

F11T 高力ボルト遅れ破壊が進むランガー桁における補修計画の一考察

Consideration of Repair Plan for Langer Girder with Delayed Fracture of High-strength F11T Bolts

国際航業株式会社 正会員 ○天野 恭介
 国際航業株式会社 正会員 松村 美鈴
 国際航業株式会社 正会員 三井 清司
 国際航業株式会社 橋本 美里
 国際航業株式会社 相良 謙治

1. 目的

対象橋梁は 1977 年に竣工し、架設後約 45 年が経過した橋長 136m の単純鋼ランガー橋である。本橋は長寿命化修繕計画の一環として、令和 3 年に二巡目の定期点検を実施したが、部材接合部での高力ボルトの破断を確認した。今回確認した破断ボルトは全ボルト数の 1% にも満たない少数の発生であったが、遅れ破壊によりボルトの破断が進行した場合、全ボルトの交換が必要となり多額の対策費用が発生することや、下路橋であることからボルト落下による第三者事故を誘発する可能性があることなどから、効率的な修繕方法を検討することが急務となっている。本稿では、定期点検において遅れ破壊によるボルトの抜け落ちに遭遇した場合での対処法について、その事例を紹介する。

2. 原因の推定

F11T 高力ボルトは遅れ破壊が生じやすいことから、1980 年の道路橋示方書でその使用を禁止した。本橋は設計当初から F11T を使用しており、ボルト破断の原因には遅れ破壊が強く疑われる状況であった。

破断面を目視調査した結果、破断したボルトのほぼ全てで首下などの応力が集中し易い位置での絞りがほとんど無い脆性的な破壊をしており、破面の遅れ破壊にある特徴として確認出来た。外観上は突然破断したように見えるが、最初は引張力を受けたネジ底や腐食ピットなどの応力集中部に外的環境の影響が加わってクラックが発生し、時間の経過とともに徐々に進行し、最後には断面減少により単位面積当たりの応力が増大して破断に至ったものと推定した。本点検では、構成部材における全ての接合部で取り付けた高力ボルトのたたき調査を実施した。その結果、上弦材及び他部材等で遅れ破壊によるボルトの抜け落ちを確認した。下図に破断箇所と各ボルトの破断面を示す。

定期点検における近接目視調査では、表面的な腐食（損傷程度区分 b～c）の他に、多様な損傷や劣化は無く、遅れ破壊以外の要因の可能性は極めて低いものと判断した。

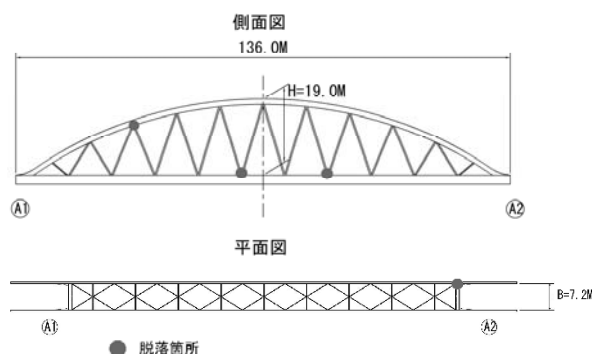


図 1、ボルトの破断箇所



図 2、破断ボルトの拡大写真

キーワード 遅れ破壊 定期点検 ボルト交換方法 連鎖的な破断 破断の全体像
 連絡先 〒660-0805 兵庫県尼崎市西長洲町 1-1-15 国際航業株式会社 電話 06-6487-1263

3. 遅れ破壊の全体像と進捗具合の推定

これまでの経緯を整理すると、5年前の前回点検では橋門構や縦桁等で3本、その後の補修設計では縦桁等で3本の抜け落ちを確認していた。その後、本点検で全数のたたき調査を実施したところ、上弦材を含む3箇所での抜け落ちを確認した。また既存資料より、ボルトの総本数：13,000本、添接板の総数：268枚であることを整理した。個々のボルトの遅れ破壊による破断時期の正確な予測や、破断の可能性の高い箇所や本数を予測することは困難であるが、これら予測を無視すると落橋など致命的な事態に至る恐れがある。現在における橋梁のメンテナンスサイクルでは、定期点検での健全性診断で判定3とした場合、その後5年間に何らかの早期措置を行うものとしており、定期点検の延長線上で詳細調査へ移行するためには施設管理者の判断が必要である。言い換えれば、多額の費用を必要とする本格的調査や補修に至るまでに、道路管理者の予算確保・配分を含む意思決定に時間を要し、これらをシームレスに繋げないシステムとなっている。したがって、定期点検では詳細調査や補修に至るまでを緊急対応として対応することになる。

