

鋼橋腐食部の断面補修工法

Sectional Mending Engineering Method of Steel Bridge Corrosional Section

茂手木 博
Hiroshi MOTEGI

川田建設㈱土木保全事業部工事事務課係長

島辺 政秀
Masahide SHIMABE

川田建設㈱土木保全事業部工事事務次長

北野 勇一
Yuichi KITANO

川田建設㈱工事本部開発部技術開発課

1. はじめに

首都高速神奈川1号横羽線、子安料金所下の鋼連続箱桁端支点張出し部において、箱桁内下フランジにかなり激しい腐食が発見され(欠損板厚5mm程度)補修工事を行った(図7)。

腐食の発生は、伸縮装置からの漏水が原因と考えられるが、箱桁内へ侵入するためのマンホール等が無く、昭和43年建設当時から1度も内部検査ができなかったこと、また腐食位置が高架下から目視点検しにくい場所であったこと等が発見を遅らせる結果となったようである。

2. 補強方法

鋼材腐食部の補強方法として、①腐食部分を切断撤去して新規部材に取り替える、②腐食部に当て板を行って高力ボルトにて添接する——等が考えられるが、今回は施工の簡便さや経済性より②の補強方法を採用した。

当て板を用いた添接板補強を行うに際し、腐食部分を除去した凸凹のある母材との添接は、道路橋示方書に規定する0.4以上のすべり係数を確保できないと考えられる。また母材との肌きおおよび水の侵入防止を兼ねて、母材と添接板間に鋼材どうしの接着性に富むエポキシ樹脂系の接着剤にてライニングを行った。

施工に先立っては、添接面に接着剤と高力ボルトを併用した継手の引張試験を行い、併用継手部材のすべり耐力の確認および、市販の接着剤について適応性の比較を行ったので、その内容について報告する。

3. 接着剤併用高力ボルト試験

本試験では、併用継手のすべり耐力に関する影響因子のうち、以下の3項目について検討を行った。

(1) 接着剤塗布面の腐食の有無

腐食による凸凹の有無により樹脂厚が変化することを

想定し母材表面に5mmのテーパを施した試験片(図1)と、平滑とした試験片の2種類を製作した。試験片は、添接面に接着材を塗布後、仮ボルトで樹脂層がつぶれない程度に締め付け、2日の常温養生を行った後にトルシアボルトにて本締めを行った。

(2) 接着材の種類

接着剤は、一般的に入手しやすい市販の常温硬化型エポキシ樹脂接着剤(パテ状)を3種類選定した。表1に3つの接着剤の物理的特性を示す。

(3) 引張り試験方法

継手のすべり耐力の確認として、以下の2手法を選定し、引張試験を実施した。

① 200t万能引張試験機を使用して継手のすべり荷重

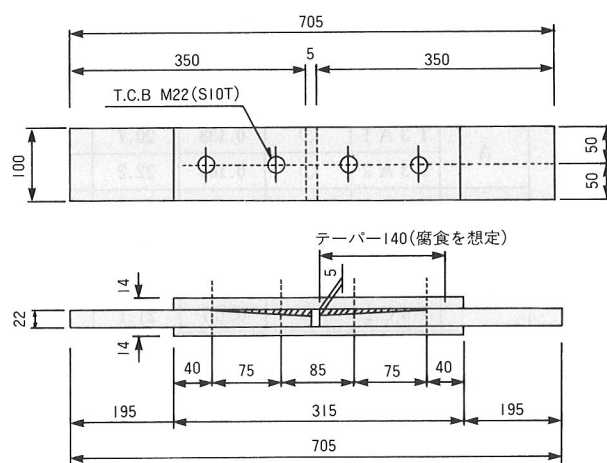


図1 引張試験片(腐食を想定)

表1 各種接着剤の物理的特性(試験成績表およびカタログデータ)

接着剤 種別	比重	圧縮 強度 N/mm ²	圧縮 弾性率 N/mm ²	引張せん断 強度 N/mm ²	備考
A	1.65	81.0	4 921	16.2	2液混合形
B	2.89	79.0	1 905	18.5	2液混合形
C	2.30	66.2	5 790	19.6	2液混合形(鉄粉配合)

