

【討 議】

任意な形状の斜張橋の解析

前田 幸雄・林 正 共著

(土木学会論文集 第160号 昭和43年12月所載)

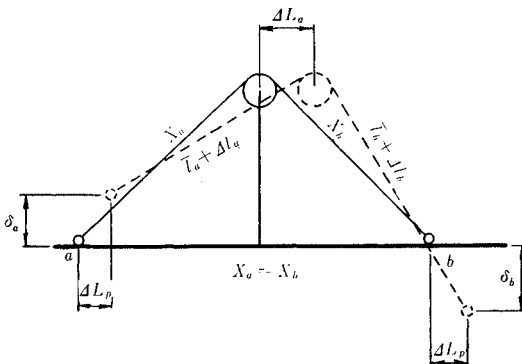
討 議 者：長谷川 紀 夫 (日立造船橋梁設計課)
成 岡 昌 夫 (名古屋大学工学部)

本論文には、応力法による任意な形状の斜張橋の解析と、3径間連続桁を基本系とした斜張橋の弾性特性について示されているが、つぎの諸点に疑問があり、ご回答をお願いする。

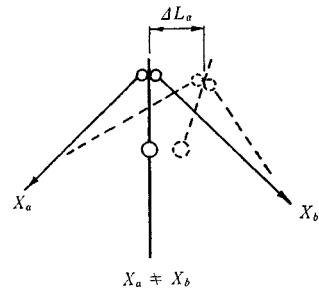
(1) 「大部分の研究は特定な形式の斜張橋に限定されている。本文では、実用上考えられる最も一般的な形式の斜張橋の解法を示した」として参考文献2)~7)を一般性がないようにいわれているが、塔の基部の状態、および、各ケーブルの支持方法が異なるごとに、つり合い方程式を組み替えて行くことなど、考え方、および、解析の進め方はまったく文献7)と同一ではないだろうか。解析の独創性についても、文献3)と大差ないように見うける。また、実際の設計、架設計算においては、主桁、および、塔の軸方向力による伸縮、主桁の縦断勾配などを考慮した解析が必要とされる場合もあり、本論文がすでに発表された研究に比較して、それほど一般性のある実用的なものとは考えられない。

(2) 式(4)に式(6)を代入すると、つぎのようになる。

$$\begin{aligned} \Delta l_a + \Delta l_b &= \delta_a \cdot \sin \alpha_a + \delta_b \cdot \sin \alpha_b \\ &\quad + \Delta \bar{L}_a (\cos \alpha_a + \cos \alpha_b) \\ &= \{ \delta_a \cdot \sin \alpha_a - \Delta L_p \cdot \cos \alpha_a \} + \{ \delta_b \cdot \sin \alpha_b \\ &\quad - \Delta L_p \cdot \cos \alpha_b \} + \Delta L_a (\cos \alpha_a + \cos \alpha_b) \end{aligned}$$



図一A

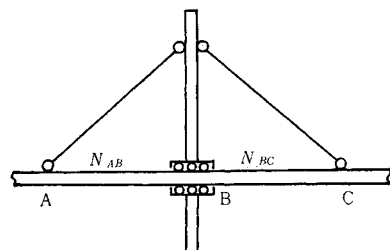


図一B

第 a, b ケーブルは1本のケーブルから成り、式(5)より $X_a = X_b$ とされているならば、図一Aよりわかるように、 ΔL_a に関係なく、上式の右辺第3項 $\Delta L_a (\cos \alpha_a + \cos \alpha_b)$ は不要となる。式(4)は滑動支持を図一Bのように考えるときである。ただし、この際は $\cos \alpha_a = -\cos \alpha_b$ でない限り $X_a \neq X_b$ である。本論文では、滑動支持を $X_a = X_b$ としたにもかかわらず、式(4)のように考えたのは、どういうわけか?

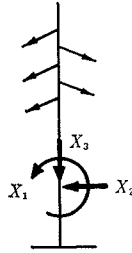
(3) 桁と塔が剛結されている場合の塔のつり合い方程式において、式(12)~(16)、(18)、(19)は主桁から受ける反力として不静定曲げモーメントしか考慮しておらず、これらのつり合い式は根本的におかしいのではないのか?

