



土木研究所資料第 858 号

在 外 研 究 員 報 告

(昭和44年度～昭和46年度)

昭 和 48 年 7 月

建 設 省 土 木 研 究 所

ま え が き

この報告は昭和44年度から昭和46年度の間に海外の大学あるいは研究機関に留学した当所研究員の海外での研究報告をとりまとめたものである。昭和45年5月に刊行した土木研究所資料第607号には昭和41年度から昭和44年度までの間の在外研究の成果が集録されている。その後の3年間余に20名の研究員が在外研究を行なっており、このうち現在留学中の2名他を除く15名の研究成果をここに集録した。

ここ数年の当所の在外研究員数は年間平均約6名でそれ以前にくらべて増えてきている。海外からの訪門者を迎えたり、国際会議の開催等を通じての海外との情報交換の場も最近増えてきているが、そこで十分相互の理解を深めるためにも海外における実情を肌で見聞した在外研究経験者が増えつつあることは喜ばしいことである。

長くて1年程度の在外研究では言語、習慣等の生活環境の相異のために十分まとめた研究成果をあげることはまことに困難なことと思われる。しかしながら反面、海外で研究することによつて研究者の視野を広め、留学を通じて得た海外の研究者との交流のきずなは在外研究員各人の今後の研究に対する糧となり、ひいては土木研究所の発展の礎となるものと確信している。

この報告書はその意味で海外の研究成果の内容を十分に紹介することはできないが、一応海外での研究生活や、研究機関の概況を理解して戴く助けになれば幸いである。

昭和48年7月

企画部企画課長 松 野 三 朗

在 外 研 究 員 一 覧

年 度	研 究 課 題	氏 名	所 属	期 間	在外研究先	種 別	在 外 研 究 当 時 所 属
43	高速道路の安全に関する研究 道路の走行性向上に関する試験調査	溝 口 忠	関東地方建設局首都国道工事々務所 小松川出張所長	昭和 44.3.22～ 45.4.24	(米)ペンシルバニア州立大学	パートギヤランテイ研究員	道路研究室 研究員
44	沈埋トンネルなど地中構造物の耐震に関する研究	岩 崎 敏 男	建築研究所 第二耐震工 学室長	44.8.23～ 45.9.22	(米)ミシガン大学	長期在外研究員	振動研究室 研究員
	海岸堤防の水理的設計法に関する研究	佐久間 襄	海岸研究室 主任研究員 (在インド ネシア)	44.9.22～ 45.9.21	(米)カリフォルニア大学	"	海岸研究室 研究員
	大口径掘削機械の掘孔性に関する研究	千 田 昌 平	建設大学校 機械科長	44.1.1.8～ 45.1.1.7	(米)タルサ大学	"	機械研究室 主任研究員
	PC道路橋の新しい設計施工に関する研究	塩 井 幸 武	基礎研究室 主任研究員	45.2.7～ 45.9.8	フランス・イタリア オランダ・ドイツ イギリス・スイス	パートギヤランテイ (フランス政府給 費生)	基礎研究室 研究員
	河口問題の水理学および水文学に関する研究	山 口 高 志	都市河川研 究室長	45.3.23～ 46.3.22	(米)マサチュー セッツ工科大学	長期在外研究員	都市河川研 究室研究員
45	感潮河川における汚濁物質の混合に関する研究	村 上 健	水質研究室 主任研究員	45.9.1～ 46.8.31	(米)内務省地質 調査所	"	下水道研究 室研究員
	岩盤力学の地質調査への応用に関する研究	菅 原 捷	地質研究室 主任研究員	45.9.1～ 46.8.31	(米)イリノイ大 学	"	地質研究室 研究員
	道路土工に伴なう地すべりの発生機構に関する研究	酒 井 淳 行	新潟試験所 主任研究員	45.9.8～ 46.9.7	(英)インペリアル大学	"	地すべり研 究室研究員
	河川水質の管理及び監視体制の研究	川 越 達 雄	赤羽支所長	46.2.2～ 46.5.2	アメリカ・イギリス フランス	中期在外研究員	企画部長

年 度	研 究 課 題	氏 名	所 属	期 間	在外研究先	種 別	在 外 研 究 当 時 所 属
46	橋梁の耐震設計に関する技術	岩 崎 敏 雄	建築研究所 第二耐震工 学室長	昭和 4 6.7.1 ~ 4 6.9.3 0	(米)カリフォル ニア大学地震工学 センター	カリフォルニア大 学へ招へい	振動研究室 主任研究員
	総合交通体系に関する研究	小 浪 博 英	システム課 建設専門官	4 6.7.1 4 ~ 4 7.9.1 6	(米)ハーバード 大学	フルブライト委員 会給費留学生	道路研究室 研究員
	ゆるい砂質地盤の改良工法に 関する研究	佐々木 康	企画課長補 佐	4 6.9.2 7 ~ 4 7.9.2 6	(米)カリフォル ニア大学	長期在外研究員	土質研究室 研究員
	電子計算機による橋梁の設計 システムに関する研究	藤 原 稔	橋梁研究室 研究員	4 6.1 2.2 9 ~ 4 7.1 2.2 8	(英)ラフバラ工 科大学	"	橋梁研究室 研究員
	地方部と都市道路の線形に関 する研究	満 田 喬	交通安全研 究室主任研 究員	4 7.2.2 5 ~ 4 8.2.2 4	(西独)ミュンヘ ン工科大学	"	交通安全研 究室主任研 究員
	洪水吐、放水吐の設計技術に 関する研究	藤 本 成	篠崎試験所 主任研究員	4 6.1 1.5 ~ 4 7.1 1.4	(米)内務省	"	ダム水理研 究室主任研 究員
47	地震時の擁壁土圧に関する研 究	嶋 津 晃 臣	施工研究室 主任研究員	4 7.1.5 ~ 4 8.1.4	(米)ミシガン大 学	"	施工研究室 主任研究室
	交通安全施設に関する調査研 究	荒 牧 英 城	交通安全研 究室主任研 究員	4 7.6.2 7 ~ 4 8.1.9	フランス	パートギャランテイ (フランス政府給 費生)	交通安全研 究室研究員
	道路交通の運用に関する研究	柴 田 正 雄	道路研究室 研究員	4 8.3.2 8 ~ 4 9.3.2 7	(米)カリフォル ニア大学	長期在外研究員	
	吊橋など長大構造物の耐震性 に関する研究	飯 田 裕	振動研究室 研究員	4 7.1 0.2 9 ~ 4 8.1 0.2 8	(米)カリフォル ニア大学	"	

目 次

ま え が き

1. 高速道路の安全に関する研究.....	1
2. 沈埋トンネルなど地中構造物の耐震に関する研究.....	4
3. 大口径掘削機械の削孔性に関する研究.....	12
4. PC道路橋の新しい設計施工に関する研究.....	18
5. 河口部の水理学および水文学的研究.....	24
6. 感湖河川における汚濁物質の混合に関する研究.....	30
7. 岩盤力学の地質調査への応用に関する研究.....	36
8. 道路土工に伴なう地すべりの発生機構に関する研究.....	43
9. 総合交通体系に関する研究.....	50
10. ゆるい砂質地盤の改良工法に関する研究.....	55
11. 電子計算機による橋梁の設計システムに関する研究.....	61
12. 都市および地方部道路の線形に関する研究.....	67
13. 洪水吐, 放土工の設計技術に関する研究.....	79
14. 地震時の擁壁土圧に関する研究.....	84
15. 交通工学(交通計画, 交通管理および 交通安全)に関する研究.....	93

1. 高速道路の安全に関する研究

所 属 道路部道路研究室
氏 名 溝 口 忠
在外試験機関 アメリカ合衆国ペンシルバニア州立大学
滞在期間 昭和44年3月22日～昭和45年4月24日
種 別 パートギヤランティ研究員

1 研究概要

筆者はアメリカ合衆国ペンシルバニア州立大学運輸交通安全センターより年間7,200ドルの滞在費の保障を得て、13ヶ月間高速道路の安全に関する研究に従事してきた。

研究内容は、高速走行時における道路路面のすべり現象を究明することであるが、ペンシルバニア州立大学においては特に路面の微少凹凸（粗さ）とすべり抵抗との関係を明らかにするために、路面の粗さの測定法とその評価法に関する研究に重点を置き、種々の測定法による実測を試みた。また、路面のすべり抵抗についても大学に所属するトレーラー型すべり試験車による実測を行ない、路面の粗さとすべり抵抗の関連性を追求した。

これらの研究は、ペンシルバニア州立大学における瀝青舗装の摩耗に関する一連の研究の一環として行なわれ、研究成果は自動車安全研究計画（Automotive Safety Research Program）の論文番号S40「サンドパッチ法及びアウトフローメーター法による路面粗さ測定法」（Pavement Texture Measurement by the Sand Patch and Outflow Meter Methods）として、筆者とResearch AssociateのR.R.Hegmon氏の連名で1970年1月に発表された。

なお、この研究はアメリカ合衆国連邦道路庁（Federal Highway Administration）及びペンシルバニア州道路局（Pennsylvania Department of Transportation）の協力により行なわれ、ペンシルバニア州道路局の承認（承認番号638670）を受けているものである。

この研究の一部については、筆者が土木技術資料vol.13, 64（1971年4月）に「路面の粗さの測定法」として発表したほか、土木学会第25回年次学術講演会Ⅳ-68で「Outflow meterによる路面の粗さ測定について」（1970年11月）として発表した。研究の具体的内容についてはここでは省略する。

また、Highway Research Board の主催する雪氷処理研究に関するシンポジウム 'Symposium on Snow Removal and Ice Control Research' (1970年4月8日～11日、アメリカニューハンプシャー州ハノーバーにて開催) に出席し、市原道路部長と連名で '雪氷路面におけるすべり抵抗' (Skid Resistance Coefficient on Snow or Ice Roads) という論文を提出し、当日研究発表を行なった。なお、本論文は Highway Research Board の発行する 'HRB Special Report 115 'Snow Removal and Ice Control Research' に収録されているほか、土木研究所の英文所報 Journal of Research 1971 にも収録され発表されている。

2 大学における待遇

筆者はペンシルバニア州立大学の正職員(助手=Research Assistant)として同大学の工学部機械工学科教授で運輸交通安全センター交通部長を兼ねている W. E. Meyer 教授の研究室において前記の研究に従事してきた。

研究室においては専用の机を与えられ、週一回他の研究室職員と研究の進展状況、最近情報の交換等のミーティングを行ない、他の時間は自主的に研究を進めることとなつた。研究のスケジュールについては担当教授と綿密に打合せ、実験設備、試験器具、測定機等を自由に使用して行なった。特に便利であつたことは、機械工学科で工作室を持つており、そこに専任の工員が数人働いており、実験に必要な器具類は設計図さえ画いておけばそこで全部製作してくれることであつた。また、必要に応じ学生アルバイト等も使用して研究を進めた。

前述のように筆者は大学の正職員として扱われていたため、週40時間拘束されることとなつたが、Research Assistant は full time の正職員でありながら大学院生として1週4時間まで講議を受ける権利も有しており、職員でありながら学生でもあり得るというややこしい関係にあり、大学で働きながら大学院コースをとっている大学院生も多かつた。筆者は日本で大学院修士課程を終えていること、出張期間が1ケ年と限られているため大学院に籍を置いても1週間の講議では degree を取ることは不可能であることから、大学院には籍を置かず担当教授と直接交渉して交通工学の大学院コースを1年間受講してきた。

3 生活環境等

ペンシルバニア州立大学ではキャンパスの一角に結婚している大学院生用のアパ

ートがあり、多くの大学院生が入居順を待っている状態であつた。このアパートは大学で経営しており、ここの規則で正職員は学生より優先して入居できることになつており、家族ともここに入居した。大学で経営しているため管理が行届いているうえ家賃も民間アパートに比べて安いため好評であつた。さらに、周囲の住人が社会的にも経済的にも同じ人ばかりで、また5才以上の子供のある家族は入居できないため年令的にも同程度で、しかも勤務先にも極めて近く、国際色も豊かで、日常の生活環境は良好であつた。

2. 沈埋トンネルなど地中構造物の耐震に関する研究

所 属 構造橋梁部振動研究室
氏 名 岩 崎 敏 男
在 外 試 験 米 国 ミ シ ガ ン 大 学
研 究 機 関
滞 在 期 間 昭 和 4 4 年 8 月 2 3 日 ～ 昭 和 4 5 年 8 月 2 2 日
種 別 長期在外研究員

1 試験研究に従事することにより得たる成果

1.1 はじめに

筆者は昭和44年8月下旬からの1カ年間を、科学技術庁の長期在外研究員として、米国ミシガン大学にて勉学する機会を得た。当初の10カ月間は大学院土木工学科の正規学生として表-1に示す課目を履修し修士課程を終了した。残る夏の期間は、同大学の Soil Dynamics 研究室に席を置かれたわら米国各地の政府および大学の研究機関および大規模構造物の建設現場を訪ね、主に地震工学に関連する試験研究の実情を視察した。

表-1 ミシガン大学大学院での履修課目

学 期	課 目	週当りの時間 (単 位 数)	学生数	担当教授	備 考
秋 学 期 (449～ 4412)	港湾構造物と基礎	3 (3)	8	Richart	露学修得のため履修 を義務づけられた
	構造振動学	3 (3)	8	Berg	
	連続体の振動	3 (3)	10	Clark	
	外国語としての英語	4 (-)	20	Lamendella	
冬 学 期 (451～ 454)	有限要素法	3 (3)	20	Kaldjian	} 6.3に紹介 6.4に紹介
	土と基礎の動力学	3 (3)	6	Woods	
	土質動力学実験	3 (1)	4	Woods	
	土質力学研究(振動時における 砂の流動化)	2 (2)	1	Woods	
	連続体の波動	3 (3)	5	Goodrich	
	電子計算機プログラミング入門	3 (3)	60	Mills	
春 学 期 (455～ 456)	構造力学特論	6 (3)	8	Runman	{ Lininger Burroughs
	技術者のための数学特論	8 (4)	40		
合 計	12 課 目	— (31)			

1.2 ミシガン大学での成果の概要

ミシガン大学大学院在学中に履修した教課目を表-1に示したが、これらの内容および得たる成果の概要を簡単に記述する。

「港湾構造物と基礎」はわが国の港湾工学の一部に属するものであろうが、教授が土質力学専門のため、土質力学ないし基礎工学的な面に重点がおかれていた。各種港湾構造物の設計法のほかに、地震時のさいの砂質地盤の安定性にまで内容が及び、地盤の標準貫入試験のN値から相対密度を求める実用的な方法、地盤の安定のために要求される相対密度の下限値などにつき有用な成果を得た。

「構造振動学」は構造物の振動解析、とくに地盤応答解析の方法に関する講義で、応答スペクトル、多自由度系の応答解析、非線型系の応答解析、はりの振動解析におけるストドラ法、キンケイド法、ニューマーク法などについての知識を系統的に復習することができた。

「連続体の振動」は各種の境界条件、荷重条件を考慮した絃・棒・はり・板など弾性連続体の波動理論および振動理論、ならびに一樣でない連続体の固有振動の近似解法などに関する知識を明確にすることができた。

「外国語としての英語」は英語を母国語としない留学生に対する英語能力向上のための特別講義で、受験した英語の能力試験の結果が充分でなく、かつ第一学期が始まる直前に大学内で実施した再試験においても基準以上に達しない留学生に義務づけられる講義である。内容は文法・作文などが主体であるため、日本人留学生の不得意な会話力の増強にはさほど効果がなかつた。しかし読解および作文の速度を向上するのに役立ち、その後の勉学にある程度有益であつた。

「有限要素法」は近年構造力学や連続体力学の分野における諸問題の数値解法として、強力な武器となりつつある有限要素法につき、基本事項の修得および電算による演習を行なうものである。宿題となる演習の量は極めて多く、電算プログラムの不得手であつた筆者にとつては、多くの時間を費やす課目であつた。しかし有限要素法の基本理念の再確認、電算による実際問題の解析などについて有用な成果を得た。

「土と基礎の動力学」は、基礎の振動、土の動的性質、土中における波動伝播などに関する一連の理念の修得で、次の「土質動力学実験」と合わせて、最も有効な成果を得た課目であつた。内容の一部を次節1.3に紹介する。

「土質動力学実験」は土の3軸圧縮試験、土の動的性質（主に弾性定数と内部減衰性）を求める室内および現地試験、および振動測定法などの実験手法を修得

するものである。共振式土質試験による土の動的性質の試験法につき成果を得た。

「土質力学研究」は、土質力学の個人研究である。筆者はテーマとして「地震時における砂の流動化」を選び、現在までに各国の研究者によつて発表された研究論文を通覧し、成果の概要、結論および残された問題点をレポートとしてまとめた。この成果は沈埋トンネルなど地中構造物の耐震設計に重要な意義をもつるので、その詳細は別に紹介した。⁽¹⁾

「連続体の波動」は、絃・棒・球などの弾性体内を伝播する波動の理論解析に関する講義である。教授が数学専門のため、内容が数学偏重であり、取扱う問題を物理的に理解することが容易でなく、応用数学の知識の貧しい筆者にとつてはすこぶる難解な課題となつた。

「電子計算機プログラム入門」は FORTRAN IV によるプログラミングを修習するのに役立つ。

「構造力学特論」は、仮想変位、仮想仕事の原理にもとづく不静定構造の理論解析に関する講義で、エネルギー理論、図解および数値計算によるたわみの解析、さらに応力法、変位法などについて学んだ。

「技術者のための数学特論」はベクトル解析、積分法、微分方程式、無限級数など技術者にとつて有効な基礎知識を得た。

1.3 構造物基礎の振動 (Richart らの方法)

構造物基礎の振動問題を取扱う解析法として、

- ① 質点系による方法——振動時における地盤の影響をばねと減衰とに置換し、基礎をこれらのばね、減衰が付着した質点系と仮定して振動解析を行うもの。
- ② 半無限弾性体理論——地盤を半無限の等質・等方性の弾性体と仮定し、基礎をその上に載る剛体と仮定して、動的な弾性理論にもとづいて基礎の振動解析を行うもの。
- ③ 波動重複反射理論——成層構造をなす地盤を仮定し、入力源からの振動が、各層の境界面で反射・屈折しながら多層の地盤および構造物内を弾性波動として伝播していく現象を考慮して地盤-基礎系の振動解析を行うもの。
- ④ 有限要素法——地盤と基礎を二次元または三次元の連続体とみなし、有限要素法を利用して振動解析を行うもの。

などがあげられる。これらのうち②の半無限弾性体理論は、平面および深さ方向に均一な弾性地盤の上に載るフーチング基礎のごとき理想状態に対して、比較的厳密な解が得られる注目すべき方法である。この方法は1930年代のReissnerの研究に端を発し、小堀、田治見、Sung, Bycroft らによる多くの研究

がある。これらは Lamb による Boussinesq の動的弾性理論を基本とした理論的方法であり、数学的取扱いがやや難解である。また得られる諸種の定数が加振振動数の関数として与えられるため、地震動のような不規則振動の場合等に対して、成果の実用は必ずしも容易でない。

これに対してミシガン大学の Richart らは半無限弾性体理論の結果を実用供するべく、地盤条件、基礎構造、加振条件および振動形態に応じて振動系を近似的な等価質点系に置換する簡易方式に関する研究を行い、すでに系統的な成果を得ている。⁽²⁾ これによると、まず図-1 に示すごとく実物フーチング基礎を

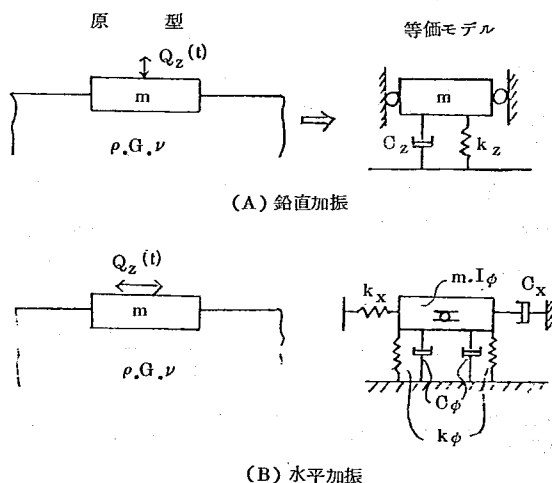


図-1 等価振動系

各振動形態に応じて単純な等価質点系に置換する。この系の所要係数は「質量 m 」「ばね係数 K 」および「粘性減衰係数 C 」の3者であり、いずれも加振振動数に無関係な定数として与えられる。従つて解析計算が非常に容易になるとともに、任意外力に対する計算が容易となる特色がある。鉛直振動の場合について運動方程式を示すと(図-1 (A) 参照)

$$m \ddot{Z} + C_z \dot{Z} + K_z Z = Q_z(t)$$

ここに

m : 等価質量 (基礎 + 上載物体)

O_z : 有効粘性減衰係数 (地下逸散減衰 + 内部減衰)

K_z : 有効ばね係数 (現位置試験または弾性解による静的ばね)

Z : 基礎の変位

$$\left(\dot{Z} = \frac{dz}{dt}, \quad \ddot{Z} = \frac{d^2 z}{dt^2} \right)$$

$Q_z(t)$: 作用する外力 (時間 t の関数)

で与えられる。

水平加振の場合には、一般に水平並進とロッキング振動の速成振動を取扱うのがよいとされている。(図-1(B)参照)

表-2は振動形態の各場合につき、円形断面および矩形断面を有する基礎に対する地下逸散減衰による減衰定数とばね定数を示している。

これらから判るように、ばねと減衰の評価にあつては、地盤定数 (特に弾性係数とポアソン比) の算定が重要な要素となる。

せん断弾性係数 (G) は、一般に現位置試験または現地から採取した試料を用いた共振式土質試験によつて算定するのがよい。しかし、すでにRichart らによつて各種土質試料に対する共振式土質試験がなされており、標準的な弾性係数を与える実験式が求められている。

$$\text{丸粒の砂質土} : G = \frac{698(2.17 - e)^2}{1 + e} \sigma_0^{0.5} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$\text{角粒の沙質土} \\ \text{ならびに粘性土} : G = \frac{326(2.97 - e)^2}{1 + e} \sigma_0^{0.5} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

ここに e : 間隙比

σ_0 : 側圧 (kg/cm²)

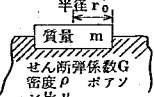
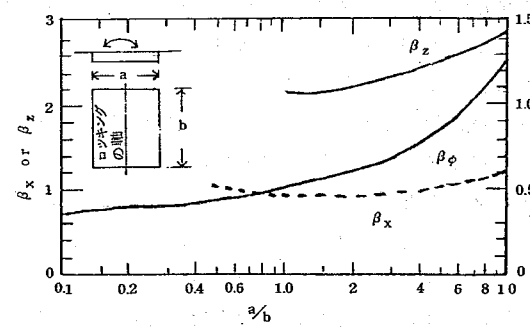
但し、上式で与えられるせん断弾性係数 G は、比較的微小な歪範囲 ($10^{-6} \sim 10^{-5}$) に対応するもので、大きい歪の場合は G の値は低下する傾向にあることがRichart らのほか、Whitman, Seed らによつて指摘されている。

またポアソン比 (ν) は弾性波速度 (P波およびS波) の実測値から逆算するのが原則とするが、標準的には次の値をとつてよい。

砂質土 : $\nu = 0.25 \sim 0.35$ (通常 $1/3$)

粘性土 : $\nu = 0.35 \sim 0.45$ (通常 0.4)

表-2 円形基礎および矩形基礎の減衰定数とばね定数

振動形態 定数		鉛 直 (z)	水 平 (x)	ロッキング(φ)	振 り (θ)	備 考
地下 逸散 波 衰	臨界減衰に 対する比 h	$\frac{0.425}{\sqrt{B}}$	$\frac{0.288}{\sqrt{B}}$	$\frac{0.15}{(1+B)\sqrt{B}}$	$\frac{0.50}{1+2B}$	①対象 (m)  せん断弾係数G 密度ρ ポアソン比ν  ②表示した h は半無限弾性体地盤を考えた場合の地下逸散減衰によるもの。内部減衰 (h>0.05) を別途考慮してよい。 ③水平加振の場合、水平・ロッキングの連成振動として解く。
	質 量 比 B	$\frac{1-\nu}{4} \frac{m}{\rho r_0^3}$	$\frac{7-8\nu}{32(1-\nu)} \frac{m}{\rho r_0^3}$	$\frac{3(1-\nu)}{8} \frac{I\phi}{\rho r_0^5}$	$\frac{I\phi}{\rho r_0^5}$	
	矩形基礎の 等価半径 r ₀	$\sqrt{\frac{ab}{\pi}}$	$\sqrt{\frac{ab}{\pi}}$	$\sqrt[4]{\frac{a^3b}{3\pi}}$	$\sqrt[4]{\frac{ab(a^2+b^2)}{6\pi}}$	
ばね 定数 k	円形基礎	$\frac{4Gr_0}{1-\nu}$ (Timoshenko and Goodier)	$\frac{32(1-\nu)Gr_0}{7-8\nu}$ (Bycroft)	$\frac{8Gr_0^3}{3(1-\nu)}$ (Borowicka)	$\frac{16}{3}Gr_0^3$ (Reissner and Sagoci)	
	矩形基礎	$\frac{G}{1-\nu} \beta_z \sqrt{ab}$ (Barkan)	$2(1+\nu)G\beta_x \sqrt{ab}$ (Barkan)	$\frac{G}{1-\nu} \beta_\phi a^2b$ (Gorbunov- Passadov)	—	
矩形基礎のばね定数kの式におけるβ値						

