

ボルト引張接合を用いた鋼製ラーメン隅角部に関する実験的研究

東京電機大学 学生員 ○佐藤 太郎*
 東京電機大学 正会員 井浦 雅司*
 東京電機大学 正会員 石澤 俊希*

1. はじめに

首都高速道路公団の調査によれば、鋼製ラーメン隅角部に疲労亀裂が多数発生していることが確認された。1976年に田島らは¹⁾、はり・柱にブラケットを設け高力ボルトによる引張接合を提案した。引張接合を用いた場合、溶接接合に比べて現場施工も容易となり、はり・柱に被害を与えることなく終局状態をボルトの破断とする設計が可能となる。これにより、ボルトが破断した際、ボルトを交換するだけで済み修復も容易にできる。また、引張接合にせん断力が作用した場合、接合面に離間が生じていないのであれば、摩擦接合継手として機能することになり、ボルト引張接合は作用荷重に対応した多面的な接合形式とも言える。

本研究は、田島らが提案した形式とは異なり、長締め接合継手を可能とするコンクリート複合形式を提案する。接合面の初期剛性、ボルトの軸力変動に着目し、ボルトの初期締付力をパラメータとして実験を行った。

2. 実験装置

実験装置は、L型供試体をくの字形にセットし、供試体の一方をピン支持し、他端にアクチュエータからの力を作用させるものである。載荷方法は変位制御による正負漸増一回繰返載荷である。繰返載荷における基本変位 δ は、ボルトが降伏応力に達する時の変位である。

3. 実験供試体

本実験供試体は、図-1に示すように、矩形断面のはり・柱がボルトによって直角に接合されたL型の鋼製ラーメン橋脚の隅角部をモデル化している。

ボルトの軸力は、トルクレンチにより供試体ごとに管理されている。供試体No.1の締付力は、ボルト降伏応力の75%、No.2のそれは50%を目標とした。この時、コンクリート上部に薄い鉄板を埋め込み、締付面に平滑度を出した。はり・柱で座屈が生じないように、すべての部材の板厚を16mmとした。また、はり・柱の離間距離を計測するため図-1に示すA・Bの位置にパイゲージを取り付けた。表-1に、各供試体で使用したボルトの条件を示す。溶接は基本的に完全溶け込み溶接を採用した。なお、材料は全てSM400A鋼材を用いている。

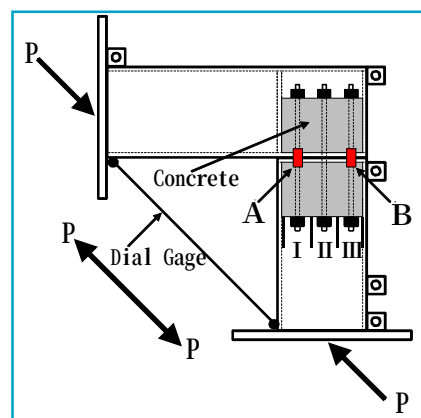


図-1 供試体

4. 実験結果

4.1 損傷箇所

各供試体における最終破壊形態は、ボルトねじ山部の破壊であった。ボルトにはあらかじめひずみゲージを貼るために、ネジ山部に幅3mm×深さ5mmの溝を削ってある。このことが原因で、ねじ山部に応力集中が生じ、破壊に至ったと考えられる。そのため、本実験では、本来のボルトが有する最大耐力までは至らなかった。また、圧縮時に引張力を受けるボルト、すなわち図-1に示す領域Ⅲのボルトが先に損傷に至った。

4.2 初期剛性

すべての供試体において、はり・柱の離間距離を測定するために図-1に示すA・Bの位置にパイゲージを取り付けている。供試体No.1、No.2のパイゲージBにおける荷重と離間距離の包絡線を図-2に示す。この図より、初期締付力の高い供試体No.1の方が、初期締付力の低い供試体No.2に比べ、同じ荷重下において離間量が小さいことがわかる。このことから、初期締付力の高い方が、繰返荷重下における接合部の剛性が高くなることがわかる。

表-1 供試体で使用したボルトの条件

ボルト	供試体	No.1	No.2
	本数	9	
	径	M16	
	材質	F10T	
	長さ(mm)	550	
	締付力(N・m)	350	300

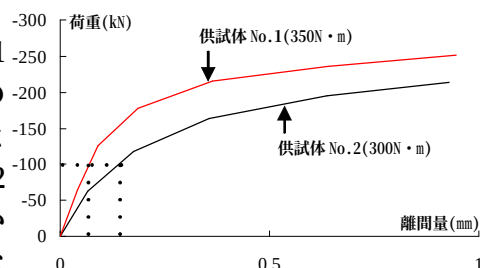


図-2 パイゲージBにおける包絡線

Key word 鋼製ラーメン, 高力ボルト引張接合, ラーメン隅角部

*東京電機大学理工学部 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 Tel:049-296-2911 Fax:049-296-0501

次に荷重と変位量に注目する。供試体No.1, No.2の荷重と変位の関係を図-3, 4に示す。変位は図-1に示すDial Gageにより測定した。供試体No.1では、引張から圧縮、圧縮から引張に遷移する際、比較的早い段階で初期弾性勾配に乗る。また、初期弾性勾配を維持する期間が長いのが特徴である。一方、供試体No.2では、繰返荷重下において、徐々に初期弾性勾配に乗らなくなる。このことから、ボルトに高い締付力を与えることによって、はりと柱の接合部に高い材間圧縮力を得ることができ、接合部の剛性は高くなると共に、その剛性を維持する期間が長くなることがわかる。

