

限界状態設計法に向けた合成桁の耐荷力特性に関する研究

長岡技術科学大学大学院環境社会基盤工学専攻 松澤和憲
指導教官 宮下 剛

1. 背景

道路橋示方書（以下、道示という）のか改定により、従来は、道路橋において許容応力度法として一律な安全率を見込む設計を行ってきたが、部分係数法及び限界状態設計法に移行した。これにより、安全余裕が作用側と抵抗側ごとにばらつきを与える要因ごとに、部分係数を設定することができる。また、構造条件に応じた合理的な設計を可能とする。しかし、限界状態設計法では塑性強度に対する考慮がされていない。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。

2. 目的

道示では、降伏強度に対して一定の安全率を見込む弾性限界による設計となっており、塑性強度に対しての考慮がされていない。限界状態の設定に向けて、耐荷力、変形能のデータ収集が必要になる。データ収集にあたり検討が必要な耐荷力として、曲げ耐荷力、曲げせん断耐荷力、せん断耐荷力があげられ、本研究では、曲げ耐荷力に着目する。

限界状態を設定するための試験方法や試験結果に十分な知見がない。道示の部分係数では、部材耐荷力式の推定精度については抵抗係数で、また塑性化後の非弾性挙動特性が構造・部材係数として反映される。特に後者については、鋼材の機械的性質やウェブの板厚に依存するが、これらの関数として耐荷力式や構造・部材係数を構成できない。

以上本研究では鋼桁の基礎データ取得のために、合成桁の曲げ耐荷力実験を実施する。実験データより、塑性中立軸位置による影響、鋼靱性化に向けて床版ディテールの変更による影響、構造の合理化の検討を行い、限界状態を設定していく。

3. 限界状態

道示より、限界状態を設定するにあたり、橋の限界状態は橋を構成する部材等の限界状態によって代表させることが可能であり、今回は部材の限界状態として設定を行っていく。

下記に部材の限界状態を示す。

限界状態 1:部材等としての荷重を支持する能力が確保されている限界の状態

限界状態 2:部材等としての荷重を支持する能力は

低下しているもののあらかじめ想定する範囲にある限界の状態

限界状態 3:これを超えると部材等としての荷重を支持する能力が完全に失われる限界の状態

となっている。限界状態 1 では、降伏強度として弾性域で設計されている。しかし、限界状態 2 では、荷重を支持する能力は低下しているもののあらかじめ想定する範囲にある限界の状態と限界状態 3 は、これを超えると部材等としての荷重を支持する能力が完全に失われる限界の状態であり、部材の限界状態 2, 3 は設定が不明確であり、限界状態 2, 3 を明らかにすることで、塑性域を考慮した設計に繋がる。今回の実験は、合成桁の曲げ耐荷力実験を実施したので、橋の限界状態を部材の限界状態として評価を行っていく。

4. 実験概要

今回に合成桁の曲げ耐荷力実験で使用する試験体は、道示のウェブ幅厚比パラメータ ($R_w=1.2$) を上限値の MY1 (図-2) を基準とした。MY1 と構造の合理化を比較するために、道示の最小腹板厚よりウェブ幅厚比パラメータ ($R_w=1.3$) を大きくし、相対的にウェブを薄くした MY3 (図-2)、塑性中立軸位置がどのように影響を与えるかを比較するため、ウェブ幅厚比パラメータを MY1 と同様に下フランジ幅を大きくし中立軸を下げた MY4 (図-2)、床版圧壊により荷重の急激は低下を防ぐために、床版ディテールを変更した試験体 E (図-3) の 4 体の試験体を作成し、4 点载荷を行う。