以上が Richart らの研究成果の概要であるが、この方法は実験的にもある程度よく合致する結果を得ており、すでに機械基礎の実施設計にもとり入れられている。本研究の特色は、半無限弾性体理論に基づく複雑な解析結果を、加振振動数に無関係な係数をもつ単純な等価系に置換し、任意外力に対する解析を容易にしたこと、および地盤定数の合理的測定法とその標準値を提示したことにある。しかし、これらの耐震工学の分野に反映させるためには、さらに①実際の地盤は一樣な半無限弾性体でなく、複雑な多層構造であることの影響 ②機械による加振と地震入力との相異 ③基礎の根入れ効果、および④歪の大きさに対するばねと減衰の変化等に関する研究が今後必要となると考えられる。

2 試験研究遂行に役立つ試験研究機関の設備環境等

試験研究遂行上、特に有益であつたものとして、図書館の充実、大型電子計算機の設備、実験用機器の整備等があげられる。図書館は図書資料の豊富さのほかに、希望図書の検索が容易かつ短時間で行えるシステムが確立していることが特色であろう。大型計算機は連日ほとんど24時間作動しており、各研究室にあるターミナルと中央計算センターとが結ばれ、計算は必要に応じ、昼夜無関係に即座に可能である。但し計算を実施するには、研究者・学生ともにあらかじめ予算の裏付けをもつて登録していることが必要で、その予算の範囲内でのみ計算出来るようになってゐる。実験室で用いられる機器がよく整備されていることも注目された。特殊な装置は別にして、多くの研究室において利用される共通機器は、そのための専門職員が一括して保管しており、各研究室の要求に応じて借し出すシステムがとられている。そして目標の整備はもちろんのこと、故障時の修理もその専門家を通して行なわれるため、機器の状態が非常に良好である。また特殊な実験施設を工作するための専門家(スタッフ)と工作場(ショップ)を備えているのも好都合である。

以上のほかに、大学と市によるキャンパス内外の自然環境の保全、運動レクリエーション施設の整備、さらに外国留学生およびその家族のための大学の国際センターの活躍と地域住民の協力、各学生に適切な指導を行うためのアドバイザー制度等は注目に価するものであり、これらも試験研究を効果的に行う上にみのがせないものであつた。(3)

3 今後在外研究を行う者に参考となる事項

科学技術庁長期在外研究員制度のもとに在外研究を行なおうとする場合、大学または

研究機関の訪問研究員になるか、大学院の学生になるかの選択が重要である。筆者はほとんどの期間を大学院の正規学生として過したが、接した教授の意見では、研究者が将来の研究拡充のために米国の大学で新たな知識を吸収しようとする場合、博士課程を終了するまでは学生の立場で勉強するのが最も効果的であるとのことであつた。自分の希望する具体的な研究課題に関して、適切な指導者が受入機関にあり、その指導が得られるかあるいは、研究遂行に必要な諸施設が備わっており、その利用が可能である等の場合を除いて、一般には学生の立場で在外研究を行う方が効果的であると考えられる。

学生の立場で勉強する場合には、語学力が重要なことはいうまでもないが、新学期である9月から開始することが望ましい。このためには、大学によつては相当早目に手続きを行う必要があるので注意を要する。

(参考文献)

- (1) 岩崎敏男：沈埋トンネルなど地中構造物の耐震に関する研究 ミシガン大学における Soil Dynamis の研究成果、土木研究所資料 660号、昭和45年3月
- (2) F.E.Richart, Jr., J.R.Hall, Jr., R.D.Woods: Vibrations of Soil and Foundations, Prentice-Hall Inc., 1970
- (3) 岩崎敏男：ミシガン大学留学記、土木技術資料 12巻 12号、昭和45年12月

3. 大口径掘削機械の削孔性に関する研究

所 属	機械施工部機械研究室
氏 名	千 田 昌 平
在 外 試 験 研 究 機 関	アメリカ合衆国タルサ大学
滞 在 期 間	昭和44年11月18日～昭和45年11月17日
種 別	長期在外研究員

1 試験研究等に従事することにより得たる成果

イ) 概 論

課題の大口径掘削機とは一般に口径36 in以上のたて穴の掘削機を呼ぶのであるが、最近ではしばしば広義にたて穴掘削機の他にトンネル掘進機やレイズボーリング機械などの回転式掘削機を含めて呼んでいる。

アメリカではAEC (Atomic Energy Commission) が核地下実験用の穴の掘削に在来の石油井戸掘削工法を利用するようになってから急激に各方面で大口径掘削機を用いるようになった。

わが国でも最近大型基礎の掘削をはじめ、たて坑やトンネル掘削にこの大口径掘削機が採用されるようになってきたが、これら機械の殆んどは海外との技術提携又は輸入機に依存している現状で、岩石を機械的に掘削することに関する基礎的な研究はあまり行なわれていない。本報告は主として狭義の大口径掘削に応用できると考えられるアメリカにおける代表的な削孔公式について紹介するものである。

ロ) 本 論

(1) 掘進速度

これまで石油さく井に関する掘進速度については多くの研究者や削孔技術者によつて公式が導かれており、大口径削孔にもこれらの式を応用することができる。基本的に掘進速度はビットの種類、口径、地質を一定としたとき、ビット荷重およびビット回転速度の関数で表わされる。すなわち

$$R^* = f(W, N) \quad \dots\dots\dots (1)$$

・記号の説明は稿末に示す。

又は

$$R = KW^a N^b \quad \dots\dots\dots (2)$$

これらは掘削面のクリーニングが完全に行なわれる条件のもので、Eckel¹⁾のように循環流を考慮したものもある。数多くの実験の結果、掘進速度とビット荷重およびビット回転速度はそれぞれ図-1(a)、図-1(b)に示す関係にあり、図-1(a)における W_0 、 W'_0 はスレシヨルド荷重(threshold force)と呼ばれ、ビット推力がこの値を越したところからカッタの推力が岩の応力にうち勝つて喰込みが始まる。曲線①、②は循環流のクリーニング効果を示すもので、A、Bはそれぞれ循環流①、②のときのクリーニングの限界を表わすものである。

Maurer²⁾やSomerton³⁾は口径や岩の強度を考慮した次元解析法によつて式を導き、岩の強度を圧力の単位をもつ削孔強度(drilling strength)で表わし、圧縮強度など他の計測法で求める削孔強度と区別している。

Somertonの式から削孔強度は次式によつて求められる。

$$S_d = W \sqrt{1.5 \frac{N}{d^3 R}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

図-2は上式による値と側圧2,000 psiのときの三軸圧縮強度の関係を示したものである。

Lubinskiの公式⁴⁾はダウンオフ法(down off)と呼ばれ削孔現地における削孔性(drillability)の推定に用いるもので、作業中容易に測定できることからしばしば使用されている。この方法はビットに一定荷重を加えたのち巻上げ装置を固定したままビット回転および循環流を作業状態に保ち、巻上げロープの張力の増加と時間(秒)を測定し、ドリルパイプの断面積とヤング率から算出するものである。

(2) カッタの寿命

ドリルビットの刃先カッタの寿命は削孔単価に直接影響するから、単価を下げるにはまずカッタの寿命となる刃先とベアリングの摩耗特性を知る必要がある。

カッタ刃先の摩耗率については表-2に示すような式が提案されており、いずれもビット荷重、ビット回転速度、摩耗係数、および摩損(dullness)の関数で表わされている。一定条件で削孔している場合は変数が摩損だけになり、カッタの摩耗による寿命は次式で表わされる。

$$T = \int_0^{D_f} W R d D \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに摩損Dは標準化して表わしたもので新しいカッタで0, 完全に摩耗した状態を1とし、 D_f は寿命時の摩損を表わす。

Edwards⁵⁾の式を例にとればカッタの寿命は

$$T = \frac{A_f(P-W)}{N^x} \int_0^{D_f} f(D) d D \quad \dots\dots\dots (5)$$

さらに

$$T = \frac{A_f(P-W)}{N^x} \left(F_1 D_f - \frac{F_2}{2} D_f^2 \right) \quad \dots\dots\dots (6)$$

となる。

一方、ベアリングの摩耗率は一般に

$$\frac{dB}{dT} = \frac{W^y N}{m} \quad \dots\dots\dots (7)$$

で表わされる。ここに指数yはカッタの種類や循環流によつて変わる定数で一般に1.5~2.0が用いられている。刃先の場合と同様にベアリングの摩耗量を標準化し、新しいときを0, 寿命時の摩耗を1とすれば(7)式よりベアリングの寿命は次式から求められる。

$$T = \frac{m}{W^y N} \int_0^1 dB = \frac{m}{W^y N} \quad \dots\dots\dots (8)$$

カッタの寿命は以上の刃先およびベアリングの寿命のうちどちらか短い方の値をとって決められる。

(3) 削孔単価

削孔単価とは単位掘削深さ当りの経費で一般に次式で表わされる。

$$\text{削孔単価} = \frac{\text{固定経費} + \text{運転経費}}{\text{掘進深さ}}$$

すなわち、

$$C_d = \frac{(C_e + C_t) + C_r(T + T_e)}{R \times T} \dots\dots\dots (9)$$

(9)式より固定経費が一定であれば削孔単価はカッタの寿命と掘進速度によって決まり、カッタの寿命および掘進速度はともにビット荷重とビット回転速度を主要因にしていながら削孔単価もまたビット荷重とビット回転速度によって変ることになる。こゝに削孔単価が最低になるようなビット荷重やビット回転速度を求める研究が Weight-Speed Study と呼ばれ、石油さく井関係では重要な課題の一つとなつている。もちろんこの場合ロータリーテーブルトルクや循環流に限度があるのでトルクや回転速度またはずり量などの上限をあらかじめ考慮しておく必要がある。

記 号

- Af : 摩耗係数
- a : ビット回転速度に関する定数
- B : 標準化したベアリングの摩耗量
- b : ビット荷重に関する定数
- C_e : カッタ価格
- C_d : 削孔単価
- C_r : 削孔機械損料
- C_t : カッタの交換費
- D : カッタの摩損
- D_r : カッタの寿命時の摩損
- d : 削孔径
- F₁, F₂ : カッタ形状に関する定数
- K, K₁ ~ K₃ : 削孔性定数
- m : ベアリングの摩耗に関する定数
- N : ビット回転速度
- R : 掘進速度
- S_d : 削孔強度
- T : カッタの寿命
- T_e : その他作業時間
- W : ビット荷重

W_0, W_0' : スレシヨルド荷重
 WR : カッタ摩耗率
 α : カッタ摩耗に関する定数
 y : ベアリングの摩耗に関する定数

参 考 文 献

- 1) J.R.Eckel : 'Microbit Studies of the Effect Fluid Properties and Hydraulics on Drilling Rate', J.of Petro. Tech., April., 1967.
- 2) W.C.Maurer : 'The 'Perfect-Cleaning' Theory of Rotary Drilling', J.of Petro. Tech., Nov.1962.
- 3) W.H.Somerton : 'A Laboratory Study of Rock Breakage by Rotary Drilling', AIME, Petro. Trans. Vol.216, 1959.
- 4) Lubinski : 'Proposal for Future Tests', Petro.Eng., Jan. 1958.
- 5) J.H.Edwards : 'Engineering Design of Drilling Operations', API Drilling and Production Practice, March, 1964.

2 試験研究に役立つ研究機関の設備環境等

タルサ市は Oil Capital of the World と呼ばれそれだけに石油関係の会社も多く、小さな総合大学であるタルサ大学にも石油関係の留学生が最も多い。石油工学部の Drilling Research Projects にはフルスケールのドリル試験機(2基)、三軸圧縮の状態掘削試験のできるマイクロビット試験装置および同様に加圧状態で、1ケのダイヤモンドまたはカッタあるいはジェット水掘削試験ができる装置があつて、これまでに沢山の試験が行なわれている。

特にアメリカでは均質な岩石試料が採れるために試験データに岩種さえ明記しておれば他の研究機関のデータについても容易に比較検討ができる利点がある。

また図書館の完備はアメリカの大学ではごくあたりまえのことであるがこれまで発表された文献が分類されてカードに保管されているため必要な文献の収集が容易であつた。

3 今後在外研究を行なう者に参考となる事項

同じ米国内でも大学や研究機関によつてまたどの様な資格で行くかによつて受け入れ体制が異なるから、以前に目的の試験研究機関に滞在したことのある人を探してその人の話を聞くことが最もよい。(最近殆んど大学の研究機関に日本人がいる。)そしてできればその土地の人を紹介してもらつと外地の生活に入り込むのが容易になる。

- 、 学生の資格で大学に行く場合には9月の新学期から始めるのが最も望ましいが、出発が8月下旬となつて手続など準備が忙しく、1月頃から始まる2nd Semesterから出るようにして事前の調査を十分にしてから行くのも一つの方法である。例えば渡航中訪問してみたい研究機関等はあらかじめ調べて連絡をとつておき順序よく旅程に合わせて各地をまわることなど。

4. PC道路橋の新しい設計施工に関する研究

所 属 構造橋梁部基礎研究室
氏 名 塩 井 幸 武
在 外 試 験 Laboratoire Central des Ponts et Chaussées(中央土
研 究 機 関 木研究所——建設省)略 L O P C
Service des Études Techniques des Routes et des
Autoroutes (道路技術研究所——建設省)略 S E T R A
Centre d'Essais des Structures (構造物試験センター
建設業協会付属研究所)略 C E S
La Société des Grands Travaux de Marseille (GTM
社のNantérreおよびMarseilleの研究)略 G T M
同社の現場
Société d'Études et d'Équipements d'Entreprises
(S E E E社)略 S E E E
滞 在 期 間 昭和45年2月7日～昭和45年9月8日
種 別 パートギャランティ研究員(フランス政府給費生)

1 試験研究などに従事することにより得たる成果

1.1 研究の目的

プレストレストコンクリート(以下PCという)の定着方法の1つであるフランスのS E E E工法(昭和43年3月に日本へ技術導入)による道路橋の設計方法ならびに施工方法について調査研究すると同時に、コンクリート構造に関して関連研究機関との情報および意見の交換をはかり、今後の研究に反映させようとするものである。

1.2 留学の受入れ機関と研修内容

フランス政府給費留学生の受入れ機関は日本の海外技術協力事業団に相当するA S T E F (Association des Stage Techniques en France)である。A S T E Fは各国からの留学生の語学研修ならびに技術研修をオルガナイズしている。技術研修は集団研修(Stage groupe)と個人研修(Stage individual)に分けられる。前者は各種の研修コースのプログラムが予め、A S T E F

の手で組まれており、研修生はその時間割に応じて研修するシステムであり。後者は各研修生が自分の留学目的に応じて研修先を探し、自分で研修予定表を作成し、それを提出して承認を受け、A S T E Fからの紹介の下に各研修先で目的とするものを覆習するシステムである。私の場合は後者に属したために研修は、前記の各機関で実施された。各機関での研修時期、目的、成果は下記のとおりである。なお、研修時期は希望と受入れ先の都合の間で調整がはかられたために必ずしも十分なものとはならなかつた。

I 語学研修

- | | |
|---------|-----------------|
| (1) 機関名 | A D I F |
| 場 所 | Lyon |
| 時 期 | 1970年2月～1970年5月 |
| 目 的 | フランス語の習得 |
| 成 果 | 読み書き、日常会話程度 |

II 技術研修

- | | |
|---------|---|
| (1) 機関名 | 中央土木研究所 (L C P C) |
| 場 所 | Paris |
| 時 期 | 1970年8月 |
| 目 的 | 研究施設、内容の見学と情報、意見の交換 |
| 成 果 | P C鋼線の応力腐蝕、光弾性測定装置の利用法、測定法、理論などについての知識を得た。また、建設省の付属機関研究所の組織や業務内容の説明を受けた。 |
| (2) 機関名 | 道路技術研究所第一構造部 (S E T R A) |
| 場 所 | Bagneux (Paris 効外) |
| 時 期 | 1970年7月 |
| 目 的 | 道路構造物の設計方法、示方書や基準の作成のシステムなどの調査、目新しい設計法の習得など。 |
| 成 果 | 示方書の作成のシステム、技術管理のやり方、標準化などのフランスにおける技術行政の進め方を知ることができた。また、橋梁の装蝕、支承の交換、床版のつなぎなどでも得るところが多かつた。 |
| (3) 機関名 | 構造物試験センター (C E S) |
| 場 所 | Saint-Rémy-lès-Chevreuse |

時 期 1970年5月
 目 的 試験施設、研究内容の調査
 成 果 試験規模、施設の合理的な配置、運営、研究の環境などは非常に秀れている。中央土木研究所に対する業界の総合研究所の一部分であるが、個々の会社に拘束されることはないので自由な研究ができる。その基礎的研究はフランスのコンクリート技術の水準を支えるものとなつている。

(4) 機関名 G T M社の研究所

場 所 Nantérre
 Marseille

時 期 1970年6月
 1970年7月

目 的 S E E E工法の定着装置の製作状況、性能試験、発展のいきさつ、取扱い方、活用の仕方の調査

成 果 Nantérreの研究所はG T M社の構造物専門の支社の中に工場とともに雑居しているので、設計、製作、施工にいたるS E E E工法の一貫の流れをつぶさに調査し、それに関する試験研究に立会い、討議することができた。フランスには先にキャンブノン・ベルナル社のフレスネー工法があり、広く用いられているが、それとは全く別の発想による定着装置を10数年をかけて開発、改良している努力とその成果には研究者として敬服するばかりである。定着装置は3種類あるが、いずれも定着装置の金属に冷間の塑性流動をおこさせてP U鋼線に圧着させるもので、その引張耐力はきわめて大きい。その強い引張力は原子力発電の圧力容器、長大橋梁、沈埋トンネルなどの大型構造物に用いられている。現在は定着装置の小型化、より強力な装置の開発、現場での定着装置の作成作業の簡素化が進められているが、工作機械や性質の異なる金属の手に入りやすい日本ではこれらの目的はより簡単にできるものと考えられる。S E E Eケーブルは基礎の分野でも地中アンカーに多く用いられ、フランスでは根切り工の地中壁のアンカーに盛ん

に使用されている。また、浄化槽などに用いる方法はケーソンのPC化する場合に応用できる。

Marseille の研究所では主にSEE E工法の構造物への適用法を学んだ。

(5) 機関名 GTM社の現場事務所

場 所 St. Nazaire

Bordeaux

Marseille

Menton

Sur l'Arve

Saint Laurent des Eaux

時 期 1970年7月

目 的 SEE E工法の施工法の調査

成 果 St. Nazaire では50万トンドックの船の出入口の扉の施工方法は基礎工事の立場からも得るところの大きいものであつた。Bordeaux の吊橋(中央スパン393.75m)の取付け橋梁はSEE E工法による47.70mの単純げたである。Marseille では沈埋トンネルの施工方法を学び、Menton では高速道路の高橋脚とその上のオートランスールによつた連続げたの見学をした。Sur l'Arveでは現場付近に宿泊して、28.42+46.00+84.00+50.00の4径間連続げたの片持ち梁工法によるSEE E工法の施工の1作業工程を共にし、具体的な手法、工程、歩掛りなどを理解することができた。同時に近接する橋梁の基礎の施工方法なども知ることができた。Saint Laurent des Eaux は世界でも数少ないPCの压力容器を用いた原子力発電所で、その巨大な压力容器に対するPC鋼材の配置の仕方、施工方法、基礎の築造方法などを実地に見学することができた。また、ここでは発電所から発生する低サイクルの音波による周辺の果樹や農作物への影響を防ぐために防音壁を立てていたことも印象に残る。

(6) 機関名 SEE E社

場 所	Courbevoie (Paris の郊外で現在、副都心化が進められている近代的都市区域で La Defense の一区割である。)
時 期	1970年5月～8月
目 的	SEEE工法の大型構造物に対する設計法の習得
成 果	SEEE社はGTM社の設計部門が独立したコンサルタント会社でGTM社の開発したSEEE工法の実施権を握り、その設計に精通している会社である。同社ではPC構造物の設計法のいくつかを学んだ。中でも連続PCげたのコンクリートのクリープと乾燥収縮の影響を設計に取り入れる Dr. Courbon の理論はすぐれたものである。Dr. Courbon は元建設省の技監のような職にあり、名門 Ecole Polytechnique の教授であつた。現在はGTM社の技師長で、SEEE社の常務取締役である。日本におけるPCの長大支間の連続げたはこれらの影響で生じる不静定力をきらい、ヒンジ構造とする例が多いが、この理論を用いることにより、力をより合理的に算定できるので安定性、走行性および美観上で優れた連続げた構造を採用することができる。その他、原子力発電の压力容器、50万トンドックの船扉などの設計を学ぶことができた。

2 試験研究遂行に役立つ試験研究機関の設備環境等

2.1 中央土木研究所 (LCPO)

中央土木研究所は建設省の附属機関でその出先機関は17の全地建におかれている。出先は現場の材料試験から一般の調査まで行なうので中央研究所は出先で扱いきれない大問題や長期にわたる基本的な研究と将来につながる独自の研究を行なう体制をとっている。研究は必ずしも全範囲にわたるものでなく、むしろテーマを選別してそれ以外はほとんどやらないほど徹底し、内容はかなり掘り下げている。また、外部の研究機関や研究者との共同研究の体制もある。

2.2 道路技術研究所 (SETRA)

道路技術研究所は全地建のむずかしい計画や設計、道路網の設定や技術基準の作成などの技術行政も行なう附属機関である。日本でいうと本省と土研の中間的な機関である。理論解析、実証のための一般の試験機器は所有するが、むずかし

い試験をやらなくてはならないものは中央土木研究所へ委任する。

2.3 構造物試験センター (CES)

民間の研究所であるため、型枠の製作工場などの施設をもち、独自の基本的な研究と各業者からの委託研究を行なう、特に載荷試験場は600 tジャッキをはじめとする多くのジャッキを多くの構造部材に載荷できるように配置され、扱うことができるようになっている。地下には広い恒温恒湿室や長期荷重装置、計算および解析のための計算機や機器装置などの優れた施設がある。環境は静かな住宅地に40 ha以上の敷地に建てられた施設で、宿泊施設、留学生の受入れ施設なども含んでいる。

2.4 GTM社の研究所

GTM社のNanterreの研究所はSEE E工法の開発、改良を目的とするための施設であり、Marseilleの研究所は南仏を中心に施工に関するテーマを取扱い、現場とも人事の交流が盛んである。研究所で用いる計器のほとんどが外国製で、その目的に最も適したものが選ばれている。

3 今後在外研究を行なう者に参考となる事項

近年、洋行した人々から日本はもはや、ヨーロッパに学ぶものがないということをよく聞きます。確かに表面的なものは吸収していますが、それらができるまでのいきさつ、背景、体制などについては意外と知られていません。私達が世界のトップ水準を維持するためには彼等の独特の研究態度、物の考え方、見方などを見習う必要があるように思います。特に言葉の様式に起因すると思われる発想の仕方の違いに気づくのではないのでしょうか。

5. 河口部の水理学および水文学的研究

所 属 河川部都市河川研究室
氏 名 山 口 高 志
在 外 試 験 マサチューセッツ工科大学土木工学科水理実験所
研 究 機 関 (Boston, U.S.A.)
滞 在 機 関 昭和45年3月23日～昭和46年3月22日
種 別 長期在外研究員

1 試験研究等に従事することにより得たる成果

1.1 M.I.T. での水研究

New England 地方 (Maine, New Hampshire, Vermont, Massachussets, Rhode Island, Connecticut の6州をさす) の中核をなす Boston Metropolitan Area には、Boston を中央に半径約15 Km位の中に約200万人が住んでいる。Bostonは人口約70万のアメリカでは最も古い町であり、わずかに建国300年の歴史ではあるが、史蹟の多いところである。

