

アメリカの大学の一端

—特に Illinois 大学 Talbot 研究所—

奥村 敏 恵*

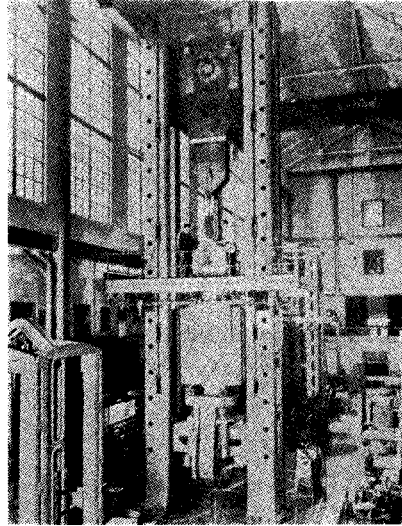
1. はしがき

筆者はアメリカの中北部 Chicago より約 120 mile 南にさがった Urbana Champaign にある Illinois 州立大学の Talbot 研究所に約 10 カ月間滞在したのちアメリカ東部をまわり、イギリス、ドイツ、ベルギー、フランス、スイス、イタリアの一部を見て帰国した。ヨーロッパの旅は、国際橋梁鉄骨会議の理事会に出席することが目的であつたが、これと同時に特に Plastic Design の研究を行っている実験室を訪れることとライン河の橋梁を見ることに重点をおいた。帰国してから、1年あまりの日時が過ぎたわけであるが、特に Illinois 大学で見聞したことを中心として、筆者の感じた二、三を述べるのも無駄ではないと思つて、あえて筆をとつたわけである。ただ何といつても、筆者の主観を通して見た見解であることを、あらかじめお断わりしておく。

2. Illinois 大学 Talbot 研究所

Illinois 大学 Talbot 研究所は C.E. (Civil Engineering) と TAM (Theoretical Applied Mechanics) の二つの section があり、筆者は前者の一員になつた。C.E. の head は Prof. N.M. NewMark であり、TAM の head は、Prof. T.J. Dolan である。Prof. NewMark は別に土木工学科の head も兼ねていた。これらの head は任期の制限はないようで、大体において学校における実力者がなつている。Talbot 研究所は、純粹の研究所であり、数人の research Prof. より構成されており、おのおの実験に専心すると同時に大学院の学生に講義を行つていた。なお、C.E. はコンクリートと鋼関係にわかれ、前者は、Prof. C.P. Siess が、後者は、Prof. W.H. Munse がその主任教授であり、それぞれの研究員はこの人の管理下で仕事をしていた。研究所の床面積は、82 000 ft² で 30 000 lbs から 3 000 000 lbs にわたる容量を持つた各種の材料試験機が設備されているが、特に 3 000 000 lbs の容量を持つ試験機 (写真—1) は、高さ 38 ft で引張り、圧縮すべての試験が可能である。筆者の滞在中は主として T₁ 鋼、Tri-Ten などの高張力鋼の脆性破壊のキレツの伝播に関する実験を行つていた。これについては、例えば、The Welding Journal 1957, 1月

* 正員 工博 東京大学助教授、工学部土木教室

写真—1 3 000 000 lb の材料試験機
(リベット継手の試験施工中)

号に発表された “Brittle Fracture Propagation in Wide Steel Plate” by W.J. Hall を参考にすれば、その研究の一端をうかがうことができる。このほか写真—1 に示すような、引張部材の格点構造、特に鋸およびボルトの配列による抵抗性状の相異に関する実験を行つていた。これについては Proceedings of A.S.C.E. 1957, Structural Division, Paper 1150 “Behavior of Riveted Connections in Truss-Type Members” by E. Chesson を参考にするとよい。

このように比較的大規模な実験が可能であり、従来、研究題目にとりあげられながら、なお不明確であつた問題について、実物大の試験片による実験を行つていた。これと平行していわゆる coupon 試験を行つており、細部による影響をこのような小型試験片を併用することによつて吟味していた。

なおこの研究所の特徴としてあげられることは、次の点である。まず研究所に直属した立派な工作室があり、多くの従業員が試験片の製作に従事しているが、これらの試験片の製作に対しては、それぞれ工員のかしらの見積りに従つて代金が払われているようである。すなわち独立会計に近い状態におかれており、すべて、Prof. Munse をとおして仕事が行われるような仕組になつてい

