

報告 Report

鋼桁の曲げ載荷実験による社会人技術者向け教育活動

原稿受付 2023年10月5日

ものづくり大学紀要 第13号 (2023) 57~60

大垣賀津雄^{*1}, 奥井義昭^{*2}, 荒巻卓見^{*1}, Syll Amadou Sakhir^{*1}, 平岩アキ^{*3}^{*1}ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科^{*2}埼玉大学 工学部 環境社会デザイン学科^{*3}ものづくり大学 技能工芸学部 建設学科 学生

キーワード: プレートガーダ, 横倒れ座屈, 曲げ耐荷力, 社会人教育, 載荷実験

1. はじめに

高度経済成長期に多くの橋梁が建設されており, 経年劣化などの影響により老朽化が問題視されている. このことから, 埼玉県, 同県内市町村は橋梁長寿命化修繕計画を策定している. また, 国土交通省中心に埼玉県道路メンテナンス会議が設置され, 道路施設を効率的に維持管理する取組みがなされてきている. しかしながら, 埼玉県内において橋梁を点検, 診断できる技術者が不足しているのが現状である.

このような背景の中, 2018年に埼玉橋梁メンテナンス研究会^{1),2)}が設立された. その構成は, 埼玉大学, ものづくり大学, 国土交通省大宮国道事務所, 埼玉県, さいたま市, 埼玉県建設コンサルタント技術研修協会である. 本研究会の目的の1つとして, 県内自治体職員やコンサルタント若手技術者を対象とする講習会を開催して, 橋梁の点検や診断の技術力向上に努めている.

本稿では, 2023年8月1日, ものづくり大学にて実施した同研究会主催の橋梁メンテナンス技術研修会【令和5年度第2回】鋼桁の曲げ載荷実験の活動内容について報告する.

2. 曲げ載荷実験

本研修会のプログラムは表1に示す通りである. 実験概要説明では, 鋼部材の座屈現象全般についての概説と実験内容の説明が行われた. 鋼桁の曲げ載荷実験

表1 橋梁メンテナンス技術研修会【令和5年度第2回】プログラム

時間	題目	講師
14:00~	開会挨拶	埼玉橋梁メンテナンス研究会代表 埼玉大学客員教授 睦好 宏史
14:10~	実験概要説明	埼玉大学研究機構 レジリエント社会 研究センター長 教授 奥井 義昭
15:00~	曲げ載荷実験	ものづくり大学 建設学科 講師 荒巻 卓見 同上 特任助教 Syll Amadou Sakhir
16:10~	実験結果説明 & 質疑応答	ものづくり大学 技能工芸学部 学部長 建設学科 教授 大垣 賀津雄
16:40~	閉会挨拶	埼玉県建設コンサルタント技術研修協会

は図1, 写真1に示す通りである. 実橋の1/2~1/3程度の鋼桁実験供試体は, 鋼材(SS400, 降伏点 300MPa)を用いており, 腹板は高さ 750mm, 板厚 4.5mm であり, 上下フランジは幅 100mm, 板厚 6mm で構成している. ものづくり大学建設学科ストラクチャ実験室 3,000kN 万能試験機を用いて, 本供試体の等曲げ区間を設けた4点曲げ載荷実験を行った.

