

# 耐風設計便覧改訂のポイント

九州工業大学  
木村吉郎

道路橋耐風設計便覧は平成 3 年 7 月に発行され、道路橋の風による振動現象に対して、耐風安定性の良否やより詳細な風洞試験などによる検討の必要性の判断を、推定式を用いて簡易に行えるようにしたものである。この便覧により動的耐風設計が効率的に行えるようになり、またこの便覧のように多岐にわたる現象に対する推定式やその背景を詳細に述べた文献は世界にも類がなく、画期的なものであったといえよう。しかし発行から 15 年近くが経ち、その後の対風応答の検討が必要となるような長大道路橋の建設状況や、耐風工学分野の実務・研究成果を反映させるという観点から、追加や再編集が望ましい点も出てきており、現在改訂に向けての最終作業が進められている。

予定されている、主な改訂点は以下のとおりである。

橋げたについては、現行の便覧では、鋼箱げた橋に対する風洞試験結果に基づいて、比較的支間の長いけた橋の発現風速や発現振幅の推定式を定めている。一方近年、横構などを省略して 2 主桁とした鋼少数 I げた橋が、省力化やコスト縮減の観点から建設される例が多くなり、中には 50m を超えるようなスパンのものもある。こうした鋼少数 I げた橋は、鋼箱げた橋とは異なる対風応答特性を持ち、また、鋼箱げた橋と比べるとねじれ固有振動数が小さくなることから、大振幅のねじれ渦励振などの発現風速が設計風速以下となる可能性がある。そこで従来の推定式に加えて、鋼少数 I げた橋を対象とした推定式を定めることとした。

また、平成 8 年の道路橋示方書の改訂以降、ゴム支承が多く使用されているが、ゴム支承を用いたけた橋では、鋼製支承の場合と比べて構造減衰が小さな値をとることが確認されている。そこでゴム支承を有するけた橋の構造減衰の推定式を、新たに示すこととした。

塔については、現行の便覧では、2 本柱の塔に対して、架設時に発現する渦励振の発現風速と発現振幅の推定式が示されているのみである。そこで、A 型や H 型などのその他の形式の斜張橋主塔の架設時や、1 本柱形式斜張橋主塔の架設時・完成時の渦励振に対する推定式や、推定に必要となる固有振動数の推定式や構造減衰の値を定めることとした。また、ギャロッピングに対しては、より精度の高い検討を必要とするかどうかを概略判断できる方法を示した。

風により生じるケーブルの振動については、利用者の不安感やケーブル定着部・ケーブルカバーの損傷につながる可能性がある。ケーブルの振動現象には、渦励振やギャロッピングの他に、ケーブルに固有のレインバイブレーションや、並列ケーブルに固有のウェイクギャロッピングやウェイクインデューストフラッターなどの現象があるが、研究途上の課題が残されており、振動の発現条件や発現振幅を明確に推定式で示すことは困難である。そこで、実橋での観測事例や実験結果による技術的知見とともに、振動発生時の諸条件や振動に対する設計上の留意点を示すこととした。また、振動が懸念される場合や振動への対策が必要となった場合の制振対策の考え方や主な対策の設計手順などを示すこととした。

その他，設計風速の高度による変化特性や乱れ強さに影響をおよぼす地表粗度区分については，現行の便覧ではⅠ～Ⅳの 4 段階に区分している．一方東京湾アクアラインにおける風の乱れ強さの観測事例等により，広大な海面上においては乱れ強さが粗度区分Ⅰよりも小さくなることが明らかとなったため，新たに粗度区分 0 を追加することとしている．

土木学会 構造工学委員会「耐風工学連絡小委員会」  
鋼構造委員会「鋼構造継続教育推進小委員会」

土木学会「実務者のための耐風設計入門」

## 耐風設計便覧改訂のポイント

九州工業大学  
木村 吉郎

## 耐風設計便覧

- 一般の道路橋を対象とした、風による振動に対するもの
- 原則として支間長200m以下の道路橋に適用
- 支間長300m程度までの橋梁にも参考とできる

## 耐風設計便覧の改訂経緯

- 現行の便覧が発刊されてから15年近く
- 鋼少数IIげた橋
- 構造減衰(ゴム支承)
- 斜張橋の主塔
- ケーブル

## 改訂の主なポイント

1. 橋げた  
(鋼IIげた橋, 構造減衰...)
2. 塔  
(渦励振, ギャロッピング, 振動数...)
3. ケーブル  
(レインパイプレーション, 制振...)
4. その他  
(乱れ強さ, ...)

