

40 年供用されたプレートガーダー橋の合成性能に関する実験的研究

徳山工業高等専門学校 正会員 田村隆弘 徳山市役所 正会員 赤野正敏
 新潟県 土木部 石川幸作 (株)構造技研 板井高志
 長岡技術科学大学 正会員 長井正嗣

1. はじめに

非合成設計されるプレートガーダー橋では、鉄筋コンクリート（RC）床版と鋼桁の間の結合は、地震時等に床版がずれ落ちることを防止することを目的としたスラブアンカーが取り付けられているのみであり、設計上、鋼桁上フランジとRC床版の間の橋軸方向の力の伝達は考慮されていない。しかし、多くの載荷試験における桁の応力分布や、床版と鋼桁上フランジのずれの観察等により、実荷重レベルにおいては、この「ずれ」は、ほとんど生ずることはなく、いわゆる完全合成桁的な挙動を示すことが言われている。著者らは、平成11年度に行われた旧越路橋橋梁（新潟県）の撤去工事において、非合成設計されたプレートガーダーを入手する機会を得た。本研究では、この40年間供用された非合成桁供試体（主桁および縦桁）を用いて静的曲げ載荷試験を行い、部材の終局までの挙動ならびにRC床版と鋼桁間のずれを調査し、本橋梁の合成性能を考察した。

2. 実験

(1)供試体 主桁および縦桁供試体の寸法諸元を図1、図2にそれぞれ示す。主桁はスパン 12.9m の中央部分（8m）を、そして縦桁は 3.2m 間隔に配置された横桁間から（全長 3m）摘出した。

(2)実験方法 主桁は図3に示すような2点載荷で、縦桁については図4に示すような1点載荷で試験を行った。供試体の鉛直変位は、載荷点下において測定し、桁の両端において床版部と鋼桁上フランジのずれを測定した。また、桁の応力状態は4つの断面位置で、RC床版において3箇所、鋼桁において上フランジから下フランジまで6箇所のひずみを測定することによって確認した。

(3) 実験結果 表1は、各供試体の終局モーメントの実験値 M_u と、部材を完全合成として終局強度理論により求めた降伏モーメント M_y 、終局モーメント M_p 、およびその比を示す。各供試体とも降伏モーメントについては理論値を上回る値となり、終局モーメントに対しては、主桁ではほぼ理論値と同様の値を、そして縦桁では理論値よりも小さな値となった。図5は、主桁供試体の荷重 - 変位曲線である。弾性領域では、はり理論と実験値は良く一致している。部材の破壊までの挙動としては、約 300kN でRC床版にクラックが発生し、750kN で鋼桁下フランジが降伏、820kN で鋼桁上フランジも降伏した後、RC床版の浮き上がり現象と鋼桁上フランジ部の座屈が始まり、最終的には床版が跳ね上がって破壊に至った。RC床版と鋼桁の「ずれ」に関しては、以下で考察する。

3. 桁の合成性能

(1) 合成性能に関する基礎式 合成桁は大きく分けて、完全合成、不完全合成、そして重ねはりの3つに分類がされる。完全合成の場合については、終局強度理論が適用でき、重ねはりについても弾性理論によって説明がなされる。不完全合成桁の場合は、以下のような微分方程式を解くことによって解を得ること

キーワード：合成桁，40 年供用，ジベル，せん断力

連絡先：〒745 - 8585 山口県徳山市久米高城 3538 TEL:0834-29-6200 FAX:0834-29-6161

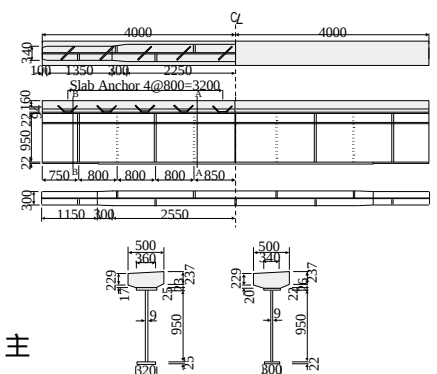


図1 主桁断面図

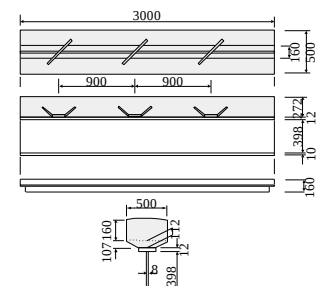


図2 縦桁断面図

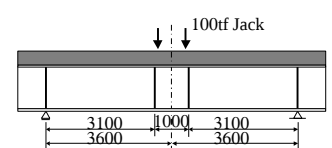


図3 主桁載荷方法

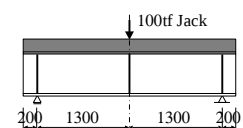


図4 縦桁載荷方法

表1 耐力に関して

供試体	実験値	計算値	tf・m	無次元化耐力	
	Mu	My	Mp	Mu/My	Mu/Mp
主桁	302	177	296	1.71	1.02
縦桁	49	44	70	1.10	0.70

が知られている¹⁾。すなわち、鋼桁とRC床版の間のずれは式(1)で定義されるものとし、スラブにおける釣り合い式より微分方程式が導かれ、これを解くことで式(2)のような軸力 N 、およびせん断力 T を得ることができる。

$$\delta(x) = \frac{T(x)}{C} \quad (1)$$

ここで、 δ はずれ量、 C はバネ定数である。中央集中荷重の場合は、

$$N = \frac{Pg}{w^2} \left(\frac{x}{2} - \frac{1}{2w} \frac{\sinh wx}{\cosh w \frac{l}{2}} \right) \quad T = \frac{Pg}{2w^2} \left(1 - \frac{\cosh wx}{\cosh w \frac{l}{2}} \right) \quad (2)$$

