

I-A 370 高力ボルトを用いた吊り金具の設計法の開発

その1 低ボルト軸力と標準ボルト軸力時の挙動

熊野工業高等専門学校 正会員 五十石 浩
近畿大学理工学部 正会員 谷平 勉

1. まえがき

高力ボルト（以下HSBと称する）は、鋼構造の接合部に摩擦接合、支圧接合、引張接合として数多く用いられ、その設計法も整備されている。しかし、HSBを引張接合として用いる場合で引張力とせん断力が同時に作用する接合例はあまり多く見受けられない。近年、大型で大支間を有する橋梁の建設が計画される中、橋桁を吊り上げる際の施工性を改善する一例として吊り金具を溶接せずにHSBを用いて取り付けの方法が考案され、引張力とせん断力が同時に作用するHSBの詳細な性状の把握が必要となった。

本報告は、引張力とせん断力が同時に作用するHSBの性状を把握する目的で行ったM22サイズを4本使用した吊り金具の約70°方向引張加力実験の概要を述べたものである。

2. 実験方法

試験体は、M22×80mmサイズのHSB（F10T）4本を引張接合したベースプレート厚22mmの吊り金具と厚さ14mmのデッキプレートから成る。加力方法は、吊り金具にピン治具を介して70°傾いた方向に引張荷重P（鉛直分力を引張力T、水平分力をせん断力Qとする）を単調载荷させた。吊り金具の形状を図1に、加力方法を図2に示す。

初張力としてモンキーレンチの手締めによる低ボルト軸力を導入した状態とプレセット型トルクレンチによる標準ボルト軸力を導入した状態時の引張加力実験を行い、Qの作用する方向にあるHSB（圧縮側HSBと定義する）と反対方向にあるHSB（引張側HSBと定義する）の軸部に貼付したひずみゲージから算出するボルト軸力NとTの関係を主に調べた。

3. 実験結果

低ボルト軸力時 最初の暫増繰り返し载荷におけるN（HSB片側1本のボルト軸力）は、引張側HSBで $T = 2.0 \sim 3.0$ tonまで、圧縮側HSBでは約 $T = 8.0$ tonまでTの増加と材間圧縮力の減少 ΔC が釣り合って伝達されるためか、あまり変動しない性状を示した。さらにTが増大すると、NはTの増加に比例して増加する線形性を示した。HSBに初張力を再導入した後の単調繰り返し载荷におけるNは、引張側HSBでは初期の段階からTに比例する線形性を示し、圧縮側HSBでは初張力を再導入する前の暫増繰り返し载荷時と同様な性状を示した。ボルト軸力Nと引張力Tの関係を図3に示す。

線形範囲内での比 N/T は、Qによる曲げモーメントの影響により引張側と圧縮側HSBでTを分担する割合が変化するため、圧縮側HSBで約0.30を、引張側HSBでは約0.43と大

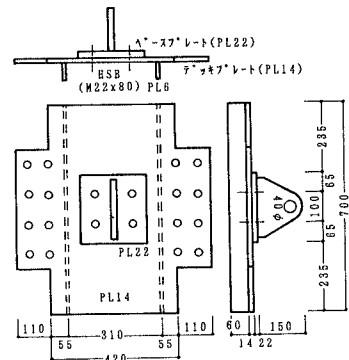


図1 吊り金具の形状

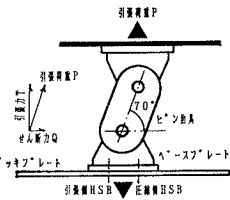


図2 加力方法

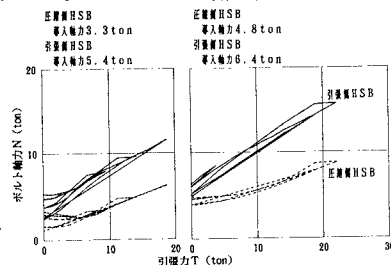


図3 ボルト軸力Nと引張力Tの関係（低ボルト軸力）

きくなったと思われる。HSB 4本分に換算した全ボルト軸力 ΣN と T の比 $\Sigma N/T$ は、 $\Sigma N=T$ の関係よりも高い勾配を有する $\Sigma N=1.46 \times T$ を示した。これは、初張力 ΣN_0 を考慮した応力伝達機構 $\Sigma N=\Sigma N_0+T-\Delta C$ で引張側と圧縮側HSBの別なく、早期に初期材間圧縮力 C_0 （ $C_0=\Sigma N_0$ ）が解除されて0になり、プレートに曲げ変形と同時に反力 R が生じて $\Sigma N=T+R$ の状態に移行したためと思われる。

