

H鋼桁床版橋（イージースラブ橋）の構造性能

金沢工業大学 フェロー ○本田秀行* 金沢工業大学大学院 学生員 日下真彰
朝日エンジニアリング 正会員 津田和俊 駒津組 小松廣成

1. まえがき

近年、省力化を目的とする多種多様な合成床版橋が開発されて来た。その中で、最近、イーゼースラブ橋工法研究会では、短支間橋梁に対する耐荷力、耐久性、工期短縮、維持管理縮減、低桁高、既設桁の再利用などの実現を目的に、複合構造床版橋として H 鋼桁埋込 RC 床版橋（通称イーゼースラブ橋）を開発している。

本研究で対象としたT橋は、金沢市に昭和 53 年に架設されたプレテンション方式PC床版橋（ホロー桁）の劣化損傷に伴い、同場所に平成 16 年 9 月に架け替えられたイージスラブリッジである。本橋の断面図を図-1 に、設計条件を表-1 に示す、今後、比較的短支間橋梁に対する新構造形式として、架設実績が増加する傾向にあると推測される。そこで、平成 17 年 7 月 7 日（木）に実橋実験を行った。本研究では、静的試験および動的試験から得た実験値を基に構造解析の結果を比較することによって、剛性評価や振動特性などの検証を行ったので、以下に報告する。

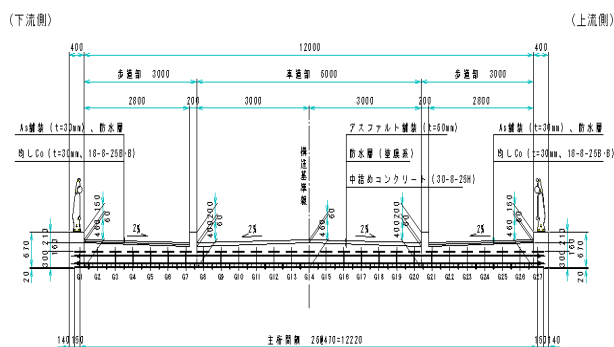


図-1 T橋断面図
表-1 設計条件

上部工形式	H鋼桁床版橋（イージースラブ橋）
橋長	13.10m
支間長	12.30m
幅員	6.00+2@3.00=12.00m(12.80m)
設計荷重	A 活荷重 雪荷重 $W=1.00\text{KN/m}^2$
斜角	左 $85^{\circ}00'$
設計基準	道路橋示方書(平成 14 年 3 月)

表-2 実験項目と内容

静的実験	試験車量載荷試験
動の実験	常時微動測定試験
	砂袋落下衝撃試験
	試験車両走行試験

速度は、10, 20, 30, 40 (最大) km/h とした. 図-2 に静的および動の実験での測定点とその位置の一例を示す.

3. 実験結果

(1) 静的特性

イーゼースラブ橋，構造性能，実橋実験，構造解析

* : 〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇ヶ丘7-1 金沢工業大学 環境・建築学部 環境土木工学科

