

I-A 253 来島大橋主塔の架設時耐風対策

本州四国連絡橋公団 正会員 山口 和範 本州四国連絡橋公団 正会員 佐々木 雅敏
 NKK 正会員 堀内 博 石川島播磨重工業 正会員 樋口 徹
 川崎重工業 正会員 梅田 聡

1. はじめに

来島大橋主塔は道路単独橋で補剛桁に流線型箱桁を採用していることから、ケーブルからの鉛直および水平反力が小さく、従来の同規模の本四連絡橋の吊橋主塔に比べフレキシブルな構造となっている。このため、吊橋完成時においては曲げ1次とねじれ1次の渦励振が生じることが風洞試験により確認されており、この影響を断面設計に見込んでいる。また、架設時においてはこれ以外に曲げ2次、架設クレーン（タワー・クレーン）の振動モード等の高次の渦励振が生じることが予想されている。

主塔架設時の耐風対策は各架設ステップで想定される渦励振に対し、主塔本体、仮設備の安全性と架設現場での作業性の確保を目的として、AMDおよびTMDにより実施した。架設時耐風対策にあたっては現地風の乱れ特性を考慮した制振計画を検討した。

2. 風洞試験

来島大橋は3つの吊橋で構成されており、6基の主塔に対して耐風対策を検討する必要がある。架設時主塔の空力特性については、主塔の形状の違いの他に塔柱とタワー・クレーンポストの位置関係の違いを考慮して3P、6P、8Pの3基の主塔を対象にした一様流中での風洞試験により把握した。

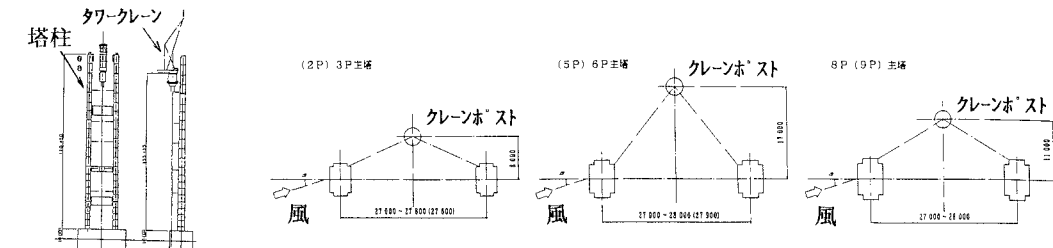


図-2 塔柱とクレーンポストの位置関係

（塔頂水平材架設直前）

図-1 主塔架設状態

現地風観測の結果によると、風の主流方向の乱れ強度は10%は見込めることから、8P主塔を対象に乱れ強度10%を基本とした風洞試験を実施し、乱流中での空力特性を把握した。乱流による振幅の低減の度合いは、「乱流中の振幅/一様流中の振幅×100%」を振幅の低減率として整理した。この結果を表-1に示す。

表-1 振幅低減率

	塔独立完成状態			塔頂水平材架設直前		
	一様流 振幅;(m)	乱流(Iu=10%) 振幅;(m)	振幅低減 率(%)	一様流 振幅;(m)	乱流(Iu=10%) 振幅;(m)	振幅低減 率(%)
塔面外曲げ1次	0.743	0.605	81.4	1.081	0.555	51.3
塔面外曲げ2次	0.492	0.281	57.1	1.349	0.393	29.1
塔ねじれ1次	0.727	0.156	21.5	0.080	0.040	50.0

3. 制振条件

架設時の制振レベルを決定する要因は、表-2に示す作業性から決まる許容加速度、主塔本体および架設クレーンの安全性（強度）から決まる許容加速度である。足場と塔頂クレーンについては照査項目とはして

いないが、加速度が異常に大きな値となっていないことを確認している。

表-2 制振レベル

	決定要因	作業性	安全性（強度）			
	部位	全格点	主塔本体	架設クレーン	塔頂クレーン	塔頂足場
作業時 ($V_{cr} \leq 16\text{m/s}$)		50gal以下	問題とならない。			
休止時 ($V_{cr} > 16\text{m/s}$)		———	考慮する。（許容応力度の割増率 $\rightarrow 1.7$ ）			
			制振装置の能力決定条件に示なかった。			