→ 最終版ではないことに留意

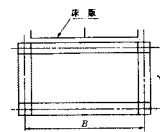
## 1. 橋げた

1. 橋げた(1)

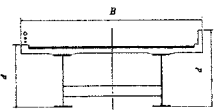
- 鋼IIげた橋の耐風性
- 構造減衰
- 並列橋

## 鋼IIげた橋

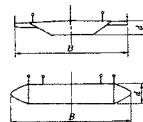
1. 橋げた(2)



(a) トラス橋の総幅(B)と有効高(d)



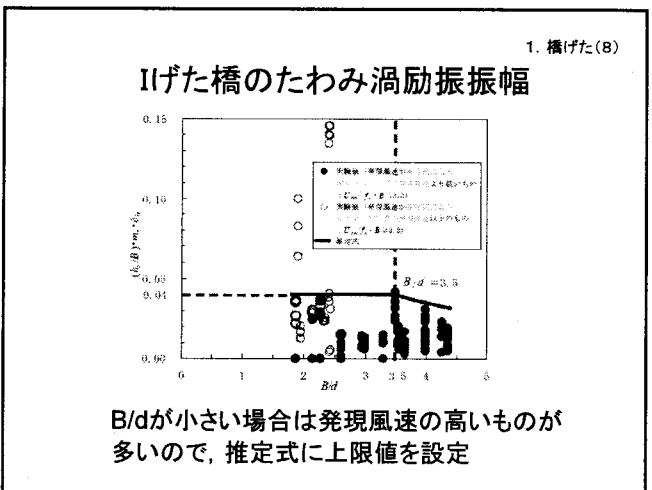
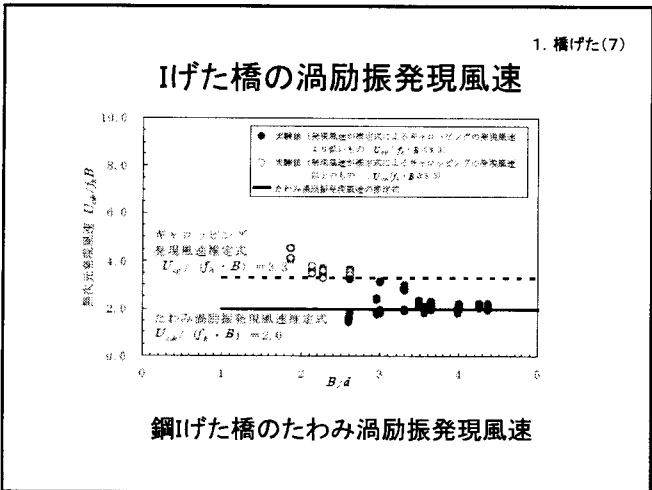
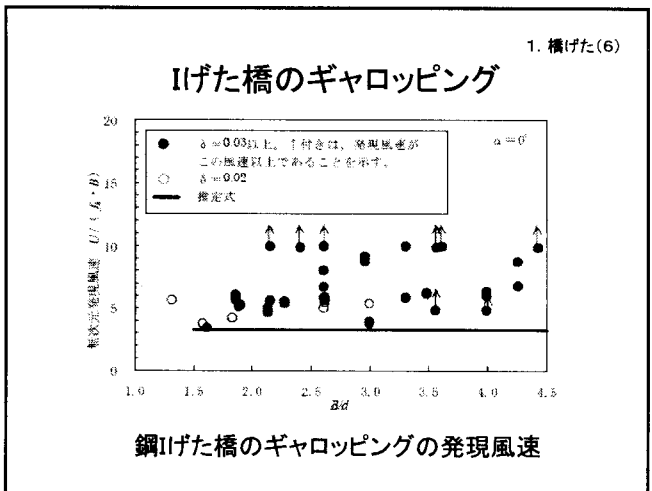
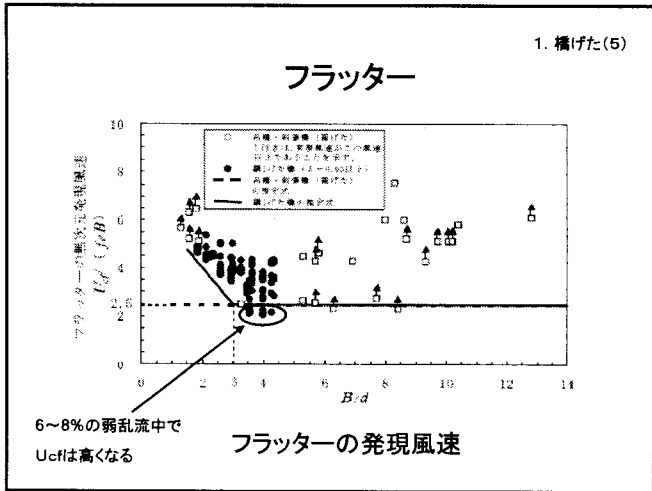
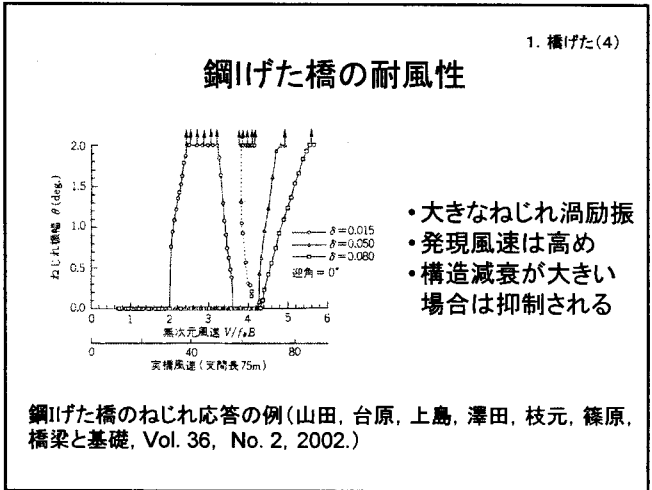
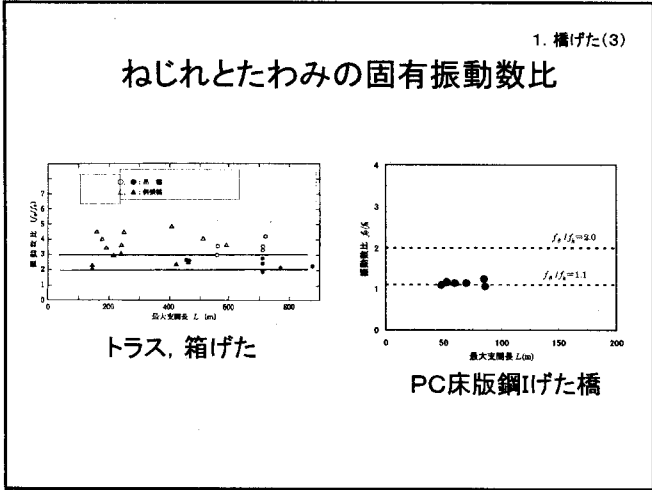
(c) 鋼IIげた橋の総幅(B)と有効高(d)