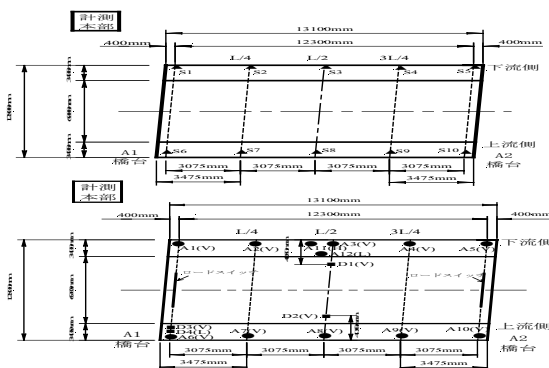


図-2 実験の測定点（上段：静的，下段：走行車両実験）

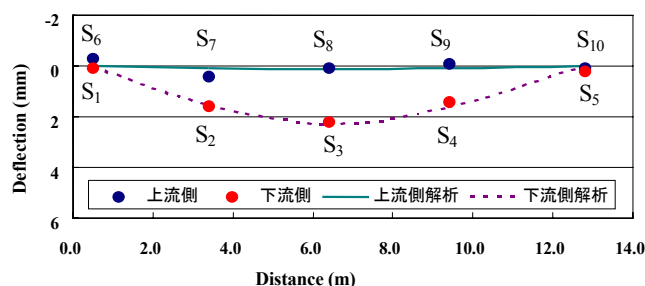


図-3 上流側載荷における静的たわみ実験値と解析値例

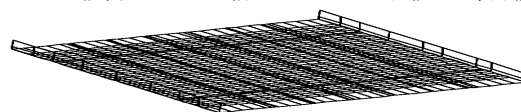


図-4 構造解析モデル

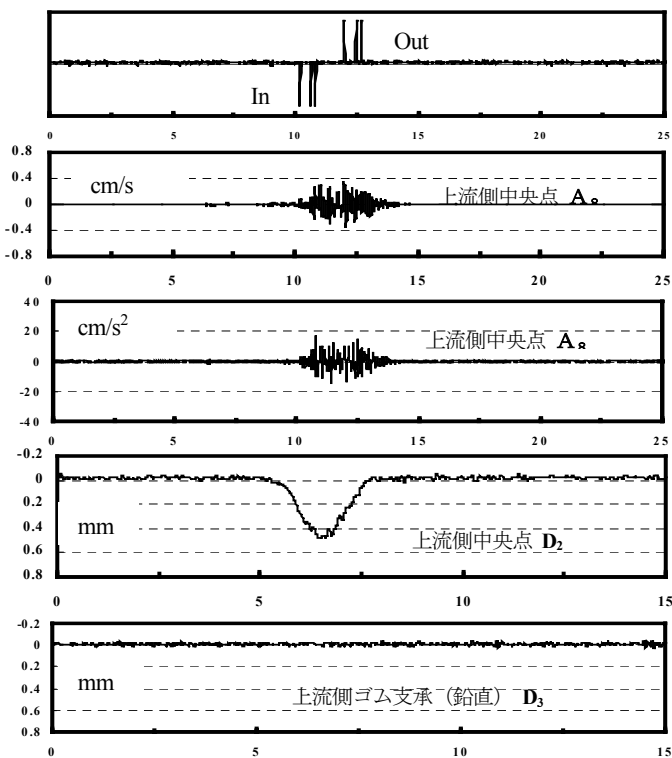


図-5 応答波形例（上流側車線単独 30km/h 走行）

静的載荷の一例として、上流側歩道部 1 台荷時に対する実験値を図-3 に示す。実験で得られた最大たわみは 2.2mm であった。上流側の測定点の $S_6 \sim S_{10}$ に比べて下流側 $S_1 \sim S_5$ のたわみ値が小さい版の構造特性が認められる。ちなみに、車道部での載荷では最大たわみが 1mm であった。

なお、構造解析モデルは、H鋼桁と横繫ぎ鉄筋を Bar 要素、間詰めコンクリートを Shell 要素に、また 3.3cm のゴム支承はせん断ばねに置換してモデル化している。解析での鋼とコンクリートの物性値は、設計での値を用いている。

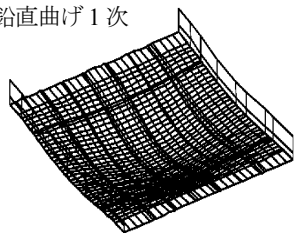
(2) 動的挙動と振動特性

動的実験から得られた応答速度と応答加速度波形例を図-5 に示す。実験で得られた最大応答は、上流側単独 40km/h 走行時で加速度が 39.7cm/s^2 、速度が 0.78cm/s であった。本橋は環境交通振動問題から桁端をジョイントレス構造とし、3.3cm もゴム支承が設置されている。このため、実験の当初にゴム支承部での鉛直方向と橋軸方向の振動の発生が懸念されたが、図-5 の最下段に示したゴム支承の鉛直振動例のように、支承部での両振動は無視できる振動レベルであることが確認された。

表-3 本橋の振動特性

次数	振動モード	固有振動数 (Hz)		減衰定数
		実験値	解析値	
1	鉛直曲げ対称 1 次	6.15	6.17	0.034
2	ねじれ対称 1 次	8.20	8.16	0.039

鉛直曲げ 1 次



ねじれ 1 次

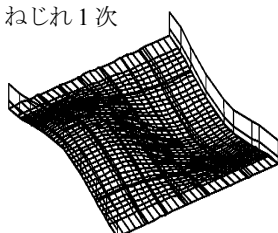


図-6 解析による振動モード

動的実験から得られた本橋の実験値と振動モードの結果を表-3 に示す。鉛直曲げ対称 1 次、ねじれ対称 1 次の固有振動数が本橋で特に卓越している。鉛直曲げ 1 次固有振動数は、 $f_1=100/L$ で概算される。本橋の場合、支間長が $L=12.3\text{m}$ であるので $f_1=8.13\text{Hz}$ となるが、総幅員が 12.8m の広幅員版構造のために、一般的な主桁形式橋梁より鉛直曲げ振動数が小さくなっており、ねじれ対称振動モードが低次に出現している。なお、固有値解析による振動モードを図-6 に示す。

