

三菱重工(株) 長研 正 坂田 弘 田中博喜
 広研 正 西谷晴光
 広船 正 佐竹 優 正○江草 拓

1. 序

アーチ系の橋梁をケーブルエレクションで架設する場合、下弦材架設時には、一時的に吊橋と同じ力学系になり、カルマン渦による振動、又はダイバージェンス、フラッター現象等により破壊する心配がある。又、上弦材架設時には上弦材がカルマン振動を起す事が予想される。そこで支間210m巾員8.5mの鋼床版ニールゼン橋の2次元模型と3次元模型を作成して一連の風洞実験を行った。

2. 2次元模型による風洞実験

下弦材の静的空力特性の実験結果を図-1に示す。又、風による振動を支配する要素として、下弦材の振動時に生ずる非定常空気力がある。この非定常空気力を求めるために、模型を加振させその時に生ずる力と位相差を計測した。次に、非定常空気力を求めた2次元模型を使用し、模型をスプリング系で支持しフラッターが起る限界風速を実験的に求めた。実験結果は、迎角をいろいろ変えて行ったところ迎角0°の場合、一番低い風速で振れ振動と主とする失速フラッターを起した。失速フラッターの場合は一般のフラッターのようにフラッター速度に達すれば一瞬に破壊するという事はなく、フラッター速度以上では速度が増加するに従い振巾が増大していく。計測した非定常空気力を使用して行った理論計算と実験結果を図-2に示す。

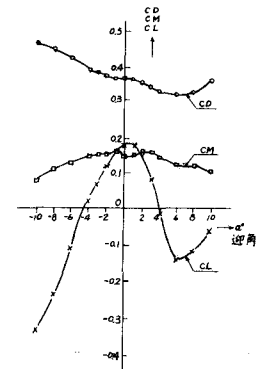


図-1

3. 3次元模型による風洞実験

3次元模型の縮尺は下弦材架設時に対しては、支間は風洞の大きさから制限を受け、実橋の $1/42$ の縮尺に、又、巾員、桁高は測定の精度を上げるために支間の縮尺と同一にせず実橋の $1/50$ の縮尺とした。剛性は風洞の最大風速の制限を考慮して剛性棒により適当な剛性とした。又、上弦材に対しては支間、巾員、弦材高を実橋のほぼ $1/45$ の縮尺とした。

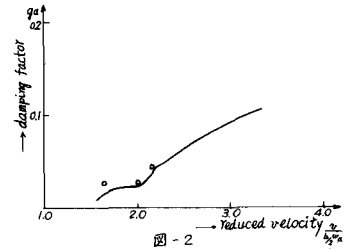


図-2

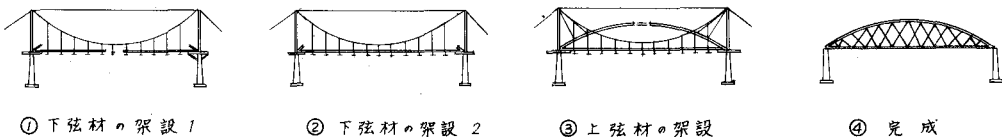


図-3 架設段階図

3-1 下弦材架設時風洞実験

模型を巾 2.5 m, 高さ 0.8 m の風洞内にセットして風速を徐々に増加させて振動数とモードと振巾を測定した。一般に長大橋の耐風対策として耐風索を張るが、この耐風索により、どのように振動性状が変わるかを調べるために、耐風索を2本設けた場合と、4本設けた場合について風洞実験を行った。表-1は下弦材各場合についての振動計測と送風テストの結果の一覧表であり、図-4は風速と最大振巾の関係を示すグラフである。

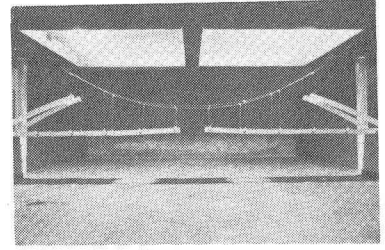


写真-1 下弦材架設時模型

表-1			下弦材閉合前						下弦材閉合時					
			①	②	③	④	⑤	⑥	①	②	③	④	⑤	⑥
振動計測	振動モード	振動形状	f	δ	f	δ	f	δ	f	δ	f	δ	f	δ
			2.1%	0.064	2.1%	0.100	2.1%	0.082	2.2%	0.073	2.5%	0.083	2.5%	0.115
			2.9	0.073	2.8	0.128	2.8	0.091	2.7	0.060	3.3	0.093	3.2	0.098
			4.3	0.133	4.5	0.143	4.6	0.071	4.7	0.068	4.9	0.069	4.9	0.087
フラッター試験	フラッター性状	フラッター振動数 ωF	6.7	0.105	6.5	0.116	6.9	0.315	6.0	0.096	6.0	0.071	6.1	0.080
			開始	風速	4.7%	5.7%	5.7%	5.1%	5.4%	6.1%				
				U_c	2.0	2.5	2.3	2.0	1.7	1.9				
			停止	風速	4.4%	4.8%	4.8%	4.7%	5.1%	5.4%				
フラッター試験	フラッター性状	フラッター振動数 ωF		U_c	1.9	2.0	2.0	1.9	1.6	1.8				
				モード	振り	振り	振り	振り	振り	振り				
				振動形状										
				4.7%			4.5%	4.67%	4.4%				6.0%	

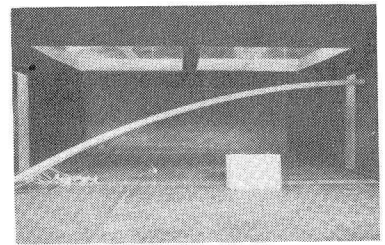


写真-2 上弦材架設時模型

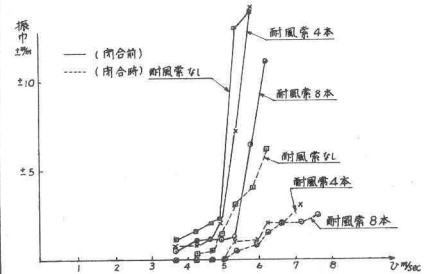


図-4 風速と最大振巾の関係

3-2 上弦材架設時風洞実験

実橋の上弦材架設時は、図-3の③のように斜吊り状態であるが、模型は、写真-2のように設置しリングパネにより垂直に吊り下げた。送風実験の結果、カルマン渦による振動現象が見られ、本橋のように、2本の角材が間隔を変えながら並んでいる場合のストロハル数は 0.1 との結論を得た。

4. 結論

図-3の架設段階 ① ② について次のような結論を得た。即ち、2次元模型による空気力測定によると、モーメント曲線 CM の勾配が小さくダイバージェンスは起らない。又、本橋の如き断面では実験によると規則的なカルマン渦は発生しない。従って固有振動数とカルマン渦による強制力が一致して共振状態になる事はない。フラッターについては下弦材閉合前、閉合時共逆対称振れ振動による失速フラッターを起した。又、閉合前と閉合後は reduced velocity は同じであるが、振巾は閉合前の方がずっと大きい。次に耐風索を張った場合、フラッター限界風速は増加し振巾は減少する。従って

$L/4$ と $L/2$ に耐風索を設けて、逆対称1次、対称1次両方の振り振動に抵抗するのが望ましい。