

土 研 資 料 第1632号

マイクロフィルム第 号

土 木 研 究 所 資 料

在 外 研 究 員 報 告

(昭和51年度～昭和55年度)

昭 和 56 年 3 月

建 設 省 土 木 研 究 所

Copyright © 1981 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

ま え が き

土木研究所の在外研究員は長期在外研究員、中期在外研究員、パートギャランティ研究員等の制度により、海外の大学、研究機関等に留学したり、二国間協力に伴なう研究者、技術者の交流あるいは国際研究集会への参加など多岐にわたる海外との研究交流を行ない非常な成果をあげている。

本報告書は、昭和51年度から昭和55年度までの間のこれらの研究員の研究（会議）成果の報告をとりまとめたものである。すでに土木研究所資料第607号（昭和41年～43年度）、同858号（昭和44～46年度）、同1248号（昭和47～51年度）が刊行されており、今回はこの5年間に派遣された30名のうち、現在派遣中の3名を除く報告を集めるとともに過去に集録もれのあった成果1名分を追加報告してある。

科学技術の発展に国際間の協力がますます重要となっており、これらの在外研究による成果とともに、この間の研究交流によって結ばれた海外研究者とのきずなが、その後の国際間の研究協力の進展に大きく貢献している。

さらに風土、慣習等の異なる海外での研究生活より得られた貴重な体験は在外研究経験者にとって測り知れないものがあるものと信ずる。

海外での研究生活や研究機関の概要をとりまとめたこの報告書が在外研究の経験者にとっては研究活動の一つの節目を記録したものであり、これを機にさらに国際的に研究成果の向上や交流が進展し、ひいては土木研究所の発展に寄与するための里程標になることを願うとともに、今後、在外研究員を目指す研究者の励みや海外情報の糧になれば幸いである。

昭和56年3月

企画部企画課長 中 村 浩 之

在 外 研 究 員 一 覧 表

年度	研 究 課 題 等	氏 名	所 属	期 間	在 外 研 究 先	種 別	在外研究当時所属
50	鉄筋コンクリート道路橋の耐震性に関する研究	川 島 一 彦	振動研究室主任研究員	昭和 50. 4. 26～ 51. 7. 31	(米) カリフォルニア大学地震工学研究センター	パートギャランティ研究員	振動研究室
51	ダム工学における岩盤力学研究	松 本 徳 久	フィルダム研究室長	52. 1. 6～ 53. 1. 5	(米) 内務省開拓局	長期在外研究員	フィルダム研究室
51	新交通システムに関する研究	長 健 次	近畿技術事務所建設専門官	51. 7. 6～ 52. 6. 7	(仏) 設備省陸運局(現運輸省)設備省交通研究所新技術部	パートギャランティ研究員	新交通研究室
51	流域における水資源の開発・管理システムに関する研究	関 正 和	四国地方建設局	51. 8. 15～ 52. 8. 14	(米) アイオワ大学水理学研究所	〃	システム課
51	河川堤防の設計施工に関する研究	久 楽 勝 行	土質研究室長	51. 12. 27～ 52. 12. 26	(米) イリノイ大学シカゴサークル	〃	土質研究室
51	米国における総合交通計画の制度・手法等に関する調査	竹 内 義 人	海外経済協力基金	51. 8. 7～ 52. 8. 6	(米) インディアナ州立バデュー大学	〃	企画課
51	フランスにおける歩行者の交通安全について	宮 川 朝 一	システム課研究員	51. 9. 29～ 52. 12. 31	(仏) 国立交通安全所、ストラスブール地区都市庁、建設技術研究センター	〃	システム課
52	第17回国際水理学会	須 賀 堯 三	河川研究室長	52. 8. 14～ 52. 8. 19	(西独) バーデンバーデン市	国際研究集会	河川研究室
52	開発途上国における設計・施工に関する諸問題	大 橋 昭 光	本四公団企画開発部長	52. 10. 22～ 52. 10. 29	(西独) ミュンヘン市	〃	地震防災部
52	地すべりの予知および防止工法に関する技術的研究	渡 正 亮	日本工営株式会社理事	52. 8. 26～ 52. 9. 24	西ドイツ、ハンガリー、ルーマニア、チェコスロバキア、イタリア、オーストラリア	中期在外研究員	砂防部
52	総合都市交通計画に関する研究	前 島 忠 文	アジア開発銀行	52. 9. 13～ 53. 9. 12	(英) ロンドン大学	長期在外研究員	道路研究室

年度	研究課題等	氏名	所属	期間	在外研究先	種別	在外研究当時所属
52	道路交通振動の予測と対策に関する研究	横山 功一	福岡県警	52. 9. 19～ 53. 9. 18	(英) 環境省運輸道路研究所	長期在外研究員	構造研究室
52	信頼性理論に基づく橋梁荷重係数設計法に関する研究	金井 道夫	橋梁研究室 研究員	52. 8. 15～ 53. 8. 16	(米) イリノイ大学	パートギャラン ティ研究員	橋梁研究室
53	第16回海岸工学国際会議	豊島 修	東海大教授	53. 8. 28～ 53. 9. 1	(西独) ハンブルグ	国際研究集会	赤羽支所
53	大型実験施設利用日米共同研究計画会議	大久保 忠良	所長	53. 5. 14～ 53. 6. 4	(米) 政府機関 (NSF, NBR, BPR, BR, U SGS), ワシントン大学	二国間協力	企画部
53	道路の幾何構造の決定方法および道路利用者に対する情報サービスシステムに関する研究	藤田 大二	道路研究室 長	54. 3. 31～ 54. 6. 8	イギリス, フランス, ドイツ, スウェーデン, アメリカ	中期在外研究員	道路研究室
53	河川土砂の移動とその収支に関する研究	山本 晃一	河川研究室 主任研究員	53. 10. 1～ 54. 9. 30	(米) 地質調査所水資源部 (USGS)	長期在外研究員	河川研究室
53	都市の地震耐災性向上システムに関する研究	田崎 忠行	耐震研究室 主任研究員	54. 1. 25～54. 9. 25および 54. 10. 3～ 55. 1. 31	(米) カリフォルニア大学	〃	耐震研究室
53	交通安全および交通計画に関する研究	梶 太郎	交通安全研究室主任研究員	53. 8. 21～ 54. 10. 22	(米) パデュー大学	パートギャラン ティ研究員	交通安全研究室
54	国際大ダム会議	藤本 成	中国地方建設局	54. 10. 23～ 54. 11. 3	インド, ニューデリー	国際研究集会	ダム水工研究室
54	日米共同大型実験計画委員会第4回会議	大久保 忠良	所長	54. 7. 7～ 54. 7. 16	(米) 国立科学財団 日米共同大型実験計画委員会	二国間協力	研究調査官

年度	研究課題等	氏名	所属	期間	在外研究先	種別	在外研究当時所属
54	日加間環境問題の意見交換およびカナダの状況調査	足立 義雄	交通環境研究室長	54. 10. 31～ 54. 11. 24	(加) オタワ、トロント、エドモントン、バンクーバー	二国間協力	交通環境研究室
54	UJNR耐風耐震構造専門部会作業部会の共同研究計画	上田 治	耐震研究室長	55. 1. 2～ 55. 1. 20	(米) 内務省、運輸省、商務省、カリフォルニア大学	〃	耐震研究室
54	南太平洋地域地震工学会議	塩井 幸武	基礎研究室長	54. 5	ニュージーランドウリントン市ビクトリア大学	中期在外研究員	基礎研究室
54	ダム基礎として劣悪な岩盤の調査方法と改良工法に関する研究	岡本 隆一	地質官	54. 9. 2～ 54. 10. 1	イタリア、ポルトガル、スペイン、トルコ、スイス	〃	地質官
54	道路橋の荷重係数設計法に関する研究	佐伯 彰	橋梁研究室長	55. 2. 16～ 54. 4. 30	(米) 運輸省公共道路管理局研究開発部	〃	橋梁研究室
54	下水の高度処理の実用化に関する研究	京才 俊則	三次処理研究室主任研究員	54. 9. 1～ 55. 8. 31	(米) 環境保護庁都市環境研究所	長期在外研究員	三次処理研究室
54	鉄筋コンクリートの腐食および防食に関する研究	片脇 清	化学研究室主任研究員	54. 9. 1～ 55. 8. 31	(米) テキサス州立大学	〃	化学研究室
55	第7回世界地震工学会議	栗林 栄一	地震防災部長	55. 9. 6～ 55. 9. 21	トルコ、イスタンブール市	国際研究集会	地震防災部
55	吊橋に関する日本・ルーマニア共同研究計画	大久保 忠良	所長	55. 9. 18～ 55. 9. 26	ブカレスト工科大学およびロムコンスルト	二国間協力	次長
55	土砂害発生の子測と危険度判定方法に関する研究	吉岡 良朗	砂防部長	55. 8. 31～ 55. 9. 29	スイス、オーストリア、トルコ	中期在外研究員	砂防部

目 次

ま え が き

1. 鉄筋コンクリート道路橋の耐震性に関する研究	1
2. ダム工学における岩盤力学研究	5
3. 新交通システムに関する研究	9
4. 流域における水資源の開発・管理システムに関する研究	13
5. 河川堤防の設計施工に関する研究	19
6. 米国における総合交通計画の制度・手法等に関する調査	23
7. フランスにおける歩行者の交通安全について	27
8. 第17回国際水理学会	29
9. 開発途上国における設計・施工に関する諸問題	31
10. 地すべりの予知および防止工法に関する技術的研究	34
11. 総合都市交通計画に関する研究	36
12. 道路交通振動の予測と対策に関する研究	40
13. 信頼性理論に基づく橋梁荷重係数設計法に関する研究	44
14. 第16回海岸工学国際会議	46
15. 大型実験施設利用日米共同研究計画会議	48
16. 道路の幾何構造の決定方法および道路利用者に対する 情報サービスシステムに関する研究	50
17. 河川土砂の移動とその収支に関する研究	55
18. 都市の地震耐災性向上システムに関する研究	58
19. 交通安全および交通計画に関する研究	62
20. 国際大ダム会議	63
21. 日米共同大型実験計画委員会第4回会議	65
22. 日加間環境問題の意見交換およびカナダの実状調査	67
23. UJNR 耐風耐震構造専門部会作業部会の共同研究計画	71
24. 南太平洋地域地震工学会議	74
25. ダム基礎として劣悪な岩盤の調査方法と改良工法に関する研究	76
26. 道路橋の荷重係数設計法に関する研究	82
27. 下水の高度処理の実用化に関する研究	86
28. 鉄筋コンクリートの腐食および防食に関する研究	90
29. 第7回世界地震工学会議	94
30. 吊橋に関する日本・ルーマニア共同研究計画	96
31. 土砂害発生の予測と危険度判定方法に関する研究	99

1. 鉄筋コンクリート道路橋の耐震性に関する研究

川 島 一 彦

1. 試験研究等に従事することにより得たる成果

1. 1 米国における橋梁の耐震性に関する研究とその経緯

1971年ロスアンゼルス市北部のサンフェルナンド地区一帯を襲った地震により、高速道路に架けられた橋が落橋を含む激しい被害を蒙ったことはまだ記憶に新しいところである。従来の大方の地震による橋の被害は地盤のひび割れや支持力の低下による下部構造の傾斜や転倒によって生じていたのに対し、サンフェルナンド地震の被害では直接地盤に起因すると考えられるものが少なく、構造物自身の振動現象により被害を生じたものが多いことが特徴の一つであった。国道5号と14号の交差部に架かる高架橋は地震の直前に新しく竣工したばかりであったことから、地震後、米国連邦道路局は現行の道路橋の耐震設計指針の再点検をカルフォルニア大学地震工学センターに委託し、Penzien, Clough, Godden の3教授を中心とした解析・実験の両面からの広汎な研究プロジェクトを1971年からスタートさせた。このプロジェクトは次のような6つの相互に関連し合った研究から成っている。まず最初は各国の地震による橋梁の被害例および耐震設計法を網羅した文献調査で、連邦道路局の要請により土木研究所より派遣された地震防災部振動研究室の岩崎敏男室長（当時、土木研究所構造橋梁部振動研究室主任研究員）と Penzien, Cloughの両教授により実施された。2番目はTseng氏とPenzien教授による長スパンの鉄筋コンクリート曲線橋の解析的研究で、伸縮継手における隣接橋桁どうしの衝突、スリップなどをシミュレートするジョイント・エレメントや弾塑性力学特性を有する橋脚エレメント等の力学モデルの設定とコンピューター・プログラムの開発が行なわれ、これをサンフェルナンド地震で落橋した橋の解析に適用した結果、この種の橋の耐震上の問題点が明らかにされた。3番目はChen氏とPenzien教授による小スパンの鉄筋コンクリート道路橋の解析的研究で、裏込め土と橋台との相互作用に重点を置いた解析が行なわれこの種の影響も耐震計算上重要なことが明らかにされた。4番目は上記のような解析的研究成果を補足、検証するための実験的研究で、William氏とGodden教授により実施された。5番目が筆者の担当で、Penzien教授の指導の下に、4番目の実験で得られた模型橋の振動応答を解析モデルで再現し、モデル化の妥当性と数値解析手法の有効性を検証するものであった。上記のような研究成果を受け、現行道路橋耐震設計指針改訂に関する検討が最終の6番目の研究として現在実施されつつある。

1. 2. 模型振動実験結果と解析計算のコリレーション

筆者の担当は橋の模型振動実験の結果と解析結果を比較検討し、もし両者が一致しない場合にはその原因を追求して最終的によい一致を引き出すことであった。

実験に使用された模型は2つの継手によって区切られた3つの橋桁より成り、合計4本の橋脚によって支持されていた。この模型橋は前述したサンフェルナンド地震により落橋した5/14曲線高架道路橋の構造的な特徴を再現するよう入念に製作されたものである。振動実験では重力加速度の0.1倍から0.6倍までのいろいろな強さの加速度振幅をもった地震動を振動台に再現し、これに対して橋の模型がどのように応答し振動するかが測定された。振動台に再現される地震が激しい場合には、継手部において隣り合った橋桁どうしが衝突し、大きな衝突音が聞かれるとともに、コンクリートの継手が衝撃で砕けることさえも観察された。このような実験結果を整理し、試算結果と比較することにより、継手部における桁どうしの衝突、タイ・バーの効果、桁間の相対的なすべりに伴う摩擦力を正しく計算に取り入れる必要のあることが明らかとなった。さらに、非線形の運動方程式を数値積分する際、解の発散を防ぐため、つり合い方程式を確実に満足させる目的でイテレーション法の導入、積分時間間隔を小さくとる必要のある時のみ普通の時間間隔よりも小さくとり、計算精度の向上と演算時間の短縮を図る手法などを新たに導入し、計算機プログラムの改良を行なった。しかる後に入力地震動の強さの違う3種類の実験に対して解析的な応答を計算し、種々の不確定な要素を吟味した結果、実験で得られた橋模型の応答変位を解析モデルによってうまく再現させられることがわかった。また、数種のパラメータを変化させた数値解析の結果から、継手における条件がこの種の橋の応答特性に与える影響を知ることができた。この結果得られた結論は以下の通りである。

- (1)タイ・バーは橋の振動応答を減少させるために有効であり、そのためにはタイ・ギャップは小さい方が効果的である。
- (2)継手における桁どうしの相対運動に伴う摩擦力が橋の振動応答に与える影響は衝突あるいはタイ・バーの効果に比較すると相対的に小さい。
- (3)桁の水平方向振動に対する鉛直方向加振の影響は上記(2)の理由および鉛直方向と水平方向の間の振動モードの重なり合いが大きなものでないことから著しいものではない。
- (4)橋の振動応答が小さく、継手における桁どうしの衝突やタイ・バーの効果が著しくない場合には継手の拘束効果を線形のばねによって置きかえても比較的良く模型橋の振動応答を計算によって再現することができる。しかしながら、このような線形解析法は大振幅時の橋の振動応答を算定することはできない。このような場合には継手の特性を応

答計算に正しく取り入れることが必要であり、この目的のためにはここに示した継手の力学モデルおよび解析手法は有効である。

なお、上記の研究成果は次のようにとりまとめられた。

1) Kawashima, K. and Penzien, J. : Correlative Investigation on Theoretical and Experimental Dynamic Behavior of A Model Bridge structure, Report No. EERC 76-26, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, July 1976.

2) Kawashima, K. and Penzien, J. : Theoretical and Experimental Dynamic Behavior of A Curved Model Bridge Structure, International Journal of Earthquake Engineering and Structural Dynamics

(投稿中)

3) 川島一彦, ジョセフ・ペンゼン : 曲線橋模型の動的応答に関する解析的研究, 土木学会論文報告集 (投稿中)

2. 試験研究に役立った研究機関の設置環境等

地震工学研究センター (Earthquake Engineering Research Center) 以下, EERC と記すはカリフォルニア大学・バークレイの工学部に付属する6つの研究センターの一つで1968年に創設され、地震による人命と財産の損失を防ぐことを究極の目的として、1) 地震時の地盤振動特性とその強度の予測、2) 既存の構造物、機械システムおよび地盤に与えるダメージ・ポテンシャルの予測、3) 耐振設計法の改良の3点を中心に研究を進めている。EERCに属する実験施設には前述の橋の実験に使用された20フィート×20フィートの振動台の他に、耐振壁などの実験に使用されている変位制御式の振動部材試験機があり、いずれもキャンパスのあるバークレイ市から北へ10マイル程離れたリッチモンド市に配置されている。筆者の帰国時には、所長であるClough 教授のもとに、教授5名、大学院生、ポスト・ドクトール、専属の研究者20名、事務系職員13名、技術者4名、振動台操作員1名が配属されていた。この中には日本から筆者以外に4名の日本人研究者および大学院学生 (土木の関係者1名、建築の関係者3名) が参加していた。

上記の数値計算には、バークレイ・キャンパスに隣接したローレンス放射線実験所の大規模電子計算機センターを使用した。この実験所は米国原子力委員会の管轄下であり、4000人の研究者を擁し、その中にはノーベル賞受賞者が数名いるという大きな研究組織である。この計算機センターではCDC7,600一台、CDC6,6002台から成る計算機システムを1年中24時間稼働させ、ユーザーはいつでも何時でも計算できるという体勢をと

っていた。また、コンサルタントと称するプログラム相談室が設けられており、朝9時から夜9時まで計算機のソフト、ハードの両面に精通した優秀な相談員を常時2名配置して適確なプログラム診断をしてくれたことは、筆者にとって非常に大きな手助けとなった。大規模な計算機プログラムをデータ・セルに記憶させ、簡単なコントロール・カードで自由自在にプログラム修正ができるなど、その親切で完備したシステムはりっぱなものであった。カードのパンチからプロットや図化まで、すべて自分1人でやらなければならなかったが、反面、実験等のようにグループの中で仕事をするのと違い、自分で自分のタイム・スケジュールを完全にコントロールできたという点で好都合でもあった。

3. 今後在外研究を行う者に参考となる事項

パートギャランティ研究員として、大学等の研究機関で仕事することは、もし、仕事の内容に興味を持てるならば科学技術庁の長期在外研究員（スタック）として行くよりもはるかにおもしろいのではないかと思います。その理由は、スタックとして大学等に行く場合には、(i)学生としてコースを取るか、もしくは、(ii)コースはとらず、Visiting Scholar あるいはポスト・ドクトールとして扱われるかのいずれかが一般的と思われる。前者はコースを取るのに非常に忙しく、マスターを取るのにほぼ一年間かかる。後者は先方の大学の先生は受け入れるだけで特に面倒はみてくれない（給料を支給している訳ではないから、仕事を頼みにくいのでしょう）と、いずれにしても、研究所としての大学の機能（教育機関としての機能ではない）はフルに利用できない場合が多いと思います。これに対して、パートギャランティの場合は、大学のスタッフの一員としての地位と権限とさらに責任を持たされますから、関心と興味さえ持てれば、研究者としては極めておもしろい立場で仕事ができるからです。

もう一つ、パートギャランティとして行くならば、だいたい30才前に、そして、結婚して子供のいない間に（小生のように、先方で子供を作ってくるのは別として）行くのが最適と思われます。先方での生活をenjoy するためには、なるべく負担の少ない時期を選ぶのが良いと思われます。

4. 謝 辞

在外研究を行なうに際し、科学技術庁、建設本省、土木研究所の関係各位の皆様は大変お世話をかけしたことを記し、厚くお礼申し上げます。

2. ダム工学における岩盤力学研究

松 本 徳 久

1. 試験研究等に従事することにより得たる成果

私の主な仕事の内容は、A. コンクリートダムの耐震設計、B. フィルムダムの湛水時の挙動、C. 開拓局の事業の現場見学であるが、「研究」としてはAが主体である。Aについては“Accelerations and Displacements of Yuda Dam during 1976, July, 8, Earthquake”というタイトルで開拓局より6月(1978年)までに出版される予定である。研究内容の詳細については、このレポートを参照されたいが、①岩盤とコンクリートダム堤体において測定された加速度波に適切なデジタルフィルターを使うと、加速度波波に含まれる長周期誤差成分が除去できて、岩盤に対するダム堤頂の相対変位を求めることができる。②地震時に貯水池がダム堤体に与える影響の評価方法として、地震動の周期が貯水池の固有周期に比べ短いときには、Westergaardの理論が適用されないが、短周期成分に対する減衰と地盤の地震動の変位には短周期成分が少ないことから、Chopra の理論とともにかなりの周波数領域の地震動に対して適用できる。また実測結果と比較の結果、理論解は設計に使うに充分の精度をもっていることがわかった。

Bについては、1月～4月の4ヵ月、私が日本で行っていた研究を英文にして開拓局のスタッフと議論したのが主な内容であるが、日本のフィルダム(建設省)はロックフィルダムであり、基礎が硬い岩盤であるのに対し、開拓局のフィルダムはアースダムで、基礎には透水性の岩盤もあり多様で、同じフィルダムでもかなり構造の差があり、議論にかみあわない点があった。ただし、日本のでいねいな挙動測定には興味を示してくれたし、私の英文の文法的誤りを訂正してくれたのは、大いに勉強になった。この1月～4月は、頂度1975年6月のTeton ダム決壊の報告書が出た時期であり、この報告書を読み、アースダム課の担当者に質問できたのは利益多かった。

Cについては、開拓局の大きなダムのうち約15のダムを見ることができた。

開拓局の設計はすべてERセンターで行われているために、設計上の問題は現場で聞いても明瞭な答えは得がたいが、施工のすすめ方がわかり興味深かった。

2. 試験研究遂行に役立った試験研究機関の設備環境等

開拓局が与えてくれた便宜は、

a. ERセンタースタッフとの議論

- b. 居室の提供
 - c. 計算機の自由な使用、(計算機はC D C 6400, 6600 2機をもっており、ソフトウェアも完備して優れている)
 - d. 文房具類の供給
 - e. 私が建設省に出す郵便は公用とする。
 - f. 図書館の使用
 - g. 現場見学の旅行日程の作成
 - h. ゼロックスの使用、(これは外国人一般に禁じられており、私にだけ特に許可できないといわれた。ただし必要な文献のコピーは、外国課の秘書に頼むとしてもらえたが、やはり不便であった)
 - i. 長距離電話の使用。(公用で長距離電話をかける必要はまずないが)
- その他E Rセンターには職員専用の売店があり、市価より安く買い物ができるが、この店の使用ができた。又、職員でつくっているテニス部への参加ができた。

3. 今後在外研究を行う者に参考となる事項

E Rセンターを訪問する外国人の数は非常に多く、毎週数人おり、これら訪問客を受け入れる窓口として外国課 (Foreign Activities Section) がおかれている。訪問する外国人は①Visitor ②observer ③trainee ④その他に分類される。

①はE Rセンターに2日以内滞在する短期訪問者、②はE Rセンターおよび開拓局の現場を視察する外国人で、主に開発途上国の政府の高官、③は1ヵ月から24ヵ月の長期滞在者で、開拓局の準備するtraining courseを受ける者、④は①～③以外の訪問者である。

私は④であり、④には私の他、米国―ソ連の技術協力協定で開拓局を3週間訪問するソ連技術者なども含まれる。

E Rセンターにおけるほとんどの長期滞在者は③のtraineeであるが、traineeは開拓局に対してtraining feeを払わなくてはならない。このtraining feeはかなりの高額で、短期だと1日60ドル、長期だと1年で約5000ドルである。traineeはその資金出資先で、①国連、②アメリカ政府 (Agency for International Development) ③自国政府、④自費となる。割合では①、②が多く、③、④は比較的少ない。開拓局におけるtraining courseは、本人の希望を重んじて作成され、普通ひとつの課(あるいは試験室)に1ヵ月ぐらい机をもらい、traineeの関心あるテーマについてレポートが与えられ、これを読み質問があったらそのセクションのスタッフに聞くというやり方のようなものである。

セクションによっては講義があったり、実験演習もある。このようなERセンターでの training の後、現場見学旅行を1ヵ月～3ヵ月行るのが通例のようだ。

私の場合は、私自身開拓局より利益を受けるが、逆に開拓局も私の仕事の成果から利益を受けるということで、ワシントンの開拓局局長より許可を得て trainee ではなく visiting researcher という立場で授業料の類を免除されていた。

住居は3寝室のアパートを330ドル(家具なし)で借りた。私の家族は、(女房、子供3人、それに私の母と合計6人なので、この家賃はやむを得なかった。レンタル家具40ドル、電話10ドル、電気代10ドル等を家賃に加えると、合計約400ドルが住居費である。

食費が300ドル、自動車に200ドル(修理費、保険、税金、ガソリン代金含めて)、衣服、レクリエーション、その他雑費合計で300ドルで、以上すべて合計すると1ヵ月の生活費は約1200ドルであった。この他合計5回の現場見学旅行で約3500ドル要した。

家族の病気を心配して、アメリカ政府国務省が外国人滞在者向けに準備している医療保険に入った。保険代は1ヵ月30ドルで、1回の病気に対して10ドルまで本人負担、10ドルを越える分について1000ドルまで保険会社が支払うというものであった。実際には、長女が風邪をひき、気管支炎であることを心配して1回小児科へ連れて行っただけで、この初診料が10ドルなので、1回も、結果的には保険会社から支払いは受けなかった。

言葉について一番の思い出は、10月にコンクリートダム課で研究発表を行ったとき、余りに自分の言葉が下手なので、その晩一晩うなされたことだ。研究発表では、スライドと原稿の準備が、言葉の能力不足を補うために必須と考える。

開拓局ERセンターの仕事のスタイルは、おそらく西欧社会ではほとんどそうなのであろうが、徹底した分業である。仕事の分担が明確で、責任がはっきりしている。また開拓局ERセンターでは、35年くらい勤める人が多く、狭い範囲の仕事についてベテランが多い。私もこのような分業体制に組み込まれ、全く雑用なしに自分の仕事に専念できた。

しかし半面、ダム技術のいろいろな方面について情報をとるという点からはこの分業体制は不便で、積極的にあちこちにでかけないと必要な情報は入ってこなかった。

一番困ったのは、3月から10月まで給料を日本から送金してもらっていたが、この送金に時間がかかることで、遅いときは40日もかかった。特に10月分給与は遅く、受けたのは12月6日であった。調べてみると、デンバーのJefferson 銀行のミスであることがわかった。日本の銀行と提携しているUnited Bank of Denver には1週間程度で届くので、確実に早く送金を受けるためには、そのような大きな銀行に口座を設けた方がよいらしい。