マサチューセッツ工科大学 (Massachussets Institute of Technology, 以下M.I.T.) のあるCambridgeの町はこの地域中心を流れるCharles川をはさんでBostonと隣りあわせる人口12万の同よう古い町であり、M.I.T.はこの河口近くの河畔にある。また名門Harvard大学も同じCambridgeの中1 mile とはなれないところにある。工科大学といつても、医学科、経営学科を含めて23学科あり、生徒数7500、うち半分が学部学生、300人程度が女子学生、また13%が外国人学生とパンフレットにかいてある。

さてCivil Engineering Deptの水部門の話であるが、まず従来からあるHydrodynamicsに加えて、7年前から、Water Resources Research (水資源研究) のコースが設けられ、水関係のProfessorはこのいずれかに属している。水理実験関係の主核をなすのは日本でも著名なIppen, Harlemanの両教授で、下の3人の助教授とともに主として、流砂、河口、漂砂の問題、貯水池、河川、海岸での熱・汚物拡散等の水質問題、海岸での油污濁の問題等を実験的に扱っている。Water Resources Researchの方では、現在学科主任のEaglesonの下に5人の助教授 (Perkins, Schaake, Marks, Major, Harley) が、水文学 (とくに流出)、水資源問題 (上水計画、洪水調節、総合開発計画、水質

行政等)のmodel化、最適化手法の適用等の研究を行つている。とくに面白いことは、このうちのProf.Majorが経済学の出身(Harvard大)であることで、'公共投資'といった講義をやつていたことである。これらはアメリカでも比較的新しい水分野の研究のようである。

上記のことと、私が44年6月に都市河川研究室に移つたことも考慮して、河口流砂問題については実験を行いながら、講義はこのWater ResourcesのSystem関係のものを主として聴講させてもらうことにした。

1.2 河口流砂とその相似則について

河口閉塞に関する問題は、二つの水理的な問題に大別される。すなわち一つは河口閉塞を防ぐには導流堤工法があるが、その配置および形状がもつとも水理的に有効かという問題と、河口に砂州が発生した際、これがどのように洪水の疎通をさまたげるのか、換言すれば河口砂州は形状の変化するダムであるから、その崩壊過程を把握すれば河口部の設計は可能となるのである。前者に関しては、これまで多くの実験が行われて来ているが、しかし河口が、海から作用する波による流砂と、河川流のそのの両者の力が支配する部分であるだけに、現象の解析が困難であり、特に相似の考え方にこれまで定説とされるものがない。これに比し、後者は、砂州が波浪によつてすでに形成されていると考えると、扱いは容易になり、斜面上を越流する流れとその流砂能力が解明できればよいことになる。

以上から研究の方針としては、実験により急勾配斜面上の流砂法則を把握すること、それにより実験式を検討し、流砂模型実験の相似則を確立することにおいた。

実験方法は、二次元ガラス張り水路上に砂州をカマボコ型に設置し、上流から水を流下させ、この砂州の縦断形状を単位時間毎に連続的に観測するという方法によつた。たとえば単位時間内に、ある断面の上流側全断面の河床高の減小した量は、単位時間内にその断面を通過したことになることから、流砂量が算出できる。水理量も水位観測により同よう連続式を用いて、流量そして流速が算出される。えられた水理量の範囲は、 $V = 60 \sim 200 \text{ cm/s}$, $Fr = 0.6 \sim 2.5$ 程度であつた。筆者が日本で行つた実験の結果もあわせて実験式を検討した結果、次式がもつとも妥当と判断された。

$$q_T = 325 \times 10^{-4} V^4 / (\sigma/\rho - 1)^{3/2} g^{3/2} d^{1/2} \dots\dots\dots(1)$$

(式中 q_T : 単位巾流砂量 cm^3/s , V : 断面平均流速 cm/s , σ, ρ : それぞれ河床材料および水の密度, 砂の場合 $\sigma/\rho = 2.65$, g : 重力の加速度, d : 河

床材料粒径)

これまで提案されている流砂量公式 (Einstein その他) には二つの考え方があり、一つは '河床面からとび上る砂量×移動距離'、一つは '河床面での粒子濃度×移動速度' というものである。いずれも第一項は揚圧力またはこれに類したものに釣合う砂量としていることから、流砂量は、まず粒子重量 $(\sigma/\rho - 1)g$ に反比例することが予想され、次に移動距離を考えれば、粒子の沈降速度 (W_0) に反比例することが予想される。乱流時の W_0 は、

$$W_0 = \left\{ \frac{4}{3} (\frac{\sigma}{\rho} - 1) g d / C_D \right\}^{1/2} \dots\dots\dots (2)$$

であることから (C_D : 抵抗係数)

$$q_T \propto (\sigma/\rho - 1)^{-1.5} g^{-1.5} d^{-0.5} \dots\dots\dots (3)$$

が推論され、(1)式の関係と一致する。流速との関係は、点のバラツキも多く、 $V^{3.5} \sim V^{4.5}$ 程度と思われたが、 V^4 を用いると次元があうことから(1)式をとることにした。なお流砂現象を徹視的にみると、砂州上流端では流砂がほとんどなく、流速の増加と共に砂の浮遊がみられるわけであり、上流部付近では飽和(また平衡)に達していないことが考えられ、現在土屋、星畑の用いた方法による検討も進めている。

次に(1)式を用いて河口砂州崩壊模型実験の相似を考えてみよう。まず通常の水理模型実験が Froude 則が成立たねばならないことから、 x_r および h_r をそれぞれ水平縮尺および垂直縮尺とすると ($x_r = x_P / x_M$, x_P は現地 (Prototype) での長さ、 x_M は模型 (Model) での長さの意、すなわち $x_r = 50$ は水平縮尺 1/50 のことを示す。)、時間縮尺 (t_r) は、

$$t_r = x_r h_r^{-1/2} \dots\dots\dots (4)$$

次に河床変化を制約する式としては、流砂の連続式から

$$q_{Tr} t_{sr} = x_r h_r \dots\dots\dots (5)$$

(t_{sr} は、河床変化の相似から制約される時間縮尺である)。水流の変化と河床の変化が同時に起るためには、 $t_r = t_{sr}$ でなければならない。 q_{Tr} は(1)式より

$g_r = 1$, $V_r = h_r^{1/2}$ 等を考慮すると、 $q_{Tr} = h_r^2 (\sigma/\rho - 1)^{-3/2} d^{-1/2}$ となり、(5)式に代入すると、

$$t_{sr} = x_r (\sigma/\rho - 1)^{3/2} d_r^{1/2} h_r^{-1} \dots\dots\dots(6)$$

これと(4)式より、制約式としては、

$$(\sigma/\rho - 1)^3 d_r = h_r \dots\dots\dots(7)$$

が得られる。本式は、もし実験に砂を用いれば粒径は垂直縮尺と同じに縮める必要があることを示している。

また(7)式によれば、制約に水平縮尺(x_r)が入らないことになるが、砂の水中息角がほぼ一定なことを考慮すると(ヒズミ通りには変化してくれない)、

$$x_r \div h_r \dots\dots\dots(8)$$

が別の面から制約に加えられる。

まとめとして、河口砂州崩壊時の流砂法則としては、(1)式が、また同じく模型実験の制約式として(7)式および(8)式が求められたわけであるが、河口砂州崩壊機構を今後計算により試みる場合には、側方浸食機構が問題になると思われる。今後機会をまつて検討を加えていきたいと思つてゐる。

1.3 水資源研究 (Water Resources Research) について

水資源研究関係の講義について触れたいのであるが、私の把握もまだ完全ではなく、持ち帰った資料もまだ十分な時間をかけて目を通してないのが多いので、機会をまつて御報告することにし、ここでは、研究の対象、状況について触れる。

この分野での研究は、問題のsimulation手法の研究と、最適化手法 (optimization technique) の検討に大別される。前者については、あまり記憶にないが、一つだけ water demand model に、ある地域経済の input-output model を応用し個々の産業についての用水原単位を用いて将来予測をする方法の提案がなされていた。しかし水需要予測でのネックは、やはり将来工業側が再利用等の技術の発展により、どの程度水需要が変化するかがなかなか掴めない点、我が国と同じであつた。後者については総合水資源開発計画、上水道計画、配水計画、水質行政など多くの分野(流域変更を含めたダム最適配置・最適操作、上水幹線の最適配置設計、水質汚濁防止のための最適処理場配置等)に対して、L.P, D.P, Stochastic D.P.等の適用が数多く試みられていた。その他

資源の評価 (intangible を含めて) についても、他の分野の多くの研究者が参加して研究が進められているようであつたが、やはり歴史的な蓄積がないためか、すべての分野でみるべきものが少なく、現在混乱期という感が強かつた。

2 試験研究遂行に役立つ試験研究機関の設備環境等

水理実験関係の計測器類および水路等などについては、土木研究所にあるものと差異はない。また電算の利用、研究のすすめ方等もとりたててちがうということにはなかつたと思う。気付いた点としては、工作室に諸種工具が完備されており、工手や学生が利用していたことであるが、やはり機械工の人手難は日本と同じであつた。物品の発注から購入まで大学で一本化されており、これは非常な早さであつた。

ほかに、いくつかの役所まわりをしたとき気付いたことであるが、従来の連邦、州、県 (county)、市町等の組織の外に、委員会 (Commission) が、ある程度の実力をもつて、総合的な計画立案等をやつていたことである。すなわち、連邦政府からのメンバーと数州の州知事を委員としたり、近隣 100 市長を委員とし、そしてその下に実作業をおこなえるスタッフをもっている独立した機関なのである (この点日本と異なる)。例えば Boston 周辺では Metropolitan District Commisison, Metropolitan Area Planning C. New England River Basin C. などであり、Chicago では Metropolitan Sanitary District of Greater Chicago, Los. では Los Angeles Flood Control District 等である。例えば連邦政府からの補助金の場合、環境保護庁 (E.P.A) から下水処理場設備へのそれは、市が計画を樹てた場合、連邦からコストの 50 %、州から 25 %、市が 25 % なのであるが、このような Commission が計画を樹てた場合連邦から 55 % とふえ、市は 20 % でよいことになつていた。このように実際的な権威が与えられているので、実力をもっており、今後日本にとり入れていかなければならない機構といえよう。

3 今後在外研究を行う者に参考となる事項

まず痛切に感じられるのが車であろう。まずは日常生活の便が第一、大体都市が車を使つての生活にあつて作られているのだから、時間の節約にはなるし、また食品等も行くとこにいけば非常に安いので経済的である。次に我々の場合政府機関から来ているのであるから種々の機関から情報を仕入れる必要がどうしてもあること、またパーティに招ばれることが多いこともその理由になろう。またレクレ

ーションにしても、車がないということはいけないということにも等しい。国費留学して車を買つてという説もあるが、帰る際に適当な値段で売れるのでそれほどの額にならないこともある。ただし注意しなければならないことは、誰から買うか、保険 Agent および修理工場の扱ひ方などであろう。保険 Agent と修理工場には評判の悪い人も少なくないので、情報をたくさん蒐集するのが肝要であり、また日本人から購入、日本人に売るというのも一つの方法である。

パーティが多いことは有名であるので割愛して資料集めなどに政府や公共団体の機関にいつたとき、先方の人の親切なことに驚く。州の図書館などについても、たのんだことは、二・三日かけても徹底的にやつてくれる。一度失敗したことがあるが、多少どうでもよい資料をたのんだ際、そのときはなくて、帰り別の資料で処理した。四・五日後他のことでいつたら、こんな資料があつたが貴方の役にたたないかとしてくく数種の資料をみせられた。いわれていることかもしれないが、曖昧な気持ちでものをたのんではいけない。

6. 感潮河川における汚濁物質の混合に関する研究

所 属	河川部下水道研究室
氏 名	村 上 健
在外試験 研究機関	米国内務省地質調査局
滞在期間	昭和45年9月1日～昭和46年8月31日
種 別	長期在外研究員

1 試験研究等に従事することにより得た成果

(1) 概 要

河川の感潮域や湾における汚濁計算法は、比較的最近までは種々の条件を非常に単純化して取り扱うものが主体であつた。たとえば、感潮域においては、潮汐の作用が周期的であるため水質もそれに応じてほぼ周期的に変化することに注目し、1潮時毎の水質を用いて時間的に水質が変化しない（定常的）ものとみなして計算する方法などがこれに相当する。しかし、このような方法では計算精度に限界があること、水質汚濁の観点からすれば水質の平均値を知るだけでは十分でなく、時々刻々の変化を知ることが望ましいこと、湾や海域など少なくとも平面的に2次元で考えなければならない場合には前記のような方法を用いるのが難かしいことなどの理由により、非定常の拡散方程式を数値的に解く試みが行なわれ始めているが、比較的新らしい方法であるため未だ問題点の検討さえ十分に行なわれていないのが現状である。そこで、差分表示方法およびそれぞれの表示方法における計算誤差の発生要因から検討を行ない、陽形式表示と陰形式表示を組み合わせた差分表示が適切な表示方法であることを見出し、さらに、比較的簡単な2次元の拡散方程式の計算方式を開発した。

(2) 研究結果

1) 拡散方程式の一般形

流速 V 、拡散係数 D 、河積 A または水深 H が時間的にも場所的にも変化するとした場合の拡散方程式も場所的にも変化するとした場合の拡散方程式の一般形は、1次元、2次元についてそれぞれ次のようである。

$$\frac{\partial (AC)}{\partial t} + \frac{\partial (VC)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{\partial (HC)}{\partial t} + \frac{\partial (V_x HC)}{\partial x} + \frac{\partial (V_y HC)}{\partial y}$$

$$= \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 t は時間、 x, y は距離、 C は濃度であり、添字 x, y は水理量の x, y 方向の値を区別するためのものである。

ロ) 差分表示

数値計算を行なうためには差分表示をする必要があるが、差分のとり方には大別して、時間的とり方により陽形式、半陰形式、陰形式の3つの表示方法があり、位置的とり方により前方、中央、後方差分の3つの分類がある。それぞれを組合せると9通りの表示方法があることになるが、これを1次元の拡散方程式について最も簡単な河積、拡散係数が一定の場合について示すと次のようになる。

$$C_{i, k+1} - C_{i, k} = \frac{V \Delta t}{\Delta x} \{ (1-r) C_{i-1, k+\theta} - (1-2r) C_{i, k+\theta} - r C_{i+1, k+\theta} \} + \frac{D \Delta t}{\Delta x^2} (C_{i+1, k+\theta} - 2 C_{i, k+\theta} + C_{i-1, k+\theta}) \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 i と k はそれぞれ位置、時間のステップである。また、 r は差分の位置を表わすパラメーターで、 $r=1$ のときは前方差分、 $r=1/2$ は中央差分、 $r=0$ は後方差分を表わす。 θ は差分の時間的区分を表わすパラメーターで $\theta=1$ のときは陰形式、 $\theta=1/2$ では半陰形式、 $\theta=0$ では陽形式にそれぞれなる。

しかしながら、上記の組合せのいづれかを用いても一般的には種々の誤差を生じ、良い結果が得られない。これらの誤差の1つに移流項の差分表示が適切でないために起る数値誤差拡散の問題があるが、この誤差を拡散係数の形で表わした場合次のようになることがわかった。

$$\text{陰形式: } D_N = \frac{V \Delta x}{2} \left(\frac{V \Delta t}{\Delta x} + 1 - 2r \right)$$

$$\text{半陰形式: } DN = -\frac{V \Delta x}{2} (1 - 2r)$$

$$\text{陽形式: } DN = \frac{V \Delta x}{2} \left(-\frac{V \Delta t}{\Delta x} + 1 - 2r \right) \quad \dots\dots\dots (4)$$

上記の式において、 DN は数値誤差拡散係数であり、これを拡散係数から差引くことによつて拡がり誤差の補正が行なえる。

また、数値誤差拡散の補正はその他に重要な意味を持つており、前方、後方、中央差分の区別がなくなり、いずれの場合も同一の表示式になることを明らかにした。したがつて、どの差分表示が適当であるかの問題は陽形式、半陰形式、陰形式のいずれを用いるかに帰することになる。数値誤差拡散の補正を行なつた場合残る問題点は、陽形式表示については初期濃度分布が対称な分布であつても計算結果が skew な分布になることと計算が多くの場合振動することであり、半陰形式表示についても、程度は少ないが同様な問題点がある。また、陰形式表示の場合には、通常の境界条件の与え方では計算が困難になるという問題がある。このような問題の起る原因を $\Delta x = V \Delta t$ の場合について検討した結果、陽形式表示の場合については誤差が拡散項から生じていることが容易に証明でき、移流項を陽形式表示のままにしておいて拡散項を陰形表示すると上記のような問題点が解決することがわかつた。1次元の拡散方程式で河積、拡散係数が一定の場合について示すと以下のような表示方法である。

$$\begin{aligned} C_{i,k+1} - C_{i,k} = & -\frac{V \Delta t}{\Delta x} (C_{i-1,k} - C_{i,k}) \\ & + \frac{\Delta t}{\Delta x^2} \left\{ D + \left(\frac{V^2 \Delta t}{2} - \frac{V \Delta x}{2} \right) (C_{i-1,k+1} \right. \\ & \left. - 2C_{i,k} + C_{i+1,k+1}) \right\} \quad \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

ただし、上式で V は Δt 、 Δx の間の平均値を用いる。

拡散方程式には条件が簡単な場合、解析解が得られるので、上記の数値計算方式の計算誤差を調べたところ、誤差は $\Delta x = V \Delta t$ の場合 $D \Delta t / \Delta x^2$ の値と計算の繰返し数の n の関数で表わされることがわかり、 Δt と Δx を適切に選べば望ましい精度で計算できることが明らかになつた。

また、2次元の場合の計算は上記の1次元の方式を x および y 方向にそれぞれ用いることによつて行なえる。すなわち、次式によつてまず x 方向の変化のみを考慮した仮想の濃度 C' を求める。

$$C'_{i,j} - C_{i,j,k} = \frac{V_x \Delta t}{\Delta x} (C_{i-1,j,k} - C_{i,j,k}) + \frac{\Delta t}{\Delta x^2} \left\{ D_x + \left(\frac{V_x^2 \Delta t}{2} - \frac{V_x \Delta x}{2} \right) \right\} (C'_{i-1,j} - 2C'_{i,j} + C'_{i+1,j}) \dots\dots\dots (6)$$

次に、 C' を用いて y 方向の変化を考慮し、 Δt 時間後の濃度を求める。

$$C_{i,j,k+1} - C'_{i,j} = \frac{V_y \Delta t}{\Delta y} (C'_{i,j-1} - C'_{i,j}) + \frac{\Delta t}{\Delta y^2} \left\{ D_y + \left(\frac{V_y^2 \Delta t}{2} - \frac{V_y \Delta y}{2} \right) \right\} (C_{i,j-1,k+1} - 2C_{i,j,k+1} + C_{i,j+1,k+1}) \dots\dots\dots (7)$$

上式において、 $i \Delta x = x$, $j \Delta y = y$, $k \Delta t = t$ であり、 V , D の添字はそれぞれ x , y 方向の成分を表わす。

2次元の場合の計算誤差は、1次元の場合と同様に $\Delta x = V_x \Delta t$, $\Delta y = V_y \Delta t$ のときには $D_x \Delta t / \Delta x^2$, $D_y \Delta t / \Delta y^2$ と繰返し回数だけの関数である。

実際に応用するに当つては $\Delta x = V_x \Delta t$, $\Delta y = V_y \Delta t$ とすることが困難であるが、この場合にはなるべく上記の条件に近くなるよう Δx , Δy , Δt を選択するとともに、初期分布として滑らかな分布を用い、また、負荷の集中的な流入を避けて濃度勾配があまり急にならないようにする必要がある。

2 試験研究遂行に役立つた試験研究機関の設備環境等

筆者が滞在したのは地域調査局の太西洋岸地域本部であるが、ここの研究機関では実験施設を利用する研究は殆んど行なつておらず、主として電子計算機を利用した解析的研究を行なっている。したがつて、電子計算機の利用が非常に便利になつており、本局のコンピューター部に置かれている大型計算機とオンラインで結んだ

ターミナルがあり、これを全く自由に利用させてもらつた。

3 今後在外研究を行なう者に参考となる事項

(1) アパート探しについて

大学等で宿舍を貸与してくれる場合を除けば、最初に苦労するのはアパート探しではないかと思う。アメリカでは日本と違って周旋屋のようなものがあまりなく、アパートの管理人が直接新聞広告に出すという形が殆んどであつて、唯一の頼りは新聞広告ということになる。アメリカは一般的にいつて公共交通機関が極めて不便であるから、自動車を持つていない場合には選択できる範囲が限られてくるわけであるが、どの場所であれば通勤可能ななどの判断は留学先の人をお願いするより他はない。一般的に言つて、家具付き (furnished) のアパートは低所得者用、家具なし (unfurnished) のアパートは高所得者用ということになつてゐるが、通常は家具付きアパートの方が広告に出ている数が少なく、なるべく安い家具なしアパートを借りて、家具を家具レンタル屋から借りるのも一法であらう。

(2) 車について

先にも述べたように、アメリカでは車がないと非常に不便であり、行動範囲もかなり限られてくる。したがつて、車があればそれにこしたことはない。車の購入に當つて登録手続などはすべてディーラーがやつてくれるが、日本の強制保険に相当する自動保険の加入は本人が保険のエージェントと交渉する必要がある。この保険の加入が多少やつかいで、外国人の1年の滞在というような条件の場合には断られることもある。また、自動車のナンバープレートは日本と違つて毎年新しいものをもらうのであるが、これはある意味では州の自動車税の領収書のようなもので、税金を納入する時に交付してくれる。自動車にかかる税としてはその他に市町村の財産税 (Property tax) としてかかるものがあり、これも支払つたことがわかるように、自動車の窓に貼るワツペンをくれる。また、車検も年1回受ける必要があり、大きなガソリンスタンドに検査官 (州の) が駐在していて、そこで受けられる。運転免許証については、国際免許証は同一場所に長期間滞在するときには3ヶ月間しか有効でなく、その後は州の免許証をとらなければならない。試験はペーパーテストと実地試験ともにあるが、実地試験は非常に簡単であり、また、ペーパーテストも法規のパンフレットを十分読んでおけば問題はない。

なお、上記については筆者が滞在したバージニア州に関するものであり、州によつて異なっている可能性がある。

(3) 外人として必要な法律的手続

アメリカに滞在する外国人として入 出国手続の他に必要な法律的手続について若干述べてみたい。必ず行なわなければならないものにAlien Cardと称する住所登録と、出国前に必要なSailing Permit とがある。Alien Card はアメリカに入国した時期には関係なく毎年1月に提出するもので、郵便局に出せば手続きしてくれる。Sailing Permitは税金(連邦税)を納めたという証明書(在外研究員の場合は勿論納税する必要はない)に類するもので、出国直前に滞在地のInternal Revenue Office へ行つて交付してもらう。

7. 岩盤力学の地質調査への応用に関する研究

所 属	地質化学部地質研究室
氏 名	菅 原 捷
在 外 試 験 機 関	アメリカ合衆国 イリノイ大学
滞 在 期 間	昭和45年9月8日～昭和46年9月7日
種 別	長期在外研究員

1 試験研究等に従事することにより得たる成果

(1) 概 要

岩盤力学 (Rock Mechanics 最近岩盤工学ということが多い) は岩石およびその集合体の力学である。岩盤は他の材料に比べて著しい不均一性、不連続性、断続性等の特徴がある。そのためにこれまでその力学的な取り扱いが困難で、土木工学の中でも遅れている分野の一つとされていた。しかしここ10年足らずで計測技術や電子計算機を使用した解析技術が長足の進歩を遂げ、岩盤力学の体系化を促した。筆者は、イリノイ大学の大学院に籍を置き、体系化されつつある岩盤力学を習得しつつ、資料の収集とアメリカにおける岩盤力学の応用現況を調査した。

岩盤力学の当面の問題は岩盤分類と斜面の安定性の問題である。岩盤分類は対象工事、例えばダムとかトンネルとかによつて分類の考え方や基準に多少の差異があるが、現在その差が解消されつつある。分類方法は①無キズな岩片 (供試体) の強度を一軸圧縮強度と静弾性係数の大小で分類し、②供試体と岩盤の弾性波伝播速度の比 (キレツ係数) や RQD を尺度にした分類法が取られている。

自然斜面やのり面の安定解析は、1960年代初頭ダムのアバットの安定解析をおこなうために開発された技術で、その後斜面やのり面の安定解析に導入され、応用範囲が拡大されつつある。

これらの最近の岩盤力学の進歩は地質調査法にも取り入れられ、その発達を促している。すなわち、①従来定性的な評価しか出来なかつた岩盤分類が定量化され、②高価な現位置試験が軽減され、かつ精度も向上しつつある。また③経験と勘にたよつていた岩石切取斜面保護工の設計も、斜面の安定解析から合理的な設計が可能となりつつある。その結果、工事の安全と調査費や工事費の軽減に益す

