

I-401

白鳥大橋補剛桁・主塔の耐風安定性について

北海道開発局 正 和田 忠 幸

同上 正 野 坂 隆 一

同上 佐 藤 謙 二

同上 米 田 義 弘

1. まえがき 北海道・室蘭港湾口部を連結する白鳥大橋(三径間二ヒンジ補剛吊橋、橋長: $330+720+330=1,380$ m)の補剛桁、主塔は図1、図2に示す通り独特な構造形式を有することから、耐風安定性について風洞実験を含む種々の検討が行われている。本報告は、本橋の耐風安定性検討の一環として行った、補剛桁の二次元剛体部分模型と主塔の三次元弾性模型による風洞実験結果について述べるものである。

2. 実験の諸元 補剛桁形式には流線形箱桁が採用されている。模型縮尺は $1/35$ とした。振動数は鉛直たわみ1次 0.113Hz 、ねじれ1次 0.479Hz 、振動数比は 3.94 である。架橋地点が積雪寒冷地であることから現地 $1/2$ 模型の着雪実験により過去60年間の最大積雪量を求め、着雪を発砲スチロールで模型化した(図3)。気流は一樣流とした。

主塔形式には耐震性からラーメン形式が採用されている。模型の縮尺は $1/90$ とした。頂部塔柱幅と塔高の比が $1/41$ とスレンダーであるため、架設自立時に加えて完成時をパネーマス系の振動系を用いて模型化した。面外、振れの応答風速範囲が大きく異なっていること、面外1次モード調整を優先させた条件下では振れ振動応答が安全側で評価されることを確認し、面外1次振動特性を優先した条件下で実験を行った。完成時の振動特性は面外1次振動数が 0.828Hz (97.7%)、振れ1次振動数が 1.800Hz (47.0%)面内1次振動数が 0.573Hz (16.7%)である(()内は一般化質量の内、主塔が占める比率)。気流は一樣流と現地風特性を考慮した境界層乱流(べき指数 $\alpha=1/11$ 、60m高さの乱れ強度 $I_u=5\%$)とした。

3. 補剛桁の耐風応答特性 三分力係数曲線を図4に示す。抗力係数が 0.73 と設計風荷重に対して有利な断面であるといえる。常時と着雪時の $\alpha-V$ 図を図5に示す。着雪1と着雪2は、同一着雪形状で風向が 180° 異なるケースである。いずれのケースでも限界風速(67m/s)

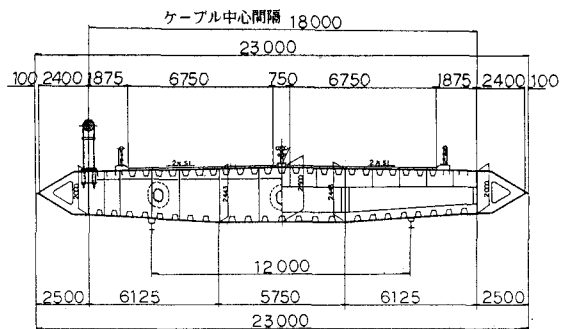


図-1 補剛桁断面図

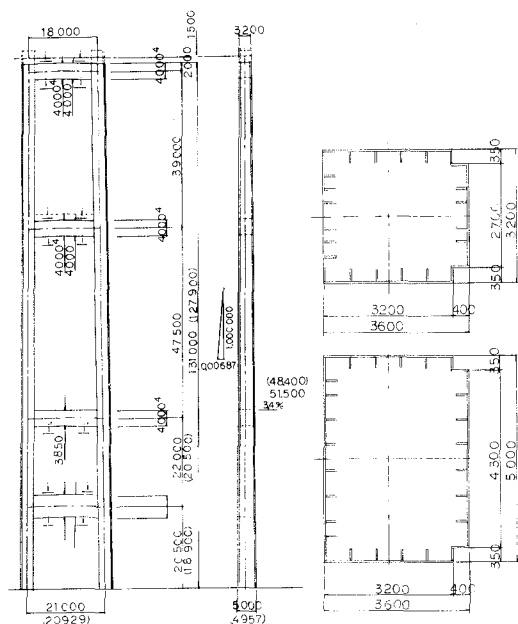


図-2 主塔断面図

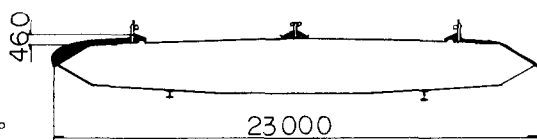


図-3 着雪形状図

を十分満足している。渦励振は着雪時の迎角 $+5^\circ$ 、風速 3.9m/s で最大振幅 0.25m のたわみ振動が発生しているが、振幅が小さく、発生頻度が低いことを考慮すると問題ない値といえる。常時では全く渦励振は発生していない。

