

高力ボルトの配置に着目した当て板の補強効果に関する疲労試験

大阪市立大学大学院 学生会員 ○潘 超

大阪市立大学大学院 正会員 山口隆司

石川工業高等専門学校 正会員 三ツ木幸子

宇都宮大学大学院 正会員 鈴木康夫

1. まえがき

疲労き裂を対象とした高力ボルト当て板補修・補強（以下、「当て板補強」と略す）は、これまでも多用されている。しかしながら、当て板内に群配置された各々のボルトによる補強効果については、これまであまり明らかにされていない。そこで、本研究では、当て板補強に最適なボルト配置を検討するための基礎的な資料を収集することを目的として、き裂を有する引張部材（母材）を片側 2 本のボルトで当て板補強した板の疲労試験を行い、当て板の補強効果に与える高力ボルト配置の影響について検討した。

2. 試験概要

本試験で設定した供試体は、図-1 に示すように引張荷重を受ける板部材に荷重直角方向のき裂が進展し、き裂先端にはストップホールが設けられているケースを想定した。本来、当て板補強の際にはボルトは群配置されるが、本研究では、当て板内に群配置された各々のボルトによる補強効果について検討することに主眼を置いているため、き裂による不連続部分を道路橋示方書¹⁾で定められる最小ボルト本数（片側 2 本）及び最小の当て板幅で補強することとし、ボルト配置をパラメータとして供試体の設計を行っている。その結果、高力ボルトを供試体端部に配置した E-type、ストップホールに隣接して配置した S-type、当て板補強後の断面の中立軸を板中心と合致させ、偏心によるモーメントの発生を回避した N-type の 3 つの試験体タイプを設定した。母材の形状は、载荷に使用する試験機の载荷能力を考慮し、板厚 9 mm、幅 200 mm、長さ 1100 mm としている。母材および当て板の材質は SS400（降伏点：275 MPa、引張強度：423 MPa）とし、全表面に対してブラスト処理を行った（摩擦係数 0.3）。当て板の母材への取り付けは高力ボルト M22(F10T)で行い、ボルト軸力はトルク管理によって、標準ボルト軸力 230 kN が導入されるように管理した。なお、試験はボルトを締め付けた直後に写真-1 に示すように供試体を設置し、表-1 に示した 3 つのレベルの目標荷重範囲で疲労試験を行った。試験は疲労き裂が発生進展し、破断した時点で载荷を終了した。疲労試験では 2 つのケースを設定し、それぞれの試験体を行った。ケース Slipped は地震やほかの外部要因で当て板と母材の間すべりが発生した状況を仮定し、引張荷重の载荷により試験体にすべりを発生させた後、疲労試験を実施した。ケース No slip はすべりが発生しない状況を仮定し、試験体を設置した直後に、疲労試験を行った。

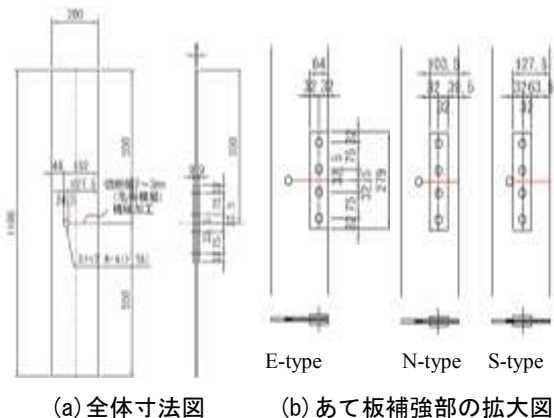


図-1 供試体（寸法単位：mm）



写真-1 試験状況

表-1 目標荷重範囲

レベル	上限荷重	下限荷重
1	350 kN	50 kN
2	290 kN	50 kN
3	260 kN	50 kN

3. 試験結果

疲労試験結果のまとめを表-2 に示す。表-2 内の応力範囲は、試験体表面に貼付けたひずみゲージによる公称応力である。疲労寿命は残存断面の破断時サイクル数である。疲労破断は、S-type (No slip)を除いてすべて母材残存断面で観察された。S-type (No slip)の疲労破断は写真-2 に示すように当て板で観察された。また、表-2 中の最大引張荷重はケース Slipped において载荷された最大荷重である。疲労試験結果をもとに S-N 曲線上にプロットしたも

