図-10, 11に示す。図の横軸は橋軸方向応力度を表し、縦軸は高さ方向の各測定位置を表している。この結果によれば、タイプA、タイプBとも応力分布は平面保持が成立しており、主桁と合成床版は一体化して挙動している様子が見受けられる。また、初期載荷時から輪荷重走行試験終了時に至るまで、コンクリート全断面有効とする挙動に近く、所要の剛性を十分確保していることが確認できた。

c) T 荷重階段載荷試験のひび割れ状況

主桁上に生じたひび割れについて、ひび割れ幅の変化を図-12, 13に示す。タイプBでは、負曲げ荷重初期載

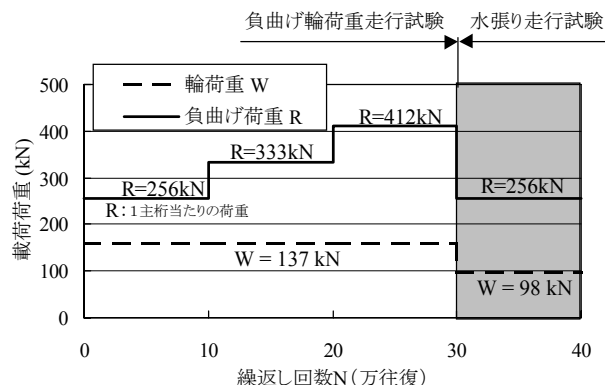


図-8 L荷重階段載荷試験

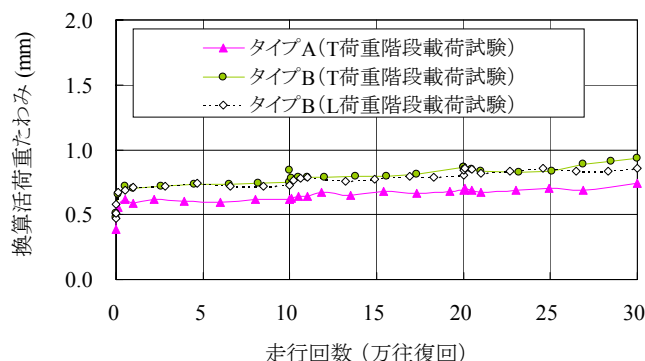


図-9 走行回数－換算活荷重たわみ関係

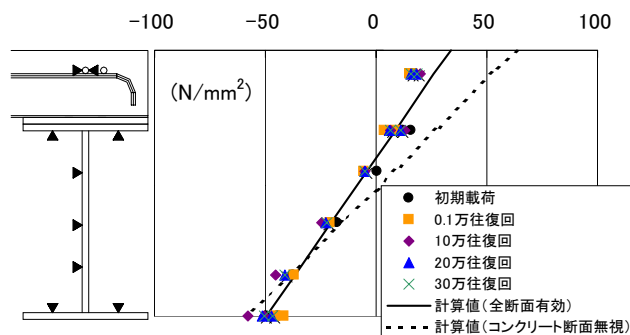


図-10 タイプAの主桁系応力分布

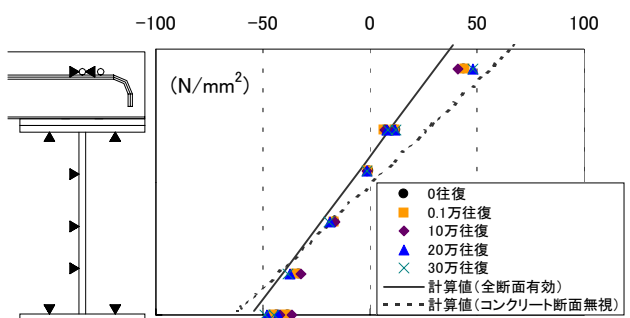


図-11 タイプBの主桁系応力分布

荷時のひび割れ幅0.1mm程度から、最終的には0.15mmとなっている。走行回数の増加に伴ってひび割れ幅も徐々に広がっているものの、主桁剛性の変化に対して大きな影響はなかった。なお、このような状況はタイプAについても同様の傾向となっている。輪荷重走行試験終了時（走行回数30万往復）の床版上面におけるひび割れ状況を図-14, 15に示す。発生したひび割れの多くは負曲げ荷重の初期載荷時に床版表面に発生し、その多くが0.05mm

