

専修大学北海道短期大学 正員 中村作太郎

1. まえがき

土木構造物の築造された歴史は古く、古代・原始時代にさかのぼるが、構造力学が本格的に発達し始めたのは15世紀の初期からであり、学問的大系が樹立されるようになったのは18世紀以後からである。しかし最近目覚ましい発達を遂げつつあり、特に応用計算の面では素晴らしいものがある。それは電子計算機の利用とそれに対応した数学的手法による応力解析法の登場して来たためである。もちろん構造工学における実際面と理論解析面とのくい違いや仮定の不充分さ、構造法の不完備さによる色々の問題が存在するので、これらを検討・克服して行くように研究の方向を定め、正しい発達の道を開発しなければならない。

2. 構造力学の発達史とその動向^{1)~4)}

(1) 創始時代の構造力学

構造力学の基をなす最初の数学と最古の力学を考えたのはエジプト人であり、いまから約5200年前のことであるが、この時代における力学的発達を採る資料はきわめて少なく、三角法や数学に関する発達状況が記録に残されているに過ぎない。しかし構造力学と数学の間には昔から深い関連のあることが数学や天文学の歴史からうかがうことが出来、ナイル川の右岸カイロの西方にある沙ばく地帯に四辺形基底、三角形側面の五面角すいの石造ピラミッドが沢山現存しているから、紀元前3000年にほとんど狂いなく完成されたピラミッド建造の事実とそれを造るために天文学と数学の知識が用いられたという記録から判断して、古代エジプト人の中には数学や天文学に秀で構造物の築造に貢献した人がかなりいたと推定出来る。

(2) アルキメデス (287~212B.C) ~ ガリレオ・ガリライ (1564~1642) の時代

アルキメデスはいまから2230年昔において、「2点で支えた単純梁の反力を見出す方法」の法則を与えており、レオナルド・ダ・ビンチ (1452~1519) が梁の実験等の研究を行なうまでの期間は力学的空白時代と呼ばれる力学的資料のきわめて少ない時代である。しかし、ガリレオ・ガリライが物体の弾性変形と安定問題について数々の業績を残したことは注目に値すると思う。

(3) ロバート・フック (1635~1703) ~ ミュツシエンブレック (1692~1761) の時代

ロバート・フックを始めとして、マリOTT、バリニオン、ポーバン、ベルヌーリ、ペリドール、レオムール等の学者達により材料強弱学の実験が行なわれたほか、1729年にミュツシエンブレックにより材料の抵抗に関する研究論文がラテン語で発表された。

(4) オイラー (1707~1783) ~ クーロン (1736~1806) の時代

この時代には振動計算、弾性曲線、柱の力学等に関する研究が行なわれたが、オイラーを始めとしてラグランジ、ベルヌーリー家 (3名)、クーロン等により活発に研究発表が行なわれた。

(5) トーマス・ヤング (1773~1829) ~ ボアソン (1781~1840) およびナピール (1773~1836) の時代

トーマス・ヤングを始めとして、ボアソン、ソフイー、コーシー、ホジキンソン、ラメー、クラペーロン、ゲルトナー、ノイマン、ジュアーメル、グリーン、ナピール等の数多くの学者達により弾性力学・材料強弱学の研究が行なわれたが、特にボアソンとナピールは近世の弾性体理論の創始者といえると思う。

(6) サン・ブナン (1797~1886) ~ ランキン (1820~1872) の時代

サン・ブナンはねじりに関する研究、衝撃と塑性問題に関する研究を行ない、ランキン、ボンセレー、マクスウエル、ブスネスク等は、材料力学・金属の弾性問題・光弾性学・衝撃問題等を次々に発表した。

(7) 近世の構造力学

カステリア、モール、ミューレル・プレスロー、ロード・レーレー、エツプル、テットメーヤー、ウェーレル、ラブ等が座屈問題、振動工学問題、安定・不安定問題、回転円板の問題、疲労現象問題、回転体

