討　　議

土木學會誌 第十四卷第五號 昭和三年十月

二軸的に見たる熱應力の問題

（第十三卷第六號及第十四卷第三號所載）

著者 會員 工學士 山　口　昇

(I)　拙論「二軸的に見たる熱應力の問題」について九大久野重一郎君よりの御討議あり感謝する次第であります。

由來熱應力の問題を論ずるに熱傳導の問題より出立することは望ましいことであり筆者も曾て Beton und Eisen に載せた一論文ではさういふ方法を取りましたが熱傳導の問題は直接 stress-strain には關係なき別途の問題である爲此處では特に切り離して考へました。尤も私の此の論文中の久野君の論標となつた輪狀板の場合には定流熱傳導の一般的の解が既に Carslaw の Conduction of Heat, p. 96 に與へられて居るのであれを其の儘拙論の基本式 (1) の右邊へ挿入してこれを解くといふのが普通の順序でせう。然し Carslaw の一般解は雙曲函數と圓函數との積で與へられてゐる爲に基本式 (1) の解法は拙論に於けるよりもずつと厄介なものになりませう。此れは不可解ではあるまいと思ふので他日時が許したならばやつて見たいとも思つてゐますがこれは要するに正當であると同時に甚だ平凡な方法だと實は思つてゐるのです。私は基本式 (1) の複調和 (bi-harmonic) 性に着目してこれを最も簡單に解く爲には r と φ との各函數の積として F を假定する所謂 Normal Function の方法をとつたのです。從つてこれで解き得る最も簡單な溫度分布 t を逆に作り上げて行つたのです。斯くの如き都合のよい t の値は勿論一般的とはいへませんが可成に一般性を持ち得べき要素のあることが解ります。拙論 p. 16 の (10) は此れです。此の解でもしも此の t を一つの要素的解と考へて Fourier's Series で一般化すことが出來れば t にも完全なる一般性が確立して事實上この問題は如何なる t に對しても完全に解けたといひ得るわけです。幸にして收斂性を假定することを許すならば (12) (13) に示す通りの一般化が出來たことになります。今或輪狀板があつてこれが如何なる熱源をもち如何なる邊緣條件を持たうがその溫度分布が一定の函數で與へらるゝならばそれは例へ Carslaw の解の如きものであつても又は實驗的に各點の溫度を實測して得たものであつても Fourier's Series の一般性からこれを (12) の式で表はし得べきにより F は常に (13) 式で與へられるわけであります。此の點はあの論文中で私の最も苦心した而して妙味のある點とひそかに思つてゐる處であります。勿論收斂性についての危險は殘つてゐますが。

扨斯くの如くして最も一般的の解を求め得たので此の種の論文の例にならつて最も elementary の例題を一，二取扱つたのがはしなくも久野君の批評に上つた $t=a\cos\varphi$ の場合であります。勿論こゝに1個の拱橋でも與へられてこれについての熱應力を解くといふ様な特殊の問題ならばそれについて一々一般式 (12) (13) を完全に適用して見る要もありませうが私の此の論文を草した趣旨はさういふ特殊の問題を一つ一つ解くといふことよりも二坐標系の熱應力の一般性を探求するといふ（多少 academical ではあるが）目的にあつたため一々さういふ例は取扱はぬ積りであります。これは他日機會があるであらうと思つてゐます。然し乍ら私の導出した結果が工學的に無意味であるとは決して思はれません。一々の構造に一々當てはめて行ふ解のみが有意義だと信ずる弊は隨分吾國の工學界にもある様に思ひます。私も色々の場所でさういふ議論を聽いてゐます。が私の見る處ではこれは獨逸流の一主張に過ぎないと思ふのであります。殊に上述の如く一般式 (12) (13) が完全なる一般性を有することが知れてゐますから問題さへきまればこれは必ずその何れにも一々適合せしめることは出來ない筈はないのであつて後は全く技巧上の枝葉の問題だと思つてゐます。

