

(754) 橋梁における高力ボルトの遅れ破壊 - 事例研究 -

鉄道技術研究所

松山晋作

1. はしがき： 摩擦接合用高力ボルトが使用され始めて約20年が経過したが、遅れ破壊は主として JIS B1186 (1964)制定直後のF13Tとその後使用実績の増加したF11Tの一部に生じてきた。本報ではこれらの損傷例のうち鉄道橋における事例の解析を総括する。

2. 調査方法： 破損ボルト及び同一継手から採取した未破損ボルトについて、化学成分、横断面及び表面下の硬さ分布、破面、ミクロ偏析帯と粒界、腐食生成物等の調査を行った。

3. 結果と考察： 1) 遅れ破壊は梁の構造別にみると箱桁に多発する傾向がみられた(表1)。これは箱桁内部に雨水がたまり、とくに夏季には高温高湿条件下で腐食反応が促進されたことによる。

2) 未破損ボルトは採取時湿った状態にあるものが多く認められた。ボルト表面の腐食生成物には不安定な γ -FeOOHが検出され水が存在していたことを示している。¹⁾3) 各橋梁におけるボルトの最小破断時間は図1に示すようにほぼ指数分布になることが認められた。鉄道橋では現在F11Tの使用は中止されているから、F11T使用橋梁で今後新たに遅れ破壊を生ずる確率はじだいに小さくなると予想される。

4) ボルトはねじ部が最弱点であるにもかかわらず一部の橋梁では首下破断が多発した。これは頭を下向きに使用したため首下に水がたまりやすいことのほか首下に座金が食い込むことによる応力集中の発生が原因と考えられる。5) 破面の起点部は例外なく旧 γ 粒界割れを呈し、水素が破壊を誘起したことを示している。6) 破損ボルトのうち最小の硬さはHRC37.5であった(表1)。従来の実験²⁾から遅れ破壊を生ずる限界硬さはHRC41であるから、HRC<41で破損したボルトは材質的に不良原因があったと考えられる。その一つはNo3にみられた浸炭硬化層の存在で、他は粒界偏析が考えられる。表1には、偏析元素としてBとPの含有率の高いものを明示した。さらにピクリン酸系腐食液により現出される粒界は粒界割れを生じやすい³⁾ので現出度を三段階表示した。7) 以上の結果から破壊原因と対策を環境因子、力学的因子、材料因子に分けて検討した。

文献： 1) 松山, 石井他：鉄道技術研究資料, 38 (1981) 8, 374, 2) ボルト強度班：JSSC15 (1979) 158, 1, 3) 松山, 鉄と鋼, 投稿中。

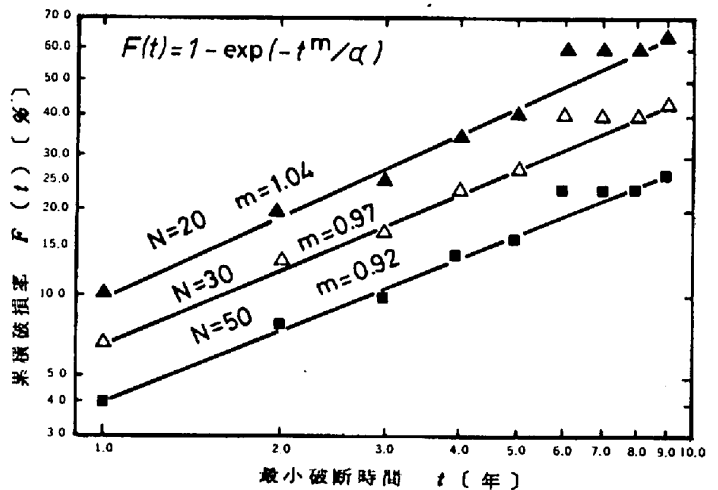


図1 各橋梁における破損ボルトの最小破断時間のワイブル・プロット (N: 破損を生ずる可能性のある橋梁数)

表2 破損ボルトの使用条件と材質 (硬さの順に配列)

橋梁No	8	12	3	5	1	7	9	6	11	10	13	4	2
梁構造 ¹⁾	B	B	B	B	I	B	B	I	B	I	I	I	B
硬さ HRC	37.5	38	38	39	40	40	40.5	41	42	42	44	45	46
B含有率 ppm	37	40	-	23	8	47	20	-	20	4	-	-	-
P含有率 ppm	17	10	20	9	-	10	18	15	10	7	-	17	13
粒界現出度 ²⁾	b	b	b	c	a	b	b	-	c	c	b	a	a

注) ¹⁾ B: 箱桁, I: I形桁. ²⁾ a: 全面, b: 偏析帯内のみ, c: 現出されず。は, HRC \geq 41, B \geq 25, P $>$ 15, 粒界現出度aの範囲を示す。