合には、比較的ていねいに試験片を製作してくれるので、最初の計画が大切であるが、それだけ製作の相異による影響を除去することができる。特に筆者の実験を通して見た限りでは、非常に親切であり、協力的であつたのは、印象が深かつた。

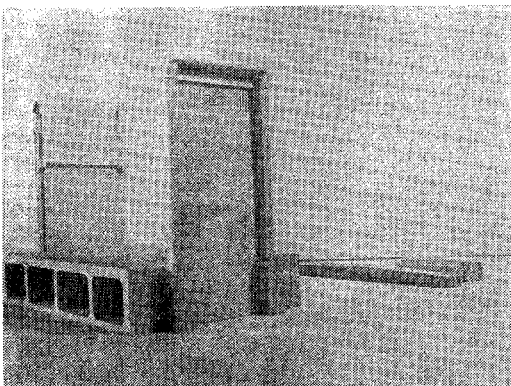
ただ溶接に関する限りはあまり上手とはいへなかつたが、溶接について守らねばならない諸注意に関しては、実に忠実に実行し、筆者の指導についても忠実に従つてくれた。なんといつても、目の前でその製作を見ることができる上に、工作者が比較的实验の目的を理解して行動しているのはよい制度と思つた。多くの主任研究者が、それぞれ研究の題目を持つて、独自の研究を行つているのは、共通の点であるが、これらの研究相互に共通に使用される各種の測定計器類、または消耗品等は、共同して購入し、それを1カ所に保管し、研究者の責任と自治の下にその利用をはかつていた。

実験室の床は厚く、十分な基礎を持ち、試験体の bed と加圧装置を兼ねている。なお規則正しく配列して、しつかりしたアンカー ボルトまたは鋼管が埋め込まれており、これを利用することによつて試験装置のワクを簡単に組立てることができるよになつてゐる。多くの実験は、いわゆる市販の材料試験機を使用しないで、このようなアンカー ボルト、鋼管を利用して、一種のラーメン形式の試験装置をつくり、ジャッキとダイナモメータを利用することによつて、いろいろな荷重条件に対応する構造物の実験を行つていた。

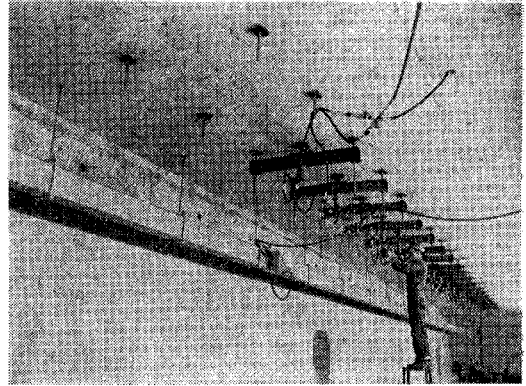
特に筆者の滞在中では鉄筋コンクリート構造物またはプレストレスト コンクリート構造物の耐力におよぼせん断力の影響に関する実験を行つていたが、この装置を100% 利用することにより、立派な実験成果をあげていた。このような実験室の利用は、ただ空間があれば十分であり、次から次と出てくる新しい構造力学的な問題を処理するには便利であり、構造物試験の一つの方向を示していると思つた。

アメリカにおける多くの大学では、このような構造物試

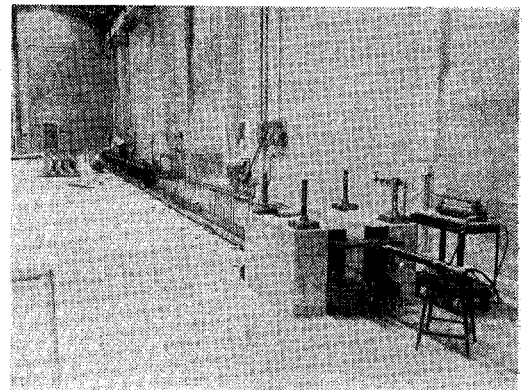
写真—2 Portland Cement Association Laboratory の床下構造



