

重ね梁を用いた山留め腹起し材に関する研究

—縮小試験体による重ね梁の曲げ性状の検討—

日大生産工(院)○高島 透 日大生産工 藤本 利昭 日大生産工 下村 修一
丸藤シートパイル 竹井 涼介

1. はじめに

本研究は、山留めに用いられる腹起し材に、2つのH形鋼を高力ボルトにより重ね接合することで、高耐力・高剛性の腹起し材として機能するような新たな部材を提案するものである。重ね梁が曲げ耐力や曲げ剛性を十分に発揮するためには、接合部の一体化が重要になる。しかしながら、このような部材を対象とした研究は、腹起し材だけではなく、鋼構造の分野においてもほとんど知見がないのが現状である。

そこで筆者らは、重ね梁の高力ボルトによる摩擦接合部に着目し、摩擦接合部の引張試験、縮小試験体による重ね梁の曲げ実験を行い、摩擦接合部の耐力や重ね梁としての構造性能の検証を行うこととした。

本報告では、縮小試験体による重ね梁の曲げ性状を中心に報告する。

2. 摩擦接合部引張実験

2.1. 実験概要と試験体

通常の高力ボルト摩擦接合では、ボルトの標準孔径は、M24以下の場合ボルト呼び径(d)+2mmと規定されている¹⁾。実験は基準値を上回る(d)+3mmの孔径を有する大きな摩擦面の標準的なすべり係数を求めることを目的とした。

実験は文献2)を参考に、2面摩擦接合形式で行い、中板2枚を添板2枚ではさみ、両側の接合部をそれぞれ各2本のボルトで接合した試験体を用いた。ボルトには、実際の腹起し材での仕様を想定してF10T, M22を用い、実験では試験体の摩擦面にショットブラスト処理の他、一般的な塗装を施した試験体、塗装や処理を行わない黒皮試験体についても行った。試験体数は同一試験体について3体とし、合計9体とした。

载荷装置には2000kN万能試験機を使用し、载荷は単調引張载荷とし、摩擦面の主すべりを確認するまで行った。摩擦面の処理方法の違いによる構造性能を把握するため、母材と添板の

相対変位を測定し、すべり係数を求めた。また、摩擦面の処理方法の異なる各1体には、添え板の応力状況を確認する目的で、ひずみゲージを貼付した。

2.2. 実験結果

すべり係数は、次の式から求められる。

$$F = m \cdot \mu \cdot N \quad (1)$$

ここで、 F :材間摩擦力(kN), m :摩擦面の数, μ :すべり係数, N :設計用ボルト張力(kN)である。 m は2面摩擦接合より $m=2$, N はF10T, M22で標準張力205kNを2本使用するため $N=410$ kNとして、 F に実験値を代入すると、摩擦面の処理条件により異なるすべり係数を得ることができる³⁾。

実験によるすべり耐力(滑り係数 μ)は、ショットブラスト($\mu=0.443$)>黒皮(滑り係数 $\mu=0.359$)>塗装($\mu=0.255$)の順で大きい結果となった。なお引張実験結果の詳細は文献3)を参照されたい。

表1. すべり係数一覧

材料		すべり耐力(kN)	摩擦係数	摩擦係数Ave
黒皮	①	303.68	0.370	0.359
	②	282.90	0.345	
	③	297.42	0.363	
塗装	①	209.79	0.256	0.255
	②	202.25	0.246	
	③	214.68	0.262	
ショットブラスト	①	368.59	0.450	0.443
	②	346.57	0.423	
	③	373.90	0.443	

3. 組合せ腹起し縮小試験

3.1. 実験概要と試験体

H形鋼を重ね接合した梁が一体の合成梁として機能することを確認するために、構造性能を把握することを目的とする。試験体は、同一断面の2つのH-150×150×7×10,長さ1.6mの広幅H形鋼を用いて重ね梁を作成して行う。なお部材の基本試験として、単体のH形鋼の実験も行うこととする。図1に組合せ腹起し縮小実験の状況を、図2に縮小試験体の詳細図を示す。実験変数は摩擦接合面の処理方法と高力ボルト

A study on the earth retaining wales using built-up beam
-Examination on flexural behavior of built-up beam using reduction specimens-

