

I - 58

引張接合を用いた来島大橋主塔の耐力力特性について

来島大橋主塔2P3PJV 正員 梅田聡
 本州四国連絡橋公団 正員 大橋治一

1. はじめに

来島大橋のうち第一大橋主塔に従来のような全面的なメタルタッチ併用の摩擦接合ではなく、一部に引張接合を採用する。この引張接合の構造は、基本的に図1に示すようになっており、曲げと軸力は塔壁・リブ及びボルトで、また、せん断力はエンドプレートとの摩擦接合でそれぞれ伝達する。主塔での本格的な引張接合の採用は国内で初めてであり、このような継手を用いた場合に、終局耐力がどの程度あるかを把握することは重要である。そこで、この継手部の構造を考慮した解析モデルを用いて弾塑性有限変位解析を実施したので、その結果を報告する。

2. 解析手法

(1). 解析モデル

解析は主塔を3次元骨組モデル化し、弾塑性を考慮するため塔柱及び水平材に箱形断面要素を用いる。問題となる引張接合は道路水平材より上の塔柱に採用されている。母材(リブ含む)とボルトの荷重分担の基本的な考え方は図2に示すようになる。引張ボルトによるプレストレスが母材に作用し釣合った状態をP- δ 線図の原点とすると、継手に引張力が作用した時には、初期の段階では母材とボルトの両方で抵抗するが、プレストレスに見合った引張力が作用した時点で塔壁は離反し、その後はボルトのみで抵抗する。一方、圧縮力が作用した場合には、ボルトの軸力は抜け、母材には圧縮応力が付加される。ボルトは、無応力長に達した後は外力に抵抗しなくなる。ボルトが無応力長になる状態と母材が圧縮で降伏する状態のいずれに早く到達するかは、プレストレスの大きさによる。引張接合部のモデル化においては、これらを考慮する必要がある、具体的には、ベアリングプレート間に格点を設け、要素としては、ボルト、塔壁、リブを評価できる多重要素を用いた。各要素の応力-ひずみ曲線は、引張ボルトによるプレストレスや溶接による残留応力を考慮できるように工夫している。すなわち通常の離反のみを考えた応力-ひずみ曲線をプレストレス分だけひずみ軸方向にシフトさせ、さらに、母材については、溶接による引張と圧縮の残留応力に分けて、残留応力量だけ応力軸方向にシフトさせたものを用いた(図3)。

(2). 解析ケース

解析ケースは、表1に示す荷重の組み合わせを変えた4ケースであり、下線で示す荷重を増分させる。また、通常の摩擦接合の耐力と比較するために、暴風時とねじれ1次の渦励振時については、引張接合を考慮しない一般塔柱のケースについても解析する。このケースを選択した理由は、塔壁の離反が生じることによって、引張接合と摩擦接合の解析結果に大きな差異が生じる可能性があると考えたためである。

(3). 初期不整の設定

塔頂付加変位として、次の値を橋軸方向の塔頂に付加する。

支点移動の影響SD : $\delta = 0.02L$ および回転角 Lは中央支間長

製作・架設誤差の影響E : $\delta = h_T/2,000$ h_T は塔基部からケーブル理論頂までの高さ

また、溶接による残留応力度は明石海峡大橋とレインボブリッジの実測値をもとに小松らの提案¹⁾に準じて算出した(SM490Yの場合 $\sigma_{rc}/\sigma_y = -0.16$)。

3. 解析結果

各解析ケースについて、崩壊時の塔最大変位と荷重倍率 α を表2に示す。この結果を見ると、暴風時で塔頂水平変位が、約1.6mになると崩壊に至ることがわかり、この時の風荷重は塔高65%補正值で約102 m/sの風速(設計風速56 m/s)に相当する。また、暴風時とねじれ1次の渦励振時については一般塔柱の解析結果も合わせて示す。さらに、面外曲げ1次について継手部ごとに母材とボルトの降伏率と離間率を図4に示す。これらの結果を見ると、引張接合と一般塔柱の崩壊時の荷重倍率の差は小さく、引張接合でも十分な

耐力力を有していることがわかる。これは、継手の一部に降伏や離反が発生しても、急激に降伏域が拡大しそのまま崩壊に至ることはなく、継手部の剛度の低下による断面力の再分配が起こるためと考えられる。

