

鋼製透過型砂防堰堤の鋼管継手の要求性能に関する一考察

砂防鋼構造物研究会 ○國領ひろし 石川信隆
 防衛大学校 別府万寿博
 (一財) 砂防・地すべり技術センター 嶋丈示
 政策研究大学院大学 水山高久

1. はじめに

鋼製透過型砂防堰堤は、部材製作や運搬等の関係から、工場で分割加工された鋼管部材を現地にて組立てる構造としている(写真-1)。ここで、各鋼管部材同士の連結構造には、現地での組立性の容易さを考慮し、接合ボルトによるフランジ継手を採用している。鋼製透過型砂防堰堤は、その機能上、堆砂圧などの静的な荷重だけではなく、土石流流体力や礫の衝突などの動的な荷重が作用する構造物であるため、継手は構造体としての一体性を図る上で重要な部位となっている。

そこで、本稿では、一般に鋼管を連結する際に用いられている継手構造を調査するとともに、鋼製透過型砂防堰堤に用いられているフランジ継手の現状を把握し、今後の鋼製透過型砂防堰堤に求められる要求性能について考察する。

2. 鋼管継手形式の調査

鋼管継手に用いられている構造形式の一例を表-1に示す。直継手やフランジ継手形式は、従来から様々な分野・用途で使用されており、連結方式も数多く開発されている。特に、基礎杭に用いる鋼管継手については、従来では直継手の現場溶接方式が主流であったが、近年では現場溶接を要しない機械式継手も採用されている。

継手の設計に用いる外力は、それぞれの用途に応じて適切な荷重条件が設定されているが、それらは静的な荷重であり、衝突などの動的な荷重は考慮されていない。また、継手の耐力については、曲げやせん断、圧縮、引張、ねじり等に対し、許容応力度法により照査を実施しているのが現状である。ここで、道路橋示方書では、部材の連結の設計においては、原則として母材の全強の75%以上の強度を有するようにすることとされており、母材の全強は、許容応力度を用いて算出するものとされている¹⁾。

3. 鋼製透過型砂防堰堤に用いるフランジ継手の設計法

鋼製透過型砂防堰堤では、部材の連結部(フランジ継手部)(図-1)の設計は、静的な荷重に換算した土石流流体力や堆砂圧などの静的荷重により発生する応力(以下、作用応力)に対して行うことを原則としているが、実施しない場合には、部材と連結部の強度に大きなアンバランスが生じないようその強度を母材全強の75%以上を確保するものとしている²⁾。ここで、全強については、許容応力度または弾性範囲内の応力度として降伏点強度を採用している。ただし、作用応力が全強の75%を上回る場合には、作用応力を用いて安全性を照査することとしている。

安全性の照査は、継手を構成する接合ボルトおよびフラ



写真-1 鋼製透過型砂防堰堤の現地組立状況

表-1 一般的な鋼管継手形式の一例

形式	連結方式	主な用途
直継手	連結板方式 溶接方式 タップ型ボルト方式 など	橋梁、鉄塔、 基礎杭など
フランジ継手	ダブルフランジ方式 リップ付きフランジ方式 リップなしフランジ方式 など	橋梁、鉄塔、 配管など
機械式継手	ピン式 ネジ式 など	基礎杭など
その他	拡張式継手 など	配管など

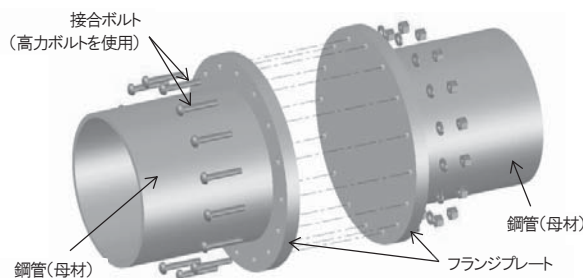


図-1 鋼製透過型砂防堰堤のフランジ継手の一例

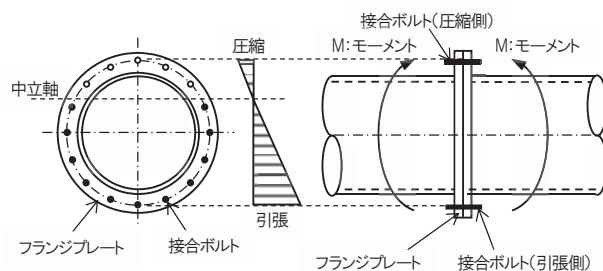


図-2 フランジ継手に用いる接合ボルト設計の考え方

ンジプレートについて実施し、作用する曲げ引張応力に対して必要な接合ボルトの直径・本数およびフランジプレー

トの板厚を求めている(図-2)。なお、継手に礫衝突を受けた場合の安全性は、中空鋼管に礫衝突を受けた場合に比較して安全であることが実験により確認されている³⁾。

4. フランジ継手の損傷実態

鋼製透過型砂防堰堤の土石流捕捉後の施設調査⁴⁾では、鋼管部材の軽微な削痕や塗装の剥離等が認められるものの、施設全体は健全であり、鋼製透過型砂防堰堤の高い安全性が確認されている。一方、設計時の条件を上回る巨礫の衝突や後続流の越流による下流部材への礫の衝突など、鋼管部材のへこみ変形やフランジ継手の接合ボルトの破断などが確認された事例も報告されている²⁾。

図-3に、これまでに確認されている継手の損傷形態を示す。損傷形態は、接合ボルトの破断とフランジプレートの開きであり、礫等の衝突位置(外力の作用位置)の違いにより、①フランジ継手直撃型、②フランジ継手間衝突型の2タイプに分類される。それぞれのタイプの損傷箇所をみると、曲げ引張力が作用したと想定される箇所での損傷が顕著である。すなわち、鋼製透過型砂防堰堤の継手の設計においては、設計外力によって発生する曲げ引張応力に対する接合ボルトの本数やフランジプレートの板厚を適切に設定することが重要であることがわかる。

