

荒津大橋の耐風安定化対策

福岡北九州高速道路公社 井上朝登・正員・田中千秋・吉崎信之
九州産業大学工学部 正員 吉村 健・正員 亀井頼隆・比嘉 智

1. まえがき 荒津大橋(橋長 345mの3径間連続鋼斜張橋)の主桁と塔について、風洞実験ならびに架設地点における風観測(超音波風速計とプロベラ風速計を使用)を行い、台風および橋軸直角方向に近い風向の冬期季節風に対する耐風安定化対策法を検討してきた。その概要を以下に報告する。

2. 風洞実験結果 まず主桁については、通常の斜張橋と同様に、曲げねじれフラッタは実用上問題にならないが、曲げとねじれの渦励振は、迎角 β によっては防振対策を施す必要のあることがわかった。すなわち、図-1に示す曲げの渦励振における迎角-最大変位振幅曲線(Δ 印)に見るように、 $\beta > 5^\circ$ では大振幅の励振を生じる。その防振には、剝離抑制板(図-2参照)が有効であるが($\square$ 印)、一方、フラップは効果ない($\bullet$ 印)。ねじれモードでも、 $\beta > 2^\circ$ で渦励振を生じる(図-3の Δ 印)。その防振には、フラップが有効であるが($\bullet$ 印)、剝離抑制板は効果ない($\square$ 印)。以上の渦励振は 15~20m/sで発生する。

次に、完成系の塔について記す。本橋の塔は $2 \times 3 \times 60$ mの矩形柱で、一面吊形式を採用している。したがって、完成系においても、ケーブルによる橋軸直角方向の曲げ剛性の増加はなく、固有振動数の低い系となる。このため、わずか 10m/s程度の橋軸方向に近い風によって、ギャロッピングを生じる(図-4、風向の定義は図-5参照)。図示するように、減衰を増してこれを防振するには、 $\delta_0 > 0.1$ (対数減衰率)が必要である。この空気力の大きいギャロッピングは、 $7^\circ \leq \alpha \leq 10^\circ$ の風向範囲で生じる(図-6)。

架設中(冬期)に、フリースタANDINGの状態に置かれる塔が季節風を受けると、大振幅の曲げの渦励振を生じる(図-7の $0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$ の $\circ$ 印)。減衰を増してこれを防振するには、 $\delta_0 > 0.1$ が必要である。

3. 現地の風の特性と安定化対策法の選定 S.59.12~ S.60.2の80日の観測期間中に、10m/s以上と15m/s以上の風が、それぞれ約150時間(7.5%)と約6時間(0.3%)記録され、強い季節風が高い頻度で吹くことがわかった。その卓越風向は北西である。

北~北北西の風に関する傾斜角と風速の関係は図-8(a),(b)に見るとおりである。これらは、約2時間の記録からサンプリングした約100個のデータについて、それぞれ20秒と60秒の平均値を求めたものである。風速が増すと、傾斜角は 0° に収斂して行く傾向が認められ、15m/s以上では $0^\circ \sim 2^\circ$ を示している。これと同様の特性は、他の風向(たとえば図-9の西北西)でも認められた。なお、15m/s以上の場合、傾斜角の標準偏差は 3° 程度であった。

上記の15m/s以上の傾斜角特性を考慮すると、主桁の曲げの渦励振に対する防振対策は不要と結論される。しかし、ねじれの渦励振については、多少の振動発生が懸念される。そこで、フラップ取付可の状態を高橋を製作し、完成から供用開始までの期間に振動と風の観測を行い、その結果を踏まえてフラップを取り付けるか否かを決定することになっている。

次に架設系の塔については、「フリースタANDINGの状態を避ける目的で、架設の途中で一部のケーブルを張る」といった、当初計画していた架設工程を一部変更することによって対処することにした。つまり、これによって、塔の固有振動数が増すだけでなく、塔の振動に伴う主桁の振動振幅の増加ももたらされ、塔の換算質量も増すことになる。さらに、架設機械の重量も考慮すると、結局、図-7の風速値を約2倍にしたグラフで、図中 $\square$ 印で示した $\delta_0 = 0.03$ の曲線が実橋の換算値となる。この場合でも、 $0^\circ \leq \alpha \leq 15^\circ$ で、なお振幅1m程度の振動を生じる。しかし、15m/s以上でこの風向(ほぼ北)の風は、上記の観測期間中に30分程度しか記録されておらず、振幅の大きい割に応力レベルは小さいことから、実用上問題にならないであろう。