(3) 減衰特性

表-3 に示したように、減衰自由振動波形より得られた本橋の減衰定数は、鉛直曲げ対称 1 次振動モードで 0.034、ねじれ対称 1 次振動モードで 0.039 の値が得られた。一般的な鋼橋やコンクリート橋に用いられる減衰定数と支間長との関係を概算的に算定する式 (L : 支間長 m) である $h=0.12/\sqrt{L}$ を用いて概算すると、本橋の支間長は 12.3m であるから $h=0.034$ を得る。この値が本橋の減衰定数 0.034 と一致することから、本橋の減衰性能は一般の道路橋と同等と考えられる。

(4) 動的増幅率

走行車両による本橋の動的影響を把握するために、動的

増幅率を検討した。動的増幅率の最大値は、上流側単独走行 (40km/h) 時で 0.203、下流側単独走行 (30km/h) 時で 0.189 であった。これらの値と設計衝撃係数との関係を論議することは、荷重強度が異なることから、本質的にできない。しかし、本橋の支間長 12.3m のような短支間橋梁においては、車両が 1 台走行する場合でもほぼ満載に近い荷重状態になる。

そこで、短支間橋梁の場合、多少過大な評価になるが、実験で得られた動的増幅率を一つの動的応答係数として考え、動的影響の実態を把握して設計衝撃係数と論議した方が实际的である。この考え方から本橋の場合、動的影響が当初の予測より小さいこと、0.32 の設計衝撃係数は大きな値が採用されていることなどが認められる。

(5) 振動使用性(歩行者の振動感覚)

本橋は、主に市街化地域に架設される場合が多く、また環境交通振動問題からジョイントレス構造になっている。そのため、道路橋ではあるが、本橋を利用する歩行者の振動使用性の実態把握を行う必要があった。

そこで、振動使用性の評価として、試験車走行試験における応答速度の最大値から検討した。各試験ケースのセンサー (A_2, A_3, A_4, A_8, A_9) に着目して、下流側車線 1 台走行 (40km/h) での最大応答速度で振動使用性を評価した結果を図-7 に示す。

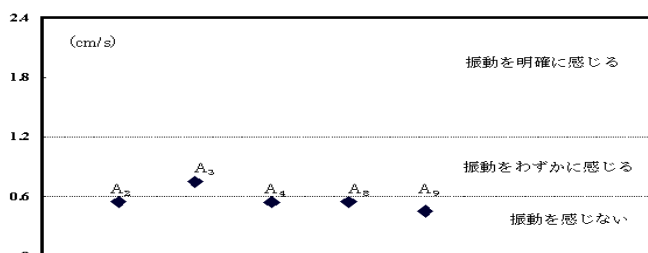


図-7 振動使用性

図-7 では、橋梁振動による歩行者が歩行時に受ける振動感覚の観点から、橋梁に対する一つの使用性を評価するために、歩行者が歩行時に受ける振動感覚の一般的な分類も示している。通常、使用性に対する振動限度として、応答速度の最大値の場合、 2.4cm/s すなわち歩行者が「少し歩きにくい」と反応する基準が多く用いられている。いま、図-7 を見ると「振動を感じない」および「振動をわずかに感じる」の領域を示していることから、本橋の振動使用性には特に問題が無いものと考えられる。

以上のように、日常の一般的な大型車両と通常の走行速度による橋梁振動を受ける歩行者の振動感覚は、「振動を感じない」あるいは「振動をわずかに感じる」程度の反応であり、本橋の使用性に関して、「歩きにくい」という現象は再現される確率は非常に低いと判断される。このことから、構造的に単純な本橋のイーゼースラブが市街化地域に架設されるような場合でも、歩行者による振動使用性の問題が具現化することは少ないことが認められる。

5. まとめ

実橋実験から本研究で対象とした T 橋 (イーゼースラブ橋) の構造性能を検証した結果、静的剛性が高く振動の検討でもほとんど問題がないなど静的・動的特性が認められ、イーゼースラブ橋の有用性が検証された。

なお、実験と解析にご協力を頂いた研究当時の本田研究室学部 4 年生の高本 大 君に感謝の意を表します。