開拓局を訪問するときの連絡先は

Mr. Robert B. Hayes, Head

Foreign Training and Visitor Section

Mail code 1423

Bureau of Reclamation

P. O. Box 25007

Building 67, Denver Federal Center

Denver, Colorado 80225

U. S. A

3. 新交通システムに関する研究

長 健 次

1. 試験研究等に従事することにより得たる成果

(1) フランスにおける新交通システムの開発方式

フランスにおいては、各企業の技術開発に対する政府の援助は厚く、新交通システムについては過去10年間の開発総額 271 百万フラン（約 136 億円）のうち、73%にあたる 197 百万フラン（約 99 億円）が政府など公共機関からの援助でまかなわれている。また、新交通システムの導入についても政府公共機関が候補地の調査を行うなど、政府の主導性が強い。具体的には、運輸省陸運局が中心となって、新交通システムの開発を進めている。まず、陸運局が交通研究所または各企業から提案されたシステムを検討し、そのなかから研究開発を進めるべきものを選び研究計画を決定する。さらに、科学研究省、交通研究所と共同して、開発委員会の設立と運営を行い、通産省との共同で開発援助契約を関連企業との間で締結する。また同時に新交通システムの実用性を評価するための経済研究を行うものである。（図—1 参照）

(2) フランスで研究されている新交通システム

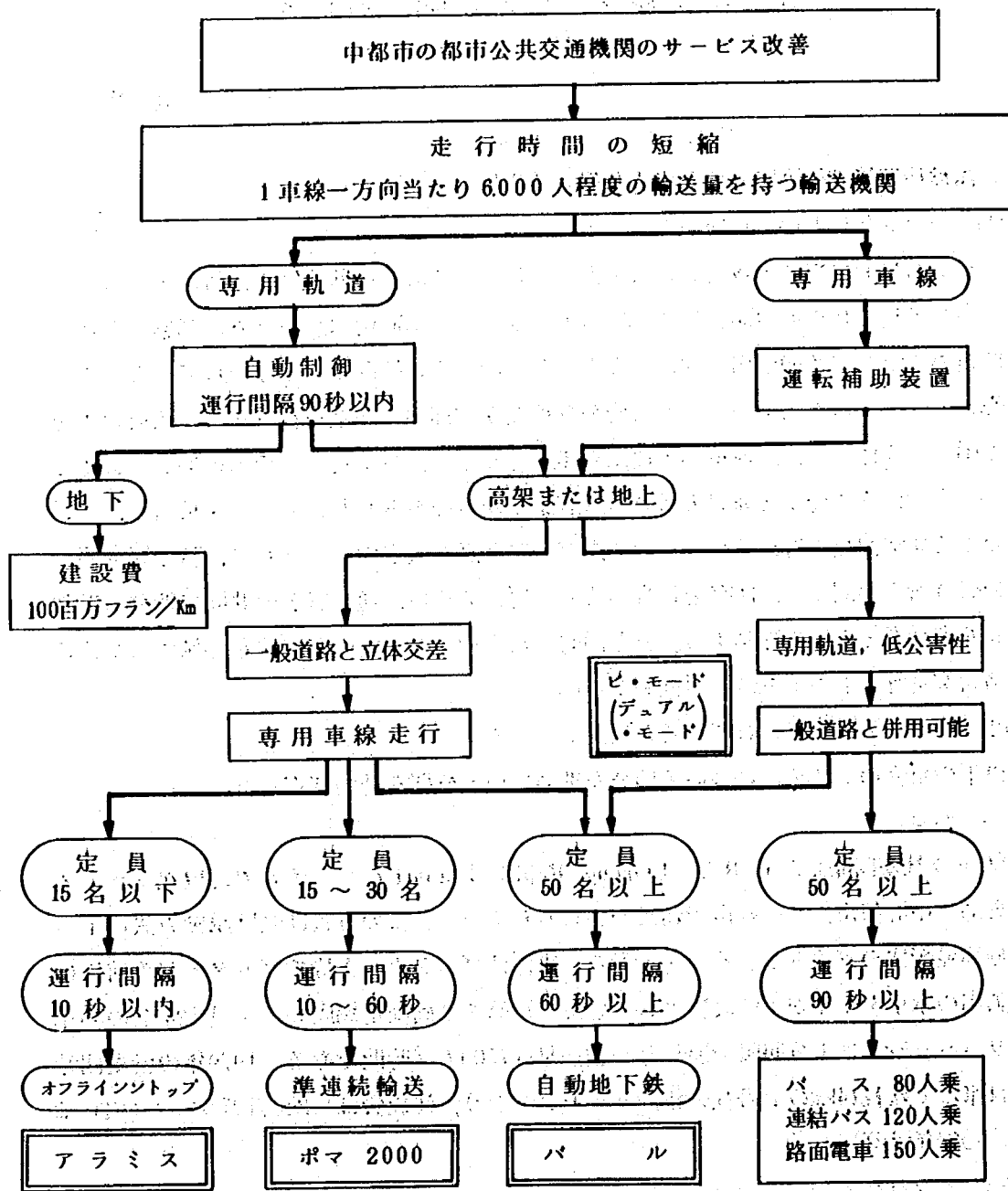
以下の新交通システムについて開発を進めている機関を訪問調査した。

(a) バル

マトラ社が開発した G R T (Group Rapid Transit) システムで、現在フランス北東部の中心都市、リール市で建設が進められている。この方式は側壁誘動方式による車軸操舵形式のガイドウェイバスである。車体はゴムタイヤ支持でゴムタイヤの前後に誘動用の水平タイヤが4個設置されている。車輛を2両固定編成した定員124名の列車をラッシュ時には1分間隔で運行し、輸送量は7500人/時間である。1979年の営業開始を目指して延長14kmの1号線の建設が行われており、建設費は1,240百万フラン（620億円、1974年試算）

(b) トラックス

加減速の出来る「動く歩道」であり、地下鉄の乗り換えなどで比較的距離の長い通路に利用される。フランスでは、これと似たシステムで「トランス18」の開発も行っていたが、現在は中止している。このトラックスシステムは、また乗り口部分では速度約3 km/hで走行しながら利用者を乗せ、その後約12 km/hまで加速し、そのままの速度で中央区間を走行する。降り口に近づくと再び約3 km/hまで減速して、利用者の乗降の



図—1 フランスの交通システム選択のフロー

安全を計ると同時に、全区間の通過時間を短くしてサービスの向上をめざしている。この方式の特長は設置場所に応じて走路を上下左右に曲げることができ、また往復路が一つのループとに形成できるので所要設置面積が少なくすむことである。現在、試作機による基本実験を一応終えた段階である。試作機は、往復70mの細長いループで折返し部は半径2mの半円である。乗った感じでは、まず足を少し前後に開いて乗ったので加速部で各踏板の間隔が広がり、両足を閉じないと倒れそうであった。中央部で高速になってもさほど不安ではない。降り口では減速度が大きいせいかな降りたときに前に駆け出す感じである。また手摺り部についても、現在試作を行っており、今年中にその実験を行う予定である。

開発はパリ市交通公団が中心となり、ハイドロメカニク社が製作を担当している。実用機は、1978年にパリ市内の地下鉄と国鉄のサンラザール駅との連絡通路に延長330mのものが用いられることが決定している。

(c) ポマ2000

ゴンドラ式ロープウェイを応用したシステムである。車両側に動力機構がなく、走路上を一定速度で動くケーブルを機械的に把握することにより走行する。ケーブルの把握は全て自動的に行われ、分岐、合流点に突起した案内板が把握装置を瞬間的に開放し、ケーブルから他のケーブルへの交換を行う。停留場への停止は補助ケーブルによって行う。つまり車両が停留部に進入するまでは補助ケーブルを主ケーブルと同じ速度で動かし、車両が補助ケーブルを把握したことを確認してから補助ケーブルを減速させ、停留位置に停止させる。発車は停止と逆の操作となる。駆動方式がロープであることを除けば、このシステムには4輪ゴムタイヤ支持の側壁誘動方式の車軸操舵形式のガイドウェイバスに分類される。分岐は鉄道に似た方式でゴムタイヤの内側の鉄製円板がフランジの役目を果たす。

なおこのシステムの特徴として、停留部分での発進と停止を制御するだけでよく、駅間を走行する場合の走行制御が不要ということがあげられる。

(d) ビ・モード

フランス版のデュアルモードバスでトロリーバスの改良を目標としたものである。架線区間ではトロリーポールにより電力の供給を受け、一般道路では充電したバッテリーで電動機を駆動し走行する。車両の誘動は走路中央に設置された円形パイプを誘動装置がはさみ込む方式によって行われる。この方式の利点は誘動パイプを地上に設置するだけでよく、建設費が安いことである。

また誘動パイプを溝の中に埋めて地上突起部をなくせば、通常の路面と全く同じにな

り、一般道路での平面交差や一般車両との混合走行ができることである。なお、バッテリーは重量当り出力が大きいことと寿命が長く2万回以上の再充電が可能であるという理由で鉛蓄電池にかわり、ニッケルカドニウム電池の利用が計画されている。現在のところ自動無人運転は計画されていない。

2. 研究に役に立った設備・環境

交通研究所は主に研究計画作成を中心としており、具体的調査及び実験は、各地方にある研究所と共同して実施している。したがって、交通研究所は、実験等に伴う雑事を離れて、研究全体を常に検討している。資料等も専門分野に関して豊富に揃っており、キーワードによる検索も行える。

3. 今後参考となる事項

交通研究所では、研究所としての機能の他に、情報センターとしての機能を重視している。そのため、印刷所を併設し、当研究所以外の研究所や陸運局の報告書等も印刷している。

4. 流域における水資源の開発・管理システムに関する研究

関 正 和

1. 概 要

筆者は、アイオワ大学水理学研究所に大学院学生兼研究補助として籍をおき、表—1に示す科目の受講と、修士論文「線形計画法および分解原理による地域間水資源配分について」の作成を通じて研究活動を行った。修士論文の詳細はそれを読んで戴くこととして、ここでは流域における水資源管理の米国における現状と、最適管理のための研究の現状を報告する。

表—1 受講科目一覧表

科 目	単 位	
流体力学 I	3	J. F. Kennedy
水資源システム	3	T. E. Croley
応用統計学	3	Pulle
価格雇用生産理論	4	Sgontz
水資源開発特論	2	T. E. Croley
地域水資源経済学	3	J. R. Barnard
流砂理論	2	J. F. Kennedy
水文統計学特論	2	T. E. Croley
数理計画法特論	3	Chen
修士論文研究	5	

2. 合衆国における水資源管理の現状

合衆国では、陸軍技術本部長・工兵隊と内務省開拓局が中心となって水資源開発を進めているが、その行政は縦割りのでかつしばしば地域割りで行われており、フランスにおける六つの流域委員会とその事務局ともいふべき流域財務庁のような流域の水資源管理と地域経済計画を遂行する統一的流域管理組織は存在しない。この唯一の例外はTVA(テネシー河流域開発公社)であり、大統領と議会から全権をまがされた政府機関と

してテネシー河流域の総合的な開発管理を行っている。なお、デラウェア河の開発にあたっては、ニューヨーク州、ペンシルバニア州、ニュージャージー州、デラウェア州がデラウェア流域協定を結び、各州知事とニューヨーク市長、フィラデルフィア市長及び連邦政府がデラウェア河流域諮問委員会をもって協同で実施しており、カリフォルニア州水計画の実行にはカリフォルニア州が主導的な役割を果たすなど地方自治体の役割の大きさをうかがい知ることができる。

水利権に関しては、東部諸州が沿岸主義、西部諸州が専用主義を主としてとっているが、ほとんどの西部の州が水利権の売買を認めており、経済財として水を取り扱うための素地はでき上がっているといえる。

3. 最適水資源管理に関する研究の現状

流域における水資源計画へのアプローチを便宜上、二段階に分けて考えよう、第一は、流域の人々と産業が必要とする水需要量の設定であり、第二は、設定された水需要量を満たすための利水施設計画の策定である。

(1) 流域の人々と産業が必要とする水需要量の設定

水需要量予測の基本に、将来における水使用原単位の予測がある。Rooy (1974)は統計資料に基づいて、工業用水使用量の価格弾力性と生産性の向上に伴う水量減少を検出している。また、Whitford (1972)は生活用水使用量原単位の予測に対して、水多消費機器の規制効果・水価政策の効果・節水キャンペーンの効果・将来の生活パターン変化の影響・水利用技術の変化に伴う影響等を織り込もうとしている。

一方、利用可能な資源(水・労働力その他)が与えられた場合に、これらを活用して地域の総生産額を最大化するためには、人口と産業の規模と配置をどのように設定すればよいか、これに対応する水需要量はいくらか、という問題については、Bargur(1972)やHaimes et.al (1974)の研究がある。そこでは、産業連関モデルと利用可能資源量を制約条件とし、地域総生産額を目的関数として線形計画モデルを構成し、生産額・雇人口・水需要量を算定している(表-2参照)。こうしたモデルは、米国西部の乾燥地帯のように、水がなければ植物も育たないような水資源制約の厳しい地域においてよく適合するものであろうが、我が国においては、土地の制約や交通条件が人口や産業配置に優先的に効くことから、こうしたモデルの適用には慎重を要する。

(2) 設定された水需要量を満たすための利水施設計画の策定

この問題は、水の供給・処理を行う利水施設の配置(ネットワーク)・規模・建設時期を、利用可能水量と水需要量を前提として決定するものであり、問題としている事柄

表—2 水需要量の設定に関する最適化モデル

水需要モデル	主要モデル出力	主要モデル入力 及び主要制約条件式	最適性基準	最適化手法
Bagur, Jona(1972) "Dynamic Multi- sector Programming Approach to Regional Water Resource Manage- ment," Water Re- sources Research, 8(4)	各地域・各期の 生産額(変数) 水需要量 必要労働力他	財の需給収支式(生産 額・中間需要・最終 需要・移出入・在庫 増の収支) 利用可能水量の制約式 (利用可能水量・水使 用原単位) 利用可能労働力の制約 式(利用可能労働力・ 労働原単位) 生産額・移出入・最終 需要に関する制約式他	全地域・全期 間にわたる Gross Reg- ional Prod- uct の最大化	線形計画法
Haimes, Yacov Y. and Nainis, W. Scott(1974) "Coordination of Regional Water, Resource Supply and Demand Plan- ning Models", Wa- ter Resources Research, 10(6)	ある地域の各期 ・各部門の 生産額(変数) 水需要量	財の投入産出関係と 最大及び最小最終需要 利用可能水量の制約式 (利用可能水量・水使 用原単位)	対象地域の全 期間にわたる Gross Reg- ional Prod- uct の最大化	線形計画法

によってつぎのように分類できる。

Type ①……計画対象時点における窮局的な利水施設規模とネットワークを取り扱うもの。

Type ②……Capacity Expansion Problem。水需要の増大に伴って建設すべき利水施設の規模・配置・建設時期を求める。

Type ③……Project Scheduling Problem。規模が与えられたいくつかの水資源プロジェクトについて、それぞれの建設時期を水需要に合わせて定める。したがって、Type ②は、利水施設の出力(および容量)を表わす連続変数を未知数とし、Type ③は、施設建設時期を表わす0—1型整数と施設出力を表わす連続変数が未知数となる。一方、Capacity Expansion Problemは、

Type ④……浄水場など段階的な規模拡張が容易な施設に絞って考えるタイプ。したがって、各期ごとに新增設される施設容量(連続変数)を未知数とする。

Type ⑥……送水管のように序々に規模拡張を行うことが不経済な施設をも含めた Capacity Expansion Problem。この場合に計画期間を通じて最大の送水量を対象として送水管の規模が決定されるので、送水管規模と送水量を示す連続変数と、送水管建設時期を示す 0—1 型整数が未知数となる。

Type ⑦……上記 Type ⑥において便宜的に送水管建設時期を計画期間初頭に固定しておく方法。

等が考えられている。

さらに利水施設の建設・運営を最適化しようとするモデルは、モデルの作成目的や問題の取扱い方の特質によってつぎのように分類・整理される。

①水循環系の対象領域……降水・流出・蒸発散・地下浸透といった自然系、都市用水・農業用水・下水処理といった人工系のどの部分を対象とするかによってモデル構成は変わるが、流域の総合的水資源管理のためには、これら全体を対象としたモデル構成が必要である。

②既存施設との関係……新都市建設の場合には例外であるが、一般には既存施設を有効に活用できる利水システムの運用が考えられなければならない。

③目的関数……利水施設計画の目的として、費用の最小化、流出汚濁負荷量の最小化といった単目的の達成を目指すモデル構成のほかに、Haines らの Surrogate Worth Trade-Off Method や Goal Programming を用いて複数の目的を均衡よく達成しようとする方法もある。

④要因間の関係……利水施設規模と減価償却費および維持費の関係や、水の運動・水質を規定する方程式は、非線形であるが、線形近似されることも多い。

⑤季節変動……一年間の総量または平均量を対象として施設規模を考えることが多いが、季節変動を考慮するためには、施設規模・各期の処理水量・貯留量を変数として取りこむ必要がある。

以上のような観点から、米国を中心にわが国の研究をも含めて整理すると表-3 のようになる。問題の特徴に応じて用いられる最適化手法が異なるが、ことに線形計画法を用いた事例 (A, C等) には比較的多数の施設が対象として取り上げられ、流域全体の計画が考えられるのに対し、非線形計画法・混合整数計画法・動的計画法を用いた事例では問題規模の制約から取り扱える施設数がかなり限定される反面、局所的な検討が詳細に行われる。

⑦試験研究遂行に役立つ試験研究機関の設備環境

アイオワ大学は、アメリカ中西部のとうもろこし畑が延々と広がる大平原 (プレーリ

表一 3 設定された水需要量をみたすための最適利水施設計画モデル

施設建設 時 期	処理水量と 費用の関係	定 式 化	研 究 事 例	決 定 変 数	特 徴
施設建設 時期は問 題としな い (Type ㉔)	線 形	㉑ 線形計画 法	三好・関・吉川・朴, 土木学会論文報告集 第269号(1978)	各施設の水処理 量と自然な循環 量(年間総量)	水循環の対象領域を人 工的な系と自然的な系 のすべてとしているの で運動法則等が制約に 含まれている。
		㉒ 線形計画 法(ネット ワーク フロー)	Swanson, H.S., et. al., Water Resour. Bull., 7(4), 1971	各施設の水処理 量	水循環の対象領域を人 工的な系に絞って おり、連絡条件式のみ が制約と考えられてい るのでネットワーク問 題として定式化された
		㉓ 線形計画 法・目標 計画法	吉川・関・岩松, 土 木研究所報告第151 号(1978)	各季節ごとの各 施設の水処理量 と自然な水の循 環量及び各施設 の容量	研究㉑を拡張して需要 ・供給の期別変動を考 慮に入れるとともに現 況施設をベースとした 分析を行なっている。
	非 線 形	㉔ 非線形 目標計画 法	Yoshikawa, K. & Okada, N. Prot. of JSCE No. 266, 1977	各施設の水処理 量	水循環の対象領域を人 工的な系に絞って分析 している。浄水・三次 処理・送水管の各施設 の費用関数を非線形と 考えている。
Capacity Expansion Problem (Type ㉕)	非 線 形	㉕ 非線形計 画法	Mulrihill, M.E., et. al. Water Resour. Res. 10(2), 1974	各ステージにお ける各施設の水 処理量と施設容 量	浄水場と下水処理場の 段階拡張問題を扱っ ている。
		㉖ 動的計画 法	Hinamoto, H., Water Resour. Res., 8(5), 1972	各ステージにお ける各施設の水 処理量と施設容 量	浄水場の段階拡張問題 を扱う
Capacity Exp. Prob. (Type ㉖)	非 線 形	㉗ 0-1型 混合整数 計画問題	吉川・岡田・大内, 土木学会論文報告集 (1978)	各ステージにお ける各施設の水 処理量と施設容 量及び送水管建 設時期	浄水場・処理場の段階 的拡張と送水管の建設 時期・規模を問題とし ている。混合整数計画 問題を一般の非線形問 題に置換して解く。
Capacity Exp. Prob (Type ㉗)	非 線 形	㉘ 非線形 計画法	末石・内藤, 土木計 画学会講習会テキス トNo.4, (1971)	各ステージにお ける各施設の水 処理量と施設容 量	
Project Scheduling Problem(㉘)	線 形	㉙ 0-1型 混合整数 計画問題	Haimes, Y.Y., et. al. Water Resour Res. 10(6), 1974.	各ステージにお ける各施設の出 力と各施設の建 設時期	問題は動的計画法に変 換されて解かれている

ー（の一角に位置する人口4万の緑豊かな都市アイオワ・シティーにある。大都会の誘惑もなく、図書館は午前6時から午前1時まで、コンピューター・センターは24時間利用できるとあって研究を進めるには申し分のない環境といえる。水理学研究所では、大学院学生を対象に、流体力学・水工水理学・水資源工学の三課程を提供しており、三十数名の大学院生が世界各国から集まっている。研究所のスタッフは15名程、秘書とショップの職人が10名前後であり、高速流・生体内の流体力学・境界層・キャビテーション・粘性流体・密度成層流・環境水理・水文学・氷：計測・非回転流・噴流と後流・非ニュートン流体・開水路水理・流砂・船舶水理・相似則・流体中の構造物・非定常水理・波・漂砂・水資源問題・地下水・ダム水理・乱流などの研究を、本館と二カ所の付属実験所において続けている。

1. 水理学研究所	Department of Hydraulics and Water Resources Engineering	(1)	Hydraulics and Water Resources Engineering
2. 水工学研究所	Department of Hydraulic Engineering	(2)	Hydraulic Engineering
3. 水資源工学研究所	Department of Water Resources Engineering	(3)	Water Resources Engineering
4. 水文学研究所	Department of Hydrology	(4)	Hydrology
5. 氷：計測研究所	Department of Ice Measurement	(5)	Ice Measurement
6. 非回転流研究所	Department of Non-rotating Flow	(6)	Non-rotating Flow
7. 噴流と後流研究所	Department of Jet and Wake Flow	(7)	Jet and Wake Flow
8. 粘性流体研究所	Department of Viscous Fluid	(8)	Viscous Fluid
9. 密度成層流研究所	Department of Density Stratified Flow	(9)	Density Stratified Flow
10. 環境水理研究所	Department of Environmental Hydraulics	(10)	Environmental Hydraulics
11. 水文学研究所	Department of Hydrology	(11)	Hydrology
12. 氷：計測研究所	Department of Ice Measurement	(12)	Ice Measurement
13. 非ニュートン流体研究所	Department of Non-Newtonian Fluid	(13)	Non-Newtonian Fluid
14. 開水路水理研究所	Department of Open Channel Hydraulics	(14)	Open Channel Hydraulics
15. 流砂研究所	Department of Sedimentation	(15)	Sedimentation
16. 船舶水理研究所	Department of Ship Hydraulics	(16)	Ship Hydraulics
17. 相似則研究所	Department of Similarity Laws	(17)	Similarity Laws
18. 流体中の構造物研究所	Department of Structures in Fluid	(18)	Structures in Fluid
19. 非定常水理研究所	Department of Unsteady Hydraulics	(19)	Unsteady Hydraulics
20. 波研究所	Department of Waves	(20)	Waves
21. 漂砂研究所	Department of Sedimentation	(21)	Sedimentation
22. 水資源問題研究所	Department of Water Resources Problems	(22)	Water Resources Problems
23. 地下水研究所	Department of Groundwater	(23)	Groundwater
24. ダム水理研究所	Department of Dam Hydraulics	(24)	Dam Hydraulics
25. 乱流研究所	Department of Turbulence	(25)	Turbulence

5. 河川堤防の設計施工に関する研究

久 楽 勝 行

1. 試験研究等に従事することにより得たる成果

シカゴでの一年間の試験研究ならび見学を通して得られたものについて述べる。

(I) 動的単純せん断試験機について

研究室での新しい試験機として動的単純せん断試験機があげられる。この試験機の本体は日本から輸入されたもので、在来のもの比べると、セルの中に圧力変換器が組入れられているため、摩擦が少なく供試体に生じる動的せん断応力をより精密に計測できること、および供試体上、下端で横方向の変位を計測するため供試体のひずみが正確に測れるなどの特徴をもっている。日本から輸入された部分は試験機の本体だけで、試験に必要な動的荷重装置ならびに測定装置などはすべて実験室の部分を用いて組立てられ、私もそれに参加した。したがって、配管、バルブの取付け、装置の組立ておよび試験機の調整などを自らの手で行なった。そこで感じたことは、できることはすべて自分であるという“アメリカ開拓精神”のようなものである。また、必要な種々の部分は実験室や機械作業場に常に保管されており、専門のメカニキヤンがいるために、いろいろと試験機を調整していく段階において細かい点を随時変えていくことができるなどの便利な点も認められた。

(II) 土質調査試験機について

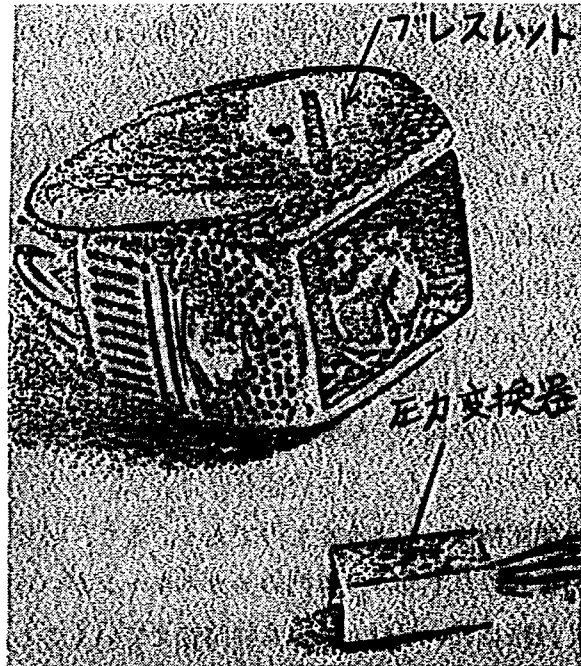
現場の土質調査の一つの方法として、オランダ式二重管コーン貫入試験機が用いられるが、この試験機のコーンの先端部分に小型の間隙水圧計、加速度計、温度計、傾斜計などを組入れ、より詳細な地盤の情報を得ようとする試みがなされていた。私もその設計に携わったが、写真-1に示すような小型で精度のよい計器が市販されており、新しい試験機を開発するのに非常に便利であった。

また、土質調査についての質問を受けた。日本とアメリカとで標準貫入試験のやり方が違うのではないかという質問である。たとえば、N値からゆるい砂地盤の液状化を判定する場合に、日本で使われているN値をそのままアメリカの地盤に適用すると、実状と合わない場合があるということである。したがって、UJNRなどを通じて、同一地盤でアメリカと日本の方法で試験し、両方の値を比較するなどして統一をしていくように思われる。

(III) トンネルのコストに関する研究

トンネルのコストに関する研究に研究内容については土木技術資料, Vo 1. 20, No. 7, 昭和53年7月に掲載したので, ここではその概略だけをのべることにする。

都市内に地下鉄, 高速道路, 下水道およびパイプラインなどを建設する際に生ずるトンネル構造物の建設コストを節減するためを主目的として, 電子計算機を使ってトンネル構造物の規模, 長さおよび現地の地質, 土質条件に応じた最も合理的で, かつ安い掘



