

# 引張ボルト接合を用いた仮設橋梁 (TMB) の主桁連結構造の提案

宇都宮大学	学生員	○ 遠藤和貴	宇都宮大学大学院	正会員	鈴木康夫
宇都宮大学大学院	フェロー	中島章典	大阪市立大学大学院	正会員	山口隆司
ジェコス株式会社		岩崎伸一	ジェコス株式会社		郡 久人

## 1. はじめに

道路橋の高齢化に伴い、既設構造物の延命化が求められる昨今、損傷した部材のみを交換し、部材をリサイクル・リユースできるサステナブル性を有する橋梁構造物の実現が望まれている。部材のリユースを前提とした橋梁としては、工所用仮設桁、あるいは災害時の応急復旧橋梁として用いられる仮設橋梁が現在でも実用化されている。仮設橋梁は簡易に組立・解体ができる橋梁構造であり、仮設橋梁を高強度化、高性能化し、本設橋梁として利用できればサステナブル橋梁の技術確立につながると考えられる。

しかし、従来の仮設橋梁の適用スパンがは 25m 程度までであり、これを本設橋梁として利用するには、さらなる長スパン化が必要である。また、従来の仮設橋梁の部材は、高力ボルト摩擦継手で連結される場合が多いが、上フランジ上部にボルトヘッドや連結板による突起ができるため、切り欠きを設けた特殊な覆工板を製作する必要があるため、連結構造のさらなる簡略化が望まれている。

そこで本研究では、仮設橋梁の長スパン化と桁連結構造の簡略化とを目的として、図-1 に示すような摩擦接合と引張接合とを併用した桁連結構造を提案し、実物大試験体を用いた載荷実験によりその力学的挙動を確認した。そして、提案した桁連結構造の安全性および実構造物への適用性について検討する。

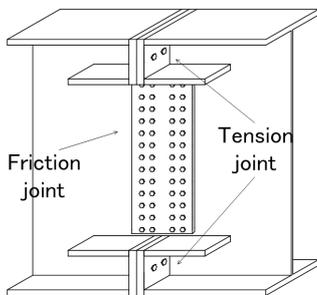


図-1 引張接合と摩擦接合を併用した桁連結構造

## 2. 試験体の設計

本研究では、橋長 30m(スパン 29.4m) の I 型断面 4 主桁橋を想定して試験体を製作した。主桁断面寸法の決定にあたっては、道路橋示方書<sup>1)</sup>を参照し、設計活荷重を B 活荷重とした。一方、主桁連結部は、図-1 に示したように引張接合と摩擦接合とを併用した桁連結構造とし、連結部の曲げモーメントおよびせん断力を、それぞれ引張接合および摩擦接合が分担して伝達するものと仮定した。それぞれの必要ボルト本数は、主桁の全強の 75% を設計断面力として決定している。すなわち、摩擦接合に用いるボルト本数は、主桁腹板の許容せん断力の 75% を作用断面力として決定し、引張接合に用いるボルト本数は、主桁フランジ

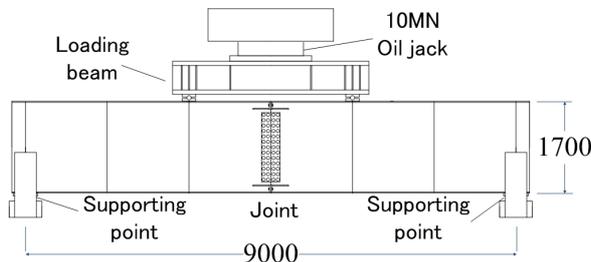


図-2 載荷装置および試験体寸法 (単位 : mm)

の許容引張軸力の 75% を作用断面力として決定した。なお、摩擦接合は、母材と連結板間のすべり係数を 0.4 とした 2 面摩擦とし、引張接合は、てこ反力の影響はないものとしている。使用ボルトは摩擦接合および引張接合ともに M24(F10T) とし、必要本数算出の際の許容ボルト軸力は、道路橋示方書および橋梁用高力ボルト引張接合設計指針<sup>2)</sup>に準拠している。