Toru TAKASHIMA, Toshiaki FUJIMOTO,
Shuichi SHIMOMURA and Ryosuke TAKEI

トの本数とする。ボルト本数は、梁の中期許容耐力、梁の降伏耐力に対して、摩擦面をショットブラスト処理とした場合のボルト本数を設定し、ボルト間隔については120mmを標準とし、90mm, 240mmの3つについて実験を行った。よって前者では高力ボルトのすべり耐力が、後者では重ね梁としての性能を確認することができる。なお実験では比較のためにボルト間隔を120mmとし摩擦面を黒皮のままとした場合、塗装を施した場合についても行う。

荷重装置には2000kN万能試験機を使用し、荷重方法は支点間距離 $L=1.5\text{m}$ とした中央3点荷重とする。測定は、重ね梁各部のひずみ、梁中央部の最大たわみ、上下梁間のずれ変位、すべり耐力を測定することで、摩擦面の違いによる重ね梁の構造性能を考察する。

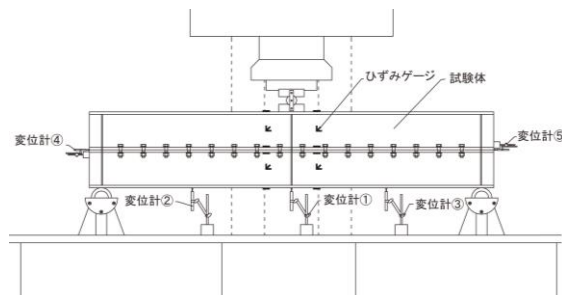


図 1. 組合せ腹起し縮小実験状況

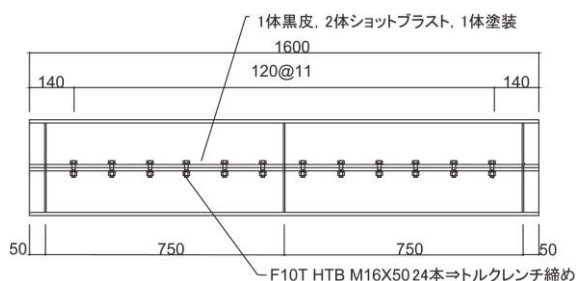


図2. 縮小試験体詳細図

4. 組合せ腹起し縮小試験の結果及び考察

4.1. 荷重-変位関係

図 3 に変位計④, ⑤の平均値を、図 4 に変位計①の値を示す。図 3 から黒皮、塗装は変位の値が大きくなっており、ショットブラストに比べ顕著にすべりが生じていることが確認できる。しかし、すべりに違いはあるものの図 4 から最大荷重に大きな差はなく強度にはあまり影響はなかった。またショットブラスト試験体のボルト@120 mmと@90 mmの最大荷重に大きな差はなく、ボルトの違いによる影響は顕著ではなかった。今回の実験ではすべり耐力以降の耐力上昇が予想以上に高く、鋼材の降伏点を上

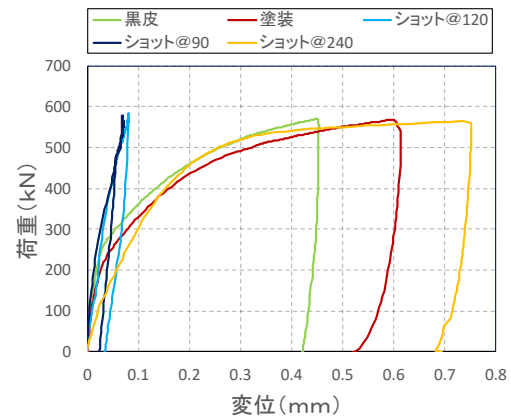


図 3. 横ずれ変位の平均値(摩擦面の差)

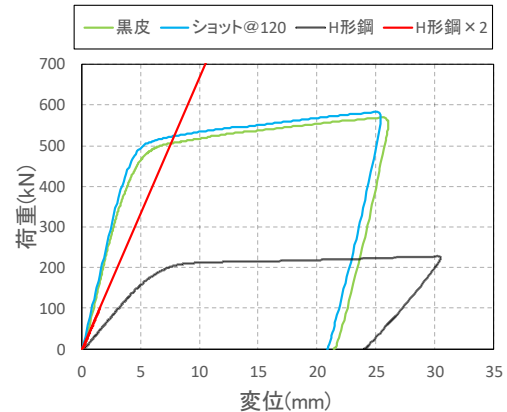


図 4. 最大たわみ(摩擦面の差)

