

## 高力ボルトを用いた当て板による疲労亀裂の補修・補強実験計画

石川工業高等専門学校 正会員 三ツ木幸子  
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司  
 大阪市立大学大学院 学生会員 潘 超  
 (株)総合技術コンサルタント 金銅 晃久

### 1. まえがき

高力ボルトによる当て板補強はこれまで多用されてきている。しかしながら、補修・補強で使用する材料は、新設の橋梁で使用されるものに比べ少なかったため、その量が問題にならず、設計上未解明な部分は新設の橋梁よりさらに安全側の設計で対処される傾向にあった。しかしながら、新設橋梁に比べて補修の割合が年々増大する今日、財源の問題、環境の問題から、要求性能を満足させて補修・補強部材を合理的に減少させる必要がある。これには補修の考え方を整理するとともに、このための基礎データを収集および整理する必要がある。

そこで、本報告では、疲労亀裂を当て板によって補修・補強(「当て板補強」と略す)する場合についての基本的な考えをまとめ、引張の働く板部材に発生した疲労亀裂に対して、片側2本ボルトを用いた当て板補強の実験を計画したので、その試験体の設計について報告する。

### 2. 疲労亀裂の対策

疲労亀裂の対策は、早期に発見し、対策を行うことが基本とされるが、疲労亀裂の状態、すなわち、進展速度が遅い場合や、進展がもたらす想定被害によっては、即座に対策を行なわないケースもある。一方、確認される疲労亀裂が年々増える中で、優先度を決めて対処していく必要がある。発生した亀裂に対する対策は、亀裂全体の除去あるいは亀裂の先端を除去することが基本となるが、立体構造では、亀裂が短いと工具が入らず、亀裂の除去が難しい場合がある。表-1に亀裂の状態、亀裂の除去対象部、除去のための工具、および当て板補強との関係を整理した。

本研究では、疲労亀裂の再発生の問題を考慮して、高力ボルトによる当て板補強を対象とする。この当て板補強は、摩擦接合を基本にすべりを起こさないことを前提として設計され、安全側のボルト本数が用いられてきている。さらに、実際には単純な引張軸応力状態に対して用いられない場合も多く、この場合の設計法は確立されていない。高力ボルト継手では、高力ボルト継手の摩擦抵抗、支圧せん断抵抗および引張抵抗が期待できる。特に、複雑な応力状態に対しては、3つの抵抗を合理的に利用する意味があると考えられる。これらの抵抗を合理的に利用していくには、必要とされる性能として地震時などの異常時荷重と疲労荷重に対する抵抗があることを考慮して、検討していく必要があると考えられる。本研究では、これらの課題に対して、まず、引張荷重が働く板部材の継手に対する当て板補強の疲労試験を行って、基本データを収集する。

表-1 疲労亀裂の状態とその対策

亀裂の状態	亀裂の除去対象部	切削工具	当て板補強	亀裂の除去および当て板補強以外の対処
浅い表面亀裂	亀裂全体	グラインダー	不要	仕上げなどの改良や経過観察で対処
深い表面亀裂	亀裂全体	グラインダー	場合によっては必要	経過観察
貫通亀裂	亀裂先端	グラインダー+ドリル	場合によっては必要	経過観察
貫通亀裂	亀裂先端	アトラーなどボール盤	場合によっては必要 必要なことが多い	経過観察

表-1のように、当て板補強は、疲労亀裂の対策として用いられる場合、一般に、疲労亀裂の除去と併用されて使用される。疲労亀裂の除去は、浅い表面亀裂の場合を除いて、応急対策として用いられることが多く、恒久対策としては、当て板補強および経過観察が併用される。当て板補強を行う場合、道路橋示方書に従うと、最小でも片側2本のボルトが必要となり、最小形状が疲労亀裂の大きさに関係なく決まる。亀裂が小さい場合の当て板補強の必要性の判断は、亀裂の進展性と進展が及ぼす影響を検討した上で、当て板補強を行うか判断し、状況に応じて経過観察で対応する場合もある。

キーワード 疲労亀裂, 当て板補強, 荷重履歴, 高力ボルト, 支圧抵抗, 応急補修

連絡先 〒929-0392 石川県河北郡津幡町北中条 石川工業専門学校 TEL 076-288-8163

### 3. 当て板補強の疲労試験

本実験では、恒久対策としての当て板補強を行う場合の基礎データの収集を目的として、応急対策としても当て板補強を使用することを考慮した疲労試験を計画している。

#### 3.1 目的と試験体

鋼橋の疲労亀裂の応急および恒久、双方の対策として、高力ボルト当て板補強を設計する場合の基礎データとして用いることができるよう荷重履歴を考慮した疲労試験を行う。疲労試験の試験体は、道路橋示方書<sup>1)</sup>の規定に従い最小ボルト本数の2本の継手を対象とする。試験体は板部材とし、片側から亀裂を入れ、引張荷重を載荷する。この中で、地震などの異常時荷重を模擬した応力履歴もパラメータとする。また、ストップホールは、経過観察など今後の維持管理を考え、この部分はボルトなどで締め付けず、明けたままとすることにした。