写真—3 (a) 箱形断面の地下室で荷重装置をとりつけている光景



写真—3 (b) P S コンクリート ハリの製作中



写真—3 (c) P S コンクリート ハリの実験中

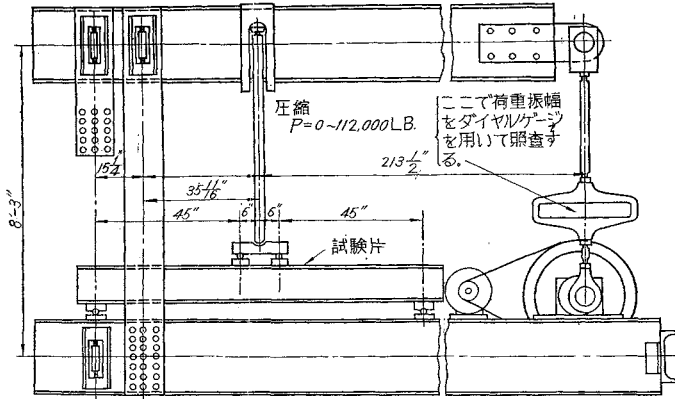


験用の研究所を新設しているが、すべて床の利用には意を払つてゐるようである。参考のため 写真—2 に示したのは、最近つくられた Illinois 州 Skokie にある Portland Cement Association Laboratory の床下構造の模型を示したものであり、写真—3 がその利用および、実験の状況を示したものである。厚い (厚さ 2ft の) 床で下を hollow box section にしてあり、いろいろと実験装置を細工することを可能にしているのは注目に値する。特に 写真—3(a) は、このような箱形の地下室で荷重装

置（ジャッキ）をとりつけているところである。箱型バリの中央で床（1階床板）を押し、両端の steel bar を引張る。この steel bar が床の穴を通して上の試験体につながり加力する。写真-3(b) は実験室内で実物大試験体の PS コンクリート バリを作っているところであり、写真-3(c) はその試験の様態である。

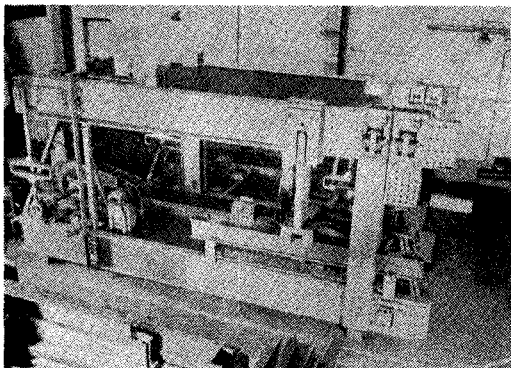
さてこのような床と関連してつくられた設備の一つとして、いわゆる Wilson 型疲労試験機は、Talbot 研究

図-1 Wilson 型疲労試験機の機構



所の特徴としてあげねばならないものの一つである。この試験機の機構を示したものが、図-1 であり、写真-4 にその状況を示す。これは 1 分間約 200 回転、容量 200 000 lbs の構造物試験用の疲労試験機である。この特徴は、剛な片持バリの先端を偏心回転のモーターによって上下に運動させて、剛な片持バリに変位を与え、それを利用して圧縮、曲げ、または引張変形を試験片に与えようとするものである。写真-4 は、溶接バリの曲げ疲

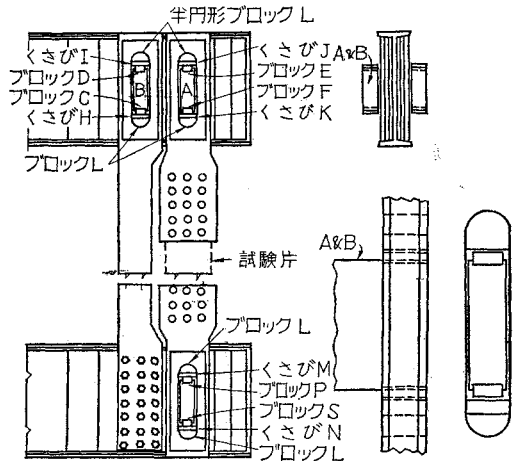
写真-4 Wilson 型疲労試験機 (容量 200 000 lbs)



勞試験の進行状態を示したものであるが、筆者は支柱より右側にある荷重頭を利用して、試験幅 10 in (25 cm) の片振引張疲労試験を行う機会を与えられた。大型試験片のおかげで比較的興味ある実験結果を得たことを、ここに感謝して述べたい。このような装置が 4 台並列しており、同時に運転することによって能率をあげ、相互に横方向のふれを拘束し合つて、二次的影響を少なくしよ

