

【討 議】

変形法と Reduction 法との相互関係について

中川建治・成岡昌夫 共著

(土木学会論文集 第 141 号 昭和 42 年 5 月所載)

【討 議】 白石成人・玉村三郎 (京都大学工学部)

上記の論文についてつぎの諸点に疑問があり、ご回答をお願いしたい。

(1) この研究は現在いろいろの分野の構造解析においてひろく用いられている変形法ならびに Reduction 法について考察を加えたもので、著者らの経験に基づいてその成果を発表されたものと考えられる。わが国においてもこれらの手法は数多く用いられており、その相互関係を明らかにするのは有意義なものと考えられる。

さて、変形法、Reduction 法に共通する最大の特徴はこれらが Matrix Method で、いわゆる構造解析の Classical Method でない点であるが、その由来する基礎は必ずしも共通なものとは考えられない。変形法に對比すべき Matrix Method は応力法であり、著者の論旨の中には Reduction 法が変形法に含まれるものとするのか、変形法、応力法のいずれとも異なるものなのかの点で明瞭さが欠けているように思われる。

Reduction 法が著者らの主張するように一種の逐次代入法で、これを物理的に構成したものであることは論をまたないが、この特徴なるゆえに Reduction 法と変形法とを對比することは必ずしも妥当ではないようと思われる。この点について著者のお考えをお聞きしたい。

(2) 変形法の特徴として、変位や部材力を表わすための座標系が空間に固定した方向を保つことがあげられ、文中各所に引用されているが、これはたまたま原論文の文献(1)に採用された座標系についていえることであって、変形法を文献(1)のものに限定したとしても、これを変形法の特徴として Reduction 法と比較することは不適当ではないだろうか？

(3) 著者の考案とされている逐次代入法の改良は、1963 年に発表された W.R. Spiller¹⁾ が用いた逐次代入法の特別な場合、すなわち Stiffness Matrix の零でない要素が対角線近傍 3 列に集中した場合と考えられるが、もしこれと相違するものがあるならば指摘していただき

たい。

(4) 論文全体としてみたとき、変形法と Reduction 法との定性的な相違点は列挙されているが、それらの相互関係は明らかにされていないように思われる。たしかに、逐次代入法としての相違点として言及されている面もあるが、それは二つの解析法をそれぞれ成分の異なっているベクトル X, Y' を未知量とする連立一次方程式としてとらえ、未知ベクトルの成分が異なる理由、ならびに逐次代入法としての形式的な類似が成立しない点を考察したものであり、これをもって相互関係を明らかにしたとはいえないようと考えられる。

変形法と Reduction 法の相互関係を明らかにするためには、著者の対象とした変形法ではなく、さらに基礎的な立場から考究された変形法でなければならないようと思われる。たとえば、Stiffness Matrix に自動的に導入されるとのべられている変形の関係は構造物のトポロジー的性質を表わす行列を用いることにより Primitive Stiffness Matrix として明確にでき²⁾、むしろ Flexibility としての性質をもつ Field Matrix との関係を量的に明らかにできるようになるであろう。また Stiffness Matrix における零要素の分散傾向については、つり合い式の性質というようなばく然とした概念ではなく、構造物のトポロジー的性質によって決定されるものである。

変形法がさらに本質的・統一的にとらえられることによって Reduction 法との相互関係は、より簡潔に、しかも、より明快に表現されるのではないかと考えられる。

参考文献

- 1) W.R. Spiller : "Application of Topology in Structural Analysis", Proc. ASCE, ST 4, Aug. 1963. pp. 309~312.
- 2) S.T. Fenves & F.H. Branin : "Network-Topological Formulation of Structural Analysis", Proc. ASCE, ST. 4 Aug. 1963.

【回 答】 中川建治（山口大学工学部）・成岡昌夫（名古屋大学工学部）

質問事項の順にしたがって著者の見解を述べます。

(1) 力のつりあい条件式を変形量によって表現したのが変形法であり、変形連続条件を力で表現したものが弹性方程式と考えます。従来の Reduction 法は両条件を包含したものであり、解析法すべてを 2 大別するとしても Reduction 法は中間的なものとみなすべきです。なお、谷口博士のご研究⁸⁾は、トラスの Reduction 法的解法とみなしてよいものと思います。著者がトラスの Reduction 法的解法を試みて、変形と力を同時に未知数にすると途中で Singular matrix が表われることを知り、著者の微力ゆえにこの危険を回避するために未知力の項を消去した次第で、文献 8) に敬意を表します。

(2) ご指摘のとおりです。著者は、あくまでも文献 1) に限定したつもりですが、多くの座標系を用いて変形法を採用するならば、Reduction 法の Point Matrix に相当するものが現われます。

(3) 著者の不注意によって文献 6), 7) を参照せざる本文をまとめたことは遺憾に存じます。ご教示に感謝致します。文献 6) の特例であることに相違ありません。トラス構造に Spiller⁶⁾ の方法を適用すると、Spiller が non-singular matrix と規制している行列が singular となる場合が現われて、任意に X_i というベクトルを消去せずに進行することはプログラミングの見地からも望ましくない。トラスにおいては著者の示した解法によるのが singular matrix を回避することになります。なお文献 9) では singular matrix を防ぐために、断面積の無限に小さい (0 では singular となる) 部材を付加する解法を提唱してあります。

