

I-A 242

表面加工ケーブルの静的および動的空気特性

住宅都市整備公団 正会員 鈴木宣人
立命館大学理工学部 正会員 小林紘士
神鋼鋼線工業（株） 正会員 三木雅之
神鋼鋼線工業（株） 南 良久

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の、静的、動的空気特性を調べた。

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 ケーブル模型の表面加工の状況を Table 1 に示す。ケーブル模型を高さ 1800mm、幅 1200mm の風洞測定部に風向直角水平に支持した。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。

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

ここに、 D :模型の直径、 h :ディンプル深さ、 s :ディンプル表面積、 S :模型の表面積。

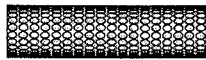
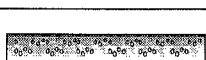
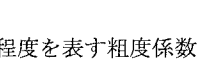
Fig.1(a)にそれぞれのケーブルの抗力係数と粗度係数を示す。Fig.1(b)は過去に行われた粗度を付けた円柱の結果である。 k^*/D が異なるそれぞれの模型の C_D は過去の粗度付円柱の実験例と傾向が一致している。ただし、DD のように円周方向に非均一性が大きいと、低レイノルズ数域で C_D に対する気流の迎角の影響が現れることもわかった（最大 16.7%の偏差）。

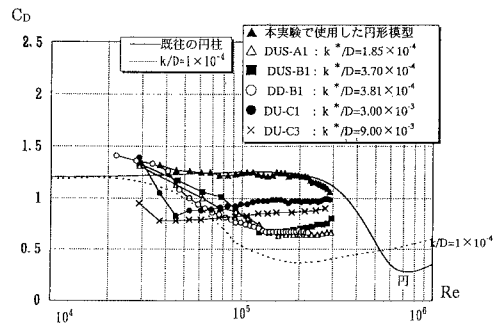
3. 各種ディンプルケーブルの動的応答特性

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。降雨シミュ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。

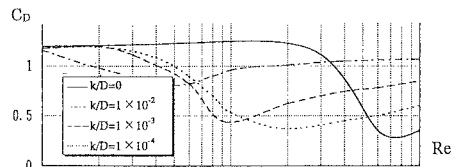
3.2 実験結果および考察 Fig.2 に応答振幅と風速の関係を示す。ここに V, f, D, A はそれぞれ風速、固有振動数、模型の直径、応答振幅最大値である。 α, β はケーブルの設置水平偏角、立上がり角、 $Sc = \frac{m\dot{a}}{\rho D^2}$ はスクート数である。

Table.1 各種ディンプルケーブルの諸元

模型名	ケーブル表面加工の状態	直径 (D)
		ディンプル深さ (h)
DUS-A1		D=0.152(m) h=1.00 (mm)
DUS-B1		D=0.152(m) h=1.00 (mm)
DUS-C1		D=0.150(m) h=1.00 (mm) (C1)
DU-C1		h=3.00 (mm) (C3)
DD-B1		D=0.115(m) h=1.00 (mm)
DD-C1		(B1:精度良い) (C1:精度悪い)



(a) ディンプル加工ケーブルの粗度係数が抗力係数に与える影響



(b) 表面粗度が抗力係数に及ぼす影響

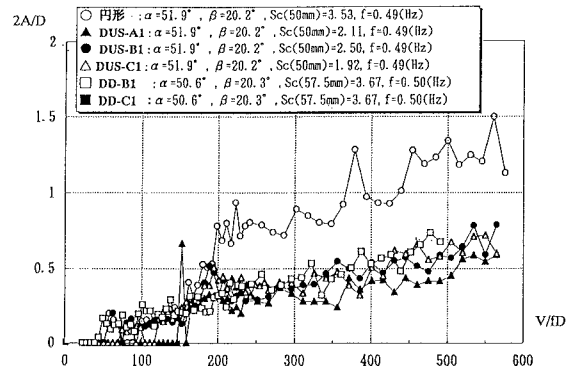
Fig.1 各種ディンプル加工ケーブルのレイノルズ数と抗力係数の関係および表面粗度が抗力係数に及ぼす影響

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ない。ホースによる降雨シミュレーションでは低風速域 ($V/fD=50-100$) で限定型振動、高風速域 ($V/fD=500$ 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。そして水路形状は風圧の影響を受けず、明確であった。これが振動の発生に寄与し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。ノズルによる降雨シミュレーションでは低風域での振動発生域が $V/fD=100-150$ になった。振動発生領域がホースのケースと異なるのは、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。

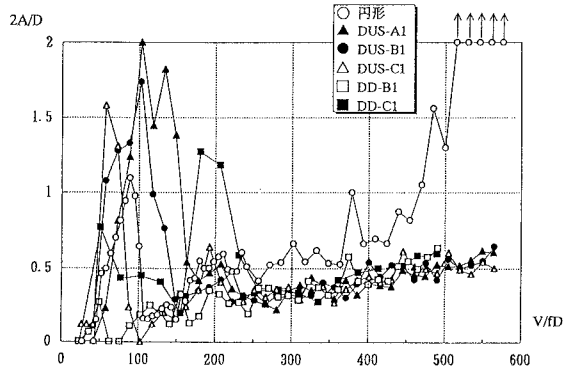
②ディンプル加工ケーブル 無雨時の応答は特に $V/fD=200$ 以上で円形ケーブルと比較し、いずれも安定化する。ホースによる注水の時の応答は Fig.2(b) に示されるように、DD-B1 以外は低風速域で限定型振動が発生する。水路観察の結果、振動発生時には明確な下面水路が形成されていた。高風速では水路の形状は薄く、剥離に与える影響は小さいと考えられる。ノズルによる注水の場合には Fig.2(c) に示すようにいずれのディンプルケーブルも安定している。表面に付着した水滴がディンプルの存在により吹き飛ばされやすくなり、水路が形成されにくいためと考えられる。

4. 結論 1) ディンプルケーブルの抗力特性はここで定義する粗度係数を 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、位置が限定型振動の発生に起因していると考えられる。3) ディンプル加工ケーブルは高風速域で安定化するが、降雨時に水路が形成されれば、振動が発生することがある。

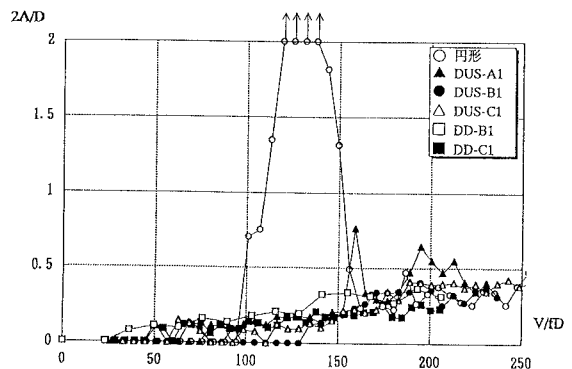
参考文献 1) 宮田、新、北條、山田 “小さい抗力と空力安定性の維持を目的とした斜張橋ケーブルの開発”、土木学会第 50 回年次学術講演会論文集、1995 年、2) 小林、鈴木、南、亀村 “表面加工によるケーブルのレインパブレーションの制振” 土木学会第 49 回年次学術講演会論文集、1994 年。



(a) 無雨時における応答



(b) ホース(R=1 l/min)による注水の応答



(c) ノズル(3 l/min)による注水の応答

fig.2 各種ディンプル加工ケーブルの動的応答