うとしている。この特徴は、荷重頭および支柱の片持バリ支持部における構造である。図-2 に大体のその構造を示す。偏心荷重を与えないよう、また拘束による曲げモーメントを試験片に与えないように注意している。ただこの部分のパネは、疲労荷重による影響により老化するので、ときどき、とりかえを必要とするようであり、試験に先立つて注意深く点検している。この形式の疲労試験機は、荷重の大きさと、繰返し数を独立に与えることができ、操作も非常に単純で、試験中の騒音も少なく、基礎の振動も少なく、大きな荷重を比較的容易に与えることができるので、構造物試験用としては、有用である。ただ試験の最初は、不安定であり、数回にわたつて試験機の回転をとめて、荷重振幅を吟味し、調整する必要がある。また試験片の変形が大きくなつたり、局部的にキレツが生じたりすると、荷重振幅は変化する。従つて試験片が破壊に近づくと、荷重振幅は、不安定となるので、細かく調整する必要がある。なお電気的リレーを利用して試験片全体が、ある一定の伸びに達したとき、自動的に回転がとまるよ

図-2 Wilson 型疲労試験機の支持部、荷重頭の詳細 (図に引張疲労試験片のとりつけを示す)



うに装置してある。

Talbot 研究所では、すべての疲労試験機は、このような機構を利用したものであり、上記の大型な構造物用の試験機のほか、レールや鉄筋コンクリート構造物またはプレストレスト コンクリート 構造物用の疲労試験機や全く小型な金属の単結晶疲労試験機など同一機構で通しているのは興味深く感じた。この小型疲労試験機では、レール鋼断面の各所より試験片をとりだし、疲労試験を行つていた。

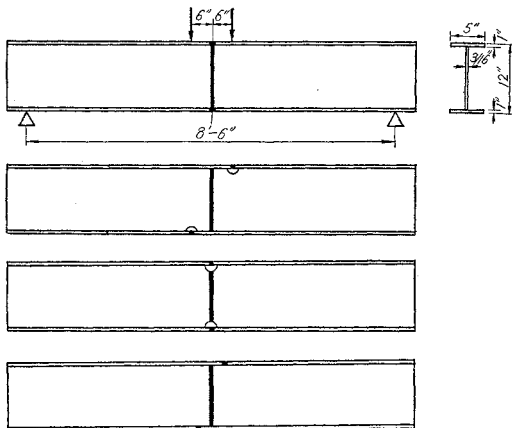
なおこの Wilson 型疲労試験機を改良したものが、Washington 大学の土木工学科に設備されたと聞いた

が、残念ながら見る機会を失した。興味を持つ方は機会を利用されるとよいと思う。

なお筆者の滞在中は、高張力ボルトの疲労試験と溶接桁の疲労試験を行っていた。特に後者は溶接組立方法による影響をしらべるため、図-3に示すような、いわゆる、わが国で現場溶接と称せられる方法を用い、継手の位置、溶接順序、溶接継手の下における孔などの影響を吟味していた。また手溶接、自動溶接の比較試験を行っていた。この結果 図-3 の一番下に示した設計が疲労強さの点で最もよいという結論を出していた。

図-3 溶接桁の試験体

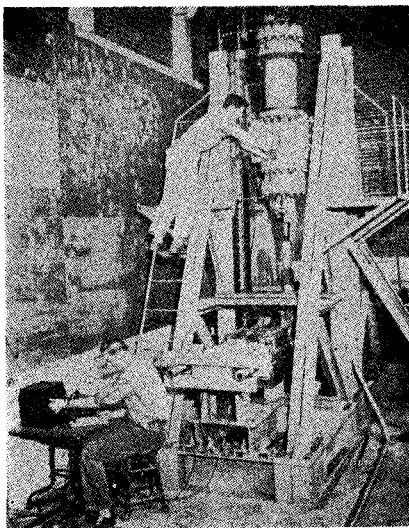
(結果の一部は、The Welding Journal 1957年1月 "Behavior of Welded Built-up Beams under Repeated Loads" by J.E. Stallmeyer に発表されている)



なお実験担当者より、今後の計画としてスチフナー、カバー プレートのとりつけ方による フランジ 板の疲労強さに対する影響に関し、系統立つた実験を行う予定で

写真-5 60 kips の容量の衝撃試験装置

(床を利用している点に注意、なおこの装置は方向荷重試験にも利用していた)