るところが非常に大きい。

なお視察した主な工事現場や研究所は次の通りである。

- ① Interstate 90 …… 氷河成の未固結堆積物上の高速道路、かなりの起伏があつても、低カット、低バンクである。
 - ② Interstate 24, 40, 81 等 …… 岩石のり面、のり肩を広くし高さが 10 m 位でも Pre-spread 工法でほぼ直に切つている。
 - ③ ダム …… Cohekee (ロックファイル) Norris, Foover (コンクリート) の他水門、揚水発電用アースダム等
 - ④ トンネル …… メトロ (ワシントン)、ニューヨーク (下水) 等 6 ケ所
 - ⑤ 地すべり 3 ケ所
 - ⑥ サンフエルナンド地震災害
 - ⑦ USBR、USGS、カリフォルニア大、その他の大学、政府機関等
- (2) 本 論

① 岩盤分類

これまで岩盤分類はいろいろな観点からなされているが、多分に記載的な分類法によつていた。基本となるものは岩石の硬軟と節理などの割目の間隔によるものであつた。近年、さらに弾性波伝播速度による分類、地山の弾性波速度と試料の速度の 2 乗の比による分類などが提案され広く使われだしている。

1966 年 D.U.Deere, R.P.Miller は、岩石の 2 つの重要な力学量である一軸圧縮強度 (5 段階) と弾性係数 (3 段階) をもとにした分類をおこなつている。これは無キズな岩片 (節理や変質部のないもの、供試体として採取したもの) を対象にした分類法で岩盤分類そのものではないが、岩石のもつ強度だけでなく変形性をも表わすことができる利点がある。

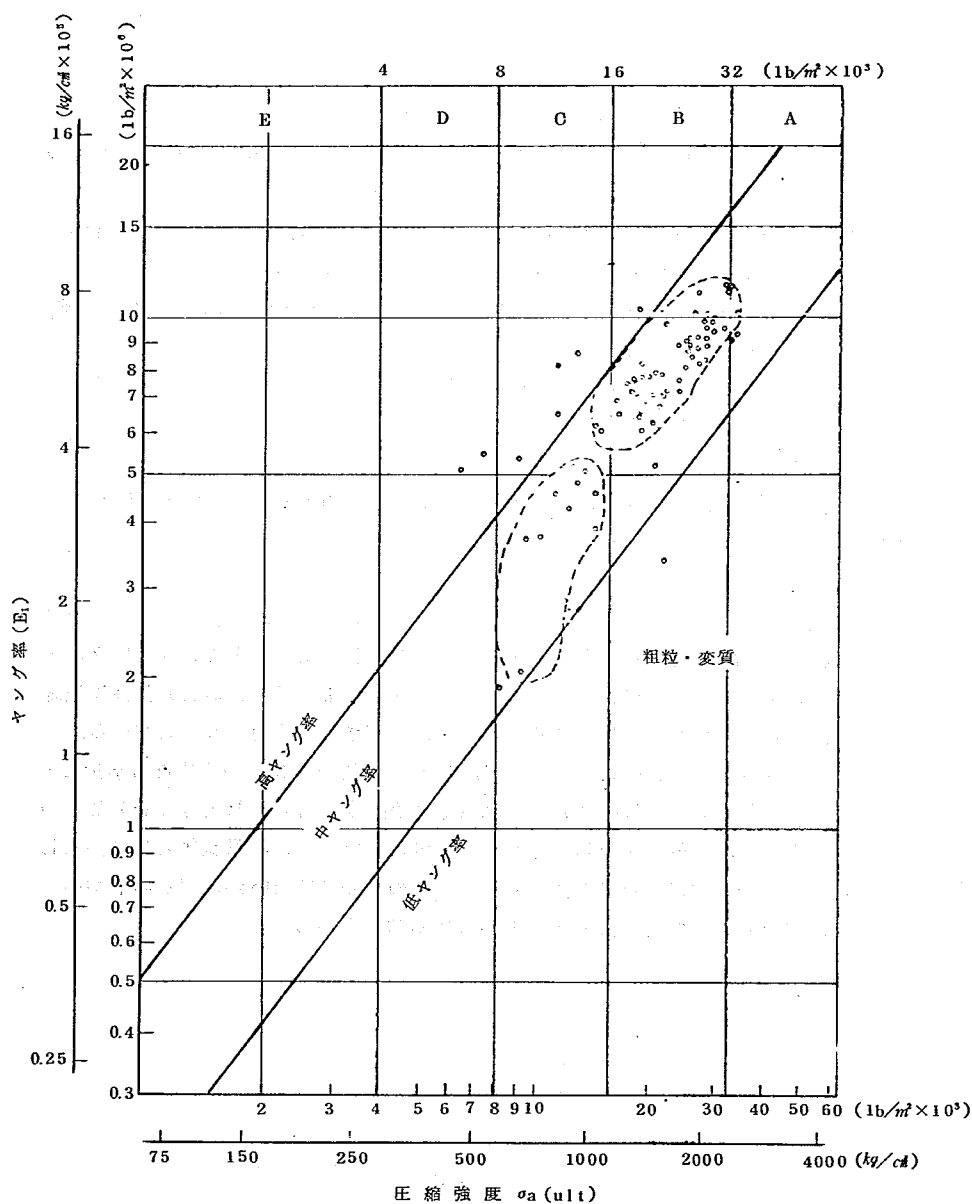


図-1 岩石の強度分類の例(花崗岩類16地点80試料)
表示はBM, CH, CM等とする。

表-1 岩石の工学的性質にもとづく分類基準 (I)

記号	分類	一軸圧縮強度 ($\ell b/in^2$)
A	硬岩(I)	32,000以上
B	硬岩(II)	16,000~32,000
C	中硬岩	8,000~16,000
D	軟岩(I)	4,000~8,000
E	軟岩(II)	4,000以下

表-2 岩石の工学的性質にもとづく分類基準 (II)

記号	分類	弾性比*
H	高弾性	500以上
M	中弾性	200~500
L	低弾性	200以下

* 弾性比 = E_t / σ_{ult}

E_t : 50% σ_{ult} における正接弾性係数

σ_{ult} : 一軸圧縮強度

無キズな岩片の力学定数を岩盤のそれに置き換える方法はまだ確立したとはいえないが、RQD法とキレット係数法とが提案されている。RQDはDeereが提案したもので(1963)、NXサイズ(直径2.25インチ)のボーリングで採取されるコアのうち全掘進長当りの長さ4インチ以上の棒状コアの比率で表わす。キレット係数は小野寺(元地質化学部長)によつて提案されたもので(1963)、地山の弾性波伝播速度と岩石試料の速度の比で表わす(力学定数の意味を持たせるためには速度比を2乗した方がよい)。

a) Reduction Factor

RQDやキレット係数を媒介にして、供試体の弾性係数から地山の弾性係数(変形係数)を類推する方法が提案されている。これは理論的根拠はなく、統計的な値であるのであくまで概数として扱わなければならないし、低固結度の岩や膨張性岩石などの特殊な岩石の場合は使用をさけた方がよい。

b) テルツアギーのゆるみ高さとRQD

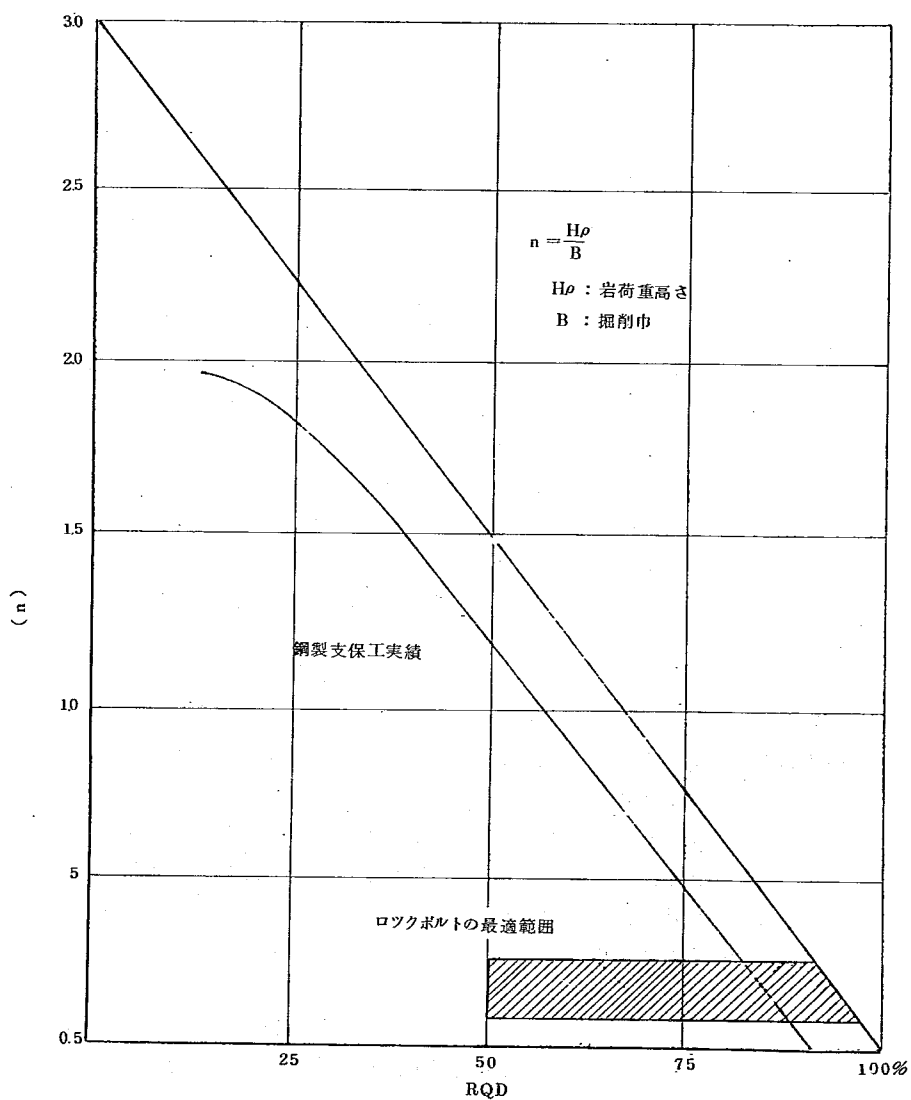


図-2 RQDと岩荷重高さの関係 (E.J.Cording)

図-2はテルツアギーの岩盤分類による岩荷重高さとRQDの対応関係図である。これは多くの実績調査資料にもとづいて作られたもので、RQDから直接岩荷重高さを求めようとするものである。図中鋼製支保工の実績曲線は施工技術の向上によつて左下の方に移動する性格のものである。また、ロックボルト技術の長足の進歩により適用範囲は急速に広がっており、ブロック化されている岩盤でも、いわゆる締めつけ効果により大きな岩盤改良が可能となりつつある(Snowy Mountain Project)。

② 自然斜面およびのり面の安定解析

自然斜面およびのり面の崩壊には、円弧すべり型、層状すべり型およびそれらの中間型とがある。円弧すべり型や中間型は長い間土質力学の中心テーマの1つであつたので研究もかなり進んでいるが、層状すべりは未発達のままとり残されていた。ベクトル解析法は1964年 Wittke によつて発表されたもので、層状すべり型崩壊の安定性の解析法である。

ベクトル解析をおこなうには、ある面の走向・傾斜のベクトル成分からその面に垂直なベクトル成分Nを求め、さらにその面上で外力を考えた接線力Tを求める。安全率FSは次式で与えられる。

$$FS = \frac{N \tan \phi}{T} \quad \phi : \text{摩擦角}$$

ステレオネットによる解析法はわずかのベクトル解析によつて求められる力の方向や大きさをステレオネットに投影することによつて複雑なベクトル計算を省くことができ、解析途中を視覚的検討できる。しかしステレオネットによる解析法は電子計算機にのらないので、データの大量処理とか境界条件の多い場合にはベクトル解析の方がよい。

2 試験研究遂行に役立つた試験研究機関の設備環境等

イリノイ大学地質学科および土木工学科における設備環境はすばらしいの一言につきる。特に図書館と工作室は完備しており、日本ではとうてい考えられないようなものである。図書館は蔵書の数が多いだけでなく、蔵書や資料の管理がよく、データベースの役割を果たしている。図書館は休日をのぞいて毎日午後10時まで開館されている。

実験装置の試作や改良は大部分大学の工作室で短時間に行うことが出来るようい

ろいろな設備がある。人件費の割高なアメリカは、日本以上に外注が盛んで実験装置など皆外部に委託製作させるものと予想していたが、全く逆で工作室では多くの職工が働いていて、研究部門をささえている。このやり方は政府機関でも多くみられるもので、工作室だけでなく、資料の複写、製図から印刷までおこなっているところが多い。

大学には常勤的な研究補助者がいないので試験や資料の収集は大学院生がやっている。教授が大きなプロジェクトをたてると（委託研究が多い）、助教授連がサブプロジェクトを組み、研究計画、実施、まとめをおこなう。大学院生はサブプロジェクトの計画に従っていろいろな試験や調査をおこなって助教授を補佐する仕組みになっている。この試験や調査がそのまま学位論文になっている場合が非常に多い。

3 今後在外研究を行う者に参考となる事項

最も重要なことはやはり語学の能力であろう。会話の能力はどんなに磨き上げて也十分とはいえないし、読み書きも時間を考えればなかなか十分とはいかない。学校や研究所内ではあまり不自由を感じなくても、他の学校や研究所を訪問する時には不十分な語学力は訪問効果を減じてしまうことはよくあるようである。

在外研究のテーマを明確にすることも大切である。アメリカの場合ヨーロッパなどと異なり我々のような立場はあまりよく認識されておらず、大学でも入ろうならば一般学生並みにしか扱ってくれない。それを避けるためには自分のテーマを明確にし、同僚や指導教官に常時アツピールしておかなければならない。

外国生活はただでさえ体力を消耗するのに、アメリカの大学の場合宿題が沢山出されるので健康でなければやつてゆけない。同様に強靱な意志力がなければとうていやつてゆけない。テーマを明確にしてActiveに、否むしろAggressiveにやつてゆく気構えが欲しいものである。

8. 道路土工に伴なう地すべりの発生機構に関する研究

所 属	砂防部地すべり研究室
氏 名	酒 井 淳 行
在 外 試 験 研 究 機 関	イギリスインペリアル大学
滞 在 期 間	昭和45年9月18日～昭和46年9月17日
種 別	長期在外研究員

1 研究の内容

1.1 概 論

近年道路建設工事で大規模な斜面切取りが一般化するにつれて地すべりが土工の中で最も厄介な問題の一つとなってきた。特に問題の多い斜面は過去に地すべりの発生した痕跡の認められない斜面で、頁岩、泥岩などの岩の地質の場合が多い。これは十分な現地調査を実施し、それをもとにした慣用的な安定解析により安全係数 $F_s > 1$ となるように設計された斜面で、施工中又は施工後地すべりにより法面崩壊が発生し災害を惹き起す例が増加しているためで、大規模な切取り斜面に対する慣用的な安定解析方法の適応性が問題となつている。したがつてこの種のタイプの斜面を合理化する研究が急がれており最近の斜面安定の考え方についてとりまとめると次のごとくとなる。

1.1.1 斜面安定の研究の動向

a 剪断強度に関する研究

Skempton により提唱された残留強度の概念がある。これは特に不攪乱で、亀裂の多い過圧密粘土に顕著に見られる現象であるが、土に繰返し剪断変形を与えるとピーク強度から徐々に減少して一定値に達する。この最終的な剪断強度を残留剪断強度と定義している。このピーク強度と残留強度差は未攪乱の過圧密粘土で最も大きく、内部摩擦角はピークの70%程度、粘着力はほぼ零にまで低下する。この様な剪断特性を考慮して英国道路研究所では次の様なケースの斜面の斜面安定計算に残留強度を用いるよう提唱している。即ち(1)非常に経済性又は公共性の高い斜面の長期安定を考慮する場合、(2)すべりがすでに起きた後でその斜面の復旧工事等を検討する場合があげられている。しかし(1)のケースでは、残留強度を用いて斜面の安定を確

保することが過大評価になる恐れもあり十分な検討が必要である。(2)のケースでは、復旧工事等を検討する場合、直接すべり面粘土を採取して C , ϕ を測定しなくても、繰返し試験によつて、すべつた後の C_r , ϕ_r を求めることになり、安定解析に極めて有効な手段となりうる。特に残留強度では粘着力はほぼ零になることが実験的に明らかにされていることも興味深い。

b 応力分布に関する研究

現在斜面の安定解析に慣用的手法として用いられている円弧すべりでは、スライス間での応力変化 $\frac{\partial \sigma_t}{\partial x} = 0$ として、仮定したすべり面の上で体積力を底面抵抗の釣合のみを論じており、斜面全体の応力状態について検討することは出来ない。上記の方法で最も重要な点は、すべり面の想定であるが均一な岩層内に発生する地すべりでは、特に、すべり面の予測が困難なため、その安定解析の精度が著しく低下する結果となつている。

この応力分布を F. E. M. により求める試みがアメリカのダンカン等により行なわれている。これは切取り斜面を弾性体と仮定し、切取りによる外力変化から、斜面内部の応力分布や変形の算定を試みたもので、これによつて求められた応力分布とその部分のピーク剪断強度を比較し、応力がピーク剪断強度を超越した領域では、剪断強度がピークから残留値に低下するとした斜面の安定解析方法を提唱している。

慣用的な安定解析の結果、 $F_s > 1$ と見なされる斜面でも、この方法によると $F_s < 1$ なる場合さえある。又この方法では斜面安定を支配する因子として初期水平応力 (σ_H) の大きさが問題とされており、これを予測するものとして土層の先行圧密荷重の大きさが注目されている。

これまで我が国では斜面安定を論ずる場合、この先行荷重を考慮している場合が少ない。しかしこの方法の実用上の問題も少なくない。即ち応力が土の剪断強度を超越した領域では当然塑性流動が発生することになるが、その影響を F. E. M. で追跡していくことは非常に複雑で現在十分実用化されるまでにはいたっていない。又破壊限界を検討するのに必要な歪量の大きさと剪断強度の残留値への接近度は土質によつて大きく変ることが推定されるが、歪量と残留強度の関係を定量的に取り扱つた研究は未だ行なわれていない。

また弾性体と仮定した斜面内部の応力分布はインベリアル大学のビショップ教授がリラクゼーションメソッドを用いた研究を行なつており、これによると応力変化を受けた後短期間に発生する地すべりではその破壊は土塊の中心

部より上部及び末端に向つて進行するが、長時間経過後に発生する地すべりでは、破壊は斜面の上、下端より中心に向つて進行することを解明した。

c. 進行性破壊の機構に関する研究

斜面の切取りや局部的な抵抗減少が引金となつて、斜面が、地すべりに移行する機構を定性的に解明しようとする。ノルウエーのビエラムによる試みは非常に興味ある研究として注目に価するものである。

すなわち斜面末端部で掘削等によりある範囲の応力が解放されると、土層（粘土）が横方向に膨張する。この場合潜在すべり面に沿つて発生する斜面の自重による剪断力と静土圧（掘削等により横方向の荷重が減少すると平衡状態が破れ上部から下部に向う静土圧が法面の方向に作用する。）の合力が潜在すべり面に作用する。ここでこの合力の大きさがピーク剪断強度を超越する場合には剪断変形が発生する。さらにこの変形が十分大きくなると剪断強度はピークから残留値に低下する。したがつて応力解放がこの剪断強度の低下した範囲まで進行する。その結果上記の現象が繰り返し進行し、潜在すべり面に沿つての剪断強度がピークから残留強度に全面的に低下して行き、斜面は急激な破壊に移行する。以上が進行性破壊の発生機構である。この概念を斜面の切取りの安定解析に採用することにより、ピーク強度では十分安全な斜面が、切取り後、地すべりをひき起す現象を解明している。しかし実際の斜面の安定解析にこの理論を適用し、定量的に解析するには、次の様な問題が残されている。まず第1に応力解放によつて発生する横方向の静土圧の算定が問題になる。すなわちこれは前にものべたように先行圧密荷重に密接な関係があり、さらに土粒子の組織的結合（diagenetic bonds）の度合等からも影響を受ける。

第2に横方向への膨張性も土粒子の組織結合に大きく支配されるものと考えられるので、この定量的な解明が必要となる。

d. クリープ破壊に関する研究

一定応力下における土のクリープ特性を実験で明らかにしたインベリアル大学のビショツプの研究も、長時間の斜面安定を論ずる場合の土の強度特性として興味深い。

この研究成果によると応力と強度の比の大小がクリープ曲線の特徴を支配することが明らかにされた。すなわち応力-強度の比が90~106%では、すべり破壊が生ずるが、これ以下の応力比ではクリープ曲線は鈍な平衡状態

となることが明らかにされた。この実験的研究は、斜面掘削後、長年月にわたる緩慢な変動の後で発生した地すべりの解析に適用して成功した例がある。

この場合、地すべり斜面は有限であり、斜面中の応力分布を算定する必要があり、実用化するためには F. E. M. 等の利用を合せ考えなければならない。

e その他

斜面安定を支配する斜面の土質特性として、亀裂の数、もろさなどが取りあげられている。亀裂は応力集中を惹き起す要因と考えられ、過圧密粘土での進行性破壊を起す必須条件とされているが、未だ定量的に取扱える段階になっていない。

又粘土のもろさが進行性破壊をひき起す有力な因子となることがビショップにより提唱されている。このもろさは土のピーク剪断強度と残留剪断強度の差の大きさの変化率によつて次式の様に表わされる。

$$\text{即ち } I_B = (\tau_f - \tau_r) / \tau_f$$

τ_f : ピーク強度

τ_r : 残留強度

I_B : もろさ

これまで斜面崩壊を発生した現場での I_B 値を調査することにより、その特性を把握し斜面の安定度の判定基準の一つの指標とすることも可能であり興味深い研究課題である。

f まとめ

以上、斜面の安定解析に関する研究の動向として、進行性破壊に関する研究は主なものの一つといえる。斜面の安定解析に進行性破壊という概念をとり入れることにより、慣用的な安定解析では解明出来なかつた種類の斜面の安定解析を可能とした。しかし現在の研究段階では進行性破壊の概念により斜面安定解析を定量的に出来るまでには到っていない。

1.2 研究内容

前節でとりあげられた斜面安定を検討する上で、土の残留前断強度を正確に求めることが非常に大切なこととなる。主として残留強度を求める方法並びに残留強度を支配する因子についてとりまとめた。

残留剪断強度の測定方法

土の残留剪断強度を測定するためには剪断面に一定の応力を保ちつつ、大きな

変位を許容出来ることが可能でなければならない。これまで利用されている一般的な方法としては直接剪断試験、三軸試験、回転剪断試験等が用いられているが、この中では応力状態、大変位の条件を満足するものとしては、回転剪断試験機が最も優れている。

a) 直接剪断試験による方法

最も一般的な方法で、かつ構造が簡単であるが、剪断変形が進むにつれて断面積が変化し応力条件を一定に保つことが困難である。さらに残留値に達するための十分な変形が許容されないため、反復による繰返しを強いられる。このため回転剪断試験結果に比較してやや大きめの残留値が得られるといわれている。

変位：返復繰返し

剪断速度： 4.34×10^{-4} cm/min (0.25インチ/日)

b) 三軸圧縮試験

ビショップ等により開発された方法である。これはあらかじめ斜めに作られた台の上(人為的に作られたすべり面)に試料を装填して三軸試験を行なう。この場合、a)の場合と同様断面積の変化が大きく、その上、変位の大きさが限られているので問題があり、一般的に利用されるまでには多くの改良が必要である。

c) 回転剪断試験

この方法は最も優れた方法とされている。即ち第一に剪断面積が常に一定である。第二に必要な変位が一定の応力条件で、かつ一定方向に許容しうる。問題は、中央を円くえぐったドーナツ型の供試体の整形に、材料によつてはかなりの困難がある。

剪断速度： 25×10^{-2} cm/min (0.0003インチ/分)

残留強度の特性と測定値

ガーガーによつてビショップの開発した回転剪断試験により測定された残留剪断強度に関する特性を表-1に示した。これによると、残留強度に達するまでに必要とする変位は0.3~2.5 cmと土の種類によつてかなり異なるが、意外に小さな変位で十分である。又全般的にピーク強度に達するまでの変位も数mm以下で、この値は北陸地方の泥岩の剪断特性と類似した値を示している。

