

## 土木学会鋼構造基礎講座 「耐風講習会」

横浜国立大学  
山田 均

## 講座趣旨

- 鋼構造委員会と構造工学委員会のジョイントイベント
- 耐風設計問題
  - 日本風工学会
    - 世界的な組織としてIAWE
    - 建築、土木、気象、電気、機械...
    - どちらかといえば風の問題、風から派生する問題
  - 土木学会
    - 社会基盤構造物としては、主として長大橋
      - 鋼構造委員会
    - 委員会としては、耐風工学連絡小委員会
      - 構造工学委員会
- 風の作用を受けた社会基盤構造物を創るのはこのグループ

## 風の事故

- 列車、交通事故
  - 羽越線の事故
    - 橋梁部から盛り土部への運転
    - 局所的な強風
      - 竜巻、ダウンバースト
  - 余部鉄橋での転落
    - 軽量な車両、トラス、トンネルからの橋梁部への運転
  - 転倒事故
    - 風の変化
      - トンネル出口
      - 橋脚上
- 構造物関連では
  - 高欄、手すりの破損
    - 高振動数、空力的な考慮が無い形
  - 照明柱の破損
    - ウェーク
  - 他の例では
    - ネット構造物の倒塌
    - ガラス窓の破損

## 強風による損害は小さいか 損保協会資料、損害保険支払額

順位	災害名	地域	発生年月日	支払保険金 (単位:億円)			
				火災・新損	自動車	海上	合計
1	台風19号	全国	1991.9.26~28	5,225	269	195	5,679
2	台風18号	全国	2004.9.4~8	3,564	259	—	3,823
3	台風16号	熊本、山口、福岡等	1999.9.21~25	2,647	212	98	3,147
4	台風7号	近畿中心	1986.9.22	1,514	61	24	1,600
5	台風29号	西日本	2004.10.20	1,113	179	—	1,292
6	台風16号	全国	2004.8.30~31	1,037	136	—	1,175
7	平成12年9月豪雨	愛知等	2000.9.10~12	447	545	39	1,030
8	台風13号	九州、四国、中国	1993.9.3	933	35	10	977
9	ひょう災	千葉、茨城	2000.5.24	372	303	25	700
10	大雨・台風14号	宮崎、鹿児島、高知等	2005.9.4~7	510	79	—	588

## 一方、地震ではいかが

	地震名	発生年月日	支払保険金 (単位:億円)
1	兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)	1995/1/17	783
2	茨城地震	2001/3/24	169
3	福岡県西方沖を震源とする地震	2005/3/20	165
4	新潟県中越地震	2004/10/23	140
5	十勝沖地震	2003/9/26	59
6	鳥取県西部地震	2000/10/6	29
7	宮城県北部を震源とする地震	2003/7/28	22
8	宮城県沖を震源とする地震	2003/5/26	19
9	北海道東方沖地震	1994/10/4	13
10	雲仙・普賢岳噴火	1991/6/3など	13

同じく損保協会資料

## 強風災害は甚大か

- 損害保険の支払額で見ると
  - 台風による災害は地震災害に比べ甚大
- ただし
  - 台風災害のごく一部が強風災害
  - 損害の対処は多岐
  - 橋梁というところに限られる
- 思わぬところで出てくるのが強風災害
  - 大きいもの
    - 影響が大きくなる
    - 長大橋、防護ネット、
  - 固有振動数が高いものを迎える
    - 高欄、照明柱
  - 場所に依存する
    - 同じものでも場所によって影響が大の場合とそうでない場合がある
    - 風の強い場所はある

## 強風災害はわかりにくいのではないか

- 分かりにくいことが並んでいる印象

- 大きさと形で強さが決まる  
- 風速の自乗に比例  $\frac{1}{2} \rho U^2 C_D A$

- 固有振動数で発生が決まる  $\frac{U}{fL}$

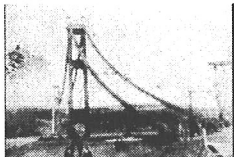
- 減衰で影響が決まる  
- 係数は流れの質の影響を受ける

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = f_R u + f_I \dot{u}$$

## 体験がしにくい、理解しにくい

- 羽越線の事故でも
  - 50年で初めての風という証言
    - ほんとかな?
  - ただ、構造物のタイムスパンは100年のオーダー
- ただ理解できることは、実感に乏しいこと
  - 影響が自乗に比例
    - 普通は体験はできない
  - 減衰の影響がある
  - 風の質が影響
    - わかりにくいことの双壁

## Collapse of Tacoma Narrows Bridge in Nov. 1940



Construction to opening



Observation of wind-induced vibration

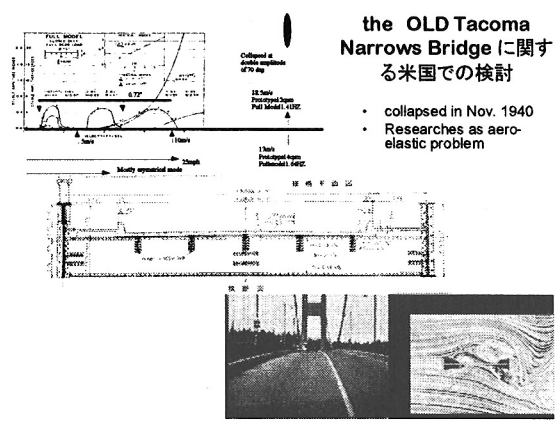
"On the morning of November 7th the frequency was 36 cycles per minute with the wind blowing at 42 miles per hour."

First collapse

- Visually dramatic and impressive
  - Frequently on TV

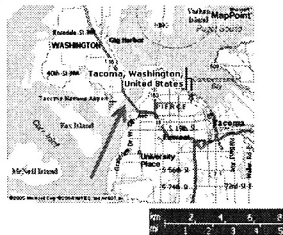
10:45 a.m. the first section of the main span falls.

Full collapse



## Tacoma Narrows Bridge 周辺の地形

- Tacoma Narrows, WA, USA
  - Straight and smooth
- 実験室同様な風?
- 風の発生?



## まとめると、是非今日一日を楽しんでいただきたい

- 風の問題は想像しにくいけれど、前兆がある
  - 風の強いところは事前に分かる
  - 何となくそれらしい雰囲気は感じられる
  - モニタリングは必須
- 工学では感覚が大切なんですけど、直感的ではないのが問題
  - 自然現象に面倒を厭わず謙虚である必要がある
  - 理解しにくい現象が重なって発生
- 思いもかけないときにやってくる
  - 自然災害の特徴
- 橋梁の耐風工学のエポックである事項を知るには良い機会
  - 今回の耐風設計便覧の改訂
  - 明石海峡大橋を創った大型風洞
- 風だけでは無いのも分かりにくい
  - 耐風工学は構造力学
    - 風が吹く
    - 構造物が変形する、運動する
    - この連携が極めて重要