

【討 議】

長大つり橋の空気力学的安定性に関する一考察 (英文)

小西 一郎・白石 成人・宇都宮 英彦共著
(土木学会論文集 第 128 号・昭和 41 年 4 月所載)

討議者 岡内 功 (中央大学理工学部)

〔討 議〕 本論文は、Tacoma Narrows 橋の落橋事故以来、長大つり橋の耐風性を支配する現象として注目されている風による自励振動現象に関して、風速の水平方向不等分布の影響を考察したものである。最近、わが国でも本州四国連絡橋など長大つり橋の建設計画が各所で進められつつあり、それにともなって長大つり橋の耐風性に関する論議がさかんとまっている折柄、本論文の提出は時宜をえたものであると考えられる。

ところで、本論文の主要な結論は、つり橋のフラッター風速には geometric factor として呼ばれる $2b/d$ (橋幅/主構高) が重要な関係をもち、1300 m 級つり橋ではこの値を 3.0 以上にとるのが望ましいと述べている点にあるとうかがわれるのであるが、この結論の内容と誘導過程に関してつぎのような問題が残ると考えられ、ここに討議を提出する次第である。

(1) フラッター風速の変動要因として著者らは、 $2b/d$ というパラメーターを取り上げたが、フラッター風速値を直接決定する諸因子と $2b/d$ の間の関連性に対する考慮が上記結論を主張するには若干不十分であるように感じられる。すなわち、本論文中に示された基本式 (9)、(10) あるいは Selberg の近似式 (15) などから明らかのように、フラッター風速の変動に直接関係する因子は振動数、橋幅、質量、慣性半径、さらには振動波形 (本論文ではこれらに風の作用範囲をつけ加えているわけであるが) であって、したがって、 $2b/d$ を変動要因として取り上げ規準化するためには、まずこの値と上にあげた直接的因子との関係を十分吟味し明確にしておくことが重要であると考えられる。この点において、つぎのような事項が本論文の考察における問題点として具体的に考えられるのである。

i) 本論文では b と d をかなり広範囲にわたり変化させているが、その間、慣性半径 r の方は一定値を保たせている。しかし、実用設計を考えるならば b と d が変化するとき当然 r も変化すると見られ、しかも r が変化すればフラッター風速がかなり変化するという報告が別に見られている¹⁾。

ii) 風荷重応力により、断面が決定されることの多い 1300 m 級つり橋では、橋幅 b の変化にともなって主

構および横構の断面も相当に変化するものと考えられる。したがってこの点についての配慮も必要と思われる。

iii) 以上のように b と d の変化に対して r や部材断面の変化を考慮するとすれば、振動数も Table 3 に示された変化と違った変化を示すと考えられ、その結果、Fig. 7 に示された $2b/d$ とフラッター風速の関係、ひいては本論文の結論に場合によっては大きな影響の与えられることがあるのではなからうか。

(2) (1) に示した事柄と基本的には同じ性質の問題点となるが、本論文の結論が明石海峡連絡つり橋第 1 次案という特定の橋に対する数値的考察によって導かれているものであるので、たとえば $2b/d$ を 3.0 以上にするのが望ましいといった基準の数値を与える結論にはその一般性について疑問が残される。

(3) 恐らく対称振動が本論文の考察対象ではもっとも低い振動数で現われるので解析を対称振動に限ったのであろうが、周知のようにつり橋では逆対称振動の方がもっとも低い振動数をもつ場合もしばしば見られる。フラッター風速が一般的にいって振動数の大きさに比例することを考えれば²⁾、逆対称振動の場合に対する検討を追加しておく必要があるように考えられる。

(4) Selberg の与えた式 (15) は、Bleich の理論による値すなわち曲げねじれフラッター風速を近似的に定める経験公式として解釈するのが妥当であると考えられる。とすればその前提条件は本論文中の 100% 荷重の状態にもっとも近いわけであって、この点において本論文の Fig. 5 に見られる計算結果と Selberg の式による値の比較は、著者らが序言において述べているように両者よく一致しているというよりは、むしろ場合によってははなはだしく懸隔することがあると見るべきではなからうか。

以上、本論文が示した結論的事項に関して筆者が問題点として考えた事項を述べたが、その他、本論文の独自とする点、すなわち、自然風の空間的変動性に鑑み風荷重の載荷幅を変えてその自励振動におよぼす影響を考察したことの意義と実用性を高めるために、風荷重の載荷を現在の簡単な仮定から自然風の実状により近づけること、たとえば載荷長に応じて風速値を変化せしめるなどの取り扱い³⁾を考察範囲に取り入れられることを望むも