写真—1 小型の圧力変換器

削方法をみいだす研究を実施していました。この研究の目的は次のようなものです。

- (1) トンネル構造物の目的に応じた合理的なシャフトの大きさと数の選定
- (2) 現地の地質および土質条件に応じた最も合理的でかつ安価に建設可能なトンネルのタイプの選定とその掘方法の決定
- (3) 掘削土の工学的性質を評価し, 盛土材料およびコスクリート骨材として売却することによる建設コストへの還元
- (4) COSTUN プログラム (トンネルのコストを評価するプログラム) をトンネル計画作成時に活用することによる労力と時間の節減

トンネルの掘削にあたっては現場の地質構造, 土質条件によってはいろいろのものが関係すると考えられる。したがって, COSTUN プログラムの作成にあたっては過去の経験にもとづく実験式や図表などが十分活用されており, しかもそれらが非常に単純化されたものでまとめられている。

この研究は数年前からシカゴの地下鉄建設を対象としてすすめられており、昨年のシカゴ市内の高架鉄道電車落下事故で死者をだしたことから、地下鉄網の整備についての論議が一層高まっており、この研究成果が今後の地下鉄建設に多いに生かされるものと思われる。

現在シカゴでは、シカゴ川に流入してくる河川水をいったん地下の石灰岩の洞くつに貯留し、それを再処理してミシガン湖に流すという大プロジェクトがすすめられており、その導水路のためのトンネル建設現場を見学する機会を得た。

そのときの印象では、土の下の石灰石の岩盤はクラックもほとんどない良質の岩盤で、このような地質条件ではトンネルを何処の地点に通すかが、建設費に非常に響いてくるのも当然だという感じを受けた。アメリカ大陸は地層が日本のように複雑でないために、ここで述べたようなモデル化したコストの研究が可能なことも一つの要因とも考えられるが、私の聞いたところではワシントンの地下鉄建設の際に、岩盤と土との境の所に一部トンネルを通したために建設費が高くなったという話もあり、我々の取扱う土木構造物においては建設費というものも重要な要因の一つであることから、ここで述べたようなコストの研究は非常に有意義な研究のように思われる。しかも、それがどちらかと言えば、基礎的なアカデミックな研究がなされると思われる大学において実施されていることに対して、非常に興味あることのように思われる。

2. 試験研究遂行に役立った試験研究機関の設備環境等

試験研究遂行に役立った設備環境については⑥のところで一部ふれたので、それ以外のことに1～2気の付いたことを述べる。

まず、トンネルのコストに関する研究で電算機を使用したのが、TSS (TIME SAVING SYSTEM)を採用しているため、実験室でスクリーンを見ながらプログラムの作成、修正、インプットデータの変換などが自由にでき、条件を変えた種々の計算が短時間にできるなど便利な点が認められた。

次に、実験室、大学構内はきれいに整備されており、気持ちよく仕事をすることができた。各実験室の壁には“きれいにしよう”といった掲示がなされており、部屋をきれいにしようと努めているように感じられた。アメリカ人も日本人も汚すのは同じであり、公共の施設にはそれをきれいにする人があり、またきれいにするための道具もいろいろと工夫し用意している点が少し異なるように思われた。また、“きれいさ”によってそこにいる人および施設が判断されるような価値基準があるように感じられ、そのため“きれいにする”ことに努めているようにも思われた。

3. 今後在外研究を行う者に参考となる事項

Research Associateとして海外研究を行なうためにはDSP-66の書類が必要である。したがって希望する大学ならびに研究所から書類を受けとり、パスポートおよびビザの手続きをすればよいと考えられる。

6. 米国における総合交通計画の制度, 手法等に関する調査

竹 内 義 人

私は昨年8月から1年間、IRF（国際道路連盟）の留学生として米国インディアナ州立パデュー大学において交通計画等の勉強をさせて頂いた。

IRFは、1948年（昭和23年）に米国の石油、自動車タイヤなどの業界が中心になって設立した非営利の民間団体である。国際的な規模での道路交通の発展を図るため、世界各国の道路整備を官民協力して促進しようというのがその主旨である。道路整備の促進を図るため、世界各国に道路協会等の組織を設立すること、国際的な研究情報の交流、国際的な道路標識の統一等、諸般の活動を行っているが、その活動の一環に留学生制度がある。留学生としては、毎年10～20名の若手の技術者が世界の各国から招へいされ、米国内の大学で1年間勉強することになっている。日本からの留学生は、毎年約1名、私で16番目となっている。毎年、東南アジア、アフリカなど多数の国から留学してくるため、大学での勉強はもとより、それらの国々の若手の技術者と直接意見を交し合えるのは、この制度の大きなメリットである。

私の場合、この留学で主に交通計画の策定手法について勉強し、またその間、連邦道路庁を始め各地の行政機関を訪問して計画の立案と組織等について若干の資料を得た。

1. 在外研究の成果

1.1 交通体系の歴史的変遷

アメリカにおける都市交通の歴史はストリートカーで始まる。1831年、スティーブソンという人が、ニューヨークの街に馬を動力として軌道を走るホースカーの営業を始めた。これが当時最新の都市マストランジットであった。ホースカーはアメリカの各都市にかなり普及し、1870年の軌道供用総延長は3000マイルに達したと言われている。その後、エネルギー革新は交通体系にも大きな影響を与え、ホースカーの動力は電気モーターに替えられた。1888年にリッチモンドで走ったのが、アメリカでのストリートカーの誕生であった。このストリートカーが、自動車の登場まで都市交通の主役であった。

しかし、内燃機関の登場により、ストリートカーは不振の時代を迎える。1919年、T型フォードが初めて売り出されて以来、この便利で魅力的な、交通機関はまたたくうちに米全土を席卷した。1900年に8000台であった自動車の登録台数は、1920年には9百万台、1940年には3千万台とふくれ上っている。特に第二次大戦後の自動車の普及は著し

く、現在に至るまで自動車依存型の交通体系が形成されてきたのである。(図-1)

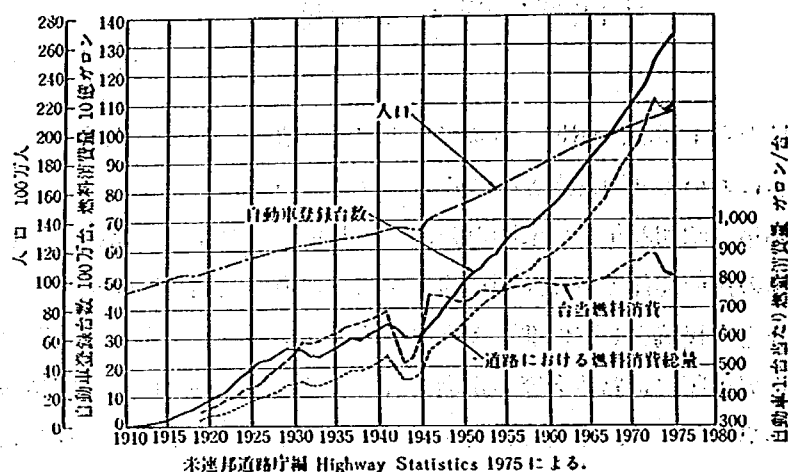


図-1 自動車登録台数等の推移 (1910~1975)

ところが、1960年代になってようやく都市において自動車交通の弊害が表れてくる。自動車の普及は、都市スプロールの現象をもたらした。産業の都市集中により都市に流れ込んできた人口は、自動車交通の発展により、郊外部へ無秩序なスプロールを始めるのである。都市スプロールにより、都心部は黒人や低所得者に占有されてスラム化し、一方膨大な通勤交通の流入により都心周辺部に慢性的な交通渋滞を生じることとなる。アメリカにおける都市問題は、その交通体系に起因する部分が非常に大きい。このような状況において、近年ようやく都市におけるマストランジットの復権が唱えられるようになった。アメリカにおける総合交通体系の考え方は、このようなマストランジットの復権を背景に検討されてきたのである。

1.2 総合都市交通計画策定の制度

アメリカで、ガソリン税を財源とするハイウェイトラストファンドが設立されたのは1956年のことである。以後全国的なフリーウェイシステムである州際道路の建設が進められ、今ようやく、都市部を除いてその整備が完了しつつある。それに比べるとマストランジット整備の歴史は新しく、都市マストランジット補助法 (Urban Mass Transit Assistance Act = UMTA) の制定は1964年であった。また、交通行政を統合する交通省 (Department of Transportation = DOT) の設立が1968年であり、このDOTのもとに、道路庁 (Federal Highway Administration = FHWA)、都市交通庁 (Urban Mass Transportation Administration = UMTA)、その他の交通担当庁が統合された。DOTの設立は、総合交通計画策定のための組織面の整備であった。

総合交通計画策定の制度面の整備は若干遅れ、1975年に制定された総合都市交通計画策定指針 (Urban Transportation Planning Process =UTPP) をその基本としている。UTPPは、FHWAとUMTAの両庁によって制定されたものであり、各都市圏における州、市、道路管理者、都市交通経営者等が協調して総合交通計画を策定し、FHWA、UMTA両庁の承認を得て計画の実施に移行することを義務づけている。

UTPPでは、長期的な総合交通システムの整備方針及び既存の交通システムの運営方針について検討することを義務づけており、それらの検討に基づき、具体的な交通体系の整備計画を、交通整備計画 (Transportation Improvement Program =TIP) としてオーソライズするよう指示している。TIPは3ないし5ヵ年計画でありその要素として年次計画を含み、毎年改正される。TIPの策定には、都市圏計画委員会 (Metropolitan Planning Organization =MPO) が中核となる。MPOは当核都市圏に含まれる市、郡の代表者で組織され、州知事が任命する。計画策定には、すべての交通機関の管理者、経営者が参加することになっており、相互に調整された計画が、FHWA、UMTAの両庁に提出される。

この計画の実効性は連邦の補助によって担保されている。FHWA、UMTA両庁の補助はこの計画に基づいて実施され、当核都市圏のすべての連邦補助プロジェクトは、このTIPの中に位置づけられねばならないのである。そのため、各行政機関の担当者は、毎年膨大な資料の作成を要請される。私の住んでいたラファイエットの町にも、30分に一本というミニバスが走っていたが、この運営計画にも、膨大な計画書が用意されているのを見て驚いた記憶がある。

1.3 計画立案のための行政組織

アメリカはその名の示すとおり州の連合体であり州の持つ権限が非常に大きい。交通計画においても、その主導権は州が握っている。道路の建設においても、州道の建設はもとより、州際道路の建設も、連邦の補助を受けて州が実施する方式をとっている。しかし、近年の行政の流れは全国的にバランスのとれた施策が望まれる結果次第に連邦政府がその権限を拡大しつつあると考えられる。道路の整備においては特に連邦の指導権は大きく、州際道路の建設については連邦から90%の補助を受けている状況で連邦の発言権は大きくならざるを得ない。

連邦における交通担当部局は、先に述べたDOTであり、1968年に交通関係の諸庁を統合して設立された。DOTの長官はセクレタリーと呼ばれ、日本の大臣と同様政治家で大統領が任命する。セクレタリーのもとには、セクレタリーの官房部局、セクレタリーへのブレーンであるアシスタント等の他8つの庁 (Abministration) が設置されている。8つ

の庁には、FHWA、UMTA の他、鉄道庁、航空庁、沿岸警備隊 (U. S. Coast Guard) などが含まれ、交通に関する行政を統括する形となっている。

各庁には長官 (Administrator) と副長官 (Deputy Administrator) が置かれる。両者はセクレタリーにより任命されるが、一般にその庁の役人でなく、外部から例えば大学の教授などが任命される場合が多い。FHWA の場合長官のもとに 6 局 16 課が設置されており、局以下は日本と同様シビルサーバントが勤めている。

一方、州の行政組織は、州によってかなり異なる。交通関係の組織としては、州交通省 (State DOT) を設置している場合と、道路、航空などの部門別に管理官制度 (Highway Commissioner など) を設けている場合とがある。全般的な傾向としては、州内の交通体系を総合的に計画管理するため、州 DOT を設置する傾向にあり、1975 年の調査では 50 州の内 22 州が DOT の組織を持っていると報告されている。

アメリカにおける行政組織のもう一つの特徴は郡 (County) の存在である。County は、名目的な存在としての日本の郡と異なり、一つの強力な行政単位として存在する。郡は中心となる市 (City) とその周辺の町村から形成される。交通行政においても、County を行政の最小単位として扱う場合が多く、巨大都市を除けば、市が単独に交通計画を立案することは比較的少ない。

なお、都市圏における交通計画の立案は、州、郡などの既成の組織で対応することが難しく、先に述べた MPO がその計画主体として機能している。MPO は、巨大都市を中心としてその周辺の市郡を包含する一かたまりの圏域として設定され、シカゴ都市圏、サンフランシスコ湾都市圏などと呼ばれる。1960 年代シカゴの CATS を始めとして盛んに行われたパーソントリップ調査 (Transportation Study) の圏域が概ね NPO の圏域となっている場合が多く、その調査の事務局が今の総合計画立案の母体となっている。

7. フランスにおける歩行者の交通安全

宮 川 朝 一

1. 試験研究等に従事することにより得たる成果

フランスにおける調査、研究についてフランス政府に対して報告する義務はなかった。但し、調査している事項等について簡単な月報を設備省及び外務省の留学生受け入れのための組織 (C. I. E. S.) に提出しなければならなかった。

したがって、フランスにおける調査、研究の成果は、帰国後に報告書としてまとめた「土研資料—第1405号」である。その詳細な内容は省略して、調査、研究を行った環境等から感じたことを述べてみたい。

私は、前記のように3機関に滞在し、調査を行ったが、各機関においてそれぞれ相談に乗ってくれる人が数名決められていた。それら3機関は、それぞれ交通安全、都市計画、都市交通計画を専門とする所であったので、私が調査しようとしていた例えば、国家的レベルでの交通政策から市町村段階における計画策定の実態までについて体系的な説明を十分に受けることはできなかった。したがって、私の調査方法は、なるべく多くの人と話し、多くの文献に接して情報を収集し、それらを体系づけることであったが、そのような方法を自分なりに定める迄に時間を費やしてしまったように思われる。それ迄は、担当の人に相談し、そのような事柄についてはA氏に会えば良からうと言われて訪ねても、満足の行く答えが得られないという具合であった。

しかし、そのような無駄なことをしている間に学ぶことができた事柄も多い。例えば、資料収集のためにいくつかの図書館を訪ねたが、文献名ごとの整理の他に、テーマごとの整理もされており、私のようにテーマはあるが文献名などのわからない者にとって非常に便利であった。テーマごとの整理とは、例えば“歩行者の交通安全”、“歩行者用道路”というテーマごとに関係する文献が一覧表に整理されており、そこにある文献を指示すると出してきてくれるシステムである。また、私が滞在したりヨンの建設技術研究所 (LETE de Lyon) の図書室では、係員が専門機関誌及び専門雑誌の記事を要約し、やはりテーマごとにカードを作成し、整理していた。私が、日本のニュー・タウンについて特集していた都市計画の専門誌を探していた時、その誌名は忘れてしまっていたが、“日本”というテーマの中にその文献が整理されていて見つけてもらったことがあった。また、そのような文献収集方法をとったために、私のテーマに関連のある多くの文献に接することができたことも、フランスの交通に関して基礎となる知識の乏しかった

8. 第17回国際水理学会

須賀 堯 三

1. 参加により得られた成果と今後の研究指針

第17回I AHR 会議には、42ヶ国より662名の参加者があり、会議には318の論文、その他セミナーや講演等を合わせて380の論文が発表された。このような大きな会議では、テーマを絞ったシンポジウムと異って非常に広範囲の問題を包含し、地域の条件や社会経済の発展の度合を反映したものが多く提出されているが、それぞれ自国語で発表されている数多くの論文のうち、それぞれ代表的なものが英語または仏語の論文として集められているところは多大の意義が存在する。大方の論文の内容は日本においても見当のつくものであるといえるであろう。そして、今回の主題は環境問題であるが、やはりかなり基礎的なものが多く、手法としてはコンピューターを駆使しての解析研究が支配的であり、日本における学会と似た傾向にあると思われた。研究予算は事業と関連する面もあり、各国においても相当実地的な研究も行っているのであるが、そういった報告は国際会議の場に出にくいのであろう。計算室から実験室へ、そして現場に出て現象をよく観察したうえでの研究活動をする必要性を説く声は会議の間にもよく聞えてきたが、これは世界共通の声でもあるように思われた。世界各国とも安定低成長時代に入り、研究環境はますます厳しい状況にあるようで、旧態依然たる研究課題、研究内容では乗りおけるといった認識を等しく持っているようである。何か新しいものを手がけてみたいとする願望、そしてまた応用面の研究を重視する動きをひしと感じさせる会議であった。現場における現象を観察し、実際に役立つ研究を行い、それがまた基礎研究にフィードバックされて水理学が大いに発展することをだれもが期待しているようであった。

個人的な研究の内容と今後の方向に関しては、ある種の安心感というふうでは世界の底の深さを感じさせられた。同様な研究を行っている研究者を知り、今後連絡をとりつつ進められることは、やはり会議を通じての大きな収穫といわなければならない。研究の効率化を考えるうえにも、またそれを実行していくうえにも国際会議は非常に役立つであろう。

2. 国際研究集会派遣制度に対する要望事項

以前は日本は世界に対してある種のあまえがあった。現在は対等であり状況はきびしいといわざるを得ない。日本では非常に多くの最先端の研究があるにも拘らず、多くは

日本語で書かれており、機会をとらえて多くの論文を発表することが望ましい。今日は参加者では 662 人中 21 人、論文数では 318 中 18 論文で、国力、研究水準からみていかにも少い。20 名以上の参加者を有する国は 11 ヶ国であるから、これは倍くらい的人数となってもおかしくないと思われる。これは国際的な技術水準を示す一つの示標ともなりうるものといわなければならない。

また、日本にいと英語で発表された主要の発行機関の論文をみて、世界中の研究状況を知っているかの錯覚をおぼえがちであるが、実はそれぞれの国において程度の差こそあれ、日本と同じように自国語で書かれた入手しがたい論文が非常に多くあるのである。これらは人を知り、その結果情報を入手するのが早道である。

国によって考え方に若干の相違があつて、話し合いを通じそれらを興味深く感じとることがある。実験の仕方や設備などには具体的に現われているので実際に話を聞き眼で見るのが非常に参考となる。

以上のように多くの適任者が外国の主要な研究者と機会をとらえて交流することは非常に有益と思われる。そこで以下のことを要望事項として挙げる。

- a. 過去においても大変な努力をしていただき感謝しているところであるが、今後も事情を調査し、説得力ある事実を示して予算増額を計っていただきたい。
- b. 会議後の見学会の参加を認めていただきたい。
- c. 論文提出期限（普通 10 ヶ月程度以前）までに会議出席の可否が定められていることが望ましい。
- d. 小さいシンポジウムも重要度が大きいことがあるので重視していただけると幸いである。
- e. 語学が非常に重要と思われるのである程度のウェイトをおいてしかるべきであろう。事前の研修（2 日程度）および会議前 2 ～ 3 日早く現地到着等の配慮がなされれば至上である。

これらのうち、b, c, e は少々むしのよい要望事項であるが、多くの人が参加することは必要不可欠であるといえよう。

9. 開発途上国における設計・施工に関する諸問題

大橋 昭光

1. 国際研究集会における活動内容

会議場：Messegalande 会議場

参加者：537名（内同伴者128名），43ヶ国

国名	参加者数	国名	参加者数	国名	参加者数
西ドイツ	289	アメリカ	5	東ドイツ	2
スイス	52	ソ連	5	アイルランド	2
オーストリア	25	東南アフリカ	4	アルジェリア	1
イギリス	22	ユーゴスラヴィア	4	イラク	1
フランス	17	南アフリカ	3	イラン	1
オランダ	15	ブラジル	3	タンザニア	1
フィンランド	10	ルクセンブルグ	3	チェコスロバキア	1
イタリア	9	カナダ	3	デンマーク	1
日本	7	イスラエル	2	トルコ	1
ベルギー	7	インドネシア	2	ノルウェー	1
スウェーデン	6	エジプト	2	ハンガリー	1
インド	6	ギリシア	2	ベネズエラ	1
タイ	5	サウジアラビア	2	ポーランド	1
ポルトガル	5	台湾	2	43ヶ国, 537名	
ナイジェリア	5	パキスタン	2		

ドイツ側主催機関：IABSE ドイツグループ

ドイツコンクリート学会

ドイツ鋼構造協会

日本からの参加者：7名

日本からの論文発表：なし

会議の内容：

10/23 歓迎夕食会

10/24 9:00~10:15開会のSession “開発途上国の必要とするもの”

一般報告4, 論文発表2

10:45~12:30 “計画の評価と計画の財政援助”

論文発表3, 討議論文2, 自由討議1

14:30~17:00 “契約の定め方”

論文発表4, 討議論文2, 自由討議8

10/25 9:00~11:30 “設計・施工の諸問題解決のための協力”

論文発表4, 討議論文4, 自由討議2,

14:00~18:00 ミュンヘン市内の構造物見学

10/26 9:00~11:30 9:00~11:30 “設計上の問題”

論文発表4, 討議論文4, 自由討議2

13:30~16:00 “全体計画と施工管理”

論文発表3, 討議論文4, 自由討議1

16:15~17:15 閉会のSession “開発途上国と工業国との協力”

論文発表2, 閉会あいさつ2,

2. 参加により得られた成果と今後の研究指針

本シンポジウムはサブテーマは7つで、開発途上国の必要とするもの、建設計画の評価と財政措置、契約と保証、設計・施工上の問題解決のための協力、設計上の問題、施工管理上の問題、先進工業国との協力であった。テーマの性質上広範囲かつ多岐にわたり、抽象的で内容の重複した論文が多く具体的実例研究の論文が少なかったが、開発途上国の要求に応ずるためには、Neutral Technology, Alternative technology, Transfer Engineeringなどの新しい概念に基いた技術の開発や開発途上国技術者の教育訓練などの大切なことが強調され、国際構造2学協会(IABSE)の活動の新しい展開として、将来再び東南アジアで類似テーマのシンポジウムが計画された。この東南アジアでのシンポジウムには日本の協力を大いに期待しているようであり、東南アジアの建設計画に多方面にわたって参加しているわが国にとって、西ドイツグループとは別に、これらの諸問題を整理・検討しておく必要があろう。

3. 国際研究集会派遣制度に対する要望事項

ほとんどの国際研究集会の最後にある旅行に参加できるだけの出張期間と滞在費を認

めてほしい。(参加費は個人負担でもよい)。

この旅行期間を通じて、真の意見交換と交流ができるという意見が大多数であろう。

10. 地すべりの予知および防止工法に関する技術的研究

渡 正 亮

1. 成 果

1.1 西独ストットガルト工科大学

土質工学研究室ヘンケ教授、ゲイ研究員とdiscussionを行い、主として地すべり模型実験、室内試験について討論した結果、模型実験については現状では限界があり、自然条件との相似性を得ることは困難であることで同意したが、室内試験については簡易式多連セン断試験機が土のresidual strengthを測定したり、速度とセン断強度の関連性を見出すのに有用であることがわかり、今後わが国に導入すべく、資料等を貰って来た。

2日間の現地視察の結果、オーガー式横穴ボーリング機械が、西独現地のライアス層において口径80～100mmで10m/hrの掘進速度を持っており、これはわが国の新第三紀層粘質土地すべりや大阪層群等の第四紀層地すべり、鹿児島のスラス層よりの排水等には有用であると判断し機械の設計図、カタログ等の入手法を依頼した。

すべり面測定用として、わが国とは異なり、挿入式インクリノメーター（歪計式）を利用して可成りの好成果を得ている。この方式は歪計をボーリング孔中に挿入して孔の曲りを測定する方式のもので、わが国では余り良い成果を得ていないが、歪計懸垂部のユニバーサルジョイントにノウハウがあるらしく、メーカーである英国ニューマチック社に問い合わせをしてみた。後日カタログ等が届くものと思われる。

1.2 ブタベスト工科大学

プロバトピッチ教授の下へ2月に亘ってdiscussionを行った。その結果、特に暗渠式地下排水工の効果測定法について、新方式を得た。これは、地盤の透水係数を種々変えることのできる電算整理方式で注目に値する。

2日間の現地視察の結果、ハンガリーでは地すべり対策工法について、わが国より可成りの遅れがあり、逆にわが国より諸種の工法を紹介し、技術指導を行った。

1.3 ルーマニア科学技術アカデミー

ボラア博士外10名の研究員と地すべりについて議論した後、日本の地すべりについて1時間のレクチャーを行った。

ルーマニアでは地すべり調査に用いる伸縮計を多連式のものをを用いているが、特に警報器に連結する場合は、各伸縮計の測定値の差分によって誤差を修正する方式をとっており、これが注目に値した。また粘土鉱物のX線回折試験に重点が置かれ、これによ

って地すべりの分類を行っている点もわが国と異っているが、これは同国の地すべりがレス層の中だけに存在し、わが国のように異った多くの地層中では発生していないためであろう。

1. 4 グラーツ工科大学

ヴェーダー教授と主として粘土層中の電位差解消による透水性の変化について議論したが、この電位差解消が明らかに粘土の含水比に変化を与えた。セン断強土の向上に資することは現位置試験、室内試験によって確かめられており、わが国でも実験済みであるが、この機構の電気化学的理論の裏づけに弱点のあることを双方とも認め、今後、この研究に重点をおいて推進することを相互に確認した。

1. 5 地すべりに関するシンポジウム

(チェコスロバキア・プラハ市)

主として山地のザックング(山地の変形)による山体の破壊が、地すべりに移行する機構について議論が進められたが、この点に関してはわが国でも第三紀層、特に北松型地すべりにはこの傾向が顕著に認められ、今後、地すべりの予知の研究の発展に、このザックング現象の解明が資する点が多いたことが考えられ、今後の研究の指針を得た上で、大いに参考となり、米国ラドブルックホール女史、バーンズ博士より論文を送っても貰うことになっている。

ソ連アルメニアのテルスパニアン教授は多層状地すべりについて論文を発表したが、これについてはわが国に実例はなく、むしろ地質学的見地からの考察にすぎないと思われ、同氏と議論したが、結論を得るに至らなかった。

1. 6 複雑な地層に関するシンポジウム

(イタリア・カプリ島)

地すべりの安定解析についてモルゲNSTAUN教授より、現在まで提唱されている各種安定計算法(スウェーデン法、ヤンブー法、モルゲNSTAUN法、テイラー法等)について同一地すべりに関する試算結果が提示され、スウェーデン式簡便法が最も低安全率を示すことが明瞭となり、今後安定計算には同法を用いるのが最も安全側の計算となることが明らかにされ、わが国でも今後、地すべりの安定計算には同法のみでcheckすれば、良いことがわかり、地すべり安定計算上に非常に資する面が多く、かつ、計算手間も簡便になった。

11. 総合都市交通計画に関する研究

前 島 忠 文

1. 試験研究等に従事することにより得たる成果

(1) 概 要

筆者はロンドン大学 (University College London) の交通研究グループ (Transport Studies Group) において、総合都市交通計画に関する研究に従事した。この間、交通、都市計画、地域開発等の関係する講義を受講する機会およびロンドン市役所 (Greater London Council)、交通・道路研究所 (Transport and Road Research Laboratory)、ニューカッスル大学等を訪問する機会を得た。