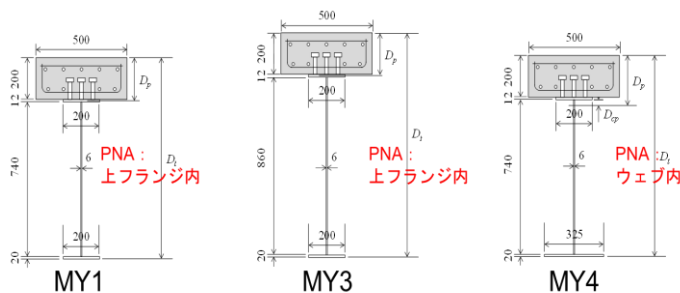


図-2 試験体

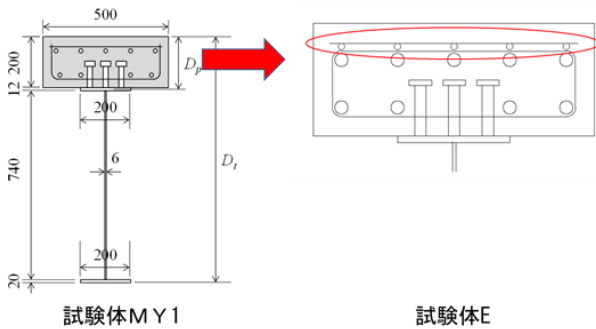


図-3 試験体

5. 実験結果

試験体 MY1, 3, 4 の荷重-鉛直変位関係から各試験体は鋼桁が降伏した後で荷重が漸増して床版が圧壊 (図-5) して最大荷重を迎えた, 塑性中立軸がウェブ内にあった MY4 では MY1 と MY3 とは異なり, 床版にひび割れが発生するとともにウェブの圧縮領域に座屈が発生し, 荷重が大きく低下した. 曲げ耐荷力に対して, 全ての試験体で全塑性モーメントに達して, さらに全塑性モーメントに達してから床版が圧壊した. 次に高靱性化に向けて, 床版ディテールの変更した, 試験体 MY1 と試験体 E で比較を行っていく. 荷重-鉛直変位関係では試験体 MY1 に比べ試験体 E の方がひび割れ発生後の荷重低下が緩やかであり, 破壊間伝粘り強く緩やかな破壊形状となった.

床版内の鉄筋, スタッドの軸, 曲げ要素の比較を行う. 鉄筋ひずみでは, 軸要素が曲げ要素より大きくなり, スタッドひずみでは, 軸要素が曲げ要素より小さくなる結果となった. 試験体 E の高靱性化については, グリット筋を含む, 床版内の鉄筋配置が影響していると考えられるが, 明確ではなく, 今後, 要素試験や解析検討も進め, 鋼靱性化に向けた, 粘り強く構造の実現に向けて検討を行う必要がある.

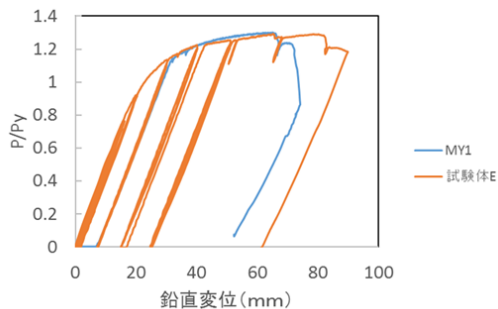


図-4 応力ひずみ曲線



図-5 床版の圧壊

6. まとめ

今回の研究で, 従来設計では, 全塑性モーメント達し, 更に全塑性モーメントに達してから床版が圧壊した.

塑性中立軸位置による影響では, 現行道示で鋼桁断面を設計し, 塑性中立軸が上フランジあるいは床版内であれば, 強度が期待できる.

構造の合理化による影響では, 現行の道示より厚さを高さに対して相対的に薄くした鋼桁断面でも塑性中立軸が上フランジにあるいは床版にあるようにすれば強度が期待でき, 設計の合理化に繋がる. 高靱性化に向けては, 床版ディテールの変更により, ひび割れ発生後の荷重低下が緩やかであり, 破壊まで粘り強く緩やかな破壊形状となった.

今回の実験結果から限界状態設計法の限界状態 2, 3 を検討する. 限界状態 2 の部材等として荷重を支持する能力が低下しているもののあらかじめ想定する能力の範囲にある限界状態を計算値の最大荷重にし, 限界状態 3 の部材等として荷重を支持する能力が完全に失われる限界の状態を実験値の最大荷重に設定することが可能である.

7. 参考文献

- 1) 長井正嗣: 橋梁工学[第2版], 共立出版
- 2) 稲葉尚文, 奥井義昭, 長井正嗣, 本間淳史, 春日井俊博, 野呂直以: 合成桁曲げ, せん断相関強度解明に関する実験的研究
- 3) (社) 日本道路橋協会: 道路橋示方書・同解説編, I 共通編, II 鋼橋編, 丸善, 2017年
- 4) (社) 土木学会: 土木学会コンクリート標準示方書, 設計編, 丸善, 2017年
- 5) 大垣賀津雄, 川口喜史, 磯江暁, 高橋昭一, 尻川克利, 長井正嗣: 合成2主桁橋の鋼主桁補剛設計に関する実験的研究
- 6) 岡田淳, 加藤真志: 高強度鋼を用いて塑性化を考慮した合成I桁の曲げ耐荷力特性の評価