

## コンクリートに接触した高力ボルトの取換え工事報告

鮫島 能章<sup>1)</sup> 横山 幸司<sup>2)</sup>  
千歳 耕一<sup>3)</sup>

高力ボルトが遅れ破壊を起し、高力ボルトの取換え作業が行われている。しかし、この取換え作業は高力ボルトの頭側、ナット側共にコンクリート中に埋没していない状態での施工であった。今回、ナット部がコンクリートに埋込まれたままの状態での高力ボルトの取換え作業を行う機会があり、トルシャー形の高力ボルトの形状を改良した両ネジ形のボルトによる施工を試みた。同時に遅れ破壊を起し、ナット側のボルト軸部がコンクリート内に残存しているボルトの抜取り方法についても検討を行い、ほぼ確実に抜取れる方法を見出した。

### はじめに

鋼橋の現場継手には、多量の摩擦接合用高力ボルトが使用されている。それらの中の一部のものが遅れ破壊により、折損落下するという事例が全国的に発生している。直接的、間接的災害を防止するため、遅れ破壊によりすでに落下したボルトおよび落下のおそれのあるボルトは取換えの必要にせまられている。高力ボルトの取換え工事については、すでにいくつもの事例が報告されているが、大部分は主桁の腹板、下フランジ等であり、ボルトの頭側、ナット側共に開放されている箇所に限られていた。

しかし、その点検においてナット側がコンクリートに埋込まれた主桁上フランジ（特に腐食環境の良くない外桁）の高力ボルトが遅れ破壊により破断し、脱落しているのが発見された。引き続き経過を見守ってきたが、遅れ破壊による破断、脱落が続き、今後さらに、ボルト脱落のおそれがあるので、上フランジのボルトを取換える必要が生じた。

ボルトの取換えにあたって2、3の工法を考案し、比較検討しながら施工したので、ここに「平出高架橋」（日本道路公団）の上フランジ連結部の高力ボルト取換え工事施工について報告する。

### 1. 平出高架橋の概要

- ① 橋梁形式 4 径間連続鉄桁（RC床版）
- ② 橋 長 150m
- ③ 位 置 中央自動車道 伊北I.C.北3km
- ④ 建設年月 昭和47年12月～昭和49年 8月
- ⑤ 供用年度 Aライン 昭和52年10月  
Bライン 昭和56年 3月
- ⑥ 使用ボルト F11T M22 11,636本

### 2. 高力ボルトの点検の経緯

高力ボルトの点検の経緯を表-1に示す。

表-1 点検の経緯

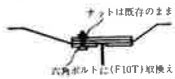
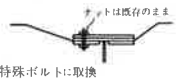

点 検 年 月	遅れ破壊を起している高力ボルト	処 置
昭和54年9月	上フランジ連結部 1本 下フランジ連結部 1本	下フランジの1本のみをF10Tに取換え
昭和55年3月	上フランジ連結部 4本 下フランジ連結部 2本	上フランジ S. 54. 9 の点検時のも含めて3本をF10Tに取換え 下フランジ 正常ボルトを含めて全数F10Tに取換え
昭和59年12月	上フランジ連結部 6本 腹板連結部 1本	腹板の1本のみ F10Tに取換え