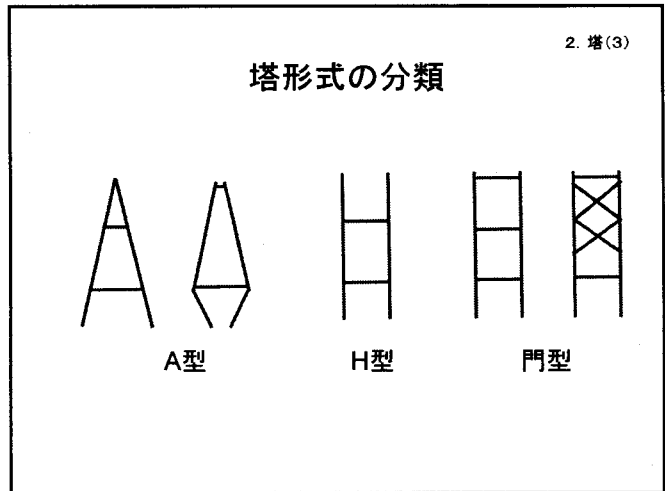
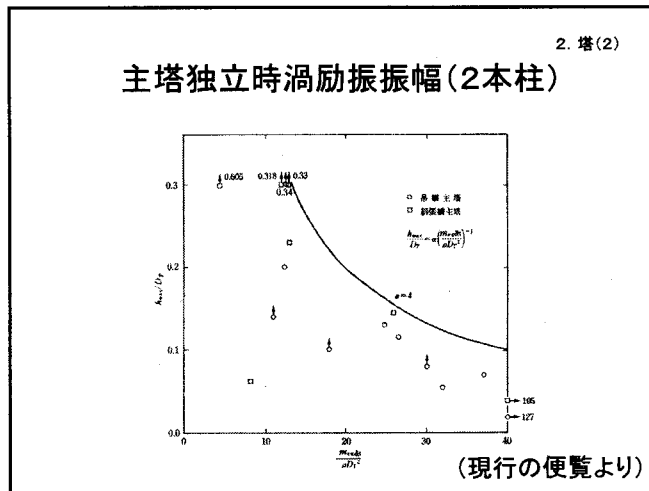
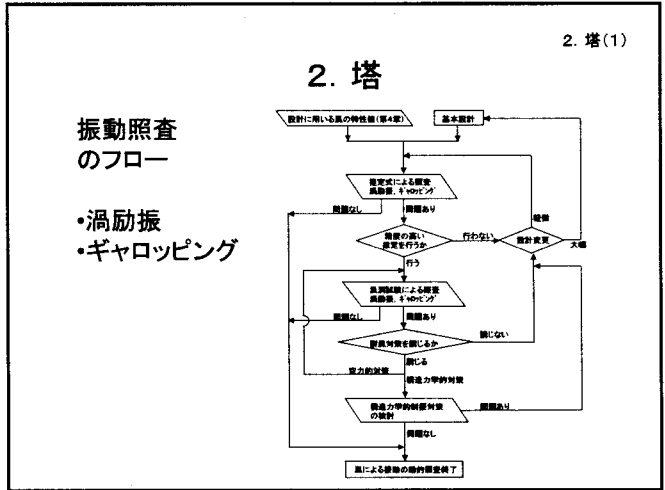
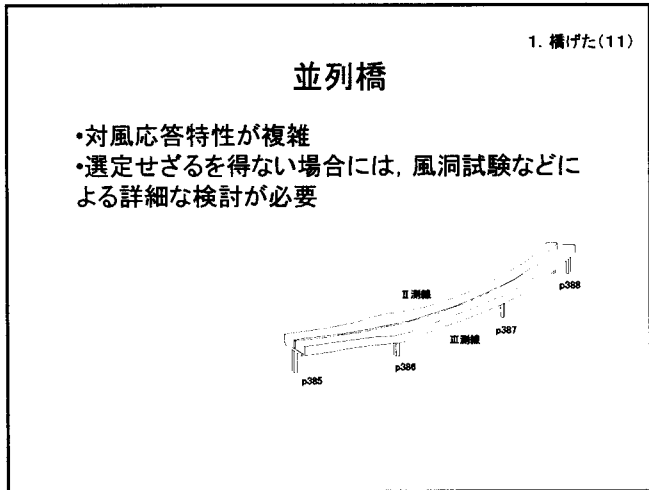
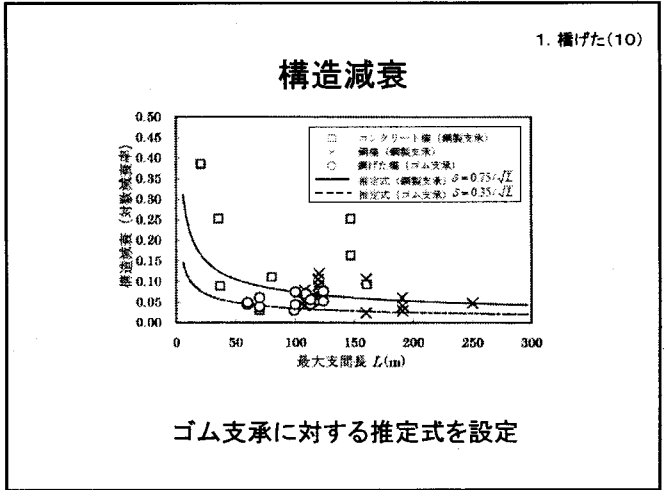
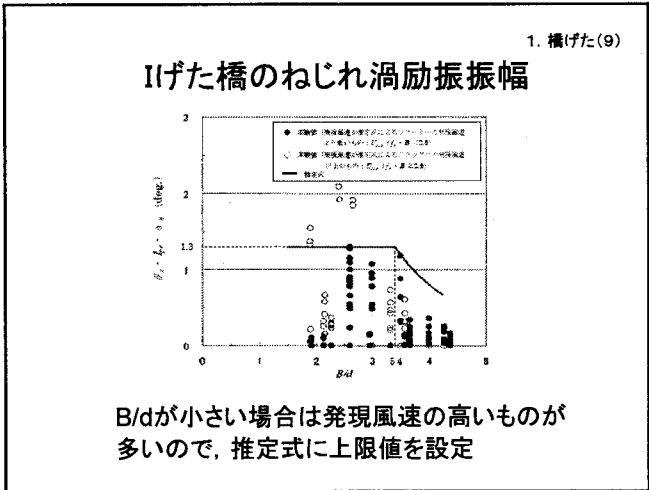