本論文の考え方からすると、主桁と塔の剛結点を図一Cのようなものとして解いたことになり、主桁剛結点の右側と左側で常に軸方向力が等しいことになる。それにもかかわらず、主桁の軸方向力を求める段階では、式(39)のように塔のせん断力を考慮しているのは、どういうわけか?



図一C

塔のつり合いを考える場合、桁から受ける反力として、図一Dに示す不静定力 X_1, X_2, X_3 を考えるべきである。ただし、本論文では塔の軸力による伸縮を無視しているので、 X_3 は不要である。したがって、式(12)~(16), (18), (19)において、図一Cに示す主桁のA-B間の軸方向力 N_{AB} 、および、B-C間の軸方向力 N_{BC} の差 $X_2 = N_{AB} - N_{BC}$ を考慮したつり合い方程式をつくるべきである。



図一D

(4) ケーブル張力の影響線について「最小値、すなわち、圧縮力は第1ケーブルで最も大きな値が生じていることから、このケーブルが塔のアンカーの役目をはたしていることがわかる」(p. 46 右側上より11行目)とあるが、引張力も第1ケーブルが最大になっている。第1ケーブルが塔のアンカーの役目をしていることは理解できるけれども、それがどうして圧縮力が最大となるか

【回 答】

回答者 前田 幸雄 (大阪大学工学部)
林 正 (同)

ご質問の項目にしたがってお答えします。

(1) まず、参考文献の一般性の問題ですが、本文で「大部分の研究は」と断っておりますようにすべての参考文献の一般性を否定したわけではありません。本文で解析の対象とした斜張橋の形式は、文献7)とほぼ同じ形式を考えておりますが、解析方法が異なるうえに、実際に数値計算を行ないます場合に必要な弾性方程式を明確かつ簡便な形で表示しましたので、実際上の便宜性もあるかと考えます。

また、文献3)との比較ですが、解析方法は同じ応力法(本文では一部に未知変位量を含んだ変形法との混用)を用いておりますが、文献3)で解析された斜張橋は多種多様な形式が存在する斜張橋の一形式にしかすぎないことを考えれば、その一般性および独創性を論ずるに足りないと思います。

つぎに、解析上の仮定において、実際問題として主桁の軸力による伸縮を考慮する必要があるでしょうか。主桁の縦断勾配についてはご指摘の通り主桁の構造により無視できない場合もあり、このときには本文の式(7), (8)に縦断勾配に関する変形の項を加えておけばよく、著者もすでにその点を考慮した式を誘導しております。

(2) 本文でいう滑動支持とは、塔の両側にある連続したケーブルが塔上でローラにより支持されている場合

らなのか? もともと、ケーブルは圧縮力には抵抗せず、種々の荷重を受けて引張力を生じ、はじめて云々されるものであり、影響線そのものを比較しても無意味ではないかと思う。

(5) 緒言において、「3径間連続桁を基本系とする斜張橋を対象として数値計算を行なって各形式の斜張橋の弾性特性を明らかにした」とあるが、本論文で取り扱っているのは、ケーブル取り付け位置の一定なラジアルタイプのみである。これらをもって各形式の弾性特性を論ずるのは、行き過ぎではないだろうか。

(6) 式(35)~式(38)において、討議(3)で指摘したように、B-Typeに対し、 X_2, X_3 を考慮してない。式(35)を例にとると、 $h_j < h_i$ の軸力は $-\sum_{k=i}^j V_k$ の他に、主桁から受ける力 X_3 があるはずである。

(7) 「側径間に荷重が載荷されたときには第1ケーブルの大きな圧縮力により区間Iにかなり大きな引張力が生じる」とあるが、実際にはそのようなことが起こり得るものだろうか?

を考えております。したがって、討議文の図一Bとも文献7)の図一2の揺り杓、スライド杓とも異なった構造であります。

いま、2本のケーブルおよび主桁で構成される三角形を考えますと、その2斜辺の長さの和、すなわち2本のケーブルの長さの和は、底辺と高さが一定ならば2等辺三角形の場合に最小となり、頂点が水平変位すれば増加します。いいかえれば、ケーブルが伸びるわけですが、微小変位理論の場合には本文の式(4)で明らかのごとく $\cos \alpha_a + \cos \alpha_b = 0$ となり、ご質問の頂点の水平変位量 $4L_a$ を含む項は消えます。しかし、一般的にケーブルを非対称形に張った場合にはケーブルの全長が変化しますので、水平変位の項を無視することはできません。このことは構造形式とは無関係な幾何学的な条件ですので、塔上におけるケーブルのいずれの支持形式に対しても考慮すべきであると考えます。実際に、前述の三角形について変形後の斜辺の長さを代数的に計算しますと、簡単な計算により2次以上の微小項を省略して本文の式(4)が誘導できます。また、第 a, b ケーブルが連続している以上、式(5)は当然成立します。