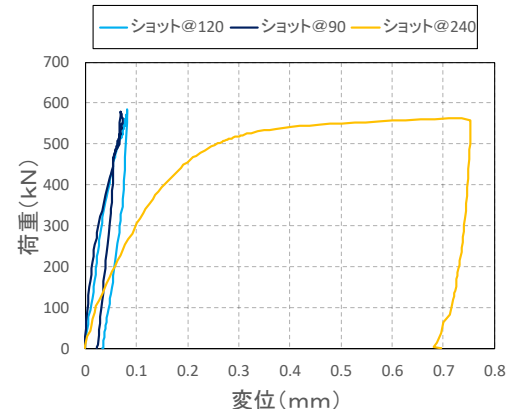


図 5. 横ずれ変位の平均値(ピッチの差)

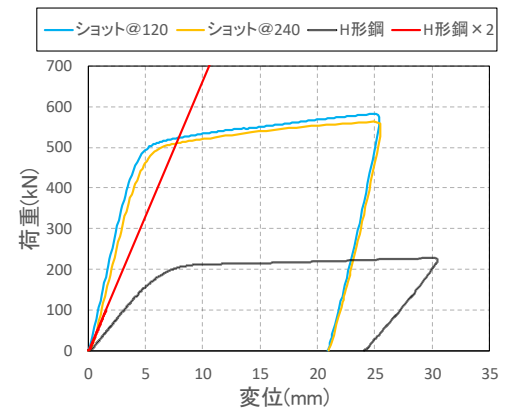


図 6. 最大たわみ(ピッチの差)

回ったことが大きく影響したと考えられ、すべりの挙動を確認するためにボルト@240のボルト本数を減らした試験体についても同様の実験を行った。

ボルト本数を減らしたことによる横ずれ変位の差と最大たわみの違いを図5、図6に示した。図5からショット@240のすべりが黒皮と塗装同様に大きくなっていることが分かる。また、図6から最大荷重がショット@120の方がショット@240よりも大きい値を示したことから、高力ボルトによる摩擦接合の影響は大きいことが分かり、ボルトが少ないことですべりが生じたと考えられる。

剛性についてはH形鋼単体の剛性を基に、一体化しないH形鋼2体分の剛性を図4と図6に示す。H形鋼2体分の剛性より重ね梁試験体の剛性が高くなっていることから、一体化させることで剛性が向上することが分かる。

図4より全ての試験体において傾きに大きな差はなく、すべりによる剛性への影響は少ないことが分かる。しかし、すべりの少ないショットブラスト試験体の方が剛性は高くなっており、すべりが小さい程剛性が向上すると考えられる。また、剛性に関してもショットブラストのボルト@120mmと@90mmに差はなかったが、ボルト@240mmでは黒皮と同様、図6の傾きが小さくなっていることからボルト本数が少ないことですべりが起き剛性が小さくなることが分かった。

4.2. 断面せいーひずみ関係

黒皮と塗装の試験体、ショットブラスト試験体のボルト@120mmと@90mmの結果は、それぞれほぼ同じであったため、図7では黒皮試験体とショットブラスト試験体ボルト@120mmと@240mmを取り上げる。図7より、黒皮試験体では荷重が高くなるにつれ、接合部の断面せい150mm付近でひずみが不連続になるが、ショットブラスト試験体では連続的に変化している。