1) 設計部大阪設計1課係長

2) 駒井建設工事 工事計画課

3) 品質保証推進室室長

表-2 上フランジ部のボルト取換工法の比較

比較項目	ボルト部のみを取換える方法		床版又はハンチ部のコンクリートを取り壊すことによって取換える方法		
	a 案	b 案	c 案	d 案	e 案
補修方法	六角ボルトによる取換え	特殊ボルトによる取換え	ハンチ部をけずる方法	コアボーリングによる方法	床版支持桁による方法
補修概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>上フランジ下側から既存ボルトの取りはずし</li> <li>コンクリート中の既存ナットは使用する</li> <li>ボルトの締めつけは回転角法によって管理する</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>同 左</li> <li>同 左</li> <li>特殊ボルトにより、トルク法によって管理する。</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>ハンチ部のコンクリートを①又は②の方向から削る。</li> <li>ボルト、ナット共取換える。</li> <li>ハンチ部の補修はエポキシ樹脂を注入する。</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>橋面上からコアボーリングで床版に穴をあける。</li> <li>ボルト、ナット共取換える。</li> <li>床版損傷部の補修はエポキシ樹脂モルタルで行う。</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>床版を縦桁にて仮支持する。</li> <li>ハンチを削り、ボルト・ナット共取換える。</li> <li>ハンチ部の補修はエポキシ樹脂を注入して行う。</li> </ul> 
長 所	<ul style="list-style-type: none"> <li>床版を損傷しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>床版を損傷しない。</li> <li>従来のトルク法によって管理できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉄筋を損傷する可能性が少ない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業性が良い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通常のH.T.B.管理ができる。</li> <li>床版への影響が少ない。</li> </ul>
短 所	<ul style="list-style-type: none"> <li>姿勢が上向きで、回転角度を調整するのに作業性が悪い。</li> <li>従来のトルク法での施工が不可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>特殊ボルトの軸部が締め付け時に回転するおそれがある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フランジ中央付近のボルト・ナット取換えが困難。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>床版の鉄筋を損傷する。</li> <li>ボーリングマシンの位置ぎめが困難。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>工費が高い。</li> <li>作業日数が多い。</li> </ul>
交通規制	不 要	不 要	要(短期間)	要(長期間)	不 要
備 考	実験による導入軸力の確認	同 左			
適用範囲	全てのボルト取換えに適用	同 左	異状ボルトの取換えに適用	同 左	全てのボルト取換えに適用
評 価	○	◎	○	×	×

3. 取換工法の決定

ボルトの取換工法については既往の工法、新しいアイデアも含めて表-2に示す5案を考えた。

表-2に示した工法の内、b案については案の段階であり実施例はもとより実験もまだなされていないものではあったが現場状況およびその得失を考えて

- ① 高力ボルトの軸部を完全に抜取ることが可能な箇所 ..... b案
- ② 高力ボルトのナット側軸部がコンクリート内に残存し抜取れない箇所 ..... c案

の2種の方法によって施工することにした。

4. 実験概要

3. で特殊ボルトを用いて、ボルトのみを取換える工法を採用することとしたが、設計で考えている軸力が導入できるかどうかを確認する必要がある。そのために、以下に示す実験を行い、導入される軸力の確認を行った。

(1) 供試ボルトおよびナット

1) 供試ボルト

高力ボルトの締付方法は、ナット側のトルク法もしくは、ナット回転法しか基準化されていない。このために、ナット側からのトルク法によって締

付けが可能な特殊ボルトを考案し、実験を行った。特殊ボルトの軸長は現場で最も使用本数の多いものとした。特殊ボルトの形状を図-1に示す。

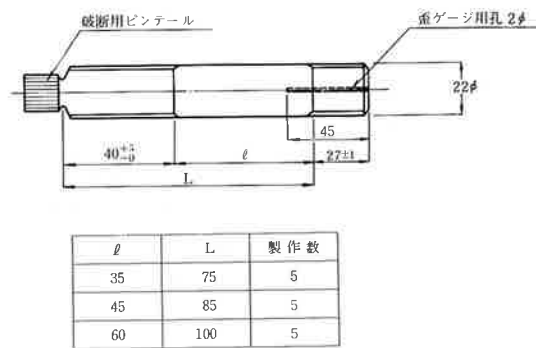


図-1 特殊ボルト形状

2) 試験用ナット

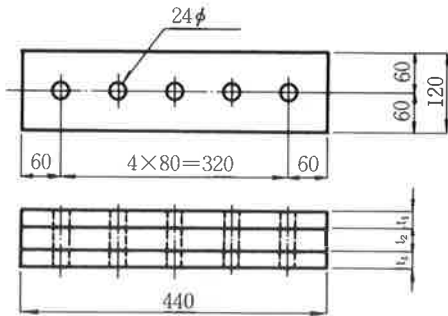
締付け試験時において固定側に使用するナットを現場でコンクリート内に残存しているナットの状態に近くするために次のような処理を行った。

- ① 通常のナット潤滑処理を行わない。
- ② 試験前に別の高力ボルトを用いて、標準ボルト軸力まで締付け24時間放置した後に取りはずした。

なお、締付け側に使用するナットは通常の潤滑処理を行ったものとした。

(2) 試験体

ボルトの締付けに用いる試験体はS S41材で製作した。形状および寸法を図-2に示す。



ボルト寸法	t <sub>1</sub> mm	t <sub>2</sub> mm
M22×75	12	12
M22×85	12	22
M22×100	19	22

