

I - 108

来島大橋主塔引張接合継手の構造形式

来島大橋主塔2P・3PJV 正員○水川洋介
来島大橋主塔2P・3PJV 大西悦郎

本州四国連絡橋公団 正員 村瀬佐太美
本州四国連絡橋公団 正員 大橋治一

1. まえがき 来島第一大橋の主塔水平継手に対して「引張接合継手」が採用された。この種の継手方式は国内では前例がないため、初期の構造形式選定においても十分な検討が必要となった。以下に形式選定の過程を報告する。

2. 構造形式選定上の基本方針

①局部曲げモーメントの低減 長締め引張接合用ボルトは塔内面にのみ設けられるため、継手の形式によっては、プレストレスにより塔壁に局部的に大きな曲げモーメントが発生する可能性がある。この曲げモーメントを極力小さくする。

②離反の防止 継手部に離反が発生することは好ましくないため、離反を起しにくい構造とする。

③応力の均等化 引張接合継手は構造上から補強リブを必要とするが、この補強リブ高がプレストレスや外力による応力を均等化する上で非常に重要な要因となる。ただし、いたずらに補強リブ高を大きくすることは経済性、製作性、施工性の面から好ましくない。よって、応力の分布を均等化するために最小限必要な補強リブ高を確保する。

3. 解析モデル 最初に、基本構造検討モデルに対するFEM解析を行い基本構造を決定した。次に、決定された基本構造に対して補強リブ高及びシャーププレートの効果を検討し、細部構造を決定した。

①基本構造の検討 検討対象モデルを図-1に示す。上側ブロックと下側ブロックの接点にはギャップ要素（圧縮には抵抗するが引張には抵抗しないという特性を有する要素）を使用した。荷重ケースは、プレストレスのみ載荷、プレストレス+圧縮荷重、プレストレス+引張荷重の3ケースとした。

②補強リブ高の検討 シャーププレートのないモデルに対して、補強リブ高Hを変化させ、プレストレス及び外力を作用させた。またシャーププレートのあるモデルに対しても、補強リブ高を変化させ、プレストレスを作用させた。いずれのモデルにおいても、補強リブ幅は200mm、縦リブ幅は250mmとした。

③シャーププレートの検討 シャーププレートがある場合とない場合の2種類のモデルに対して、プレストレスを載荷した。

4. 解析結果

①基本構造の決定 離反しやすい位置のギャップ要素の軸力の変化量と引張荷重の関係を図-2に示す。モデルA：プレストレスが全て塔壁と縦リブに流れるため離反は起こりにくい、塔壁に発生する局部的な曲げモーメントが非常に大きい。

モデルB：内側シャーププレートが無くなる箇所の補強リブと縦リブの応力が大きい。プレストレスが4辺に分散するため、また偏心曲げの影響もあり、離反が起こりやすい。

モデルC：離反はモデルAよりわずかに起こりやすいが、局部的な曲げモーメントや応力集中が他のモデルよりも少ない。

次に、各案の試設計を行い継手部鋼重を比較した。モデルCの比率を1とすると、モデルA、Bの比率はそれぞれ1.5、1.4となった。以上のように、モデルCは力学的に優れ、また経済性、製作性の面においても優れていることから、これを基本構造とした。

②補強リブ高 補強リブ高別のエンドプレート近傍のプレストレス分布を図-3に、外力による応力分布を図-4に示し、最大応力から分布幅を計算したものを表-1に示す。補強リブ高が大きいほど応力は均等化する。またシャーププレートは応力の均等化に対しても効果があることがわかった。

③シャーププレートの効果 モデルを図-5に、応力比較結果を表-2に示す。図表中のA、Bはシャーププレートがない場合に最大応力が発生する箇所を示し、C、Dはシャーププレートがある場合に最大応力が発生する箇所を示す。シャーププレートを設けることにより、板曲げによる応力は大きく低減される。