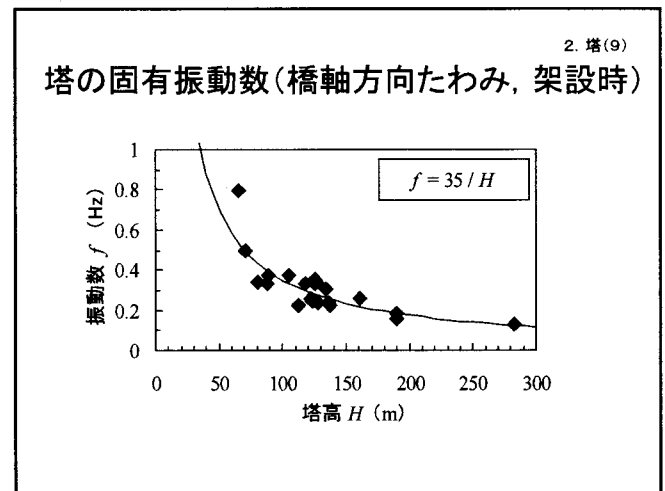
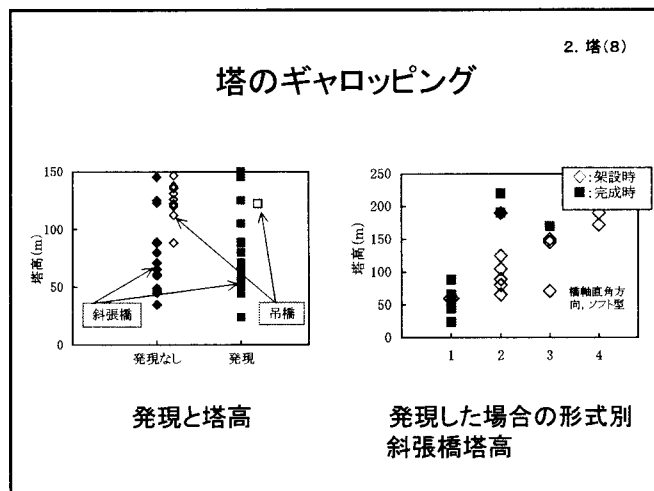
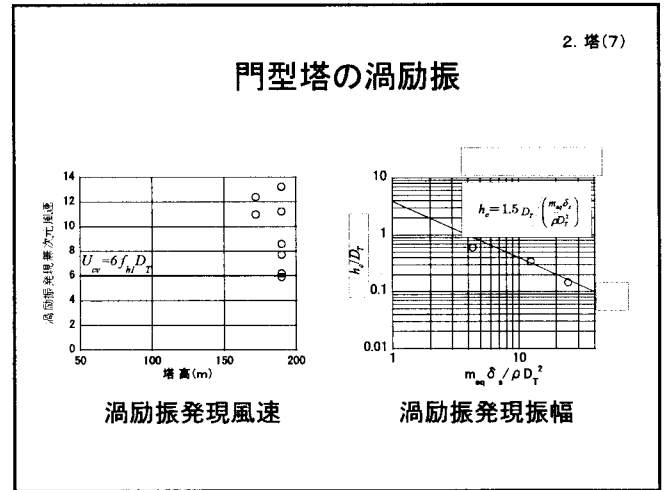
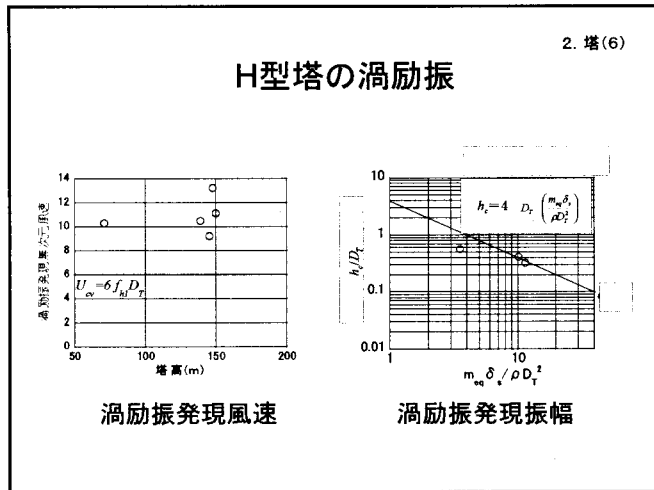
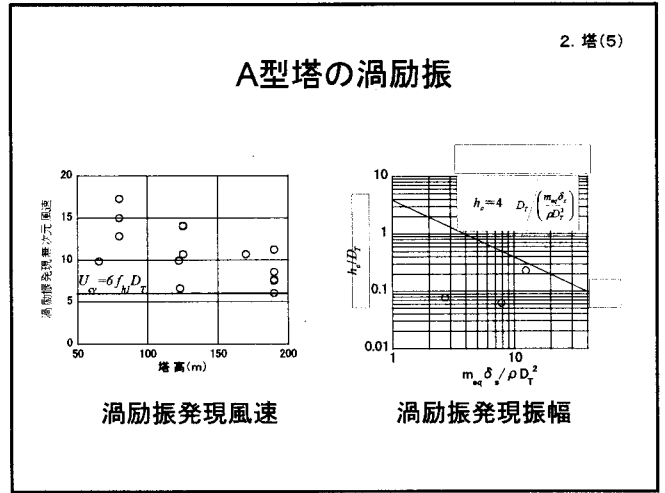
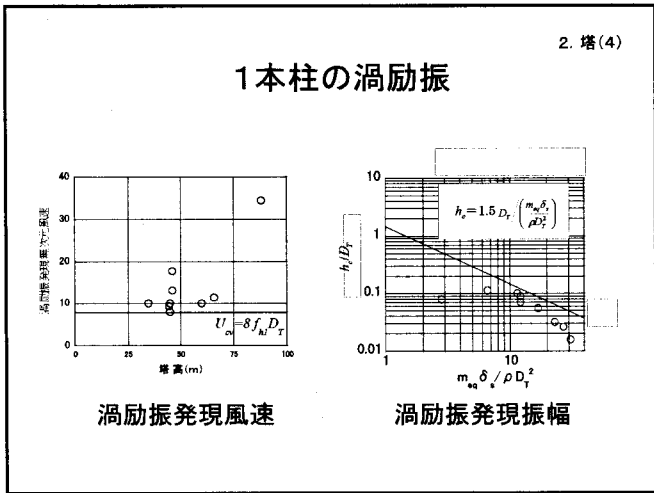
(b) 箱げた橋の総幅(B)と有効高(d)

