

I - 398

スプリットティー継手の疲労強度に関する基礎的研究

京都大学大学院 学生員 山口隆司 京都大学工学部 正 員 渡邊英一
 京都大学工学部 正 員 杉浦邦征 京都大学大学院 学生員 藤谷健二
 (株)神戸製鋼所 正 員 三田村武 (株)神戸製鋼所 正 員 葛西俊一郎

はじめに

高力ボルト引張継手は、接合部の剛性が高く、また、ボルト軸力の変動が小さいため疲労に強いなどの優れた力学的特性を有し、現場溶接接合に比べて施工が容易であるなどの利点も有している。しかし、この継手形式の静的・動的力学的挙動などに関するデータ不足のため確立された設計法は存在せず、現在の研究成果¹⁾³⁾に見られるように、基礎データの蓄積が進められている。特に土木構造物への適用を考える際には繰り返し荷重下における挙動、すなわち疲労強度の照査は重要となる。本研究では、図1に示すような高力ボルト引張継手として最も基本的な構造であるスプリットティー継手を対象に、繰り返し荷重下における継手の力学的挙動を明らかにするために、高力ボルト単体の疲労試験およびスプリットティー継手の3次元有限要素解析を行った。

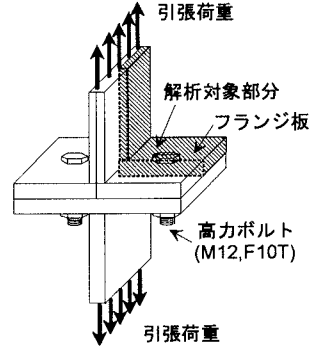


図1 スプリットティー継手

高力ボルトの疲労試験

単調引張荷重下での高力ボルト単体の疲労強度を図2に示すような載荷装置を用いて調べることとした。高力ボルトは不完全ねじ部、ねじ部など断面急変部を有している。あらかじめ導入軸力として降伏強度の約80%の初期導入軸力が高力ボルトに導入されるため、これら断面急変部

表1 各供試体の試験条件

		A	B	C	D	E
	応力範囲(kgf/cm ²)	3000	2000	1000	3000	2000
M12	導入軸力(kgf)	6260	6260	6260	3130	3130
	荷重範囲(kgf)	2520	1680	840	2520	1680
M20	導入軸力(kgf)	18200	18200	18200	9100	9100
	荷重範囲(kgf)	7350	4900	2450	7350	4900

において塑性化がかなり進展していると考えられ、疲労強度に大きな影響を与えていると思われる。このようなことから、本研究では、導入軸力の影響も考慮して疲労試験を行うこととした。疲労試験供試体の試験条件の一覧を表1に示す。得られたS-N線図を図3に示す。疲労破壊はすべての供試体で図4に示す部位において起こった。これによ

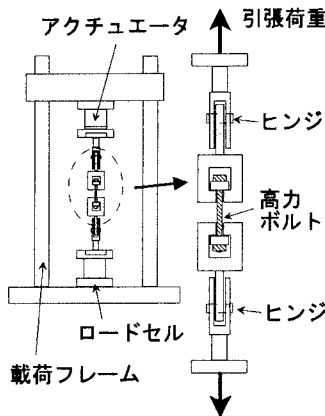


図2 試験装置

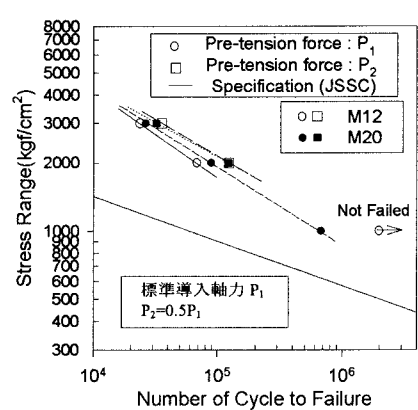


図3 S-N線図

ると、ボルトの呼び径に関わらず、導入軸力の影響が顕著に現れており、標準ボルト導入軸力とこの50%を軸力として導入した場合とを比較すると、疲労強度において20%以上の差異を生じ、導入軸力の小さい方が疲労強度が高いことがわかる。また、JSSCの疲労設計指針によるS-N線図が十分、安全側であることもわかる。

