

純曲げを受ける鋳鋼製リブありフランジ継手の耐荷性能に関する実験的検討

日鉄建材株式会社 ○笠原啓, 國領ひろし, 大隅久  
ヒノデホールディングス株式会社 山下良

1. はじめに

鋼製透過型砂防堰堤の継手の一つであるリブありフランジ継手(ここでは、リブを溶接で取り付けるリブありフランジ継手を指し、以下、「リブ溶接継手」と呼ぶ)は、リブによるボルトの保護機能、リブによるフランジの薄肉化が期待できる一方で、加工度が高く、経済性に劣ることが課題であった。この課題を解決するため、溶かした鋼を鋳型に流し込むことで複雑形状を一体成形できる鋳鋼に着目し、鋳鋼製のリブありフランジ継手(以下、「鋳鋼継手」と呼ぶ)を新たに開発した。

そこで本研究では、鋳鋼継手の耐荷性能を確認するため、実物大の継手を有する鋼管はりを用いて曲げ実験を実施した。

2. 鋳鋼継手の概要

鋳鋼継手の概要を図-1に示す。鋳鋼継手は、引張強度550N/mm<sup>2</sup>級の溶接構造用鋳鋼品(SCW550)を素材とし、リング状のフランジ、内外リブ、円筒部および鋼管溶接面を一体で鋳造し、ボルト孔を機械加工により製造されたリブありフランジ継手である。リブ溶接継手同様に2枚のフランジ面を合わせてボルト接合する構造である。

3. 载荷実験

3.1 実験の概要

実験は、実物大の鋳鋼継手付き鋼管はり、リブ溶接継手付き鋼管はりおよび鋼管はり単体(継手なし)の3タイプとした。鋼管はり、各タイプとも支間距離7,000mmの単純支持はりで、はり中央1,000mmが純曲げ区間となるように载荷梁を使用した4点曲げ载荷とした。鋳鋼継手付き鋼管は

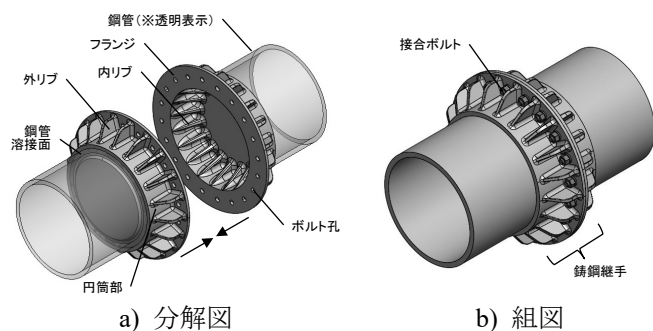


図-1 鋳鋼継手の概要

りの場合の曲げ実験概要図を図-2に示す。鋳鋼継手付き鋼管はりおよびリブ溶接継手付き鋼管はりの場合は、継手をはり中央(純曲げ区間)に配置した。なお、各タイプとも支点および载荷点には、鋼管のへこみ変形が生じないように内ダイアフラムにより補強している。

载荷は漸増载荷とし、継手が破壊に至るまで実施した。測定項目は、各タイプとも荷重、変位およびひずみで、载荷点の荷重をロードセル、供試体中央部および支点部の鉛直変位を接触型変位計で計測した。継手付き鋼管はりの場合の測定位置を図-2に示すが、継手付き鋼管はりの場合は、フランジの開き量(クリップ型変位計)およびボルトの軸ひずみ(ボルト軸部に埋め込んだボルト用ひずみゲージ)も計測することとした。

3.2 供試体の概要

供試体の諸元を表-1に示す。本実験で使用した鋼管は一般構造用炭素鋼鋼管(STK490)で、鋼管の直径および板厚は実際の鋼製透過型砂防堰堤で用いられている寸法(D500mm×t22mm)とした。また、各継手は鋼管全強(ここでは、公称降伏応力)の75%に相当する曲げモーメントに対して仕様を決定しており、鋳鋼継手のフランジおよびリブの厚さはそれぞれt13.5mm, t16.8mm, リブ溶接継手のフランジおよびリブの厚さはそれぞれt19mm, t12mm, 両タイプとも接合ボルトはM22のトルシア形高力ボルト(S10T)を20本使用した。なお、フランジ同士の連結(接合ボルトの締付け)は、接合部で十分な密着が得られるよう予備締めを行った後、専用の締付け機器を用いて所定のボルト軸力(212~249kN)を導入して本締めを行った。