以下、イギリスにおける都市交通研究の現況および筆者の研究内容、講義内容等について述べることにしたい。

(2) イギリスにおける都市交通研究の現況

イギリスは都市計画の母といわれるように、都市計画の長い伝統があり、ニュータウン計画やグリーンベルト計画、人口分散計画など重要な計画が実施され、日本をはじめ各国の都市計画に大きな影響を与えてきた。都市交通の分野においても交通流、交通計画、交通制御等の研究が行なわれて来たが、研究の重点は、1940年代の交通流、1960年代の交通計画、1970年代の交通制御と移り変っており、最近では信号制御、バス運行管理に関する研究が数多く行なわれている。

都市交通計画については、1960年代当初より旅客流動を調査し、各種交通手段を組合せた総合的な交通計画が行なわれるようになった。さらに70年代に入ると主として貨物自動車の騒音、交通事故等の問題から、物資流動を調査し、貨物自動車のルートやターミナルの計画が行なわれている。このような交通計画の総合化に対応し、組織面でも交通圏ごとに一元的な交通計画・運用のための組織 (Passenger Transport Executive) が設けられた。

交通計画技術としては、各種交通手段の分担 (Model Split) や交通量配分、交通計画の評価手法について研究が行なわれてきたが、最近では物資流動の研究も行なわれ貨物車交通モデルの開発と規制策へ応用が行なわれている。また、交通計画手法が細分化、複雑化することに対する反省として簡便なモデルの必要性が認識されるようになり、連続関数型モデルの研究などが行なわれている。

(3) 研究内容

総合都市交通計画とは、旅客および物資の流動について、土地利用、都市形態、都市環境からみて各種交通手段の望ましい分担関係を実現するための計画であるといえる。これまで旅客の流動については、多くの調査、研究が行なわれ計画手法としてほぼ確立されているが、物資流動については十分な調査、研究が行なわれていない。筆者は、土木研究所において物資流動の研究を行っており、東京圏の物資流動を対象とした分析および需要推計手法の開発に従事してきたので、ロンドンの物資流動を対象として研究を行なった。

ロンドンの物資流動調査は1971—72年にG. L. T. S. 地域（ロンドン交通圏…行政区域よりやや広い地域）において行なわれた。物流データはG. L. C. の好意により入手することができた。研究方法としては、連続関数型分布モデル（Continuous Distribution Model）を用い、物資流動への適合性を検討することとした。連続関数型分布モデルは、筆者が在籍した交通研究グループにおいて研究が行なわれて来たが、これまで旅客流動について適合性が検討されているが物資流動については行なわれていない。このモデルは都市内の交通密度を都心部を原点とする座標情報の関数として表現するものであり従来のモデルに比べて取扱いが簡便であり、交通計画手法の簡略化をねらいとしている。

このモデルには種々の関数型が提案されているが、物資流動への適用ははじめてであるので最も基本的なClarkの式を用いることとした。すなわち、

$$D = A \cdot \exp(-br^a) \quad (1)$$

D：交通密度（単位面積あたり）

r：都心からの距離

a, b：パラメータ

このモデル式を物資流動の発生および集中量について品目ごとに適用し、それぞれの適合性を比較した。

まず、予備的分析として対象地域を9分割したセクターについて発生および集中量の分布状況をみたところClarkの式に適合する傾向がみられた。つぎに、53ゾーンについて分布状況を図化するとともに回帰分析を行ない、品目別の適合性を検討した。

回帰分析結果のうち相関係数を表に示した。この結果から、発生密度よりも集中密度の方が適合性が高いこと、品目別にみると食品、センイ、軽・雑工業品等の消費財の適合性が高いことがいえ、物資流動の特性がよく現われている。また、全体としてClark式の適合性はかなり良好であり、物資流動について連続関数型モデルの適用が可能であ

るという結論がえられた。

表-1 相 関 係 数

品 目	発 生	集 中
1. 食料品	-0.6823	-0.8682
2. 化学製品	-0.1702	-0.6880
3. 鉱産品	-0.4565	-0.5940
4. 機械品	-0.3372	-0.4945
5. センイ・雑工業品	-0.6615	-0.6076
6. 建設資材	-0.5161	-0.8608
7. 廃棄物・不明	-0.7440	-0.0692
8. 全 体	-0.7303	-0.8723

(4) 講 義 内 容

上述の研究を行なう間に、いくつかの講義を受講する機会をえたので参考のため概要を述べる。

一交通研究 (Transport Studies)

土木工学部の修士課程の学生を対象とし、交通流理論、信号制御、バス運行管理、交通計画、交通経済と交通研究の主要分野をすべて含んでいる。したがって週3時間の講義は密度が高く、要点がよく整理されている。

一交通経済および政策 (Transport Economics Policy)

都市計画の博士課程の学生を対象として、交通経済および交通政策について週1時間の講義であるが、30分は討論に当てられている。コーヒーを飲んだり、タバコを吸ったり、リラックスした雰囲気で行なわれる。

一計画手法 (Planning Methodology)

開発計画 (Development plan) の博士課程の学生を対象とした計画手法の講義であるが、発展途上国の学生が多く、講義内容もイギリス等の先進国での計画手法だけでなく発展途上国の状況に合った計画手法がとり上げられている。

2. 試験研究遂行に役立った試験研究機関の設備環境等

交通研究グループは土木工学部に所属しているが、研究面では独立しており、建物も

土木工学部とは別になっている。グループの構成は、Allsop 教授以下約30名であるが、客員研究員や職員の入れ替りなど移動が多い。研究員は個室または2—3名の共同利用であり、グループの図書室と電算室がある。大学本部のコンピューターの端末機が入っているためグループから直接利用ができ便利である。

3. 今後在外研究を行なう者に参行となる事項

研究を行なう上でも現地の人々と交流を深める上でも語学力は非常に重要であり、日頃から十分トレーニングしておくことが必要である。また、自分の研究内容や日本での研究状況を紹介する英文概要等を持参すると相手方の理解を深める上で有益である。在外研究期間としての1年間は短かいので事前にできるだけ状報を集め、計画的に研究活動を行なう必要がある。

最後に在外研究の機会を与えて頂いた関係者の方々に深く感謝いたします。

12. 道路交通振動の予測と対策に関する研究

横山 功一

1. 試験研究等に従事することにより得たる成果

1.1 序 論

道路交通により道路近傍の建物にもたらされる道路交通振動は、騒音・大気汚染とともに有効適切な対策の確立が急がれており、建設省技術研究会の指定課題としてとりあげられ全国的な調査研究が進められている。英国においても数年前より運輸道路研究所(以下TRRLと略記する)を中心としてこの問題に対する研究が行なわれている。筆者はTRRLのEnvironment Division に所属し、情報を収集するとともに現場実測等に参加した。

1972年にイングランド全域を対象として行なわれた、環境省による初めての環境調査によると、道路交通振動の影響を受けていると回答したのは全住民の8%、すなわち約400万人であり、他の項目に比べて影響度の順位は低いもののこの問題の重要性が認められた。

また、道路交通振動はその発生・伝播の違いにより次の2種に分類される。

- (1) 車両からの荷重の変動が路面より波動として地盤に伝わり近くの建物まで到達する、いわゆる地盤振動。
- (2) 車両より直接生じる空気振動が大気中を伝わり建物まで到達する、いわゆる空気振動。(infra sound)。

以下、TRRLにおける研究を概述する。

1.2 道路交通地盤振動

地盤振動は主として路面の不整を走行する際の車両の動的接置荷重によって生じる。したがって、最も有効な振動軽減対策は路面の平坦性を保持することであり、その場合には通常建物の被害を及ぼしたり、感知されるほどの振動は生じないと報告されている。以上に加えて、英国においては路面が比較的良い基準に保たれていること、道路に隣接して住宅が建てられている場所が少ないこと、たとえ大きな段差があり大きな振動が生じたとしても道路から離れると距離減衰が期待できること等の理由により、英国においては道路交通地盤振動の影響度は低くみられている。

なお、特殊な条件(速度制御用人工段差付近、浅いトンネル付近など)のもとでは、実測が行なわれ、その影響度が調査されている。

以下に筆者が参加した速度制御用人工段差による振動実測調査結果を簡単に紹介する。

速度制御段差は交通事故対策として住宅地における車両速度を低減させるために路面に設置された人工段差であり、英国ではこのような段差が数地点に設置され交通事故数が減少したと報告されている。一方、このような地点の1ヶ所で住民より大型車（主に路線バス）が通過する時に振動が生じるとの苦情があり、実測が行なわれた。その結果より次の点が明らかになった。

- (1) 発生する振動は卓越振動数が8～10Hzの地盤振動である。
- (2) 一階・二階の床の加速度は、その住宅構造により大きく異なり、コンクリート床では木造床の約半分以下である。
- (3) 土質条件の違いにより、速度制御用段差による振動が苦情と結びつくことがある。

1.3 道路交通空気振動

図-1は大型車から生ずるノイズの周波数別成分を示したものである。騒音の評価には信号にフィルターをかけたdB(A)が用いられるため、100 Hz以下の低周波数成分は小さく評価されるが、原信号には低周波数成分がかなり含まれている。このような空気振動により窓ガラスや室内の装飾品が鳴ったり、床が振動したりして苦情につながると指摘されている。

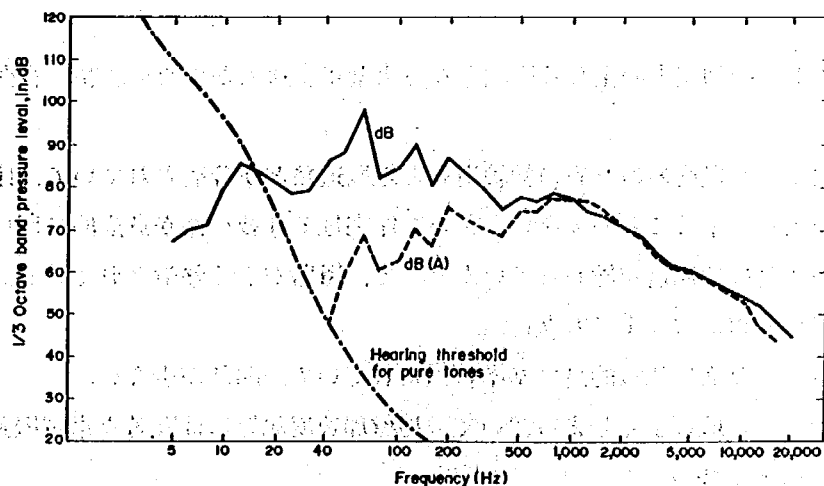


図-1 Frequency spectrum of noise from a heavy road vehicle

数年前よりT R R Lでは空気振動に着目した研究が始められており、その研究計画は次のとおりである。

第一段階 予備実測調査 (Pilot measurement survey)

標準測定法の確立、建物内外での地盤振動・空気振動の測定、影響因子の抽出。

第二段階 住民意識調査 (Social survey)

住民の振動に対する反応調査、振動レベルと苦情との相関調査。

第二段階 振動予測 (Objective assessment of vibration)

振動の発生・伝播のモデル化、予測式の作成。

現在、研究は第二段階にあり、ロンドンの環状道路近くの住宅地約10地点において住民アンケート調査と振動実測が行なわれている。

この第一段階の予備実測調査の結果から、道路々面が比較的平坦な場合には道路近傍の建物に生ずる振動は主として空気振動に起因すると結論された。一方わが国では道路交通に関連する低周波空気振動は主に自動車が走行することにより橋梁が振動し、これにより空気振動が惹起されて近隣の民家に影響を及ぼすものと認識されていて、自動車から直接発生する空気振動に関しては未だ問題にされていない。

1.4 結論と今後の展望

道路交通振動のとらえ方には英国とわが国では大きな違いがみられる。すなわち、わが国では地盤振動に注目しているのに対し、英国では空気振動に注目している。

道路交通地盤振動には、道路構造・交通条件・土質条件・住宅構造・生活様式が関係するが、わが国と比較すると英国ではこれらの点には異なる所が多い。主な違いは次のとおりである。

- (1) 交通条件： 振動発生の主たる原因となる大型車交通量が少ない。特に夜間は少ない。
- (2) 道路計画： 通過交通のための幹線道路と地域道路とが分離されていて、住宅地へ大型車が入って来ることが少ない。また、住宅地では袋小路が意識的に用いられ、幹線道路には側道が備わっていたりして、道路がよく整備されている。歩道が完備している事は言うまでもない。
- (3) 道路構造： 路面は比較的良い基準に保たれていて、凹凸が少ない。
- (4) 土質条件： 一般によくしまっていて、地盤加速度記録には顕著な卓越振動数が見られないことが多い。
- (5) 住宅条件： レンガ造りが普通。以前は木造床であったが、最近はコンクリート床に変ってきた。また道路より数mないし10数mの前庭があるのが普通である。

英国の状況を考え、わが国の交通振動対策について考えると、短期的な対策としては、大型車の規制・路面の維持があげられるが、長期的な対策として環境を考慮した道路計画・都市計画が重要と考えられる。

一方、車より直接発生する空気振動に関してはわが国ではほとんど注目されていない。

しかし、交通振動の苦情の中で、窓ガラスがカタカタ鳴る等の苦情に対応する振動は空気振動にも起因することが考えられるので、今後緊急に取り組むべき問題であると思われる。

2. 試験研究機関の設備環境等

T R R Lは環境省・運輸省の両省に付属する研究所であり、所長の下に3群6部内22研究部と管理・サービス部門で構成されている。人員は約1000名で、最近政府の定員削減政策により定員の10%を減じた。年間の予算は約800万ポンドであるが、人件費を除いた研究費の半分以上を大学等との研究委託に使っているのが注目される。またOverseas Divisionでは開発途上国より研修生を受け入れ、研修を行なっている。

サービス部門のLibrary, Photo graphy, Workshop, store, Computer Division等は人員が減り、質が低下しているようであるが、それでもかなり充実したサービスを行なっている。

3. 今後在外研究を行なう者に参考となる事項

(1) 事前の交渉は十分前から始めること。

自分の研究課題と受け入れ先の研究機関の研究テーマが合致することが望ましいのは言うまでもない。そのためには十分前から相手方と連絡をとって、研究の進め方・進捗状況を把握しておく必要がある。

(2) 英文の論文を用意すること。

突っ込んだ議論をする場合には、どうしても英文の論文が必要になるので、普段から英文の論文を書くよう心掛ける必要がある。

T R R Lの研究者は日本の研究に非常に興味をもっており、筆者は専門以外の事で質問を受けたり、また研究集会で口頭発表するよう依頼されたりした。このような時に入手した資料はほとんど日本語であり、研究成果が十分伝わらないのは残念な事である。

(3) 現地の情報は、詳しい人から事前によく聞くこと。

生活様式・習慣の異なる国で一年間生活するわけであるから、現地の事情に詳しい人（現に留学している人、または留学した事のある人等）から十分話を聞き——特に生活面での——準備する方がよいと思われる。

おわりに、今回、初めて外国で生活し、多くの研究者と会い、情報を交換することができた事は非常に有意義であった。この機会を与えて下さった科学技術庁ならびに建設省の関係各位に心からお礼申し上げます。

13. 信頼性理論に基づく橋梁荷重係数設計法に関する研究

金井 道夫

1. 成 果

1.1 研究内容

Professor A. H. -S. Ang のもとで、研究助手および大学院学生として、次の内容の研究を行なった。

(大学院での課程として)

- 基礎的信頼性理論及び信頼性理論の橋梁設計、構造システム解析、疲労解析への応用。
- 構造動力学、スペクトル理論、連続体及び多質点系の不規則振動の解析
- 意思決定理論、マルコフ過程、待ち行列理論の信頼性解析への応用
- ぜい性破壊、疲労、継手、金属材料等鋼構造設計一般
- 確率過程論、不規則振動論、動的信頼性理論、リスクアナリシス

(研究助手として)

箱桁橋を対象とした、死荷重、活荷重、地震荷重とその組合せに対する信頼性解析及び荷重係数設計基準の検討。

1.2 研究成果

Master of Science (University of Illinois) 取得。

論文の内容は次の通り

- (1) 箱桁橋の限界状態(終局強度を表わす終局限界状態と、面外たわみ、剛度など使用性を表わす使用限界状態)を支配する補剛板の座屈に関して、関連するパラメーターを整理し、2つの限界状態をそれらパラメーターの関数として表わした。さらに、残留応力、初期たわみ等によって生じる、限界状態の変動性(変動係数により表わされる)を明らかにした。
- (2) 死荷重、活荷重について既往のデータを詳細に分析して、その分布形を明らかにし、極値分布理論を適用して耐用年数間に予想される最大荷重を明らかにした。活荷重については、多くの変動要因を総合的に考慮したシュミレーションを行ない、分布形を決定した。
- (3) 死荷重、活荷重と地震荷重の組合せについて、その発生特性を考慮したシュミレーションを行ない、構造物が耐用年数間に受ける最大荷重の分布形を明らかにした。
- (4) 以上の成果を総合的にまとめ、信頼性理論を適用することにより、現行設計基準に

より設計された長大スパン箱桁橋の信頼性を求め、現行設計基準の問題点を指摘した。
(5) 信頼性理論にもとづき、死荷重+活荷重及び、死荷重+活荷重+地震荷重の組合せに対する適切な荷重係数を明らかにし、現行基準との比較を行なった。

2. 設備環境等

Department of Civil Engineering では、多くの大型実験施設を持ち、実験的研究もすすめられているが、筆者は実験は行なわず、大型電子計算機を多く使用した。

計算機はすべてブラウン管ディスプレイを用いるTSS方式で運営されており、端末機はどこへでも持ちこむことができ、本体とは電話線で簡単に接続することができる。また本体は、CYBER175という最新鋭機が入っており、IBM 360より数倍、国産機より20~30倍計算時間が速いと思われる。

3. 参考事項

一般に、アメリカの大学で研究助手の資格を得るためには、日本の大学での成績証明と、TOEFLの結果が必要である。TOEFLは、最低500点、できれば550点取ることが望ましいとされているようである。

日本の研究機関からの研究者は、アメリカの大学ではきわめて高く評価しており、特に知りあいなどなくても、大学での成績とTOEFLの結果次第でかなり積極的に研究助手として受け入れてくれることが多い。

したがって今後在外研究を行なおうとする者は、まずTOEFLを受けておくことが必要であると思われる。

4. その他

出張期間については、当初予定(昭和52年8月15日より、昭和53年5月22日まで)より約3ヵ月間延長されたが、この間6-2の研究成果の項で述べた内容のうち、地震荷重を含めたシュミレーション及び論文のとりまとめを行なった。

14. 第16回海岸工学国際会議

豊 島 修

1. 国際研究集会における活動内容

海岸工学国際会議では、世界各国から 200 編をこえる論文が提出され、4 会場にわかれ、1 人30分（発表20分、討論10分）の持ち時間で研究論文の発表が行なわれる。

これらに参加するとともに、次の論文を発表した。

論文名、「粗な表のり面をもつ海岸堤防の効用」について

発表の概要

わが国は、世界で最も海岸利用が進んでいる国であるが、一方では、毎年のように台風や冬季風浪による被害を受けつづけており、世界で最も長い海岸堤防、海岸護岸を持ち、その延長は、実に8,000 kmをこえる。

最近にいたり、各地の海岸で海岸侵食の傾向が次第に強まり、高潮対策や高波対策として設けられていた海岸堤防や護岸の前面の砂浜が急に消失して堤防が被災する事例が増大しつつある。

このため、著者はかねてから本格的な侵食対策を講ずるため、従来の護岸工法や突堤工法のほかに、「離岸堤工法」を積極的に開発、推進して来たが、護岸や堤防についても研究を進め、侵食性海岸に最も適合した海岸堤防工法について、いくつかの新しい工法を開発し、これを現地海岸において試験的に施工して来た。ほぼ10年を経過し、30有余の現地試験施工結果も良好であるので、これを国際会議の場において発表したものである。今回の発表では、従来の海岸堤防が海岸侵食により被災した実例について、その被災前と被災後のスライド写真で紹介した後、著者の考案になる新型海岸堤防のいくつかをスライドによりそれらが台風や風浪による高波の試練に耐えている状況を説明した。

わが国を除く諸外国では、わが国程長い海岸堤防はまだ設置されておらず、目下建設中の国が多いが、海岸堤防についての先進国であるわが国の実情をひろく知らせることによって、これら諸外国の参加者たちに多くの示唆を与える結果となったことは、その後の研究所訪問や現地視察の折にしばしば説明を求められ、討論する機会を通じて明らかになり、極めて有意義であった。

2. 参加により得られた成果と今後の研究指針

発表された多くの論文、見学したいいくつかの研究所および水理試験所、ならびに会議

後のテクニカルツアーにおいて、いくつかの興味ある事例に接し、新しい事実を知らされ、また珍しい工法を見る機会を得た。

発表論文の中で、水深の浅い砕波帯での波、流れ、海底変形の実測用の海中作業用ソリについて2例が目についたが、われわれが現在現地で使用しているものと大差はないものの、ソリをキャタピラー付の水中ブルドーザー式で電気駆動させている点が注目された。

消波用異形ブロックについては、4年前の第14回の会議以来ひきつゞき「ドロス」が目立ち、今回もいくつかの模型実験結果が紹介されていた。今後世界的に大々的に使用されていく傾向にあると思われる。

各試験所、研究所の水理実験施設についても、わが国のものとそれ程大きな差異はないが、平面水槽における不規則波造波機に新しいものが見られたほか、潮流実験で海底粗度の相似に興味ある細工が見られた。

また、パイプ輸送について、かなり大口径のテストが行なわれている点が注目された。

現地視察では、西ドイツの海岸一帯がわが国の有明海によく似た遠浅海岸であり、高潮に対する関心はかなり高いが、遠浅のために波力はかなり小さいものと思われ、わが国の常識からすれば、かなり簡単な工法で施工されている点が注目された。

3. 国際研究集会派遣制度に対する要望事項

科学の中でも、土木工学に関する分野は極めて経験的かつ属地的であって、単に文献や写真だけでは研究の成果はうすい。

より多くの人により多くの国際会議に出席し、直接見聞できる機会をさらに増やしていただくよう希望したい。

15. 大型実験施設利用日米共同研究計画会議

大久保 忠良

1. 試験研究等に従事することにより得たる成果

今回の派遣によって、大型実験施設の日米共同利用に密接な関係を有する。第2回日米共同大型実験計画委員会および日米天然資源会議耐風耐震構造専門部会第10回合同部会に出席し、日米共同大型実験の実施方法と推進計画を協議してきた。よって、成果報告を上記両会議に分けて記述する。

(1) 第2回日米共同大型実験計画委員会

本委員会は、筑波研究学園都市に設置される。日本政府研究機関の新鋭大型実験設備を用いて、建築物等の日米共同大型耐震実験の具体的計画を作成するため、日米科学協力計画によって組織されたもので、昭和52年9月に東京で開催された第1回会合に続いて、米国サンフランシスコ市で開かれたものである。

この大型実験計画は、本委員会で具体的実施案を作成した後、日米天然資源会議の耐風耐震構造専門部会を通じての日米共同研究として実施されることとなっている。

本委員会においては、昨年東京で開催された第1回委員会で提案された、鉄筋コンクリート構造、鉄骨構造、鉄骨鉄筋コンクリート構造、プレストレスト・コンクリート構造、木構造、組積構造の六種の建築物につき、それぞれの実験概要計画を検討した後、共同研究の内容と実験の優先順位を定めるとともに、耐風耐震構造専門部会との関係を考慮した実験の実施体制について合意をみた。本委員会の議事要旨は次の通りである。

- a. 筑波研究学園都市に新設の建設省建築研究所の大型構造物実験施設の整備状況と地震荷重入力の考え方が報告され、検討が行われた。
- b. 前記6種の建築物を、グループA：鉄筋コンクリート構造、鉄骨構造、グループB：鉄骨鉄筋コンクリート構造、プレストレスト・コンクリート構造、グループC：木構造、組積構造の3グループに区分し、グループAについては、予備実験計画、本実験計画の具体案を作成し、次の委員会で検討する。
グループBについては、予備実験計画の作成に着手するとともに、本実験の対象とすべき構造を検討する。グループCについては、日米双方の情報交換を密にし、大型共同実験の必要性を検討するとの結論に達した。
- c. 共同実験は、日米天然資源会議耐風耐震構造専門部会のフレームワークのもとに、別紙-1に示す体制で実施することになった。

d. 新たに、非構造部材の検討グループと、地震荷重載荷方法の検討グループを設けることとした。

(2) 日米天然資源会議耐風耐震構造専門部会第10回合同部会

本合同部会は、耐風耐震構造に関する日米双方の研究状況および成果、設計基準等の情報を交換し、併せて日米共同研究の推進をはかるため、毎年1回、開催地を交互に換えて開催されるもので、第1回部会は昭和44年に開かれている。本部会には8作業委員会が設置されており、その一つである大型実験作業委員会は、昭和50年に設けられている。前項で述べた大型耐震実験計画は、本部会の大型実験作業委員会を通じて実施される予定である。

第10回合同部会においては、日米共同大型実験計画以外にも、耐風・耐震構造の各分野にまたがる各種の問題が討議されたが、大型実験計画に関しては、作業委員会での検討決議のほか、合同部会としても、その最終決議として、次の事項を採択した。

「耐風耐震構造専門部会は、日米共同大型実験計画の重要性を認識し、当部会主導のもとに本計画の早期実施を勧奨する」

今回の派遣において最も問題とされたのは、大学を中心とした日米科学協力計画組織のもとで作成された日米共同大型実験計画の具体案を、政府研究機関を中心とした日米天然資源会議耐風耐震構造専門部会の主導のもとに実施することができるよう、両組織間の調整を計ることであった。幸い、前記のように、実施主導権、実施体制について両組織とも合意に達することができた。

今後は、実施上の問題点として、研究資金の分担および共同使用、研究人員の配分、外国研究員の身分および服務、研究成果の発表権、研究の結果発生する工業所有権の処理などの諸点の解決をはかることが必要である。

16. 道路の幾何構造の決定方法および道路利用者に対する情報サービスシステムに関する研究

藤 田 大 二

今回、70日間にわたり、中期在外研究員として欧米5ヶ国に留学した結果について報告する。留学目的は我が国において近來行なわれている道路構造令の見直し作業に関連して、海外における新しい道路設計概念を探って参考資料を得ることが一つ、もう一つは内外で研究が盛んに行なわれている道路交通情報の新しい提供手段について各国の進捗状況、実用化への目途等について見聞し、我が国の道路交通情報に関する研究、実用化の方向の指針を得ることであった。このほか、折にふれて各国の道路の現状を知る機会を得た。以上のような目的から先進国と云われる国をできるだけ多く訪ねた方が良いわけだが、期間的な制約もあり、イギリス、フランス、ドイツ、スウェーデン、アメリカの5ヶ国の関係研究機関に滞在または訪問して、研究現場の実際に触れ、多くの研究者と意見をかわした。

イギリス

54年4月1日から5月2日まで約1ヵ月の間、道路交通に関しては世界でも代表的な研究機関であるTRRL (Transport and Traffic Research Laboratory - 輸送交通研究所) に留学した。

研究所の規模としては土木研究所とほぼ同等で600人程度の職員を擁しているが、河川、ダム、下水道など水関係の研究機関はTRRLとは別に存在し、道路関係に特化した研究所となっている。従って道路交通関係の各専門分野に割り当てられる研究人員も多く、土木研究所における研究室に対応する組織が1つのDepartmentを構成しており、我々の所でいえばそれぞれの研究課題の1つ1つに対して研究室が対応する形となっている。