あると聞かされた。

なお Talbot 研究所のもう一つの特徴は衝撃荷重に対する鋼または鉄筋コンクリート構造物の耐力に関する実験が行われていることである。写真-5 は 60 kip の衝撃荷重試験装置を示す。Prof. NewMark の研究の一つであるが、主として耐爆構造の性状に関連した実験であつて、彼によつて提案された実験公式はこのような実験にもとづいたものである。

その他、C.E. では Illinois Division of Highways, U.S. Bureau of Public Roads, Navy's Bureau of Ships, Office of Naval Research, Army's Office of the Chief of Engineers, Ohio River Division, Air Force, American Welding Society の Welding Research Council その他、学会の委員会より委託を受けた実験を行っていた。

この主要な題目をあげると次のようである。

鉋およびボルト継手、鉄骨構造の静的および動的タワミ性状に関する実験、溶接バリの疲労、衝撃荷重を受けた金属の変形——特に時間の効果について——、鋼板のぜい性破壊の伝播、リベットおよび溶接された鋼に対するキレツ伝播の防止、鋼構造に対する合金鋼の適用、道路橋に作用する衝撃荷重、応力解析の近似数値計算法の確立、P S コンクリートの道路橋に対する応用、鉄筋コンクリート箱形カルバートの構造力学的性状、多径間の鉄筋コンクリート床板の実験および解析、異常に高いハリの強度、鉄道橋の荷重の横方向および縦方向の分布。

このような題目に対し、大学院の学生を指導しつつ、電子計算機を使用して、着々と実績をあげているようである。

3. その他のアメリカの大学の研究状況

筆者が訪れた大学は、Illinois 州 Evanston にある North-Western 大学、Indiana 州 Lafayette にある Purdue 大学、Pensylvania 州の Bethlehem にある Lehigh 大学、New York の Columbia 大学、Boston の M.I.T. であるが、長い間滞在して見聞したわけではないので、十分その活動状態を、述べる事ができない。しかしわづかな見聞きを通じたこれらの大学の構造力学分野の研究を通していえることは、各自独自の特徴のある研究を行つていることである。上述の各団体より委託を受けた研究を行つているのは同じであり、例えば、鉄筋コンクリートの耐力におよぼすせん断力の影響については全く同じ団体より、Illinois 大学、M.I.T. 等が委託を受けており、また高張力ボルトの耐力については、North-Western 大学でも委託を受けていたようようであるが、それぞれ研究の分野をはつきりさせ、またでてきた結果についても、十分討議する機会を設けているように感じた。

また各大学は研究の分野に特徴を持つており、すべての大学が、同じことに集中することは、比較のないように感じた。例えば Plastic Design のような新しいものについては、Lehigh 大学、Brown 大学などは、相当進んだ研究を行っていたし、道路構造については、Purdue 大学で興味を持って研究していた。このような研究の特徴を持つことは、わが国でも考えねばならないことと思つた。

アメリカの大学の研究室の研究費は、日本と比較すると、多いようであるが、その規模に匹敵すると、必ずしも十分でないようである。そのため委託研究費に依存する面が多く、少なくとも構造力学の分野では、純粋に基礎的な実験が、いくぶんないがしろにされている きらいはある。それでも Columbia 大学で、地下室の暗い粗末な部屋の片すみで行つていた実験であつたが、比較的基礎的な実験を、じっくりとやつていたのには嬉しく思つた。これは有名な Bleich の息子の実験であるが、変断面の T 形の片持バリの塑性範囲の性状に関する実験であるが、せん断中心が塑性状態に移るにつれて変る性質が、いかなる影響をおよぼすかを調べていた。

ヨーロッパにわたり、例えば Cambridge 大学の Prof. Baker の研究室を訪ねて感じたことであるが、アメリカの構造力学の研究室のように、大規模ではないが、独自の基礎的な研究を積み重ねているのを見て、研究費は少なくとも行う研究の一面があることを感じたわけであるが、こうした点、共通したものがあつたのは面白く思つている。

4. アメリカの大学の特徴

アメリカの大学の数は、大体日本の 6 倍であり、学生数も同じく約 6 倍である。ことに大学院学生数も戦後いちじるしく増加し、この状態は、図-4 を見れば明らかである。