又残留剪断強度を左右する因子又は原因については下記の如くである。第一に粘土の圧密度が高ければ高いほどピークと残留強度の差が大きくなる。(Hen-

表 - 1

Soil sample	LL	PL	PI	% clay fraction $< 2 \mu$	Displacement(cm)		τ_r / τ_p	ϕ_p	ϕ_r	Britto- ness factor $\frac{\tau_p - \tau_r}{\tau_p} \%$
	%	%			to τ_p	to τ_r		degree ($C^1 = 0$)	degree ($C^1 = 0$)	
Fat clay from Weser Elbe Canal	67	23	44	61	0.01	11	0.43	18°	8.3°	56.4
					0.015	10	0.44	28°	9.2°	55.5
					0.02	11	0.40	24°	10.6°	59.8
	"	"	"	"	0.03	13	0.44	18°	8.2°	55.3
					0.01	9.0	0.57	13°	7.75°	42.5
Lean clay	44	20	24	32	0.025	11.2	0.35	26°	9.7°	65.0
Brown Coal Soil from middle of R. Oder (silty clay with some sand)	79	38	41	38	0.3	19	0.36	37°	15.3°	63.9
Sandy soil from Kurzawka	-	-	-	3	0.2	4	0.875	38°	35°	12.5
London clay	78	29	49				0.545	16°	8.8°	45.5
	78	29	49				0.617	16°	10.3°	38.3

Kel and Skempton) 第二、強い分子結合を有する粘土はピークに比較して低い残留強度を示す。(Bjerrum) 第三、残留強度は変位量に反比例して減少する。第四、粘土鉱物の含有量も残留強度を左右することが認められている。

ピーク剪断強度から残留剪断強度に低下する原因としては、第一に、剪断変形による組織結合の破壊があげられる。第二に、薄片状の粘土鉱物の配列状態があげられる。これは剪断変形が大きくなるにつれて、すべり面に沿って薄片が平行に配列し直し、摩擦角が低下する。第三に、剪断面の周辺での含水比の増大が認められ、これが剪断面の力学特性を変化させる。

まとめ

以上土の残留剪断強度の一般的性質並びにその測定方法についてとりまとめた。これまで我が国では斜面安定を考慮する際に残留剪断強度を十分利用していたとはいえないが、第三紀層の泥岩、頁岩の風化層は London Clay と非常に類似した性質を有するもので、我が国に於いても、斜面安定を検討する上で進行性破壊と残留剪断強度を有機的に結びつけることによつて合理的な解析方法の確立が十分期待できるものと思う。

2 インペリア大学での生活

本学はロンドン大学に属する一つのカレッジで、The Royal School of Mines, The City and Guild College, The Royal College of Science からなっており、小生は The City and Guild College の土木工学科の土質工学の修士コースに一年間学んだ。特にこのコースでは一年間(実質的には10月～6月の8ヶ月間)で修士の資格が与えられる事になっており、講義が中心で実験的研究についてあまり恵まれた環境とはいえなかつた。しかし土質工学コースというだけあつて、その講義は、Rock Mechanics, Engineering Geology, Structural Geology, Foundation, Slope Stability, Earthquake Engineering, Clay Mineralogy, Basic Tectonics, Advanced Shear Strength, Seepage and Consolidation, Earth Pressures, Instrumentation, Soil-Properties, 以上13課目に及び土質工学の研究の動向を知る上では大変有意義であつた。

9. 総合交通体系に関する研究

所 属	道路部道路研究室
氏 名	小 浪 博 英
在 外 試 験 研 究 機 関	ハーバード大学
滞 在 期 間	昭和46年7月14日～昭和47年9月16日
種 別	フルブライト委員会給費留学生

ハーバード大学をとりまく環境と新交通システムの動向

まずハーバード大学の所在するボストン都市圏の紹介をしよう。ボストンは17世紀にメイフラワー号の到着したコッド岬から約100Kmほど北に進んだところに位置し、ボストンから更に数十キロメートル北上すると天然の良港であるセイレム (Salem) 市がある。セイレム市は昔から港町として栄えた町であり、ここには日本から運ばれて来た数多くの絵巻、仏像等も保存されている歴史的な町である。ボストンはこれらの地域をほぼその都市圏の南北の境界としており、東には大西洋を、西には広く開けたマサチューセッツ州を従えている。その圏域はほぼ首都圏と同じくらいの広がりを持ち、人口は250万人程度である。しかし、ボストン市そのものの人口はせいぜい60万人で、250万人という人口は都市圏内にある76市町村の人口を合計したものである。アメリカではマサチューセッツ、ロードアイランド、コネチカット、バーモント、ニューハンプシャー、メインの6州をニューイングランド地方とも呼んでおり、ヨーロッパから移り住んで来た人々の心のふるさとなっているようでもある。

さて、ボストン都市圏の中心部に目を向けると、チャールズ川の河口に建設された堰により水を青々とたたえた人工湖であるチャールズベイスンに浮ぶヨットをはさんで人口60万人のボストン市と人口12万人のケンブリッジ市が向き合っている。ボストン市は古くからの工業都市であつたが、十数年前の大気汚染と水質汚濁のながい経験を生かして公害工場の殆んどを既に郊外に移し、今では歴史的建築物や政府機関等を含む産業、文化の中心として栄えるとともに、空は青く水も澄んでいる。ただ、20万人にのぼる黒人人口の大部分は失業中であり、その経済的困窮が彼等を犯罪への道に走らせているようである。一方、ケンブリッジ市はMITとハーバードの双壁を市内に有し、必然的に学園町としての性格を有している。黒人人口も比較的少なく、

従つて犯罪も少ない。

ところで、ハーバード大学であるが、政治、経済、法律、行政、工学、医学、教育、芸術、公衆衛生、理学、薬学、文学等、およそ考えられる全ての分野を含んだ総合大学で、17世紀に設立され、現在では学部学生約5,000人、大学院学生約8,000人、教授、助教授、研究生も含めると2万人を超える大所帯で、その割には設備や大学組織がよく整っているのには驚かされる。一方、MITはその名のとおり技術系の大学で、工学を中心に理学、経済、社会学、経営等の各分野を研究しており、学部学生約4,000人、大学院学生も同じく約4,000人、総勢約15,000人を有する名門で、創立はハーバードより若干遅いが、その伝統はやはり全米随一の大学である。

前おきがすつかり長くなつてしまつたが、私の場合はハーバード大学の計画系大学院に籍を置き、10月から5月にかけては大学院の講義を聞くかわら交通計画、都市地理学等の自主研究を進め、6月から9月にかけては講義が少ないので自分のオフィスでボストン都市圏の都市問題に関する研究を他の数人のスタッフと共に推進した。セミナーで一緒に議論するこの学生は殆んど全員が2～3年の職場経験を有し、州政府、市役所、民間会社で仕事をしているうちに更に高度な学問の必要性を痛感して集まつてきているだけに、熱心であるばかりでなく、議論にも具象性があり、このような人々がアメリカにおける将来の指導者になるのかと思うと全く感嘆するのみである。議論の種はやはり時代を反映して人種問題と環境問題が多く、時には公営住宅の性格上その家賃は必然的に低水準に押えられ、そのため黒人応募者が既に過半数となり、彼等の生活水準や生活態度から推してこれらの公営住宅が短時日の間にスラム化してしまうであろうことは明白であるからである。

私の研究テーマである総合交通体系に目を転じると、ボストン都市圏における交通問題は次の5点に集約されているように思われる。

1. 都心部における駐車難と放射状街路の混雑のため困難となつてきた自動車通勤に代わる新しい交通手段の導入。
2. 年々経営悪化を増大させている公共輸送機関の今後のあり方。
3. 住民パワーの反対のために実現できない、州際道路の市街地乗り入れ。
4. もはや手狭となつたボストン国際空港の拡張と移転の方法、およびその騒音対策。
5. ニューヨーク・ボストン間の高速鉄道の可能性とその経路、および起終点の選定。

これらは何れも我が国における交通問題と非常に類似した点が多く、その意味では日本における交通計画もその問題意識の面では既に国際的であるとも言えそうである

が、対策の面では2～数年の遅れをとっているようにも思われる。例えば、新交通システムの導入についてもボストンでは既に具体的なルートの提案と費用の概算がなされており、一方では都心部の大規模再開発の推進により職住近接が次々と実現されつつある。都区内における住宅の高層化を抑えようとする東京の場合とは全く逆方向にあるのは我々としても多に学ぶべきであろうと思われる。ちなみに、マサチューセッツ州知事もやはり革新系であり、地元の信望は厚い。

1972年にはNAS (National Academy of Science) の基金による大規模な環境調査が始まり、ハーバード大学、MITの大学院生、ならびに地元のコンサルタントが中心となつて自然環境、都市化の実態、資源調査、住居環境、教育環境、交通現況等について巾広い調査を実施している。これは州知事に対する諮問機関という形をとっており、前述の新空港建設問題や州際道路の市街地乗入れに対して微妙な影響を与えることになる。残念ながら筆者はその結果を知るまで滞在できなかったが、何れ入手できれば改めて御紹介したい。

もうひとつ交通関係で特筆しておきたいことはフリンジパーキングである。ボストンでは郊外において新しい鉄道路線を計画する時、必ず大きな駐車スペースを駅に付置してある。費用は連邦政府、州政府の補助金を柱として各鉄道会社が負担しているようであるが、各駅に設けられた200～2000台程度の安い駐車場は都心部への通勤者にとつて何よりも便利なものである。また、これにより都心部における自動車交通の混雑が緩和されることも事実で、我が国においてもこのようなシステムを早く制度化することが望まれて止まない。

さて、この辺で新交通システムの動向について触れておこう。現在考えられている新交通システムのうちしばしば話題をにぎわすものとしてはPRTタイプのものと、Dual Mode タイプのものがある。前者は鉄道に近い機能を有し、後者は自動車としての機能を有する。更に詳しく説明するならば、PRTタイプのものは現在の地下鉄を小型化して他人との相乗りをしなくても済む程度とし、より密な路線網の上で目的地まで停車せずに導いてくれるものである。この種のものは既にウェストバージニア州のモルガンタウンや、テキサス州のダラス・フォートワース空港等で建設中である。何れのケースの場合も特に需要の多い地点間相互を交通網で結んでいるものであり、乗降場所が駅に限定されるため自動車ほどの自由度はない。Dual Mode タイプのものはいわゆる自動誘導装置付きの自動車であり、一般街路上では普通の自動車として、誘導装置付きの道路では自動操縦に切り替えることにより自動操縦車として使用できるものである。このタイプのものは未だ開発途上の段階で実用化には至っていないが、何れ新交通システ

ムの主流となることも考えられる。都市内においては当然ながら小型車両を用いることとなろう。

最後にハーバード大学の研究施設のうち特に印象に残った点について記しておく。ひとつは図書館に備えられたカタログで、件名索引と著者名索引が完璧に整っていることである。例えば、「駐車場」という項を引くと、それに関連した書名や文献名はもちろん、それぞれの本や論文に書かれている内容まで簡単に記されており、更にはワシントンにある国会図書館に所蔵されている物についても収録されているので、参考文献を探すのが極めて容易なのである。しかも、これらは全て最新情報を含んでおり、コピーサービスも行き届いている。土木研究所においても、少なくとも関連分野に関してでもこの程度のことはやりたいものである。

次に便利だったのは電算システムである。ハーバード大学の場合主電算システムとしてはMITにあるIBM 370/155を共同で使用しており、ハーバード、MIT間約4Kmはマイクロエープで結んである。先ずハードの面ではシステム構成が実に便利にできており、ラインプリンターひとつにしてもインチ6行のものとインチ8行のものと2種類が選択でき、後者のものを使用すると行間の空白が狭いため図形(LPの多重打ちによる濃淡図)の出力に最適で、コピーが欲しい時はジョブ・コントロール・カードを少し工夫しておくだけで3重コピーを出力してくれる。また、ハーバード、MITの関連機関がケンブリッジ、ボストン両市に分散しているのであるが、各機関にそれぞれカードリーダーとLPを備えており、入出力はどこの端末からどこの端末へでも自由に選択できるのはグループワークの場合に意外と便利なものであった。ソフトの面でもIBMの一般のサブルーチンの他にSYMAP, SYMVU, SSPS等FORTRANで書かれた特別のサブルーチンがあり、SYMAPは図形の出力用に、SYMVUは立体図形の出力用に、SSPSは統計計算の用にそれぞれ開発されたもので、FORTRANをほとんど知らなくても利用できるように工夫されているのである。また、SSPSを用いると、既にディスクに格納されている各種の最新統計データに直接アクセスすることができ、例えば国調人口と交通発生量の相関関係を知りたい時など、自分でデータを探すことなくデータが得られるのは実に時間の節約に有効であった。このような形でデータを揃える者、電算を運用する者、それらを利用するものが互に独立していながら密接に連絡をとり合い、お互の能率を高めているのは全く羨ましい限りであった。なお、これらのサブルーチンは各300~500ドル程度で市販もされているのである。

以上とりとめもない事を書いてきたが、今後の研究に少しでも役立つことを願いつ

つ筆をおかせて戴く。

1 0. ゆるい砂質地盤の改良工法に関する研究

所 属	機械施工部土質研究室
氏 名	佐々木 康
在外試験 研究機関	ルフォルニア大学土木工学科
滞在期間	昭和46年9月27日～昭和47年9月26日
種 別	長期在外研究員

1 試験研究等に従事することにより得た成果

東京湾環状道路計画、大阪湾岸道路計画等の主要構造物の1つとして海底の沈埋トンネルが計画されている。この種の大規模な構造物を海底に施工した実績はわが国になく、地震の危険にさらされるわが国では合理的な耐震設計法の確立が強く望まれている。またこれらの湾岸部を初めとしてわが国に多く建設されている埋立地は表層がゆるい砂層から構成されており、地震時に流動化を生じ、その上に築造される各種構造物に少なからぬ被害をもたらす危険がある。

この種の問題を解明し、合理的な耐震設計法を確立するためには地盤構成材料としての土の動的性質や、地盤の地震時の挙動を明らかにしておくことが必要である。

紙数の関係で留学中に得た成果をここで詳しく論ずることができないが、以下に土の動的性質、地盤の地震時の挙動の2つの問題について簡単に説明し、最後に日常生活を通じて得た雑感に軽くふれてみたいと思う。

地盤構成材料としての土の動的性質に関する問題は、土が破壊に至る前の応力とひずみの関係、ならびに動的な荷重を受けた状態での強度の問題との2つに大別できる。

地盤の地震時応答の解析などに必要とされる土の動簡性質は破壊に達する前の応力とひずみの関係である。もちろん土の強度や振動による圧縮などの性質が必要となる場合もあるが、一般の地震時応答の計算を取り扱う範囲では土が破壊に至るほどの大きな応力やひずみを生じないと考えられるからである。

土木構造物に大きな影響を及ぼす地震波は主にせん断波であると考えられるので、上述の必要とされる応力とひずみの関係とは土のせん断弾性係数と減衰特性ということになる。

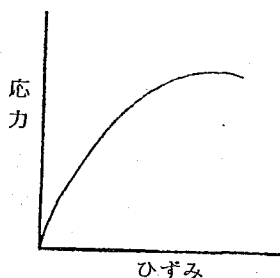
土のせん断応力とせん断ひずみの関係は図-1に示すように非弾性的な挙動を示

し、周期的な繰返し応力を受けるとヒステリシスループを描く。このようなヒステリシスループの持つ一般的な特徴は簡単な数式で表現することはなかなか難しい。

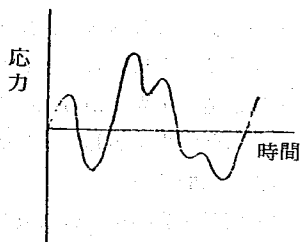
そこで計算に用い易い簡単な形で応力とひずみの関係を表現するため通常用いられる方法は一定振幅の周期的な繰返し応力に対するヒステリシスループの頂点を結ぶ直線の傾きと、このループに囲まれた面積とを用いる方法である。これらはそれぞれ等価せん断弾性係数、減衰比と呼ぶ値に関連づけることができる。

土の種類や状態、応力レベル（あるいはひずみレベル）によつて等価せん断弾性係数と減衰比がどのような変化を示すか、その特性について明らかにしておけばこれらを用いて土の動的な挙動が線形材料と同じ取り扱いで合理的に求められることになる。

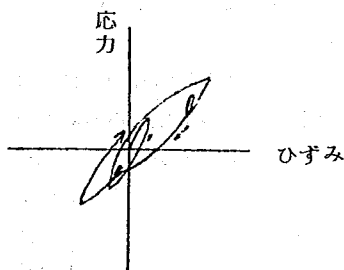
等価せん断弾性係数と減衰比に影響を及ぼす各種の要因のうち最も重要なものは、ひずみレベル、間隙比、拘束圧、静的なせん断強度などである。一般にひずみレベルが大きくなるにつれてせん断弾性係数は減少し、減衰比は増大する。間隙比が減少し土が密になるにつれて両者とも大きくなる。拘束圧が増すとせん断弾性係数は大きくなる。しかし土の種類や状態によつてせん断弾性係数の値はかなり広い範囲にわたつて変化する。それでこのような特性をより定量的に表現するためには非常に小さいひずみレベルにおけるせん断弾性係数を G_{max} とし、土の種類や状態による特性の比較は G_{max} について行ない、ひずみレベルの変化にともなう特性については G_{max}



(a) 応力とひずみの非直線性



(b) 周期的な繰返し応力



(c) ヒステリシスループ

図-1 土の応力とひずみ

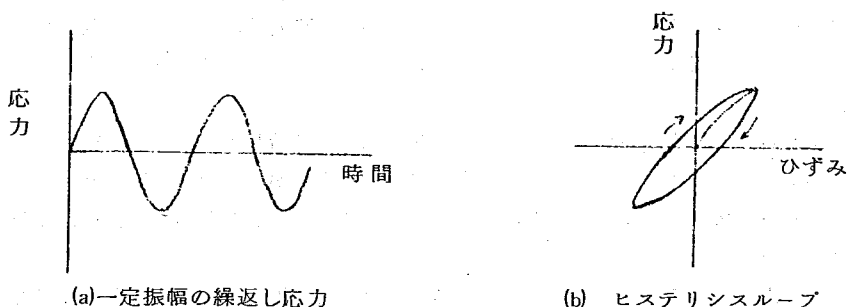


図-2. 一定振幅の繰返し応力とひずみ

で正規化したせん断弾性係数 G/G_{max} について行なうと便利である。いいかえるとひずみレベルによる影響と、その他の要因による影響とを分けて取り扱うことによつてこれらの影響が明確に表現できる。

土の減衰比についても同様の正規化を行なつた D/D_{max} を用いて比較することもできるが、減衰比の値はせん断弾性係数ほど広い範囲にわたつて変化しないので、実用的な目的のためにはこのような取り扱いをする必要がない。

このような考え方にしたがつて砂および粘土の正規化した等価せん断弾性係数と減衰比を図示すると図-3に示すようなものが得られる。このような値を用いることによつてひずみレベルに依存した土構造物や地盤の地震時の挙動をより合理的に求めることができる。しかし、現在までに得られている情報は砂か粘土またはシルトについてのものが大部分であつてレキやレキ混り土についての情報は非常に少ない。この点に関してはさらに今後の究明にまたなければならない。

ともあれ、現在までに明らかになつてきているこのような土の動的性質と後に述べる応答解析手法を用いて、たとえば埋立地などの砂質地盤の地震時の挙動を明らかにすることができ、さらにまたその結果に極限強度の概念を付加することによつてこのような砂質地盤が地震時に流動化するか否か合理的に予測することが可能になるわけである。

さて地震時の地盤の応答を求める解析手法は用いる力学モデルによつて集中質量系を想定する方法、地盤を連続体として扱いその中を伝わる波動について解析する方法および有限要素法を用いて連続体を分割し解析を行なう方法の3種類に大別できる。また数学的な取り扱い方という別の観点から解析方法を区別すれば直立微分

方程式を連立しない方程式系に変換して独立した個々の微分方程式の解を求めるいわゆるモーダルアナリシスと、フーリエ変換を用いて時間領域において表現された微分方程式系を周波数領域系に変換して解を求める方法の2つに分けることもできる。

解析を行なおうとする地盤において土の層が水平に堆積している場合には集中質量系のモデルや波動伝播理論を用いる方法が有効であるが層が傾いていたりサンドレンズを含んでいたりする複雑な形状のときには有限要素法を用いた解析を行なわなければならない。

いずれかの方法を用いることによつて基盤への入力地震波が与えられた場合に地

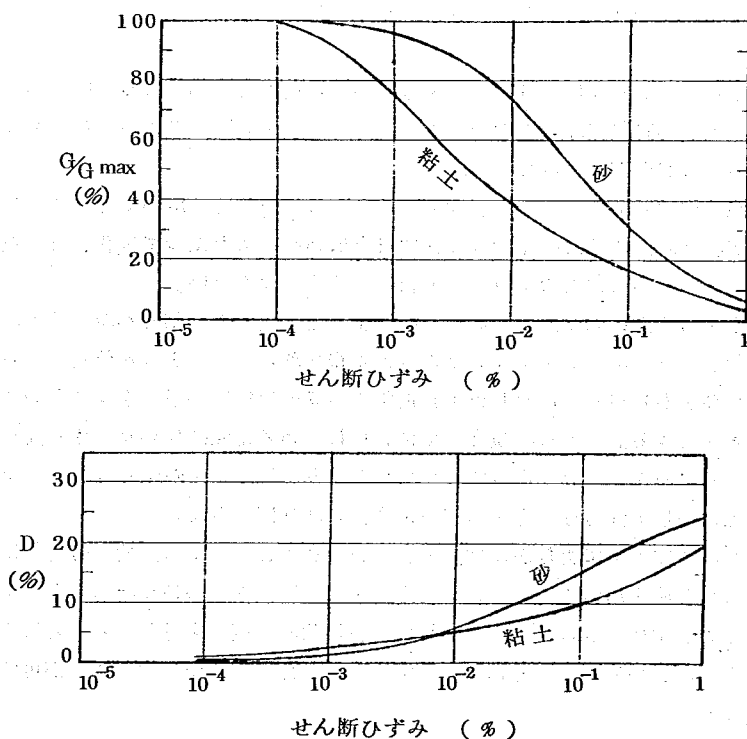


図-3 ひずみの大きさによる G/G_{max} 減衰比の変化
(Seed and Idriss による)

盤表面における地震動を求めることができる。地盤表面における地震動は基盤への入力地震波、土の厚さ、土の種類により異なる。

工学的に重要な地震動は一般に水平動である。上下動も時には重要であるが、一般に構造物は少くとも重力加速度を常時受けこれに耐えられるよう造られていること、上下動の成分は水平動にくらべて一般に小さいこと、上下動の周波数は水平動にくらべて高く、一般の構造物の固有振動数より高くなることが多いことなどによる。それで、上述のいずれの解析法でも地震波は鉛直上方に伝播するせん断波としての取り扱いをする。

先に土の応力とひずみとの関係は非線形的であつて、とくにせん断弾性係数はひずみの大きさによつてその値が大きく変化することを述べた。これを解析にうまく取り入れないと得られた結果は現実とかけ離れたものになつてしまう。せん断弾性係数と減衰比のひずみ依存性を示した図-3を用いて繰返し計算を行ない、ひずみに適合した値を選ぶことによつて非線形材料を線形材料として取り扱いながらもこのような土の特性をもち込んだ解析が行なえるようになってきている。

学術的にはさらに今後の究明にまたねばならぬ点もあるが、留学中に習得したこのような手法と情報とが、埋立地を含めて一般の地盤の上に造られる構造物の合理的な耐震設計法を確立するために大きな助けとなるものと信じている。

2 留学中に得た雑感

—これから留学しようとする方々への参考のために—

日常生活を通じて折にふれ経験したことの一部や、米国内の研究機関への訪問記などは雑誌^{1), 2)}に投稿してあるので日常の生活や住居に関する点については多少参考になるものと思われる。ただ国が違つて風俗習慣が異なつていても真、善、美の基準は各国共通するものがあるという極く当り前の事に気付くことのできたのは筆者にとつて幸いであつたことをここにあらためて付記しておきたい。

留学期間の長短に関しては受入れ機関における滞在中の地位とも関連する問題であつて現行制度に対する批判は慎重に行なうべきであろうが、筆者の経験では滞在期間がもう少し長ければ成果がより大きかつたのではないかとも思われる。これは異国での生活に慣れ、研究施設にも慣れるのにかなりの時間が必要であることに加えて、手紙のやりとりや学会誌その他の論文の交換では埋めることのできない研究の進展度のギャップを克服することにも時間が必要であることによる。新しい知識を吸収消化しさらにこれに基づいて創造的發展をなすには一年間という時間は決して