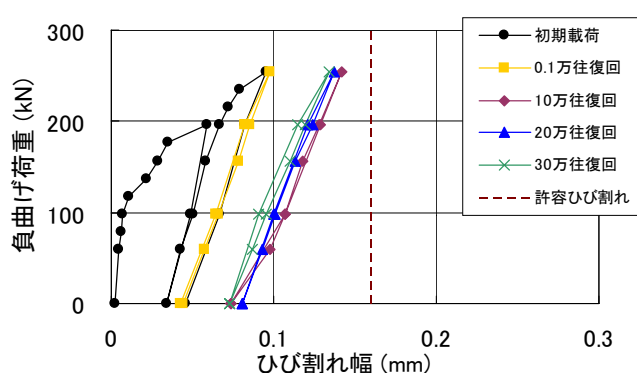


図-12 タイプAの荷重－ひび割れ幅関係

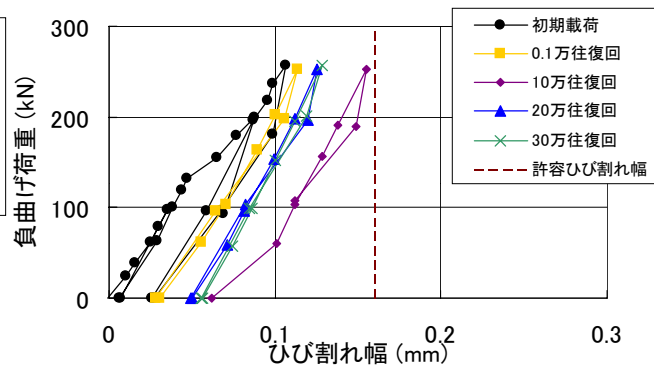


図-13 タイプBの荷重－ひび割れ幅関係

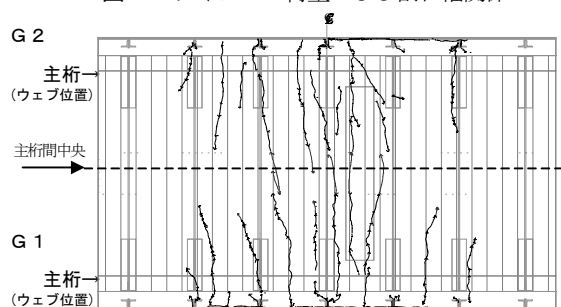


図-14 タイプAのひび割れ状況
(30万往復回)

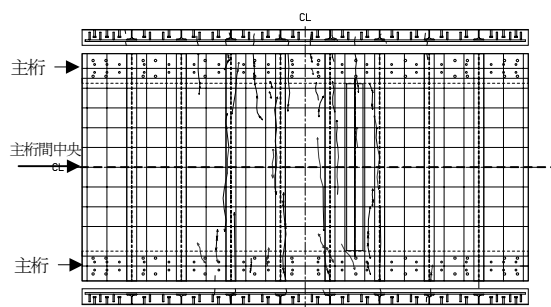


図-15 タイプB床版上面ひび割れ状況
(30万往復回)



図-16 タイプAの主筋間中央切断面（橋軸方向）のひび割れ状況（40万往復回）

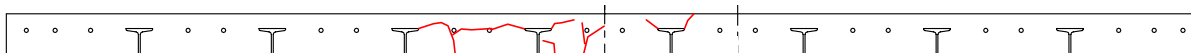


図-17 タイプBの主筋間中央切断面（橋軸方向）のひび割れ状況（40万往復回）

以下のものであった。そしてひび割れは輪荷重走行回数の増加に伴い主筋間中央（輪荷重走行位置）まで進展した。またひび割れ発生位置は図-16, 17に示すように横リブや主鉄筋位置に発生している。

c) 水張り走行試験結果

各試験の30万往復走行後に、床版上面に水を張り滯水状態で輪荷重を走行させる水張り走行試験を実施した。

T荷重階段載荷試験に使用した供試体は、防水層（ウレタン系速硬化型床版防水システム）を施工した状態で、L荷重階段載荷試験供試体は防水層を施工せずに試験を実施した。試験結果を図-18に示す。

① 防水層有りの水張り走行試験

防水層を施工した供試体は40万往復回（水張り走行10万往復回）に至るまでたわみは増加せず、たわみ分布、ひずみにおいても変化は確認できなかった。これより、床版の剛性は低下することはなかったと判断できる。そして、床版下面、側面からの漏水も認められなかったことから、防水層を施工することにより床版への水の浸入を防ぐことができたと言える。

② 防水層無しの水張り走行試験

防水層を施工しなかった供試体においては32万往復回（水張り走行回数2万往復回）で急激なたわみが増加し、試験の継続が難しくなった。これは、水の影響によりひび割れ幅が拡大し、床版剛性が急激に低下した結果と考えられる。防水層を施工しなかった供試体はL荷重階段載荷試験のひび割れの存在している状態から試験を開始しているので、試験開始直後にひび割れから水の浸入があったと考えられる。そして、その後漏水の確認とともにたわみ量が増加したことから、急激な床版剛性の低下は水の影響によるものと判断できる。走行回数とたわみの変化、防水層無しの水張り走行試験における損傷過程を図-19、コンクリートの破壊状況を写真-1に示す。