## 3. 実験方法と計測項目

本研究では、図-2 に示すように、スパン 9m の試験体を対象として、10MN 油圧ジャッキおよび載荷梁を用いた 4 点曲げ載荷試験を行った。主な計測項目は、載荷荷重、ボルト軸力、継手部の平均曲率、たわみ、連結板のずれ、ウェブ・フランジひずみ、および継手面間離間量である。ボルト軸力は、ボルトヘッド表面のひずみ値から換算する方法により測定することとし、計測対象とするボルトに対して、実験前に予めキャリブレーションを行った。ボルト軸力は、引張継手に用いるボルトを計測対象とした。継手面間離間量および連結板のずれの計測には、クリップ式変位計を用いた。

載荷試験では、3 サイクルに分けて繰り返し荷重を載荷した。各サイクルにおける載荷荷重は、設計曲げモーメント  $M_d$  および降伏曲げモーメント  $M_y$  を基準とした。サイクル 1 では設計曲げモーメント  $M_d$  を載荷した後に除荷し、サイクル 2 では降伏曲げモーメント  $M_y$  の 1.5 倍まで載荷した後に除荷した。最後にサイクル 3 では引張ボルトが破断するまで荷重を漸増載荷した。なお、設計曲げモーメント  $M_d$  およびボルト降伏曲げモーメント  $M_y$  は、式 (1) の関係より算出した。

$$M_d = 0.9 \times \sigma_y \times A_e \times n \times 2 \times y_B = 0.9M_y \quad (1)$$

ここに、 $\sigma_y$ :ボルトの降伏応力 (900MPa)、  
 $A_e$ :ボルトの有効断面積 (353mm<sup>2</sup>)、  
 $n$ :ボルト本数 (4 本)、  
 $y_B$ :中立軸からボルトまでの距離 (775mm)

