

**「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」(平成 29 年度採択)
研究概要**

番号	研究課題名	研究代表者
No.29-8	部分係数設計に向けた塑性化を考慮した鋼桁設計法の研究開発	長岡技術科学大学 准教授 宮下 剛

本研究は、断面の一部塑性化を許容した鋼桁の耐荷力特性を実験および解析により把握することを目的としている。さらに、各国の鋼橋の設計基準を分析し、現在の道路橋示方書では具体的に記述されていない、部材の一部塑性化を考慮した鋼桁の設計法の開発を行う。

1. 研究の背景・目的

平成 29 年 7 月に改定された道路橋示方書（以下、「道示」という）では、設計体系が部分係数設計法へと移行した。また、老朽化橋梁、高齢化橋梁の大規模更新については、今後国内外でニーズが急速に高まることが予想され、今まで以上にコスト縮減が求められている。橋梁の建設コストを縮減するため、橋梁の持っている耐荷性能を最大限活用した合理的で信頼性の高い設計の実現に向けて、終局状態においては、道路橋を構成する部材の一部塑性化を考慮した耐荷力評価法を確立することが望まれる。しかしながら、鋼橋で最も一般的な形式である桁構造の耐荷力評価法は、部材の線形挙動内での評価が中心となっており、昭和 48 年の道示から 40 年以上もの間改定されていない。他方、より合理的な設計法の開発が求められているものの、耐荷力に関する研究が不足しているため、新たな設計法を開発する上で、必要な情報が十分に得られていない。

2. 研究内容

一般的な鋼桁の研究と比較して高い技術・学術レベルが要求される荷重実験および数値解析によるシミュレーションを実施して、部材の一部塑性化を許容した鋼桁の耐荷力特性に関する情報を収集するとともに、実験・解析結果の他、諸外国における既往の研究、道路橋の設計法に関する情報収集を行い、塑性化を考慮した鋼桁の設計法の提案を行う。

H29 年度は、合成桁の曲げ耐荷力に着目し、主として、塑性中立軸位置ならびにウェブ幅厚比が曲げ耐荷力に与える影響を把握する。H30 年度は、合成桁の曲げ・せん断耐荷力に着目し、主として、ウェブ幅厚比、曲げ・せん断比率、鋼桁と床版の合成効果が曲げ・せん断耐荷力に与える影響を把握する。また、前年度の成果にもとづき、床版ディテールが合成桁の曲げ耐荷力に与える影響についても把握する。R1 年度は、橋システムとしての合成桁の挙動ならびに既設橋梁の維持管理における知見を得ることを目的に、床版損傷度をパラメータとし、合成 2 主桁の曲げ・せん断耐荷力を把握する。

3. 研究成果

(1) 合成桁の曲げ耐荷力 (H29 年度)

3 体の合成桁試験体を製作し、4 点曲げ試験ならびに FEM 解析を実施した。1 体目 (MY1) は現行道示に基づいてウェブの幅厚比を上限値 ($R_w=1.2$) としたもので、2 体目 (MY3) は合理化設計に向けてウェブの幅厚比を大きくしたもので ($R_w=1.3$)、3 体目 (MY4) は塑性中立軸位置が耐荷力特性に与える影響を把握するために MY1 の下フランジの幅を広くしたものである。得られた主たる知見は以下である。

- 従来の道示設計で全塑性モーメントに達し、降伏モーメント以降の強度を期待できる。ただし、終局時に床版が圧壊して荷重が急減することから、靱性向上に向けては、床版ディテールの検

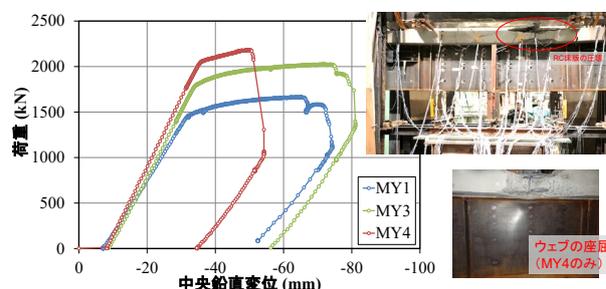


図 1 荷重－変位関係と破壊状況
(H29 年度)

討が必要である。

- ウェブの幅厚比を緩和しても、塑性中立軸が床版あるいは上フランジ内であれば、全塑性モーメントに達する。

(2) 合成桁の曲げ・せん断耐荷力 (H30 年度)