この式は文献7)の式(13')に相当しますが、もし揺り杓が討議文図一Bのごとき構造ならば、式(13')はケーブルが非対称形に張られた一般的な場合には成立せず、この式の代りに塔の中間部のヒンジ点における力のつり合い条件式を用いるべきであり、さらに式(13)はそれぞれのケーブルに対して独立な式が成立し、かつ塔頂の水平変位の項も当然導入されるべきであると考えられます。したがって、本文の式(4)は討議者のいわれ

る図一Bの構造に対しては成立しません。

(3) 主桁と塔とが剛結されたB-Typeでは塔の変形および力のつり合いを考える場合、ご質問の通り主桁から受ける軸力を考慮すべきであると思います。この軸力は本文の解析に用いた基本系を考えれば不静定力とはならず、その値は剛結点での左右の主桁軸力の差を用いるべきでありますから、通常の形式の斜張橋ではその絶対値は一般に小さいと考えられます。そして、その作用位置が塔基部に近づくほど軸力のおよぼす影響は小さくなり、塔基部が主桁上に剛結されたB'-Typeではこの軸力を塔の平衡方程式に考慮する必要がなくなります。したがって、B'-Typeを除くB-Typeの式は上記の意味において近似式となるわけですが、このような近似は許容できないものでしょうか。参考文献7)においても「揺り杓およびスライド杓により塔柱に結合されているケーブルの塔柱におよぼす水平力は無視する」という仮定条件がありますが、ケーブルが塔に関して非対称形に張られた場合にはケーブルによる水平力は明らかに存在し、しかもこの水平力は塔頂に作用することを考えますと、塔の下部に作用する主桁の軸力の差による影響は近似的に無視できるかと思えます。

なお、本文の数値計算例で示しましたすべての計算例では上述の軸力の影響を受けません。

(4) 非抗圧材を有する構造物では、死荷重やプレストレスにより初期張力が導入されているという前提条件のもとでこの部材が活荷重による圧縮力に対して抵抗できることは申すまでもないことですが、本文では線形理論により解析を行っておりますので、構造物の弾性挙動を理論的に論ずるために影響値を用いることが妥当性

を欠いているとは考えられません。

また、第1ケーブルの塔に対するアンカーの役割のことですが、4本のケーブルの中で最大の引張力とともに「最大の圧縮力」が生ずることから、この値が初期張力を越えない範囲では見掛上抗圧材として有効に働いて塔頂の水平変位を拘束しているといえます。この作用は、第3ケーブルの主桁支持点に集中荷重が載荷されたとき、もし第1ケーブルの初期張力の減少がなければとくに第3ケーブルの張力が増加して塔の水平変位が増大することから明らかです。

(5) 緒言でいう「各形式」とは、本文の数値計算例で扱った9形式のことです。ご参考までに、他の約300形式の斜張橋についての弾性特性の要約は、すでに第23回年次学術講演会で発表しました。

(6) ご指摘のようにB-Typeでかつ塔の任意断面*j*が主桁より下にある場合には、主桁から受ける反力を考慮した式を別に示すべきでした。

(7) 討議事項(4)とも関連したことでありまして、実際上ではケーブルの初期張力により主桁に引張力が生じることはないと考えます。

以上、簡単な回答でございましたが、討議者に対し本文に関する種々のご批判を賜りましたことに謝意を表します。

終りに、本文で設けた解析仮定をいくつかでも除いたより厳密な解析とともに、本文で扱わなかった形式に対する計算式を、電子計算機の使用を考慮したより簡便な形で表示しましたので、いずれ発表する機会もあろうかと考えております。

鉄筋コンクリート 工場製品設計施工指針 案

B 6・228 650円 会員特価 550円(〒70)

橋梁、土止壁、基礎杭、まくらぎ、などプレキャストコンクリート製品の応用範囲は広がる一方である。長年にわたる委員会の努力により、完成した最新の指針・条文・解説のほかに、関連するJISのすべてを収録。