標準ボルト軸力時 HSB 1本の N は、圧縮側HSBでは T の増加に比例して若干増加する線形性を示し、引張側HSBでは T が増加すると逆に減少する性状を示した。 $T=19.0$ ton時の比 N/T は、圧縮側HSBで0.01, 0.06を、引張側HSBでは-0.16, -0.22と減少を示した。HSB 4本の ΣN は、引張側HSBの性状が大きく影響して、 T が増加すると減少する性状を示した。ボルト軸力 N と引張力 T の関係を図4に示す。

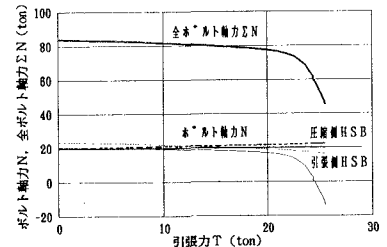


図4 ボルト軸力 N と引張力 T の関係（標準ボルト軸力）

標準ボルト軸力（ ΣN_0 ）を与えた $\Sigma N=\Sigma N_0+T-\Delta C$ の応力伝達機構で、引張側HSBは Q による曲げモーメントの影響を受けて圧縮側よりも大きな引張力が作用し、大きな材間圧縮力の減少 ΔC_c が生じる。このため曲げ変形と同時に大きな離間がプレートに生じ、 R が存在しない $\Sigma N=T$ の状態に移行したと思われる。この減少した引張側HSBの ΔC_t は、圧縮側HSBの材間圧縮力の減少 ΔC_c に付加されるため、圧縮側HSBでは曲げ変形と同時に R が発生し、 $\Sigma N=\Sigma N_0+T-(\Delta C_c-\Delta C_t)+R$ の応力伝達状態となり、 ΔC_c の解除と ΔC_t の付加および Q による曲げモーメントの影響を受けた T と R の増加がほぼ釣り合って伝達されと考えられる。

4. 有限要素法による弾性解析

吊り金具のベースプレート部分の静的挙動を把握する目的で有限要素法による弾性解析を行った。解析方法は、HSBの変形を拘束したベースプレートの片側1/2部分を8節点を有する四角形要素で分割したモデルに $T=10.0$ tonと Q による曲げモーメント $M_y=0.48$ ton・mを作用させた。材料特性は、ヤング係数 $E=2.1 \times 10^6$ kg/cm²、ポアソン比 $\nu=0.6$ を用いた。図5に解析モデルを示す。

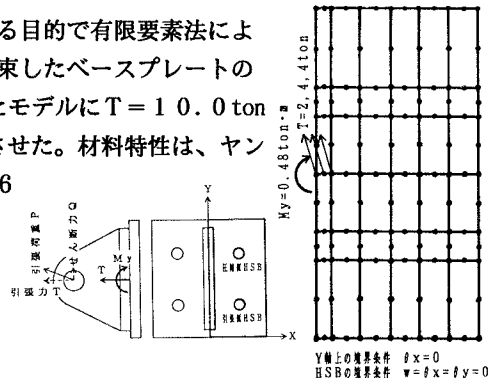


図5 有限要素法の解析モデル

変形を拘束した引張側HSBと圧縮側HSBの反力は、それぞれ8.78 tonと1.22 tonを示し、せん断力による曲げモーメントのボルト軸力に及ぼす影響の大きいことが判った。ベースプレートの変形は、約+0.1～-0.05 mmの曲げ変形状態を示し、HSBの

位置からプレート外縁部分にかけては変位がマイナスを示した。ここで実際の吊り金具にはベースプレートの下にデッキプレートが存在するので、マイナスの変位はデッキプレートの拘束を受け、てこ反力を生じるものと思われる。

5. まとめ

1) HSBに導入する初張力の大きさにより、引張力とボルト軸力の関係性状が異なる。低ボルト軸力を導入した場合は、引張力の増加に比例してボルト軸力が増加する線形関係を示し、標準ボルト軸力を導入した場合は、圧縮側HSBで引張力の増加に比例して若干増加する線形性を示し、引張側HSBでは引張力が増加すると逆に減少する性状を示した。

2) 有限要素法による弾性解析結果から、引張側HSBと圧縮側HSBとで引張力を負担する割合がせん断力による曲げモーメントの影響を受けて、約8.8対1.2と大きく変化する。