1 体の曲げ試験体と 4 体の曲げ・せん断試験体を製作し、載荷試験ならびに FEM 解析を実施した。前者については、H29 年度の結果を受け、MY1 と同一諸元とし、床版内にグリッド筋を配置したものである。後者の内訳は、従来設計 (試験体 A, $R_w=1.2$)、ウェブの幅厚比を大きくしたもの (試験体 B, $R_w=1.4$)、曲げせん断比率を大きくしたもの (試験体 C, $R_w=1.4$)、合成効果の検討に向けて試験体 B と同一諸元で鋼桁と床版間にはく離材を塗布したもの (試験体 D) である。検討結果から、得られた主たる知見は以下である。

- 曲げ・せん断比率を大きくしたり、 R_w を緩和しても全塑性モーメントに達する。また、床版内の鉄筋配置により、床版圧壊 (最大強度) 以降も粘り強い構造にできる。
- いずれのケースでも曲げ耐荷力とせん断耐荷力の間に相関は見られない。
- 床版と鋼桁の接触面にはく離剤を塗布して合成効果を低減させた試験体でも、剥離剤を塗布しない試験体と同様の荷重-鉛直変位関係ならびに破壊形態を示す。

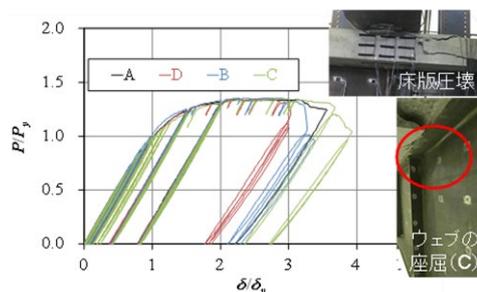


図2 荷重-変位関係と破壊状況 (H30 年度)

(3) 合成 2 主桁の曲げ・せん断耐荷力 (R1 年度)

改定された道示には、構造システムとしての冗長性を期待して、橋システムの限界状態についても言及されている。そこで、R1 年度は、橋システムの限界状態の把握に向け、合成 2 主桁の載荷試験ならびに解析検討を実施した。実験における載荷方法は、過年度の載荷試験と同様に、T 荷重を模した 3 点曲げ載荷とした。また、RC 床版については、既設橋の維持管理に関する知見も得るために、予め定点移動載荷試験を行い、疲労損傷を与えるケースを設けた。その結果、載荷方法や床版損傷の程度に依るものの、RC 床版の損傷程度が異なる 2 体の試験体について、全体的な力学的挙動が 1 本の合成桁と同様となる傾向がみられた。

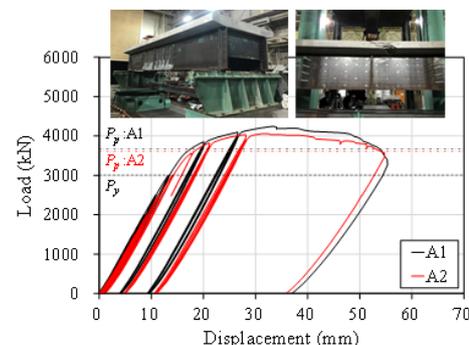


図3 試験体と荷重-変位関係 (R1 年度, A1: 床版健全, A2: 床版損傷)

これは橋システムの限界状態に関する知見のみならず、大規模地震後の緊急車両の走行可否などに関する有益な知見が得られたと言える。

4. 主な発表論文

- 佐藤悠樹, 宮下剛, 小野潔ほか: 限界状態設計法に向けた合成桁の曲げ耐荷力実験, 第 33 回日本道路会議, 2019.11.
- 方超越, 小野潔, 宮下剛ほか: RC 床版と鋼桁上フランジの付着が合成桁の弾塑性挙動に与える影響に関する実験的研究, 第 13 回複合・合成構造の活用に関するシンポジウムに関するシンポジウム, 2019.11.
- 宮下剛, 松澤和憲, 小野潔, 林偉偉, 野坂克義, 北根安雄, 白戸真大, 澤田守, 橋肇: 部分係数設計に向けた合成桁の曲げ耐荷力実験, 第 73 回土木学会年次学術講演会, 2018.8.

5. 今後の展望

部分係数設計法が導入された道路橋示方書の改定効果を最大化することができ、我が国の道路橋設計の国際的な競争力の向上が期待できる。今後の課題として、負曲げ域や連続桁に対する合成桁の限界状態ならびに評価式の検討が挙げられる。

6. 道路政策の質の向上への寄与

道路橋示方書への反映 (限界状態の設定ならびに設計法)

7. ホームページ等

<https://whs.nagaokaut.ac.jp/struct/>, <http://www.ono-lab.sci.waseda.ac.jp/index.html>