

斜張橋ケーブルの定着構造体に関するコンパクト化の研究

日大生産工(院) ○清水 健介 日大生産工 木田 哲量

1. はじめに

近年の斜張橋は、長大化に伴って耐風安定性確保のための扁平な主桁断面が多く用いられる傾向にある。逆に、ケーブル張力の増加に伴って定着構造体の形状寸法は大きくなり、その結果として、定着室は狭くなり作業環境も悪くなる。たとえば、写真1には、橋軸方向への通り抜けができなくなった構造例を、および、図-1には通り抜けはできても、機材の移動はできない例を示すが、従来からのマンホールの形状が踏襲して用いられており、慣例に従った設計が多く現場施工への配慮が欠けていることを意味する。また、今後の保守点検およびメンテナンス作業を考えると定着室内の作業環境を設計段階から十分考慮しておく必要がある。このような背景から『ケーブル定着構造体をコンパクト化する』ことが望まれる。構造のコンパクト化の検討は、ケーブルの定着位置が一面吊りの場合の桁内、二面吊りの場合の桁側面という必然性についての基本的な課題に立ち戻って行く必要がある。そこで、一面吊りケーブルの美原大橋をモデルに、いくつかの定着構造を提案し、FEM解析にて応力レベルや応力の流れを検討し、最適な定着構造体についての研究開発を行った。以下に、その研究成果を示す。

2. 一面吊りケーブルの定着構造体のコンパクト化に関する研究

2.1 定着構造体をコンパクト化するための条件

ケーブルの定着構造体の設置位置が桁内、桁外に拘わらず、押込み工法の場合は、デッキ上からの作業がメインとなるため作業性は良い。特に、桁下方向に支障となる構造物が存在する場合などには本工法は優位性を示す。また、橋梁以外の全てのケーブル構造物にも適用できることから用途は広い。ここでは、押込み工法を用いることを前提に、以下の条件下で定着構造体のコンパクト化に関する研究を行った。

