



風による斜張橋の振動と耐風設計

小松 定夫*

写真1に示すように連続桁をケーブルで斜めに吊り上げた形式の橋を斜張橋とっている。

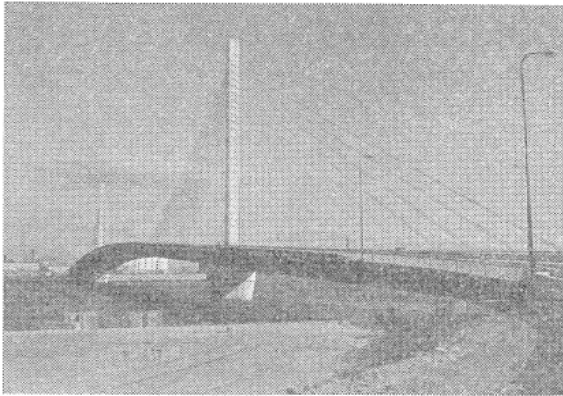


写真1 かもめ大橋の全景

一般に斜張橋の特長は次のとおりである。

- (1) 比較的背の低いスレンダーな桁を使い、かなり経済的に普通の桁橋より長い支間を渡れる。
- (2) 斜めに張られたケーブルを利用して、張出し工法による架設を容易に行える。
- (3) 吊橋よりも剛性が高いので、耐風安定性については吊橋より有利である。また鉄道橋にも有利に使用できると考えられる。
- (4) 吊橋のようなケーブル定着用の大きなコンクリートのアンカブロックを必要とせず、その上軟弱地盤でも耐震性が大きい。
- (5) 桁高が小さいので、桁下空間を広くでき、船舶航行に好都合である。
- (6) 構造美学的に優れている。

それで最近では支間150~350m級の橋に、従来のトラス形式(港大橋の形式)に代って、斜張橋が建設されるようになった。写真1は昭和50年度土木学会作品賞を受賞した大阪市南港南埠頭のかもめ大橋(支間100+240+100m)である。

* 小松定夫 (Sadao KOMATSU), 大阪大学工学部土木工学科, 第1講座, 教授, 工博, 構造工学

斜張橋は吊橋に比べると確かに耐風安定性について有利には違いないが、通常の桁橋やトラス橋などに比較すると、桁自身が細長くフレキシブルであるので、下手に設計すると風の中で振動し易い性状をもつようになる。

一般に吊橋, 斜張橋, 塔状構造物のような長大でフレキシブルな構造物が風の中で振動する場合, その振動特性に応じて現象を幾種類かのタイプに分類できる。場合によってはこれらのタイプが混在したような複雑な振動性状を示すものがある。従ってこの問題は空力弾性学 (Aeroelasticity) の重要な研究テーマとなっている。

風による構造物の振動現象を分類すると次のとおりである。

- (1) 曲げねじりフラッタ (2) 失速フラッタ (3) ギャロッピング (4) 風琴振動 (5) パフェットィング

このうち(1), (2)は吊橋に生じ易い現象でフラッタ限界風速より速い風速域では数サイクルで大振幅となり、構造物はたちまち崩壊するという危険な現象である。有名な旧タコマ橋の落橋事故は、この発散振動に起因するものである。

斜張橋に関しては、その桁断面の形状を逆台形箱型あるいは偏平6角形箱型にするとフラッタ限界風速を台風時の暴風より高くすることが容易であるので、基本設計の段階でこの点に留意すれば、フラッタによる崩壊事故の心配は、まずないと考えてよい。ところが風速10~15m/sec位の中程度の風の中で、振動し易い性状を持っている。

筆者は、日立造船株式会社の研究スタッフの協力を得て同社の大型風洞を使い、かもめ大橋の部分模型による風洞実験を実施した。まず強度設計で決めた原型断面についての実験結果を図1に示す。図1からわかるように、実橋換算風速7m/secで小振幅の鉛直振動を生じ、風