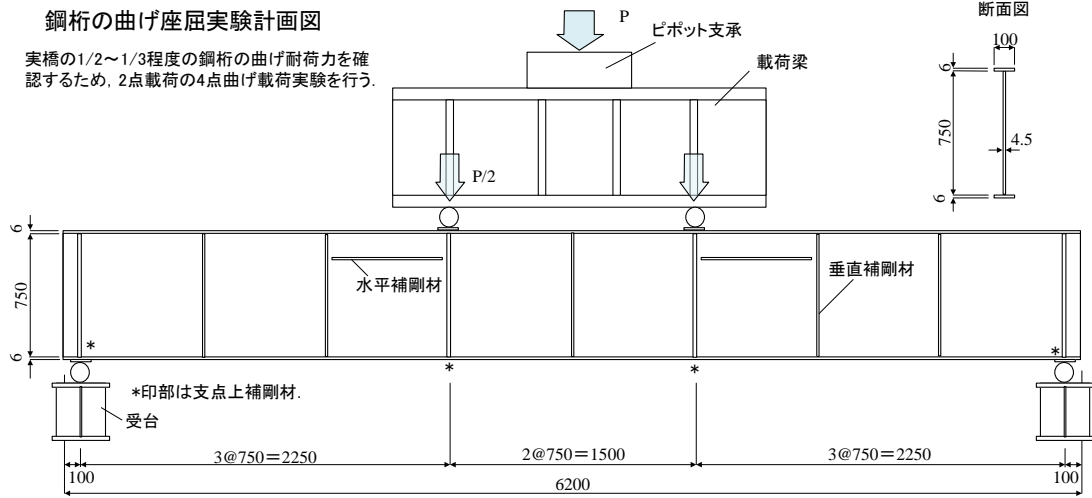


図1 鋼桁の曲げ載荷実験

3. 解析と実験結果

3.1 構造解析

本実験に先立ち、汎用構造解析プログラム DIANA 10.7 を用いた弾塑性有限変位解析 (以下、FEM 解析と記す) を行い、耐力の評価を行った。鋼材は 8 節点シェル要素でメッシュサイズ 20mm に分割してモデル化し、完全弾塑性 (降伏点 $\sigma_y = 300\text{MPa}$) としている。この結果、図 2 に示す通り、鋼桁は横倒れ座屈を起こすことが想定された。

また、道路橋示方書³⁾や各種計算法^{4),5)}により、上フランジ局部座屈、腹板曲げ座屈、腹板せん断座屈、桁横倒れ座屈、および初期降伏などの限界荷重を計算した。これらの結果を表 2 にまとめて示す。

3.2 実験結果

載荷実験の限界荷重を表 2 に記載している。同表から、横倒れ座屈実験結果の限界荷重 P_u が 147kN で最も小さく、実際の破壊状態も横倒れ座屈が生じている。一方、道路橋示方書による計算および FEM 解析の横倒れ座屈荷重 P_u はそれぞれ



写真1 鋼桁の曲げ載荷実験の状況

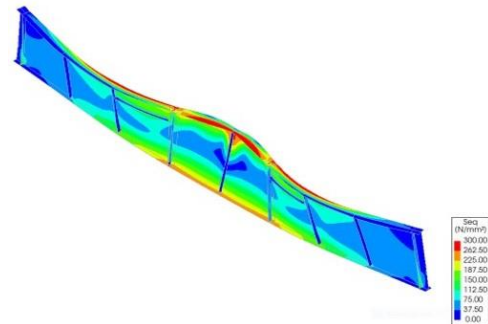


図2 FEM 解析による鋼桁の横倒れ座屈

表2 限界荷重一覧

部位	破壊状態	限界荷重 P_u kN	備考
フランジ	局部座屈	座屈しない	
腹板	曲げ座屈	228	座屈計算値
	せん断座屈	座屈しない	
鋼桁全体	横倒れ座屈	166	道路橋示方書
		180	FEM 解析
		147	実験結果
	初期降伏	231	梁理論計算値

れ、166kN、180kN であり、実験値より 13%、22%大きくなっている。これらの解析や計算における上フランジの固定点間距離は荷重点間距離の 1,500mm を使用しており、実際の実験とは異なっていることが考えられる。

実験結果の荷重と変位の関係を図 3 に示す。同写真や図から、面外変位が最大荷重時に 10mm 弱であり、その後耐荷力が約 20%減少して面外変位が急激に大きいところで 17mm 程度まで増加していることがわかる。このことから、横倒れ座屈が明らかに生じており、写真 2 からもそのことが窺える。また、実験終了後の上フランジ面外残留変位の計測結果を図 4 に示すが、これから S 字の変形モードであることがわかる。これは図 2 に示した FEM 解析による鋼桁の横倒れ座屈モードと異なっており、荷重点を上フランジの固定点とした解析や計算と実験の挙動が異なっていたといえる。この理由は、図 1 に示した荷重梁の上部にピボット支承を設置しているため、荷重点で面外固定にならない変形モードが生じており、固定点間距離が大きくなって、横倒れ座屈モードから S 字となり、最大荷重が低下した可能性があるといえる。