(1) ガイド管も主要構造物と考え、従来からの定着構造体と一体化させる。デッキ部との取り合いは、図2に示すとおり、開孔部を設けて定着鋼管とは非接

触とする。

(2) 押込み用反力ロッドを4本から2本に変更し、薄型タイプの定着構造体を造り上げる。

(3) メンテナンスを容易にするため定着構造体できるだけデッキ部に近ずける。

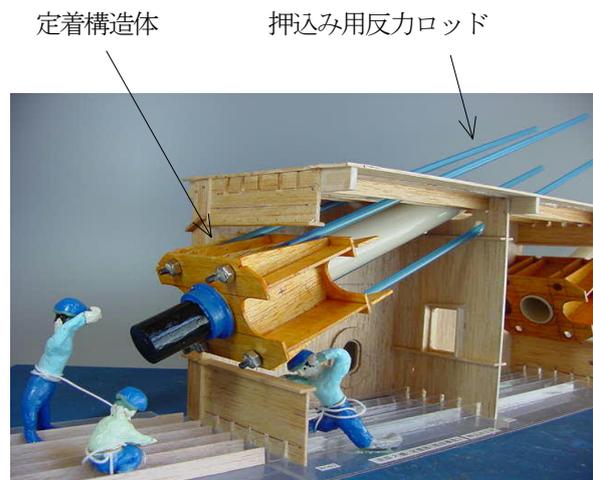


写真-1 美原大橋の定着構造体とその作業環境

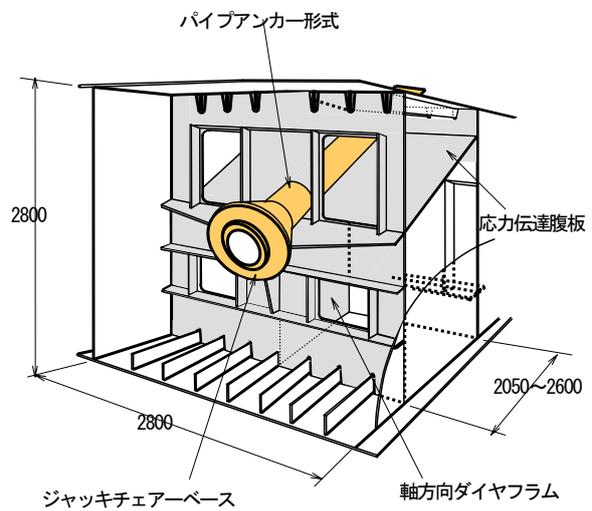


図-1 湘南銀河大橋の定着構造体

2.2 定着構造体の引込み時と押込み時の応力比較

美原大橋の定着構造体をモデルに、コンパクト化に向けた定着構造体を抽出するものとする。ケーブ

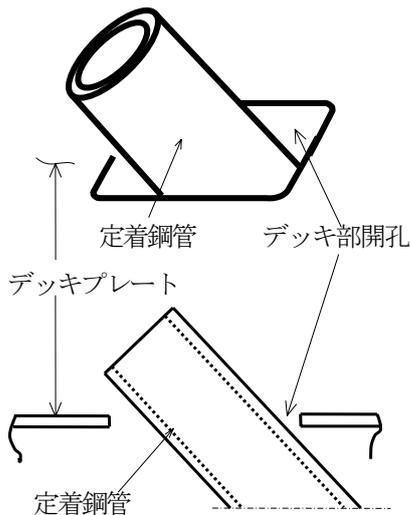


図-2 デッキ部の開孔状況

ル張力導入方法には、引込み工法と押込み工法の二種類が現在の主流となっている。したがって、本論文は、コンパクト化した定着構造体に発生する応力の差異を検討するため、これらの定着構造体に押込み工法の荷重と引込み工法の荷重の2ケースを載荷させ、応力の流れや応力レベルに差異が生ずるかどうかについて考察した。FEM解析に使用するプログラムはNASTRANとし、メッシュ分割はシェル状の四角形とした。

(1) 解析範囲と拘束条件

解析対象とするケーブルは、図-3に示す最上段ケーブルとし、解析モデルの範囲を定着構造体が位置するRC50周辺とする。図-4に解析モデル図と拘束条件を、図5にメッシュ分割図を示す。橋軸方向のRC49～D53までの12.5m区間にダイヤフラムD51、D52、D53と横リブRC49、RC50、RC51がそれぞれ2.5m間隔に配置され、また、橋軸直角方向は3室鋼床版逆台形箱桁全断面を示す。拘束条件は橋軸直角方向の両端部RC49断面とD53断面を固定とし、他はすべてフリーとした。

(2) 載荷条件および使用材質

載荷条件は

- ① Case1 : 引込み工法架設時 $P=6000\text{KN}$
定着構造体下端に支圧板を設置し、ケーブルソケット全周部の荷重を受け持つとした。
- ② Case2 : 押込み工法架設時 $P=6000\text{KN}$
テンションロッド位置に支圧板を設置し、その部分に集中荷重を載荷した。

使用材質については、橋体工はSM520B、許容応力度は $\sigma_{ca}=210\text{N/mm}^2$ 、定着構造体はSM570、許容応力度は $\sigma_{ca}=255\text{N/mm}^2$ である。