十分な時間ではない。

願わくば半年あるいは1年間の滞在期間の延長がこの制度に将来とり入れられることが望まれる。

最後に筆者にこの機会を与えて下さった関係各位に厚くお礼申し上げておきたい。

(参考)

- 1) 『カリフォルニア大学での生活』 土木技術資料Vol.14 №5号、1972年5月。
- 2) 『アメリカにおける動土質に関する研究の現状』 土木技術資料Vol.15 №1

1 1. 電子計算機による橋梁の設計システムに関する研究

所 属 構造橋梁部橋梁研究室
氏 名 藤 原 稔
在 外 試 験 英国ラフバラ工科大学
研 究 機 関 GENESYSセンター
滞 在 期 間 昭和46年12月29日～昭和47年12月28日
種 別 長期在外研究員

1 日 程

昭和46年12月29日 羽田発
12月30日 ロンドン着
昭和47年 1月 1日 ラフバラ着
1月 3日 (ラフバラ工科大学のGENESYSセンターにおいて)
研究に従事
11月24日
12月22日 ラフバラ発
12月27日 ロンドン発
12月28日 羽田着

2 研究に従事した機関の概要

GENESYSセンターのあるラフバラ工科大学は、イングランドのほぼ中央レスターシャーの人工4万6千のラフバラという町にある。この工科大学は古くからあつたガレツジを母体として1966年にできた新しい大学であり、化学工学、化学、土木工学、経済、教育、電子電気、生産工学、エルゴノミックスおよびサイバネティックス、ヨーロッパ学、図書館学、管理、材料工学、数学、機械工学、物理、社会、輸送工学の17学科を有し、学生数は1971年現在で学部2,188名、修士および博士課程562名であつた。

GENESYSセンターはGENESYSシステムの開発のために政府が出資して設立した機関であり、建物は大学の構内にあるが大学の組織とは独立している。しかしその職員は図書館、コンピューターセンターその他の施設を大学の職員と同様に利用

することができる。職員の数は設立後間もないせいもあつて当時筆者を含めて14名であり、その内訳は所長1、海外担当1、管理運営部門2、技術部門8、秘書2であつた。したがつて技術的な仕事に関するかぎりかなり弾力的に仕事を分担しあつていた。

3 研究機関での成果の概要

(1) はじめに

橋梁の設計分野においても他の分野と同様電子計算機が頻繁に利用されているが、その反面、(1)どのように用いれば最大の効果が得られるかということと、(2)求められた結果の信頼性の判定とそれに対する責任体制はどうあるべきかという大きな問題をかかえている。構造物の設計分野では類似の計算を行なう機会が非常に多いので、それらをできるだけ簡単な手順によつてだれもがミスのない計算のできるいわゆる大型汎用プログラムの開発がこれまでに各国でさまざまな形で試みられてきた。

英国では政府が委員会を設置して建設産業における電子計算機利用の現状と将来のあり方を調査し、その結果にもとづいて資金を出してGENESYS (General Engineering SYstem) と大型汎用プログラムの開発を行なつており、将来は構造工学の分野にとどまらず広く工学の各分野に有用な数多くのプログラムを保有し、利用者に提供する計画のようである。なお、GENESYSの詳細については、「GENESYS - 英国における汎用プログラム開発の試み -」(藤原稔、'道路'、昭和47年10月号)に述べられているので、これを参照されたい。

(2) GENESYSの目的

ある技術者がある問題を解こうとする場合、その問題の完全な解を得ることと問題を解くに要する労力を最小限にすることはつねに要求されることではあるが、この2つは相反することでもある。しかし比較的類似の問題が数多く解ふれる場合にはこの相反する2つの要求をできるかぎり満たすものとしていわゆる大型汎用プログラムの構想が生まれてくる。GENESYSもこのような要求のもとに生まれたものである。

このGENESYSが目的としているのは数多くの試算によつて正確さが証明され、利用者のための仕様が完全に整備されたプログラム群のライブラリーを保有し、これを利用者に提供することであり、そのシステムにはつぎの点が要求され

ている。

- (a) 利用者が計算をコントロールできること。
- (b) プログラムは機種に関係しないこと。
- (c) 入出力形式が標準化されていること。

(3) GENESYS の概要

GENESYS は GENESYS とよばれる 1 つのマスタープログラムと数多くのサブプログラムとか構成されている。マスタープログラムはもつばらサブプログラムの選択や主記憶装置とバッキングストア間のデータのやりとりなどを行なうためのものなので、具体的な問題を解くには 1 つのマスタープログラムといくつかのサブプログラムが必要であるが、サブプログラムは利用しやすいようにいろいろの目的に沿って数個のサブシステムにまとめられている。GENESYS センターが昨年 9 月 26 日を期してサービスを開始した第 1 期分のサブシステムはつぎの 5 つである。

- (a) RC-BUILDING/1
- (b) FRAME-ANALYSIS/1
- (c) BRIDGE/1
- (d) SLAB-BRIDGE/1
- (e) HIGHWAY/1

したがって、実際に問題を解く場合には 1 つのマスタープログラムと 1 つのサブシステムを用いることになる。

GENESYS の中のすべてのサブプログラムは FORTRAN を改良した GENTRAN という言語で書かれているが、利用者はこれらの知識を必要とせず、用いようとするサブシステムのマニュアルに示されたとおりにデータを記入してゆけばよい。GENTRAN という言語の採用によつて前述した 3 つの目的が達成されたといえる。また GENESYS が対象としている電子計算機の規模は、最小コアメモリーサイズが 24 ビットワードで 32 K、バッキングストアとして 4 本のマグネチックテープまたは 1 つのディスクを有する程度の中型機である。

(4) 英国内における GENESYS の利用方法

英国内において GENESYS を利用する者は、若干の会費と使用料を支払つてつぎのカテゴリーのいずれかに属して利用することになる。

- (a) 計算ビュローを通じて利用する者
- (b) 各社において利用する者

(c) 計算ビューロー

(d) 大学その他の教育機関

(e) 非会員

(5) GENESYS センターの役割

GENESYS センターはその第1期目標である5つのサブシステムを完成し、昨年9月26日からそのライブラリーの保守改良、利用者への技術サービスを開始した。今後はこれらの業務に加えて第2期目標である各種サブシステムの開発も行なつてゆくようである。

また同センターは海外に対するマーケティングにも力を入れているが、この場合英国内における同じようなきめ細かいサービスを広く海外に対して行なうことは意図しておらず、各国の適当な機関に GENESYS を売渡し、その機関にその国の中で GENESYS センターと同じ働きをしてもらうことを期待している。

(6) GENESYS の今後

これまでに述べたように GENESYS は今後そのライブラリーの内容を一般の工学の分野にまで拡大充実させてゆく計画である。1970年1月に同センターが発足してから現在までの資金はすべて政府 (Department of Environment) が出してきたが、今後の成否を判定する意味で、政府は同センターが資金的に独立できるまでの余裕として発足時から1975年末までの5年間を与えている。したがつてその時点での成果をみて GENESYS の方向があらためて検討されることになっている。もちろん政府自体としても今後 GENESYS をその業務に優先的に使用する方針であることはいうまでもない。

(7) 設計システムの問題点

構造物の設計計算そのものおよびそのチェックの煩わしさを解消してだれもが少ない労力で合理的な構造物を設計できるという意味においては、GENESYS のような大型汎用プログラムの開発および実用化は非常に有意義なことである。しかし、GENESYS を例にとるまでもなく、電子計算機の特徴を十分に生かした、だれもが簡単な操作で利用できる、しかも結果に信頼性における設計システムというものは、その開発および実用化に多大の労力と費用を要することは明らかである。したがつてこのようなシステムを開発する際には、どの程度のものを作るかを完成後のメリットと開発に要する労力と費用を考えあわせて判断しなければならない。また開発には日時を要するので、計画時に目標としたものと完成

時に要求されているものが異なってしまう場合もありうる。さらにこのような大型システムはその目的からいつて全国的な規模で利用されなければその意味が薄れ、また一度実用化されると、この方面での技術の向上が停滞することも考えられる。

大型汎用プログラムによる構造物の設計システムを開発し実用化しようとする場合には、事前に現状および将来のあるべき姿を十分に調査して出発する必要がある。

4 研究機関以外での研究活動

(1) 滞在中に出席した主な会議

- (a) 箱げた橋に関する会議、4月25日、英国土木学会、ロンドン、英国
- (b) 第9回国際橋梁構造工学会議 (IABSE)、5月8日～5月13日、
RAI、アムステルダム、オランダ
- (c) 電子計算機を用いた構造設計に関する国際会議、7月10日～7月14日
ウォーリック大学、英国
- (d) 第4回地震工学ヨーロッパシンポジウム、9月5日～9月7日、インベ
リアルカレッツ、ロンドン、英国

(2) 箱げた橋に関する情報

この2～3年の間にイギリスやドイツなどでつぎに示すような鋼箱げた橋の架設中の事故が起きており、世界の橋梁技術者の関心を集めている。

- (a) 1969年11月6日、新ウインドナウ橋、オーストリア、ウィーン市、
ドナウ川
- (b) 1970年6月2日、ミルフオードヘヴン橋、英国、ウエールズ、
Gledau 川
- (c) 1970年10月15日、ウエストゲート橋、オーストラリア、メルボル
ン市、ヤラ川
- (d) 1971年11月10日、コブレンツ橋、西ドイツ、コブレンツ、ライン
川

とくに英国で起きた(b)のミルフオードヘヴン橋の事故については英国政府が Dr. A.W. Merrison を長とする事故調査委員会を作り、事故原因を追求するとともに箱げた橋の設計指針の作成にあたっている。筆者は滞在中にこれらの事故および設計指針に関する多くの情報を入手することができた。これらのうちの一部は

すでに技術雑誌（橋梁と基礎）に速報的につぎのように報告されている。

- (a) 1972年6月号、pp.29～31, 「Koblenzの落橋事故に関するイギリスの新聞記事の2, 3から」
 - (b) 1972年9月号、pp.27～31, 「Merrison 委員会中間報告書発表以後のイギリスの新聞記事より」
 - (c) 1973年4月号、p.43 「イギリスのBerkshire 州のReading 近くのWoodley におけるLoddon川上の橋梁工事の事故（24/10/'72）」
- なおMerrison委員会による鋼箱げた橋の設計指針については上記雑誌に今後数回に分けて連載される予定である。

5 あとがき

筆者は実務を通じて研究にあたるという条件のもとにGENESYS センターに入つたため、仕事の上で他の同僚と歩調を合わせなければならず、その意味で自由な調査研究がいくらか拘束された。この点で受入れ機関との密なコンタクトとさらに自分の考えの相手に対する強い説得力の必要性が痛感された。しかし筆者がGENESYS センターに滞在した期間は同センターの業務がもつとも進展した時期にあたつていたため、いろいろなことを手がけたり多くのものを得ることができた。

筆者が研究に従事した機関は通常の大学官公庁その他の研究機関と異なつた性格のものであるので、今後だれかが同所に行つたとして同じことが経験できることはないように思う。したがつて研究機関について参考になる事項はあまりないと思われるが、留学中の日常生活において出てくるいろいろな事柄については、イギリスに滞在して」（藤原稔、'土木技術資料' 15-2 昭和48年2月）を参考にしたい。

最後に筆者をVisiting Staffとして受入れて下さつたDr.R.J.Allwood 所長はじめのGENESYS センターおよびDepartment of Environment の関係各位に感謝の意を表すとともに、このたびの在外研究の機会を与えて下さつた科学技術庁、建設省、土木研究所の方々にあつくお礼申し上げる。

1 2. 都市および地方部道路の線形に関する研究

所 属	交通安全研究室
氏 名	満 田 喬
在 外 試 験 関 係	西ドイツ・ミュンヘン工科大学、交通計画および交通工学研究所
滞 在 期 間	昭和47年2月28日～昭和48年2月21日
種 別	長期在外研究員

1 日 程

昭和47年	2月25日	離日
	2月28日	西ドイツ・ミュンヘン工科大学交通計画工学研究所 で研究
	3月28日	ミュンヘン工科大学電子計算機センター見学
	4月29日	ハノーバー国際見本市において整図機械、建設機械 電子計算機関連機器の見学
	5月30日	ミュンヘン工科大学鉄道・舗装試験所見学
	6月16日	オーバーバイエルン地方のザイルバーン見学
	6月10日	ミュンヘン市内高速道路にて交通量測定
	6月20日	フランクフルト快速鉄道工事現場見学
	6月21日	フランクフルト国際飛行場にて飛行場における舗装 について講義を受ける
	7月7日	ミュンヘン市内街路の交通環境施設の見学
	8月10日	ミュンヘン市内で交通量測定
	9月20日	ドイツ空軍滑走路舗装見学
	11月5日	インスブルックとバートルツ間の高速道路の見学
	11月15日	ドルシュ・コンサルタント社およびデイカーホフヴ イドマン社訪問
	11月23日	テンボフンデルト計画によるミュンヘン郊外の交通 量測定
	11月30日	クラウス・マッフアイ社のリニアモータ列車見学

昭和47年12月7日 カールスルーエ大学のダナー教授による交通事故分析に関する講演

12月28日 ウンターウルクハイムにあるダイムラーベンツ社
横風装置見学

昭和48年1月11日 ドルシュ・コンサルト社において線形設計についての討論

1月24日 リスボン国立土木研究所見学

1月26日 バリ道路安全協会訪問

1月29日 ダブリン建設計画研究所訪問

1月31日 英国道路研究所のテストコース見学

2月2日 オランダ道路安全研究所訪問

2月6日 オスロ道路課訪問

2月7日 スウェーデン国立道路研究所

2月14日 ウィーン工科大学にてスリーバ教授にスリパーフェンスについて説明を受ける

2 滞在した機関名とその概要

ミュンヘン工科大学はバイエルン州の首都ミュンヘン市では唯一の工科大学でその歴史はバイエルン州各地にあつた種々の大学を集めて1877年にミュンヘン工科大学と正式に名づけられたものといわれる。第一次、第二次世界大戦を通じて85%は破壊されたが、ドイツの奇蹟的復興と共に再び立ち上がり、最近では6学部、168の研究所、約8400人の学生および約5700人の教職員が働く総合工科大学として今日に至り、1970年8月1日にはこれまでTechnische Hochschule Munchenという名称をTechnische Universität Munchenと改めて名実共に総合工科大学と呼ぶにふさわしい充実ぶりである。現在の6学部には一般科学部、建設工学部、機械および電気工学部、農業および造園学部、醸造および食品学部があり、この他に電子計算センター、図書館などの付属施設がある。

建設学部は土木工学科と建築学科とから成っており、土木工学科には天体および地球測量、構造力学、建設材料および製作材料、交通路建設、測量学、基礎および土質力学、水理学、コンクリート工学、材料試験所、鋼構造、写真測量および地図、建設構造および木構造、アスファルト材料試験、トンネルおよび建設機械、都市計画および交通工学、応用水理学、上下水道および健康工学の17講座から成りたつ

ており、この講座がそのまま一つの研究所となつている。筆者の属していた交通計画および交通工学研究所の組織について示すと一人の正教授のもとに工科大学講師、大学講師、大学委員、上級技術者、科学助手、科学協力者という名称で呼ばれる先生方20人で構成されており、この他に事務室と整図室で働く女性の事務員よりなつている。したがつて学生の講義の時間にはこれら多くの研究所から2~4人程度がテーマに応じて交代で講義をされ、一人の講師の講義中は他の先生はスライド、映画等の準備をし、講義中にはいつでも投映できる態勢にある。

この研究所で行なわれている研究課題としては交通計画、都市計画、公共近距離交通機関の計画・建設・運用・交通施設の交通容量、交通路の計画と建設に関する数理、統計および電子計算機による解析、交通騒音、環境衛生、飛行場計画等である。

3 研究内容および研究成果

(イ) インターチェンジおよびランプにおけるウィーピングの形態について

道路のインターチェンジおよびランプにおいてはウィーピングがしばしば現われ、その必要距離についてはわが国の道路構造令解説にも一応は説明されている。しかし現実に現われるウィーピングの形態はかなり多種多様であつて合理的な値を規定するまでにはかなりの配慮を必要とするものが多い。いま流出入ランプの形態についてとりだしてみると図-1のようになる。これらの型の組合せによつて種々な形のウィーピングの型が生ずるわけであるが、これを大別すれば重ね合せ型、交差型、二重織込型の3つのタイプに大別できよう。この型が実際の道路にあらわれる場合を示してみると図-2のようになる。これらの長さについては現在のところまだ規準は作られてはいないが、車線変更過程に必要な距離と標識情報を読み取るのに必要な距離とから計算すれば車線数および交通量に応じて

交差の場合の最小ウィーピング長 210m (1800台/時)

2重織込 " 160m (1800台/時)

となる。しかしこれらのウィーピングの型に対する実情にあつた適確な解答は現在のところまだ与えられておらず、今後更に理論計算と経験とを組合せることにより研究を進める必要がある。

(ロ) 連続ランプ間の距離について

ランプにおいても分岐、合流する場合によくウィーピングの問題が生じる。ランプが連続して存在する場合のウィーピング長は設計速度、反応時間、車線変更挙動に応じてどの程度の値が必要となるかを計算してみた。この結果をランプお

距離に対する 標 示	ウィーピングが行なわれる区間長	
1 標 識 2 3	L_1^u L_2^u L_3^u	重 ね 合 せ
4 5 6 7 8 9 10 ウィーピングを示す 標 識	L_1^v L_2^v L_3^v L_4^v L_5^v L_6^v L_7^v	交 差
11 12 13 14 15 車線変更を示す 標 識	L_1^D L_2^D L_3^D L_4^D L_5^D	2 重 織 込

図 - 2 ウィーピングの形態

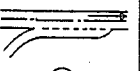
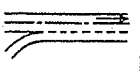
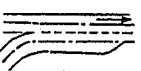
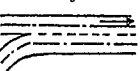
オ1ランプと本線 流入のタイプ		E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	信号制御別 交差点
オ1ランプ 流入のタイプ		 (R)	 (R + M)	 (R)	 (R)	 (R)	(V)
ER ₀	50 km/h 60 70	① 30 ~ 60 40 ~ 70 (R) 40 ~ 80		② 30 ~ 60 40 ~ 70 (R) 40 ~ 80			
ER ₁	50 km/h 60 70		③ 65 ~ 100 75 ~ 125 (R) + (M)		④ 30 ~ 60 40 ~ 70 (R) 40 ~ 80	⑤ 30 ~ 60 40 ~ 70 (R) 40 ~ 80	160 m ワイーピング
ER ₂	50 km/h 60 70		⑥ 65 ~ 100 75 ~ 125 (R) + (M)		⑦ 30 ~ 60 40 ~ 70 (R) 40 ~ 80	⑧ 30 ~ 60 40 ~ 70 (R) 40 ~ 80	
ER ₃	50 km/h 60 70						⑨ 160 x 2 m 二重ワイーピング
ER ₄	50 km/h 60 70		⑩ 65 ~ 100 75 ~ 125 (R) + (M)		⑪ 30 ~ 60 40 ~ 70 (R) 40 ~ 80	⑫ 30 ~ 60 40 ~ 70 (R) 40 ~ 80	
ER ₅	50 km/h 60 70						⑬ 160 x 2 二重ワイーピング

図-3 連続ランプ間に必要な距離

よび本線の型に対して分類して示してみると図-3 のようになる。この計算の基礎としてウィーピング距離算出に必要な反応時間④、挙動時間④の合計として最小5秒、希望値8秒からもとめたものである。この値は計算から求めたものであつて、ドイツに現存する道路の値と比べてもほぼ妥当なものであるが、一つの規準として取扱うまでにはまだ検討すべき問題があるようである。

イ) 交通量に対するランプの型について

ランプを設計するにあたり既知の条件は本線およびランプの交通量である。しかし今かりに交通量が知られていても、どのような形態のランプにするべきかという問題に対しては必要であるにもかかわらず、これまでわが国では指針となるものが与えられていなかった。この問題に対してはここでも明確な解答とはなっていないが、一つの方針として図-4 に示す方法を提案したい。図に示す縦軸はランプの交通量であつて、横軸は上から順に本線が1車線、2車線、3車線の場合の交通量である。

この図も上記の多様なランプの各々があてはまるようなものに改良しなければならず、まだ多くの問題があるが、今後追求すべき一つの指針の方向ではあろう。

4 訪問した各国研究所で行なわれている研究について

(1) ダイムラー・ベンツ研究所(西ドイツ)

シュツットガルトの郊外にある世界的に有名なベンツ自動車会社の研究所では乗用車に及ぼす横風の研究が行なわれている。これまでに行つた34の自動車の実験からいえることは必ずしも小型車が横風に弱いのではなく、その形と重心位置に大きく左右されるようである。したがつて自動車の形並びに横風に対する防止施設の研究が望まれる。横風装置をしては送風機16基であつたか担当者の話では20基、できれば倍の32基ほしいということであつた。風速は20 m/secでほぼ満足。煽風機のボックスの外側にある可動式案内羽根は意味がないとのことである。この装置は乗用車のみのテスト用としたがバス、トラックなどの大型車の場合には2階建の送風装置としなければならない。

(2) 国立土木研究所(ポルトガル)

太陽の明るい相当広大な敷地に約1000人の職員が働くダブリンにある土木研究所は特に水理関係において世界有数の施設と研究を誇る研究所である。著者の交通工学関係では交差点および曲線部の事故解析を主に行なつている。事故の

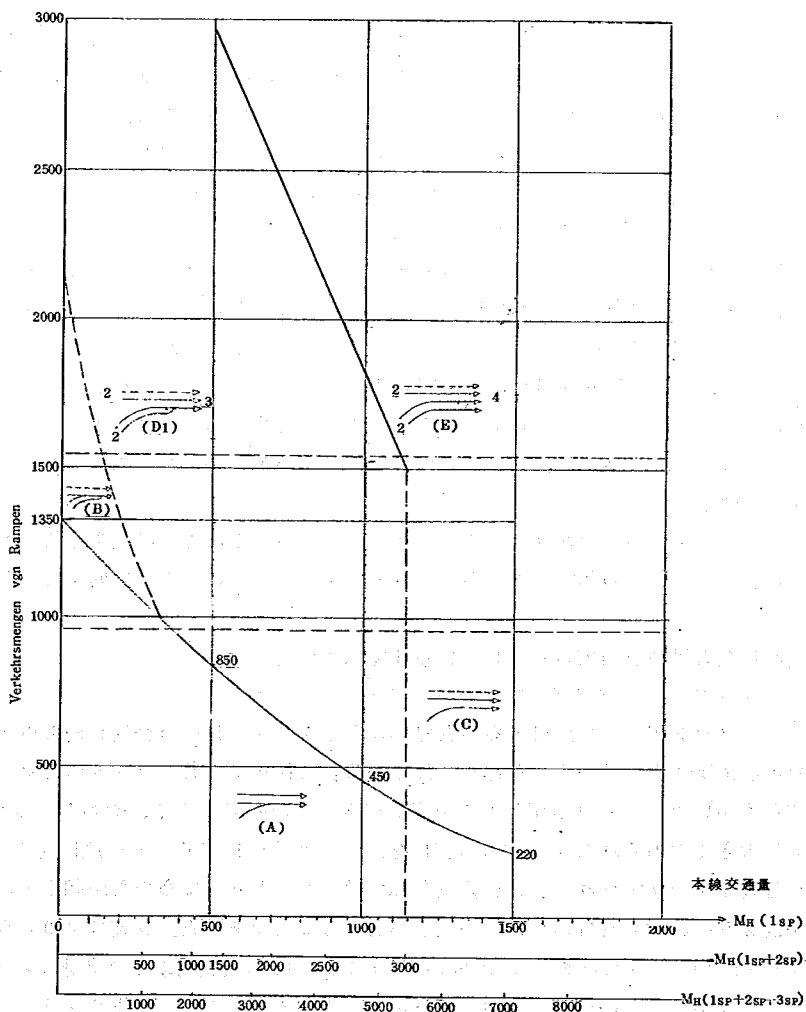


図 - 4 本線ランプ交通量による交差形状

多い地点をとりだして分類し、45曲線、15交差点の半径、縦横断、視距を調べ、目下検討中である。ポルトガルは歴史の古い国で中世からの右ダタミの街路が多く、この間にたまる水によりスリップしてよく事故が発生するそうである。他に騒音の研究もやっているが、日本ほど緊迫した問題ではなく、のんびりやっているようである。

(3) 国立道路安全研究所(フランス)

パリの町はずれにあるこの研究所では道路の空気力学について研究をやっている。これは橋梁上での風圧による研究で模型を使つての風洞実験である。もう1つは横風を盛土部の法勾配によつて軽減しようとする試みである。これも風洞による模型実験であるが、法を単なる盛土支えとしての役目だけでなく横風問題の解決の1策としているのは興味がある。