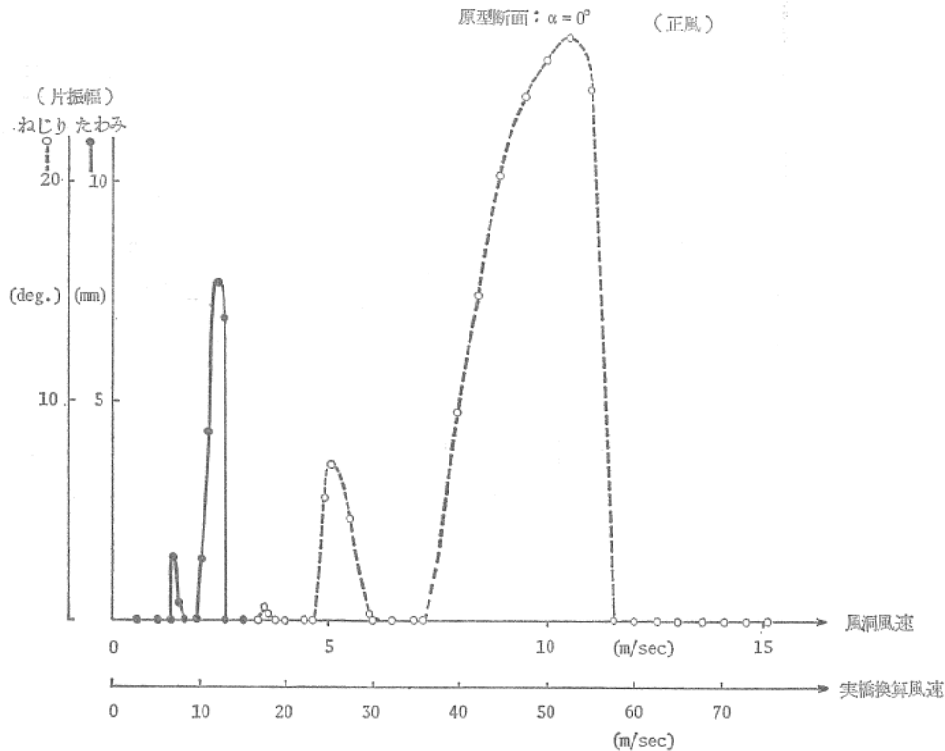


図1 斜張橋の限定振動

速が増加すると、一たん振動が停止し、10m/sec 付近から再び鉛直振動を生じ、12m/sec で、最大振幅の鉛直振動を生じた。さらに風速を増加すると振動が停止してしまう。次に18m/sec 付近で微小のねじり振動が生じ、一たん停止した後、23m/sec の風速で再びねじり振動が発振する。風速の増加に伴い再度停止した後、風速50m/sec でかなりの振幅をもつねじり振動が生じた。しかしさらに風速を増加するとこれも停止してしまう。この種の現象を限定振動という。これは上記(4)の現象が主体になっていると思われる。発散振動のような崩壊事故の直接原因とはならないけれども、比較的低風速で発振するので、歩行者に不安感、不快感を与えたり、場合によっては歩行の困難性を伴うなど社会問題になりかねない。また局所的な疲労破損を誘発し、時には大事故につながることも考えられる。

特に迎え角を持つ吹き上げ、吹き下ろしの風に対して限定振動が生じ易いことがわかった。それで迎え角 α が、 $-4^\circ \leq \alpha \leq 4^\circ$ で、かつ実橋換算風速 75m/sec までの風速域において限定振動ならびに発散振動が生じないように桁断