4. 中間支点部疲労試験のまとめ

中間支点部疲労試験により得られた知見を以下にまとめる。

(1) T荷重階段載荷試験およびL荷重階段載荷試験により、連続合成桁の負曲げ領域下においても、合成床版は十分な疲労耐久性を有することを確認した。

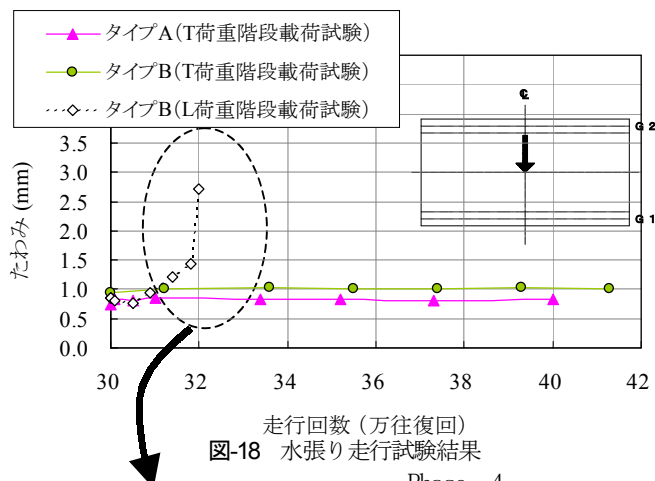


図-18 水張り走行試験結果

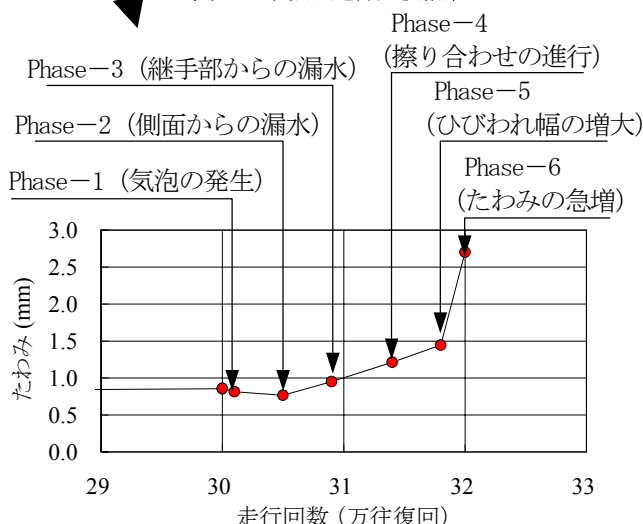


図-19 防水層無しの水張り走行試験結果（損傷過程）（タイプB）



写真-1 防水層無しのコンクリートの破壊状況（タイプB・32万往復回）

(2) T荷重階段載荷試験とL荷重階段載荷試験における床版たわみの変化を比較すると、両者の違いはほとんどなく、負曲げ荷重であるL荷重の耐久性に及ぼす影響は小さいと考えられる。

(3) 床版上面に発生したひび割れは、鋼板パネルの横リブ付近または横リブ間の主鉄筋位置から発生しており、床版内部に配置した鋼材との関連性が認められる。

(4) 床版ひび割れの大部分は、負曲げ荷重の初期載荷時に発生したものであり、繰返し回数に伴うひび割

れ数の増加は少ない。

(5) ひび割れ幅は、その多くが0.05mm以下の微細なものであり、主桁剛性に影響を及ぼしていない。

(6) 水張り走行試験では、防水層により床版の耐久性が保持されることが確認された。

(7) 防水層なしでの水張り走行試験では、約2万回往復から床版たわみの増大が現われており、耐久性に及ぼす水の影響が非常に大きいことが確認できた。また、合成床版においても、貫通ひび割れからコンクリートの骨材化に至る損傷過程を確認することができた。

5. 考察

次に、「2. 合成床版の要求性能」に示した数値を用いた設計について、中間支点部疲労試験の結果とともに、過去に実施した土研方式の輪荷重走行試験の知見なども踏まえて考察する。

(1) 合成床版の物理定数

本高架橋で使用した合成床版は、正曲げ状態では疲労耐久性がある程度明らかになっている床版との相対比較により、所要の疲労耐久性を満足していることが確認されている⁶⁾。主桁作用の耐荷力に関しても、平面保持が成立し理論値ともほぼ一致していることから、設定した物理定数は妥当なものと考えられる。

(2) 抵抗曲げモーメント

土研方式の移動輪荷重走行試験による床版作用としてのひずみ計測結果によれば、実測値は設計応力度に対して低い値となっている。また、中間支点部疲労試験でのFEM解析値との比較では、解析値と実測値は概ね一致していることから、抵抗曲げモーメントの設定は十分に安全側となっていると考えられる。