4. 主塔の耐風応答特性

主塔塔柱は当初、矩形断面であったが、完成時に風

向角 10° 、風速 31m/s で最大片振幅 0.43m の面外1次限定振動が発生した（図6）。

図7は、多くの試験ケースの内、最良であった片側隅切りの空力改善案に関し、図6と同じく面外1次振動特性を合わせた条件下で4風向角における応答を調べたものである。隅切りの空力改善策は、隅切り寸法に敏感で、風向角によっても応答は大きい変化を示すため、良好な断面を見つけ出すのは非常に困難であったが、この空力改善案は、いずれの風向角においても、面外、捩れ両振動とも大きく抑え得たものである。

乱流の効果による面外1次限定振動の振幅の低下は、風向角 10° 、 20° で見られたが、 0° ではほとんど効果を示さなかった。捩れ振動は、乱流中ではほぼ完全に消滅する結果となった。

表-1に空力改善案の実験結果のまとめを示す。

5. 結び 渦励振の発生が無く、着雪による見かけ上の断面変化においても、耐風安定性を保てる箱桁を得ることができた。主塔は一樣流中の矩形断面において生じた面外1次振動、捩れ1次振動は、片側隅切りの空力改善により、問題の無い低いレベルにまで抑えることができた。なお、一樣流中の捩れ振動は、乱流中ではほぼ完全に消滅する。今後、本橋の耐風検討は全橋風洞実験へとさらに検証を進めて行く予定である。

風洞実験および耐風安定性の検討にご協力いただいた、建設省土木研究所、川崎重工業、NK K、長大、北海道開発コンサルタントの方々に深く感謝いたします。

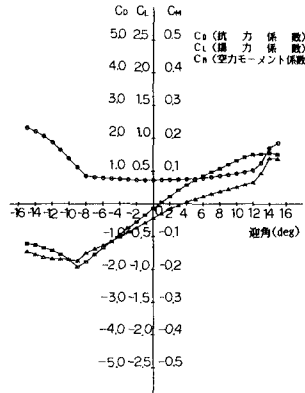


図-4 三分力係数曲線

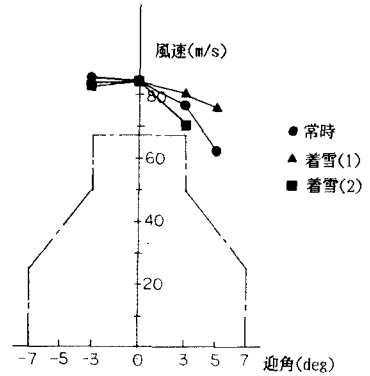


図-5 $\alpha - V$ 図

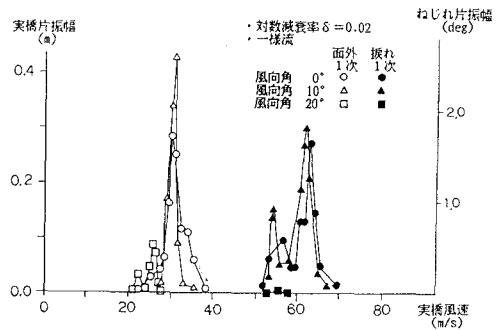


図-6 矩形V-A図

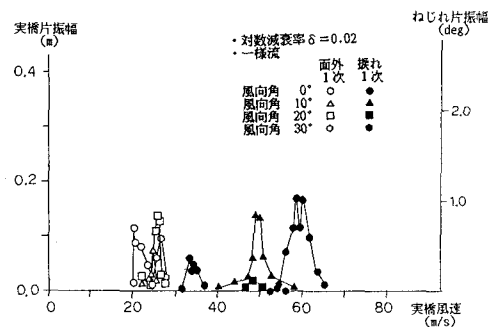


図-7 隅切V-A図

表-1 隅切断面実験結果

気流	風向角(度)	構造減衰	最大振幅(m)	ピーク風速(m/s)
一様流	0	0.02	0.11	20
	10		0.07	25
	20		0.13	26
	30		0.10	26
	20	0.04	0.06	26
乱流	0	0.02	0.10	20
	10		0.03	25
	20		0.08	27