私が席を置いた研究室はTraffic Department つまり、交通部のTraffic Systems Divisionであり、この研究室では交通現象を中心に交通容量に関する研究、交通制御に関する研究を行なっている。交通関係ではほかにTransport Division, Traffic Safety Division、があり、我々の研究室における計画関係の課題はTransport Division、交通情報関係の課題はTraffic Safety Divisionが担当しており、それぞれに10数人の職員を要しており、我々の研究室のように10名足らずで、課題をかけ持ちしているものとは大違いである。

私がTraffic Systems Sectionの中で与えられた席は四人が入れる居室で、実際には

モーリシャスから6ヶ月間の留学期間で来ているChengaroyer Seile という女子学生と二人で室を占拠する形となった。TRRLは多くの留学生を受け入れており、留学生用の居室が各研究室に一つは確保されているようである。主な研究員は個室を与えられており、非常にゆったりとした環境の中で研究に従事している。

TRRLでの最初の2週間はTraffic Systems Division の最近のレポート類をレビューすることであった。TRRL Leport と称されるもので、我が国でも手紙で要求すれば入手可能なものであるが、現実には自分の研究室の研究の方に追われて、時間をかけて読む暇があるのはこういう機会をおいてないと云って良い。ここで感心したのは研究報告が、簡単に要領よく、分りやすく書かれていることであり、報告書の厚みに圧倒されて読む気を失なうようなことはないし、また必要な情報は十分に盛り込まれていることである。研究の方法としては地道に現象を実験または、現象観測によって解析したものが多く、実験方法、観測方法も実に単純なやり方で十分な解析用データが得られるよう工夫されている。これは同一研究に長年従事した研究員の経験が大いにものを云っているものと思われる。研究用の実験道具としてはフィルム解析用メモーションアナライザがあるくらいで大したものはないように見えるが、頭脳で勝負している感を受ける。実験観測結果も精度が高い感じを受け、データのバラツキが少なく、仮説を立てるにしても検証を行なうにしても確信を持ってできるようである。交通関係の計測は、人間の気随な行動を計測する結果になり勝ちであり、結果の解析に苦勞するのが常であるが、TRRL流では本質的な要因のみを見極めて少ない要因について正確な計測を行なっている。何が本質的な要因であるかを見抜くのが研究者の腕であろうが、研究員の年齢が高く、土木研究所で云えば部長クラスの年齢の人も居り、多年の経験が物を云っているように思える。これは日本のように必ずしも管理職にならなくとも身分、収入が保証されるということから可能になっているのであろうが、個人の能力を最大限に生かすという点では非常に有効である。たゞ新陳代謝をして常に活力を保つという点ではやゝ問題があるような気がする。我が国のように均質で高等教育を受けた人が多い国では次々に新しい人材を投入して人材量で勝負するのも一つのやり方ではある。土木研究所の特に道路交通部門は行政との人事交流が多く、一人の人が純粹に研究を行なう期間は数年であることが多いが、これによって行政を含めた国全体としての技術レベルは英国と対等以上が保たれているように思われる。

研究組織面では研究部、研究室に対する考え方が非常に流動的であり、研究所長の判断で、時宜に応じて研究組織を改廃しており、所長通達の形で新研究室の発足が公布される。この場合には適材が関係する研究室からピックアップされ、人材の固定化による

マシネリズムを防いでいるものと考えられる。我が国の場合は組織の改廃は国会による法の改正を行なう必要があり、この点で余り機動的でない嫌いがある。

残りの2週間余りはレビューした報告で感じた疑問点や、私なりの考え方を報告作成者と直接会って議論することに費やした。研究として盛んなのは日本では余り使われないロータリー交差点に関するもので、英国ではRoundaboutと称しているが、高さを最小は直径4 mまでに小さくするmini Roundaboutの研究が行なわれており、既成市街地でも大きな面積を要せずにロータリー交差点を作ることが試みられている。これによって信号機なしで信号交差点と同等以上の交通容量が期待できるとされている。実際には非常に効率よく運用されており、高級な信号の面制御を要しない点で確かに優れている。しかしこれは長年の間に築かれた英国人の交差点における交通マナーによる点が大であり、我が国や、東南アジアのような国では却って混乱を招くであろうが、人間の習慣のみで交通が円滑に処理できる点で本質的には好ましいと思われる。また、我が国では工事中の交通規則には悩まされることが多いが、T R R Lでは工事中の交通管理にも研究の目が向けられており、大規模な実験研究がなたれており、洲生的に迂回路への転換率の研究もなされていた。我々としても今後取り組むべきものと思われた。

フランス

5月3日から5月10日までの一週間滞在し、IRT (Institut de Recherche des Transports) およびSETRA (Service de la Direction des Routes et de la Circulation Routière) を訪ねた。道路の幾何構造関係の研究現場はSETRAであるということと訪ねたが、先方は英語が余り達者な人が居ないため十分な議論はできなかった。ここでは、道路の線形を風景を含めて設計段階に検討することが行なわれており、研究水準としては非常に高いと思われた。IRTは研究機関であると同時に技術基準等の制定も行なっているようであり、非常に権限が高いように思われた。

ドイツ

5月10日から5月20日までBAST (Bundes Anstalt für Strassenwesen) を訪ねた。ここでは研究所が割合に小型であり、どちらかというとも日本での交通管理、交通安全関係の研究についてきかれることの方が多かった。交通情報関連では、特にデュッセルドルフの警察署での交通情報の放送現場を見学したが、少ない人数で日本の道路交通情報センターによるラジオ放送と同等のことを行なっている。我々も行なっている車に交通情報専門の受信機をつけて情報提供を行なう研究も行なっており、実際は専用電波が出されているが、試聴した所ではどういう訳か音声が悪かった。ヨーロッパでは多くの国籍の人が幹線道路を通るので、言葉の問題もあるようである。ボンの警察も訪問し、

最新の感應式信号の現場を見せてもらったが、ループ式感知機を路面上で目立つようにマーキングしていた。これは目立つようにしておけば感應式である限り、ループの上を通ることが車にとって有利であり、誤検知を防ぐ最も有効な方法であるということで、人間の本性を衝いて機械の精度を向上するという発想は面白いと思った。

スウェーデン

5月20日から5月31日の間スウェーデンに滞在した。当初VTI (National Swedish Road and traffic Reserch Institunte) に滞在する予定であったが、先方の奨めではじめに道路省の方を訪ずれた。ここでスウェーデンにおける道路研究の全容を知ることが出来た。道路省の部局をして研究行政に専門に従事する研究者が部間別に多数おり、全国の研究をレビューし評価して、研究予算を大学、民間を含む研究機関に配分している。これは国家レベルで研究を能率良く行なうために優れたやり方であるように思えた。VTI は非常にまとまりのある研究所であり、道路関係の研究は自動車に関する研究も行なっているのが特徴である。設備も規模的にはそれほどでもないが、種類と精巧さは実に豊富である。研究政策として800万人の人口で効率良く研究を行なうために、他国の情報について十分に調査し、新しい研究については充分に見極めをつけて一気にこなすという方法をとっているようで、日本の情報についても最も詳しくあった。少ない人口で道路部門だけで土木研究所に匹敵する研究所を持ち、また、研究を評価するための専門家を養っているが、道路に関する研究は1研究機関にまとめるなど、重複研究を避け、最も有効に人的資源を利用する策が講じられているようである。

アメリカ

アメリカではTRB (Transport Research Board) およびFederal Highway Administration の研究部門を訪ずれた。

TRBは財団法人であるが、道路関係の専門家を集め、政府の研究政策、研究予算配分に関しても権限を持つ権威のある機関である。スウェーデンのシステムと似た面もあるが、他にもUMTA (Urban Mass Transit Authority) などの権限を持つ機関が存在し、大学、民間も独自性を持つなど、重複研究を生じる可能性は高い。Federal Highway Association では多くの人と数時間程度の議論をするに止まったが、道路の幾何構造設計については米国でも見直しに入る所であるということであった。特に紹介されたのは、下り勾配部でブレーキ故障する大型車のために乗り上げ用の砂利の小山を構造基準にとり入れることが考慮されていることであった。日本では珍しい事故であるが、車検制度が日本ほど厳重でない米国では重要な問題であるようである。それぞれの国の国民の持つ習慣、行政制度の違いにより、道路交通においてとられる施策も構造面、運用面で異

なってくる感じがられる。

おわりに

今回の留学では当面の課題である、交通先進国での研究の現状を知ることが出来た。副産物としてそれぞれの国の研究政策、研究管理のあり方について長所、欠点を私なりに扣んできた。できればTRRLでもう少し長く滞在してTRRL流の研究方法で研究を行なって見たかったが、今後この経験を生かして行くことを心掛ける積りである。

17. 河川土砂の移動とその収支に関する研究

山 本 晃 一

1. 試験研究等に従事することにより得た成果

当人の行った研究

- ①ほぼ均一砂を河床材料に持つ移動床水路の河床形態、流砂量、流れの抵抗を、水深、勾配、河床材料の三量より予測する手法を開発した。特に粒径の違い（粒子レイノルズ数 $Re = U d / \nu$ ）が、河床形態、流砂量、流れの抵抗におよぼす効果がかなり明確になった。
- ②北米大陸の沖積河川と日本の沖積河川の特徴の違いについて検討を行った。その結果、北米の河川は永河期の影響が現沖積河川にも現われていること、河川の洪水時の掃流力が日本の河川より小さいことが分った。つまり気候の違い、地形発達史の違いは沖積河川の形態に違いを生じさせている。このことは河川を研究する場合、その地域性に関する正しい認識が必要であること、また海外の河川技術をそのまま日本の河川に当てはめることの危険性を示している。
- ③実際河川における浮遊砂、掃流砂等の調査資料より、実河川の土砂移動機構について検討を行った。その結果、ほぼ均一砂を持つ河川の場合は、①で述べた結果をほぼ適用しうる。砂利まじり砂河川の場合は、砂利と砂は河床にDuneが発生すると、砂利と砂の分離がより進むこと、またduneが発生する場合は、砂利まじり砂河川でも砂の粒径を使って①の方法より流砂量のある程度予測しうるということが分った。砂利河川の場合、洪水時の掃流力が、河床の主モードの粒径に対して限界掃流力に近い場合、河川における平均的な水理量で流砂量を把握しえず、河川の横断形状を考慮した流砂量の把握が必要であることが分った。
- ④河川の平面形、平面形変動特性（蛇行特性、河岸侵食特性）に関する資料収集につとめた。本調査の結果の解析に関する十分な調査を行う時間は無かったが、今後の河道計画論に役立つ資料になるものと考えている。

U. S. G. S. で行われていた主な研究

- ①Eest Fork 河 (Wyoming) の土砂動態調査を精力的に行っている。本調査は調査区域下流端に土砂トラップを持ち、ここを流下する土砂量を融雪期（3月末から7月末）、毎日連続的に測定を行っている。また調査区域上流端では掃流砂、浮遊砂調査、調査区域内では河床高、河床材料の時間変化を調査している。これらの膨大な資料は河川にお

ける土砂動態に関する認識を急速に増加させるものと思われる。当人も本調査に参画したが、研究者みずからが河の中に入り測定する姿、測定を4～5年も続ける息の長さは、我々の河川研究の方法に反省をせまるもの多々持っていた。

②掃流砂採砂器の改良、U. S. G. S. では水資源開発の一環として、水の量のみならず質の調査を行っている。その中で土砂問題が水開発の隘路となることは多い。土砂の移動量を測定することはU. S. G. S. の大きな仕事となっている。このうち浮遊砂の測定に関してはマニュアル的測定方法が確立しつつあるが、掃流砂に関しては十分とは言えないようだ。したがって掃流砂採砂器の改良は急務となっている。具体的にはヘンリースミス掃流砂採砂器の特性を、室内実験および実河川での採砂特性調査（①で述べた調査はヘンリースミス掃流砂採砂器の特性調査にも使われている。）を通して検討を行っている。まだ最終的な報告の出る段階ではないが、近い内に報告がでるものと思われる。

しかしながら本採砂器が、日本の河川のように流速が富く、洪水継続期間が短かく、川幅の広い河川で適用しうるか疑問である。適用しうるとしたら、中小河川で砂を河床材料を持つ河川であろう。日本の河川に合う掃流砂観測方法をみずから開発しなければならぬ。

③流量変化によるplatle河の河道形態変化に関する研究、platle河は水開発の前は、川幅の広い網状河道を持つ砂河川であったが、水開発後、流量の減少に伴って川幅は小さくなり、platle河の生態系に変化を生じせしめるようになった。たとえばplatle河のOverton地点（河床勾配 $Db=1\text{ m}/800$ 、河床材料の平均粒径 $dm=0.07\sim0.1\text{ cm}$ ）は、1910～20年代川幅は1300mもあったものが、1950～60年代には400mになってしまった。この川幅の変化は渡り鳥であるつるの休息地をうばうことになり、自然保護の観点から川幅をどう維持するかが問題となっている。U. S. G. S. ではこの河道の変化を水文学的、土砂水理学的観点から調査し、将来の水開発が河川におよぼす影響を明らかにしようとしている。本研究はまだ始まったばかりであり、今後どのような方向に進んでいくかははっきりしないが、日本においてもダム建設が河道形態におよぼす変化に関する研究の必要性は、大きいものと考えられ本研究の成果に期待したい。

④その他

ブラジル政府と共同で、アマゾン川の水量水質、土砂量調査を行っていた。

2. 試験研究遂行に役立った試験研究機関の設備環境等

地質調査所は、地形図、地質図等の各種地図を作り、国土の資源開発に役立つ基本的

河川における土砂動態の問題も水資源開発の一環として精力的に調査され、それらの成果は、"water supply paper", "Professional paper" として発表されている。私の居た所は水資源局の中の土砂学部間の研究スタッフが集まっている所であるが、彼らの仕事も主に実際河川における土砂動態を研究するということに主眼があり、研究スタッフは毎年field 調査に出かけている。したがって研究方法論も、どちらかというと言理学的と言うより、屋外観測結果を解釈するという、地形学、河川形態的な研究方法論をとっている。なお私の居た研究所は水理実験施設を持っておらず、基礎的な土砂水理に関する実験、観測機器の開発は大学等の他の研究組織と共同研究を行って研究を進めている。それらの成果も同様にU. S. G. S. のpaper として発表されている。

3. 今後在外研究を行う者に参考となる事項

[illegible]

18. 都市の地震耐災性向上システムに関する研究

田 崎 忠 行

1. 試験研究等に従事することにより得たる成果

本在外研究の目的は、限られた地震防災投資によって最大の効果を発揮させる防災計画手法について研究することであった。ここで地震防災投資の対象としては、老朽橋梁の補修・補強のような個々の構造物レベルのものから、防災を考慮した道路網計画、都市計画のような地域計画レベルのものまでである。目的関数としての「最大の効果」についても、個々の構造物レベルの場合には、構造物の破壊確率ないし機能損失の発生確率を最小にするということになろうし、地域計画レベルの場合には地域内における物的損害の減小をはじめ、これが社会におよぼす社会経済的損害の減小を最大化するということになろう。ここでは対象の範囲をできるだけ広くとって、すなわち上記の例では後者の地域計画レベルまで含めた防災計画手法について研究した。研究は大別して以下の3課題に分類される。

(イ) 地震の地域におよぼす被害および波及効果の評価

(ロ) 地震防災投資の計画手法

(ハ) 公共機関における震前震後の対策

まず地震の地域におよぼす被害および波及効果としてはつぎのようなものが考えられる。

(イ) 人的被害 (死亡, 負傷)

(ロ) 物的損害 (構造物, 内容物)

(ハ) 経済的波及効果

(ニ) 社会的波及効果

これらのうち定量的な評価が可能なものは、(イ)、(ニ)についても若干の研究例は可能であるものの、ほとんど(ロ)、(ハ)についてである。以下に米国における研究の現況について概述する。

物的損害の推定については、既往地震の被害データをもとに、被害の程度と地震の諸元、地盤条件、構造物の種類の相関関係を解析したものがほとんどである。このうち地震の諸元としては修正メルカリ震度 (MMI)、加速度ないし速度応答スペクトル値を用いているものなどがある。ただ上に述べたような解析に用いることができるような既往地震としては1971年のサンフェルナンド地震のみといってよく、データの量が十分とは

言えない。また特定のマグニチュードの地震で、被害地域も特定の地域に限定されているので、他の状況の被害を推定するにはかなり大胆な仮定が必要となる。事実多くの研究事例では、専門家の判断等によって被害を推定している例が多い。したがってデータの豊富さという面では我国の方が有利であるといえよう。

物的損害推定のつぎの段階として、物的損害に起因する機能損害を推定する必要がある。これに関する研究としてはまずネットワークアナリシスを応用したものがあり、近年我国でも実施されつつある。すなわちネットワーク状のライフライン施設の個々の被害がネットワーク全体の機能ないし能力におよぼす影響を調査するものである。社会学者の研究で機能損失の指標として、地震によって施設の機能が停止ないし減退してから復旧するまでに要した期間をとり、これと災害の規模を関係づけたものがある。

地震は物的損害だけでなく、これによって間接的に発生する経済社会的被害をも引き起こす。経済的被害については、必ずしもマイナスの効果ばかり引き起こすとは限らず、アラスカ地震が地震前に存在していた大量の失業者を解消するのに一役買ったという例のように、プラスの効果をも持っている。

経済的影響に関する研究は従来主として経済学者によって行なわれてきた。これらの研究事例をみると、地震以前の経済モデルに地震による物的損害および機能損害というインパクトを与えて、それによる経済活動の変化を計測しようとしているものが多い。すなわち地震によって経済構造は変化しないと仮定しているわけである。しかしながら自明のごとく地震の前後で経済構造は変化する。地震によって被害を受けた部門の生産が停止すれば、この生産物を原材料としていた部門は生産を停止するのでなく、代替の原材料を見つけようとするであろう。被害を受けた部門はまた、これをとり返えそうとして通常以上の生産性をあげるかもしれない。これらはいずれも経済構造の変化する例である。しかし現実問題としてはこれを完全に考慮に入れて経済的影響を推定したという研究例はこれまでにない。

つぎに地震防災投資の計画手法についてであるが、これは学問研究の領域というよりは実務行政の分野であるといった方が適當であるかもしれない。無論大学などで計画論を受け持つ学科ないし講座はあり、研究も多数行なわれているが、これらは意志決定の手法というよりは、意志決定に必要な情報の作成手法に関するものがほとんどである。このことは意志決定というものが学問として取り扱われることの限界を示しているといえよう。政策決定を行なう際によく用いられる費用便益分析を地震防災投資計画に応用しようとする試みは数多く試みられている。たとえば建築物の耐震レベルを向上させることに

よる費用と便益に関する研究は数多く行なわれているが、地域計画レベルの研究は当然のことながら見当らない。費用便益分析の一つの問題点として、金額表示の非常に困難な要素たとえば人間の嗜好や快適性、また経済的には見合わない投資を選択する可能性等を考慮できないことが挙げられる。これを解決するために、便益の代わりに効用という概念を導入し、効用の非線型を仮定するという手法も提案されている。しかし効用の定義、非線型性の定量化について問題も多く、実際の意志決定に応用されるまでには至っていない。

地震防災投資とその効果は多次元の座標のうえに表現する方がより適切であろう。すなわち構造物の補強と被害件数の減少、投資額と被害額の減少、情報の周知徹底とパニックの防止というような表現は個別の計画を行なう場合には利用できても、他の領域の計画と比較しづらい。この場合に各々の座標を単に一次的に重畳するよりは、多次元座標のままで評価する方がより現実的ではなかろうか。この際各次元とも優れた案は当然採用されるであろうが、ある次元では優れ、他の次元では他の案が優れているという場合には単純に判断できない。しかし、いたずらに各座標に重みづけをして足し合わせるということをやるよりも、多次元座標そのものを判断材料として、最終判断は意志決定者に委ねるという方が適切であろう。この場合に、座標の選択、座標の評価は今後の研究課題であろう。

上に述べてきた課題について討議し、併せて耐震工学一般の知識を広めるために、滞在期間中に下記の会議に出席し、うち2回は口頭発表を行なった。

橋梁の耐震問題ワークショップ (サンディエゴ)

米国地震工学研究協会年次総会 (サンフランシスコ)

第2回自然災害ワークショップ (ボールダー)

第2回米国地震工学会議 (スタンフォード)

また意見交換のため、米国地質調査所、カーネギーメロン大学、ランドコーポレーション、MTS コーポレーションを訪問した。

公共機関における地震防災対策を知るために、主としてロサンゼルス内の行政機関のなかから、市役所計画局、郡防災担当課、州緊急対策局ロサンゼルス事務所、電気水道局、州道路局ロサンゼルス事務所を訪問した。ロサンゼルス地区は1971年にサンブエルナンド地震により被災した経験を持っているので、各行政機関の対策も比較的進んでいるようである。しかし担当者からよく聞かれた話として、地震直後は防災関係の調査も広範に行なわれたが最近は大分縮小されてきたということである。災害の与えるインパクトは大きくとも、次第に忘れ去られるというのは必然なのかもしれない。ロサンゼルス

ス地区はアメリカの中でも地震活動度の高いところであるが、郡防災担当者によれば災害のなかで最も関心の高いのは火災（夏季に雨が降らないので山火事が多い）、次が洪水、地震は3番目だそうである。このあたりが、地震防災にいま一つ力が入らない理由であろうか。

昭和54年10月15日にロサンゼルスから南東約320 kmのインペリアルバレーでマグニチュード6.4の地震があり、死者はなかったものの負傷者約90人のほか、8年前に完成した6階建鉄筋コンクリートビルが被害を受け、また各種ライフライン施設にも被害があった。筆者は地震直後の10月18、19日に現地調査をする機会があったので、主としてライフライン施設の被害と、行政機関の対応について資料収集をおこなった。

2. 試験研究遂行に役立った試験研究機関の設備環境等

筆者の研究は情報の交換、収集が主であったので、設備環境等の影響をあまりうけなかった。しかし受け入れ先の教授が与えてくれたディスカッションすべき研究者、およびセミナー等の情報は有意義であった。

3. 今後在外研究を行う者に参考となる事項

在外研究を有意義に行うには、研究内容についての十分な学識と、それを相手に伝える語学力の両者が不可欠で、どちらが欠けても満足すべき結果は得られない。とくに前者については、研究機関を訪問した際に相手から情報をもらう代りに、こちらからも提供するという姿勢が重要だと思われる。

19. 交通安全および交通計画に関する研究

梶 山 太 郎

昭和53年8月21日より昭和54年10月22日まで科学技術庁のパートギランティー制度により、米国インディアナ州のパデュー大学に留学しました。パデュー大学の留学状況について下記のとおりであることがわかりましたので報告します。

国 籍	人 数
イラン	1人
エジプト	2人
台 湾	4人(内女1人)
タンザニア	1人
マレーシア	1人
プエルトリコ	1人
(日本)	1人
留学生 計	11人
アメリカ	6人
合 計	17人

1979. 1 現在

20. 国際大ダム会議

藤 本 成

1. 参加により得られた成果と今後の研究指針

国際大ダム会議における指定課題は技術的に大きな変化あるいは緊急性等がないかぎりにおいては、同一の課題を再度採択しないことが原則となっており、筆者の専門とするダムの水工問題に関する本格的な課題の設定は1950年代に1回採択されて以後今回が久しぶりの採択であった。

その意味で、今回の大会では各国とも約30年間にわたる技術的發展の過程ならびに今後の技術動向についての報告ならびに議論がなされ、現在の技術水準について世界的規模での取りまとめがなされたものといえる。

この結果として、ダム技術の先進国であるわが国の技術は、アメリカ、フランス、英国等の諸先進国とほぼ同歩調を保ちつつ発展しているが、わが国独自の技術動向の存在も顕著になりつつあることが再確認された。

これらは、わが国の技術環境を直接反映したものであるが、技術バランスについて再検討すべき点も多々あるものと考えられ、今後の適正な発展を図るうえに今回の大会は重要な役割を演ずるものと予想される。

なお、今回の大会に提出された各国の技術資料は、今後十分な検討を加え、わが国の技術発展に役立たせたいと考えている。

2. 国際研究集会派遣制度に対する要望事項

国際研究集会の主たる活動の場は、単発的な論文発表の場からより定常的な委員会活動に移りつつあり、国際大ダム会議もこの例外でなく、前述の各種委員会が技術の先導的な役割を演じている。したがって、国際研究集会派遣制度の意図を満たすより有効な活動を行うためには委員会の委員をつとめることが必要になる。

国際大ダム会議の場合、わが国はダム技術において先進国でありかつ今日的な問題を数多くかかえているため、日本からは9の委員会に委員を出している。

この委員の内訳は、民間電力会社および電力中央研究所等から5、電源開発株式会社2、水資源開発公団1、大ダム国内委員会1となっており、現在ダム建設の主役となって建設省および農林水産省からの委員は1人もいない。

この理由は、委員会に定常的に参加できる制度的保障がないためであり、国際研究集

会派遣制度においては制度的に可能であっても末端の研究機関においては、同一の人間が毎年渡航する枠を確保することはほとんど現実的でない。

このような意味から、国際研究集会の内容を再検討され、委員会の選択を行い定常的な参加が可能となる方向で検討されることを要望する。

（以下略）

（以下略）

（以下略）

21. 日米共同大型実験計画委員会 第4回会議

大久保 忠 良

1. 実施した試験研究の内容及び成果

今回の会議は、日米共同大型実験計画委員会としての最終会議であり、鉄筋コンクリート造および鉄骨造建物に関する日米共同大型実験計画をとりまとめた。

また一方、この大型実験計画に関する、日米双方の担当行政機関間の合意書に関する話し合いも非公式に行なわれた。

1. 1 日米共同大型実験計画委員会第4回会議

1) 本共同研究に関する合意事項

a. 鉄筋コンクリート造建物

Ⅰ. 7階建の建物の実大実験を建築研究所で行なう。

Ⅱ. 組合せ部材、平面骨組、構造壁、壁一骨組系の実験を日米双方で分担して行なう。

Ⅲ. 各種縮尺の模型振動実験を日米双方で分担して行なう。

b. 鉄筋造建物

Ⅰ. 7階建の建物の実大実験を建築研究所で行なう。

Ⅱ. 構造部材、梁一柱系、骨組系の実験を日米双方で分担して行なう。

Ⅲ. 各種縮尺の模型振動実験

c. 偽動的実験法

Ⅰ. 動的運動方程式と供試体を結びつける数値的アルゴリズム、変位制御による

アクチュエーター操作システムおよび基本微分方程式の適当性に関し日米協力して解明する。

2) 最終決議

Ⅰ. 実大実験、縮尺模型実験、部分実験および解析の関係を求める研究を通じ、耐震安全工法を改善することの重要性に鑑み、本計画委員会の最終報告を可及的速かに完成させ、かつ関係政府機関に送付する。

Ⅱ. 最終報告に記載の共同研究計画は日米両国で1979年に開始されるよう勧告する。

Ⅲ. 共同研究計画に対する予算措置は、最終報告に記載の目的と達成目標を満足させるに足るものでなければならない。

Ⅳ. 共同研究計画勧告案の成功を保証するためには、両国における全研究活動の完

全な組織化が不可決なので、下記の委員会の設置を勧告する。

- (a) 本計画への参加各機関に科学・技術的指導をするための合同技術組織委員会、この委員会は本計画実施中最少限毎年1回は会合するものとする。
- (b) 鉄筋コンクリート造建物、鉄骨造建物、偽動的載荷方法その他の研究実施に当り指導するための合同小委員会。これらの小委員会は必要に応じ会合するものとする。