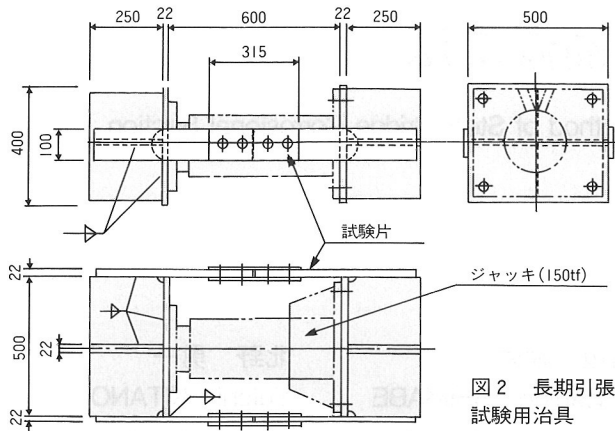


図2 長期引張試験用治具

を測定し、0.4のすべり係数が確保できるか、またボルト締付け軸力の変化を確認する短期引張試験。

- ② 油圧ジャッキを使用した特殊治具（図2）を用いて、継手に10日間持続荷重を載荷し、すべりの有無、ボルト締付け軸力の変化を確認する長期引張試験。

表2 短期引張試験結果

短期引張試験片 (接着剤+高力ボルト)			導入軸力	試験軸力	リラクセーション	すべり	すべり係数	
接合部	接着剤	名称	P_i (tf)	P_o (tf)	$1-P_o/P_i$ (%)	荷重 P_s (tf)	$P_s/P_i/4$	$P_s/P_o/4$
平滑	A	T-1A	24.1	21.6	10.2	67.7	0.703	0.782
	B	T-1B	23.8	21.1	11.4	57.8	0.608	0.686
	C	T-1C	23.4	22.0	5.7	48.7	0.521	0.553
テーパ有	A	T-2A	21.9	16.8	23.0	58.1	0.663	0.861
	B	T-2B	23.3	17.5	24.9	48.8	0.523	0.696
	C	T-2C	22.4	19.7	12.1	37.3	0.416	0.473

表3 長期引張試験結果

長期引張試験片 (接着剤+高力ボルト)			すべりの有：×	継手のクリップ変位	試験前の軸力 P_o	リラクセーション	すべり	すべり係数
接合部	接着剤	名称	無：○	(mm)	(tf)	(%)	荷重 P_s (tf)	$P_s/\Sigma P_o/4$
テーパ有	A	T3A1	○	0.138	20.7	10.3	100.8	0.587
		T3A2	○	0.109	22.2	7.4		
	B	T3B1	×	0.509	18.3	19.0	56.7	0.386
		T3B2	×	0.371	18.4	17.8		
	C	T3C1	○	0.131	20.7	3.5	77.7	0.465
		T3C2	○	0.127	21.1	5.4		

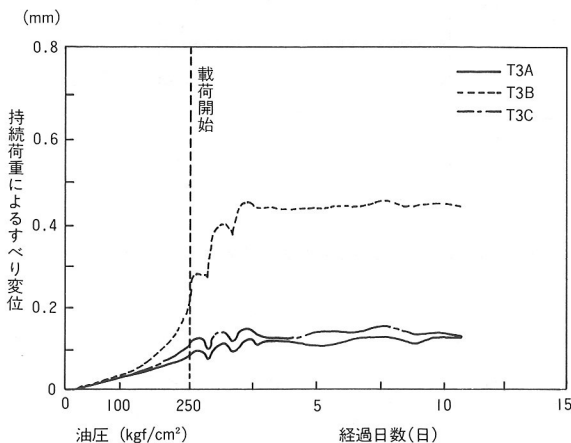


図5 長期持続荷重下におけるすべり変位

4. 試験結果

(1) 短期引張試験結果

試験結果を表2に、またボルト締付け軸力の経時変化を締付け時、5日後の試験開始時に測定した結果を図3に示す。

締付け直後のボルト軸力は、テーパ付の試験片がやや低く5日後の経時変化を測定した結果でも、接着剤A、Bの軸力減少率が大きく、設計値の20.5tfを満足できない結果となっている。これは樹脂層が厚いため、支圧力を受けて樹脂が塑性変形を起こしたものと考えられる。しかし、すべり係数に関しては、全試験片において規定値の0.4を確保できる結果となっている。