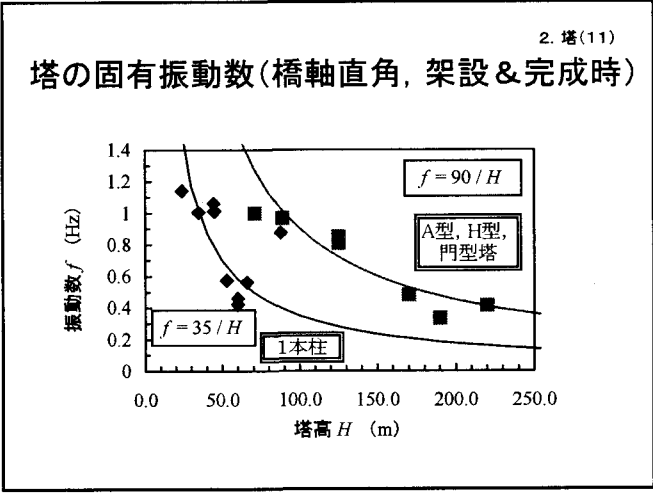
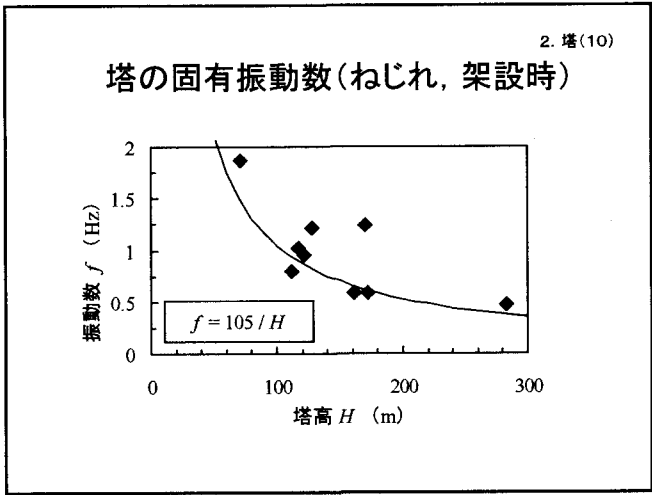
並列剛性防護車以外 並列剛性防護車・遮音壁

