

I—11 接触式高力ボルト支圧接合法による虹鱒橋の架設

北海道大学工学部

正員 渡 辺 昇

北海道開発局札幌開発建設部

岩 瀬 徹 也

五洋建設株式会社

塚 田 俊 一

1. まえがき

高力ボルト摩擦接合がわが国で使用され始めたのは1954年頃からであるが、最近このボルトの遅れ破壊による欠落が目立ってきている。例えば、首都高速道路公団の高架橋に使用された高力ボルトの欠落がすでに130本を超えたと報告されている(土木学会第36回年次学術講演概要集第1部I—102, 昭和56年10月)。高力ボルト摩擦接合には次のような欠点があることがわかってきている。

(イ) 高強度の高力ボルトほど遅れ破壊を起しやすい。

(ロ) 継手部の部材・添接板の板厚が厚くなると高力ボルトの長さが長くなり、高力ボルト自身の応力弛緩が大きい。

(ハ) 添接板の内面に防錆塗料などを塗ると摩擦力が低下するおそれがあり、また塗膜の厚さが厚くなるほど高力ボルト自身の応力弛緩が大きい。

そこで、高力ボルト摩擦接合に代るものとして、高力ボルトの支圧耐力とせん断耐力に依存する「接触式高力ボルト支圧接合法」を考え、昭和58年9月16日に北海道開発局留萌開発建設部の二股橋の実橋架設に一部この接合法を試験的に適用し成功したので、続いて今回昭和60年9月5日に北海道開発局札幌開発建設部の虹鱒橋の実橋架設に全面的に適用して成功した。この虹鱒橋について報告する。

2. 接触式高力ボルト支圧接合法の設計施工指針

北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会制定の「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針」の中に、次のような「接触式高力ボルト支圧接合設計施工指針案」が規定された。

(1) 部材の現場継手に接触式高力ボルト支圧接合を用いる場合には、高力ボルトは軸径22mmのものを標準とし、次の事項に留意するものとする。

1) 高力ボルトの軸径の基準寸法は22.0mm, 許容差は±0.1mmとする。

2) 部材、添接板などのボルト孔径の基準寸法は22.9mmとし、削孔の許容差は±0.3mmとする。

(2) 部材の現場継手に接触式高力ボルト支圧接合を用いる場合の許容応力度は次のとおりとする。

1) 高力ボルト:(kg/cm²)

	F8T	F10T
せん断	1500	1900
支圧	6400	9000

2) 鋼板:(kg/cm²)

	SS41 SM41 SMA41	SM50	SM50Y SM53 SMA50	SM58 SMA58
引張	1400	1900	2100	2600
せん断	800	1100	1200	1500
支圧	2100	2800	3100	3900

(3) 部材の現場継手に接触式高力ボルト支圧接合を用いる場合、ボルトの締付力はF6T程度とし、ナット回転法によってよい。

(4) 死荷重にくらべて活荷重の占める割合が大きく、しかも繰返し応力や厳しい応力変動をうける一次部材の接合の場合、あるいは交番応力をうける二次部材の接合の場合には、F8T, M22を標準とする高力ボルト摩擦接合によるものとする。

3. ボルト値について

接触式高力ボルト支圧接合部の使用ボルト本数などを計算するためのボルト値は次のとおりである。

ボルト径はd=22mmとする。

(1) ボルトのせん断強さ ρ_s (kg)

ボルトのせん断強さ ρ_s (kg)

[表1]	断面積 A (cm ²)	許容応力度	せん断強さ ρ_s (kg)	
		τ_a (kg/cm ²)	単せん = $\tau_a A$	複せん = $2\tau_a A$
F 8 T	3.80	1,500	5,702	11,403
F 10 T	3.80	1,900	7,222	14,444

(2) 鋼板厚 t に対する支圧強さ ρ_b (kg)

鋼板厚 t に対する支圧強さ ρ_b (kg)