(2) 長期引張試験結果

長期引張試験は、腐食を考慮したテーパ付き試験片のみで行い、実橋における過大荷重を想定して、設計ボルト許容耐力の20%増し(継手1カ所に約24tf)の引張荷重を10日間連続載荷させた。試験結果を表3、図4～6

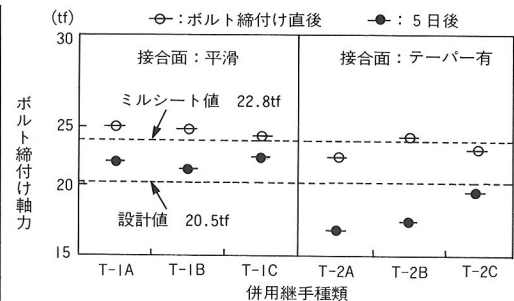


図3 併用継手のボルト締付け軸力

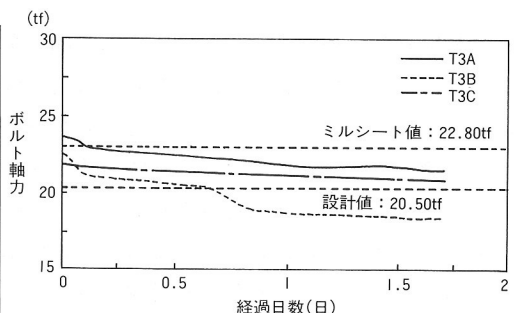


図4 ボルト締付け軸力の経時変化

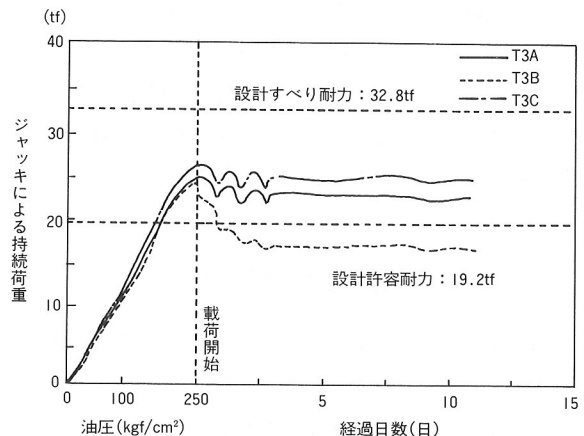


図6 長期引張試験の持続荷重の変化

に示す。これによれば、接着剤Bを用いた継手はすべりを起こし、引張荷重が低下している。接着剤A、Cを用いた継手は、クリープによる変位が0.1mm程度見られたが、それ以上変形することもなく、試験後に計測したすべり係数も0.4をかなり上回る値となった。

またボルト締付け軸力の経時変化を、ボルト締付け直後から2日後の荷重載荷直前まで計測した結果によると、軸力減少量は短期引張試験時に測定した締付け後5日の値に達していないことから、リラクセーションの終了までは長期間（過去の試験等¹⁾に7日の事例有）を要すると考えられる。

5. 試験結果のまとめ

短期および長期引張試験結果のまとめを表4に示す。試験結果より、当て板を用いた断面補強として接着剤併用継手を用いる場合、使用材料としては接着剤Aが最適であり、摩擦接合継手としての十分な強度を確保することが可能と考えられる。

また接着剤Cに関しても、持続荷重に対しては良好な結果を示しており、ボルト締付け軸力の減少率に関しては、最も小さい結果となった。これは、接着剤の成分に鉄粉が配合された効果が現れたものと思われるが、接着力が温度、湿度に左右されやすいようである。

接着剤Cは、併用継手の使用材料としては接着力に問題があり、不適格であると判断される。

今回は、腐食面を想定して添接面に完全な接着剤層を形成させた試験片を使用した。実際の腐食面は細かな凹凸状になっており、当て板と母材の鋼板どうしは広範囲で接触している。したがって、ボルト締付け軸力の低