V. 本合同研究計画の協力関係を確保推進するためには両国からの研究者の適切な交換が必要である。双方の参加研究機関のそれぞれに1人ずつ交換研究者をおくことが望ましい。

VI. 鉄筋コンクリート造建物および鉄骨造建物関係の共同研究計画が成功裡に完了した後は、偽動的実験法の使用で得た経験に基き、前回までの決議に示された他の構造形式についての研究を実施すべきである。この為の適当な計画に早期に着手すべきである。

VII. 本協力計画には、長期計画として建物以外の大規模構造物の実験の可能性も含むべきである。

VIII. 本計画委員会は本大規模実験協力計画に対するUJNR 耐風耐震部会の支持を奨励する。

1. 2 大規模共同実験計画に関する担当行政機関の合意書について

会回の会議期間中に、米国立科学財団 (NSF) のDr. S. C. Liuより、科学技術庁、建設省、NSF間の合意書案に関し、修正提案があった。

2. 所 感

(1) 本共同研究計画は、日米それぞれの複数研究機関が参加するものであるが、特に米側の各参加機関の独自性を尊重しつつ、かつ全体計画の一環として組込むためには強力かつ柔軟な調整を必要とする。

(2) 建物のみならず、将来、ライフラインシステム、耐震都市計画等の共同研究に拡張することが望ましい。

(3) 米航空宇宙局 (NASA) が、施設の利用形態の転換をはかっており、耐震実験にも着目している。今後その方向に注目する必要がある。

以上

22. 日加間環境問題の意見交換およびカナダの実状調査

足立 義雄

1. 派遣に従事することにより得たる成果

1) カナダにおける環境行政

カナダには連邦政府とともに非常に大きな権限を有する州政府がある。道路計画における環境評価に関係するとみなしうる機関としては連邦政府における土木事業省、環境省、運輸省と、州政府における環境省、運輸省が考えられる。しかしながら、道路の計画、設計、施工、管理のほとんどの部分は州政府の運輸省で行われている。したがって、環境影響評価も州レベルで取扱われることが多い。

連邦政府における環境省が携わる環境影響評価としては連邦政府が関係する事業、例えばパイプラインの建設、ウラニウム精製工場と積出港、飛行場の建設、港湾施設の拡張などや、アメリカと協同で行うシャクヤクハイウェイのような事業、さらにはバンフハイウェイのような国立公園内で行われる事業に限られている。したがって、道路計画に関する環境影響評価は数が非常に少ない。連邦政府における運輸省では港湾、飛行場、鉄道に関する事項を所管しており、土木事業省では主として管庁営繕のような業務や財務に相当する業務に携わっている。

また州政府間で環境問題に対する考え方は異っている。

2) 連邦政府における環境アセスメント

カナダにおける環境アセスメントは1973年（昭和48年）12月20日に閣議決定され、連邦政府が関連する事業の実施手続として組み込まれている。手続は3つの段階にわかれている。

第一段階は計画を有する省庁内部で独自に環境アセスメントを行うことである。このときにも当然専門家の意見を聞いたり、住民の関心に考慮をはらっている。検討する環境項目については落ちているものがないようにマトリックス法にて環境省で手引書として整理されまとめられている。

第一段階の作業により、(1)計画が環境に重要な影響を与えないもの、(2)計画が環境に重要な影響を与えるもの、(3)影響を与えるかどうか不明のものに区分され、(1)の場合には計画した省庁が全責任を負って計画を遂行することになる。(3)の場合にはより詳細な調査を継続して行い、(1)(2)のいずれかと判断する。

環境に重要な影響を与えるとみなされるものは第二段階として正式に環境省所管大臣

の評価が要求される。評価はパネルを設置して評価書の作成を行わせる。パネルは通常4～8人で構成され、いろいろな分野の有識者が選ばれる。

パネルにおいて検討している間に第三段階として公開され、一般住民などの意見が求められる。これらの諸情報に基づいて報告書が作成され、大臣に勧告が回付される。報告書には歴史的過程や社会的、経済的な影響にまで言及される。

最終決定は環境省所管大臣が計画を所管する大臣と協議の上なされる。したがって、この手続による場合には環境省所管大臣がすべての責を負う。

連邦政府の環境アセスメントは概略上記のような順序で行われている。

3) 州政府における環境アセスメント

オンタリオ州、アルバータ州のいずれも法規により環境アセスメントを行うようになっているが、道路計画に対しては考え方が大きく異っている。

オンタリオ州では連邦政府とよく似た流れでアセスメントを行っており、評議会を設けて評価書を検討することとなっている。ハミルトンのような工業都市があり、高速道路も縦横に走っているので数多くの計画に対してアセスメントがなされている。騒音の予測手法や一酸化炭素の濃度予測法が開発され、遮音壁などによる対策も行われている。

これに対してアルバータ州では石油、天然ガス、タールサンドのような豊富な資源の開発やリグレーション施設のような観光資源の開発に対して主にアセスメントが行われている。都市近傍の道路計画に対しては回廊 (CORR-IDOR) という考えを導入している。これは都市周辺に約800 m幅の地域を確保し、この中を幹線道路、電力線、ガスパイプなどの用途に使用して都市内にはこれからフィード線として引き出そうとするものである。これにより人家には幹線道路の影響を避けることができるし、大容量のガス管による危険性も除くことができ、安全で快適な都市になるという考え方である。したがって、個々の道路についてアセスメントを行っておらず、騒音の予測手法などもない。

各州の環境行政はその州の権限にまかされていて、連邦政府の意向は全く及んでおらず、その州に最適と考えられる方法によって実施に移され、税金さえもが州により異なる税率で適用され、州は独立しているといえる。

4) 騒音の予測と対策

オンタリオ州では道路からの騒音を予測し、それに対する対策方法をたてている。騒音の評価としては L_{eq} とともに L_{50} が用いられている。一般には L_{eq} を規準としているが、工場や道路でも変動が少ないときには L_{50} に基づいている。

したがって、騒音の予測方法も L_{eq} と L_{50} のいずれもが推定できるようになっている。いずれの式も実測結果によって経験式としてまとめられたもので、乗用車と大型車

の台数、舗装端から受音位置までの距離、平均走行速度の関数として表わされている。

騒音対策は4つに分類されている。ひとつは家屋を道路から離したり、環境施設帯を設けたり、リクレーション地域と道路の方向を検討したりする道路と家屋などの施設との位置関係に関するものである。2つ目は遮音壁や築堤を設けたり、地形条件をうまく利用したり、道路に面していてもよい建物を建てたりする遮へい物を介在させる方法である。3つ目は建築物の間取りを考慮するものでバルコニーやテラスの位置、居室や廊下の配置、窓の方向、壁を道路側に設けるような方法である。4つ目は居室内に防音の配慮をするもので、窓の設計、ドアの設計、換気などに配慮して室内を静かに保つものである。

いずれも道路と建物とが密接に関係して騒音対策をするようになっており、土地開発、住宅建設者の責任がとられる形となっている。

その他に、NRCにおける調査に基づいて住宅の受ける騒音レベルをまとめたものが住宅供給公社で使用されている。予測値がすべて数表化されて騒音の予測を簡単にを行い、道路に面して住宅を建設するときの検討に用いられる。

5) 自動車排出ガス対策

一般の大気汚染の状態について調査は行われて経年的にまとめられているが、自動車排出ガスの直接的な影響については一部を除いて調査されていない。

自動車からの排出ガス量についてはHC、CO、NO_xについて規準が定められ、新しい車に対しては排出ガス量がシャーシ台を用いて測定され、検証されている。カナダの車はそのほとんどが輸入車で、しかもアメリカ車の影響を受けやすく、それに実質的には支配されている。

むしろカナダで大きな関心があるのは燃料消費量である。毎年連邦政府の運輸省より乗用車、トラックの燃料消費量に関するガイドブックが出版され、カナダのエネルギー問題に重要な貢献をしていると記されている。排出ガス対策もさることながら、燃料消費を経済的に行わせることに関心が大きいことは興味があることであつた。

2. 派遣により役立った事項

カナダにおける環境問題について調査を行ったが、特筆すべき事項をまとめてみると以下の通りである。

- 1) 連邦政府における環境アセスメントは法律に基づいて行われていないが、決してなおざりにされていない。アメリカのように法律によるのもひとつの方法であるが、法規がなくとも十分に対応できることを示している。我が国でも法規化の動

きがあるが、現在各省で行われているアセスメントでも実際に効力を発揮できうるであろう。

2) カナダは広大な国であるから、地域の特性が十分に反映するようにされており、画一的に環境行政が行われていない。

3) オンタリオ州では騒音対策に沿道の土地利用への配慮や建築物の遮り効果などをすでに取入れていて、我が国の施策とよく似ている。

4) アルバータ州では回廊の考え方で環境問題を行っているが、我が国では考えられない大きな構想であると思われた。

5) 自動車の排出ガスも重要な問題ではあるが、同時に燃料消費量も十分に配慮を施し、エネルギーの効率的利用にも心掛けている。また、大気汚染の問題では酸性雨が非常に注目を浴びていた。研究を早急に実施する必要がある、意欲的に取り組まれているようであった。

3. 今後派遣される者へ参考となる事項

カナダの連邦政府の環境省において現地の受入れ、各機関への手配など十分に連絡をとり、支障なく調査を行なえ、カナダ政府に感謝の念を表す。

騒音の予測方法などについて日本のようにきめ細かには行われていないが、必要性に応じて十分に行われていると言えよう。しかし、道路計画における環境評価について言えば、道路行政が州政府の手に委ねられていることからみられるように連邦政府と接触するとともに、州政府とも連絡をとり、お互いに協力し合うことが必要である。

4. その他

参考までに日本よりカナダに説明した日本における道路環境問題の現状には次の項目が含まれている。

1) 道路環境問題の現状

2) 道路環境対策

3) 道路の環境影響評価

4) 交通環境研究室の役割

これについては大きな興味を示してくれて、日本の実状を理解してくれた。

23. U J N R 耐風耐震構造専門部会作業部会

共同研究計画

上 田 治

1. 試験研究等に従事することにより得たる成果

U J N R 耐風耐震構造専門部会の第11回合同部会での二つの作業部会^(注)すなわち、「自然災害を抑制するための国土利用計画に関する作業部会」および、「生活基幹施設の災害防止方法に関する作業部会」において討議し採択された将来計画に関する決議に基き、共同計画等の進め方について打合せを行なうとともに関連する研究分野における最近の情勢について意見交換を行なった。なお、あわせて、第12回の合同部会の実行計画について打合せを行なった。

(注. 報告者は、この二つの作業部会に属している)

1. 1 地震災害を抑制するための国土利用計画に関する問題について

米国連邦政府としては地震災害抑制の見地から土地利用を規制する法的権限が無いのは我国の場合と同様である。現状ではカルフォルニア州においてサンアンドレアス断層沿いの一部の地区で建築線規制をしている例があるのみである。

本問題は、活動の激しい明白な活断層近接地は別として、一般には社会的・経済的要素の占めるウェイトが大きいため国民のコンセンサスを得られるような基本方針確立には多くの困難が伴うだろうという点に関しては本作業部会長のアルジャーミッセン委員、フランク専門部会長も同意見であった。

危険度の予測・評価については地球物理学的乃至地質学的アプローチと地震工学的アプローチによるものを重ね合わせつつ、合理的な納得できるものとしていく必要があり、広範囲の資料の収集分析と客観的情報の一般への公開を通じての議論の活発化や学際的研究協力を推進することが、今後とも両国間で情報・意見交換を積極的に行なうことを再確認した。

1. 2 生活基幹施設(ライフライン)の災害防止方法に関する問題について

日本側作業部会長(大久保委員)より米側作業部会長(シェフイー委員)は提案したライフラインの地震時挙動に関する問題解決のための大型実験施設等による実験研究の具体的課題および共同研究をすすめる上での問題点についてシェフイー作業部会長を中心に討議を行った。

課題 a) 底板付円筒形液体タンクの土・構造物相互作用

課題としては米側も同意する。振動台を用いて実験を行なう。

課題 b) 橋梁の地震応答、土・構造物の相互作用を含む橋梁被害の原因分析、大型柱状構造物の実験における寸法効果

課題については米側も同意する。このうち、大型柱状構造物については振動台を用いることは適当でないので、静的な実験解析と低速の動の実験を併用して研究を実施してはどうか。中小規模の柱については既に日本の土木研究所や建築研究所で実施しているので、米側としては国立標準局の5,000トン万能試験機を用いて1 m 角のRC柱の実験を行なうことを計画する。これらの結果を比較することにより、寸法によって圧縮や曲げの特性において異った挙動を示すいわゆる寸法効果が把握できよう。

なお、土・構造物相互作用の問題は寸法効果の問題とは切り離して研究を実施したらどうかという提言があった。

課題 c) 地中埋設管に及ぼす地震の影響

地中管の地震時の挙動の解明のために振動台実験で地震波の伝達を再現することは困難である。ネヴァダにおける例のようにexplosion を私用するより方法がないと思われるがこれも実際に行なうことは困難であろう。

従って、宮城県沖地震の際の分析のように被害事例の研究が重要である。

課題 d) 軟弱地盤における構造物基礎の地震応答

この課題についての実験の目的・方法については更に議論をしておく必要がある。すなわち、液状化の問題を中心に実施するかどうか、振動による地盤強度の増加の可能性、実験解析上の模型地盤の調整（とくに粘性上の場合には質を一定にすることが容易でない）やモデル化の困難性など、土質の専門家を交えて討議する。

なお、研究の進め方としては、理論解析と小振動台（動的三軸試験に工夫を加えることを含めて）での実験を実施して合成を試み、その結果を見て大型実験へ進むことも考えられよう。

その他：日本側が、受変動等の電力施設に関しては当面研究の対象からはずしたい意向であることに対し、米側としても大重量のトランスなどを振動台で実験することは疑問であり、Electric Power Institute との話し合いの上、結論を出したいとのことであった。

1. 3 その他

1) カリフォルニア大学ロサンゼルス分校のデューク教授、セルナー助教授、リー助教授を訪問し、ライフラインの信頼性、最近の地震被害例の分析からの建築構造基準改正の動き、鋼構造部材の繰返し疲労強度に関する振動台実験など関連

分野の研究状況について情報を得た。

2) 開拓局 (Water and Power Resources Service と改称研究所においては、一般的な研究課題についての話を聞くとともに、土の動的試験、水中構造物の地震時応答などについて議論を行った。

3) Agbabian Associates 及びURS/Jdn A. Blume Associates においては、ライフライン地震工学における研究需要、地震波動の位相差の影響、カリフォルニア州における地震被害軽減のための土地利用規制の例、歴史的建築物保存のための耐震補強例などについて説明を受け、意見を交換した。

4) 地質調査所地震研究所及び道路局道路研究所においては作業部会に関する打合せ (前記) のほか、エルセントロ (インペリアルバレー) 地震 (1979年10月16日) での被害状況と強震記録の解析についての話題を通じ、今後の地震から学びとるべきもの、研究計画の考え方について話しあった。

5) 国立標準局においては第12回合同部会の日程について打合せるとともに、日米欧における標準貫入試験データの規準化の促進、耐震設計基準についての中央政府・地方政府の関係の日米の差などについて意見を交換した。

2. 所 感

大学における研究者、民間における研究者を問わず、日米共同大型実験計画に強い関心を抱いており、筑波研究学園都市における実験設備に羨望の目を向けている様子が見えがえた。

24. 南太平洋地域地震工学会議

1978年5月8日(木)～5月12日(金) 南太平洋地域地震工学会議 会場：ニュージーランド、オークランド

塩井幸武

1. 国際研究集会における活動内容

下記の論文発表ならびに代読を行なった。

5月8日午後

- ①Seismic Analysis of a Highway Bridge Considering Soil-Structure Interaction Effects

岩崎敏男 川島一彦

5月9日午前

- ②Damage to Civil Engineering Structures due to the Near-Izu-Ohshima Earthquake of January 14, 1978

岩崎敏男 川島一彦

5月9日午後

- ③A Simplified Method for Assessing Earthquake Induced Soil Liquefaction Potential

大橋昭光, 岩崎敏男, 龍岡文夫, 常田賢一

- ④An Experimental Study on Liquefaction of Sand Soils on a Cohesive Soil Layer

浅間達雄, 塩井幸武, 元田良孝, 光家康夫

- ⑤Recent Earthquake Resistant Design Methods for Different Types of Foundation in Japan

浅間達雄, 塩井幸武, 岡原美知夫, 光家康夫

また、論文の発表を通じてニュージーランド、アメリカ、カナダ、インドネシアの研究者、エンジニアとのDiscussionも行なった。

一方、ニュージーランドの建設省の構造物関係の技術者との接触がとれ、特に基礎関係についてはデータの交換を行なうことになった。

その他、現地の技術者からいくつかの問題について日本の事情、規準、調査方法などの問合せがあり、帰国後に資料を送付することになった。

2. 参加により得られた成果と今後の研究指針

本会議は発表10分、討議が15分ということで充実した内容ではあったが、現実には発表が15～20分になり、Session のはじめのものに時間が多くとられ、後の方は発表だけで精一杯という事情であった。

その中で今後の研究に役立つものとして次のようなものがあげられる。

- ① アメリカのカリフォルニア大学のジェニングス教授の講演からアメリカの耐震工学のすう勢を知ることができた。
- ② ニュージーランドのカンタベリー大学のプレストリイ博士のケーソンの研究は我々の現行の研究と共通するので今後の成果の行方に注目される。
- ③ 橋脚や建物の免震装置についての長年の研究成果や実績の発表があり、注目された。今後、現実の地震を受けた時の挙動いかによっては取り入れることができよう。
- ④ 鉄筋コンクリート構造の耐震性についてはすぐれた研究成果が多く、宮城県沖地震の被害の解析にも利用できよう。

- ⑤ ニュージーランドの耐震工学の実情を知り、今後の情報交換のパイプができた。

ニュージーランドにおいても、橋梁と建築の基礎の間で耐震設計の考え方がはなれる傾向にあるので、今後の情報の交換がお互いに役立つものと思われる。

3. 国際研究集会派遣制度に対する要望事項

今回の会議は自由かつ達な意見の交換がなされ、相互理解に貢献するところが大きかった。権威の確立した会議ではえがたい雰囲気がある。このような会議にも若干の研究者を中心に積極的に参加せしめる方が実のある成果が得やすい。

また、今回は会議前日の午後に当地の空港が悪天候のために閉鎖になり着くことができなかった。そのため中継地オークランドで前々日の夜行便で疲れた上に当日の飛行機の早朝からのキャンセル待ちをせざるを得なかった。また、会議終了後に当局の建設省から現場案内の招待があったが日程に余裕がなく果せなかった。遠い国への出張であるので日程に余裕をもった方がさらに有効なものとなるであろう。

25. ダム基礎として劣悪な岩盤の調査方法と

改良工法に関する研究

岡 本 隆 一

1. 成 果

1.1 イタリア (ISMES他)

ISMES (模型・構造物実験研究所) は、以下に示す7部から成る。

- ① 静的試験
- ② 動的試験
- ③ 数値解析
- ④ 岩盤力学
- ⑤ 地質工学
- ⑥ 地球物理
- ⑦ 材料試験

研究所においては、フマガリ所長・カストルディ副所長の案内によって諸施設および実験状況を見学し、意見の交換を行った。

ISMESは、設立の趣旨および名称からも判断されるように、早くからダムの模型実験を積力的実施し、ダムの合理的設計や安全性の検討を行ってきた。その伝統は今でも生かされ、 $1/150 \sim 1/40$ サイズのダム模型の載荷試験・建築物模型 (たとえば、ミラノの大型堂 $1/15$) の振動実験・原子核反応炉模型の破壊試験などが実施されていた。模型実験の利点は、設計上の弱点が目で判断できることであり、計算におけるカン違いや数字の単純ミスのチェックが難しいのと好対象である。一方、模型実験は多くの人手と日数を要するので、FEM等の数値解析による設計・安定計算も重要であり、ISMESにおいても数値計算部が最も大きく、かつ幹部の期待も大きい。模型実験と数値計算は、どちらが主従と言うことはないが、両方実施することにより、思いがけないミスの防止や設計上の発想の転換には役立つと思われる。

ISMESは、イタリア電力公社を主出資者とする民間色の強い機関で外柱のための業績のPRが非常に盛んであり、所負が国内外の学会、シンポジウム、ミーティング等で公表した成果は必ず、研究所の出版物として再編集 (翻訳も) し、伝統的なダム模型実験技術の優秀さと共に数値解析部門にも力を注ぎ、相互のチェックを実施している点が特色である。逆に我が国においても、模型実験がもっと重視されても良いと考えられる。地質工学部および地球物理部においては、地盤評価の指標として弾性波速度 (普通

はP波)が重視され、孔内および孔間速度測定が数多く実施されていた。これは我が国においても実施されており、目新しい方法ではないが、データの量の多さとその資料整理と保存については、学ぶべきものがある。

静弾数係数測定のための原位置載荷試験においては、両端にフラットジャッキを備え、伸縮自由で回転可能な支柱によって360°自由に測定することが出来て、又台車をレール上で移動することによって坑内任意の位置で測定することができる載荷装置を用いていた。この装置は準備工が簡単であり、工期の短縮と制定個所の増加が容易であるので、日本にも導入し、日本の現状に合うように改良するような努力をやる価値があるように思われる。

リドラッコリダムは、イタリア中北部ボローニヤ市の南に位置し、アペニン山脈の北東側である。基礎岩盤の地質は中新世砂岩・泥灰岩互層からなり、平均走行38°・傾斜S 27°のほぼ単斜構造である。砂岩は堅硬であるが、泥灰岩(マール)は、我が国におけるあの種の凝灰質泥岩のようにスレーキング現象をおこし、泥化する傾向がある。このような条件の基礎岩盤においては、通常は高いコンクリートダムを計画することは無理であるが、ここでは高さ103 mの重力アーチ型式のコンクリートダムを建設中である。

(平均27°の傾斜で上流下りの単斜構造である。泥灰岩はスレーキングをおこし、掘削表面では容易に泥化している。日本ではこのような条件では例のない高さ103 mの重力アーチ型のダムを建設中である。)

泥灰岩および泥灰岩と砂岩との境界部については、原位置ロックせん断試験によると、 $C \approx 0.1 \sim 0.2 \text{ kg/cm}^2$ ・ $\phi \approx 13^\circ$ 程度であるが、これをロックアンカーによって垂直力を与えてロックせん断試験を行った結果 $C \approx 2 \text{ kg/cm}^2$ ・ $\phi \approx 13^\circ$ 程度に改善された。さらに岩盤加圧面の地山側にボーリング孔を設けて、裸部の歪を測定しながら地層に平行および直交方向に載荷試験を実施した所、いずれも $10,000 \text{ kg/cm}^2$ 前後の静弾性係数が得られ、さらに水室法によるチェック($E = 200,000 \sim 400,000 \text{ kg/cm}^2$)・クリープ試験(2ヶ月)によるチェックの結果、表層の劣化と比べて、地山内部では強度と静弾性係数は小さくならないということが分かった。以上の事などにより、右岸(流山盤)に $180 \sim 150 \text{ t/m}^2$ ・長さ $40 \sim 30 \text{ m}$ ・600本以上、左岸 $180 \sim 150 \text{ t/m}^2$ ・長さ $35 \sim 25 \text{ m}$ ・約100本、 $60 \sim 45 \text{ t/m}^2$ ・約100本のロックアンカー工事を施工し、その他無数のロックボルト工を併用して、重力アーチ型式のダムを建設することに踏み切っている。我が国においても、類似の地質条件のダムサイトは存在するので、設計上の決断とそこに至る慎重な計測・調査・実験等は大いに参考になるものである。エドロ電力計画地点においては、日本の三波川変成岩に相当するような地質状況の所

に地下発電所（高さ41m×長さ152m×奥行16m）を建設中である。非常にシヤされて鏡肌状の箇所も多く、決して良好な条件ではない。この現場で参考になった点は、数多くのプレスプリット工法とPCコンクリートによるプレバブ式のルーフィングである。前もって、工場生産のI、PCコンクリートのルーフ部材を準備し、掘削が進めば直ぐアーチ支保工（トラス併用）を施工し、ルーフィングを実施していた。これは非常に工期を短縮すると共に安全性の上からも大きな利点である。

1.2 ポルトガル

ポルトガルにおいては、LNEC（国立土木研究所）を訪問し、主としてダム部岩盤基礎研究室においても主任研究官グロスマン氏（地質）、ピント氏（土木）と討議し、所内の見学を行った。LNECは1000人を超える所員を有し伝統的に岩盤力学関係の業績も多く、前所長ロシア博士は国際岩盤力学会議（ISRM）を組織した程の大物であるが、現在は政体変更や植民地喪失の影響が大きいとみられ、斬新な研究は少なかった。全コア採取方式ボーリングやフラットジャッキによるスリット式変形試験、曲線ジャッキによるラジアルジャッキ式変形試験などを引き続き行っていた。これらのうちの一部は我が国においても既に試みられていて、その有効性は実証されているが、ポルトガルにおいても多くの実績があがっている。

1.3 スペイン

スペインにおいては、工科大学ダム担当主任教授アルバレス博士の案内により、主としてスペイン北東部の石灰岩地域のダムを見学し、検討する機会を得た。基礎岩盤の支持力、漏水問題の何れの見地からも適切な対策を実行しないと大きな問題に発展する事例を見ることができた。もうで他山の石として我が国のダム計画に際しては十分なる注意を払う必要があると考える。

カネレスダムは高さ151mのアーチダムで、基礎岩盤は上部白亜紀の石灰岩である。ダムサイ下の地形は急峻であり、一見良好な条件のように見えるが、支持力および漏水の2点において重大な欠陥があった。すなわち右岸は、ダムのアーチスラストを支持し得るだけの地山が足りないので、10万 m^3 の人工岩盤を下流側に付け足し、そこから、岩盤に向ってPSアンカー工を行って岩盤所要強度の補強を行った。漏水については、鐘乳洞の処理が不十分であり、6 m^3/sec の漏水が観測され、貯水位が計画満水面より41m下から上昇しなかつた。そのようなことから、左岸下流から3段のブラウ下坑を入れ、238,000 m^3 の再グラウチングを実施し、2本の鐘乳洞列の充てんも行った。この結果、漏水量は160 l/sec に急減し、水位も満水位から12m下まで上昇し、対応の成功をおさめ

カラダダムは、古第三紀漸新世の石灰岩・泥灰岩に計画されている高さ68mのロックフィルダムである。ほとんど盛立は完了に近いが、右岸側に設けられた洪水吐の基礎に高さ25m以上、巾30m以上の鐘乳洞が発見され、その対策に苦慮している。洞内を碎石で充てんした後、モルタル注入、セメントグラウチングを入念に実施するのが一つの解決策であるが、他にも未だ存在するかも知れず、慎重な対応が必要である。このダムの例は、地質調査の不備とダム設計のミスを物語るものであろう。

