

建設企画コンサルタント 正 員 〇武 伸明 建設企画コンサルタント 正 員 木谷紋太
 大阪大学工学部 正 員 西村宣男 大阪大学大学院 学生員 小西英明

1. ま え が き

広域的な地域の活性化を図るため、全国各地で海峡部を超長大吊橋で横断するプロジェクトが構想されている。超長大吊橋の実現には、経済効果に対する配慮が必要となり、技術革新は不可欠である。既往の技術の延長による設計では、ケーブル張力が1次比例で増大し、アンカレッジが巨大なものとなり実現性が低い。そのため、補剛桁は軽量化し、耐風安定性のある全体構造を採用することが重要である。そこで、ケーブルシステムに着目したデュアルケーブル形式による新構造吊橋を提唱した。中央径間長3000mの補剛箱桁を有する単径間吊橋について、その基本諸元を立体有限変位解析を用いた試設計により求め、従来型吊橋と比較して経済性と構造性を検討した。

2. 検討条件と解析モデル

2. 1 検討条件

試設計を行う超長大吊橋の諸元を表-1に示す。

表-1 基本条件

形 式	単径間補剛箱桁吊橋
支 間 割	600+3000+600m
車 線 数	6車線
サ グ 比	1 / 9
航 路 高	65m
活 荷 重	TL-20, TT-43
基本風速	46m/sec
舗 装	757mm舗装75mm

- ① 超長大吊橋の力学特性を明確にするため、単径間吊橋とした。
- ② 中央径間長は、現在検討中の海峡横断プロジェクトを考慮して3000mとした。
- ③ 試設計における適用基準は、本四公団設計要領とした。
- ④ 基本風速は、明石海峡大橋の設計基準から46m/secとした。

2. 2 解析モデル

従来型吊橋 (Type-S) とデュアルケーブル吊橋 (Type-D) の解析モデルを図-1に示す。Type-Dは、補剛桁下部にサブケーブルを設け、プレストレスを導入することにより耐風索としての効果を期待した形式である。プレストレスは、ハンガーケーブル (ピッチ20m) より導入されるものとした。

3. 試設計結果と考察

超長大吊橋にとってフラッターに対する耐風安定性が重要であるため、Selberg式によりフラッター限界風速を算定し、耐風安定性を確保できる部材断面を求めた後、風荷重、活荷重による応力照査を行った。吊橋の構造特性に関する力学パラメータP1, P14及びケーブル張力と中央径間長との関係を図-2, 3, 4に示す。P1は鉛直たわみ、P14はねじりに関する支配的なパラメータであるが、Type-S, Dとも差がなく、補剛箱桁タイプの推定ラインにある。表-2にフラッター限界風速の照査結果を示す。Type-Sと比較すると、サブケーブル張力が補剛桁の全体の剛性を高くするが全死荷重も増加したため、鉛直対称1次、ねじり対称1次固有振動数ともに減少している。静的風荷重による解析結果を表-3に示す。Type-Dでは、Type-Sと比べて曲げモーメントで65%, 水平変位で69%に減少しており、水平方向に対するサブケーブルの効果が表れている。サブケーブル張力を変化した場合の鋼重を表-4に示す。プレストレスを25tf以上にすると、メインケーブル張力が増大するため不利であるが、15tfの付近では主塔に作用する断面力が減少することでType-Dの最小鋼重となる。Type-Dの鋼重は、サブケーブルの増分によりType-Sより6%大きくなっている。

4. まとめ

デュアル形式の特徴を生かして、鉛直、ねじり固有振動数比を改善するには、補剛桁断面、メインケーブルとサブケーブルプレストレス量の検討が必要である。試設計では従来型と特に優位な差が確認されなかったが、デュアルケーブル形式は、横たわみが従来型の半分程度に抑制されるため、明石海峡大橋での実験で明らかになったマルチモードフラッターに対する効果が期待され、今後検討する予定である。

