

風雨時の円柱構造物の 安定性評価について

住友重機械工業	正 員 〇大蔵 健	京都大学工学部	正 員 松本 勝
京都大学工学部	正 員 白石成人	阪神高速道路公団	正 員 北沢正彦
京都大学工学部	正 員 白土博通	KAIST	金 潤石

1. まえがき 名港西大橋¹⁾において、降雨をともなった風のもとで発生するケーブル振動が観測され、また風洞実験によって現象の確認がなされた。この振動現象は、Rain Vibrationと呼ばれるものでケーブル表面に形成される雨水の流路と風との共同作用によって発生するものと考えられる。しかしながらRain Vibrationは風工学分野における新しい現象であり、その発生機構については未解明な部分が多い。本研究では、Rain Vibrationを風洞実験によって再現し、ケーブルの姿勢・材質などの条件を変えて、その空力振動応答特性を把握し、また振動中の非定常圧力、平均圧力などを測定し、振動発生機構について考察を加えた。また、制振対策として、ケーブルにヘリカルチューブ・突起をつけ、その制振効果を検討した。

2. 実験概要 本研究では、ケーブル模型を Fig 1 のように風向に対し 3 次元的に設置した。ケーブル模型は、PE 管 160 mm ϕ および 80 mm ϕ 、メタアクリル酸樹脂管 140 mm ϕ 、アルミニウム管 140 mm ϕ の 4 種類を用いた。ケーブルはすべてケーブル長 1.6 m、重量 15 kg で実橋ケーブルの約 1/10 である。ケーブル模型は上下端をばね支持し、風向鉛直方向の 1 自由度とした。降雨はノズルにより水道水を散布した。この状態において、振動応答特性実験および減衰測定を行った。また、非定常圧力および平均圧力測定は、ケーブル表面に雨水の流路を想定したリブレットモデル人工的に取り付けて現象を再現し測定を行った。またケーブルの姿勢は、Rain Vibrationが発生しやすいといわれている、風向に対して下り勾配を持つ姿勢（正姿勢）のほかに風向に対して上り勾配を持った姿勢（逆姿勢）についても実験を行いその挙動の差異を検討した。

3. 実験結果および考察 振動応答特性を調べた結果、正姿勢の場合には全ての模型において無雨時の場合は振動が発生せず、降雨時の場合は振動が発生した。このことから Rain Vibration は、ケーブルの材質（表面粗度）・直径にはあまり依存していないと考えられる。またその振動発生は、無次元風速よりも実風速に依存しているようである。しかしながらケーブルの表面が滑らかになるほど、ケーブル上面にできる流路が不明確なものになり、その振動発生風速は低くなり、振幅は小さくなっていく。このこと

Fig 1 実験模型概要図

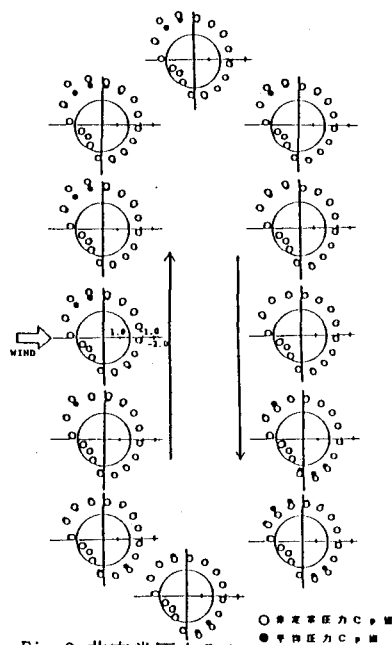
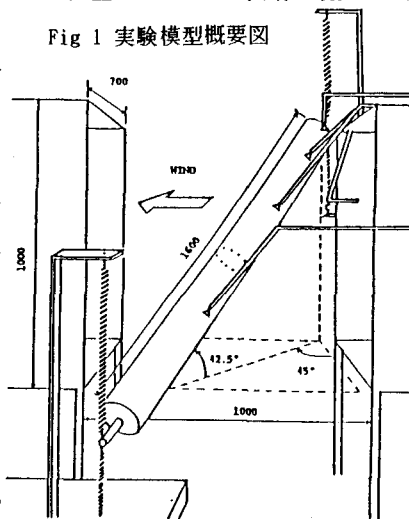