5. まとめ

以上の結果から、来島大橋の引張接合継手の設計条件を以下のように決定した。

①補強リブ高は幅の2倍以上とする。ただし、縦リブ幅も考慮して補強リブ高を決定する。

②プレストレスは補強リブ高の1.5倍の分布幅を考えれば安全側である。

③塔壁及び縦リブにシャーププレートを設ける。

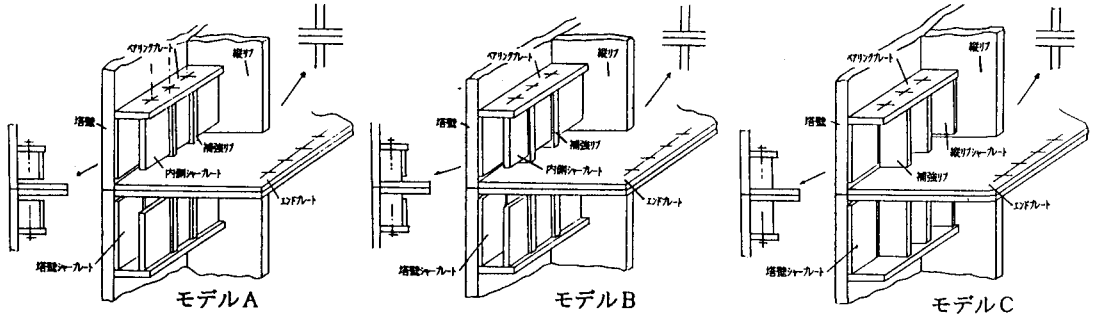


図-1 基本構造の検討対象モデル

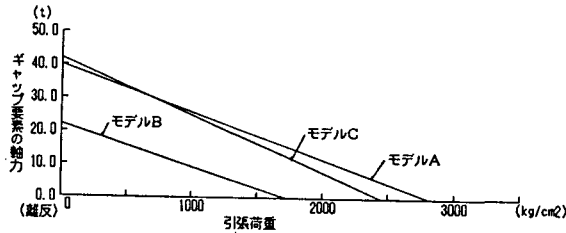


図-2 ギャップ要素軸力と引張荷重の関係

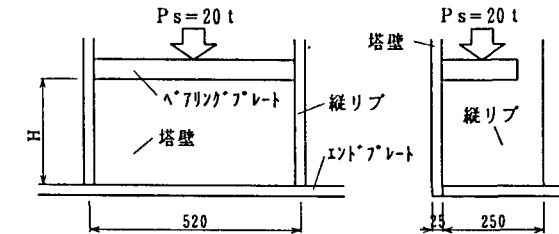


図-3 プレストレスの分布

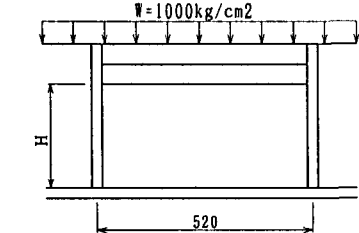


図-4 外力による応力の分布

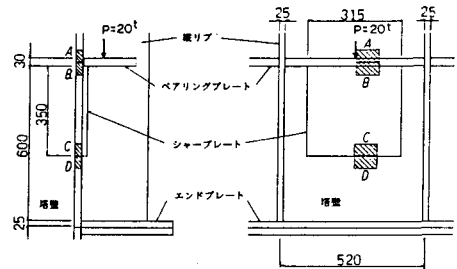


図-5 シャーププレート検討モデル

表-1 補強リブ高と分布幅

高さ H (cm)	R_T (kg)	σ_{max} (kg/cm²)	B (cm)	B/H
20.0	13,212	143	37.0	1.85
30.0	13,465	99	54.4	1.81
40.0	13,578	75	72.4	1.81
60.0	14,215	55	103.4	1.72

$$B = R_T / (\sigma_{max} \times t)$$

B : 有効分布幅
 R_T : 塔壁の負担するプレストレス力
 σ_{max} : 塔壁（エンドプレート近傍）の最大応力
 t : 板厚 (25mm)

表-2 発生応力

		単位: kg/cm²		
構	造	塔壁軸力応力度	塔壁曲げ応力度	塔壁最大応力度
A	シャーププレートなし	-118	±1044	-1162
	シャーププレートあり	8	±6	14
B	シャーププレートなし	-166	±1048	-1214
	シャーププレートあり	2	±1	3
C	シャーププレートなし	-69	±11	-80
	シャーププレートあり	-19	±84	-103
D	シャーププレートなし	-64	±23	-87
	シャーププレートあり	-70	±93	-163