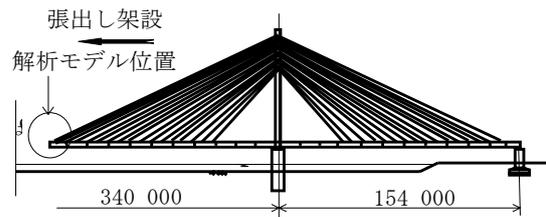


図-3 美原大橋の解析モデル位置

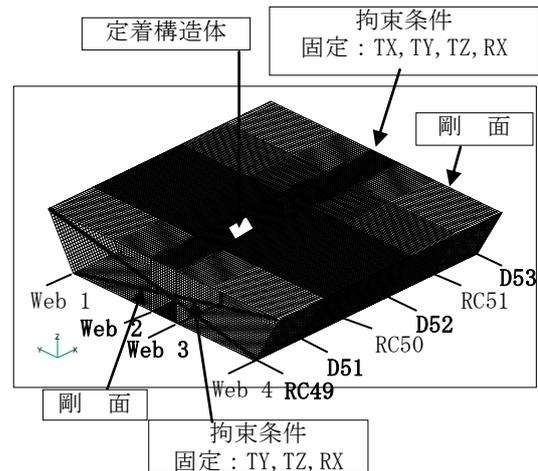


図-4 解析モデル図と拘束条件

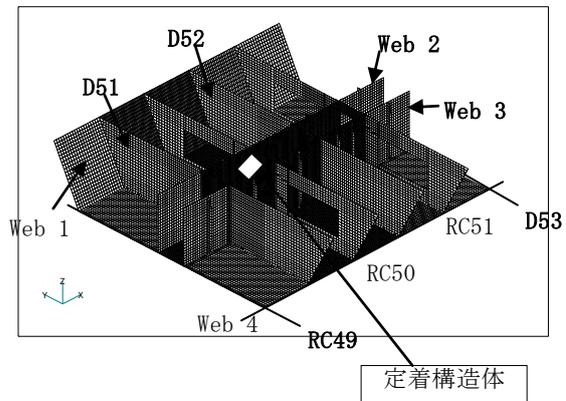


図-5 メッシュ分割図

(3) 提案モデル

図-6のT1タイプは、美原大橋に適用された定着構造体である。このタイプをモデルに、定着構造体をコンパクト化するためのタイプとしてT2～T6を提案した。T7タイプは押込み時のケーブル張力を吊りピースに伝達させるもので、定着構造体のコンパクト化に直接結びつくものではなく、押込み時の応力を知るためのケースである。

(4) 美原大橋モデルの応力比較

図-7はT1モデル定着構造体下端のVon Mises 応力を示す。引込み工法の場合は、ガイド管 $\phi 550\text{mm}$ の円周部分に力が集中しているが、押込み工法

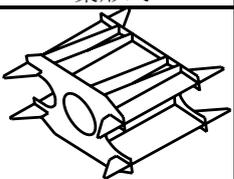
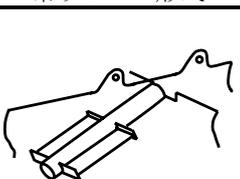
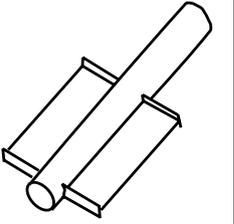
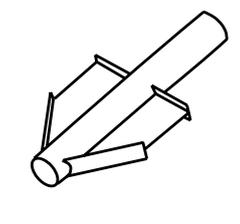
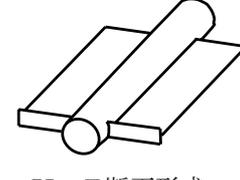
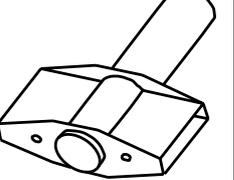
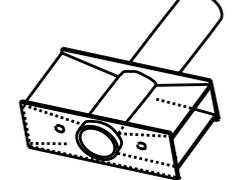
梁形式  T1：美原大橋モデル	吊りピース形式  T7：吊りピース形式
パイプ形式	
 T2：I断面形式	 T3：I断面V形式
 T4：I断面逆V形式	 T5：T断面形式
 T6：箱断面形式	 T7：箱バチ形式

