

I-A 247 A型主塔の中間横梁部材による振動抑制に関する実験的研究

西松建設(株) 正会員○中桐秀雄(研究当時 九州工業大学大学院生)

九州工業大学 正会員 久保喜延 学生員 嶋田紀昭

1. まえがき A型主塔の形状的な特徴は、主塔高方向に塔柱間隔が変化し、それに伴い塔主要構成部材が傾斜していることである。本研究では、橋軸方向流により発生する塔面内振動に対して制振効果の高い中間横梁の位置及び周辺流れが、この形状的特徴によりどのような影響を受けるかについて検討した¹⁾。

2. 実験概要 図1に示すような模型基部に板バネで片持ち支持した正方形断面柱の1自由度ロッキング模型を用いた。中間横梁の最適位置の一般性を問うためにアスペクト比も変化(アスペクト比18($f=3.8\text{Hz}$, $\delta=0.06$, $W=240\text{gf}$), 24($f=2.8\text{Hz}$, $\delta=0.07$, $W=480\text{gf}$))させて応答実験を行った。可視化実験は、模型各表面上に隅角部から5mm離れた位置に熱線ワイヤーを取り付けて、スモークワイヤー法により行った($V=0.6\text{m/s}$, $Re=2.2\times 10^3$)。模型表面の圧力測定は、測点数の関係から従来の方法とは異なり、トラバース装置のアームの先端に設置した圧力タップを模型表面に設置する方法で測定した($V=4.0\text{m/s}$, $Re=1.5\times 10^4$)。後流の流速変動測定には、I型の熱線流速計を用いた($V=1.45\text{m/s}$, $Re=5.3\times 10^3$)。

3. 実験結果 3.1 応答特性 横梁設置位置を $h(S)\% (=h(S)/H\times 100$, 塔高に対する割合), S/d (塔柱間隔)の両者で整理した結果以下ようになった(ギャロッピングが発生していない場合は $V_r=40$ としている)。渦励振に関しては、主塔開き角が変化することにより S/d は変化していくが(図2), $h(S)\%$ はほぼ一定の値を示している。ただし、アスペクト比が変化することによりその値は異なってくる(アスペクト比18, 24の時はそれぞれ, $h(S)\%$ が40, 30%付近)。ギャロッピングに関しては、主塔開き角が変化することにより $h(S)\%$ は変化していく²⁾が, S/d はほぼ一定の値を示している(図3)。この値は、アスペクト比が変化しても同様であった($S/d=2.5$ 付近)。これより、渦励振及びギャロッピングに関してはそれぞれ、ある $h(S)\%$, S/d が抑制効果が高い横梁の位置のために主塔開き角が変化することにより, S/d , $h(S)\%$ が変化することが考えられる。また、中間横梁部材の断面比を変化させてもその制振効果が十分発揮されるのであれば、経済性を考慮した場合軽量の方が良い。そこで、ギャロッピングの制振に重点を置き、中間横梁部材の設置位置は $S/d=3$ (ギャロッピングが発生していない位置)に固定し、断面比(B/d)を変化させて応答実験を行った。厚さ(d)を薄くすることにより発振風速は低下するが、幅(B)を小さくしても発振風速に変化は見られなかった。可視化実験より、前者については空力干渉領域が減少したため、後者については再付着性の無い断面比のために全体の流れに影響を及ぼさなかったためと考えられる。また、便宜上部材幅を $1/5B$ として、設置位置を塔柱側面内に