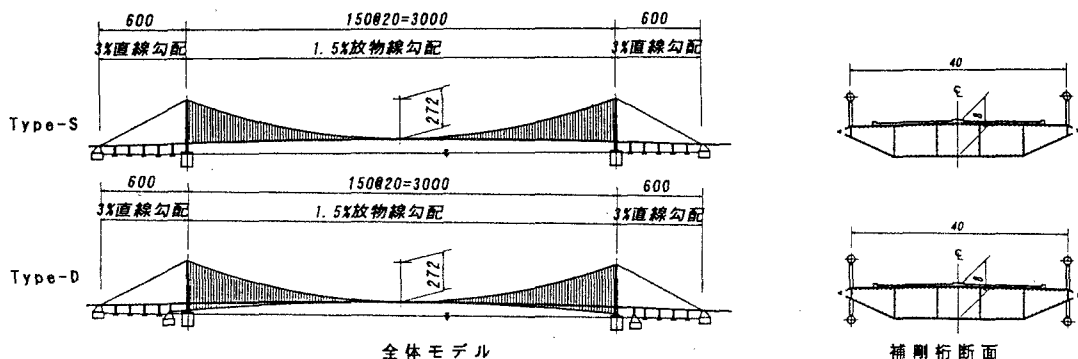


図 - 1 解析モデル

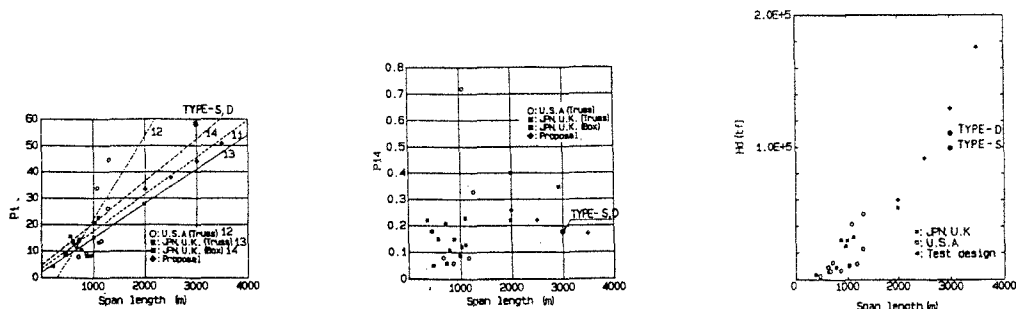


図 - 2 スパン長と P1 の関係

図 - 3 スパン長と P14 の関係

図 - 4 スパン長とケーブル張力の関係

表 - 2 フラッター限界風速の照査結果

項 目	単 位	Type-S	Type-D
スパン長 (L)	m	3000	3000
桁高	m	8	8
ケーブル間隔 (bc)	m	40	40
全死荷重	tf/m	48.2	53.0
死荷重ケーブル張力 (Hd)	tf	99680	109600
ケーブル断面積 (メイン)	m ²	1.33	1.33
ケーブル断面積 (サブ)	m ²	—	0.13
補剛桁曲げ剛度 (面内) (I)	m ⁴	24.7	27.4
補剛桁ねじり定数 (J)	m ⁴	54.0	61.7
慣性モーメント	tf·m ²	10500	11410
固有振動数 (鉛直対称1次)	Hz	0.0857	0.0850
固有振動数 (ねじり対称1次)	Hz	0.158	0.163
ねじり/鉛直固有振動数比	—	1.96	1.92
フラッター限界風速 V _F	m/sec	80.8	81.3
フラッター風速 V _{F1}	m/sec	79.1	79.1
$P1 = \sqrt{2Hd/EI \cdot L}$	—	58.8	58.6
$P14 = Hd \cdot bc^3 / 2GJ$	—	0.182	0.175

表 - 3 解析結果

項 目		Type-S	Type-D
面外曲げモーメント (tf・m)		361100	232500
変 位 (m)	鉛 直	1.04	0.45
	水 平	34.37	23.86

表 - 4 サブケーブル張力と鋼重

(単位: 1000tf)

形 式	Type-S	Type-D			
		p=5tf	15	25	35
補剛桁	63.1	69.6	69.6	69.6	69.6
主塔	92.2	92.7	92.2	94.4	94.4
ケーブル	158.5	169.9	169.9	201.4	208.4
合計	313.8	332.2	331.7	365.4	372.4
比率	1.00	1.06	1.06	1.16	1.19

参考文献

- 1) 小西, 西村, 武, 木谷: 超長大吊橋の構造特性に関する考察, 土木学会 第50回年次学術講演会, 平成7年9月
- 2) 阿部, 西村, 武: 超長大吊橋の構造形式に関する一考察, 土木学会関西支部 年次学術講演会概要集, 平成6年5月