[表2] F 8 T を用いる場合				
鋼種	SS 41	SM 50	SMA 50	SMA 58
許容応力度 σ_b (kg/cm ²)	2100	2800	3100	3900
板厚 t (mm)	支圧強さ (kg) $\rho_b = \sigma_b t \times \frac{1}{100}$			
1	462	616	682	858
6	2772	3696	4092	5148
7	3234	4312	4774	6006
8	3696	4920	5456	6864
9	4158	5544	6130	7722
10	4620	6160	6820	8580
11	5082	6776	7502	9438
12	5544	7392	8184	10296
13	6006	8000	8866	11154
14	6468	8624	9548	
15	6930	9240	10230	
16	7392	9856	10912	
17	7854	10472		
18	8316	11088		
19	8778			
20	9240			
21	9702			
22	10164			
23	10626			
24	11088			
25				

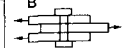


A, B 共に
支圧の ρ_b で
きまる

A の場合は
単せんの ρ_s ,
B の場合は
支圧の ρ_b で
きまる

A の場合は
単せんの ρ_s ,
B の場合は
複せんの ρ_s
できまる

[表3] F 10 T を用いる場合:				
鋼種	SS 41	SM 50	SMA 50	SMA 58
許容応力度 σ_b (kg/cm ²)	2100	2800	3100	3900
板厚 t (mm)	支圧強さ (kg) $\rho_b = \sigma_b t \times \frac{1}{100}$			
1	462	616	682	858
6	2772	3696	4092	5148
7	3234	4312	4774	6006
8	3696	4920	5456	6864
9	4158	5544	6130	7722
10	4620	6160	6820	8580
11	5082	6776	7502	9438
12	5544	7392	8184	10296
13	6006	8000	8866	11154
14	6468	8624	9548	12012
15	6930	9240	10230	12870
16	7392	9856	10912	13728
17	7854	10472	11594	
18	8316	11088	12276	
19	8778	11704	12958	
20	9240	12320	13640	
21	9702	12936	14322	
22	10164	13552		
23	10626	14168		
24	11088			
25	11550			
26	12166			
27	12782			
28	13398			
29	14014			
30				



A, B 共に
支圧の ρ_b で
きまる

A の場合は
単せんの ρ_s ,
B の場合は
支圧の ρ_b で
きまる

A の場合は
単せんの ρ_s ,
B の場合は
複せんの ρ_s
できまる

4. 接触式高力ボルト支圧接合法による架設時の橋桁の沈降量について

接触式高力ボルト支圧接合法の場合、現場における橋の架設方法は次のようになる。

図 1 において、①にドリフトピンを打ち込んで桁の位置決めを行ない、そして他のすべてのボルト孔に高力ボルト F 8 T をセットし軽くしめる。

ただし、②の高力ボルトのみは F 8 T 程度にきつく締める。①のドリフトピンを抜く。そこに高力ボルト F 8 T をセットし軽くしめる。②をゆるめる。

桁全体が自重により沈降し、ボルト軸部表面とボルト孔内面とが接触する（以降メタルタッチという）。そこで、すべての高力ボルトを F 6 T 程度にナット回転法によりきつく締める。これで架設が完了する。

このように、接触式高力ボルト支圧接合法の架設は、従来の高力ボルト摩擦接合法や打込式高力ボルト支圧接合法にくらべて簡単なものであるが、ただ架設時の桁の沈降量をあらかじめ計算しておいて、桁の上越し製作をしておかなければならない。

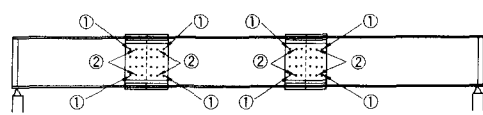


図 1

(1) 架設時の主桁の沈降量の計算方法は次のとおりである。

1) 主桁の支間中央の沈降量 d の計算方法 (図 2)