合理化鋼IIげた橋:  
ねじれ固有振動数が低い  
(たわみの1.1倍程度)  
鋼IIげた橋:  
箱げたと耐風性が異なる









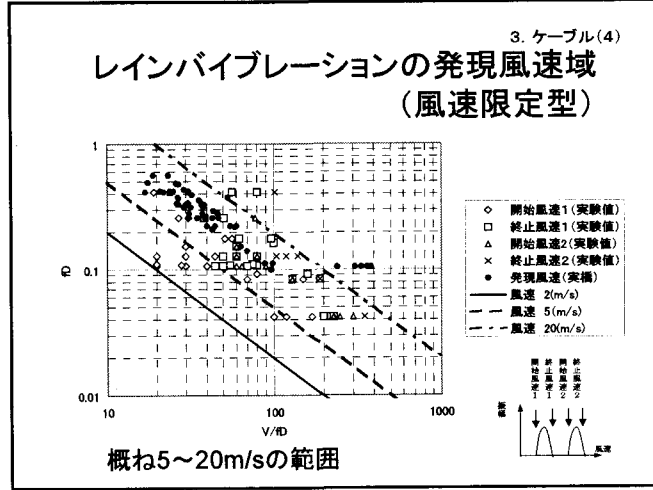
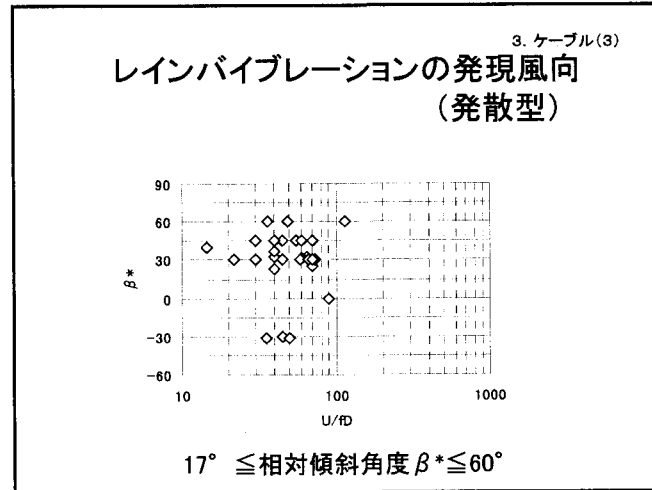
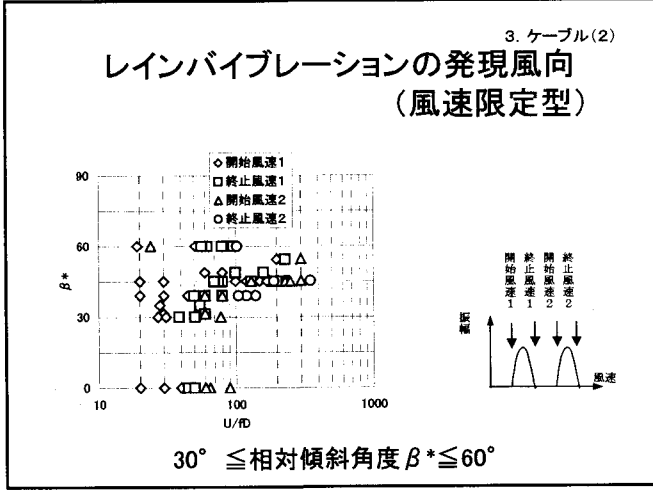
3. ケーブル(1)

### 3. ケーブル

- レインバイブレーション: 斜張橋単ケーブル
- ウェイクギャロッピング: 並列ケーブル
- ウェイクインデューストフラッター: 並列ケーブル(間隔大)

研究途上

→ 発現振幅の予測は困難  
振動・対策事例, 制振対策の考え方, 留意点を示す



3. ケーブル(5)