4.3 外力とボルト軸力の関係

供試体に配置したボルトの位置を図-5に示す。図-6に縦軸を作用外力、横軸をボルト軸力として供試体No.1におけるそれらの関係を示す。図-6.(a), (b), (c)は、図-5に示す領域Ⅰ, Ⅱ, Ⅲにおける、外力とボルト軸力の関係である。領域Ⅰでは、引張荷重が作用した時に引張力を受け、ボルト軸力が増加する。領域Ⅱでは、荷重の方向とは無関係にボルトは引張力を受け、ボルト軸力が増加する。領域Ⅲでは、圧縮荷重が作用した時に引張力を受け、ボルト軸力が増加する。

図-6.(c)において、Aで示した区間では、繰返荷重下において、材間圧縮力が衰退し、それに伴うボルトの外力負担率が増加している。図-6.(a), (b)においても同じ現象が起きている。

供試体No.1, No.2の領域Ⅲにおける、実験開始から7ループに至るまでの外力とボルト軸力の関係を比較したものを図-7に示す。実験開始から7ループまでの軸力の変動は供試体No.1の方が小さい。すなわち高い初期締付力は締結体の疲労強度に対して、非常に有利であることがわかる。

ラーメン隅角部のように、引張応力と曲げ応力が作用する場合、外力の比較的低いレベルから接合面の片側分離が生じやすく、それにともなう被締結体のコンプライアンスの増加は、外力によるボルト付加軸力の非線形的な急増をもたらす、ひいては疲労強度の面で不利になる。そのため、高い初期締付力は接合面の分離を効果的に抑止し、締結体の疲労強度を向上させる。

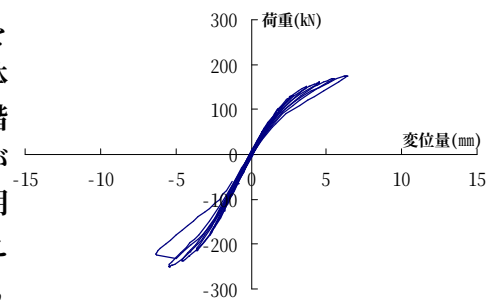


図-3 荷重変位履歴曲線(供試体No.1)

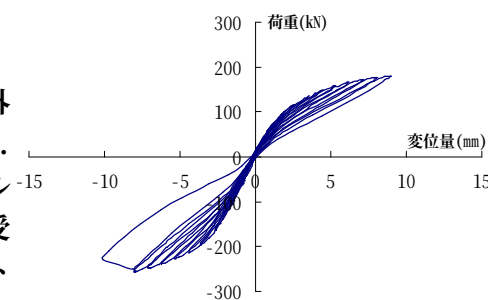


図-4 荷重変位履歴曲線(供試体No.2)

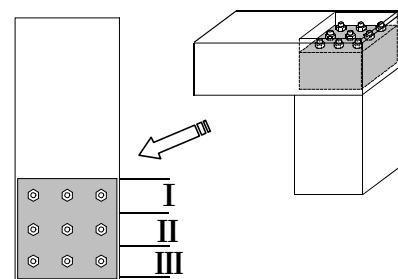


図-5 ボルト配置位置

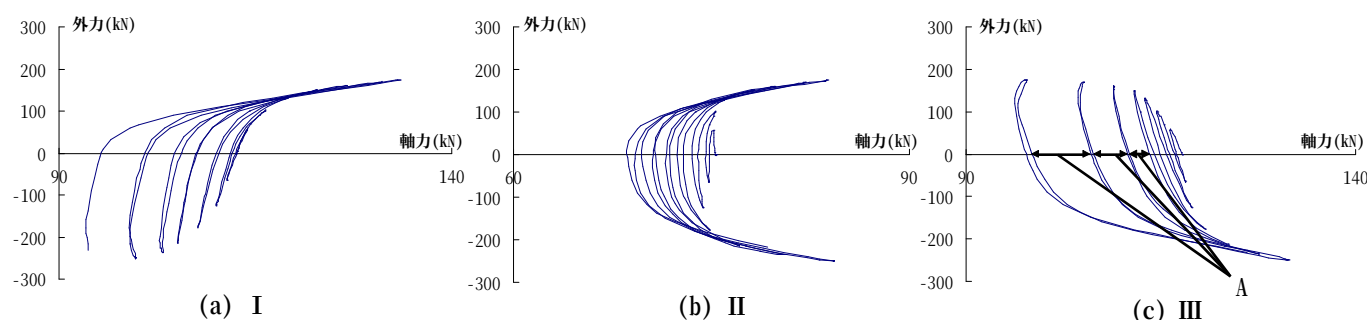


図-6 外力とボルト軸力の関係(供試体No.1)

5. まとめ

隅角部にボルト引張接合を用いた実験より、ボルトにおける初期締付力の大きい方が、接合部の剛性は高く、材間圧縮力の減少を効果的に抑止し、その結果、ボルト軸力変動は小さいことが確認された。

6. 参考文献

- 1) 田島, 阿部, 大宮, 三木, 熱田, : 引張ボルト接合によるラーメン隅角部に関する実験的研究, 土木学会論文集, 52-4, 1976-4
- 2) JSSC, 橋梁用高力ボルト引張接合設計指針 JSS IV-05-2004

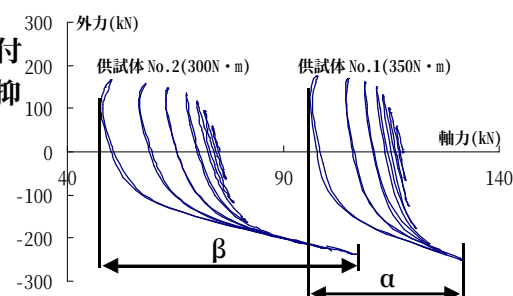


図-7 外力とボルト軸力の関係(供試体No.1, No.2)