図-6 ケーブル定着構造体の種類

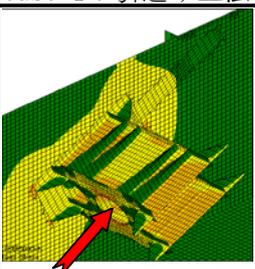
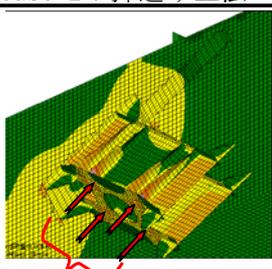
Case-1：引込み工法  P=6000KN	Case-2：押込み工法  P=6000KN
---	---

図-7 美原大橋T1モデル解析結果の比較図

の場合は、反力ロッド固定部のリブに力が集中していることが分かる。しかし、この部分の値は、基準降伏点 $450\text{N}/\text{mm}^2$ よりはるかに小さな値を示しているため安全性においては十分確保されている。

したがって、両者とも荷重位置が定着構造体下端であるため、荷重周辺を除いて応力の変化は余り見られず、腹板への応力伝達もスムーズとなっている。しかしながら、定着構造体のみを考察した場合、引

込み工法は梁のセンター近傍に引込み力が集中するのに対し、押込み工法の場合は、4本の反力ロッドはセンターから0.5m振り分けに取付けられるため、応力レベルは小さくでる。したがって、押込み工法の方が有利と言える。

(5) コンパクト化に関する定着構造体の研究

1) コンパクト化の提案と解析概要

コンパクト化のタイプとして図-6に示すようにT2～T6タイプの6種類を提案した。引込み工法は定着鋼管下端に6000KNの力を、押込み工法は定着鋼管上端に6000KNの力を与えた。なお、美原大橋の定着構造体に作用する最大設計張力は、10,000KNであったため、提案タイプも同じ条件で断面照査を行なった。

2) 解析目的

押込み時と引込み時の応力の流れ(伝達経路)、応力レベル等を比較し、最適断面構成を抽出することを目的とした。

3) 解析モデル

代表的な解析モデルを以下に示す。

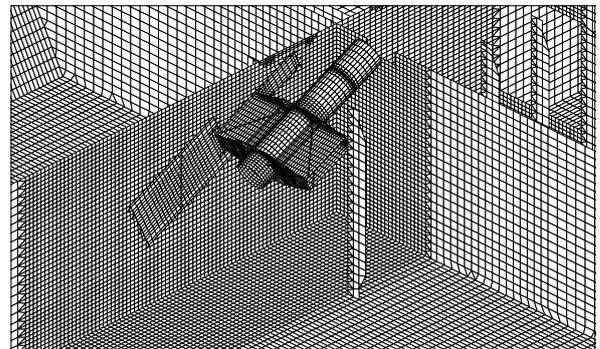


図-8 箱形定着構造体パイプアンカー形式 (T6)

4) 解析結果

全タイプについてのFEM解析結果は、記載できないため代表的なT6、T7について報告する。

図-10は、T6、T7タイプのミーゼス応力コンター図の比較図である。応力の流れは、引込み時は定着管→定着桁→中腹板→上下フランジ・ダイヤフラムへと、押込み時は吊りピース→中腹板→上下フランジ・ダイヤフラムへとなる。箱形断面の腹板間隔はT6の場合0.25mと狭く(定着管径550mm)、製作上好ましくない。したがって、T7タイプは、その改良版として腹板間隔を0.25mから約0.35mまで広がるバチ形式とした。これによって応力緩和が図られたことが図-10からも明らかである。また、表-1からも明らかのように押込み工法による応力レベルは少なく有利であることが分かる。

表-1 T6,T7の最大・最小応力比較

		引込み工法		押込み工法
最大主応力 (N/mm ²)	T6	148.8	← 3% →	144.2
		↑ 18%		↑ 17%
	T7	122.6	← 3% →	119.6
最小主応力 (N/mm ²)	T6	-208.4	← 19% →	-146
		↑ 30%		↑ 26%
	T7	-168	← 15% →	-124.4

