

立命館大学理工学部

正会員

小林敏士

立命館大学大学院

学生会員

○鈴木宣人

1. まえがき 近年、斜張橋ケーブルにおいて風による振動、レインバイブレーションが発生し、問題となっている。その対策の一つに空力対策がある。表面をディンプル加工したケーブルが、レインバイブレーションに対して有効で、しかも静的空気力（抗力）の影響を低減できると報告されている^{1) 2)}。本研究では、ディンプルの配置、寸法の異なる、数種類のディンプルケーブルを使用して、静的、動的特性を調べることとした。

2. 各種ディンプルケーブルの静的抗力特性

2.1 実験方法 使用した模型を Table 1 に示す。ケーブル模型を風洞測定部に風向直角水平支持し、一様流を作用させ、ロードセルで抗力を測定した。

2.2 結果および考察 ディンプル加工したケーブルの表面粗度の程度を表す粗度係数 k/D を式 (1) で定義する。

$$k^*/D = h/D \times s/S \cdots \cdots (1)$$

(D :模型の直径 (mm)、 h :ディンプル深さ (mm)
 s :ディンプル表面積 (mm²)、 S :模型の表面積 (mm²)) Fig.1 にそれぞれのケーブルの抗力係数と粗度係数を示す。図中、過去に行われた粗度を付けた円柱の結果を波線で示す。いずれの模型も k^*/D が 10^{-4} のオーダーの模型の C_D は波線で示される過去の実験例と傾向が一致している。レイノルズ数 $Re=3 \times 10^5$ まで抗力が低く保たれ、特性が良いといえる。ただし、DD のように円周方向に非均一性、形状性が大きいと、 C_D の値に対する気流の迎角の影響が大きく（最大 16.7%の偏差）、考慮が必要である。

3. 各種ディンプルケーブルの動的応答特性

3.1 実験方法 ケーブルを傾斜させ、鉛直一自由度バネ支持し、一様流を作用させた。降雨シュミレーションはノズルによる噴射、ホースによるケーブル上方からの注水の 2 種類とした。

3.2 実験結果および考察

Fig.2-4 に応答振幅と風速の関係を示す。ここに V, f, D, A はそれぞれ風速、固有振動数、模型の直径、応答振幅最大値である。 α, β はケーブルの設置水平偏角、立上がり角、 $Sc = \frac{m \dot{c}}{\rho D^2}$ はスクリーン数である。

①円形ケーブル 無雨時では風速の増大に従い、振幅は増大するものの限定および発散型の振動は確認され

Table.1 各種ディンプルケーブルの緒言

模型名	ケーブル表面加工の状態	直径 (D) 長さ (L)
DUS-A1		D=0.152(m) L=1.00(m)
DUS-B1		D=0.152(m) L=1.00(m)
DUS-C1 DU-C1 DU-C3		D=0.150(m) L=1.00(m)
DD		D=0.115(m) L=1.00(m)

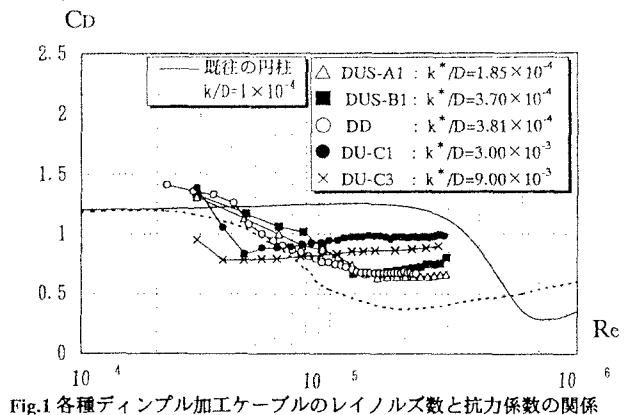


Fig.1 各種ディンプル加工ケーブルのレイノルズ数と抗力係数の関係

ない。ホースによる降雨シュミレーションでは低風速域 ($V/ID=50\sim100$) で限定型振動、高風速域 ($V/ID=500$ 以上) で発散型振動が発生している。低風速では下面水路のみ形成されていた。振動時の水路形状が風圧の影響を受けず、明確であることが剥離を強めていると考えられる。高風速での発散型振動が発生するときは、上面水路が形成されていた。一方、ノズルによる降雨シュミレーションでは低風速 ($V/ID=100\sim150$) で限定型振動が発生している。振動発生領域がノズルと異なるのは、同じ風速での水路形状、水路形成位置が異なることに起因していると考えられる。

②ディンプル加工ケーブル 無雨時の応答は特に $V/ID=200$ 以上で円形ケーブルと比較し、いずれも安定化する。降雨時 (ホース) の応答はいずれの均一なディンプルケーブルも低風速域で限定型振動が発生する。水路観察の結果、振動発生時には明確な下面水路が形成されていた。ディンプルがスパン方向に平行に配置されているためと考えられる。DD のみ低風速で安定した。ディンプルが離散的配置であるため、時間的に水路形成位置が変化していることがその大きな要因といえる。高風速では水路が剥離位置まで風圧で移動しているものの、その形状は薄く、剥離に与える影響は小さいと考えられる。降雨時 (ノズル) ではいずれのディンプルケーブルも安定している。雨滴がディンプルにより吹き飛ばされやすくなり、水路が形成されにくいためと考えられる。

4. 結論 1) ディンプルケーブルの抗力特性は粗度係数を 10^{-4} のオーダーとするよう加工したものが良い特性を示した。2) 応答に対する水路の影響がかなり大きく、その形状、位置が変化することが限定型振動の要因と考えられる。3) ディンプル加工ケーブルは高風速域で安定化するが、降雨時には水路が形成されれば、振動が発生する。4) 離散的配置のディンプルケーブルは水路は形成されるものの、その形成位置が時間的に変化することが、安定化する要因といえる。

参考文献 1)宮田、新、北條、山田“小さい抗力と空力安定性の維持を目的とした斜張橋ケーブルの開発”、土木学会第50回年次学術講演会論文集、1995年、2)小林、鈴木、南、亀村“表面加工によるケーブルのレインバイブレーションの制振”土木学会第49回年次学術講演会論文集、1994年。