主桁の支間を ℓ , 桁高を h とし、桁の上フランジ弧長が p だけ短くなり、下フランジ弧長が p だけ長くなったとすると、

$$r\theta = \ell - p, \quad (r+h)\theta = \ell + p \quad \text{であるから}$$

この 2 式より θ を消去すると、

$$r = \frac{\ell - p}{2p} h, \quad \theta = \frac{\ell - p}{r} = (\ell - p) \frac{2p}{(\ell - p)h} = \frac{2p}{h},$$

$$\frac{\theta}{2} = \frac{p}{h}, \quad \text{主桁の支間中央の沈降量 } d \text{ は}$$

$$d = r - r \cos \frac{\theta}{2} = \frac{\ell - p}{2} h \left(1 - \cos \frac{p}{h}\right), \quad \text{しかるに}$$

$$\cos \frac{p}{h} \div 1 - \left(\frac{p}{h}\right)^2, \quad \ell - p \div \ell \quad \text{だから} \quad d = \frac{\ell - p}{2p} h \left(1 - \cos \frac{p}{h}\right) = \frac{\ell}{2p} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{p^2}{h^2} = \frac{p}{4} \frac{\ell}{h} \quad \dots (1)$$

〔例 1〕 $\ell = 2000 \text{ cm}$, $h = 100 \text{ cm}$ クリアランス (ボルト孔直径とボルト軸直径との差) $= c = 0.2 \text{ cm}$

$$p = 2c = 0.4 \text{ cm} : (\text{図 3})$$

$$d = \frac{p}{4} \frac{\ell}{h} = \frac{0.4}{4} \frac{2000}{100} = 2.0 \text{ cm}$$

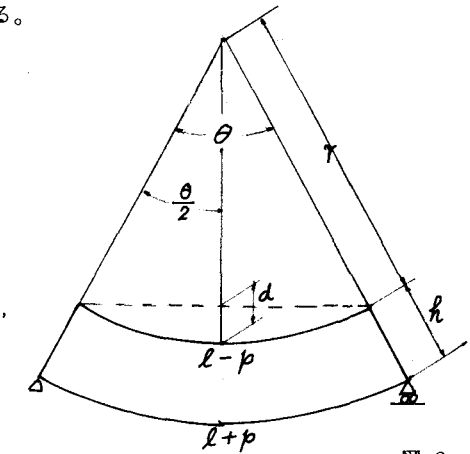


図 2

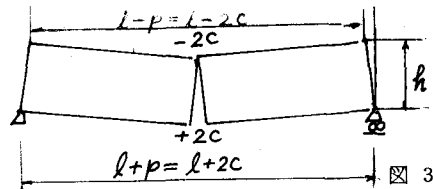


図 3

〔例 2〕 $\ell = 2000 \text{ cm}$, $h = 100 \text{ cm}$, $c = 0.2 \text{ cm}$, $p = 4c = 0.8 \text{ cm} : (\text{図 4})$

$$d = \frac{p}{4} \frac{\ell}{h} = \frac{0.8}{4} \frac{2000}{100} = 4.0 \text{ cm}$$

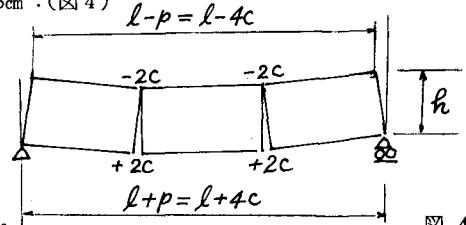


図 4

2) 主桁の接合部の沈降量 y の計算方法 (図 5)

(イ) フランジ線を円弧とみなす場合

$$y = d - r(1 - \cos \alpha) = r(\cos \alpha - \cos \frac{p}{h})$$

$$= r \left\{ \left(1 - \frac{\alpha^2}{2}\right) - \left(1 - \frac{p^2}{2h^2}\right) \right\} = \frac{\ell h}{4p} \left\{ \frac{p^2}{h^2} \left(1 - \frac{4b^2}{\ell^2}\right) \right\} = d \left(1 - \frac{4b^2}{\ell^2}\right) \quad \dots (2)$$