図-2 試験体形状

(3) 試験方法

次の手順により締付け側のナットを回転させて締付けトルク値を測定するとともに、ボルト軸部に貼付したストレインゲージの値から軸力を測定した。

- ① ボルトに貼付したストレインゲージの零点調整を行う。
- ② 1500kg・cmのトルクでナットを締付ける。
- ③ トルシャーレンチを用いてピンテールが破断するまでナットを締付ける。その時のストレインゲージの値を読み取り締付け軸力を測定する。
- ④ 締付け完了後の締付け軸力の経時変化（リラクゼーション）をストレインゲージより読み取る。測定時期は表-3に示す。

表-3 軸力測定時間表

No.	1	2	3	4	5	6	7
締付け後の経過時間	0分	1分	2分	4分	8分	15分	30分
No.	8	9	10	11	12	13	14
締付け後の経過時間	時間1	時間2	時間4	時間24	2日	4日	8日

(4) 試験結果

表-3にもとづいて、リラクゼーションの測定を行った結果を図-3～図-5に示す。これによると今回使用を考えていた特殊ボルトは8日後のリラクゼーションが11～15%であった。これは普通の高力ボルトのリラクゼーションが5～7%程度であることを考えると大きな値となっていた。これは当初に所定の軸力が導入されていてもリラクゼーションによりボルト軸力が設計ボルト軸力を下回る危険性を有することになる。また図-3により締付け完了後1日経過した時点で、リラクゼーションがほぼ完了していることが解る。このために、締付け後11日目に再度増し締めを行い、リラクゼーションを2日間測定した。この結果、増し締め後のリラクゼーションは3～4%と良好な結果を得た。

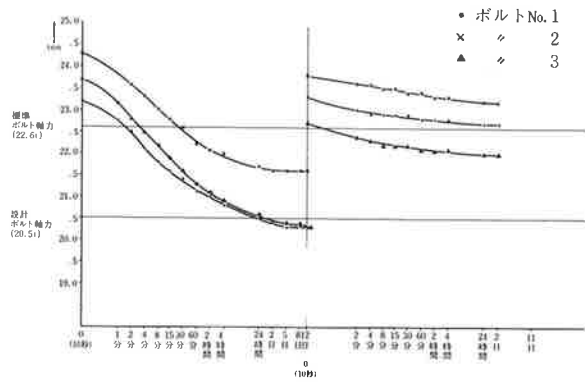


図-3 ボルト軸力リラクゼーション：両ねじボルトM22×75

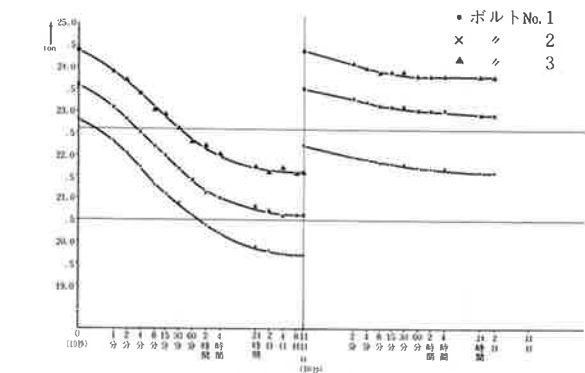


図-4 ボルト軸力リラクゼーション：両ねじボルトM22×85

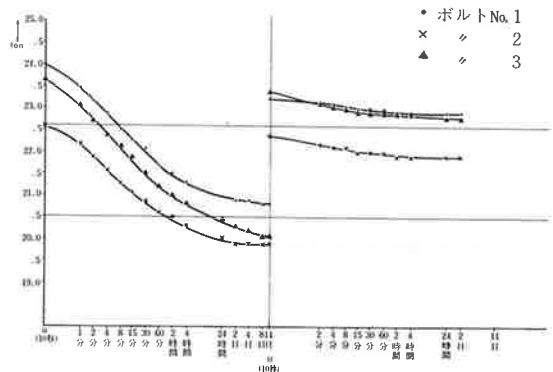


図-5 ボルト軸力リラクゼーション：両ねじボルトM22×100

### 5. 特殊ボルトの締付け方法の決定

試験結果から、特殊ボルトのリラクゼーションは大きいですが、締付け完了後1日以上経過後に増し締めを行うことにより通常の高力ボルトと同等の軸力を確保できることが解った。このことにより、特殊ボルトの締付け方法として次の手順を採用することとした。