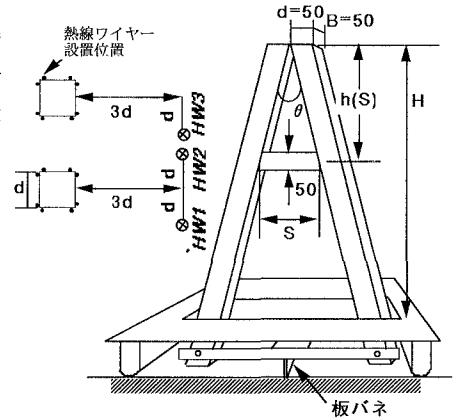


図1 実験概要

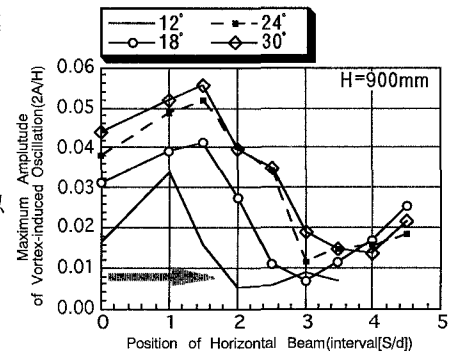


図2 塔柱間隔と渦励振最大振幅の関係

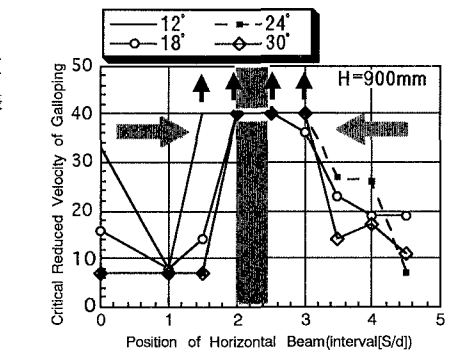


図3 塔柱間隔とギャロッピング発振風速の関係

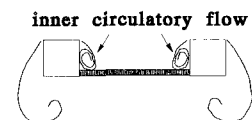


図4 塔柱側面後縁側設置の場合

において変化させた場合についても発振風速に変化は見られなかった。しかしながら、可視化実験より側面前縁側と後縁側に設置した場合とでは、以下に挙げる2点が異なっていた。(1) 空力干渉領域の減少(2) 塔柱内側側面における内部循環流の存在(図4)である。(1)については振動を励起する影響があるはずであるが、後縁側設置に伴い振動は発生していない。これより(2)については、振動抑制に関係している可能性がある。そこで、スプリッタ板(①)と中間横梁(②)を用いて応答実験を行った(図5)。この図から、 $P \leq B$ では②に①を加えることにより振動が抑制されている。可視化実験より、このことが空力干渉領域を増加させている様子は見られなかった。変化が生じた点は、内部循環流の形成である。これより、内部循環流の形成は単独柱においては振動励起に働き⁹⁾、並列2角柱においては振動抑制に働く可能性があると考えられる。ただし、 $P > B$ では振動が発生し、形成の位置関係にも左右されられると考えられる。また、今回は $S/d=3$ の位置しか検討していないため、他の S/d についても検討を行う必要がある。

3.2 流れの構造 図6に模型表面の静圧測定結果を示す。塔柱間隔が狭い領域においては、岡島等の指摘する^{9b)}ように側面内外で圧力差が生じ、また St 数も単独柱とは異なる値を示した。中間横梁を $S/d=3$ の位置に設置した場合、横梁上層部では主塔部材の傾斜の影響(図8)により、横梁からの剥離流の影響を強く受け、塔柱内側の剥離流は斜め上向きに押し上げられるようにして側面に再付着し(圧力回復)、再び剥離する際に円錐状の渦^{9c)}(図7)を形成する(圧力低下)。また、横梁下層部では主塔部材の傾斜の影響は上層程ではなく(図8)、塔柱内側の剥離流は斜め下向きに巻き込むようにして流下し、その際に渦(図7)を形成する(圧力低下)。また、この渦は主塔背面に吸い付くようにして風下側に放出され、主塔内側背面で圧力低下が行われる。この現象は小川等の指摘していること⁷⁾と考えられる。

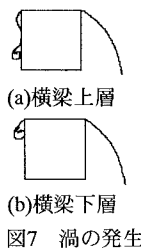


図7 渦の発生

4. あとがき 今後は、非定常空気力の測定を行い、位相差等の問題について検討する予定である。

【参考文献】(1)久保等:第14回風工学シンポジウム,1996(2)久保等:土木学会第50回年次学術講演会,1995(3)白石,松本等:第11回風工学シンポジウム,1988(4)岡島等:九州大学応用力学研究所所報第60号,1984(5)岡島等:構造工学論文集,1992(6)河井等:第13回風工学シンポジウム,1994(7)小川等:土木学会第46回年次学術講演会,1990(8)白石,松本等:第13回風工学シンポジウム,1994(9)宇都宮等:構造工学論文集,1992

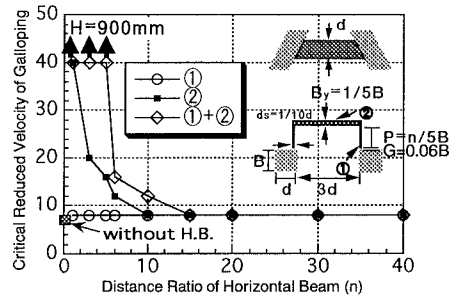


図5 中間横梁設置位置と発振風速の関係

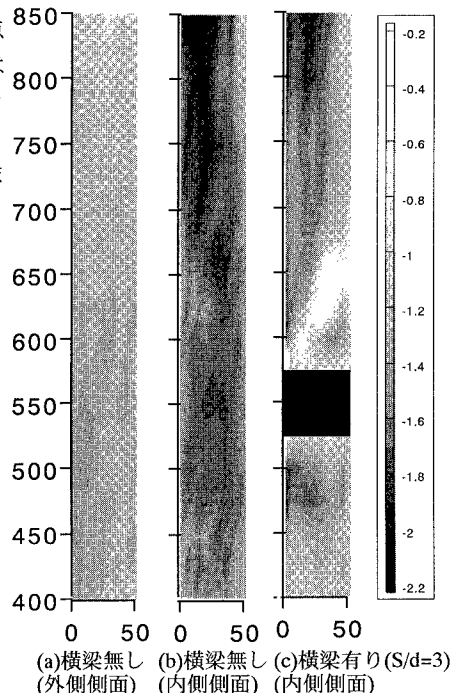
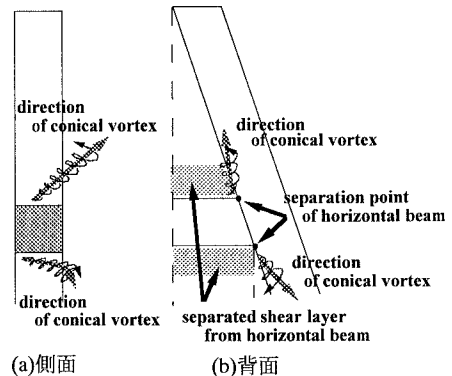
図6 圧力分布図($\theta=24^\circ$, $H=900\text{mm}$)

図8 渦の放出方向