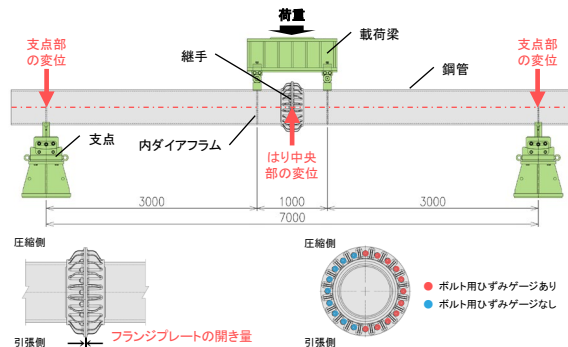


図-2 曲げ実験概要図(継手付き鋼管はりの場合)

表-1 供試体の諸元

項目	鋳鋼継手付き鋼管はり				リブ溶接継手付き鋼管はり			
	鋼管 <sup>※1</sup>	鋳鋼継手			鋼管 <sup>※1</sup>	リブ溶接継手		
		フランジ <sup>※1</sup>	リブ <sup>※1</sup>	接合ボルト <sup>※2</sup>		フランジ <sup>※2</sup>	リブ <sup>※2</sup>	接合ボルト <sup>※2</sup>
寸法(mm)	D500×t22	φ740×t13.5(P.C.D.630)	t16.8	M22×65	D500×t22	φ750×t19(P.C.D.670)	t12	M22×75
材質	STK490	SCW550	SCW550	S10T	STK490	SM490	SM490	S10T
降伏応力(N/mm <sup>2</sup> ) <sup>※3</sup>	432 (315)	383 (355)	383 (355)	1,058 (900以上)	411 (315)	390 (315)	382 (315)	1,044 (900以上)
引張強さ(N/mm <sup>2</sup> ) <sup>※3</sup>	546 (490)	564 (550)	564 (550)	1,097 (1,000~1,200)	554 (490)	522 (490)	528 (490)	1,089 (1,000~1,200)

※1 引張試験(材料試験実施)の結果値

※2 鋼材検査証明書(ミルシート)の値

※3 カッコ内の数値は公称値

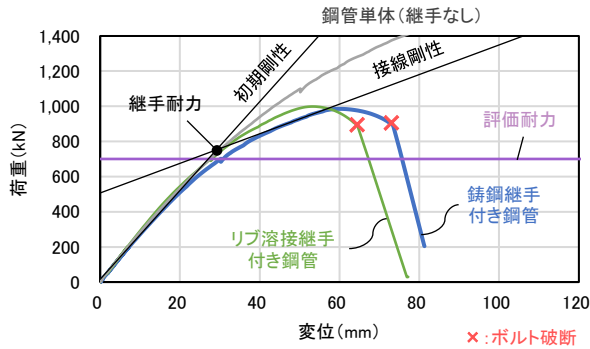


図-3 荷重とはり中央部変位の関係

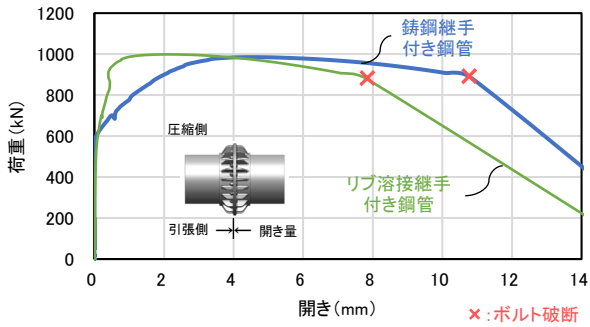


図-5 荷重とフランジ開き量の関係

### 3.3 実験結果

#### (1) 荷重と変位の関係

各ケースの荷重とはり中央部の変位(支点部の変位を差引いた支点からの相対変位)の関係を図-3に示す。図中には、式(1)で求めた鋳鋼継手の設計耐力相当荷重(接合ボルトの実耐力を考慮した鋼管全強75%の曲げモーメント相当荷重、以下、評価耐力)の値(700kN)も併記している。

$$P_{je} = 0.75P_{py} \frac{\sigma_{by}'}{\sigma_{by}} \quad (1)$$

ただし、 $P_{je}$ :評価耐力、 $P_{py}$ :はり理論に基づく鋼管はりの公称降伏応力相当荷重、 $\sigma_{by}'$ :接合ボルトの降伏応力(ミルシート値)、 $\sigma_{by}$ :接合ボルトの降伏応力(公称値)。