- ① 予備締め スパナにより、約1,500～2,000kg・cmのトルクで予備締めを行う。
- ② 一次締め トルシレンチを用いて、ピンテールが破断するまでナットを締付ける。
- ③ 二次締め 一次締付けが完了した1～2日後に（増し締め）ナットランナーを用いて7,000kg・cmのトルク値で増し締めを行う。

### 6. 現場施工

コンクリートに埋込まれた上フランジ連結部の高力ボルト取換えフローチャートを図-6に示し、以下にその手順の詳細を述べる。

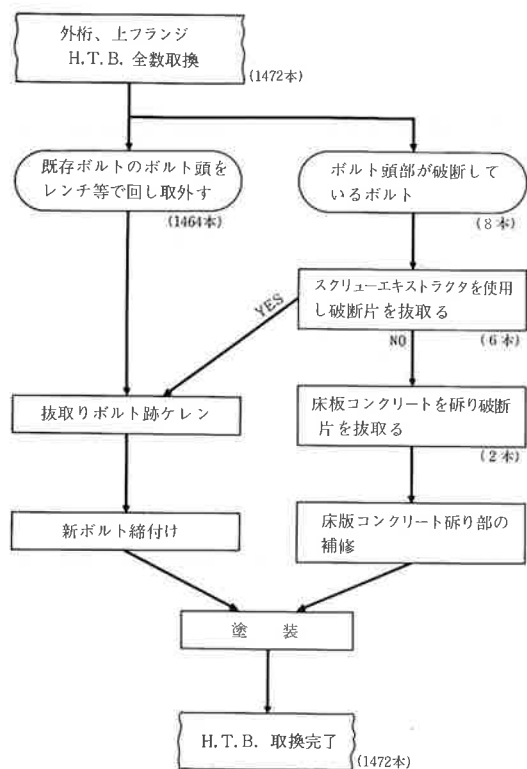


図-6 高力ボルト取換えフローチャート

#### (1) 高力ボルトの抜取り方法

1) 遅れ破壊を起していない高力ボルトの抜取り方法

ナットランナーまたはトルクレンチを用いてボルト頭部を回転させることにより抜取った。

2) 遅れ破壊を起している高力ボルトの抜取り方法

① 破断ボルト軸部に抜取り用の孔（10%φ）を穿孔ガイドを用いて電気ドリルで穿孔した。

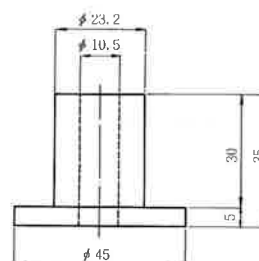
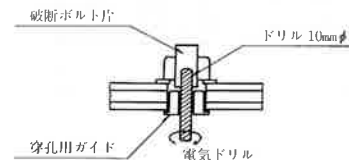


図-7 穿孔要領図

② 抜取り用の孔にスクリーエキストラクターを挿入し、モンキーレンチを用いてスクリーエキストラクターを左回転させて破断ボルトを抜取った。

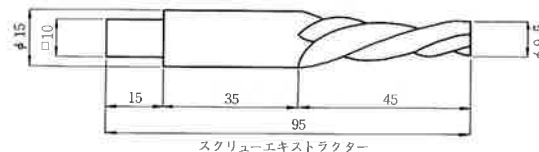
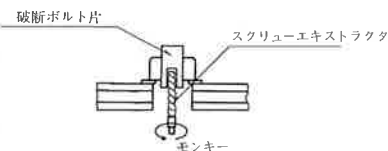


図-8 ボルト抜取り要領図

3) 床版ハンチ部のコンクリートを研り取って抜取る方法

前回（昭和55年）の調査時に抜取りできなかった、ボルト頭部が欠落したボルトに適用した。前回調査時に、頭部が欠落したボルトの抜取りについてはボルト軸部にタッピングを行い抜取る方法を採用したが、その際、ボルト軸部のタッ