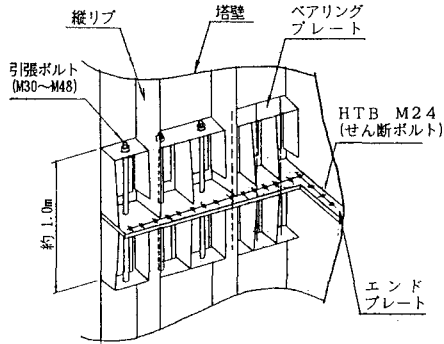


図1 引張接合

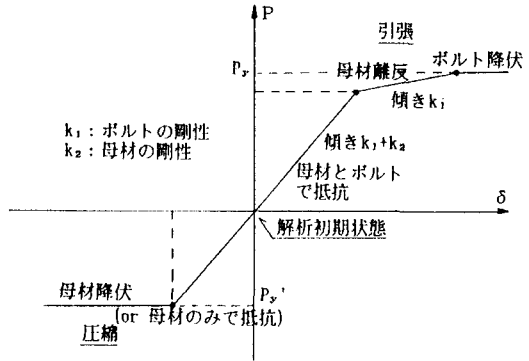


図2 P-δ線図

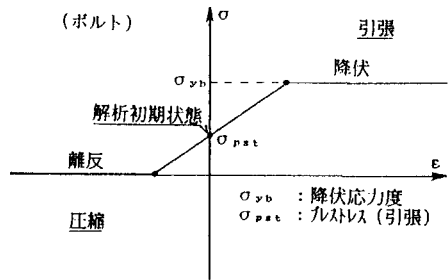
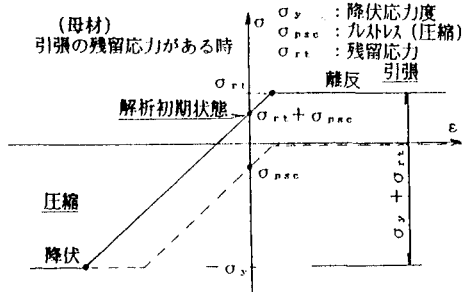


図3 応力-ひずみ曲線

表1 解析ケース

解析ケース	荷重の組合せ
δ max 時	橋軸方向 $D + \alpha L(\delta_{max}) + T(+30^\circ) + SD + E$
暴風時	橋軸直角方向 $D + \alpha W_{TT} + T(+15^\circ) + SD + E$
渦励振時	塔面外曲げ1次 $D + \frac{1}{2}LW_{VB} + \alpha A_{VB} + T(+30^\circ) + SD + E$
"	ねじれ1次 $D + W_{VT} + \alpha A_{VT} + T(+15^\circ) + SD + E$

D : 死荷重
L : 活荷重
T : 温度荷重
SD : 支点移動の影響
E : 製作・架設誤差の影響
W_{TT} : 暴風時風荷重
W_{VB} : 渦励振面外曲げ1次風荷重
W_{VT} : " ねじれ1次 "
A_{VB} : " 面外曲げ1次振動振幅
A_{VT} : " ねじれ1次 "
(下図参照)

表2 解析結果

解析ケース	塔最大変位(m) (塔頂or塔腰部)	荷重倍率 α
引張	δ max 時	1.48
暴風時(W _{TT})	1.60	3.24
面外曲げ1次	0.91	9.74
ねじれ1次	1.06	3.55
暴風時(W _{TT})	1.76	3.34
ねじれ1次	1.13	3.58

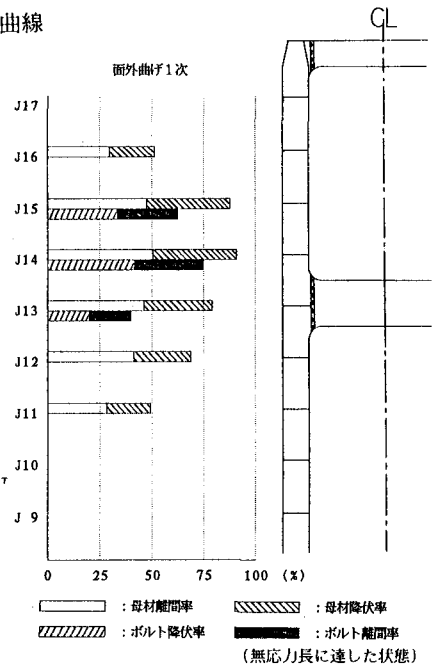
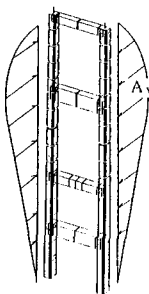


図4 降伏率と離間率

参考文献 (1)・小松他: "補剛板の溶接残留応力および初期たわみに関する実験的研究"、土木学会論文報告集 1977年9月