(ロ) フランジ線を 2 次放物線とみなす場合

$$y = 4 \left(\frac{a}{\ell} - \frac{a^2}{\ell^2} \right) d \quad \dots (3)$$

〔虹鱗橋の計算例〕 (図 6)

$$c = 0.13 \text{ cm}, \quad \ell = 3620 \text{ cm}, \quad a = 1190 \text{ cm}$$

$$b = 1810 - 1190 = 620 \text{ cm}, \quad h = 180 \text{ cm}, \quad p = 4c = 0.52 \text{ cm}$$

$$d = \frac{p}{4} \frac{\ell}{h} = \frac{0.52}{4} \frac{3620}{180} \times 0.13 = 2.61 \text{ cm}$$

$$\text{式(2)によれば, } y = 2.61 \left(1 - \frac{4 \times 620^2}{3620^2}\right) = 2.31 \text{ cm}$$

$$\text{式(3)によれば, } y = 4 \left(\frac{1190}{3620} - \frac{1190^2}{3620^2} \right) \times 2.61 = 2.31 \text{ cm}$$

可動沓は水平に $p = 4c = 0.52 \text{ cm}$ 移動する。

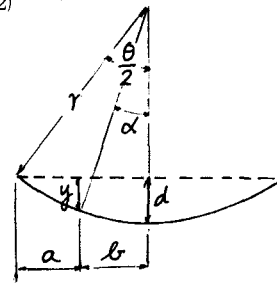


図 5

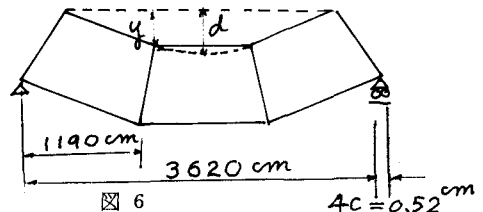


図 6

(2) 横桁の架設

接触式高力ボルト支圧接合法による現場における横桁の架設方法は次のようにする。

図 7 のように、横桁を主桁に対して 2 c だけ上げ越し状態でドリフトピンにより位置決めする。ドリフトピンを抜き、メタルタッチになると、横桁は主桁に対して同一レベルになる。

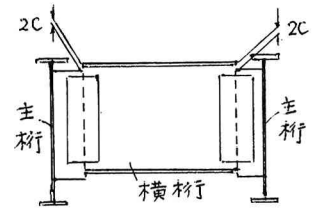


図 7

(3) 横構・対傾構の架設

横構・対傾構の連結においては架設中の自重によるメタルタッチができない。したがって連結は、高力ボルト摩擦接合法による。ただし、ボルトの遅れ破壊を起さないように F 8 T の高力ボルトを用いた。

5 虹鱒橋の製作・架設・現場測定

(1) 工事概要

橋名：虹鱒橋，路線名：一般国道 276 号 千歳市，橋格：一等橋，形式：活荷重合成格子桁（主桁 5 本），橋長：37 m 0 0 0，支間：36 m 2 0 0，幅員：9 m 5 0 0（車道）・3 m 0 0 0（片歩道），鉄筋コンクリート床版厚：22 cm，アスファルト舗装厚：8 cm（車道）・3 cm（歩道），発注者：北海道開発局札幌開発建設部，製作・架設：五洋建設（株），設計・架設法：接触式高力ボルト支圧接合法，使用高力ボルトの種類：普通高力ボルト・MGS 処理（亜鉛メッキ）高力ボルト・耐候性高力ボルト・防錆処理高力ボルト・ステンレス高力ボルト（SUS403）