のである。

なお、本論文は平板に対する理論空気をとり橋補剛桁に対して適用したいいわゆる Bleich の理論を基盤とするのであるが、つり橋の自励振動を検討するに当っては、補剛桁の形状の非流線形性により作用空気が平板に対する空気が異なって来て、そのため限界風速値が Bleich の理論による値といちじるしく相違するような場合の多いことも十分注意しておく必要があると蛇足ながら付言しておきたい。

参考文献

- 1) 平井・高山・森田：吊橋の耐風安定性に関する 2,3 の検討，第 21 回土木学会年次学術講演会講演概要第 I 部
- 2) 岡内・田中：吊橋の風による自励振動に関する 2,3 の考察，同上。
- 3) 本州四国連絡橋耐風設計指針（1964）および解説，土木学会，1965

回答者：小西一郎・白石成人・宇都宮英彦

〔回答〕 長大つり橋の耐風安定性については、これまで数多くの研究者によって解析されてきたが、現象が複雑なため明確な理論による一般化がなされていない現状にある。したがって研究者により現象の物理的把握の仕方が異なってくるのもまた当然のことと考えられる。先に著者が提出した研究成果は長大つり橋の Classical Flutter 限界風速に対する 2,3 の因子の影響の定量的評価の手法を示すものであり、討議者岡内氏のいう“本論文の主要な結論”はむしろ主要な結論ではなく、数値そのものは著者らが計算対象とした明石海峡連絡つり橋第 1 次案に対して成立するものである。われわれの意図する結論は、そのような数値を求める手法そのものであり、この点は本文において明示されている。岡内氏の主張の要は長大つり橋の耐風設計法の是非にあるように考えられるが、われわれは設計法よりも長大つり橋の耐風諸特性の定量的把握によって、より合理的な解析法の確立を目標と考えていることを特に強調するものである。この研究もその一環として行なわれたものであり、この意味で討議内容は著者の論点とはかなりずれているように考えられる。以下、討議の順にしたがってわれわれの考えをのべたい。

(1) もとより限界風速は振動数、橋幅、質量等諸々の因子の影響で変動するものであるが、本論文では特に

(橋幅/主構高) の比に注目してその影響を他の因子とは独立した型で取り出して検討しようとしたものであり、 b/d に関してだけの結論である。 b/d の検討のみで断面形の決定を行なうことを主張しているのではない。

① r の値を一定としたことについては上述の意図のものにあらかじめ r が一定値をとるように $2b/d$ を定めたのである。 r を変動させた場合、各断面についての関連性がなくなり、比較すべき点があいまいになると考えられる。

② b/d の変化によって生じた振動数の変動は、 b/d の因子に含ませることができる。部材断面や重量の変化は可能なかぎり除去することがむしろ望ましいのであるが実用計算で EI と振動数の関係に限って考える限り、その影響は 2 次的なものである。

(2) 本論文では b/d に着目した場合には、たとえば 3.0 という一つの値を定め得ることを示したものである。最終的な断面形は他のいくつかの因子とも照合して全体として最も有利な断面を定めることになるのはもちろんである。たとえば b/d の値は、ねじれ屈曲の立場で安定性を論ずる場合には、もっと小さな値になるということもあり得るだろう。

(3), (4) 逆対称振動を問題とする必要は起こり得ると思われる。本論文でこれを扱わなかったのは、計算で取り扱った限りでは、対称 1 次振動の振幅数が最も低かったからであり、質問者の指摘どおりと考える。

Selberg の式との一致性については、 $2b/d$ が 3 以上になるとかなりよく一致することが、この報告以前に試みられた b/r を変化させてその影響を調べた場合にも同様の傾向が見られることからの結論であるが Selberg の式が経験式であるがために、場合によって合わないことがあるということは十分考えられることである。

本論文の基礎となった Bleich の理論が平板の理論の適用であり、つり橋断面に作用する空気が必ずしも一致しないことは周知のとおりであるが、現段階では、このような理論によって得られたものを実験値と比較することにより、実際のつり橋と理論値との相互関係を見いだそうとする試みも考えられて良いはずである。その意味では Bleich の理論を用いることに大きい問題はないと思われる。