図-4 アメリカ各大学院卒業生 (Ph. D.) 数 (1928~1955)

(男子は第二次世界大戦中 (1942~45) において約半数の減少を示したのみであり、特に戦後いちじるしい増加を示したことがこの図表で見られる)

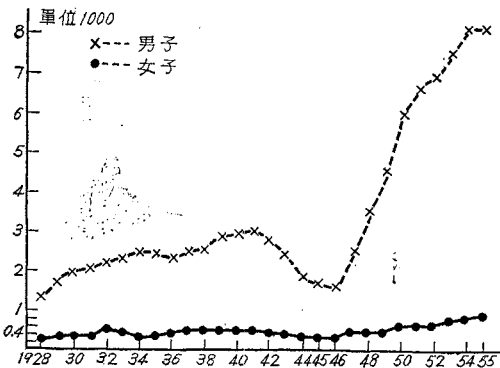
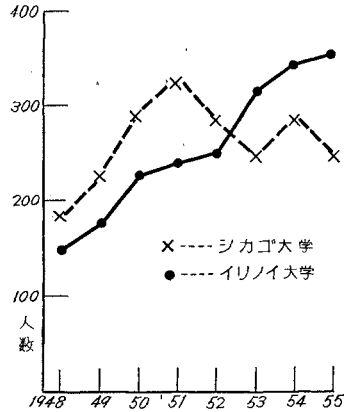


図-5 私立シカゴ大学と州立イリノイ大学との最近の大学院卒業生 (Ph. D.) 数の比較

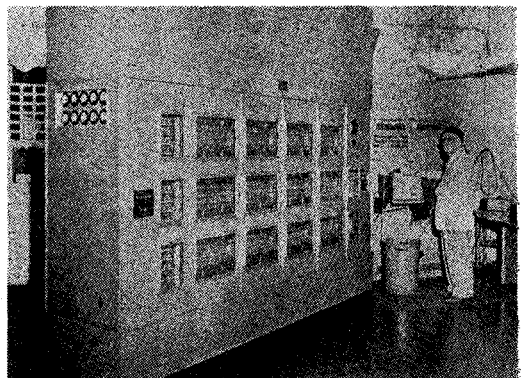


社会が高級技術者を要求している様子を示すものである。しかも 図-5 に示すように、次第に州立が重きをなしてきたことも興味ある事実である。

このようにすぐれた大学の教育は、大学院学生の教育に重点をおくようになってきている。このことは戦後工学の各分野で技術面が急速に進歩し、より高度の技術者を社会が要求している実情を示しているものと感じた。またこのような高度の技術を身につけた人は社会に出てからの待遇もよい。このため一度社会に出て実務の経験を経た人が、再び大学院に入って勉学するのが多いようである。このような篤志家に対し、奨学金制度が完全に確立しているのも、これらの決心を容易にする一つの補助となつている。

大学院で教育している程度は、東大の講義内容と比較すると、ちょうど学部と大学院の中間と考えられる。しかし演習に重点をおいており、一つ一つの演習によつて完全に通曉させようとしている。このため学生は相当きびしい宿題を課せられている。大学院の学生は非常によく勉強しており、真面目に宿題にとりくんでいるのには感心した。Illinois 大学をはじめ、アメリカの多くの大

写真-6 Illinois 大学の電子計算機 (Digital Computer) ILLIAC



学は比較的静かな勉強に適した所にあり、学生町としての雰囲気を持っている。このため学問に専心できる点は非常に恵まれていると思つた。

講義より見た構造に関係した分野では、特に数値計算法に重点をおいているようである。これに関係していえることであるが、多くの有名な大学では、それぞれ特有の電子計算機を備えた数値計算を専門に取扱う一種のセンターを持ち、各工学、理学その他の分野の要求に応じて数値計算を処理している。Illinois 大学では、写真一6に示す ILLIAC と名づけられる電子計算機が実働している。これを利用し、各分野では例えば設計用の図表をつくり、実用に供するような作業を行つていた。なお講義の面でいうと、例えば土木のコースをとつた学生は、土木の講義で多くの振動、構造力学、水理学等の問題をこのような電子計算機にかけられるための数式的な取扱いを学び、ILLIAC にかへ、またその結果をよみとる準備、および操作を数学教室で学んでいる。このため研究上直面したむづかしい形の微分方程式で表わされる問題でも、おくせず立ち向うことができるわけであり、時間の節約を考えると、全くうらやましい限りであつた。