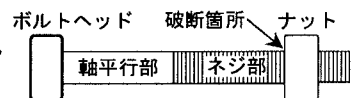


図4 疲労破壊部位

スプリットティー継手の3次元有限要素解析

次にスプリットティー継手の応力集中度を調べるために、接触・非接触を考慮した3次元弾塑性有限要素解析を行った。用いた要素は四面体 Solid 要素である。ここでは板幅を一定とし、板厚のみ異なる2つのケースについて解析を行った。解析ケースの諸元を表2に、材料定数を表3に示す。また、解析ケース SPT20 の場合の諸元と要素分割を図4に示す。

表2 解析ケースの諸元

解析ケース	フランジ板厚	フランジ板幅	高力ボルト	初期導入軸力
SPT10	10mm	63mm	M12	6.26tonf
SPT20	22mm	63mm	M12	6.26tonf

表3 材料定数

材料定数	降伏応力 (kgf/mm ²)	ヤング率 (kgf/mm ²)
高力ボルト	90.0	21000
フランジ板	26.9	21000

対称性を考慮してスプリットティー継手の8分の1を解析対象とした。要素の分割は解析対象部分をまず6面体に分割し、それぞれの6面体を24個の4面体に分割するという方法を採用した。なお、図中には6面体の分割の様子のみを示している。解析ケース SPT20 の場合で要素数 44640、自由度数 31932 である。解析は、まず、高力ボルトにボルト軸力に相当する節点力をボルト下端節点に載荷し、その後、これらの節点を拘束し、ティーウェブ上端部に引張荷重を載荷するという方法を採用した。

本解析から得られた最大の応力集中度とその部位を表4に示す。これによるとティーウェブとフランジ板の溶接部分で応力集中度がもっとも高く、板厚の薄いものの方が応力集中度が高いことがわかる。降伏荷重時の2分の1の荷重が作用した場合のボルト軸力の増分は表5のようであり、既に示した高力ボルトの疲労試験の結果から高力ボルトの疲労破壊の可能性はないといえる。しかし、スプリットティー継手に対する追加実験により検証する必要がある。

おわりに

現在、スプリットティー継手に対する疲労試験を行っている。この試験ではスプリットティー継手の疲労強度を調べるとともに、継手供試体に応力集中ゲージ、ボルト軸力測定用ゲージを貼付し、ティーウェブ近傍での応力集中度の分布やボルトの応力状態も調べることも目的としている。これらの結果については講演会当日詳しく発表する予定である。

参考文献

- 1) (社)日本鋼構造協会:橋梁用高力ボルト引張接合設計指針(案),1993.2.
- 2) 日本建築学会:高力ボルト引張接合設計施工指針,丸善,1993.3.
- 3) 三木由充,堀川浩甫:スプリットティー形式の高力ボルト引張接合における疲労特性に関する研究,第46回土木学会年次学術講演会概要集第1部門,pp.606-607,1991.9.

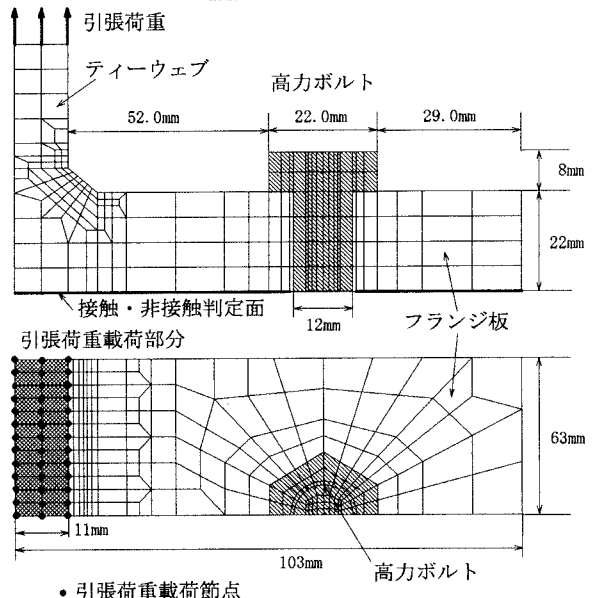


図5 解析モデルの諸元と要素分割

表4 最大応力集中度とその部位

解析ケース	最大応力集中度	部位
SPT10	18.2	A
SPT20	6.03	A

A: ティーウェブとフランジ板の溶接部分

表5 ボルト軸力の荷重増分

解析ケース	ボルト軸力の増分
SPT10	410kgf/cm ²
SPT20	795kgf/cm ²

載荷荷重: 降伏荷重の半分