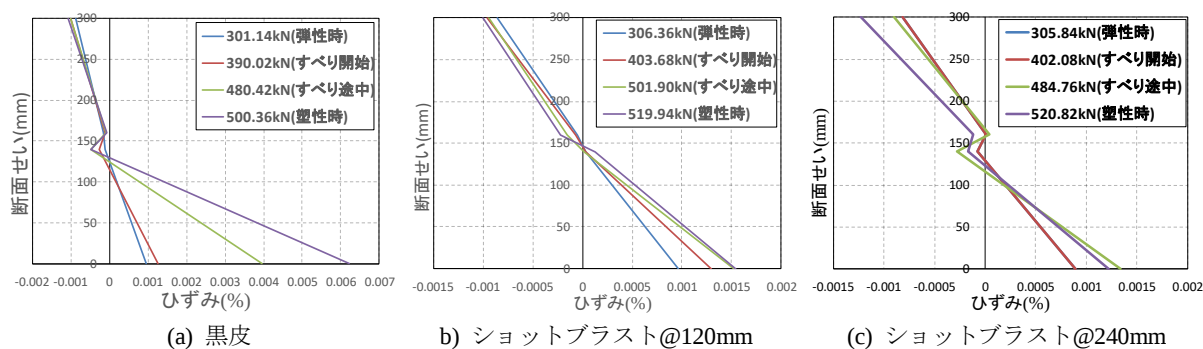


図7. 断面せいーひずみ関係

このことは摩擦面処理によって、部材の接合度合が異なることを示しており、すべり係数が小さく、すべりが大きく生じた黒皮試験体ではH形鋼同士の摩擦力が低下し、二つのH形鋼の一体化が解けたと考えられる。また、ショットブラスト試験体ボルト@240mmでも同様の傾向がみられ、試験体の一体化が解けるため、塑性化するにつれひずみが大きくなり、二つのH形鋼が降伏したことが分かる。しかし、ボルト@120mmでは加力が進んでも一体化が解ける傾向は小さく、接合面をショットブラスト処理することですべり係数が大きくなりより一体化できることが分かる。

ボルト@120mmとボルト@90mmショットブラスト試験体は、共に加力が進んでも接合が保たれており、直線に近いグラフ形状を示したが、ボルト@240mmでは直線状のグラフを得られなかったことから、ボルト@120mmで十分な摩擦力が得られていたと考えられる。

4.3. 断面せいーせん断応力度関係

図8、9にはH形鋼が一体化している時の断面のせん断応力度分布とすべりの発生を想定した断面のせん断応力度分布を示す。また、図10、11ではすべりが生じる前と後を想定した断面の曲げ応力度分布を示している。

図8、9よりウェブ全体に大きなせん断応力度がかかっているため、ウェブでせん断応力度を負担することが分かる。また、中央で最大の値となるため、すべりが生じる前と後で断面せい150mm付近で差ができることが分かる。

図のプロットはゲージの位置に対応したせん断応力度と応力度の値を示している。図8、9では黒皮、ショット@120ともに上段のH形鋼のプロットの値が下段の値より大きく、分布図の値を大きく離れているものもあるため、上段のH形鋼にはせん断応力が大きくかかる傾向にある。下段のH形鋼では分布図を大きく下回った結果となり、せん断力の影響は小さいものと思われる。

断面の曲げ応力度分布図においては黒皮、ショット@120ともに一体化した状態の分布図にプロットが近くなっており、重ね梁の一体化による効果を確認できた。ただし、すべり係数の小さい黒皮では中央付近の値でずれが生じているので、摩擦面の処理によって少なからず影響があることを確認できた。

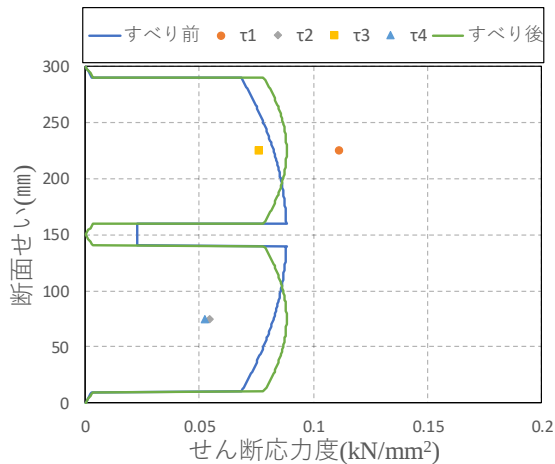


図8. せん断応力度分布図(黒皮)