ここでは、遅れ破壊の全体像をつかみ進捗具合を把握する手段として、破断箇所数の累計による数値回帰分析を行った。遅れ破壊は、「腐食→遅れ破壊→残存ボルト負担の増加→腐食の進行→連鎖的な破断」で推移することが既往の研究で明らかになっており、その性状に近似する指数関数を用いた。

分析の結果、2040年迄は残存ボルト負担増加期間にあり進捗は緩やかであるが、それ以降は連鎖的な破断が急速に発生する劣化の全体像が判った。全てのボルトが破断するのは2052年頃であり、これまでの破断ボルト単位の補修では危機的な状況に陥ることも把握できた。そこで、損傷の単位を添接板として考えると、緩やかな進捗時期の間にF11Tボルトの交換を完了出来ることが判った。分析の結果を下図に示す。

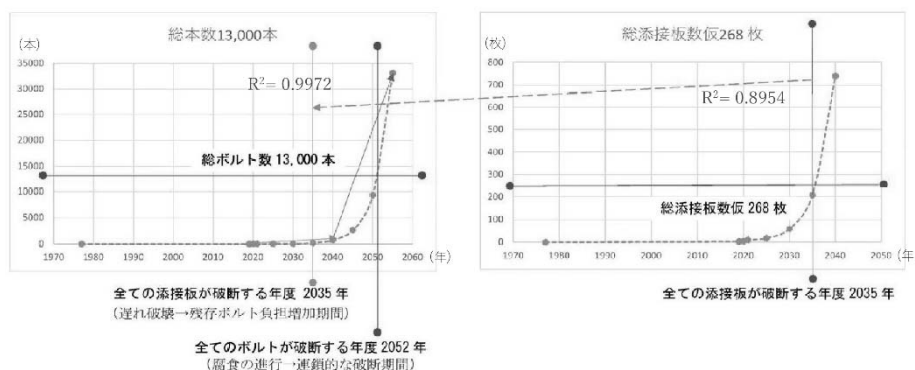


図3、回帰分析による変状発生予測

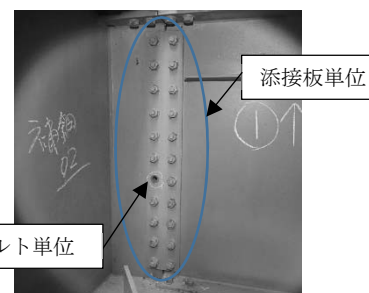


図4、補修の単位

4. 結論

F11Tボルトの遅れ破壊の対策は交換以外に無いことは周知の事実であるが、本橋のように13,000本もの大量のボルトを有する場合、限られた予算で緊迫している自治体にとって全数一括のボルト交換は年間予算以上の工事費用が必要となり、現実的ではない。また一方で、変状が生じた橋の診断では根拠が希薄である状況では原因を安易に絞り込まず、根拠を以て排除できない可能性は残したまま、それらをもカバーできる対応を行う事も重要である。そのうえで過去の経緯を反映した将来予測の結果を踏まえながら、対策が完了するまで安全を確実に確保できる期間と方法を見出さなければならない。すなわち、破壊ボルトを確認した場合は添接板単位で交換することにより、高力ボルトの連鎖的な破壊時期までに交換が完了するといった全体像を描くことが出来る。また、損傷ボルト単位から添接板単位での交換を行うことで、補修工事に係る足場等に要する費用の縮減も可能となり、周辺住民の理解を得やすいものとする。

このような、変状累計数を指数関数による回帰分析で全体予測を示す方法は、遅れ破壊を工学的に説明できるものではないが、行政が予算確保に向けて進捗具合を推定するには有効な一手法であると考えられる。

参考文献

- ・道路橋定期点検要領：平成31年3月, 国土交通省 道路局
- ・道路橋の定期点検に関する参考資料（2013年版）：国土交通省技術施策総合研究所, No748