S.60.8の台風13号では、最大瞬間風速 40m/s以上の強風が観測された。台風による完成系の塔は、破壊的振幅に達するギャロッピングを生じるので、一連の検討の中で最も注意を要するところである。これについ

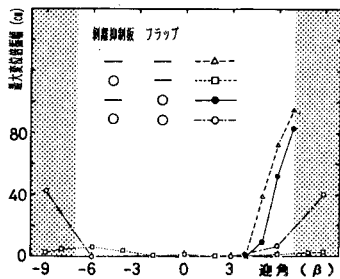


図 - 1

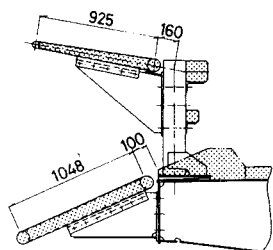


図 - 2

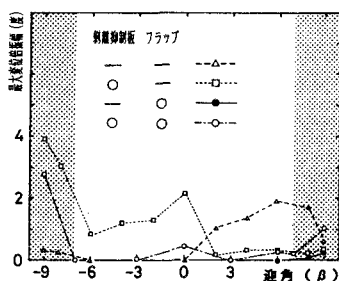


図 - 3

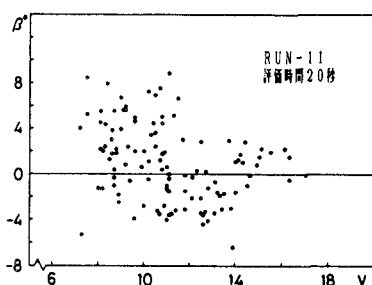


図 - 8 (a)

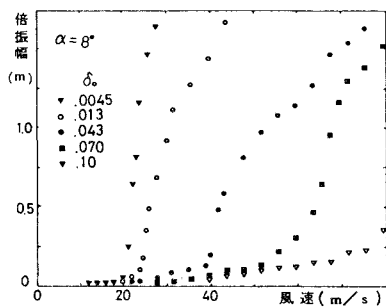


図 - 4

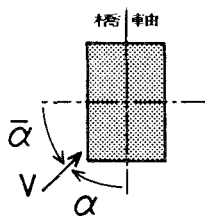


図 - 5

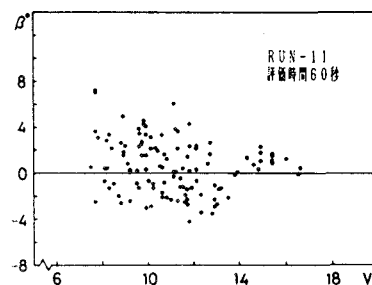


図 - 8 (b)

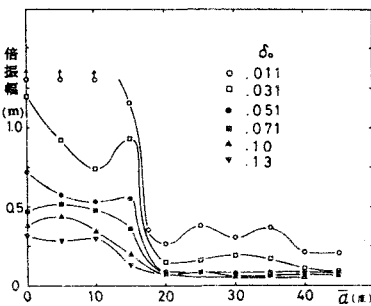
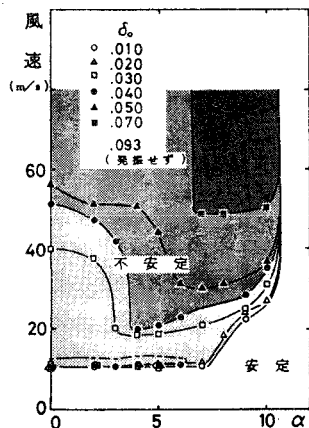


図 - 7

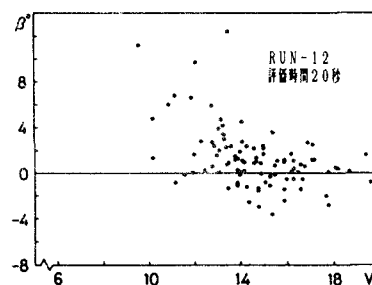


図 - 9

ては、防振機構が明確で、塩風による錆の心配もないという理由で、新しい試みとして、塔内スペースに $\delta_0 > 0.1$ をもたらすダイナミックダンパーを設けることにした。その設計にあたっては、ダンパーのウェイトが塔壁に衝突しないように特別の工夫をした。

4. むすび 今後、実橋の主桁と塔について振動実験と風による振動の観測を行い、風洞実験結果の妥当性を検討して行くことにしている。なお、より精細については、土木構造・材料論文集の第1号と第2号等を参照されたい。最後に、本研究に援助いただいた九大建築の前田潤滋博士、新構造技術㈱の武藤賢司氏ならびに九産大土木の大学院生・卒研生諸君に謝意を表します。