〔回答者：京都大学工学部勤務〕

土木学会論文集在庫一覧

申込先：土木学会へ

編著者名	論文名	判型	ページ数	定価	送料
猪股俊司	論文集 17 号 プレストレストコンクリート桁に関する研究	B 5	90	250	30
高野俊介	論文集 26 号 打込み温度がマッサコンクリートの強度におよぼす影響の研究	B 5	56	180	30
仁杉巖	論文集 27 号 支間 30 m のプレストレストコンクリート鉄道橋（信楽線第一大戸川橋梁）の設計、施工およびこれに関連して行った実験研究の報告	B 5	56	160	20
伊丹康夫	論文集 37 号 ブルドーザによる土工の設計に関する研究	B 5	50	120	30
猪股俊司	論文集 48 号 プレストレストコンクリートスラブ式 2 ヒンジラーメン橋の設計法に関する研究	B 5	68	200	30
岩佐義朗	論文集 59 号(別冊 3-1) 巾の漸変する水路における水流の遷移現象と境界特性との関連に関する理論的研究	B 5	32	150	20
奥田秋夫	論文集 59 号(別冊 3-2) コンクリート舗装の施工合理化に関する研究	B 5	54	250	30
大久保・西原相馬	論文集 61 号(別冊 3-1) 発電用河川流量の研究	B 5	32	150	20
太田誠一郎	論文集 61 号(別冊 3-3) 骨材の表面積と新面積法による構築混合物の検討とその応用に関する研究	B 5	48	220	30
三村・鈴木 上野・細谷	論文集 65 号(別冊 3-2) ロードミルによる製砂方法に関する研究	B 5	15	80	20
永井莊七郎	論文集 65 号(別冊 3-3) 防波堤に働く碎波の圧力に関する研究	B 5	38	160	20
国分・河原・太斎	論文集 68 号(別冊 3-2) 各種フライアッシュの共通試験報告	B 5	32	100	20
井田至春	論文集 69 号(別冊 3-2) 広巾員開水路の定常流—断面形の影響について—	B 5	18	100	20
室田明	論文集 70 号(別冊 1-1) 開水路分水工の研究	B 5	34	200	20
嶋・荻原	論文集 71 号(別冊 4-1) On Water-Hammer Pressure due to Periodic Opening and Closure of Valve (英文)	B 5	12	70	20
国分ほか 12 名	論文集 71 号(別冊 4-3) フライアッシュ・シンポジウム提出論文集録	B 5	66	230	30
森麟	論文集 71 号(別冊 4-4) 舗装後の路床状態の変化についての研究とそれにもとづく CBR 試験法の改善に対する一提案	B 5	16	100	20
島田静雄	論文集 72 号(別冊 3-1) 弾性針金の変形と応力	B 5	16	100	20
山本稔	論文集 72 号(別冊 3-3) 不完全合成 T 型桁橋の曲げ理論とその応用	B 5	24	150	20

論文集への討議について

論文集編集委員会では、論文集に掲載した全論文に対しての討議を受付けておりますので、討議をされる方は下記の要項をご参照のうえ論文集編集委員会へてご提出下さい。

記

1. 討議は論文集掲載全論文を対象とします。
2. 討議の受付は論文集掲載後6ヵ月以内とします。
3. 討議原稿を提出するときは学会原稿用紙に必要事項を記入のうえ論文集編集委員会へてご提出下さい。
4. 討議原稿の取扱いは論文編集委員会にご一任下さい。
5. 討議に関する問合せは論文集編集委員会へご連絡下さい。

昭和41年度土木学会論文集編集委員

委員長	村青	上木	永康	一夫	副委員長	○都	淳	一	委員	○嶋	祐	之	委員	西	野	文	雄	
委員	秋	山	政	敬	委員	神	田	徳	員	鈴	木	一	員	○西	村	俊	夫	
〃	板	倉	忠	興	〃	工	藤	尚	〃	田	中	淳	〃	西	山	啓	仲	
〃	〇池	岩	康	平	〃	工	藤	和	〃	塚	山	降	〃	沼	田	淳	一	
〃	岩	井	彦	二	〃	小	林	一	〃	椿	東	一	〃	長	谷	川	鐘	
〃	字	都	洋	一	〃	是	枝	忍	〃	戸	田	嘉	〃	伯	野	元	彦	
〃	尾	坂	一	馬	〃	佐	々	夫	〃	永	井	靖	〃	服	部	昌	太	
〃	尾	仲	芳	夫	〃	沢	口	道	〃	永	倉	正	〃	森	本	時	夫	
〃	大	月	隆	士	〃	沢	田	健	〃	南	部	一	〃	山	口	充	博	
〃	川	上	喜	久	〃	桜	井	影	〃	中	村	英	〃	山	内	利	彦	
〃	川	崎	浩	司	〃	白	石	成	〃	中	野	昭	〇印	部	会	長		
委員兼幹事	西	脇	威	夫														