5. 鋼製透過型砂防堰堤に用いる鋼管継手の要求性能

図-4に、直径1.0mの礫が10m/secの速度で衝突したと想定した場合の解析結果を示す。図-4(a)はフランジ継手に礫を直接衝突させた場合、図-4(b)はフランジ継手間中央部の鋼管に礫を衝突させた場合の接合ボルトに作用する相当応力分布である。これらより、引張側(フランジ継手直撃型ではフランジ継手下面、フランジ継手間衝突型ではフランジ継手上面)となる接合ボルトに大きな応力が発生することがわかる。一方、図-4(a)では、最上端部付近の接合ボルトにも大きな応力が発生することが確認された。すなわち、フランジ継手に礫が直撃する場合には、引張側の接合ボルトだけではなく、荷重作用側(礫衝突側)の接合ボルトにも応力が発生することがわかる。

以上より、特に外力条件が厳しい現場などで、設計上、継手への礫の直撃等が懸念される場合においては、従来の継手の設計法に加え、礫衝突による発生応力を考慮した設計法も取り入れる必要があると考える。

6. おわりに

鋼製透過型砂防堰堤は、これまで数多くの土石流・流木等の捕捉実績を有し、土石流・流木災害の防災・減災に大きく貢献してきた。一方、近年、記録的な豪雨による土石流規模の増大や設計時に設定した礫に比べ極めて大きな礫が流下する事例など、施設に想定外の外力が作用することが懸念されている。したがって、今後、衝撃力を考慮したフランジ継手の設計法の検討・導入や礫衝突時のエネルギーを吸収できる新たな継手構造など、より安全性を高めた継手も必要になると考える。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 I 共通編, II 鋼橋編, 2012

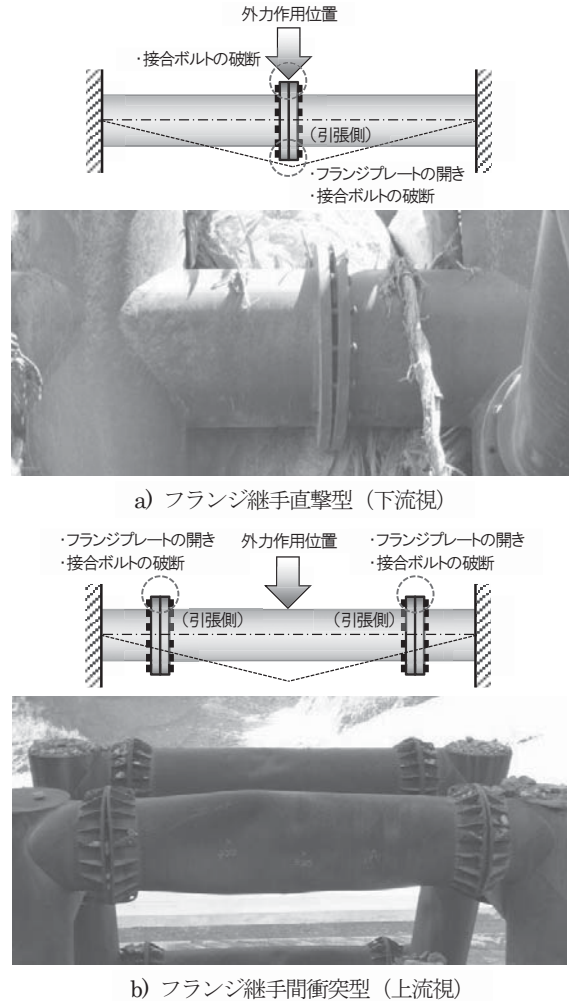


図-3 フランジ継手に作用する外力位置と継手の損傷形態

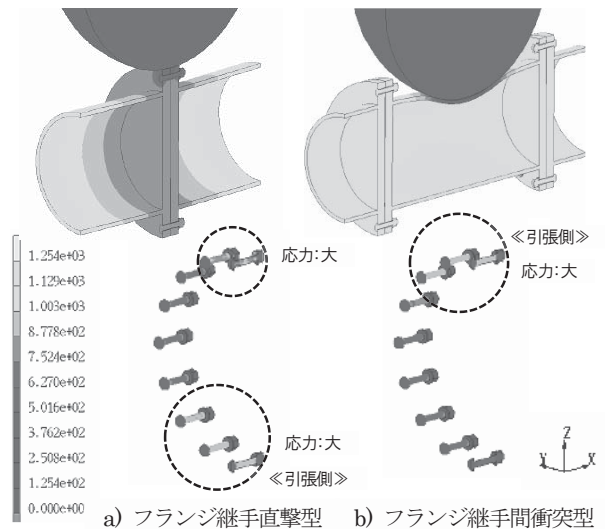


図-4 接合ボルトに作用するミーゼスの相当応力分布

- 2) 鋼製砂防構造物委員会編集:鋼製砂防構造物設計便覧,(財)砂防・地すべり技術センター,平成21年度版,2009
 3) 肥後野孝倫,中野博志,嶋丈示,白石博文,香月智:継手部に礫衝突を受けた中空鋼管の残存耐力評価実験,平成17年度砂防学会研究発表会概要集,pp.218-219,2005
 4) 山口聖勝,國領ひろし,水山高久:八幡谷溪流で土石流を捕捉した鋼製砂防堰堤の除石について,平成23年度砂防学会研究発表会概要集,pp.494-495,2011