## 4. 実験結果および考察

### (1) 曲げモーメント-たわみ関係

継手部に作用する曲げモーメント ( $M$ ) とたわみ ( $\delta$ ) との関係を図-3 に示す。図-3-a より、サイクル 1 (設計荷重

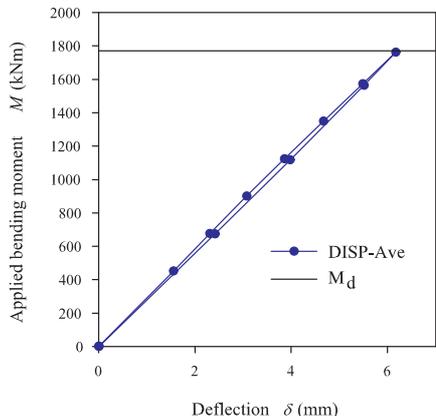


図-3-a サイクル 1

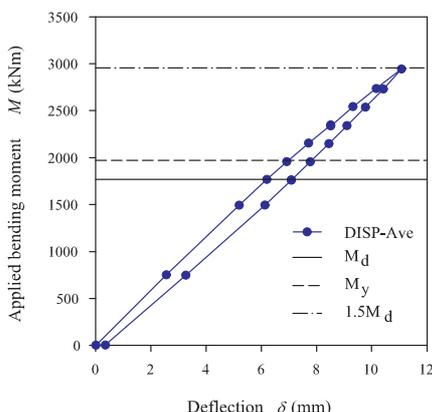


図-3-b サイクル 2

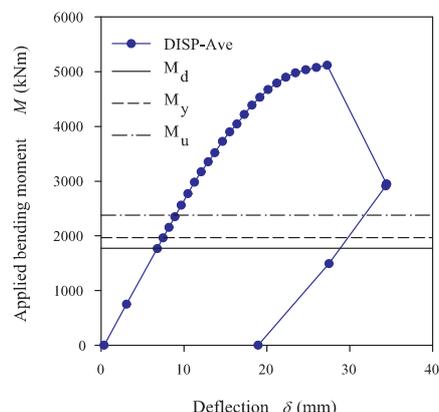


図-3-c サイクル 3

図-3 荷重-たわみ関係

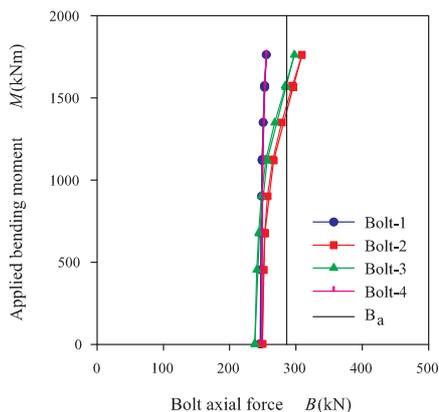


図-4-a サイクル 1

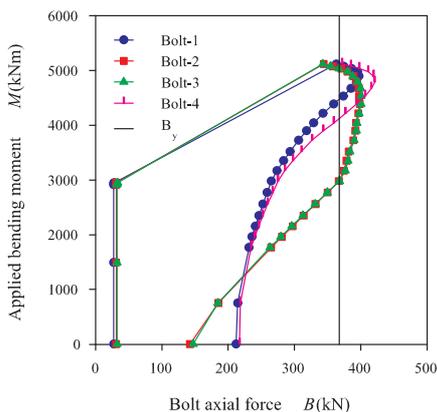


図-4-b サイクル 3

図-4 曲げモーメント-ボルト軸力関係

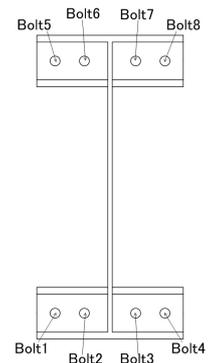


図-4-c ボルト配置図

までの載荷)では、曲げモーメントとたわみとの関係が線形関係となっており、除荷後の残留たわみもほとんど発生しておらず弾性域であることがわかる。次に、図-3-bより、サイクル2 (ボルト降伏の1.5倍まで載荷)では、降伏曲げモーメント  $M_y$  を超えたあたりから非線形性が認められる。除荷後には残留たわみが生じているが0.36mm程度と非常に小さい。図-3-cに、ボルトが破断に至るまでの曲げモーメントとたわみとの関係を示す。図-3-cより、最大曲げモーメントは予想耐力  $M_u$  の約2倍となっていることがわかる。これは、予想耐力を算出する際に、曲げモーメントは引張ボルトのみで伝達されると仮定したのに対し、実際には腹板の摩擦継手が協働して断面力を伝達していたためと考えられる。また、引張ボルト破断後は、載荷曲げモーメントが急激に低下するが、残存耐力は設計曲げモーメント  $M_d$  を上回っていることが確認できる。これは、引張ボルトが破断しても腹板の摩擦継手が支圧状態となり断面力を伝達したためである。

(2) 曲げモーメント-ボルト軸力関係

継手部に作用する曲げモーメント ( $M$ ) とボルト軸力 ( $B$ ) との関係を示す。図中の凡例 (Bolt-1~Bolt-4) に示すボルト位置は、図-4-c に示した。図中の  $B_a$  および  $B_y$  はそれぞれ、ボルトの許容軸力およびボルトの降伏軸力を示している。図-4-aより、縁端側のボルト (Bolt-2および Bolt-3) に比べてウェブ側のボルト (Bolt-1および Bolt-4) の軸力増加量が大きくなっており、4本のボルトが均等に荷重を伝達していないことがわかる。リブ配置の変更やエンドプレートの厚板化などの構造詳細の変更により、さらに荷重伝達効率の良い連結構造とすることが可能と考えられる。なお、

増加したボルト軸力は、除荷後には初期軸力に戻っていることから、本研究で提案する連結構造でも実構造物への適用の際の問題は特になく考えられる。次に、図-4-bに着目すると、サイクル3開始時では、Bolt-2および Bolt-3のボルト軸力が他と比べて小さくなっていることがわかる。これは、サイクル2で降伏ボルト軸力を超えるまで載荷したためである。また、Bolt-2および Bolt-3が降伏ボルト軸力に達した頃より Bolt-1および Bolt-4の軸力も増加し始め、ボルト軸力が最大になる時には、4本のボルトが均等に荷重を伝達していることがわかる。

5. おわりに

本研究では、摩擦接合と引張接合とを併用した桁連結構造を提案し、実物大試験体を用いた載荷実験によりその力学的挙動を確認した。本研究で得られた主な成果と今後の課題を以下にまとめる。

1. 提案した桁連結構造の最大強度は、設計荷重の2倍程度であり、実構造物に適用する上で十分な安全率を有していることを確認した。
2. 腹板の摩擦継手は、引張継手と協働して断面力を伝達しており、継手強度に影響を与えることを確認した。
3. 引張側のボルト軸力変動は、配置位置により差異がみられた。今後は、リブ配置の変更やエンドプレート板厚などの構造詳細の違いが桁連結構造の力学挙動に与える影響を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 (鋼橋編)，丸善，2002.3.
- 2) 日本鋼構造協会：橋梁用高力ボルト引張接合設計指針，2004.8.