(II)　それから久野君は「數學の過信」といふことについてキルヒホフやポアンカレーの言を引いて論じられてゐるが私にはこれは拙論の御討議としてはいさゝか埒外に出てゐぬかといふ感を起させます。が此れは屢々論議せらるゝ重要なる問題でありますから此處に私も卑見を述べて見たいと思ふのであります。數學そのものが自然現象と何等の關係はないといふ事を許すとしても（此れも實は多少の異論もなくもないが）「**數學を正しく使ふ事**」はキルヒホフやポアンカレーの言ふ所の自然現象を最も簡單に調和的に表はす上に最も便利なものであることは認められるのであります。扨この數學を正しく使ふといふ事に私は屢々工學的取扱をする人の不滿を感ずるのであります。今少しく冗長ではあるが此れについて私の見る處を述べさせていたゞくならば次の通りであります。私の見る處では吾々の stress-strain の問題では數學を用ひて理論的に研究するのに二色の風がある様に思ひます。一つは實際事實に即した基礎の上に方程式を打ち立てゝ行く方法でこれは殆んど凡ての場合に數學的困難に陷ります。今日では不幸にして假定も完全に事實に合致ししかも方程式が完全に解き得るといふ様な好都合の新しい大問題はあまり取殘されてゐません。從つて此の方法で進むときは數學的には一貫しない支離滅裂で譬へていへば數學を全く機械として切れ切れに用ふるより外ないのであります。これは所謂獨逸流の工學的の數學であつて數學の微妙な力を殺して使つてゐるのだと私は思ひます。成程此の方法は工學上に相當役立つてはゐます。私も屢々この方法によつてゐますし或は獨逸の工業の發展は主として此の方法によるがためだと云つてよいかも知れません。處が此の方法は直接法である丈に其の問題限りになり一般性が生じない又一見確實なる如くに見えて實は屢々重大なる誤に陷る危險性があると思ふので

あります。其の主なる理由の第一は實際事實の不確立といふことです。一例をいへば最も簡單な混凝土の桁にした處でその支持面の邊緣條件など事實は容易に明かになるものではありません。又一端支持の棒の振動などに到つてはその支持の模樣など到底吾々はこれを簡單に見破ることの出來ない事實でありませう。實際的事實と吾々が漫然稱してゐる處のものは多くは吾々の無智性が入り込んでゐる危險が伴つてゐると思ひます。實驗實測がすゝみ人智の增すにつれて昨日迄は單純明快であつた事實も今日はそれ程簡單でないといふのが常です。從つてかくの如き事實を重んじすぎた所謂工學的の解は往々全々誤れる結論を導くことがある。次に第二の危險性は進行の途中屢々所謂事實に即して數學的の誤魔化しを行ふ爲萬一その所謂事實が一旦改廢された時はその全階程がそれこそ何の役にも立たなくなる。

如上の方法に反して主として英國の學者達によつて試みられてゐる方法は先づ出發點の假定をなるべく單純にして方程式を解き得る樣にする。これは始めから事實とは多少の喰ひ違ひはあるのでありますがその代り途中は誤魔化さずにすむ。これは出發點に既に事實とは符合せぬ點がある故結果も勿論ピッタリと合はぬ。然し乍らその狂ひの出處が明白に解つてゐる故にその理論的の結果を實際と合せるのに補正の方法により改善し得る可能性がある。又萬一實際の事實が改廢されても一定の假定の上に立つた正しい行程である爲にその全行程が壞滅に歸するといふ事は先づないと云つてよい。此の方法の方が數學をより正當に活かして用ひ自然現象の討究を目的とする科學には一層確實で且其の場限りでないので多くの物理學者はかういふ方法によつてゐる樣に見える。この物理學者の方法をなるべく變へずに工學上の問題に持ち來してゐるといふ點で英國の工學者の功積は實に偉大なるものだと私は考へてゐます。こゝでは工學的よりも物理學的であるが工學も畢竟するにその精密度の向上と問題の一般化によつて漸次工學的より物理學的になるものでないかと私は考へてゐます。

然し今日こゝでこの二つの方法の優劣を速かに論斷することは保留すべきだと思ひます。むしろ今日の處では何れもが工學を理論的に研究する上に同等に大切な方法だといふのが至當でありませう。從つてこの何れを撰ぶかは問題によることは勿論ですが一つは又「その人の趣味」によるべきかと思ひます。斯くの如き撰擇の自由はポアンカレーを待つ迄もなく自然現象の追究には至當であり得ると思ひます。