

### 門型標識柱歩廊手摺り基部のボルト損傷原因調査

首都高速道路(株) 正会員 小杉 剛史 正会員 平野 秀一  
(財)首都高速道路技術センター 正会員 村野 益巳

#### 1. はじめに

高架橋に設置された付属物におけるボルトの損傷の多くは、ナットのゆるみや欠落であるが、門型標識柱梁部のメンテナンス用歩廊における手摺りの基部で、ボルトが破断に至る事例が確認された。そこで、損傷原因を明らかにすることを目的とし、破断したボルトの破面調査および実橋梁における手摺りの振動計測を実施した。

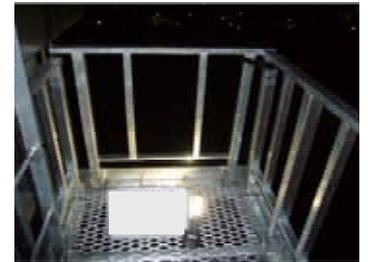


写真-1 標識柱歩廊手摺り

#### 2. 手摺り基部の構造

手摺り基部の構造を図-1に示す。手摺り支柱の側面と鞘との隙間は両側3mm(計6mm)あり、また、ボルト孔の幅は12mmで、M10のボルトに対して2mmの余裕がある。さらに、手摺り支柱の背面と鞘との隙間も4.5mmあることから、手摺りはボルトを支点として容易に揺すられる構造となっている。なお、ナットには、ゆるみ止めのためのダブルナットを使用している。

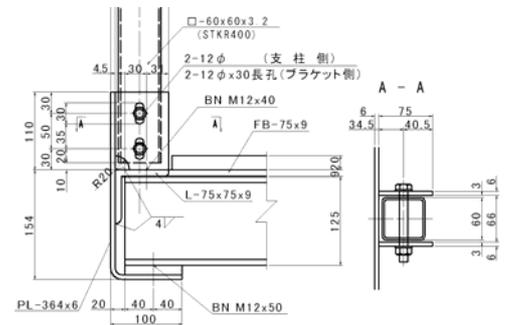


図-1 手摺り基部構造図

損傷の発生は、高架橋に設置された標識柱に限定されていることから、高架橋の振動に同調して手摺が振動し、ボルト軸側面に繰返しの力が働いているものと推測できる。

#### 3. ボルトの破断面調査

現場から採取したボルトの多くは、首下部で破断していた。このボルトについて、目視による外観観察、破断面の光学顕微鏡によるマクロ観察および走査型電子顕微鏡によるミクロ観察の3種類の調査を実施した。

(1) 目視観察: ボルトの外観を写真-2に示す。ボルト軸の2箇所に磨耗した痕跡が確認できた。磨耗跡の間隔が60mmであるため、ボルトが支柱の孔壁面と擦れた跡であると推定できる。破断箇所は、ボルト首下のR部であり、破面の一致する頭部が残っていた。

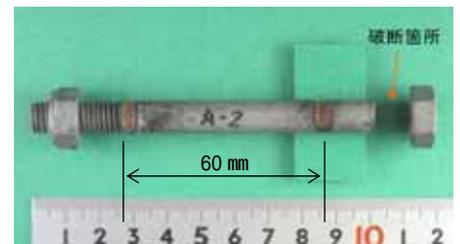


写真-2 破断ボルトの外観

(2) マクロ観察: マクロ観察の結果を写真-3に示す。写真より、独立した疲労き裂同士の間合流部に生じるラチェットマーク、疲労き裂の伝播を示すビーチマーク(波状模様)が確認できた。これにより、疲労き裂が破断面写真の上下方向から発生し、伝播していることが分かる。また、破線内のくぼみは、段差のある脆性破面の形態を示し、最終延性破断面となるシャリリップ形状も確認できた。

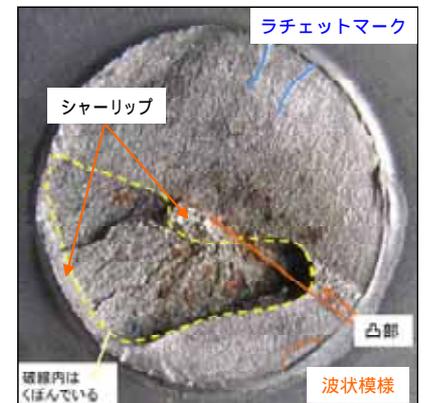


写真-3 破断面マクロ観察

(3) ミクロ観察: 写真-3に示す ~ 部のミクロ観察結果を写真-4~6に示す。写真より、部には疲労破壊の伝播を示すストライエーション模様、部には脆性破壊を示唆するリバーパターン、部には延性破壊を示唆するディンプル模様を確認できた。

ボルトの破断面調査の結果、外側から内部へと伝播する疲労破壊の発生が確認できた。これはボルト軸に対して直角方向の両振曲げによる応力が繰返し負荷されたことによるものと推測でき、ボルトに残された支柱孔壁との磨耗跡が

キーワード 標識柱, 手摺り, 振動, ボルト破断, 疲労破壊, 補修補強

連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1(日土地ビル) 首都高速道路株式会社 TEL.03-3539-9529

らも裏付けられる．付随して行ったビッカース硬度試験の結果，ボルト首下R部の硬度は 277HV とJIS規格より高い値であった．これは，ボルト頭部成形時の塑性変形による硬化と考えられる．首下R部が破壊の起点となるの