対数構造減衰率 δ_d についてはキャットウォーク完成系までを0.01としそれ以降は0.02とした。また、乱流中の振幅は、一様流の風洞試験結果により推定した振幅を表-1を参考にし下記の率で低減した。

面外曲げ1次 $\rightarrow 85\%$ ねじれ1次 $\rightarrow 50\%$
面外曲げ2次 $\rightarrow 60\%$ その他のモード $\rightarrow 85\%$ （前記3モードの最大値を採用）

4. 制振計画

架設時においては、低次から高次モードまでの様々な種類の渦励振が発生することが予想されており、その振動特性は架設ステップに応じて変化している。このため、装置規模、装置の盛替え・調整回数を考慮して架設時耐風対策を検討した。

面外曲げ1次振動は、比較的低風速で発生し、作業性から要求される制振レベルが高く、架設ステップによる振動数が低振動域から広い範囲に変化するためAMDにより制振を行った。他の振動モードに対してもこのAMDで制振可能なものについては同一のAMDを兼用することにより制振装置の個数を減らし制振システムの合理化を図った。ただし、高風速で発生し振動数が大きく大きな制振エネルギーが必要とされるモードについては、AMDでは大きなモーダが必要となり不経済となることから、TMDを併用することとした（図-3参照）。

5. おわりに

来島大橋架設時耐風対策では現地の風の乱れ特性を考慮し耐風対策の合理化を図ることができた。しかしながら、来島大橋主塔の振動試験結果によると高次モードの対数構造減衰率 δ_d は設計値の0.01より大きい傾向にあり、更に合理化の余地は残されているものと考えられる。

また、渦励振が起こる風向まで考慮すると、高風速域の渦励振が起こる頻度は更に低くなるし、設計で想定してるような常に一定方向から吹く風は稀であるため、架設時のような短期間のものに限って制振条件を緩和できる可能性があるものと考えられる。ただし、高次モードの場合、安全性（強度）により制振条件が決まっており、このような合理化には慎重な検討を要することとなり、今後の課題といえる。

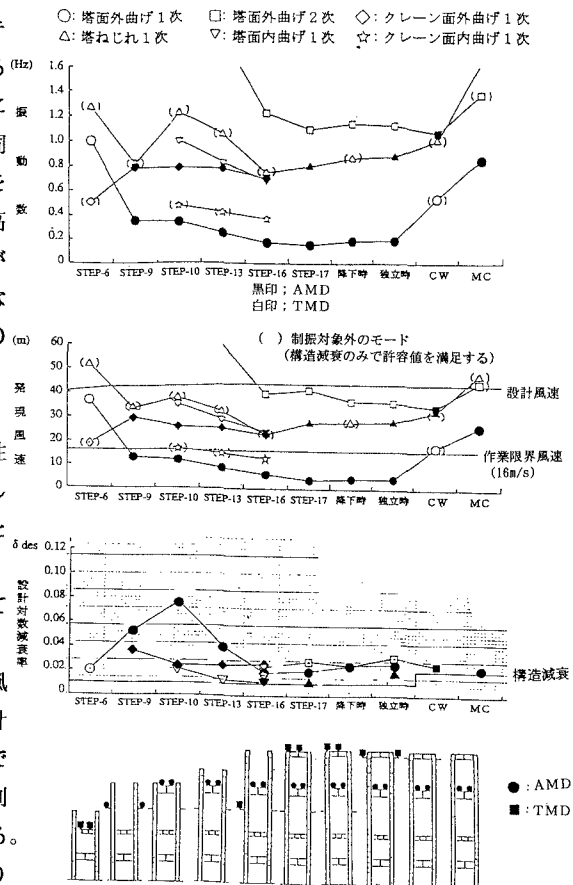


図-3 5P架設時耐風対策