(4) 英国道路研究所

ロンドン郊外のクロウソンにある英国道路研究所は日本で想像していたものよりはるかに大規模で近代的な施設である。この研究所は職員数2000人で他の国からかなり多くの研究生も受け入れている。筑波学園都市に建設される試験走路の参考といつた目的で見学したが、試走路の中央に設置されている大きい見張塔、コンクリートブラント、宿舍などが印象的であつた。

(5) 道路安全研究所(オランダ)

ハーグの郊外にあるこの研究所は比較的小じんまりした建物である。ここでは色々な研究をやっているが、特に交通安全という点からガードレールの実験について説明を聞いた。ここでテストをしているガードレールは二重ガードレールでこの支えを変えたり、斜のバーを入れたりする種々の改良型についてテストをしている。

また有名なオランダの自転車道について質問したがオランダは埋立地で土地が平坦であり、かつ道路巾が大きいので自転車道は有利だが、日本のように地盤沈下の大きい起伏のある町では疲れて、どの程度の実用性があるか不明である。しかし日本の場合でも地域を限つて自転車道を設けることは意義があろう。

(6) オスロ道路建設局(ノルウェー)

道路の線形設計を自動化するために色々な試みをやっているが、この問題はやはり困難らしく、現在のところ与えられた条件にもとづく線形計算を電子計算機にやらせているにすぎない。しかしクロソイドの曲率図と共に路線に沿つた視距の図を連続的に描いているのは興味がある。ここでは雪の問題が重要な課題であ

って、この問題を交通安全の立場からもっと詳しく聞きたかったが、時間が足りなかったのが残念である。

(7) 国立道路研究所 (スウェーデン)

この研究所もかなり大きいものであるが訪問した部ではモデルによるセミトレーラーの軌跡、スベリ摩擦およびハイドロブレーニングの研究をやっていた。研究所には大きい工作機械群が併設され装置は全て自家製であり、ここで開発した実験装置がフィンランド、ノルウェー、ドイツ、アメリカに輸出され、アメリカではN A S Aの飛行走路の標準スベリ測定装置に認定されたと誇っていた。セミトレーラーのモデルも同じく自家製で1つのモデルを完成させるのに20数回やりなおしたと聞いて驚いた。ハイドロブレーニングのテスト装置は長く続く水路に実験輪を走らせてテストする形式のものである。

(8) コンベルタ (フィンランド)

フィンランドには紙製のフノーフェンスがあつて製品価額、取付費用、輸送費、報管費などを総合すると非常に使用価値があるフェンスだとのことで政府も奨励しているようである。

(9) ウィーン工科大学 (オーストリー)

この大学ではスリバー教授から彼の開発したフェンスについての説明を受けた。このフェンスは金網のフェンスであるが一般のガードレールと同様に使用できる。このフェンスの目的が一般のガードレールの役目の他に金網であることを利用して対向車の眩感防止、人間や動物の侵入防止などを兼ねているのは興味のあることである。

5 ドイツの街路と自動車道路について

ドイツの道路がわが国の参考になる点を述べてみたい。

初めてヨーロッパに到着した日本人が誰も感心することは全ての道路が各々名前をもっていることである。この表示方法は非常にわかりやすい。場所を示すにもわが国のようにブロックごとに区分けして示す方法よりはるかに短かくてすむ。日本流に言えば東京都〇〇通〇〇番地でこと足るのである。日本のように入り組んだ通り、大きくなりすぎた都会ではこのような表示方式は不可能かも知れない。しかし非常に参考になる表示方式ではある。

次に都内に歩道橋といつたものは非常に少ない。その代り地下道があり、階段と並んでエスカレータが人がその上に乗ると動きだすシステムで、これなら疲れた歩

行者も横断するのが苦にならないし、身体障害者にとつても大きな喜びであろう。

第3に都内に高架の高速道路が非常に少ない。したがって排気ガスが上から降ることもないし、他人の家をのぞくこともない。また騒音も少ないし、日照権の問題もない。

第4標識関係は極めて統一がとれている。都心ではほとんど全ての道路に優先、非優先の格がつけられている。標識はわが国のものに比べてかなり大きいし、内部照明式が多く、あたりまえのようであるが、標識をたどれば地図をみなくても行けるほど親切に案内している。しかも矢印一つにしてもさすがにレタリングの発達した国だけあつて、そのフォームがきわめて美しい。信号は非常に低くとりつけられているので車内から見やすい。

第5にあたりまえのことであるが全ての道路には歩道がつけられており、歩道のない所は歩行者が通つてはいけなないのである。旧市街の中にはかなり巾員の小さいものもあるが、歩道があるのと、ないのとでは安全の上から大きいちがいが出てくる。

第6にかなり自転車道が発達している。交差点における配置などわが国では大いに参考となるであろう。しかしヨーロッパ特有の平坦な土地だからこそ実用性が高いのであるが、地盤沈下のはげしいわが国で、起伏の大きい下町では疲れも大きくなるので地区を限つて実施するべきであろう。

第7にガードレールはほとんど二重ガードレールであり、照明施設からゴミ箱まで高価な亜鉛メッキを施している。

第8に中央分離帯が予想以上に巾が広い。そのためこの部分に植樹が楽にでき、対向車眩惑されることも少ない。

6 今後在外研究を行なう者に参考となる事項

生れて初めて長い期間外国で生活する日本人留学生にとつては生活、風俗、習慣の相異にかなり戸惑うのではないかと思う。以下に生活上の数多い注意点の中から特に大切と思われることについて記してみたい。

- (1) まずはじめによい先輩を選んでその人から十分情報を得ることである。誰でもやると思うことであるが、意外に忘れていることが多い。できる限り事情をよく調べておくこと。また先輩諸氏は後輩のために親切に教えなければならない。
- (2) 下宿の契約書にはサインをする前に熟読すること。日本語で書かれたものであつても契約書というものは読む気がしないものであるが、残り6ヶ月の留学期間

に下宿を変つたが、もし、うつかりサインしていたら自動的に一年間契約になるところだつた。この他注意事項が多いのでよく読むこと。

(2) 帰国前の知人から不用物品を安く引き継ぐこと。これらの品物は売れば安い、買うとなると相当高い。あちこちよく調べて特に帰国前の日本人をさがすのがよい。日本式の食器類は他ではなかなか手に入れるのがむずかしい。

(3) 企業、研究所、大学、見本市めぐりをすること。外国で観光も2~3ヶ月もすれば多分飽きがくと思う。将来の研究のため上記の所を訪れ、じかに目でみることは、たとえばで知つていても色々参考になることが多い。このためには日本にいる間から連絡をとり、訪問して色々見聞してくるとよい。

(4) 旅行保険は通院、投薬には通用しない。これについては保険会社によく聞き、任地であわてないようにしておくこと。保険は高級カメラなどの貴重品にはかけた方がよい。

(5) 語学は日本で十分やり、現地ではそれ以上やること。向うへ行けば何とかなると思っていたが、よほど努力しないと一向に上達しない。日本では下手に話すとはずかしい気になるが、ヨーロッパでは外国人が多いため下手にしゃべっても笑う人などいない。それより語学が下手だと圧倒的に不利になる。20年もドイツにいていまだに十分ドイツ語の話をしない中国人の話を聞いたことがあるので十分努力すること。

(6) 自動車免許をとるつもりの人にはできる限り早くから始めること。日本では帰国前3ヶ月以前にとつたものでない限り通用しないからである。

(7) 荷物は往復とも重量制限以内の範囲で何個にもわけて郵便で送ること。運送屋にたのむと非常に高いうえに通関を頼むと更に高くなる。通関は自動車の使える人なら自分ですること。

(8) 専門の人でない限り軽い安いカメラをもつて行き、高級一眼レフはもつて行かない方がよい。旅行中カメラが重いと非常に苦痛である。またできれば軽い8%はもつていつた方がよい。像が動くのと動かないのでは迫力も変つてくる。

この他注意すべきことは多くあるがくれぐれも先輩の意見にもとずいて慎重に準備されることを願つてやまない。

1 3. 洪水吐、放水工の設計技術に関する研究

所 属	ダム部ダム水理研究室
氏 名	藤 本 成
在 外 試 験 研 究 機 関	アメリカ合衆国内務省開拓局技術研究センター総合研究部水理課 応用水理研究室
滞 在 期 間	昭和46年11月5日～昭和47年11月4日
種 別	長期在外研究員

1 試験研究等に従事することにより得たる成果

ダム洪水吐、放水工の配置計画、設計では、本体の構造型式、地形条件、各種施設との配置等に調和し、経済性を満たしながら、最適かつ安全な配置、構造、形状を選定することが必要である。したがって、これらの計画設計はダムごとに異なり、配置計画には高度な技術判断を要するため、一般的標準手法はまだ確立されていない現状であつて、最終的には担当技術者の経験に依存する場合も少なくない。

ダム工学の分野では、戦後多くの技術を諸外国より導入し、その後独自の発展を遂げ、現在すでに先進国としての地位をかためたが、洪水吐、放水工の計画設計のようなケーススタディの色彩が強く、常に多種多様性が追求される部門では、諸外国の豊富な事例が適正な技術判断を行なううえで貴重な資料となることは言うまでもない。

筆者はこのような問題の背景を痛感し、かつてわが国の高ダム技術で指導的立場にあり、現在ではほとんど技術交流の途切れた米国の代表的ダム試験研究機関である内務省開拓局において、技術の発展、最近の動向、計画設計の考え方などを調査研究することを在外研究の主目的とした。

開拓局では筆者の希望にしたがい総合研究部水理課応用水理研究室の研究員として、さきの調査研究を進めるとともに、プロジェクト研究を実際に担当してその設計過程、技術、計画設計の考え方などの比較検討の機会が得られた。

担当したプロジェクト研究は、コロラド河支流ガニソン川に計画中のクリスタルダムの洪水吐、放水工の水理設計である。このダムは高さ約100mの薄肉アーチダムで堤体直下流に発電施設を有し、洪水吐は非調節型のスキージャンプ方式で放水工は取水塔を有する潜り流成型ジェットフローゲートで計画、設計されていた。

スキージャンプ式洪水吐は我々も二瀬、湯田ダム等の非常用洪水吐として経験しているが、米国では本格的なこの方式の利用は、機能的不安定さ、諸施設との調整の困難さ、あるいは地形的制約などの理由で一般的ではなかつたために、その計画設計、実験の経過は Engineering News Record (July 3, 72) に掲載されるなど一般に注目された。技術的にはわが国の実施例に比べほとんど差はないが、安全性を重視する点では我々以上に慎重であるとの印象を受けた。

放水工は取水塔を有する小口径高水頭の潜りの放水管2条で、ゲート型式はジェットフロゲートと日本の洪水調節用放水管ではみられない配置構成であるが、低流速の範囲も多く含まれ、管分岐部の流出渦とその防止および潜り流出にともなう諸問題を除けば問題の少ない設計であつた。管分岐部の水理設計は、日本で行なうのと同様に、実験と設計変更の繰返しにより実施形状をまとめることができたが、潜り流出用ジェットフロゲートについては、ゲート各部特にオリフィスプレート下流面の低左部の除去が困難であり、キャビテーションの発生しない形状の開発は今後の課題として残さざるを得なかつた。この問題は我が国でも同様であつて、潜り流出用高圧ゲート、バルブの開発は日米両国に共通した問題であつた。

なお、この報告は後日共著で開拓局より出版される予定である。

この他にも、筆者は放水管からの高速集中流に対する水じよく池式減勢工の設計基準作成のための基礎研究を担当した。これは河床が砂礫層で構成された場合の水じよく池の規模に関する問題で、幅、長さ、深さの基本寸法の他に、リップラップの設計粒径の算定法が重要であり、実験結果の解析方法が焦点であつた。そこで、ジェットの水面突入後の挙動を噴流理論を応用して解析し、その解析(数式)モデルについて検討するとともに、流砂理論の限界掃流力の考え方を導入して実験結果をまとめてみた。この結果は、時日の関係で、筆者の帰国後開拓局において引き続き大規模実験を実施し、その適用性を検討してのち発表することになっている。

このように約1年間、開拓技術陣の一員としてプロジェクト研究、一般研究に参画したが、それより得られた開拓局技術陣の考え方あるいは開拓局において長年に亘つて培れた技術の中には、今後のわが国の水資源開発、ダム技術の発展に参考となることは多々あつた。これらのうち技術一般については、

1. 技術研究の歴史的過程の中に常に一貫性があり、経験と技術革新が適度に調和し、開拓局技術陣の中に伝統が培れていること。
2. 米国においてはダムは社会的に依然として最重要構造物の地位にあり、量より質の印象が強く、プロジェクトも雄大かつ広域的であること。

3. 水資源開発と自然環境の保存との対立は現在直面している難問で、水質保全、自然との調和等の研究が盛んに進められていること。

などが主な印象である。また、洪水吐、放水工の設計技術に関する具体的な収穫としては、

1. 建設省が現在懸案としている大規模トンネル洪水吐について設計の具体的な資料が得られたこと。特に、イエローテイルダムトンネル洪水吐の洗掘破壊事故後の開拓局の設計方針について議論する機会が得られたこと。
2. 朝顔式あるいは横越流式洪水吐のような我が国では数少ない洪水吐型式の適用性、機能について検討できたこと。
3. 開拓局における洪水吐、放水工の設計技術の発展過程をそれを支える考え方について議論する機会が得られたこと。

を挙げることができる。また、これらとともに最大の収穫は、私的ではあるが今後の技術交流の道が確実に開かれたことであろう。

なお、開拓局応用水理研究室の現在の洪水吐、放水工関係の研究課題は、

1. 潜り流出用の高圧ゲート、バルブの開発
2. バッフル付洪水吐の減勢機能の検討
3. ウォータークッション式水叩きの設計法の開発
4. スリーブバルブの鉛直型減勢池の設計基準の作成
5. ラジアルゲートの流量係数の再検討
6. トンネル洪水吐曲管部の二次流の処理方法
7. ドラッシュラックを利用した流出渦発生防止方法の開発

などであり、我々の研究課題と共通したものも少なくないので、今後緊密な連絡を保ち、技術交換を続ける意向である。

2 試験研究遂行に役立った試験研究機関の設備環境等

開拓局技術研究センターはアメリカ西部の中心地デンバー市の郊外にある288万㎡に及ぶ連邦政府の広大な連邦センターの一面にある。

我々がまず驚かされるのはその面積の広大さであつて、その恩恵は本題における役立った設備環境の中で最大級のものに相当するが、それを過密都市東京の研究所の感覚で記述することは適切ではないので、ここではふれないことにする。ただし、この経験は筑波新学園都市移転計画の中で貴重な資料となつたことだけは述べておきたい。

この技術研究センターは文字通り開拓局技術陣のセンターであつて、開拓局のプロジェクトの計画、研究、設計および管理はすべてここに集中される技術システムである。このシステムは開拓局技術の統括とその一貫性のある発展に寄与するところが非常に大きいとの印象を受けた。さらに、これを特徴づける事柄として最も興味をもつたことにアメリカ連邦政府の人事制度とそれに対する技術者気質とがあつた。これは、現在の内務省が機会均等をモットーに常に公募制を採用している点であつて、技術研究関係では、その結果として、若い技術者にマネジメントの業務を任せ、熟練した技術者はその専門とする技術に専念する傾向を生んでいる。このために、技術陣の集中度は日本の官庁では考えられないほど年令幅があり層の厚い布陣となつて技術センターシステムをさらに効果的にしているようにみえた。

研究部は、組織上、計画、設計および工務部と並列関係にあり、6課13研究室により構成されていたが、この他に特殊な課として技術サービスのための課があり、木工、機械および金物、電気などの3係があつて、研究部の試験設備、模型等の製作施工をすべて担当していた。この技術部門は非常に優れたもので、実物規模のもので十分に製作施工できる能力をもっており、開拓局研究部の秘密兵器との感が強かつた。

水理試験場は、すべて屋内で、床面積約100m×50m、空間高8mであり、わが国最大級とほぼ同規模であつた。試験設備は、技術員が豊富で木製水槽の製作あるいは配管等が容易にできることもあり、永久構造の施設は基本試験施設あるいは基礎実験関係にかぎられ、他はいづれも仮設水槽を利用する方式を採用していた。このために、プロジェクト研究では自由な水槽の配置が可能であり、床面積の広さが有効に利用されていた。なお、各種の試験設備そのものはいづれも熟知しているものであつたが、全体の配置構成には勉強させられる点が多く、最新式の試験設備計測施設は数少なかつたけれども、非常に使い易い試験場であるとの印象を受けた。また、これとともに、公立の試験研究機関として常時部外者に公開しているため、場内の清掃は勿論のこと、部外者に内容を理解してもらうための工夫に最大の努力が払われており、その態度には考えさせられる点が多かつた。

3 今後在外研究を行なう者に参考となる事項

筆者は、研究課題が洪水吐、放水工等の水理構造物の水理設計という特殊分野であるため、渡航先としてこれらを専門とする試験研究機関を躊躇なく選択したが、この機関が我々と同じ環境にある機関であつたために、研究という狭い分野よりは

仕事の流れ、企画あるいは運営というより広い分野で多くの収穫が得られたように思う。

そこで、選択において、またこれらの機関でより多くの成果を上げるための条件を整理してみると、少なくとも相手方の研究論文を熟知していること、最近の研究活動について十分な調査が終了していることは当然のことであるが、それ以上にその分野全般について自己の意見を発露できるだけの実力を備えていることが最も必要であると思われた。これは、相手方に十分な予備知識を期待できないことおよび最初の仕事の印象がその後の全期間に影響する場合が少くないことによる。渡航直後は英語力が十分でないこともあり、意志の疎通も生ずるので、この時期に相手の研究課題に対して技術的な適確な私見を述べるだけの実力はこのような専門機関を選択するかぎり不可欠であろう。したがって、それだけの実力に自信があれば、外国の専門とする試験研究機関を選択することにより、その一員として認められた広範囲の行動も許されるので、大学では経験できない大きな収穫が得られるように思われる。

つぎに強く感じたことに、地域を選択についてがある。これは、筆者の滞在した機関がコロラド州デンバーという素朴な意味で最もアメリカらしい一面を持ち、アメリカの良さを残した場所にあつたことによる。

確かに伝統ある有名な教授のいる大学は大都市周辺に偏在しているが、西海岸サンフランシスコ、ロスアンゼルス周辺のような東京とほとんど変わらない環境で、かつ日本人の多い場所では、よほどの学問的成果が期待されないかぎり在外研究の「在外」の効果が上がらないのではないかと思う。研究員の知識の拡大とともに国際交流が在外研究の大テーマである以上、できるかぎりそのような趣旨に沿つた場所が選択されるべきであつて、それでこそ狭い日本から脱出した意義が物の見方として知識の拡大に直結するように思う。

結論として、これは筆者の偏見かもしれないが、客員研究員として渡航する以上、教えてもらうという態度よりは異なつた環境で研究をやってみることの方が重要で、その意味から専門の試験研究機関でかつ日本と生活環境を異にする場所が当然選ばれるべきだと思ふ。

この他、会話力、対人関係、生活、車等の一般的事項については先輩諸氏とほぼ同意見であるので、ここでは特に強く感じた2つの点を述べるにとどめたい。

1 4. 地震時の擁壁土圧に関する研究

所 属 機械施工部施工研究室
氏 名 嶋 津 晃 臣
在 外 試 験 ミシガン大学土木工学科
研 究 機 関 (The University of Michigan)
滞 在 期 間 昭和47年1月5日～昭和48年1月4日
種 別 長期在外研究員

1 試験研究等に従事することにより得たる成果

1.1 概 要

留学先では大学院学生の身分で修士課程に籍を置き、一覧表(表-1)に示した科目の受講を中心に研究活動を行なった。

1.2 主たる成果

(1) Resonant column test (共振円柱試験)

土のせん断弾性係数 G を求めるための室内試験で原型は1940年頃、振動波の伝ばんの研究のために試作されたものであるが、1960年頃から土の動的性質を評価する手段として米国の各大学や研究機関で用いられてきた。測定は共振周波数とせん断弾性係数との間に存在する関係(棒状弾性体内の波動伝ばん理論にもとづく)を利用したもので、装置は諸元構造共、三軸圧縮試験に類似であり、メンブランの中の円柱供試体(直径約5cm、長さ約12cm)に液圧にて拘束圧を加え、円柱供試体に対して縦方向あるいはねじりの方向に振動を与えるものである。特にRichart研究室のこの分野での研究は進んでおり1962年頃から試験器の改良を重ね、本試験法に対して砂質土のせん断弾性係数を求める標準的室内試験としての位置を与えると共に、数多くの試験結果から砂質土におけるせん断弾性係数 G と間隙比 e および拘束圧力 σ_0 (有効応力)の間に次のような関係のあることを見出している。すなわち比較的角の丸い砂については($e < 0.80$)

$$G = \frac{2630(2.17 - e)^2}{1 + e} (\sigma_0)^{0.5} \dots\dots\dots (1)$$

(但し、 G 、 σ_0 の単位は lb/in²)

表 - 1 履習科目一覧表

学 期	科 目	時間/週	学生数	担 当 教 授	研究分野関連の成果
冬 1月13日 ~ 4月29日	①土構造物の安定性	3	5	D.H.Gray	土圧、limit analysis
	②土と基礎	3	6	F.E.Richart	等価質点系の振動 resonant column test ホログラフィー、地震時土圧
	③外国人のための英語	4	20	Kavanah	
春 5月8日~ 6月30日	④技術者のための数学特論	8	40		ベクトルの微積分
	⑤道路及び空港の設計	6	10	R.O.Goetz	土の分類判別、電気探査
夏 7月5日~ 8月24日	⑥マトリクス代数	6	50		固有値解析
	⑦クリティカル・パス・メソッド	6	38	R.B.Harris	C.P.M. , 電子計算機
秋 9月10日 ~ 12月23日	⑧港湾構造物の基礎	3	12	F.E.Richart	矢板擁壁の土圧、波圧、圧密、相対密度、 浸透流
	⑨土の物理化学的性質	3	5	D.H.Gray	化学実験、X線分析、電気的性質、粘土鉱物
	⑩構造物振動学	3	10	G.V.Berg	modal analysis
	⑪理論土質力学	3	2	F.E.Richart	土の塑性論

また比較的角ばつた砂については

$$G = \frac{1.230(2.97 - e)^2}{1 + e} (\sigma_0)^{0.5} \dots\dots\dots (2)$$

ただし振幅は歪として 10^{-5} のオーダーに対して上記の関係があてはまるので、 10^{-4} 以上の振幅になつてくると G の値は減少してくることが観測されている。また粘性土に対しては問題が多く残され、大振幅の問題と共に今後の課題である。

(2) 振動する対象物の微小変位量の測定方法

機械基礎等からの地盤中に伝はんされる振動をしや断するために地中にトレンチを設けたりするいわゆる isolation の研究の中の室内実験で、Richardt 研究室では測定技術上大変興味深いホログラフィー (holography) による地表面の微小変位量の測定 (スタテックおよび定常振動状態で一例として $10^{-3} \sim 10^{-4}$ mm のオーダー) を行なつていた。ホログラフィーとは位相のそろつた光線の干渉作用を利用した一種の写真技術で「レンズのない写真術」とも呼ばれている。光源には紫色系のレーザー光線が用いられる。原理はレーザー光線が図-1 a に示すように主ビームと補助ビームとに分割され、対象物に当たり反射した主ビームと別系統の補助ビームとが写真幹板上で複雑な干渉模様を描く。この模様はホログラムと呼ばれ、普通の光のもとでは対象物とは何の関連もないものに見える。しかしながら一たんこのホログラムに補助ビームを当てると図-1 b のように対象物が復元する。変形量の測定においては、図-1 c のように現像済の変形前のホログラム上に変形後のホログラムが重なると、補助ビームのもとで復原された対象物上に明暗の縞模様が出現する。これらの縞は等変位量の等高線 (コンター) であり、縞と縞との間隔はレーザー光線の半波長に等しい。従つて任意の点の変位量は既知の点からの縞の数を数えることによつて得られる。通常の利用方法ではスタティックな変形量の測定の場合には変形前と変形後に対する「二重撮影」の手法が、また定常振動の場合には以上の他に静止像を得るためのストロボ스코プの手法が用いられている。この測定法は変形量の範囲とその目的に調和するレーザー光線 (波長) の選択が重要である。