Fig 2 非定常圧力分布

から Rain Vibration 現象はケーブル上面にできる形成される流路が重要な役割を果たしているようである。非定常圧力測定の結果 (Fig 2) から、ケーブル表面のリブレット付近、特に上面側のリブレット付近で圧力の変化が顕著であるのがわかる。また、振動中の振幅と圧力の位相差より、1 周期当りの単位面積当りの無次元仕事量を求めた。(Fig 3) これより、上面リブレットの直後より仕事量が大きくなっているのがわかる。一方逆姿勢の場合には、すべての模型 (PE160mm, 80mm、メタクリル酸樹脂、アルミニウム) において無雨時においても振動が発生した。(Fig 4) これは明らかに Rain Vibration とは異なった振動現象である。このように正姿勢と逆姿勢で挙動が大きく異なるのは、ケーブルが 3 次元的に配されていることに原因があると考えられる。正姿勢の無雨時・降雨時、逆姿勢

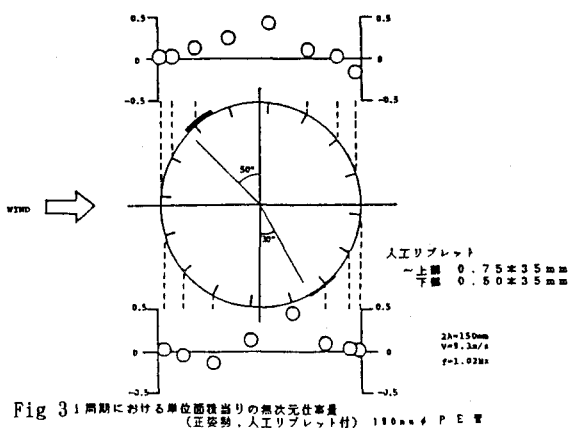


Fig 3 1 周期における単位面積当りの無次元仕事量 (正姿勢、人工リブレット付) 160mm φ P E 管

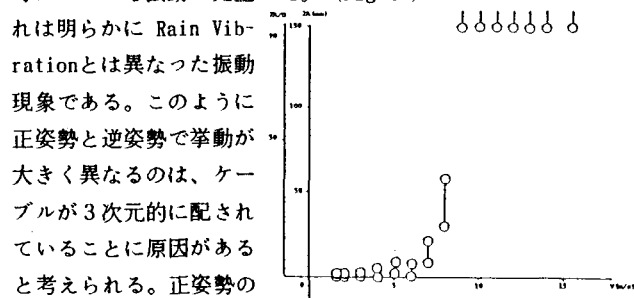
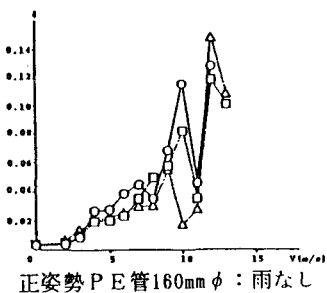


Fig 4 逆姿勢 P E 管 160mm φ 雨なし

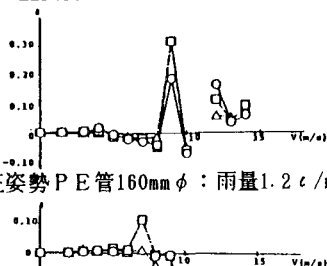
の無雨時の風速一対数減衰率応答図 (Fig 5) を比較すると 3 ケースとも 10m/s 付近で減衰が一度大きく減少しているのがわかる。このような特性が、風向に対し 3 次元的に配されたケーブル挙動の一因になっている可能性があると思われる。また正姿勢と逆姿勢の挙動の差異は振動方向を風向に対して鉛直な方向にしたために連成振動となっていることに起因している可能性があり、実橋において発生する可能性はケーブルにある程度のサグが必要であると思われるが詳細については今後の検討に待ちたい。

また制振対策については、ヘリカルチューブは 1600mm でケーブルを 1 回転させるものを 8 本巻いたものが正姿勢降雨時の振動に、ケーブル軸に平行に表面に突起 (5*11mm) をつける方法は 40~45mm 間隔に取り付けたものが正姿勢・逆姿勢ともに、制振対策として有効であると考えられる。

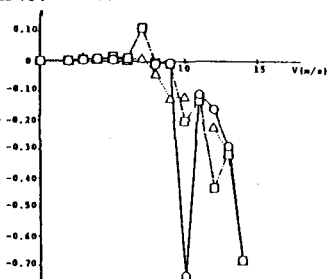
4. 結論 Rain Vibration は、ケーブルの材質・直径によらず発生しうる。そしてその振動現象は、ケーブル表面に雨によって流路が形成され断面が空力的に不安定になることが原因のようである。特に上面側の流路が大きく関与している。また風向に対して上り勾配を持つ姿勢においては降雨がなくとも振動が発生しうる。



正姿勢 P E 管 160mm φ : 雨なし



正姿勢 P E 管 160mm φ : 雨量 1.2 mm/min



逆姿勢 P E 管 160mm φ : 雨なし

○ (2A=150mm)
□ (2A=100mm)
△ (2A=50mm)

Fig 5 風速一対数減衰率 応答図