ディベーク 工法設計施工指針 案

B 5・88 700円 会員特価 500円(〒80)

MDC 工法設計施工指針 案

B 5・94 700円 会員特価 500円(〒80)

パウル・レオンハルト 工法設計施工指針 案

B 5・100 700円 会員特価 650円(〒80)

レオバ 工法設計施工指針 案

B 5・84 700円 会員特価 650円(〒80)

各PC工法を、総則、材料、施工、設計の4編に分け、各条ごとに解説をつけ、各工法に関する詳細な参考事項を巻末に収録したPC工法別の設計・施工のための親切な指針。

土木材料実験指導書 昭和44年版

B 5・230 490円(〒70)

セメント、骨材、コンクリート、鉄筋、アスファルトの5章に分け、それぞれの試験方法を解説し、巻末には試験結果を整理しうるデータシートを豊富に入れ、品質管理、異形鉄筋などを追加した最新版で学校教材に最適。

土木年鑑 1969

B 5・470 3500円(〒とも)

口絵写真、論説、展望、工学技術および関連資料、事業、資料などに分類し、それぞれの専門家が執筆したビジュアルな年鑑。土木建設界と関連産業の動向を系統的に眺めうる、わが国唯一の役に立つ年鑑。学会編集・鹿島出版会刊。

橋 1967-1968

A 4・82 1500円(〒150)

土木学会田中賞の設立を記念して誕生した、わが国橋梁界の歩みを年度ごとに通覧できる美しい橋の年報。受賞論文、受賞作品および応募作品などの紹介に加え、1967年に竣工した主要橋梁の一覧表を収録。一部カラー印刷。

IMV 振動計には

現場の技術が活かされています

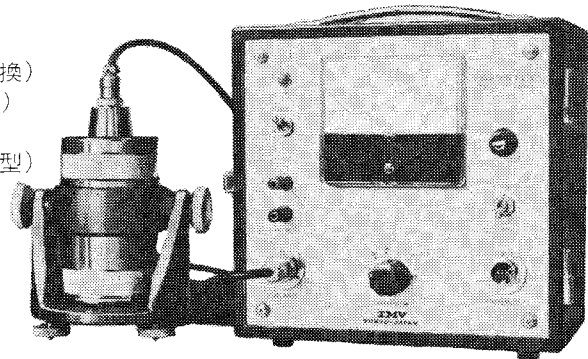
IMV 低域振動計 VM-3300LL

●標準仕様

測定周波数範囲 1~50Hz
振幅測定範囲 0~±5mm(5段切換)
加速度 " 0~1.5g(4段切換)
出力 10k Ω
検出器 VP-3300LL(動電型)
電源 AC100V±10V
50,60Hz

●用途

- ダム工事
- ビル工事
- 鉄骨・橋梁工事
- 杭打工事
- その他土木・建築工事



株式会社 国際機械振動研究所

本社・大阪営業所 大阪市北区牛丸町54 東洋ビル TEL 06(372)3296(代)
東京営業所 東京都千代田区神田錦町1の8伊藤ビル TEL 03(292)3681(代)
名古屋営業所 名古屋市中区新栄町2の12万津元ビル TEL 052(251)7708・2778
九州出張所 福岡市箱崎下社家町1935の1 TEL 092(65)3476

カタログ請求券
土木学会
論文集



トンネルの
ライニングに
的確な急結効果
を発揮する……

乾式吹付コンクリート用
セメント急結剤!!

QP 500

(クイックセットP-500)

- トンネルの一時ライニングに「クイックセットP-500」はその経済性、速効性を、青函トンネル試験坑を始め、各所に於て認められ採用されております。
- 湿砂使用に急結効果を発揮する。
 - 使用上の安全性が優れている。
 - 付着性が大きく跳返り損失が少ない。
 - 吸湿性が小さいため保存性がよい。

カタログ・技術資料贈呈

東京都港区六本木3-16-26 ● 582-8811
大阪市東区北浜3-7 (広銀ビル) ● 202-3294
仙台市東二番丁6-8 (富士ビル) ● 24-1631

ボソリス物産株式会社

名古屋市中区新栄町1-6 (朝日生命館) ● 262-3661
広島市八丁堀12-22 (築地ビル) ● 21-5571
福岡・二本木・高岡・札幌・千葉・高松