(2) 製作

写真 1：添接板の内面の塗装工（サンドブラスト・鉛系錆止め 2 層）。接触式高力ボルト支圧接合法では添接板の内面に任意の塗装をぬることができる。

写真 2：ボルト孔あけは後孔工法によった。

写真 3：添接部のボルト孔径の精度確認。

(3) 架設・現場測定

写真 4・写真 5：ドリフトピンによる桁の位置決めとボルト孔へのボルトのセット。

写真 6：桁のダウン前後における添接箇所の上フランジの隙間の変化量の測定（桁ダウン後は隙間は 2 c だけ縮まる）。

写真 7：同じく下フランジの隙間の変化量の測定（桁ダウン後は隙間は 2 c だけひろがる）。

写真 8：桁ダウン後の桁の沈降量のけん垂尺による測定。

写真 9：桁ダウン後の可動沓の水平移動量のダイヤルゲージによる測定（水平に 4 c だけ移動する）。

写真 10・写真 11：桁ダウン後、ボルトの本締め（F 6 T 程度・締付トルク 4000 kg・cm）。

写真 12：架設完了

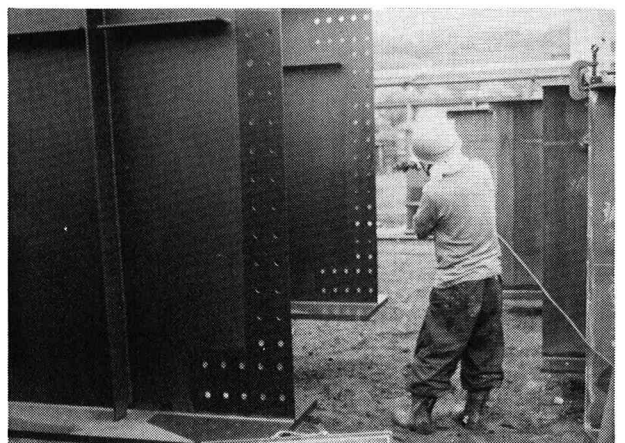


写真 1



写真 2



写真 3

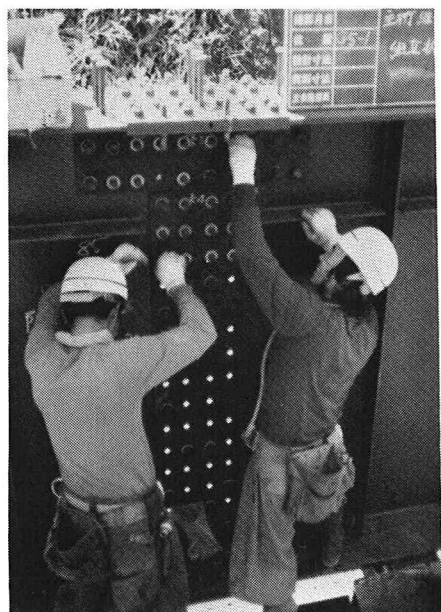


写真 4

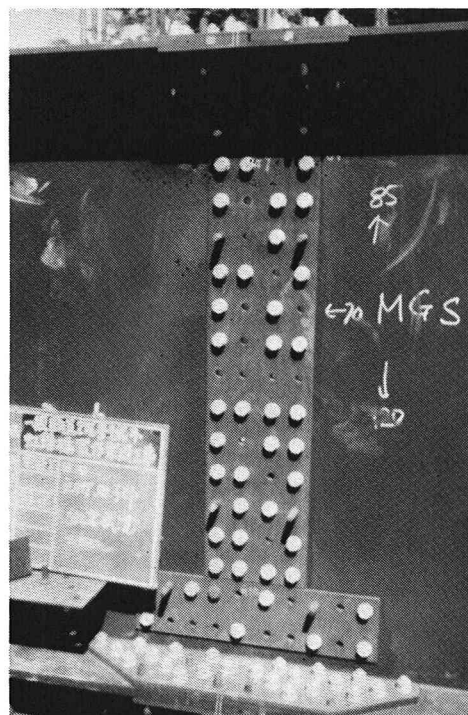


写真 5



写真 6

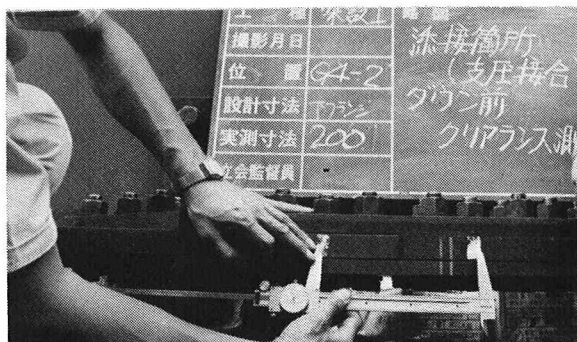


写真 7



写真 8

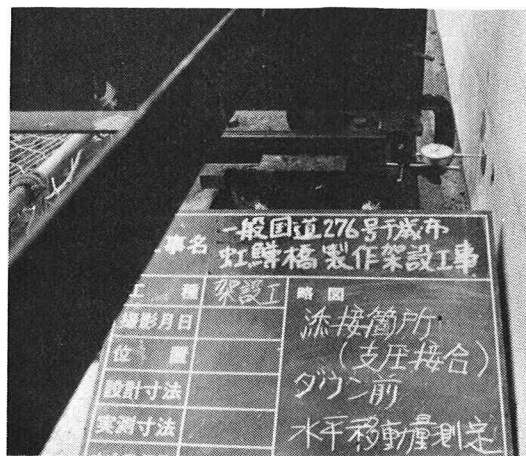


写真 9

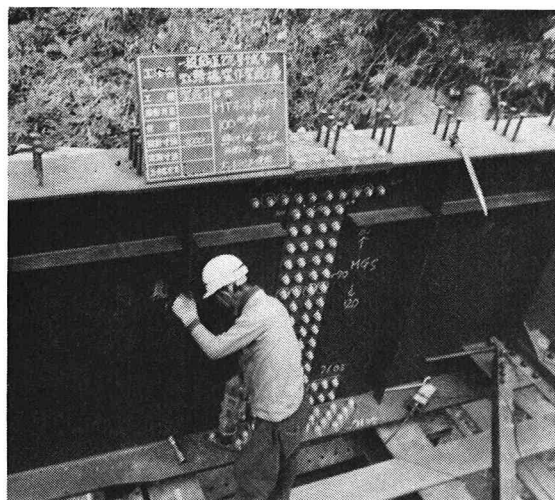


写真 10

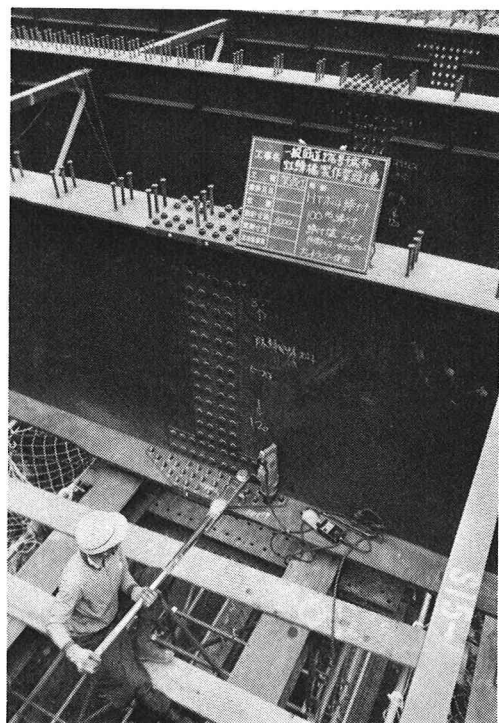


写真 11

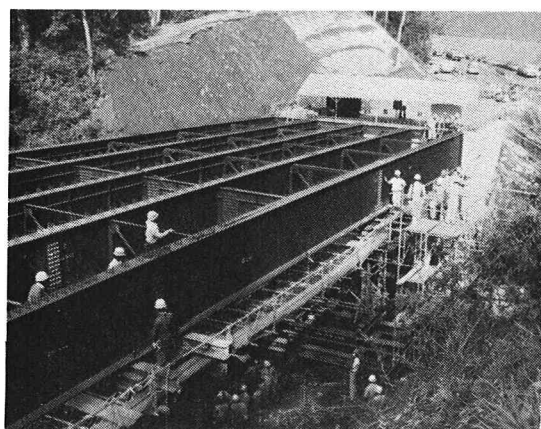


写真 12