昭和41年12月15日印刷
昭和41年12月20日発行

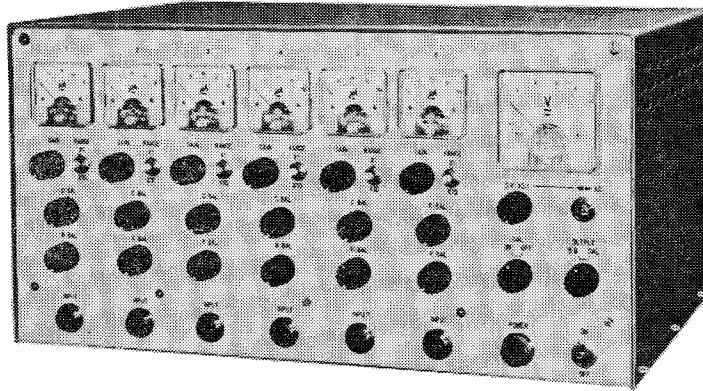
土木学会論文集第136号

定価200円(〒20円)

編集兼発行者 東京都新宿区四谷一丁目 社団法人 土木学会 羽田 巖
印刷者 東京都港区赤坂1-3-6 株式会社 技報堂 大沼 正吉

発行所 社団法人 土 木 学 会 振替東京 16828 番
東京都新宿郵便局区内 新宿区四谷一丁目 電話(351)代表 5138 番

水理実験波高解析にどうぞ!!



(CA-101型 水位計増幅器)

- ☆波高計(抵抗式)と記録器をつなげばOK
- ☆簡単な取扱いで直線性良好
- ☆価格低廉
- ☆豊富な納入実績を持っています

カタログ請求先

計測技研株式会社

東京都武蔵野市中町1丁目28番地3号

TEL (0422) (51) 8958

MARUI

短時間 厚さ及び構造物の弾性係数が判定 できる

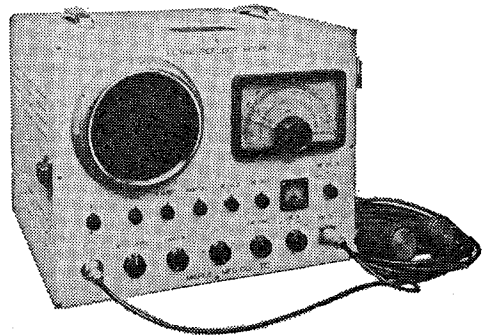
- ① 時間の節約になります (時代に即応)
- ② 正確な判断の参考資料となります
- ③ 無破壊で常に測定出来ます

用 途

- 型枠取除き判定 (経済助力となる)
- グム・コンクリート等の品質管理
- 道路隧道の厚さ及びボイドの判定
- コンクリートの経年変化・強度の推定等

営業品目

セメント・コンクリート・土質・アスファルト
水理各試験機・無破壊試験器・計量器・各種材料試験機



超音波反射測定器



株式会社
MARUI 會社

圓井製作所

本社 大阪市城東区蒲生町4-10番地
電話 大阪 931-3541 番(代表)
東京出張所 東京都港区西新橋3-9-5(吉田ビル)
電話 東京 431-7563 番

昭和三十七年五月二十八日
昭和四十一年十二月二十八日

郵便物認可
行別(毎月一回)
(二十日発行)

土木学会論文集 第一三六号

より豊かな 未来を設計する!

交通事業・プラント建設事業及びあらゆる産業の土木建築施設の
計画・調査・測量・設計・施工管理

- 土木部門
建設コンサルタント登録 / 登録年月日 昭和39年12月8日 / 登録番号 第39-140号
測量業登録 / 登録年月日 昭和40年11月8日 / 登録番号 登録第(1)-1467号
- 建築部門
一級建築士事務所登録 / 登録年月日 昭和40年9月25日 / 東京都知事登録 第5566号

東日建設コンサルタント株式会社

本社 / 東京都千代田区丸の内1-4(新丸ビル)(株式会社日立製作所内) 電話 東京(212)1111(大代表)
建築部門 / 同上
土木部門 / 東京都千代田区神田駿河台4の6 電話 東京(255)1011(代表)(旧日立シビルコンサルタント(株))
茨城事務所 / 茨城県日立市幸町3-1-1 電話 日立(2)1111(大代表)
大阪出張所 / 大阪市淀川区長柄中通り3の3 電話 大阪(351)6926
名古屋出張所 / 名古屋市中区栄3-17-12 日立製作所名古屋営業所内 電話 名古屋(251)3111(大代表)

価二〇〇円