メキネンサダムの基礎は、上記カラダダムとほぼ同時期の石灰岩・泥灰岩のほぼ水平な互層で軟弱な褐炭を夾んでいる。ダムは高さ77.4mの重力ダムで、既に完成し発電を行っている。しかし、基礎とくに褐炭層のせん断強度が不足することが予想されたので、下流側コンクリート堤体継目と基礎にカットオフを設けたが、湛水後、不同沈下と横ズレによって施工ジョイントに沿うズレ（約15cm）を生じている。現在、漏水対策のため樹脂系接着剤によるジョイントおよび水平打継目の充てん接着工事を施工中である。堤体の安全性に対しては国際的な委員会を組織して検討中であるが、対策についての結論はでていない。

モリノデラホスダムはマドリド近郊のレクリエーション用ダムで、高さ15mのアースダムである。洪積層の台地で適当な洪水吐の基礎としての適地がなく流量も小さいことから、天端と下流面に堤体とアースアンカーで結んだコシクリートスラブを張り、洪水吐としている珍しい施工例である。

1.4トルコの水行政と水資源の調査・研究

DSI（国家水理庁）はトルコの水行政の全てを掌握し、水に関する研究・調査・施工・利用・管理および道路・公園等の付帯事業に至る迄総括したかなり強力な権限を有する組織である。ここでは地質・地下水局において、トルコ全土の石灰岩分布地域の地下水水収支検討結果とアンタリヤ地域地下水調査結果（オイマブナールダム計画および火力発電所冷却水用井戸関連）を例にして、石灰岩地域の地下水調査手法および水収支計算の討議を行った。DSIでは石灰岩地域の水収支について、フランスおよびユーゴの専門家は助力により、20年程の測定と計算を行っており、イスタンブール大学とも協力して、シンクホールの流出流入量の経年変化も測られている。これは石灰岩地域の水の管理には、各地点における個々の精しい測定と、それらの相互の関連を広域的に把握することの両者が必要であると言う点で我々の考えも一致するが、我が国ではまだ長年の測定値の蓄積がないので、この点は非常に参考になった。オイマブナールダムはアンカラの南約400kmで、地中海へ注ぐマサツガット河に建設中のアヒチダムであり、高さ185m、総貯水量約40億m³の大ダムである。ダムサイトは、

古生代中部二疊紀の石灰岩および石灰質片岩類であり、流域には古生代の石灰岩と第三紀下部中新世の石灰岩が分布している。このダムの問題点は、ダム基礎の漏水対策と貯水池への流入量の正確な把握である。前者については、基礎の石灰岩へのコンクリートフェーシングと鐘乳洞の危険性のない石灰質片岩層までカーテングラウトを延長して対処している。後者については、広域の調査から顕著なシンクホールを確認し、それらのシンクホールの流出流入の季節的変化を測定し、流域全体の流量とその変化を考察しており、(最大で一つのシンクホールで $30\text{m}^3/\text{sec}$ 、全体で $60\text{m}^3/\text{sec}$) 10年以上のデータが得られても未だ完全に把握し得たと言えない状態である。我が国の河川とは規模がやや異なるが、(洪水期→冬期 $300\text{m}^3/\text{sec}$ 、渇水期→夏期 $50\text{m}^3/\text{sec}$ 以下) 我が国でも石灰岩地域にダムを建設することが計画される場合には、やはり長期のデータを必要とすると考えられる。

1月5日スイスで開かれた「岩盤力学の進展とその応用」に関する国際会議(ISCRM)において、下記の4つの課題について報告と討議がなされた。

- Ⅰ．岩盤のレオロジー的挙動
- Ⅱ．岩盤構造物の設計と施工における試験と監視
- Ⅲ．近代的な建設工法による地下構造物の設計
- Ⅳ．掘削による地表変状

とくに岩盤内部の構造物が大形化する傾向があり、所謂ゆるみによる変状が問題となるので、掘削後時間をおかずに岩盤に何らかの施工をして変形をできるだけ小さくするための設計あるいは施工法と言ったものに関心がよせられた。現場見学においては、ガンター橋の橋脚の基礎を崖錐堆積物に深礎を約40m入れて、岩盤から直接基礎によって直高148mの橋脚をたてている点が日本では殆んどみられない工法であり、また、急傾斜法面や地すべりについても岩盤P.S.スリカ工法を多用している点などが注意を引いた。また、エモリソンダムは高さ180mのアーチダムであり、クレスト長の長いので有名なダムであるが、基礎岩盤は日本では見ることの出来ない程堅硬な片麻岩であり、劣悪な岩盤とダムとの関係を研究するには適していない現場であった。

2. 試験研究遂行に役立った試験研究機関の設備環境等
スイスの岩盤力学研究所の設備環境等、イタリアのISMES、ポルトガルのLNECのいずれも整地や実験施設等の点からは格別特筆すべきものはなかったが、参考にするべき点と感じた点は、国際的活動の場の

広さと、美しく要領のよい印刷物による広報活動が非常に積極的である点である。逆に苦勞した点は、航空事情の不確實さとガソリン不足による車の使用料の高額な点であった。

（一） 広報活動の概況
（二） 広報活動の目的
（三） 広報活動の手段
（四） 広報活動の成果
（五） 広報活動の反省
（六） 広報活動の今後の展望
（七） 広報活動のまとめ
（八） 広報活動の参考文献
（九） 広報活動の謝辞
（十） 広報活動の発表者
（十一） 広報活動の発表場所
（十二） 広報活動の発表日時
（十三） 広報活動の発表者
（十四） 広報活動の発表場所
（十五） 広報活動の発表日時
（十六） 広報活動の発表者
（十七） 広報活動の発表場所
（十八） 広報活動の発表日時
（十九） 広報活動の発表者
（二十） 広報活動の発表場所
（二十一） 広報活動の発表日時
（二十二） 広報活動の発表者
（二十三） 広報活動の発表場所
（二十四） 広報活動の発表日時
（二十五） 広報活動の発表者
（二十六） 広報活動の発表場所
（二十七） 広報活動の発表日時
（二十八） 広報活動の発表者
（二十九） 広報活動の発表場所
（三十） 広報活動の発表日時
（三十一） 広報活動の発表者
（三十二） 広報活動の発表場所
（三十三） 広報活動の発表日時
（三十四） 広報活動の発表者
（三十五） 広報活動の発表場所
（三十六） 広報活動の発表日時
（三十七） 広報活動の発表者
（三十八） 広報活動の発表場所
（三十九） 広報活動の発表日時
（四十） 広報活動の発表者
（四十一） 広報活動の発表場所
（四十二） 広報活動の発表日時
（四十三） 広報活動の発表者
（四十四） 広報活動の発表場所
（四十五） 広報活動の発表日時
（四十六） 広報活動の発表者
（四十七） 広報活動の発表場所
（四十八） 広報活動の発表日時
（四十九） 広報活動の発表者
（五十） 広報活動の発表場所
（五十一） 広報活動の発表日時
（五十二） 広報活動の発表者
（五十三） 広報活動の発表場所
（五十四） 広報活動の発表日時
（五十五） 広報活動の発表者
（五十六） 広報活動の発表場所
（五十七） 広報活動の発表日時
（五十八） 広報活動の発表者
（五十九） 広報活動の発表場所
（六十） 広報活動の発表日時
（六十一） 広報活動の発表者
（六十二） 広報活動の発表場所
（六十三） 広報活動の発表日時
（六十四） 広報活動の発表者
（六十五） 広報活動の発表場所
（六十六） 広報活動の発表日時
（六十七） 広報活動の発表者
（六十八） 広報活動の発表場所
（六十九） 広報活動の発表日時
（七十） 広報活動の発表者
（七十一） 広報活動の発表場所
（七十二） 広報活動の発表日時
（七十三） 広報活動の発表者
（七十四） 広報活動の発表場所
（七十五） 広報活動の発表日時
（七十六） 広報活動の発表者
（七十七） 広報活動の発表場所
（七十八） 広報活動の発表日時
（七十九） 広報活動の発表者
（八十） 広報活動の発表場所
（八十一） 広報活動の発表日時
（八十二） 広報活動の発表者
（八十三） 広報活動の発表場所
（八十四） 広報活動の発表日時
（八十五） 広報活動の発表者
（八十六） 広報活動の発表場所
（八十七） 広報活動の発表日時
（八十八） 広報活動の発表者
（八十九） 広報活動の発表場所
（九十） 広報活動の発表日時
（九十一） 広報活動の発表者
（九十二） 広報活動の発表場所
（九十三） 広報活動の発表日時
（九十四） 広報活動の発表者
（九十五） 広報活動の発表場所
（九十六） 広報活動の発表日時
（九十七） 広報活動の発表者
（九十八） 広報活動の発表場所
（九十九） 広報活動の発表日時
（一百） 広報活動の発表者

26. 道路橋の荷重係数設計法に関する研究

佐伯 彰 一

1. 実施した試験研究の内容および成果

わが国の道路橋の設計法は許容応力度設計法が主体となっている。この許容応力度設計法は、

$$\sigma \leq \sigma_a \quad (= \sigma_r / N)$$

ここに、 σ : 構造物に生ずる応力度

σ_a : 許容応力度

σ_r : 構造物の抵抗 (破壊) 応力度

N : 安全率

が基本的な考え方である。

しかしながら、この設計法は N という抱括的かつ経験的な1つの安全率で設計が支配されており、構造に付与された安全性が明確でなく、かつ、その決定過程も合理性に欠けている。

これに対し、より合理的な設計法として現在海外諸国で研究が進められているものに荷重係数設計法がある。

荷重係数設計法の基本的な概念は、

$$\sum \delta_i \sigma \leq \beta \sigma_r$$

ここに、 σ : 荷重作用 i により構造物に生じる応力度

δ_i : 荷重作用 i に対する荷重係数

σ_r : 構造物の限界応力度

β : 抵抗係数

α : 構造物係数

であり、許容応力度法と異なる点は、構造物に作用する荷重作用や構造物の限界値における不確定要因を考慮し、その統計的、確率論的に δ_i や β を定めることにある。

この荷重係数法はわが国でも研究が進められているが、概念的な安全性照査規範の試案が取まとめられつつある段階であるのに対し、米国では既に道路橋の実設計に導入されている。今回の在外研究員としての研究内容は、米国における具体的な荷重係数設計法を研究することである。

米国の道路橋の荷重係数設計法の概要は表—1に示すとおりである。まず、道路橋を

使用性と安全性の両面で照査することを大前提としている。さらに、使用性は通常道路橋を通行する荷重状態と異常な通行状態の2つに状態に分けて照査する。

表—1 荷重係数設計法の概要

荷 重		照査の内容	設計パラメータ
使用性	使 用 荷 重	$D+L+I$	疲労。活荷重による変形
	超 過 荷 重	$\alpha D+\beta (L+I)$	永久変形
安全性	最大設計荷重	$\phi[\alpha D+\beta (L+I)]$	中×最大強度
			活荷重による応力レンジ剛性
			最大応力／降伏応力 摩擦継手のすべり
			曲げ、せん断および軸方向耐力

ここで、最も興味あるものは、実設計上 α 、 β 、 ϕ および ϕ をどのような値ととるかという問題である。これらの値は、荷重や構造物の限界状態（疲労強度、変形、強度）について調査、実験を行ってデータを集積し、統計確率論（たとえば、信頼性理論）などで決定すべきものである。このような研究は米国でも、かなり活発に行われていることを知ったが、道路表示方書に決められた値は（例えば、表—2の強度係数 ϕ ）、これらの研究成果は1つの参考としているもの、むしろ従来の設計結果すなわ

表—2 強度係数 ϕ

ち許容応力度法で設計したものに対してキャリブレーションを行って決めた感がある。このような決定の過程は十分納得できるものではなく、わが国ではこの数値が大きな問題となっている。しかし、米国での考え方は、最初からそのような完全性を求めず、除々に改善していくというものであり、ある意味では実情にマッチした工学的アプローチと言えるかも知れない。わが国の道路橋に荷重係数設計法を導入する場合の大きな参考となるであろう。

部材、継手	荷 重	係 数
柱	軸 力	0.85
ずれ止め	静的せん断力	0.85
突合せ溶接	す べ て	1.0
すみ肉溶接	せ ん 断	0.64
ボルト、リベット	せ ん 断	0.75
低炭素鋼、ボルト	引 張	0.67
高張力ボルト	引 張	0.75

なお、表—1ではいわゆる主荷重だけについて述べたが従荷重を組合せた場合についても規定されている。ここでは、紙面の関係から報告を割愛した。

次に、以上のような荷重係数設計法が実設計でどのように反映されているかを、米国各地の実務担当者を訪ねて調査、討論をした。結論としては、まだ米国でも荷重係数設計法は十分な取入がなされていないといえる。その原因を討論等の結果からまとめてみると、

(I) 道路橋示方書には、許容応力度設計法と荷重係数設計法の両者が併記されており、どちらを使用してもよいという規定となっている。このため、現場技術者は手なれた許容応力度設計法を採用する。また、荷重係数設計法で設計した橋梁が、許容応力度設計法で設計したものと異なる場合（正しくは異なるから荷重係数設計法の意義があるので）、経験のない構造物として不安感がある。

(II) 道路橋示方書はAASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) で定めているが、これはあくまでRecommendationであり拘束力がない。州が担当する道路橋に対しては、州政府が決定権を持っており、わが国のように統一した示方書ではない。このため、設計法の改善はなかなか一気に行えない。この2点があげられよう。わが国の道路橋示方書は拘束力があり、この点で米国と事情が異なるが、荷重係数設計法の採用に際しては、設計実務者に受入れられ易い規定といった工夫が必要となろう。

この他、今回の在外研究員として感じた事を述べる。

わが国では、道路橋の疲労破壊がほとんど問題としていない。米国では、これが奇異に感じられているが、調査研究の結果、その理由は次の点にあると考えている。

(1) 橋梁の細部構造において、日本では疲労破壊しない構造を設計段階で心がけていく。米国では設計実務者に疲労に対する認識が低く、設計レベルが異なる。

(2) 溶接施工が日本の方が優れている。すなわち、溶接工の技術が全般的に日本の方が高い。

(3) 鋼材の品質の面でも日本の方がよい。

(4) 示方書に規定された設計活荷重に対し、頻度の多い実活荷重は、米国の方が日本より大きい。

次に、耐候性鋼材については、日本では試験橋として採用しているが、米国では大々的に使用されている。また、使用法は裡使用で、塗料、鍍安定化处理等は採用していない。今後のわが国の耐候性鋼材の使用の大きな参考となろう。

2. 試験研究遂行に役立った試験研究機関の設備環境等

設備環境は、建設省土木研究所の方が優れていると感じた。ただし、文献、報告書等

が比較的入手しやすく、討論等のため他の機関への訪問のあつせんを迅速に行ってくれたのは非常に良かったと感じる。

田中 幸三 氏

3. 今後在外研究を行う者に参考となる事項

滞在したResearch of Officeでは、総研究調査費のうちの5%がそこで行う研究費で、残りはスポンサーとして大学等に研究依頼している。したがって、1つの事を深く研究するために滞在する場合は研究課題を詳細に調べておく必要がある。逆に、研究依頼の報告書はすべてResearch of Officeに集められているので、広く米国の実情を調査研究するには適しているといえる。

田中 幸三 氏

4. 所 感

渡航前は、米国は橋梁工学では非常に高いレベルにあり、太刀打ちできないのではないのかと感じていたが、実情は、わが国の方が優れている面も多々あり、大きな自信を持つことができた。また、数多くの人々を知ることができ、今後の情報交換等が容易になったのも大きな収穫であると思う。また、言葉の障害から、日本の研究成果が米国では余り知れていない。今後、日本の研究成果をあらゆる機会をつかまえて海外に発表すべきであることを痛切に感じると同時に、研究者の交流を活発に行うべきと思った。

田中 幸三 氏

渡航前は、米国は橋梁工学では非常に高いレベルにあり、太刀打ちできないのではないのかと感じていたが、実情は、わが国の方が優れている面も多々あり、大きな自信を持つことができた。また、数多くの人々を知ることができ、今後の情報交換等が容易になったのも大きな収穫であると思う。また、言葉の障害から、日本の研究成果が米国では余り知れていない。今後、日本の研究成果をあらゆる機会をつかまえて海外に発表すべきであることを痛切に感じると同時に、研究者の交流を活発に行うべきと思った。

田中 幸三 氏

渡航前は、米国は橋梁工学では非常に高いレベルにあり、太刀打ちできないのではないのかと感じていたが、実情は、わが国の方が優れている面も多々あり、大きな自信を持つことができた。また、数多くの人々を知ることができ、今後の情報交換等が容易になったのも大きな収穫であると思う。また、言葉の障害から、日本の研究成果が米国では余り知れていない。今後、日本の研究成果をあらゆる機会をつかまえて海外に発表すべきであることを痛切に感じると同時に、研究者の交流を活発に行うべきと思った。

田中 幸三 氏

渡航前は、米国は橋梁工学では非常に高いレベルにあり、太刀打ちできないのではないのかと感じていたが、実情は、わが国の方が優れている面も多々あり、大きな自信を持つことができた。また、数多くの人々を知ることができ、今後の情報交換等が容易になったのも大きな収穫であると思う。また、言葉の障害から、日本の研究成果が米国では余り知れていない。今後、日本の研究成果をあらゆる機会をつかまえて海外に発表すべきであることを痛切に感じると同時に、研究者の交流を活発に行うべきと思った。

田中 幸三 氏

渡航前は、米国は橋梁工学では非常に高いレベルにあり、太刀打ちできないのではないのかと感じていたが、実情は、わが国の方が優れている面も多々あり、大きな自信を持つことができた。また、数多くの人々を知ることができ、今後の情報交換等が容易になったのも大きな収穫であると思う。また、言葉の障害から、日本の研究成果が米国では余り知れていない。今後、日本の研究成果をあらゆる機会をつかまえて海外に発表すべきであることを痛切に感じると同時に、研究者の交流を活発に行うべきと思った。

田中 幸三 氏

渡航前は、米国は橋梁工学では非常に高いレベルにあり、太刀打ちできないのではないのかと感じていたが、実情は、わが国の方が優れている面も多々あり、大きな自信を持つことができた。また、数多くの人々を知ることができ、今後の情報交換等が容易になったのも大きな収穫であると思う。また、言葉の障害から、日本の研究成果が米国では余り知れていない。今後、日本の研究成果をあらゆる機会をつかまえて海外に発表すべきであることを痛切に感じると同時に、研究者の交流を活発に行うべきと思った。

田中 幸三 氏

渡航前は、米国は橋梁工学では非常に高いレベルにあり、太刀打ちできないのではないのかと感じていたが、実情は、わが国の方が優れている面も多々あり、大きな自信を持つことができた。また、数多くの人々を知ることができ、今後の情報交換等が容易になったのも大きな収穫であると思う。また、言葉の障害から、日本の研究成果が米国では余り知れていない。今後、日本の研究成果をあらゆる機会をつかまえて海外に発表すべきであることを痛切に感じると同時に、研究者の交流を活発に行うべきと思った。

渡航前は、米国は橋梁工学では非常に高いレベルにあり、太刀打ちできないのではないのかと感じていたが、実情は、わが国の方が優れている面も多々あり、大きな自信を持つことができた。また、数多くの人々を知ることができ、今後の情報交換等が容易になったのも大きな収穫であると思う。また、言葉の障害から、日本の研究成果が米国では余り知れていない。今後、日本の研究成果をあらゆる機会をつかまえて海外に発表すべきであることを痛切に感じると同時に、研究者の交流を活発に行うべきと思った。

田中 幸三 氏

渡航前は、米国は橋梁工学では非常に高いレベルにあり、太刀打ちできないのではないのかと感じていたが、実情は、わが国の方が優れている面も多々あり、大きな自信を持つことができた。また、数多くの人々を知ることができ、今後の情報交換等が容易になったのも大きな収穫であると思う。また、言葉の障害から、日本の研究成果が米国では余り知れていない。今後、日本の研究成果をあらゆる機会をつかまえて海外に発表すべきであることを痛切に感じると同時に、研究者の交流を活発に行うべきと思った。

27. 下水の高度処理の実用化に関する研究

京 才 俊 則

1. 試験研究等に従事することにより得た成果

1. 1 概 要

従来の下水処理方法で得られる水質以上の処理水を得る方法である下水の高度処理法は、水質環境基準の維持達成、富栄養化防止、下水処理水の再利用等を目的に、広くその必要性が認識されているが、我が国では実施例はほとんどない。一方、米国では、環境保護庁都市環境研究所（以降MERLという）が中心となって種々の高度処理プロセスを開発してきた実績があるとともに、数多くの実施例がある。本研究は、米国における下水の高度処理施設の実際を研究し、我が国における今後の高度処理の実施に役立てようとするものである。

米国内の約40の高度下水処理場の、高度処理の目的、高度処理プロセスの組合せ、処理水量・水質等に関する概要について、MERLで情報を収集し、この中から下記の高度下水処理場を選定し、維持管理状況を研究した。

- ・フロリダ州リバーオークス高度下水処理場
- ・フロリダ州タンパ高度下水処理場
- ・フロリダ州ガルフゲート高度下水処理場
- ・フロリダ州ロワサハッチ高度下水処理場
- ・バージニア州アパーオカカワン高度下水処理場
- ・ユタ州プロボ下水処理場
- ・ネバダ州レノスパークス共同水質汚濁防止プラント
- ・カルフォルニア州タホトラッキー水再生プラント
- ・カルフォルニア州南タホ水再生プラント
- ・カルフォルニア州サンホセ水再生プラント

ここでは上記下水処理場のうち、リバーオークス高度下水処理場の維持管理状況について書くこととする。

1. 2 研究結果

フロリダ州タンパ市郊外のヒルスボロー郡にある、設計水量11,400m³/日のリバーオークス高度下水処理場は、1973年6月に工費約300万ドルで建設開始され、1975年5月に供用開始されている。処理プロセスは、沈砂、コンピューター、完全混合型エアレーシ

ンタンクによる2段硝化、脱窒槽を兼ねた2局汙過、再バツ気、塩素消毒及び汚泥の好気性消化からなっている。流入水は家庭下水が主体である。

フロリダ州政府は、連邦環境保護庁第4地域事務所が設定している下水放流水基準であるBOD8, SS8, TN5, TP2に対しそれぞれ5, 5, 3, 1という上乗せ基準がかかっている。

設計水量の60~70%の水質負荷で運転されている現時点での流入水、放流水の水質の概略値は、BODで170 mg/ℓ, 3 mg/ℓ, SSで170 mg/ℓ, 2 mg/ℓ, また放流水のTKNは1.9 mg/ℓ, TPは0.6と素晴しく清澄な処理水を放流している。

リン除去用の凝集剤として、アルミン酸ソーダを平均的なAl:Pのモル比が1.2:1となるよう、沈砂池とエアレーションタンクの間に定量添加している。リン除去用凝集剤として通常用いられている酸性の硫酸アルミニウムでなく、アルカリ性のアルミン酸ソーダを用いているのは、2段目のエアレーションタンクにおいて、硝化のために必要なpHを維持するためである。

アルミン酸ソーダは空気と接触すると、比較的速く炭酸アルミニウムとなり沈殿するため、年一度程度の貯留タンクの清掃、タンク内のアルミン酸ソーダ表面に薄く鉍物油をひくことなどを考慮しなくてはならない。

硝化用エアレーションタンクはDO 2 mg/ℓ以上、平均SRT 2.1日、エアレーション時間2.7時間という条件で運転されているが、気候が年中温暖のため、この条件で硝化は十分進んでいる。最近8か月の流入水の平均全窒素は33 mg/ℓであるが、硝化処理水のそれは9 mg/ℓ以下（その殆んどは硝酸性窒素）と、脱窒前に約70%の全窒素が除去されている。このため、大巾なメタノール費用の削減が可能となっているが、いくつかの調査にもかかわらずその原因は不明である。フロリダ州内の5つの活性汚泥法を採用している処理場の2次処理全体における窒素除去率を調査した結果、空気量不足のために硝化が進んでいないひとつの処理場を除き、窒素除去率は40~90%と高いことから、この現象はリバーオークス高度下水処理場単独のものではないらしい。

脱窒は硝化処理水にメタノールを添加した後は、4池がらなる重力式2層汙過池で行なわれる。手分析で得られる硝酸性窒素濃度との重量比3を基に、流量比例でメタノールは添加されているが、硝酸性窒素の連続測定モニターの導入が望まれている。汙過池流入水は4池に均一に分割され、ある池が洗浄中のときは、他の3池で流入水を分割する。損失水頭が設定値に達した場合、あるいは設定汙過持続時間に達した場合に、汙過池は1.5 mg-cl/ℓの残留塩素のある汙過水を用いて洗浄される。洗浄間隔は脱窒素も兼ねているためきわめて短く、最低4時間に一回行なわれている。汙過池の目づまりを洗

い流すため $200 \text{ mg} / \ell$, および $1,300 \text{ mg} / \ell$ の残留塩素を含む水で洗浄したことがあるが、この時、脱窒菌は数時間で回復した。このことから、 $1.5 \text{ mg} / \ell$ の残留塩素を含む水で洗浄しても、脱窒菌に大きな影響はないといえる。

処理水量に対し約0.7%引き抜かれる汚泥は、滞留時間30日の好気性消化を受けた後、ポリマーを用いて濃縮される。濃縮汚泥は近くのオレンジ畑に処分されている。濃縮汚泥は、委託会社に 1 m^3 当たり約2ドルを支払って引きとってもらっている。

下水道料金は、下水を排出する業種、排水量等によって細かく分けられているが、一般家庭の下水道料金は、1家庭(1軒)あたり11.6ドル1月である。また、リバーオークス高度下水処理場の維持管理費は、オペレーターの人件費、電気代、施設の補修費、薬品代を含めて、約0.1ドル/ m^3 である。ここには下水管の維持管理費、原価償却費は含まれていない。

1. 3 その他

下水の高度処理実用化に関する研究の他、下水管中における有機性有害物質の揮発に関する研究、および、MERL下水処理部の研究活動のうち、今後、我が国においても役立つと考えられるものについて、研究担当者で討論を行ってきた。前者については、十分な混合状態においては、水と大気間の2つの異った物質の移動速度の比は一定であることを理論的に導くとともに、その計算方法を見出し、実験結果が計算結果によく合致することを確認した。後者については、小規模下水道、I/A技術、汚泥処理処分、雨天時下水、及び下水処理場の維持管理等について行なった。

2. 試験研究遂行に役立った試験研究機関の設備環境等

筆者が滞在したのは、シンシナティ市ミルククリーク下水処理場内に設置されているMERLの実験評価施設である。ここは、種々の下水、および汚泥の試料を得ることができ、配管、クレーン、電気設備等実験に必要な基本的な設備のみを固定し、実験装置は必要に応じて設置し、実験終了次第とり払うという考え方で設計されている。2,700 m^2 の建屋付実験場、および計765 m^2 の分析・実験室、倉庫、研究室から成っている。実験設備、分析機器等特に珍しい物は見あたらなかったが、試料採取実験条件の設定維持、および分析・測定等に必要な実験要員は、シンシナティ大学との委託契約によって確保されている。シンシナティ大学工学部の学生は、就学中の1年間、専門分野で働かなければならない為、卒業までに最低5年間かかる。大学側としては、このために、衛生工学、土木、化学、生物等下水処理に関連した専門を専攻している学生が、この実験評価施設で経験を積めるよう、MERL側としては実験要員を確保するよう、委託契約を結ん