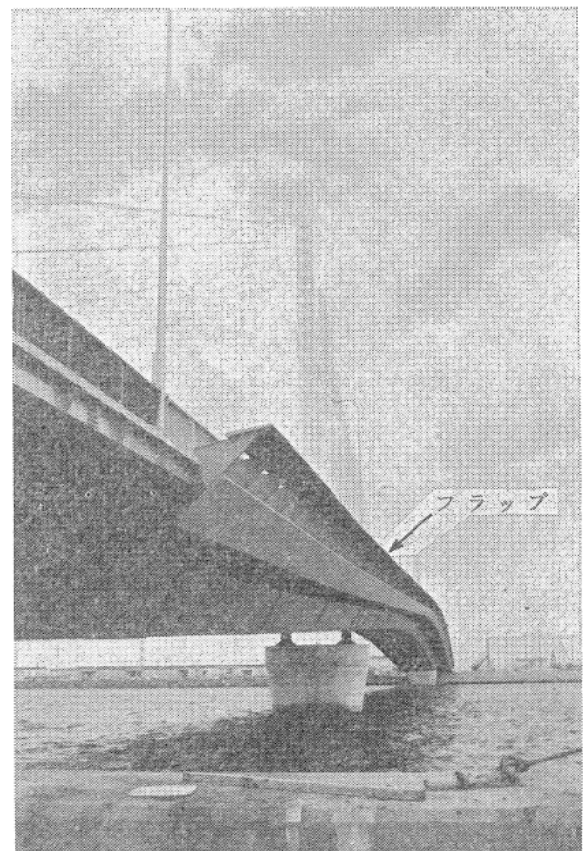


写真2 防振フラップ

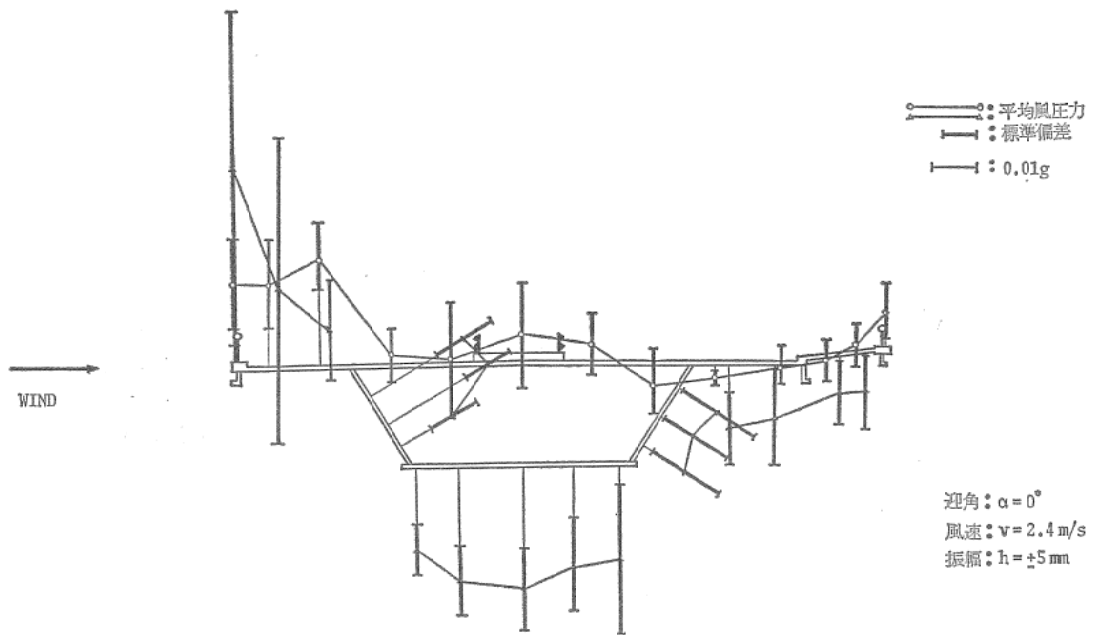


図2 平均風圧力と変動風圧力の標準偏差

面を設計することにした。そのような目的で写真2に矢印で示すような振動防止用フラップを設置することにした。フラップの取付位置、形状寸法を種々検討し、最終断面を決定した。そこでそれについて、風洞実験を行なったところ、上述の範囲内の風速に対して全く振動しないことが確認された。写真2に採用されたフラップを示す。

さらに限定振動の本質を追求するため、精密なセンサーによる非定常空気力の測定、精巧な風圧計による動的風圧力分布の測定を行なっている。

これらの実測結果と相まって、理論的研究も推進し、現在、その本質が不明確といわれている限定振動の発生機構を究明しようと努めている。

図2に、動的風圧力分布の実測結果の1例を示す。

以上、筆者ら（小松定夫、小林紘士、南条正洋）が推進しつつある「斜張橋の耐風設計に関する研究」の意義と内容について簡単に説明しましたが、この方面の研究に対する読者の温かいご理解を頂くことができますれば、誠に幸甚と存ずる次第であります。