なお最近のアメリカの特徴は多くの有能な外国人の学者を招いて定住させ、一方世界各国の若い学徒をアメリカの各大学に留学させて、教育しつつあることである。

フルブライトの報告によると、国の数は、約 60 余国であり、人数は 34 000 人をこえる。内訳は極東 9 677、中近東 4 400、欧州 5 087、ラテン アメリカ 8 316、カナダ等北アメリカ 4 628、アフリカ 1 207、オーストラリア等 330、その他 51 とある。このような多数の外国人学生に学資を援助して勉学の便をはかつていることは注目に値する。アメリカの大学において、研究のはこび方を見ると、基礎的な研究に不足し、若い学生にオリジナルな研究の芽ばえを植えつけるといつた面に欠けるといふ非難を聞く。確かにこうした一面がないとはいへない。しかし若い優秀な人がアメリカの大学に学ぶ機会をより多くつくることは、日本人を理解させるに十分役立ち、それによつて学問技術の交流が盛んになり、わが国の学問に対する刺激にもなると考えられる。ただアメリカの大学は、その研究分野に特徴を持っているから、よくその面を調べ、積極的な意欲をもつて働きかければ、その途は十分開けると思う。優秀な若い人達に積極的な進出を期待する次第である。

アメリカの大学のもう一つの特徴は、学部、大学院、卒業後の研究の場等に対する考え方が非常に自由であつて、それぞれ大学を異にする場合が多い。すなはち学部はA大学、大学院はB大学、卒業後の研究の場はC大学といつたぐあいである。しかもこの傾向の強い大学ほどよい成果をあげている。日本に直接あてはめることは問

題があるとは思われるが注目すべき一つの現象と思う。

5. その他

最後に、アメリカで見てまわつた工場と学会の活動について簡単に述べることにしよう。筆者は原子容器の溶接のような、特に厚板でしかも高張力鋼の溶接を行つている工場を選んで、見ることにした。いずれも直接手紙を出し、許可を得て見てまわつたが、心よく許可し、質問に応じてくれた。詳細に述べるには紙数が十分でないので、興味のある方は“水門鉄管” Vol. 1 No. 4. 1958 の筆者による“最近の欧米の溶接について”を参照してほしい。これらの工場に共通していえることは、次のようなことである。溶接作業の管理がよくゆきとどいてること、特に自動溶接に関する治具が完全であること、予熱、後熱等の熱処理に関する作業を理想的に行つていること、溶接作業に工夫がこらされており、よいと思われることが完全に守られていること、等があげられる。

特に原子容器用のものでは従来許可された小さなブローホールのようなものも完全に除去するように慎重に溶接する必要がある。この場合、溶接に関連するすべての作業がその最後の目的のため協力されて、はじめてよい成果をうるわけである。こうした平凡なことが真面目に行われるかどうかが最も大切なことである。この点において学ぶべき点があつた。アメリカでも筆者の想像以上に経済に対し厳密に考えていることも興味ある点であつた。労働費の低減という点よりアメリカの工業、技術を見る必要のあることを痛感した。

なお学会の活動について要約すると、会員に対する啓蒙運動といつた奉仕が盛んであり、論文発表の形式がうまい。特に筆者は A.I.S.C. が主催した Plastic Design の講習会、と A.C.I. が主催した鉄筋コンクリートの shell の設計に関する講習会に出席した。入場は無料であり、りつばな講義資料をもらった。講義内容は非常にいいで、少し低調のきらいはあるが、実際の設計に関係し図表のひき方まで教えている。なお多くの実例をスライドで見せられたのは大いに興味をひいた。また A.S.C.E. の学生会員に対する奉仕は盛んであり、多くの会合をひらいている。筆者の見た一例では Mackinac 橋の架橋工事についての話と映写など、新しい興味のあるものについて説明ををする会を設けたり、実際の工事現場の見学の便をはかつていたようである。出席しても楽しい雰囲気味わえた。なお講演会は共通の問題について、それぞれの講演のあとで Panel Discussion をして、まとめようとしていた。わが国で行う場合、これらの啓蒙運動などは学会の財政上むづかしい問題もあると思われるが、新しい問題について行つている定例の夏季講習会をさらに発展させるのも一方法であると思つた。