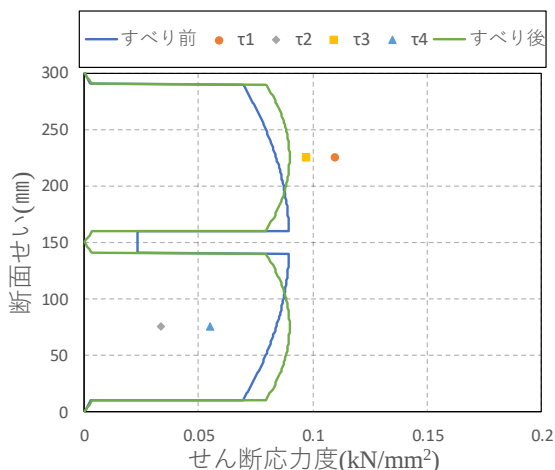


図9. せん断応力度分布図(ショット@120)

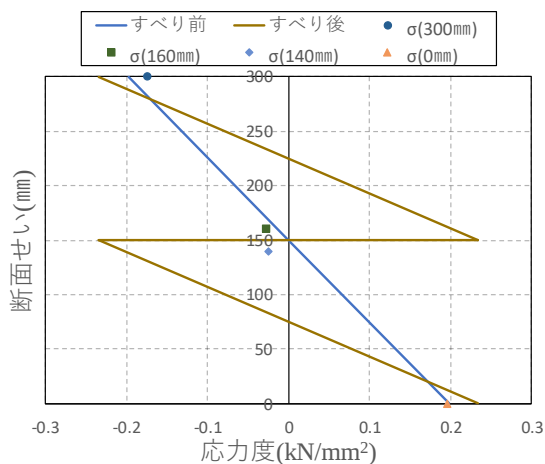


図10. 曲げ応力度分布図(黒皮)

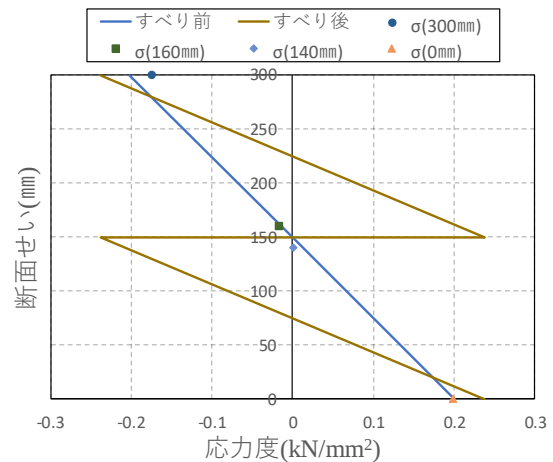


図11. 曲げ応力度分布図(ショット@120)

5. まとめ

本論文では、縮小試験体の曲げ実験を基に、摩擦面処理とボルト本数の違いによる重ね梁の構造的な性能への影響を検討した。本研究において得られた知見を以下に示す。

- ・鋼材間のすべりが小さい程剛性が向上することが分かったが、最大荷重に大きな変化は見られなかった。
- ・すべり耐力の大きいショットブラストの剛性が最も高くなっているため、すべりが小さい程剛性が向上すると考えられる。
- ・H 形鋼の 2 倍の剛性に比べ、重ね梁試験体の剛性が高くなっていることから、高力ボルトにより一体化させることで、剛性が向上することが分かった。
- ・すべり係数が大きいショットブラストのすべりが最も小さく、2つのH形鋼の一体化が図れる。
- ・せん断応力度では上段のH形鋼に大きな力がかかり、応力度においては一体化の高い効果が期待できるが、すべり係数の小さい摩擦面では分離を引き起こしやすい傾向にある。

参考文献

- 1) 日本建築学会：鋼構造接合部設計指針，2012
- 2) 建築研究所，日本鉄鋼連盟：鋼構造建築物の構造的な性能評価試験法に関する研究委員会報告書，2002年4月
- 3) 高島透，藤本利昭，竹井涼介：重ね梁を用いた山留め腹起し材に関する研究－摩擦接合部引張実験結果と考察－，2018年度（第89回）日本建築学会関東支部研究発表会，2018.3
- 4) 高島透，藤本利昭，下村修一，竹井涼介：重ね梁を用いた山留め腹起し材に関する研究－組合せ腹起し縮小実験結果と考察－，2019年度，日本建築学会大会(北陸)，2019.9