(3) 配力鉄筋量、および(4) 許容ひび割れ幅

一定量の配力筋を配置した中間支点部疲労試験の結果は、ひび割れ幅は許容値以下となっている。また、このひび割れは輪荷重走行前の負曲げ荷重載荷によって生じたものがほとんどであり、繰返し回数の増加に伴うひび割れ幅の拡大もないことから、ひび割れは適切に制御されているものと思われる。

(5) 許容たわみ量

床版たわみは、中間支点部疲労試験の開始から終了時まで大きく増加することなく、設計輪荷重強度に相当する98kN換算たわみは、許容たわみ量 $L/2,000$ （=1.0mm）以下となっている。また、防水層なしの水張り走行試験では、たわみが1mmを超えたあたりから急激な増加を示していることから、設計の要求性能を保証する状態を示す値として、 $L/2,000$ は妥当なものと考えられる。



写真-2 見沼高架橋（渡河部付近）の桁架設状況



写真-3 コンクリート打込み状況

6. おわりに

首都高速埼玉新都心線の見沼高架橋は、平成 15 年から建設が進められている。合成床版を有する連続合成桁橋は、平成 17 年 9 月現在、床版コンクリート施工が行われている（写真-2, 3）。

この実橋において、中間支点部疲労試験では確認していない負曲げ領域以外の一般部の主桁作用、死荷重による鋼板パネルのたわみや張出部の挙動などの床版作用について、応力計測を計画し一部実施している。最終的には実橋におけるコンクリート施工、ひび割れ制御対策の有効性の確認や応力計測結果の成果も合わせて、検証を行っていく予定である。

謝辞：本研究は首都高速道路公団、大阪大学、川田工業および宮地鐵工所の四者共同で実施したものである。中間支点部疲労試験に関係された皆様方、および見沼高架橋の工事に携わる方々から多くのご助力とご助言を賜ったことをここに記し、感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 大久保, 山本, 岩城, 北川, 渡辺：合成床版を有する鋼連続合成少数鉸桁橋の設計, 鋼構造年次論文報告集, 第 10 巻 pp. 149-156, 2002 年 11 月.
- 2) 柳澤, 橘, 久保田, 福井, 松井：鋼・コンクリート合成床版の中間支点部輪荷重走行試験（ロビンソン型合成床版）, 第四回道路橋床版シンポジウム講演論文集, pp.185-190, 平成 16 年 11 月.
- 3) 林, 佐藤, 内田, 吉川, 福井, 松井：T 形リブを用いた中間支点部輪荷重走行試験, 第四回道路橋床版シンポジウム講演論文集, pp.191-196, 平成 16 年 11 月.
- 4) 阿部, 久保, 高木, 武内：各種合成床版の構造と適用例, 第一回道路橋床版シンポジウム講演論文集, pp.23-30, 平成 10 年 11 月.
- 5) 首都高速道路公団東京建設局：高速大宮線見沼高架橋設計要領（案）, 2002.3
- 6) 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に関する共同研究報告書（その 5）, 平成 13 年 3 月.
- 7) 中菌, 安川, 稲葉, 橘, 秋山, 佐々木：PC 床版を有する鋼連続合成 2 主桁橋の設計法（上）, 橋梁と基礎, Vol.36 No.2 pp.27-35, 2002 年 2 月.
- 8) 街道他：鋼・コンクリート合成床版の輪荷重走行試験, 土木学会第 54 回年次学術講演会, CS7-043 pp.466-467, 平成 13 年.

A study on performance-based regulations of steel-concrete composite deck slab in continuous composite girder bridge of Metropolitan Expressway

Tuyoshi Kubota, Tadashi Yoshikawa, Yasumiki Yamamoto, Shigeyuki Matui,
Takeshi Ito and Nobuhiko Hayashi

Continuous composite plate girder bridge with steel-concrete composite deck slab is adopted to Minuma Viaduct in Saitama-Shintoshin line of Metropolitan Expressway as general bridge type. On the occasion of adoption of composite deck slab, Metropolitan Public Corporation was established the performance-based regulations as follows: (1)physical constants of composite deck slab, (2)design bending moment due to live load, (3)amount of distribution reinforcements of composite deck slab, (4)allowable width of crack of concrete, and (5)allowable deflection of composite deck slab. And in order to assure the performance of control of cracking, wheel-running tests on negative moment region of continuous composite girder bridge were carried out.

In this paper, results of wheel-running tests on two types of composite deck slab (Robinson type and rolled section type) are reported. And considerations on design and required performances for composite deck slab are also described based on those test results.