ここで、 x は支点からの距離、 P は作用荷重。また、2点荷重の場合は、

$$N = \frac{Pxg}{w^2} \left(1 - \frac{\sinh wa}{aw \cosh wa} \right) \quad T = \frac{Pg}{w^2} \left(1 - \frac{\cosh wx}{\cosh wa} \right) \quad (3)$$

ここで、 a は支点から載荷点までの距離である。

(2) ずれに関する実験結果の考察 図6は縦桁の各荷重レベルでのひずみ分布の状態を示す。図より、 $P=300\text{kN}$ 以降、荷重レベルが上がるに従い鋼桁とRC床版の関係が重ねはりに近い応力状態へ移行していることが確認できる。図7では、(2)式および実験結果から得られるコンクリート圧縮力から、縦桁の $P=300\text{kN}$ における「ずれ」に関するバネ定数 C を推定した。また、図8、および図9では、荷重 - ずれ量の測定値とこれから推定されるバネ定数 C を、部材の弾性領域(1次)とクラック発生後(2次)のバイリニアで近似することを試みた(近似したバネ定数 C は、各図中に示す)。これらの値を用いてスラブアンカーの応力度(主桁が 300kN 荷重した場合)を図10に示すように検証した。ここで、断続的に配置されたスラブアンカーの抵抗せん断力はスラブアンカーの溶接面積に許容せん断応力を乗じたものを、区間長(=スラブアンカー間隔)で平均化している。図は $P=300\text{kN}$ (ひび割れ発生限界)の時点でスラブアンカーのせん断応力が許容応力度以内であることを示している。

4. まとめ

実供用されていたプレートガーダー橋より摘出した供試体を用いて、この橋梁の合成性能を考察した。以下に結果を要約する。

部材の耐力については、両供試体は、 M_y に対して完全合成桁として扱った理論値に対して安全側であったが、 M_p に対しては(特に縦桁で)危険側の値となった。また、ずれに関する実験結果より、いずれの供試体も初期段階では完全合成に近い状態にあり、スラブアンカーのせん断応力は上昇して行ったが、(スラブアンカーの許容応力度内で)床版にひび割れが発生したことでせん断応力が減少し、最終的には鋼材の座屈が先行して床版の浮き上がりにより起こり破壊に至ることが確認された。すなわち、この形式の橋梁は、床版にひび割れが入るまでは完全合成に近い挙動を示すが、その後は不完全合成桁として取り扱うことができると言える。しかし、その際ずれに関するバネ定数と、使用するスラブアンカーの性能(床版の浮き上がりに対する性能等)および、床版の性能(剛性等)との関連については詳細な検討が必要である。

[参考文献] 1) A. Hawranek und O. Steinhardt : Theorie und Berechnung der Stahlbrücken, pp.380-414, 1958

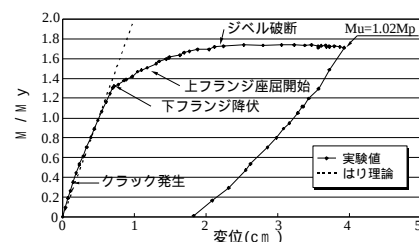


図5 荷重 - 載荷点変位関係 主桁

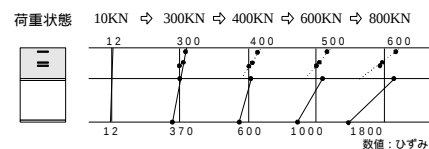


図6 ひずみ分布 縦桁

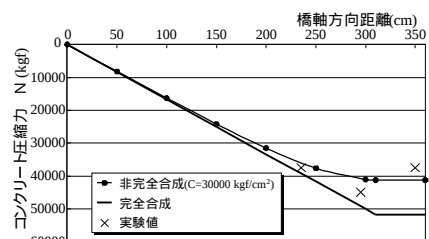


図7 コンクリート圧縮力($P=300\text{kN}$)

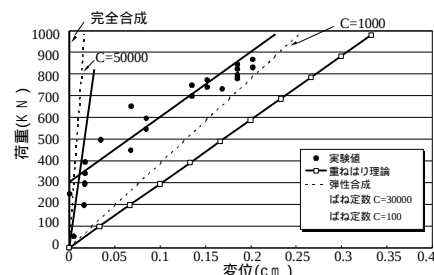


図8 相対変位(主桁)

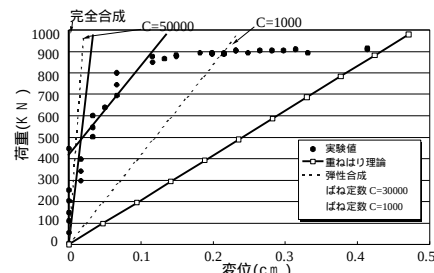


図9 相対変位(縦桁)

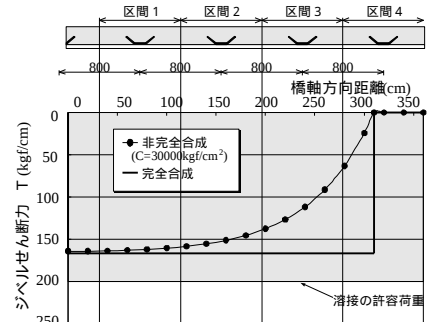


図10 ジベルせん断力($P=300\text{kN}$)