2.3 定着構造体の箱桁内空間と重量比較

美原大橋の定着構造体(写真-1)と、コンパクト化したタイプT6との重量比較を表-2に示す。計算仮定は以下のとおりとした。

- ① ケーブル定着構造体の数量は、美原大橋の総ケーブル数64本と同じとした。
- ② 美原大橋の重量は、設計図から算出した。
- ③ T6タイプのパイプ重量は、設計図と同じとした。
(実際は、コンパクト化に伴い定着点はデッキ側に近づけることができ、パイプ長も短くなり重量も減る方向にある。)
- ④ 各ケーブルの定着構造体の重量は、美原大橋の重量比で換算した

以上の結果から、表-2の重量差を得ることができた。

表-2 重量比較表

	定着構造重量	パイプ重量	計(kN)
美原大橋	約1600	約 300	1900
T6タイプ	約 400	約 400	800
差	約-1200	約+100	-1100

2.4 考察

- ① いずれの定着構造体タイプも、定着位置をデッキ面に近づけることができ、定着室内を広くすることができる。特に、T6、T7タイプはコンパクトで作業空間を広くとることができる。
- ② 既存のT1タイプとT6タイプとで約1100kNの重量差が生じた。この重量減は、あらゆる工種にプラス要因として波及し、経済効果が計り知れない程大きくなるものと思われる。
- ③ T7はT6の1.1~1.2倍重くなるが、製作上のメリットを考えると一番推奨できるタイプである。

2.5 あとがき

今回は、一面吊りケーブルの定着構造体をコンパクト化するためにFEM解析にて考察を行った。ガイド管を主構造に入れることにより構造系が大きく変化することが分かった。二面吊りケーブルについてはもっと複雑な要素があるためコンパクト化については研究が必要である。次回その報告ができるよう研究開発を行っているところである。

2.6 参考文献

- 1) 清水他：構造工学論文集、Vol.52A(2006年3月)

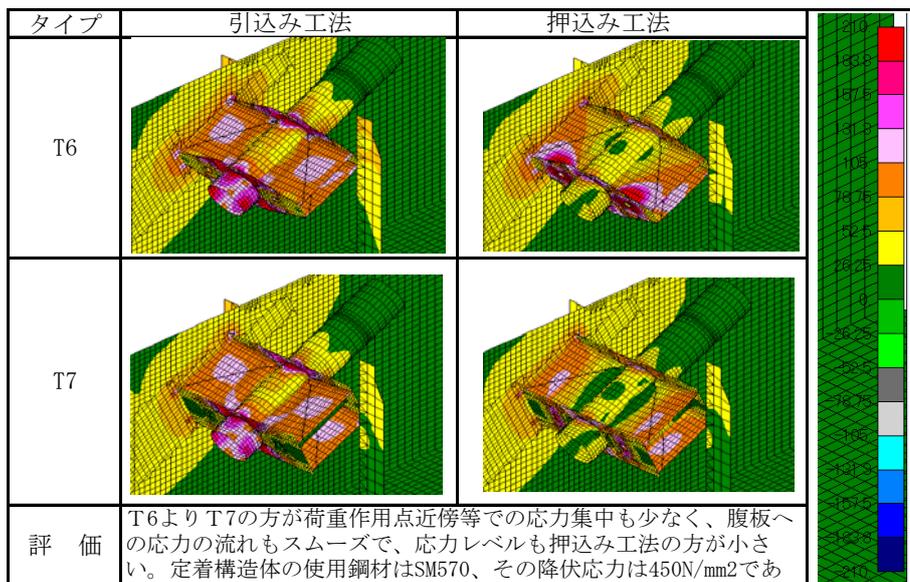


図-9 定着構造体下フランジ下端のミーゼス応力コンター図