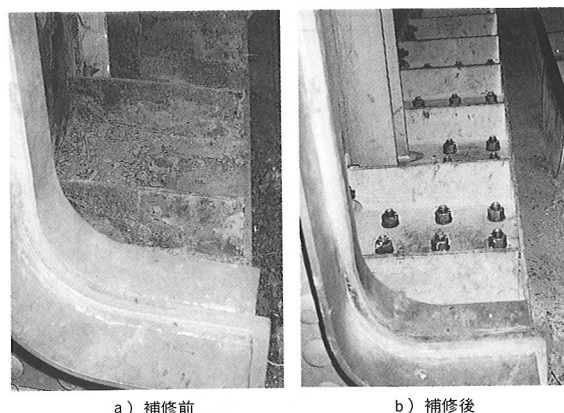


写真1 箱桁端部の腐食部補修例 関連工事名：首都高速道路公団 神奈川管理部箱端部補強工事(I) (横浜)

下も実験値ほど大きくないものと考えられるので、本施工では特にボルトの増し締めは行わなかった。

接着剤は、環境条件（温度、湿度、接合面状態、養生日数、ボルト軸力、継手にかかる外力等）により接着力（添接効率）が影響されやすいため、今後は影響されにくい接着剤の開発や、良好な接着効果を得るための管理手法の検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 村中昭典・皆田 理・重吉 勝：腐食部材を用いた樹脂併用高力ボルト接合の静的強度，土木学会第46回年次学術講演会講演概要集，pp.594～595，1991年9月。

表4 各種接着剤を用いた併用継手のすべり特性評価

接着剤の種類 接 合 部	A		B		C	
	平滑	テーパー有	平滑	テーパー有	平滑	テーパー有
ボルト軸力の減少率(%)	○ 10.2	△ 23.0	○ 11.4	△ 24.9	◎ 5.7	○ 12.1
すべり係数	◎	◎	◎	○	○	△
設計軸力 (20.5tf)	0.825	0.709	0.705	0.595	0.594	0.455
試験軸力	0.782	0.861	0.686	0.696	0.553	0.473
引張せん断強度 (kgf/cm ²)	○ 97	○ 79	○ 69	△ 44	× 15	× 0
設計すべり耐力の70%の 持続荷重によるすべりの 有無，持続荷重除荷後の すべり係数	○ —	○ すべりは ほぼ無し 0.587	○ —	× すべり有 り 0.386	○ —	○ すべりは ほぼ無し 0.465
まとめ	湿度が高めの室内試験においても接着力が発揮され、短期・長期試験ともに良好なすべり耐力を有する。		接着剤Aに比べ圧縮弾性係数が劣るため、高い支圧力を受けるときの接着力が低下、持続荷重にはもろい面が見られた。		本室内試験では、鋼板面にぬれが生じ接着不良を起こした。しかし、軸力減少率や持続荷重に対しては良好な特性を持つ。	
(評価) ◎：優 ○：良 △：可 ×：不可						

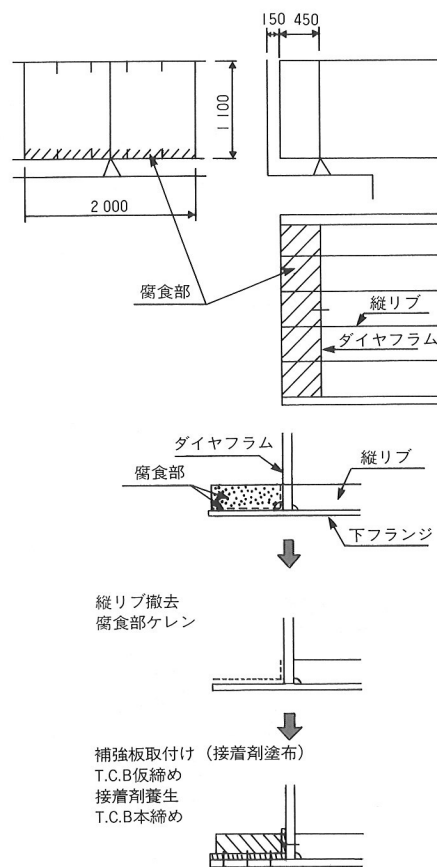


図7 腐食部補修要領図