ピング位置が図-9に示すようにボルト軸部中心より偏心していたために抜取れなかったものである。

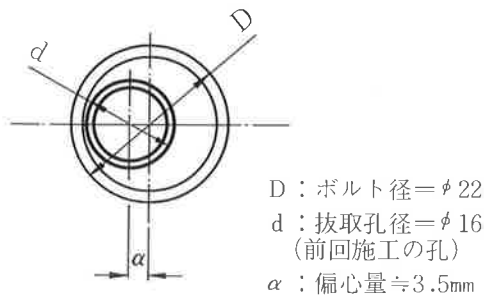


図-9 穿孔の偏心状態

床版ハンチ部コンクリートの研り取りは図-10に示す要領で行った。

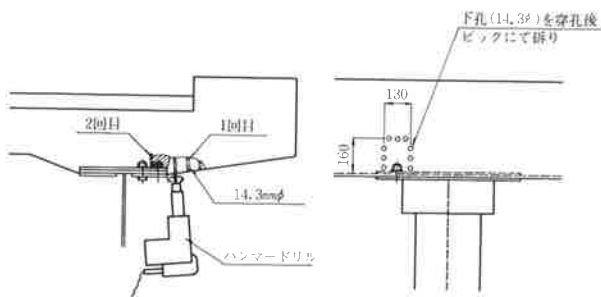


図-10 研り要領

(2) 高力ボルトの施工

- 1) 既存の高力ボルトを抜取った後、抜取り跡をディスクグラインダーを用いてケレンを行った。



写真-1 抜取り後のケレン作業

- 2) 床版コンクリート内に残っているナットに特殊ボルトをパイプレンチを用いて所定の位置までねじ込んだ。



写真-2 特殊ボルトの挿入作業

- 3) 1,500kg・cm～2,000kg・cmのトルク値で予備締めを行った。



写真-3 予備締め作業

- 4) トルクレンチを(Q,L,E型)を用いて6,700kg・cmのトルク値で一次締めを行った。



写真-4 本締め作業

- 5) 図-11に示す治具を用いてボルトチップを切断した。

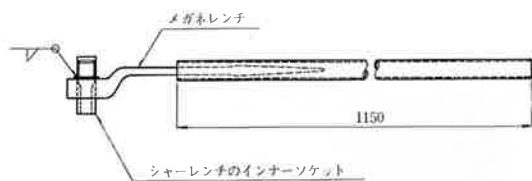


図-11 チップの切断用治具

- 6) 一次締めが完了してから4日以上経過してからトルクレンチを用いて7,200kg・cmのトルク値で増し締めを行った。

## まとめ

平出高架橋の上フランジ添接部の高力ボルトの施工を行った。その結果について記す。

- 1) 遅れ破壊を起しボルト頭部が欠落しているボルトの抜取りは、従来のタッピング方式からスクリーエキストラクターと穿孔用ガイドを用いる方式にすることにより、ほぼ100%の抜取りが可能であった。
- 2) トルシャータイプの両ネジ高力ボルトを考案し、実際施工に適用した。その結果の問題点とその対策について以下に述べる。
  - ① コンクリート内部に埋設されているナットは十分に防錆されている状態にあった。そのために、実験時に考えた通常用いられる6,700kg・cmの一次締めではピンテールの破断ができなかったので、一次締め完了後ピンテールをシャーレンチで切断した。したがって、今後はコンクリート埋設側のナットに入っていくネジの摩擦係数を大きくし、新しいナットの摩擦係数を小さくするといった方法によりこの問題を解決するか、もしくは、ピンテールをボルトに挿入するためにだけ考え、それに適合した形状にする必要がある。
  - ② ①の問題を考え埋設ナット側のネジの方向と新しいナット側のネジの方向を逆にした両ネジボルトを考え一部の箇所に適用した。この場合の問題は①と同様の理由により、締付後のトルクチェックができないので、この方法を採用するためには、ボルト工場製作時により厳しいトルク係数、チップ形状の管理を行い、締付軸力の変動を小さくする必要がある。今回、使用したボルトの現場キャリブレーションの結果は、キャリブレーションボルト30本に対して、締付軸力の $\bar{X}=24.030\text{ton}$ ,  $\bar{R}=0.98$ ,  $\sigma_n=0.42$  とな

り、変動係数  $C_v=1.7\%$  であった。これは日本道路協会の規格  $C_v \leq 5\%$  と比較すると非常に良好であった。

- 3) 遅れ破壊を起しており、かつ前回（昭和55年時）に抜取れなかったボルト2本について、床版ハンチ部のコンクリートを研り取ってボルトの取換えを行った。この方法は工程的な問題、既存のコンクリートを破壊すること、また、場所によっては交通遮断しなければならないこと等を考えるとやむを得ない場合以外は避けることが望ましいと考える。

おわりに、本工事で採用した工法の検討に際して、日本道路公団諏訪管理事務所、東浦助役ならびに花房技師にご指導を受けたことを感謝いたします。なお、本工法については、現在日本道路公団と共同で特許出願中である。