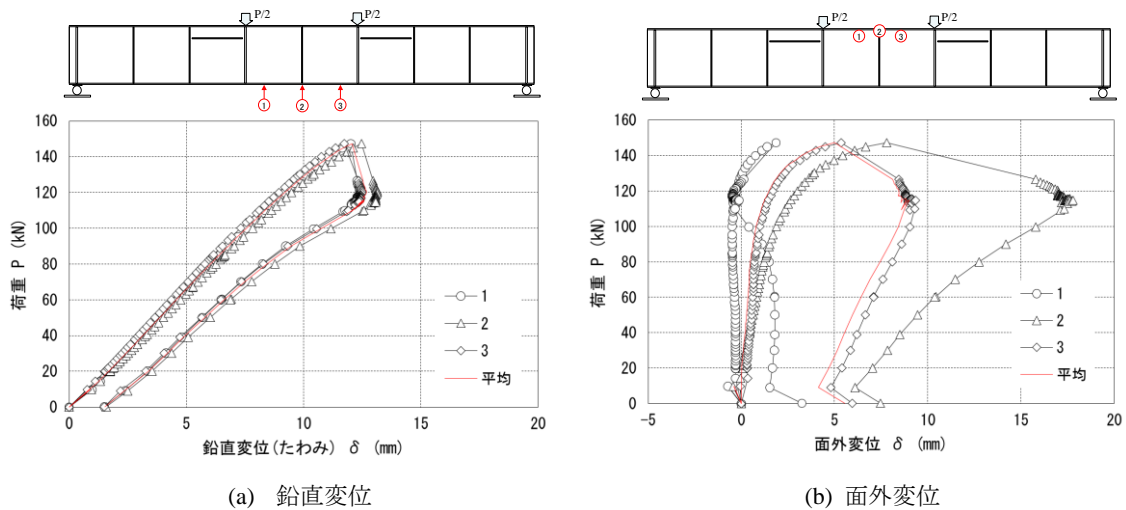


図 3 実験結果の荷重と変位の関係



写真 2 荷重実験終局段階の状況

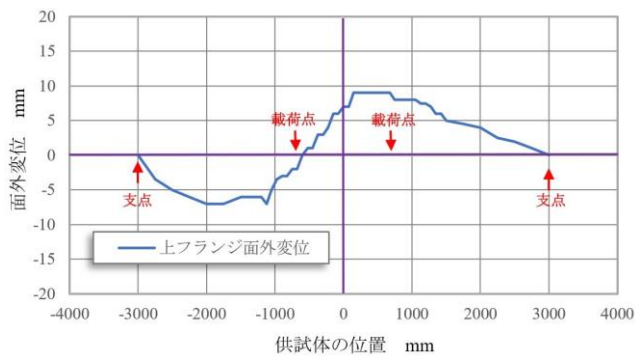


図 4 上フランジ面外残留変位

4. まとめ

埼玉橋梁メンテナンス研究会主催の橋梁メンテナンス技術研修会【令和5年度第2回】鋼桁の曲げ載荷実験の活動内容について報告した。当日は約50名の市町村職員やコンサルタントの技術者の方々に参加いただき、興味深い実験を見ることができたと好評であった。近年、このような載荷実験を実施することは稀であり、貴重な機会を設定することができたといえる。

また、橋梁の架設時や解体時に古くから鋼桁の横倒れ座屈による不安定現象が発生し、世界各国で大規模な事故に繋がっている⁶⁾。特に近年、大規模更新工事が盛ん実施されるようになり、RC床版をプレキャスト床版に取替える際の事故が懸念される^{7),8)}。これらについても、今回の研修会で注意喚起を含めた説明を行っている。さらに、床版取替え後の主桁設計法について、従来の非合成桁ではなく弾性合成桁（不完全合成桁）の考え方を取り入れた設計法について紹介した⁹⁾。

今後、地域貢献の活動として類似の内容の企業研修を行う予定があり、種々の座屈現象の挙動を実験で確認いただけるようにしたいと考えている。

謝 辞

本研修会を開催するに際して、埼玉橋梁メンテナンス研究会（代表 埼玉大学客員教授 睦好宏史）の関係各位にお世話になりました。深く感謝致します。

文 献

- 1) 埼玉橋梁メンテナンス研究会：活動報告書 2018~2020, 2021.
- 2) 大垣賀津雄, 澤本武博, 荒巻卓見, PHAM NGOC VINH, 渡邊達也：橋梁メンテナンス研修設備と体制構築, ものづくり大学紀要, 第11号(2021), 2022.
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（II 鋼橋・鋼部材編）, 丸善出版, 2017.
- 4) 土木学会：鋼・合成標準示方書, 設計編, 2022年制定, 2022.
- 5) 土木学会：座屈設計ガイドライン [2005年版], 鋼構造シリーズ12, 2005.
- 6) 齋藤道生, 石井喜代志, 谷口望, 大垣賀津雄：落橋記録の分類評価に基づく落橋原因と予防手法に関する一考察, 日本鋼構造協会, 鋼構造年次論文報告集, 第29巻, 2021.
- 7) 大垣賀津雄：既設合成桁の床版取替えにおける設計・施工上の課題について, 土木学会第10回道路橋床版シンポジウム論文報告集, 2018.
- 8) 土木学会：連続合成桁における床版取替技術の現状と展開, 複合構造レポート17, 2021.
- 9) 大垣賀津雄, PHAM NGOC VINH, 石川敏之, 今川雄亮, 大久保宣人：弾性合成桁橋の設計法, 橋梁と基礎, Vol.57, No.5, 2023.