(4) Reduction 法が種々の構造物の解析に適用されて、意外に精度が不良であったり演算不能になることの現われることを経験し、他の研究者にも伺った。さらに、文献 5) においてなぜこのような工夫をしなければならなかっただかという検討と、stiffness matrix を Reduction 法的に逐次代入法で解き、多節点構造物の解析を行なうことが普及するであろうことを考えて本文をまとめました。したがって、行列表示を用いてトポロジー的に厳密に解釈する努力を怠っています。この意味から、ご指摘のように表題の決定にもう少しの慎重さが必要であったことを認めます。

著者の非才を補うためにいろいろご教示下さったことを感謝致します。

参考文献

- 1) 成岡・児嶋 : Nielsen System 橋、土木学会誌、49.4 (39.4), pp. 7~12.
- 2) Kersten, R. : Reduktionsverfahren der Baustatik-Verfahren der Übertragungsmatrizen, 1962, Springer, Berlin.
- 3) 熊野・成岡 : Reduction 法とそれによる捩り剛性のない格子桁の解法、土木学会誌、50.7(40.7), pp. 93~99.
- 4) 児嶋・成岡 : 平面トラスの変位の逐次計算法、土木学会誌、51.2(41.2), pp. 46~51.
- 5) 熊野・成岡 : 平行弦連続 ワーレントラスの一解法、土木学会論文集、132 号 (41.8), pp. 27~33.
- 6) William R. Spillers : Applications of Topology in Structural Analysis, Pr. of A.S.C.E. ST 4, August, 1963, pp. 301~313.
- 7) Steven J. Fenves, and Franklin H. Branin : Network-Topological Formulation of Structural Analysis, Pr. of A.S.C.E. ST 4, August, 1963, pp. 483~514.
- 8) Bennosuke Tanimoto : Operational Method for Pin-Jointed Trusses, Pr. of A.S.C.E. ST 3, June, 1966, pp. 179~198.
- 9) 日置克幸・志村安津子・黒秀友 : Reduction Method による特殊型式吊橋の解法、土木学会第 21 回年次講演会、第 I 部門、I-93.

正誤表

土木学会論文集 第148号(昭和42年12月発行)山崎徳也・太田俊昭共著:「Kani拡張法による骨組構造物の解法」に誤りがありましたのでつぎのように訂正します。

箇所	誤	正
6ページ 式(19)	$\dots + Bm_{b\bar{b}}) - \dots + Am_{a\bar{a}}) \dots$	$\dots + Bm_{\bar{b}b}) - \dots + Am_{\bar{a}a}) \dots$
6ページ 右上 14	$\dots + \mu_{a\bar{a}}) - \dots$	$\dots + \mu_{\bar{a}a}) - \dots$
6ページ 右上 15	$\dots + \mu_{b\bar{b}}) - \dots$	$\dots + \mu_{\bar{b}b}) - \dots$
6ページ 右上 16	$\dots + \mu_{\bar{b}\bar{b}}) + \dots$	$\dots + \mu_{\bar{b}\bar{b}}) + \dots$
6ページ 右下 17	$\dots /6(C^i \cdot k)_{b1, \bar{b}\bar{1}}$	$\dots /6(C_h \cdot k)_{b1, \bar{b}\bar{1}}$
6ページ 式(24)	$\dots + B_i m_{b\bar{i}, \bar{b}\bar{i}}) - \dots + A_i m_{a\bar{i}, \bar{a}\bar{i}}) + \dots$	$\dots + B_i m_{\bar{b}i, b\bar{i}}) - \dots + A_i m_{\bar{a}i, a\bar{i}}) - \dots$
6ページ 式(25)	$\dots = \bar{C} - \dots + B_i' m_{b\bar{i}, \bar{b}\bar{i}}) + \dots$	$\dots = \bar{C}_b - \dots + B_i' m_{\bar{b}i, b\bar{i}}) + \dots$
6ページ 表-3の C_b の内容	$\dots H_{a1} = \sum Q_{a1, b1} = \sum_i \bar{C}_b$	$\dots H_{a1} - \sum Q_{a1, b1} = \sum_i C_b$
6ページ 表-3の \bar{C}_b の内容	$\dots + \mu_{a\bar{i}, \bar{a}\bar{i}}) \dots$	$\dots + \mu_{\bar{a}\bar{i}, a\bar{i}}) \dots$
7ページ 左上 6	$\dots + \mu_{b\bar{i}, \bar{b}\bar{i}}) \dots$	$\dots + \mu_{\bar{b}\bar{i}, b\bar{i}}) \dots$
7ページ 左上 7	$\dots (\mu_{b\bar{i}, \bar{b}\bar{i}} + \mu_{b\bar{i}, \bar{b}\bar{i}}) \dots$	$\dots (\mu_{b\bar{i}, \bar{b}\bar{i}} + \mu_{\bar{b}\bar{i}, b\bar{i}}) \dots$
7ページ 左上 8	$r_{a1, b1} = \dots$	$r_{b1, a1} = \dots$
7ページ 左上 9	$\dots + \sum_B (\bar{\delta}^i m^j)_{BA}] \dots$	$\dots + \sum_B (\bar{\delta}^i m^j)_{BA}] \dots$
15ページ 式(60)	$\dots + (\gamma^i \mu^j)_{AB} + \dots$	$\dots \times (\gamma^i \mu^j)_{AB} + \dots$
16ページ 式(63)	$\dots = 01$	$\dots = 0,1$
20ページ 左下 14		