スクリーン数  $Sc$

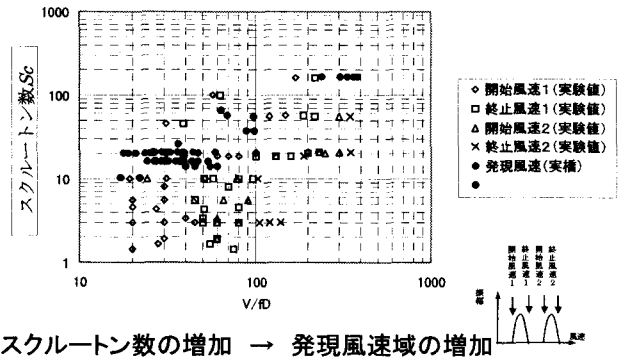
$$Sc = \frac{2 m \delta}{\rho D^2}$$

$m$ : 単位長さあたり質量,  $\delta$ : 構造減衰  
 $\rho$ : 空気密度,  $D$ : ケーブル直径

風による振動の振動のしやすさを表すパラメータ  
 $\equiv$  (物理的意味は) 質量減衰パラメータ

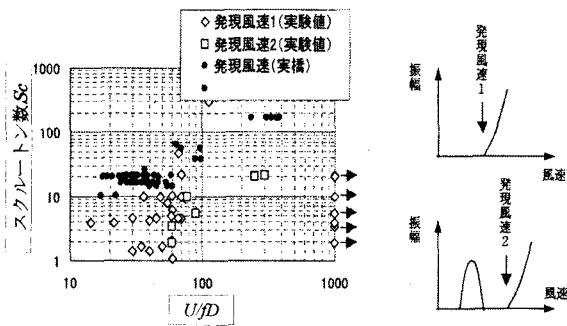
3. ケーブル(6)

発現風速域(風速限定型)とスクリーン数



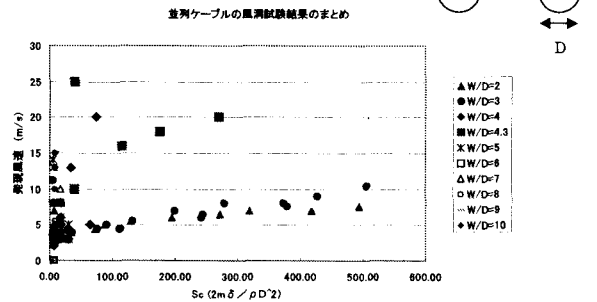
3. ケーブル(7)

発現風速(発散型)とスクリーン数



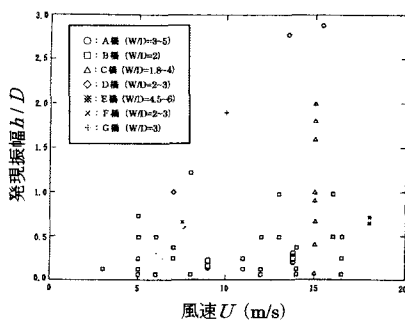
3. ケーブル(8)

ウェイクギャロッピングの発現風速とスクリーン数



3. ケーブル(9)

実橋におけるウェイクギャロッピングの事例



3. ケーブル(10)

ケーブル振動に対する設計の考え方

- ・振動の発現条件が明確ではない(風速, 風向, 降雨などの複雑な要因)
- ・振動した場合の振幅・繰返し回数の推定が困難



- ・ケーブルの構造条件より振動発生が懸念される場合には, 制振対策を設計時に検討しておく
- ・適宜制振対策を施す
- ・ウェイクギャロッピングとウェイクインデューストフラッター(並列ケーブル)は完全な制振は困難



### ケーブル振動の制振対策の種類

- ・桁位置ダンパー
- ・ケーブル相互連結
- ・減衰付加型スペーサー
- ・被覆管表面の改良
- ・ヘリカルワイヤー
- ・ケーブル配置による対策

### 減衰の付加

- ・単独ケーブルのレインパイプレーション
  - 対数減衰率  $\delta = 0.02 \sim 0.03$ 程度
  - (スクリーン数140~200程度)で概ね制振効果  $\delta = 0.06$ 以上とした設計もある
- ・並列ケーブル
  - 一般的には減衰付加による完全な制振は困難
  - 適切なケーブル間隔を設定すれば減衰付加も効果的

けた位置ダンパー方式の設計例

### 4. その他

- ・ 地表粗度区分0(海上) → ごく低い乱れ