#### 3.2 試験体の設計

疲労亀裂対策の基本となるストップホールを亀裂先端に設けた試験体とする。亀裂補修における当て板補強では、当て板の断面として、欠損断面以上の断面が基本的に用いられる。この断面に対して、ボルト本数が決められる。本研究では、板厚を9mmとして決め、この2本のボルトで対応できる欠損断面を求め、この断面に対応する試験体の亀裂長さを152mmと算出した。正確にはストップホールを設けるため、これを含めた長さである。これに対して、当て板の断面は、ボルト間隔および縁端距離から最小幅を求め、これに、最小板厚の9mmの当て板を使用すると、ボルト2本を応力方向に配置したE、S、Nタイプでは、当て板幅が64mmとなり、欠損断面の約8割程度の断面の当て板で補強することになる。以上のように継手の詳細規定から決まる最小断面を基本に試験体の設計を行った。なお、Tタイプは、この結果、欠損断面の約1.70倍の断面の当て板で補強されていることになる。

ストップホールの孔辺の応力集中および載荷偏心のため生じる応力勾配などが疲労強度に影響することが考えられたため、板幅が64mmの試験体の設計では、設置位置をパラメータとして、試験体E、S、Nとした。

#### 3.3 応力履歴

疲労試験では、地震時ですべりを起こした場合の疲労強度を検討するため、地震時の荷重履歴を与えてから疲労試験を行うことを計画している。すべりを起こし、支圧状態になっても、高力ボルトが締め付けられた孔の疲労強度は比較的高いことは文献<sup>2)</sup>で示されている。このことを考慮して、本実験では、2本ボルトの最小諸元の当て板補強で、どの程度の効果が期待できるか実験的に調査する。

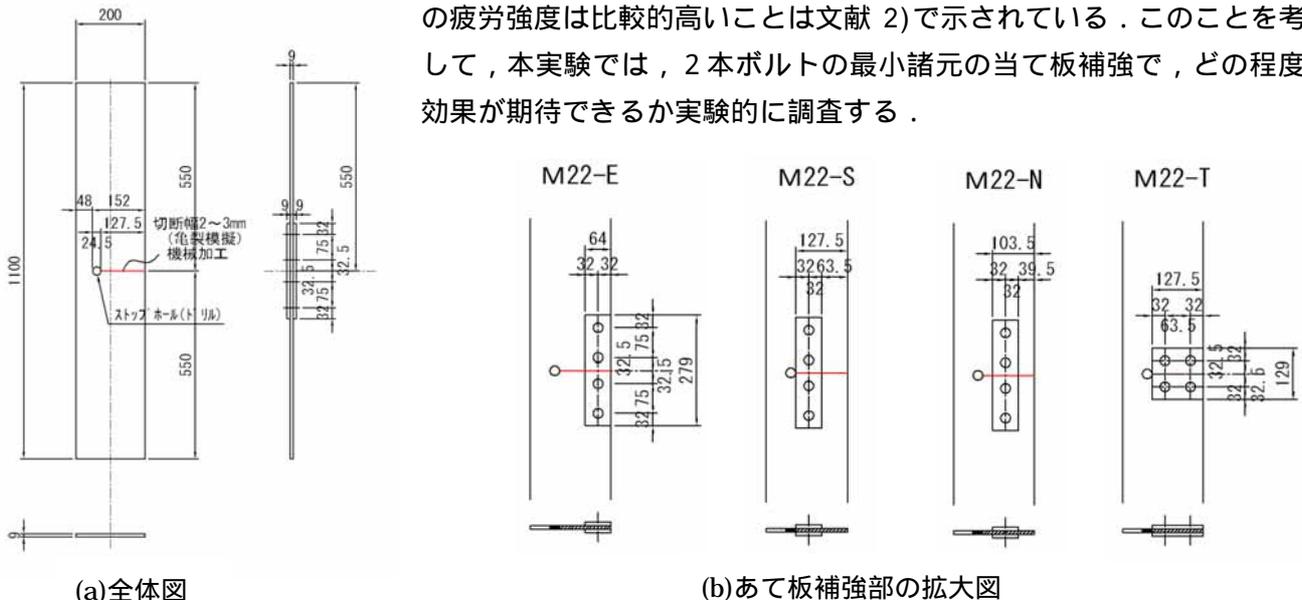


図 - 1 試験体

#### 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書 鋼橋編 2002年
- 2) 三ツ木幸子他4名：支圧抵抗を期待した高力ボルト継手に関する2, 3の考察, 鋼構造年次論文集, 第14巻, 2006年