キーワード 当て板補強, 疲労き裂, 疲労寿命, 高力ボルト配置

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学 TEL 06-6605-2765

表-2 疲労試験結果

試験ケース	試験体	応力範囲 (MPa)	疲労寿命 (サイクル数)	最大引張荷重 (kN)
No slip	E-type	156	25,000	—
		125	50,000	
		110	123,000	
	N-type	147	249,000	
		117	518,000	
		104	2,340,000 以上	
	S-type	112	1,530,000 以上	
Slipped	E-type	158	37,500	400.2
		125	120,000	410.2
		104	198,000	411.7
	N-type	150	125,000	379.2
		116	429,000	411.1
		116	303,000	363.8
		112	290,000	381.8
		108	328,000	369.2
	S-type	151	170,000	323.2
		112	860,000	366.8
		112	790,000	314.8



写真-2 試験状況 S-type (No slip)

のを図-2 に示す。

表-2 より、ケース No slip の中で、110 MPa の応力範囲において疲労寿命が E-type, N-type, S-type の順に長くなっている。一方、ケース Slipped では、応力範囲が 150 MPa, 110 MPa のいずれにおいても、ケース No slip の同様に疲労寿命が E-type, N-type, S-type の順に長くなっている。赤色で記載されている結果より、同じ応力範囲で最大引張荷重が大きい方が、疲労寿命が長くなっている。また、E-type 以外のタイプで、ケース No slip の疲労寿命がケース Slipped の疲労寿命より長くなっている。

図-2 では、比較のため、円孔を有する母材の疲労設計曲線²⁾も示した。また、各ケースのそれぞれタイプの近似線も示した。この近似線は、同じ応力範囲のデータ中でより低い寿命を使用してプロットしたものである。図-2 より、N-type (Slipped)と N-type (No slip) の近似線の傾きとも、疲労設計曲線とほぼ一致している。N-type (Slipped)と N-type (No slip)以外の近似線の傾きは疲労設計曲線と異なっている。これは、N-type 試験体以外は、当て板の配置により面内曲げが発生し、円孔を有する母材のそれと異なっているためと考えられる。S-type(No slip)は写真-2 に示したようにき裂が当て板で進展し、しかも多いサイク

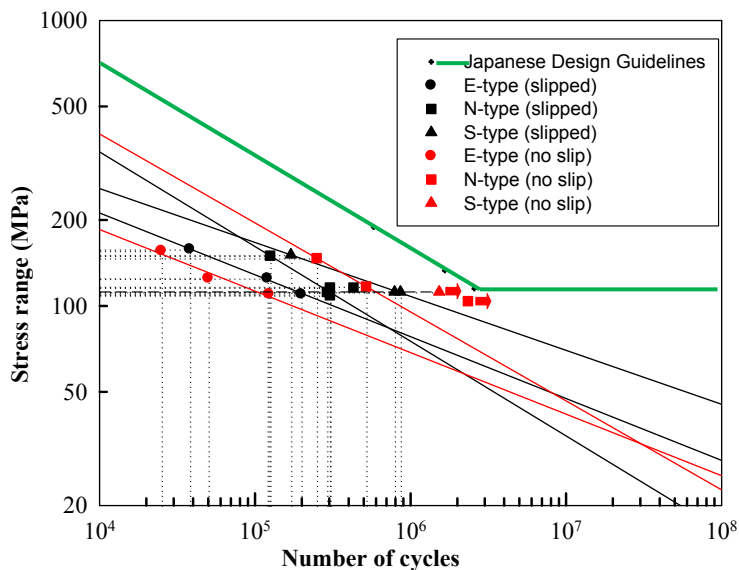


図-2 S-N 曲線

ル数でも残存断面が未破断のため、疲労強度が最も高いと推定できる。また、S-type(Slipped)の疲労寿命が長いことをあわせて考えると、最も有利なボルト配置は S-type と考えられる。しかし、S-type(No slip)は残存断面で未破断のデータがしかないので、今後データを増やす必要がある。

4. まとめ

本試験の結果から、高力ボルトの配置が疲労強度に影響することがわかった。特に本試験の中で、高力ボルトをき裂先端に近い方に配置した方がより高い疲労強度が得られた。疲労強度に対して効果的な補修はき裂先端に隣接配置することと考えられる。今後は疲労試験データを増やし、試験結果の信頼性を上げる必要がある。

参考文献 1) 日本道路協会：道路橋示方書Ⅱ鋼橋編 2002 年

2) 日本構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説 1998 年