でいる。武器の購入は、MERLの職員が手配する。

小額（250ドル以下だったと思う）で、緊急を要する実験装置、部品等は通常の事務手続を省略して購入できるシステムがある。この方法には、伝票による場合と、現金購入の2種類がある。MERLの伝票を受け取る会社の場合、MERLの職員が直接会社に出向き、必要物品を受けとるとともに、必要事項を記入した伝票を会社側に渡す。会社はこの伝票をMERLの事務に提出することにより換金する。また、スーパーマーケット、ドラッグストアのように伝票を受け取らないところに対してはあらかじめ担当者がそこに出向き、必要物品の有無、カタログNo、価格を確認し、MERLの会計よりその価格分の現金を受け取り、当該物品を購入する。これらの方法で購入できる年間の全体額は決められているので、むやみにこうした方法を用いることはできない。筆者は、2～3回こうした方法で物品を購入し、実験が手もどりなしに進んだ経験がある。

3. 今後在外研究を行なう者に参考となる事項

筆者はなるべく多くの技術者、研究者と話し合う機会を持つよう努力した。これは、a. 広く米国における下水処理の問題点とその対策を知ること。b. 英会話実践（待っていたのではそのチャンスは極端に減る。）c. 情報交換のパイプを開くこと。のためである。相手に電話、あるいは手紙でアポイントメントをとって出かける。何十回となく話し合いを申し込んだがMERLの中、あるいは外部にかかわらず、断られたことは一度もなかった。

米国資本で、我が国にその子会社がある保険会社に、出発前、家族4人の健康保険をかけていった。何度かあった病気、ケガの治療費はこの保険で全額支払われたことはもとより、この保険会社には、日本人担当の相談員がニューヨークにいて、米国内のどこからでも彼女に、電話代は保険会社もちで、保険の支払等に関し日本語で相談することができ、非常に心強く思った。

米国資本で、我が国にその子会社がある保険会社に、出発前、家族4人の健康保険をかけていった。何度かあった病気、ケガの治療費はこの保険で全額支払われたことはもとより、この保険会社には、日本人担当の相談員がニューヨークにいて、米国内のどこからでも彼女に、電話代は保険会社もちで、保険の支払等に関し日本語で相談することができ、非常に心強く思った。

米国資本で、我が国にその子会社がある保険会社に、出発前、家族4人の健康保険をかけていった。何度かあった病気、ケガの治療費はこの保険で全額支払われたことはもとより、この保険会社には、日本人担当の相談員がニューヨークにいて、米国内のどこからでも彼女に、電話代は保険会社もちで、保険の支払等に関し日本語で相談することができ、非常に心強く思った。

米国資本で、我が国にその子会社がある保険会社に、出発前、家族4人の健康保険をかけていった。何度かあった病気、ケガの治療費はこの保険で全額支払われたことはもとより、この保険会社には、日本人担当の相談員がニューヨークにいて、米国内のどこからでも彼女に、電話代は保険会社もちで、保険の支払等に関し日本語で相談することができ、非常に心強く思った。

米国資本で、我が国にその子会社がある保険会社に、出発前、家族4人の健康保険をかけていった。何度かあった病気、ケガの治療費はこの保険で全額支払われたことはもとより、この保険会社には、日本人担当の相談員がニューヨークにいて、米国内のどこからでも彼女に、電話代は保険会社もちで、保険の支払等に関し日本語で相談することができ、非常に心強く思った。

28. 鉄筋コンクリートの腐食及び防食に関する研究

1. 実施した試験研究の内容及び成果

鉄筋コンクリートは複合材料としての優れた性状の故に、土木や建築のみでなく、地熱発電プラント、海水淡水化プラント等さまざまな技術分野で基本的な材料として広く利用されている。ところが、塩化物の介在するような環境下では、コンクリート中の鉄筋が腐食すること、さびの成長に伴って生ずる大きい圧力によりコンクリートにひびわれが発生すると、鉄筋の腐食が急速に進み、ひびわれを拡大し、遂にはコンクリートを崩壊させることなどが、鉄筋コンクリート損傷の大きな原因として認識されている。

土木分野に限ってみても、湾岸橋、海上表下橋、洋上浮遊構造物等の建設計画があり、それらの駆体、ピア、床版や甲板等に鉄筋コンクリートが利用されることから鉄筋の腐食対策は急務とされている。

このため、国内国外の研究機関での鉄筋の腐食及び防食に関する研究が盛んとなっている。

土木研究所のこれまでの研究成果は既に、①海砂に関する日本工業規格、②鉄筋コンクリートの劣化に関する指針、③樹脂塗装鉄筋に関する品質試験法の提案、など構造物の設計基準の作成や見直しなどに反映されている。

ところで、有望な防食対策のひとつは、ポリマー含浸コンクリート(略称：PIC)の利用がある。

ポリマー含浸コンクリートとは、コンクリートにモノマー(樹脂)を含浸させた後、重合操作によりモノマーを重合させて、コンクリートの表層に不透水性の層を形成したものである。ポリマーを含浸させる方式には、工場生産に適した全含浸方式と、現地施工による大規模な鉄筋コンクリート床版の含浸処理とを目的に開発が進んでいる表面含浸方式 (partial impregnated process) がある。

後者の表面含浸方式は、ごく最近、米国で開発された施工技術であり、数文献しか紹介されていないが、出発前の事前調査によって次の点が判った。

(1) これまでと含浸の考え方が異なるので、性能上不明の点はあるが、規模の大きい施工が可能であり、橋、浮遊構造体やプラントなどへの適用が見込まれる。

しかも、費用も従来の全含浸方式に較べて安値となるのであろう。

(2) この含浸方式は、まだ国内では研究されておらず、しかも、この施工技術の詳細は公開されていない。

(3) 研究の盛んな機関のひとつは、テキサス州立大学の道路研究センターである。

以上の理由及びその他の事情を考えあわせて、テキサス州五大学のDavid W. Fowler教授のもとで客員研究員として学ぶことにした。

渡米後、実験計画を固める過程で、先方も私のような腐食研究者を必要とし、私もまたP. I. C.の施工技術を得たいと希望して、(化学工学部長のDonald R. Paul 教授の樹脂に関する助言を得たことから、合計3名の)共同研究の形を取ることにした。

また、本実験を、連邦政府道路庁とテキサス州道路局が共同して行う“道路研究(脚注1)”プロジェクトの一部に位置づけ、研究費用は“道路研究センター(脚注2)”が支払うこととなった。

1) Cooperative Highway Research Program with State Department of Highways and Public Transportation and U. S. Department of Transportation, Federal Highway Administration

2) Center for Highway Research, The University of Texas

1. 1 研究の目的と内容

コンクリートの品質、鉄筋のかぶり厚さ、コンクリートのひびわれの大きさを導入時期、ポリマー含浸処理方法(表面含浸方式だけでなく、比較のために全含浸方式も含める)、含浸深さ等の諸製作要因を組合せて、鉄筋コンクリート供試体を約100体製作した。供試体に毎日食塩水を散布して屋外暴露による腐食促進実験を行なった後、これらの要因が鉄筋の腐食に及ぼす影響を知ると同時に、適切な施工条件を求めようとしたものである。

1. 1. 1 供試体の製作

○ 供試体の形状は $0.1\text{m} \times 0.15\text{m} \times 0.80\text{m}$ (1本につき約26kg)。

○ 供試体数は98体(内訳、表面含浸コンクリート68体と全含浸コンクリート30体)。

○ 供試体は、C, CC, IC, IB, IAの5シリーズより成る。

○ C 非含浸コンクリート。

○ CC ひびわれを導入した非含浸コンクリート。

○ IC 含浸済みコンクリート。

○ IB ひびわれを導入した含浸済みコンクリート。

○ IA ひびわれを導入した含浸済みコンクリート。

○ 鉄筋のかぶり厚さは2水準(2cmと5cm)。

- 含浸コンクリートの含浸深さは3水準 (1, 3, 7 cm)
- コンクリートのひびわれ幅は2水準 (0.03mmと0.3mm目標)
- モノマーはMMA (アクリル系樹脂) を主成分に、硬化剤や触媒の配合を変えたもの。

予備実験として、所定の含浸深さを得るための含浸実験を4ヶ月にわたって行った。

この実験から、コンクリートの品質、コンクリートの乾燥度合、ポリマーの配合等を選ぶことによって含浸深さを調節出来ることを確かめ、乾燥、配合、重合温度、加熱方法等を含む、一連の含浸処理手順を作成した。

さらに含浸深さを調節することによって、モノマー散布量の節減のみならず、加熱温度や加熱時間の節減、施工時間の短縮が可能となるなど多くの利点が生ずることが判明した。

1.1.2. 暴露実験

平均気温35℃の炎天下での暴露を5ヶ月にわたって行った。高温と乾燥湿潤の繰返しの効果のため鉄筋の腐食が促進され、一部にはさびによるひびわれまでも生じるなど、暴露終了時点では、ほぼ30%の供試体に発錆が見られた。

暴露後のP I Cの耐食性能の評価には次の方法を用いた。

- コンクリートを解体し、鉄筋の腐食状態を観察する。
 - コンクリート中に浸透した塩化物の濃度分布を測定する。
 - 鉄筋の腐食活性 (Corrosion Activity) を測定する。
- 土研でも同様の手法を用いて評価を下していたが、今回は、米国道路庁の評価基準やテキサス州道路局の分析方法を改良し、精度を高める工夫を加えたものである。

比較的短期間の暴露ではあったが、非含浸処理供試体中の鉄筋は著しく腐食したのに対して、改質の含浸処理を施した供試体では、腐食は勿論、含有塩化物量も微小で、ポリマー層の防水性能が良好であった。

良好な防水性能を得るためには、3 cm以上の均一な含浸深さが必要であること、大きなひびわれ巾 (0.3mm以上) に対しては補修が必要なこと、しかし微細ひびわれに対しては防水性が有り乾燥収縮ひびわれや加熱ひびわれは無視しうることなど、表面含浸による防食対策の適用範囲が明らかとなった。

これらの研究結果をもとに、防食材料として必要な性状、含浸技術、重合方法“表面含浸コンクリート施工 (案)”を提案した。

このように一応の結論が得られたので、研究成果をとりまとめてテキサス大学道路研究センターから、報告書を出版することになっている。また来春日本で開催される国際

会議にも講演申し込みをしている。(脚注)

1) Third International Congress on Polymers in Concrete (1981)

2. 試験研究機関の設備環境

テキサス大学は全米でも有数の設備と研究環境を有しているとの世評である。ほぼ自由に研究設備(コンピューター及びライブラリーを含む)を利用することが出来た。また、研究補助者として、テクニシャン1人と大学院学生を使用することが出来たのは幸運であったと思う。彼らは熱心に手伝ってくれた。

謝 辞

このような貴重な体験および研修の機会を与えて下さった科学技術庁、及び、留学期間中御配慮頂いた同担当の方々に、厚く謝意を表します。

29. 第7回世界地震工学会議

栗・林 栄 一

一般論文2編，地震工学の現状に関する特別論文1編を発表し，ライフライン・パネルのパネリストならびに部会の共同議長を務める予定であった。しかしながら，12日（金）の日程取り消しにより，一般論文1編の発表と共同議長の責務が解除される結果となった。

発表した一般論文および特別論文の各1編はつぎのものであった。

一般論文（9月9日（火），午後，第10部会）

「ライフラインの震害と復旧」

特別論文（9月13日（土），午後，第37部会）

「土木研究所における道路橋の耐震に関する現況報告」

パネリストとして参加した部会はつぎのものであった。

「ライフラインに関する地震工学の現況」（9月9日（火），午後，第10部会）

発表できなかった一般論文はつぎのものであった。

「都市におけるライフラインの地震耐災性」（予定：9月12日（金），午前，第28部会）

務める予定であった共同議長はつぎの部会であった。

「土の動的挙動」（予定：9月12日（金），午後，第30部会）

その他，参加した部会において討論した。

1. 参加により得られた成果と今後の研究方針

会議における議題は，(1)地震動，(2)構造解析，(3)耐震実験，(4)土と地盤の動的性質，(5)マイクロゾーネーション，(6)構造部材の耐震強度，(7)耐震設計，(8)耐震基準，(9)地震災害危険度，(10)震災の社会的経済的意義などであった。

それぞれの議題において前回から3年半経った今，それぞれ進走があったと思われるが，12日（金）の日程取り消しにより，本会議のハイライトの各部会が消え去った。中でも「社会経済部会」が消え去ったことが惜しまれる。4年後の議題として残された。

先進諸国においては、途上国との技術協力のための耐震技術、特に現地材料と労務による耐震技術の開発が求められ、一方においてはコンビナート、原子力発電所、密集都市などの社会経済的な側面をもつ問題の解決の途が求められている。

解決には長い時間を要するであろうが、今後、取り組む必要があると考えられる。

2. 所感

軍の制圧下でありながら、日程削除を一日に喰い止めたトルコ組織委員会には敬意を表す。筆者も、昭和44年4月日米天然会議、第1回耐風耐震専門部会合同部会において、4月27日沖縄デーのデモの影響を受けて、東海道の運輸機能が失なわれ、日程の後半に混乱が生じ、相手側に迷惑をかけ、ホスト側の一員として申しわけない思いをした経験があり、今回のトルコにおける事態に同情を感じている。

第8回世界会議の開催地はアメリカ合衆国と決まり、次期会長は、恒例では開催地の組織委員長（ヤラール教授）になるはずであったが、米人ハドソン教授と票決された。軍制圧の翌日の総会での決議であった。

なお、本会議終了後、イタリアとスイスを廻り、1976年のフリウリ地震の被災地、トリエステ地震観測所、トリエステ大学で情報を入手し、チューリッヒ工科大学では構造部材の耐震性能に関して意見を交換した。

30. 吊橋に関する日本ルーマニア共同研究計画

大久保 忠 良

1. 実施した試験研究の内容及び成果

(1) 過去の経緯

1979年1月、在東京ルーマニア大使館の科学技術担当書記官より、吊橋に関する協力研究を土木研究所とルーマニア国ブカレスト工科大学の間で進めたいとの申入れがあった。その後協力研究計画の内容を同大使館と検討し、当研究所として協力研究を受諾して差支えない旨通告した。

1979年5月、ルーマニア国大使および上記担当書記官が土木研究所に来訪し、土木研究所長に対し吊橋に関する協力研究計画につき正式に申入れた。この際、土木研究所は同計画の実施に当って、両国の実施機関の間で交換すべき実施覚え書の原案をルーマニア大使に手渡した。一方、建設省計画局国際課より連絡を受けた外務省欧亜局東欧二課み、この種の協力研究計画の実施に先立ち、外務省は在東京ルーマニア大使館との間に口上書の交換が必要であるとし、ルーマニア大使館に口上書草案を提示し、対応を求めた。

その後、ルーマニア側実施機関と目されるブカレスト工科大学航空工学科のAugustin Petre 教授より文献交換の申出があり、土木研究所としてもこれに応じて、既刊の英文研究論文を送付し、以後文献交換を継続している。

しかしながら、その後、口上書および実施覚え書の交換に関するルーマニア側の公式反応が無いまま時日が経過した。

(2) 今回のルーマニア訪問の目的

上記の状況のもとに今回のルーマニア訪問に当っては、第一に、ルーマニア側実施担当者と接触し、実施覚え書の内容検討および実施細目に関する打合せを行なうこと、第二に、口上書交換に関するルーマニア政府内部での進捗状況を調査することを目的とした。

(3) 日 程

9月17日、成田発、ソウル、アンカレッジ、パリ、チューリッヒ経由でルーマニアに向う

9月18日 16時30分ブカレスト市オトベニ国際空港着、ロムコンサルトのOproin, Daraban 両氏、ブカレスト工科大学のPetre 教授、Sofronie 博士の出迎えを受

ける。

9月19日ロムコンサルトを訪問し、Oproiu, Daraban両氏に今回の訪問の目的、建設省の機能、土木研究所の機能と実験施設を紹介、両氏よりロムコンサルトの機能、ブカレスト工科大学との関係、滞在中のスケジュールの説明をうける。ついでブカレスト工科大学航空工学科を訪問し、Petre 教授とSofronie 博士に今回の訪問の目的、建設省と土木研究所の機能、土研の実験施設を紹介、持参した吊橋関係の英文論文を贈呈、ブカレスト工科大学航空工学科の実験施設、吊橋に関する研究内容の説明をうける。

9月20・21日 土・日曜日を利用し、アシェズ地方のビドラルダム（コンクリート造アーチダム、堤高166 m）を視察。Petre 教授とDaradan 氏同行。

9月22日 ブカレスト工科大学でPetre 教授、sofronie 博士と協力研究計画の細目を協議。在ブカレスト日本大使館を訪問し、村上大使、堀江書記官に来訪目的、現在までの交渉経過を説明。大使より激励される。

9月23日 ロムコンサルトで、Oproiu, Daraban 両氏、弁護士のNestor 氏、Petre 教授と双方の合意書案を作成。後、ブカレスト工科大学を訪問し、斜張橋につき討議。

9月24日 ロムコンサルトにおいて、Oproiu, Daraban, Nestor, Sofronie各氏と、前日作成した合意書案の修正作業を行なう。

9月25日 午前中、ルーマニア国家科学技術評議会Dragut 審議官と会見。同席は堀江書記官、Oproiu, Pavnotescu（ロムコンサルト）、Petre 各氏。外務省を通じて口上書交換に盡力する旨発言さる。次いで文部省Catuneanu 大学学術局長と会見。文部省の理解と盡力に謝意を表す。同席はPetre, Sofronie, Oproiu, Pavnotescu 各氏。午後ブカレスト工科大学を訪問し、Bala 副学長、Buzdugan 主任教授と会見。

9月26日 ロムコンサルトにおいて、Bodara 副総裁と会議録に署名。日本大使館を訪問し、堀江書記官に経過を説明。夕刻ブカレスト市オートペニ空港発ウィーン経由パリ着。

9月27日・28日 パリ発、アンカレッジ、ソウル経由帰国。

(4) 成 果

ルーマニアのロムコンサルトは、国外との技術協力、技術導入、輸出を司っており、我が国の国際協力事業団と性格が似ている。但し、国際協力事業団は開発途上国を対象としているのに対し、ロムコンサルトはすべての国との技術協力に関与し

ている。したがって今回の協力研究計画についても、実際にはブカレスト工科大学が実施するのであるが、形式上はロムコンスルトが担当する形をとることとなった。今回の訪問によって、吊橋に関する協力研究計画の実施細目についてはブカレスト工科大学の担当者と合意に達し、その結果を、別添に示すように、ロムコンスルトの副総裁との会議録としてとりまとめた。

また、口上書の交換については、国家科学技術評議会の審議官より推進する旨の約束を得た。この国家科学技術評議會は、大統領夫人が会長を務める重要な組織で、科学技術に関する政策決定機関として機能しているようである。

以上のように、今回のルーマニア訪問に際し目的とした、口上書交換の推進と、実施覚え書の詰め両者とも、成果をあげたものとする。

31. 土砂害発生予測と危険度判定方法に関する研究

吉岡良朗

1. 実施した調査の内容および成果

スイス連邦政府森林研究所は、連邦政府の一省庁の付属機関ではなく、連邦政府を構成する独立機関であって、林業、森林の保護、森林の影響に関して研究を行なうと同時に連邦農林省や州政府など実行官庁に技術指導を行なうものとされている。

土砂害発生予測に関する研究は豊富な降雨資料と流出測定資料とを用いて流出式の係数を求め、その分布図によって全国的なスケールで危険区域を設定し、行政機関に情報を与える研究が行なわれている。オーストリアの場合も同様であるが、アルプス周辺の気象は資料より見て豪雨（雷雨）の発生する地域が全国的なスケールで見た場合は固定されていると見られるところからこのような研究方法が可能と考えられる。結果としてプレアルプ地域を摘出し、更に詳細研究として地形的研究を重ね合わせる必要があるとしている。この研究の成果からリヒテンシュタイン南部の地域も将来注目すべきものとしている。実際の土砂害対策事業はかつて集落に被害を与えた経験を有する野溪に限られる（財政上）が、投資による危険度軽減の度合は事業計画に厳重に要求されるので野溪の土砂生産・流送の機構と量の推定、条件を度化されたことによる影響の検討は現地の野溪で流路に沿って区間を区切って綿密に調査される。我が国の場合は全体計画で検討されるのに対して計画実施途上のタイムスケールを含めているところに特徴がある。

インタープレバントは1965年および65年にアルプス東部に大災害があったのを契機としてアルプス周辺5ヶ国の洪水・土砂害・なだれ被害防止に関するシンポジウムとして発足したもので、本年は第4回目にあたり、オーストリア洪水防災研究協会の主催で、オーストリア共和国バードイシュル市で開催された。開催期間は9月8日から12日まで5日間、参加者は14ヶ国から380名であった。本年のシンポジウムテーマに沿って5部門に分けて論文発表が行われた。1)地すべり、崩壊の地形と機構（10論文）。2)異常な流出と対策（13論文）。3)危険地帯の国示方法と警戒、リモートセンシングの活用（7論文）。4)防災政策（10論文）。5)危険と保障、保険（6論文）。これらの論文は3巻の論文集にまとめられている。この中で、Hampl R.: Calculation of gravel Load for danger Zone Plans at Mountain Torrent Areas, Moser M.: The Problems of Evaluating Geotechnical and Risk Map (Concerning Especially Slope Stability Potential), Kienholz H.: Die Gefahrenkarte der Schweiz 1:100000, The Use

of Aerial Photographs for Natural Hazara Mapping in Medium Scales for Planning Purpose on a Regional Level in not very Accessible Mountain Areas from Experience and Mapping Experiments in Colorado Rocy Mountains については我が国で土石流危険渓流の標示を論じている時でもあり、吟味する必要を感じた。なおKienholz は結束を2万4千分の1の複合山岳危険地帯地図にまとめている。我が国では建設省国土地理院で1:2万5千分の一治水地形分類目を発表しているの、山地を対象としたものと平地を対象としたものとの相違はあるわども地盤の工学的性質とか地形要素の最小表示単位などについて比較ができる。さらにこの方面の研究資料としてウィーン農科大学訪問の際、アウリツキ教授よりキンホルツ氏のグリンデルワルト地方における1万分の一複合土砂害地帯危険地図を贈られたのでこれらの資料を整理して我が国への適用を吟味することにより本課題の研究を進展させることができよう。

ウィーン農科大学野溪となだれ対策に関する研究室においては連邦農林省が施行する山間扇状地の集落を主な対象とする荒廃渓流対策において扇状地上の危険度判定を農林省から依頼されて個々のプロジェクトを検討している。手法はスイスと同様に現地調査が主となっている。現地調査が主となっている点ではオーストリア連邦農林省森林研究所でも同様であって、野溪となだれ対策研究室では構内に実験施設を持つことなく、国内各地に試験地を設けて計測を行ない、そこで資料を得る方法を取っている。ウィーン農科大学においてはアウリツキ教授から土砂害対策としての野溪の研究動向と成果について概括的な講義と共にアルプスの地質、気象、氷河の影響と土砂生産について講義をうけ、現地での疑問を質し、認識を深めることができた。

オーストリア連邦農林省では砂防行政の現況を開いた他、森林局長と研究交流の方法について打ち合せを行なった。また、当方より「土石流対策構造物の効果に関する土木研究所の最近の研究」と題して講演を行なった。

オーストリアの現地はスイス同様に災害をともなう気象的じょう乱の起こる地域は固定され、そうした地域の野溪に重点的に対策の投資が行なわれている。野溪対策の問題点の最大なものはアルプスの結晶片岩地帯に生じている大規模なランドクリープであって、地塊の動きと共に野溪に面した斜面が急こう配となって崩壊を引き起こし、野溪を埋塞したり溪床上に不安定土砂として堆積し、扇状地に対する生産土砂となる。オーストリアの野溪対策の思考の根本は現世までに侵蝕を受けた分を工事によって回復すれば地塊の移動の平衡を得て土砂の生産を抑止するというように受け取められる。地塊の移動はこの思想のもとに設けた構造物を破壊する。現地では土砂害発生予測の面からも構造物保全の面からも土塊移動の計測が綿密に実施されている。もう一つの特筆すべき点

は、リテンションダムの効果増大に関する種々の工夫であって現地技術者の責任において試行がなされ、かつ施工後の結果追跡調査がよく行なわれていることである。

トルコ共和国においては国土の気象的、地質的特性から、併せて放牧の歴史があつて無立木、無植性の荒廃山地が多い。DSIの責務は水に関連することのすべてと云い得るが洪水防止、かんがい、発電（以下11項目）となっている。国情からしてかんがい組織整備は近代化以後早期から着手して成果を上げているが、かんがい組織が整備されても荒廃山地に起因する土砂運搬によって溪流の流路が変遷し氾らざるのでは少しも農業生産効果が増大しない点に着目して砂防事業が始められたものである。また、都市や集落は野溪のつくる複合扇状地に立地するが多いが、大都市は別として中小都市や町村は農業依存であるから住家と農地の防災は等家で考えられる。降雨の特徴としてアナトリア中部・南部・西部では年間600mm程度、それに盛夏は全く降雨をみないのであるが豪雨の際は日本と同様の雨量強度となるので野溪からの土砂運搬は著しい。一方、アナトリアは平均して500～1000mの高原といわれるが、その中でも南部西部はタウラス山脈が走る。タウラス山脈の構成は見るところアルプスと同様ではしたが、って山脈の南北で地質の差にもとづく侵食やマスウェイスティングの差が著しい。トルコにおいては上述の人文的条件と地質的条件が一致する流域を土砂害の発生する流域として選定し重点的に砂防事業投資をしている。野溪の流域全体を管理する形となるので山地斜面には立木植栽を行ない、かつ、溪間工事と流路工が河川迄つなげられる訳である。技術的には、山腹斜面の土壌水分保全のためのテラス工法の研究が進歩している。次に乾燥地に対する適性樹種の選択に成功している。溪間土砂のリテンションや流路工底面側面の保護に立木を用いる技術など我が国において吟味し普遍化すれば発展途上国にも適用できるものと考えられる。

2. 調査遂行に役立った試験研究機関の設備

スイス・オーストリアに於ては森林研究という点もあり試験地による計測のみで実験設備は全くない。DSI中央研究所の土質および水工研究室の設備は我が国のコンサルタントと同様である。農地改良庁中央研究所の場合は試験場が全て構内にあって便利を感じた。

3. 参考事項

スイス・オーストリアでの調査に関してはウィーン農科大学アウリツキ教授の紹介によった。ウィーン農科大学はこの分野の唯一講座を持ち、アウリツキ教授の学界の

交際範囲は広い。オーストリアの現地技術者には多年にわたる観察を論文に発表している人が多いが、教授を通じて文献交換ができよう。インタープレバントの参加者からみてスイスのベルン大学に危険地域表示の研究者がいるようである。土砂害防止に関する技術は降雨条件・地盤条件・その2つの自然条件に加えて受益者の望む人文条件によってパターンが異なる。トルコにおけるEvosion control と Torrent control 技術は興隆期にあり、乾燥地にして侵食問題に悩む国々への技術的指針を与えるものとなることを予測してDSI計画調査局との間に文献交換を行なう必要がある。

4. 所 感

所感を含めて⑧参考事項で述べた。調査課題に対して直接的には持ち帰った資料を吟味して今後の研究に反映させたい。間接的には国際的に求められる砂防技術は何かという問いに手がかりを与えられたものと思う。