鋳鋼継手付き鋼管はりの場合、最大荷重は985kNとなり、その後、荷重886kNで接合ボルトが破断した。ここで、最大荷重と評価耐力を比較すると、鋳鋼継手付き鋼管はりは、評価耐力の約1.4倍(=985/700kN)の耐力を有することが確認された。また、リブ溶接継手付き鋼管はりの最大荷重(998kN)と比較すると、同等であることが確認された。

鋳鋼継手付き鋼管はりの接合ボルトの破断状況を、図-4に示す。ボルトの破断は引張側で生じ、8本が環状に破断した。なお、各ボルトの破断は、概ね同じタイミングであった。

鋳鋼継手付き鋼管はりの曲げ剛性をみると、荷重約600kN付近まではリブ溶接継手付き鋼管はりと同様に線形挙動を示し、鋼管はり単体(継手なし)と同等の剛性を有することがわかる。一方、荷重約600kN以降は、両タイプともに非線形挙動を示し、特に鋳鋼継手付き鋼管はりの変形は大きい。これは、図-5に示す荷重とフランジプレートの開きの量の関係より、荷重約600kN付近においてフランジプレートの開き量が大きくなっていることから、フランジプレートの開きによる影響であると考えられる。

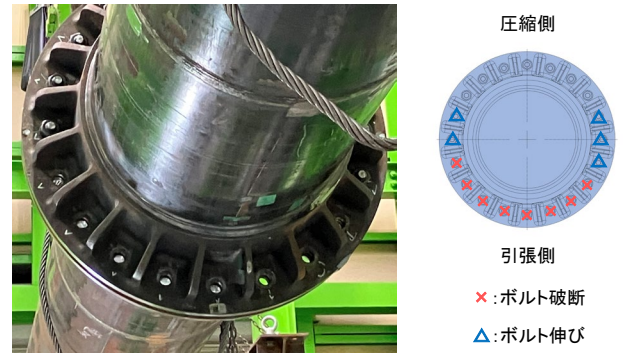


図-4 接合ボルトの破断状況(鋳鋼継手付き鋼管はり)

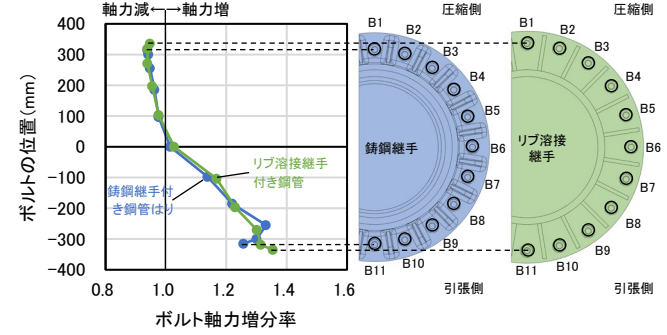


図-6 ボルトの軸力分布(評価耐力時)

#### (2) 継手の曲げ耐力

図-3に示す荷重とはり中央部変位の関係から、鋳鋼継手付き鋼管はりの耐力(以下、継手耐力)を評価する。評価方法は、Slope factor法を参考に、ここでは、継手耐力を荷重とはり中央部変位の関係における初期剛性と接線剛性(初期剛性の1/3)の交点の荷重として評価を行った。これより、継手耐力は752kNとなり、評価耐力以上(約1.1倍)を有することを確認した。また、同様の方法で評価したリブ溶接継手付き鋼管はりの継手耐力(753kN)と比較すると、同等であることが確認された。

#### (3) 接合ボルトの軸力分布

評価耐力時におけるボルト軸力分布を図-6に示す。ここのボルト軸力は、本締めによる導入軸力以降の軸力増分率(軸力増分率=ボルト軸ひずみ/軸力導入時のボルト軸ひずみ)を示す。これより、ボルト軸力は引張側最外縁に近づくにつれ大きくなる傾向を示し、リブ溶接継手付き鋼管同様のボルト軸力分布を示すことを確認した。

### 4. おわりに

本研究の成果をまとめると、以下のようになる。

- 1) 鋳鋼継手付き鋼管はりは、評価耐力近傍ではリブ溶接継手付き鋼管はりよりも大きな変形を示したものの、最大荷重は評価耐力の約1.4倍を有し、リブ溶接継手付き鋼管はりと同等であることを確認した。
- 2) 鋳鋼継手付き鋼管はりの継手耐力は、評価耐力を上回る(約1.1倍)が実験的に確認された。
- 3) 鋳鋼継手付き鋼管はりのボルト軸力分布は、リブ溶接継手付き鋼管はりと同様の分布を示すことを確認した。

#### 参考文献

- 1) (独)建築研究所, (社)日本鉄鋼連盟:鋼構造建築物の構造性能評価試験法に関する研究 委員会報告書, 2002.