のねじり問題、剛結理論の問題等について幅広く研究を行ない、原理・法則等が次々に提案された。

(8) 近代および現代の構造力学

電子計算機の開発により構造解析法に一大変転が生じ、構造力学の内容も著しく豊富になり各種の技術的問題にも応用されるようになった。1862年にグレブツシュがディスプレイメント法を創設、1864年にはマックスウエルがフオース法を提案したのを始めとして、モールは梁のたわみやトラスの二次応力の解析にマックスウエル法およびグレブツシュ法を応用した。そのほかミューレル・プレスローおよびベンディクセンがフオース法とディスプレイメント法を技術的問題に広く応用している。

上述の理論解析はほとんどドイツ系の研究者によつて発展させられたが、英国系の技術者は理論解析の応用については無関心で主として近似解析法に熱中した。その結果、ハーデイ・クロツスは骨組構造解析に関するクロツス法を提案し、サウシウエルは1935年にクロツス法を一般化したリラクゼーション法を創始した。また1940年にはエフセンがオステンフェルドの考え方を拡張し、フオース法とディスプレイメント法をミックスした方法を考案した。また、電子計算機の利用の効果を高めたものにマトリックス法の登場があり、デユンカン、フレーザー等が1934～1937年間に各種の力学問題にマトリックス解析法を応用した。しかし、マトリックス解析法に本格的に取り組んだ最初の人にはジエンキンスで1947年にシエル構造の解析に応用した。次に有限要素法 (FEM) の考え方を初めて力学界に紹介したのは1956年トュルナーとクロウであり、メロツシュは1961年にFEMを板の曲げ問題、三次元剛構造解析へ応用したほか、ツインキーウィッチは更にFEMの応用を確固たるものとした。なお、最近脚光を浴びつつあるD・R・法 (ダイナミック・リラクゼーション法) は一種のオルターネーティブ法であり、オツター等がこの方法の拡張発展を実現させた。

3. 構造力学の将来への発展的要望⁵⁾

土木構造物の種類は千差万別で、その構造法・構造材料・荷重条件等によりそれぞれ異なつた変形・応力現象を呈するから、それぞれの現象に適合した構造解析法を用いなければならない。現在電子計算機の応用とそれに適合した数値解析法が非常に発達しつつあるが、応力現象の追求についての研究はまだまだ不十分であるから適切な模型実験等によつて真の現象を正確にはあくしななければならない。応力現象が明白になつたならば、それに適合した新しい解析理論を創造・開発し、更に電子計算機の利用に適した解析・計算法を生み出すことが今後において与えられた重要な課題であると思う。また、その構造法・構造材料・荷重条件等の複雑な環境下における応力現象を追求するに際し、地球上における天然の構造物や各種の動植物の科学的摂理と力学的特性を吟味・研究し、耐荷力・剛性・耐久性に富み、力学的経済性と美観を有する構造物を創造し、それに適応した構造解析法を追求することこそ構造力学の正しい発展につながる主流の方向であると思う。

4. あとがき

構造力学の発達歴史的に見ても理論的研究と実験的追求の繰り返しによつて始めて着実な成果が得られるものであり、今後は新構造材料の開発、電子計算機の新しい応用方法、地下埋設構造物・海洋構造物・宇宙構造物その他の新構造計画にともなう構造物の解析法の研究、各種の三次元破壊力学の追求等に期待するところ大である。

参 考 文 献

- 1) S・P・ティモシエンコ著, 最上武雄監訳, 川口昌宏訳材料力学史, 鹿島出版会 (1972)。
- 2) 藤部屋福平: 構造力学I, 彰国社 (1955)。
- 3) 成岡昌夫: 構造力学要論, 丸善K.K. (1974)。
- 4) 中村作太郎: 橋梁の歴史的変遷とその発達動向, 蘭岳会 (1979)。
- 5) 中村作太郎: 構造力学の発達動向と土木構造物への応用について, 土木学会北海道支部昭和58年度論文報告集, 第40号 (1984・2月)。