土木学会論文集編集委員会

委員長 ○西村俊夫	副委員長 ○鶴祐之	委員 丹保憲仁	委員 福本勝士
委員 青木康夫	委員 柏谷衛	委員 高野一明	委員 二重作主
赤塚雄三	○神山一	高野隆一	藤井宏
秋山政敬	工藤尚男	山田嘉明	前田義雄
秋山成興	国広哲夫	戸田伸	松浦満一
阿部博俊	神月隆一	中野英一	松田英一
岩橋洋一	是枝忍	西山村和	三宮彦
井島武士	合田良実	西中村利	田由一
宇井純士	沢田健吉	沼田淳	宮尚忠
宇都一馬	核井彰雄	伯野元	森忠
岡田明	清水佐	服部昌太郎	口柏樹
奥村樹郎	須田照		
川崎浩司	田中淳七郎		
委員兼幹事 西脇威夫	○印部会長		

昭和43年2月15日印刷
昭和43年2月20日発行

土木学会論文集第150号

定価 200円(税20円)

編集兼発行者 東京都新宿区四谷一丁目
印刷者 東京都港区赤坂1-3-6

社団法人 土木学会 羽田巖
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

コンクリート

西ドイツ・トルクレット
工場短縮・工具簡便に大変便利です。

●お申し込み次第資料をご送付致します。

●営業種目一般土木工事(トルクレットコンクリート使用)、ボーリング、掘削、切削、地質調査、一般土木、機械、電気、ガスの工事

開発工事株式会社 社長 広田 孝一
事務 前沢 一肥 東京都新宿区西早稲田二丁目六番地(本店)
電話 東京 03-5265-1454(代表) 03-5265-1455(直通)

超音波 高温弹性率測定器 MIN-1105-T型

ULTRASONI-SCOPE

高温材料の高温時弾性率を測定できます。
金属及非金属材料を非破壊的に測定できます。
超音波の透過法により測定しますので、寸法、形状にかかわりなく容易に 1,000°C 以上の高温まで連続的に測定できます。
高温材料には直接振動子は接触できませんので中間材を介して測定します、高測時 (500°C 以上) では更に水冷式の振動子を使用します。
比較的低周波の超音波を使用していますから、材料の寸法の制限が少く簡単なわゆる bay velocity 式が適用できます。

各種試験機製造販売

株式会社 圓井製作所

本社 大阪市城東区蒲生町 4-15 電話大阪 (06) 931-3541 (代表)
東京営業所 東京都港区芝公園 14-9 電話東京 (03) 434-4717 (代表)
九州営業所 福岡市瑞穂町 32 電話福岡 (092) 43-3933

MARUI

昭和四十三七年五月
一月二十二日発行
第一回

(毎月二十日発行)

土木学会論文

第一五〇号

PARTNER

K12

パートナー
エンジンカッター
切る

■誰でも切れる

スターを引張るだけで誰にでも簡単にエンジンがかけられます。切断作業は一人で行い、特別の熟練を要しません。

■どこでも切れる

小型で軽量ですから持ち運びに至便です。その割に馬力は強く、どの様な姿勢でも操作出来、どこでも切れます。

■何でも切れる

鉄、コンクリート、その他何でも切れます。ヒューム管、土管、鉄骨、鉄筋など土木建設、その他種々の業務の切断作業に威力を發揮します。

■はやく切れる

例えばコンクリート道路で3cmの深さ、15mの長さに要する切断時間はわずか約15分です。

■きれいに切れる

切口はきれいに切れます。切断作業の後バリトリとか仕上とかの必要はほとんどありません。

■安全に切れる

特にパートナーカッター用に製作したディスクを用いておりますので切断作業は極めて安全且、迅速に行えます。

日本アレン機械部

東京都豊島区巣鴨7丁目1875番地 TEL(944) 1711(代)
本社 東京都千代田区内神田2丁目4-4 TEL(256) 6551(代)
大阪支店 大阪市北区牛丸町55東洋ビル内 TEL(372) 4571(代)
福岡営業所 福岡市霧町149 TEL(53) 1515
広島営業所 広島市三川町10-13 TEL広島(47) 6351
北海道出張所 北海道苫小牧市音羽町130の11 TEL(苫小牧)2-5016

- 鋸 鉄 管
- ダ ク タ イ ル 管
- ヒ ュ ー ム 管
- 道 路
- ワ イ ャ ー ・ ケ ー ブ ル

定 二〇〇円