(3) 等価質点系の振動

Reissner (1936年) に端を発する半無限弾性体の理論による構造物基礎の振動問題における一連の研究は比較的厳密な解 (半無限地盤中でのエネ

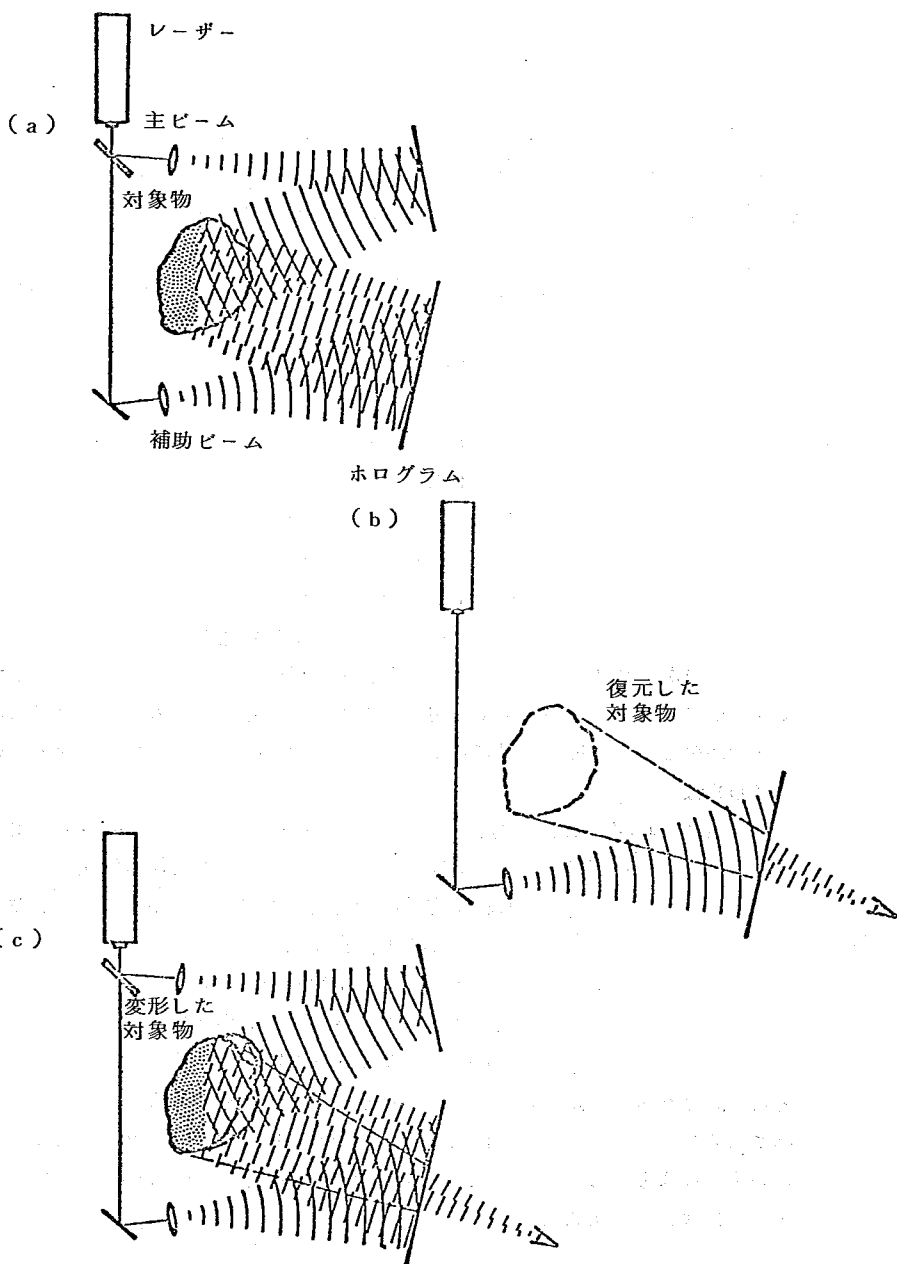


図 - 1 ホログラフイーの原理

ルギーの逸散減衰を含んでいる)を与える反面、実用に供するには複雑な要素が多かつた。Lysmer (1965年)とRichart (1967年)は、この弾性理論をもとにした研究を進めるうちに、実際に遭遇する条件の範囲

$$0 < a_0 = \omega r_0 \sqrt{\frac{\rho}{G}} = \frac{\omega r_0}{V_s} < 1.0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

- ここに
- a_0 : 振動数の無次元量
 - ω : 加振円振動数
 - r_0 : 基礎フーチングの地盤との接地半径
 - ρ : 地盤の密度 ($\rho = r/g$)
 - r : 単位体積重量
 - g : 重力加速度
 - G : 地盤のせん断弾性係数
 - V_s : 地盤中のせん断波の速度

では、適当な減衰定数を選ぶことにより、弾性理論による解を、図-2に示すような単純な等価質点系の解で実用上置きかえることができることを見出し、構造物基礎の振動解析を容易にした。この場合の運動方程式は垂直方向について表わせば

$$m \ddot{Z} + C_z \dot{Z} + K_z Z = Q_z(t) \quad \dots\dots\dots (4)$$

- ここに
- m : 等価質量 (フーチング+上載物体)
 - C_z : 有効減衰定数 (半無限地盤中の逸散および土の内部減衰)
 - K_z : 有効バネ定数 (静的バネ)
 - Z : フーチングの垂直方向変位
 - $Q_z(t)$: 垂直方向の外力 (時間の関数)

となる。これら減衰定数とバネ定数は円形基礎、矩形基礎および帯状基礎について求められるが、ここでは円形基礎の場合についてのみ表-2に紹介する。この方法により得られる最大振幅 (共振時の片振幅) A_{max} および振動数 f_{max} は次のようである。

$$A_{max} = \frac{Q_0}{K} \frac{1}{2D\sqrt{1-D^2}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

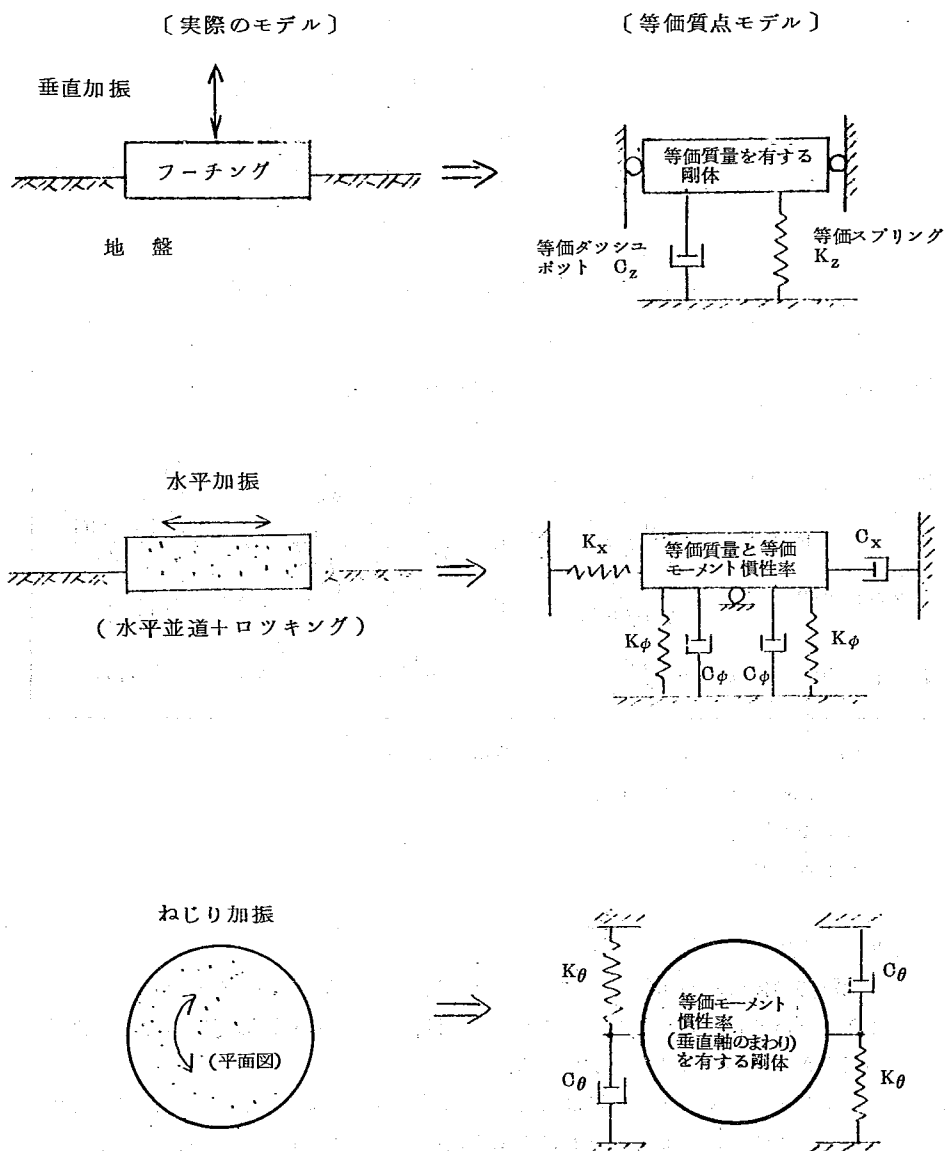


図-2 等価質点系のモデル
 x : 水平方向 z : 垂直方向
 ϕ : ロッキング θ : ねじり

$$f_{\max} = f_n \sqrt{1 - 2D^2} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}} \quad (\text{natural frequency})$$

(5)、(6)式は z , x , ϕ , θ のいずれの方向に対しても成立する。これら定数の算定においては特に地盤のせん断係数 G やポアソン比 ν の正確な推定が要求される。

表-2 等価質点系の減衰定数およびバネ定数(円形基礎)

振動形態	減 衰 比 $D = C / C_c$ Damping Ratio B : 質量比		バネ定数 K
垂 直(z)	$D_z = \frac{0.425}{\sqrt{B_z}}$	$B_z = \frac{(1-\nu)}{4} \cdot \frac{m}{\rho r_0^3}$	$K_z = \frac{4Gr_0}{1-\nu}$
水 平(x)	$D_x = \frac{0.288}{\sqrt{B_x}}$	$B_x = \frac{(7-8\nu)}{32(1-\nu)} \cdot \frac{m}{\rho r_0^3}$	$K_x = \frac{32(1-\nu)Gr_0}{7-8\nu}$
ロツキング(ϕ)	$D_\phi = \frac{0.15}{(1+B_\phi)\sqrt{B_\phi}}$	$B_\phi = \frac{3(1-\nu)}{8} \cdot \frac{I\phi}{\rho r_0^5}$	$K_\phi = \frac{8Gr_0^3}{3(1-\nu)}$
ね じ り(θ)	$D_\theta = \frac{0.50}{1+2B_\theta}$	$B_\theta = \frac{I\theta}{\rho r_0^5}$	$K_\theta = \frac{16}{3} Gr_0^3$

$C_c = 2\sqrt{Km}$: (Critical Damping)

I : moment of Inertia

G : セン断係数

ν : ポアソン比

1.3 まとめ

地震時の擁壁基礎に関する振動特性は上述の研究等によりかなり明らかになってきたといえる。しかしながらこれら研究は弾性理論に立脚している点で大変形の考慮される場合には問題が生じる。

地震時土圧に関する研究にはこれまで(1)震度の概念による静的方法、(2)土を弾性体とみなす方法、(3)振動実験による方法等がとられてきているが、多くの努力がなされているにもかかわらず充分信頼し設計にとり入れるほどの研究成果はあがつていない。現在のところ地震時の擁壁設計上では(1)の範ちゅうに入る物部-

岡部の方法が、他によりどころとなる理論がないことから、一応の目安として用いられることが多いが、これにも問題が多い。(2)の範ちゆうに入るものの中で最近開発された有限要素法を利用する手法は擁壁全体を裏込土-壁体-基礎地盤の連成系として解析することに可能性を与えた点で注目に値するが、この手法の発展においても土そのものの動的性質を盛りこむ必要があり、土の動的性質の研究は今後に残された大きな課題である。

2 試験遂行に役立つ試験研究機関の設備環境等

(1) 図書館：

蔵書の豊富さと管理運営方法は印象に残った。図書館はその専門分野によつて19ヶ所に散在し蔵書数は約400万冊強で学生一人当たりになおすと100冊以上となり、まず目指す本がなくて困ることはほとんどなかった。本の検索は個々の図書館あるいは中央検索所のカードによつていたが、非常に容易であつた。本の貸出し冊数は特に制限はなく、期間は3週間(スタッフの場合は8週間)で更新手続きをとるシステムであつたが、この手続きを怠ると超過日数に応じた罰金が課せられた。感心したのはその活動時間で大抵の図書館が土曜日の午前中を除き毎日朝8時から夜中の2時まで開いていた。また各講座毎に教授の室にも専門分野の蔵書があり学生は自由にそれを利用できた。

(2) 電子計算機センター：

IBM360を中心としたシステムで24時間稼動されていた。利用者はスタッフと学生で常に込み合つていたが、演算時間に応じた割込みのシステムが確立しており、また入出力関係の端末機器が数多く設置されており中央処理装置を最も能率よく使うよう配慮されていた。待合室には個々の計算の状況、たとえば待期中、演算中、印刷中等を表示するテレビがあり利用者の便に供していた。ただし利用者は各講座の予算の裏づけを必要としていた。

(3) 一般環境：

大学を含めた町全体が緑にかこまれ広々とした公園の中にあるような美しい環境で、日本からみると実にうらやましい限りであつた。既婚学生が多く、そのためのアパート群を有しており、寮やアパートと学校を結ぶスクールバスが朝6時から夜中の2時頃まで10分~15分間隔で運行される等、学生へのサービスも充分なされていた。また返済の必要のない奨学金制度が数多くあり多くの学生がこれを利用していた。

3 今後在外研究を行なう者に参考となる事項

(1) 身分：

大学に身を置く場合には筆者の経験から正規の大学院学生となるのがよいと思われる。これは一年という短期間を効率的に過ごすこと、及び研究分野に関連した知識を幅広く自動的に身につけることができる点にある。また学生々活にとけ込むことにより周囲の人達ともより親密な交際ができる。

(2) 言葉：

1年間の外国生活では、日常会話およびヒヤリングの力は確かに上達するが、研究分野等のことをディスカッションしたりする際の基本的な英語力はそう簡単に上達するものではなく、日本において十分に研さんを積むことは必要である。文法的に正しい英語を身につけるのはむしろ日本国内における方が容易であるように思われる。

(3) 家族：

出来るだけ家族を同伴されるのが、外国の生活様式にとけ込み、精神的にも安定した研究活動が行える点でよい。

1 5. 交通工学（交通計画、交通管理および交通安全）に関する研究

所 属	道路部交通安全研究室
氏 名	荒 牧 英 城
在 外 試 験 研 究 機 関	フランス国道路・高速道路技術局（SETRA）他
滞 在 期 間	昭和47年6月27日～昭和48年1月9日
種 別	パートギャランティ研究員（フランス政府給費生）

1 日 程

- 昭和47年 7月 フランス語研修（Paris）
- 昭和47年 8月 フランス語研修（Lyon）
- 昭和47年 9月 技術用語研修（Paris）
- 昭和47年10月 グループ研修「交通計画、交通管理及び交通安全」
- 昭和47年11月
- 昭和47年12月 個別研修

この研修期間中（11月23日）に、PIARC（常設国際道路会議協会）実行委員会に出席した。

2 研修関連機関とその概要

2.1 研修実施機関—ACTIM

ACTIM（Agence pour la Cooperation Technique Industrielle et Economique）は大蔵省の管轄下にある公共機関で、各国からの研修生受入れの窓口となり、給費の支給、研修のオーガナイズなどを行なっている。ACTIMは、年に約2,300人の各国からの研修生をフランスに呼んで研修を行なう外、フランスの専門家を諸外国に送ることもやっており、日本でいえば、OTCA（海外技術協力事業団）にあたるものである。

2.2 グループ研修における主たる研修機関

(1) 道路・高速道路技術局（SETRA）

SETRA（Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes）は、国土開発・施設・住宅および観光省（一般には、施設省あるいは施設住宅省と略称される）の道路・道路交通局の出先機関であり、道路に

関するあらゆる分野の問題について研究および基準化を進めている。組織は、情報部、都市間道路部、都市道路部、交通部、舗装土工部、経済調査部、構造（Ａ）部および構造（Ｂ）部の８部からなっており、全職員８００名でその内２５０名が技術者である。

(2) 国立交通安全研究所（ONSER）

ONSER（Organisme National de la Securite Routiere）は、道路交通の安全に関する国立の研究機関であり、スタッフとしては道路技術者のほか、心理学者、医者などを擁し、扱っている問題も、交通安全教育、運転者の適性、衝突実験など非常に多岐にわたっている。

2.3 グループ研修で訪問した公共および民間機関

(1) SOCIETE INDUSTRIELLE DE LIAISONS ELECTRIQUES（SILEC）

信号機や照明付きの縁石など交通制御機器製作メーカー

(2) 運輸問題研究所（I'Institut de Recherche des Transports, IRT）

運輸省と施設省との共通研究所で、陸上輸送機関に関する基礎的研究を実施している。

(3) ONSER衝突実験場（Laboratoire des Chocs et de Biomecanique de I'ONSER）

リヨンにあるONSERの出先機関で、防護柵、自動車相互などの衝突実験を通して、安全施設あるいは自動車の保安施設（安全ベルト等）などの効果を検討している。

(4) 施設技術研究センタ（Centre d'Etudes Techniques de l'Equipe-ment）

フランス全国に７つある施設省の出先機関で、道路などのインフラストラクチャーの整備計画に関する調査および研究に従事している。

(5) マルセイユ市建設局

マルセイユ市の道路、地下鉄などの輸送機関の計画、建設にあたっている。

(6) バリ警視庁

バリの交通管制センター

(7) Compagnie Generale d'Automatisme（CGA）

交通制御機器および有料道路での自動料金徴収システムの製作メーカー

(8) 道路交通情報センター (Centre National d'Information Routiere)

道路管理者 (施設省)、憲兵隊 (陸軍省、国道の交通管制に従事) および市警 (内務省) の3つの機関からなる共同体で、道路の状況、交通状況あるいは事故などに関する情報をラジオ、電話などを通して一般に提供する。

(9) Telecommunications Radioelectriques et Telephoniques (T R T)

交通制御機器メーカー

(10) 科学技術研究センター (Centre National de la Recherche Scientifique)

文部省直属の研究機関であり、交通関係の問題としては都市内の交通計画に関するシミュレーションなどを行っている。

2.4 個別研修で訪門した公共および民間機関

(1) 運輸省陸上輸送局 (la Direction des Transports Terrestres)

フランスにおける新交通システムに関する研究の現状と、具体的な例についての情報を得た。

(2) バリ圏開発・都市計画研究所 (Institut d'aménagement et d'urbanisme de la region parisienne, I A U R P)

バリ圏における開発および都市計画に関するあらゆる調査研究に従事しており、1960年に設立されている。

(3) デフアンス地区改良公社 (l'Etablissement Public pour l'Aménagement de la Zone de la Defense, E P A D)

パリ西部にあるデフアンス地区の新しい町づくりをするための組織。新都市における交通計画を中心に、その概要についての説明をうけた。

3 研修の概要および成果

(1) データの収集

道路計画や都市計画を策定するために必要な交通量の調査、あるいは交通管理上欠かせない交通事故調査の方法を紹介した。都市交通の実態を把握するためには、航空写真が広く使われており、走行状況、駐車状況などに関する貴重なデータを提供している。また、交通事故に関するデータは、現場の警察から事故一件毎に、その調書が、道路管理者である施設省の出先機関に直接送付される体制が整っており、交通事故調査が、道路技術者の定常業務として確立している。

(2) 都市内道路網の計画策定について

都市計画における輸送の問題については、施設省および運輸省の共同通達により、各都市に委員会が組織され、技術的な問題とあわせて、行政的な横の連繫を確保している。委員会は、県知事、地方建設局長、市長等からなる決定機関であり、その下に、都市計画専門家、交通技術者、国鉄技師などからなる技術委員会がある。

(3) 都市道路網における交通管理

交通管理の手法として、最もよく使われているものは、一方通行路の設定、信号の系統化および公共輸送機関（バス、タクシー）専用車線などである。なかでも、一方通行は、とくに積極的に行なわれており、ノルマンディー地方のルーアンの町などは、全市域について行なっている。専用車線は、一方通行の道路でも、両側にもうけて、バス、タクシーなどには、両方向の交通を許しているケースが多い。この場合、正面衝突や、歩行者など事故が心配されるが、これをPRなどで補い、非常に良好な結果を得ている。このように、新しいアイデアを十分吟味しながら、積極的につかつていく態度などは、見習つてもよいと考える。

(4) 地方部道路の運用

フランスは、ヨーロッパの国の中でも道路密度が最も高く、改良率も非常に良い。これは、従来から、国道から市町村道にいたる一般の道路の整備が発達していることによつてゐる。したがつて、高速道路以外の一般の道路では、新しく建設することよりも、既存の道路網をいかに有効に利用するかということが、より重要な問題となつてゐる。このため、道路当局では、目的地までの走行時間を短縮させるために、すなわち、交通量が特定の道路にかたよらないように、運転者を誘導するシステムを開発し、広く応用している。わが国でも、一般道路については、千葉県内で試験的にはじめたところであるので、フランスの例は、大いに参考になるものであろう。

(5) 交通安全

防護柵については、わが国と同様に、実車による衝突実験を行ない、それに基づいて、基準を作成している。この実験を行なつてゐるのは国立交通安全研究所（ONSER）である。

交通安全施設のうち、道路標識やマーキングなどは、国際的に統一されたデザインや色などが広く取り入れられつつある。標識についての考え方は、自国

語を用いた表示は、出来るだけ少なくしていき、シンボルや矢印などを多く用い、外国人にも分かりやすいものにするというのが、基本的なものである。マーキングについても、従来、フランスではほとんど黄色を使っていたが、国際的な方向である白に、全面的に変えていこうとしている。

マーキングについては、目新しい試みがなされていた。2車線道路の中央線を連続（ふみ込めてはならない区間）にするか鎖線（ふみ込めてもよい）にするかは、視距によつて決められるが、連続線と鎖線との接続点付近の鎖線側に、鎖線にかえて、頭が走行車線に向いている矢印を書こうとするものである。すなわち、これには、追越しのために対向車線に入っている車に対して、先方にカーブがあつて連続線の区間に入るのを、早く自分の走行車線に戻りなさいという意味を持たせてある。英国では、数年前から実施して良い成績を修めているものであり、フランスでも色々な実験を行なつて、このマーキングの採用に踏み切っている。

4 雑 感

(1) 息の長い調査研究

都市内道路の交通管理（たとえば一方通行）や、道路標識についての最適配置について、国および地方公共団体による組織的な調査研究がなされ、立派な調査結果が得られていても、実際に応用する段階では、財政あるいは政治上の問題で、計画だけに終つて行き詰つている例が、かなり見受けられた。個人主義的な色彩の強いフランスの国民性による所が多いのであろうが、コンセンサスを得られるまでには、かなりの時間がかかるのが常のようである。例えば、パリの地下鉄などは、調査を始めてから実際に走り始めるのに50年近くかつたなどというのも、その1例であろう。したがつて、計画が日の目をみるまで、息の長い研究が続くケースがしばしばである。

(2) 流動的な組織、少ない人の動き

フランスの公共機関が流動的であることの例として、組織の名前がよく変わることを挙げることができる。このことは、時代の要請に即応して、組織も変えていきうるという意味でもあろう。しかし、組織の中での人間の動きは、日本ほど激しくはないようである。フランスの「流動的な組織の中での固定した人の動き」に対して、日本はその逆で、「固定した組織の中での激しい人の動き」であると思われる。この違いは、単に組織だけの問題ではなく、学校の制度あるいは階層の固定の度合の違いにも由来しているのであつて、どちらが好ましいとは一概に

はいえないが、こと研究の分野にあつては、フランスの方が効果的であると考え
る。日本の場合が全て「固定した組織、激しい人の動き」といえるかどうかは、
異論のある所であろうが、これは私個人の実感である。

(3) 徹底した広報活動

訪問した公共機関、民間企業には、どこにいつても、スライドや映写施設、マ
イク、壁にはられた写真、図面などが整つた部屋を持つている。また、説明のた
めのスライドなども、目的に応じてうまく編集されており、訪問者をあかせるこ
とがない。

道路の有効利用のために、運転者により混雑していない道路を利用してもらお
うと、道路局では、美しいパンフレットを作つて、広報に余念がないし、交通計
画の立案者は、その計画を市会議員などに納得してもらおうと、映画をつくつて
働きかけたりする。

このように、自分たちがやつていること、やつた事を人に知ってもらうことに
ついては、非常に熱を入れていることを感じた。わが土木研究所の実情をかえり
みて、もつと各人が、広報ということの大事さを認識すべきではないかと感じた
次第である。