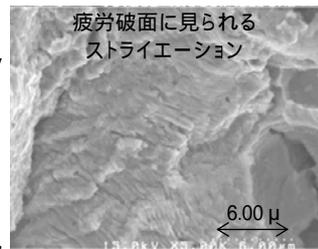


写真-4 部ミクロ観察

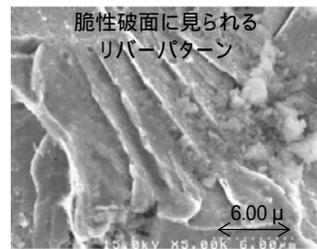


写真-5 部ミクロ観察

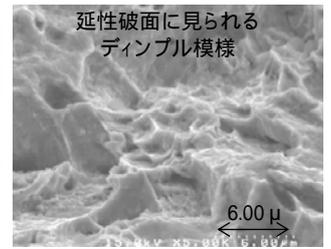


写真-6 部ミクロ観察

は，形状による応力集中に加え，塑性硬化により脆くなったことも損傷発生原因のひとつであると推測できる．

#### 4．現地振動計測

##### (1) 概要

実際の手摺りの挙動を把握するため，現地で振動計測を実施した．測点は手摺りの基部および天端とし，いずれも水平方向の加速度を計測した．また，ボルトの損傷は，交通による振動が原因であると考えられるため，L型の固定治具により手摺りを固定して揺れを抑制することとし，その効果について確認した．(写真-7参照)

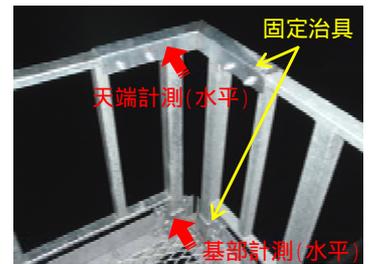


写真-7 振動計測状況

##### (2) 結果および考察

計測によって得られた固定治具設置前後の加速度動波形とFFTを図-2および図-3に示す．

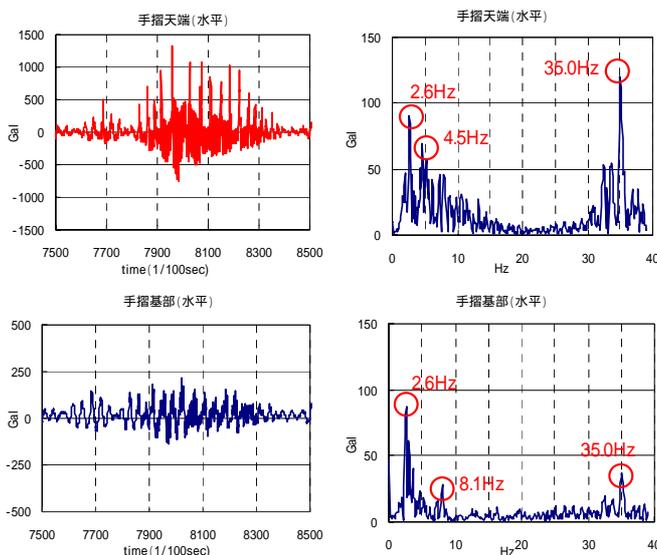


図-2 固定治具設置前の加速度動波形およびFFT結果

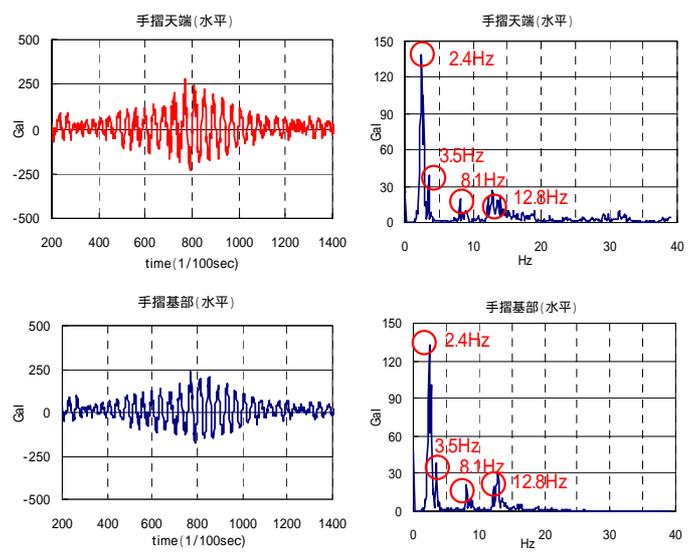


図-3 固定治具設置後の加速度動波形およびFFT結果

固定治具設置前では，手摺りの基部と天端の動波形は異なり，基部に比べ天端の加速度が大きい．また，天端では比較的大きい35Hzに特有の卓越周波数も確認された．基部のボルトを支点として手摺り天端が水平方向に大きく振動していることが分かる．固定治具設置後では，天端の加速度が小さくなり，基部の動波形とほぼ同等になった．基部と天端の挙動が一体となり，手摺りの振動が抑制されたことが分かる．

FFTの結果，卓越周波数は，固定治具設置前2.6Hz，設置後2.4Hzであったが，これは，計測時の橋桁の固有振動数とほぼ一致していた．車両通行による橋桁の振動がそのまま標識柱に伝達され，手摺りの揺れを引き起こしていることが分かった．

#### 5．まとめ

破断面調査および現地振動計測により，ボルト破断は，手摺りの水平振動によるボルトの両振り曲げから起きる疲労破壊であることが分かった．手摺りの振動は，交通による橋桁の振動が直接的に影響しているが，手摺りを固定することで揺れが抑制されるため，ボルト損傷を防止する効果が期待できる．