

土 研 資 料 第1248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47年度～昭和51年度)

昭 和 52 年 1 月

建 設 省 土 木 研 究 所

Copyright© 52年度 by P.W.R.I

All right reserved. No part of this book
may be reproduced by any means, nor trans-
mitted 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

この報告書は、昭和 47 年度から昭和 51 年度の間に海外の大学、あるいは研究機関に留学（国際会議出席）した当所研究員の研究（会議）成果をとりまとめたものである。昭和 45 年 5 月に刊行した土木研究所資料第 607 号には、昭和 41 年度から昭和 43 年度までの間の成果が、また昭和 48 年 7 月に刊した土木研究所資料第 858 号には、昭和 44 年度から昭和 46 年 8 月までの間の成果が集録されている。その後の 5 年間に 22 名の研究員が在外研究（国際会議出席）を行っており、このうち現在留学中の 4 名を除き 18 名の成果をここに集録した。さらに、過去に集録もれのあった成果（1 名分）を追加した。

ここ数年間の当所の在外研究員数は年間、長期在外研究員が 1～2 名、中期在外研究員が 1 名、また国際研究集会が 1 名程度である。

海外からの訪門者を迎えたり、国際会議の開催等を通じて海外との情報交換を行ない、相互理解を深めることは非常に喜ばしいことであるとともに、海外の研究者との交流のきずなが在外研究員各人の今後の研究に対する糧となり、ひいては土木研究所の発展の礎となることを確信している。

この報告が海外での研究生活や、研究機関の概況を理解して載く助けになれば幸いである。

昭和 52 年 3 月

企画部企画課長 星 畑 国 松

在 外 研 究 員 一 覧 表

年 度	研 究 課 題	氏 名	所 属	期 間	在 外 研 究 先	種 別	在 外 研 究 当 時 所 属
46	橋梁の耐震設計に関する研究	岩 崎 敏 男	建築研究所 第二耐震工 学室長	昭和 46.7.1～ 46.9.30	(米) カルフォルニ ア大学地震工学センタ ー	カルフォルニア大 学へ招へい	振動研究室主任研究 員
47	第8回国際かんがい排水会議	土 屋 昭 彦	河川部長	47.5.15～ 47.5.29	ブルガリアバルナ市	国際研究集会	河川研究室
47	国際水理学会シンポジウムお よびセミナー	須 賀 堯 二	河川研究室 長	48.1.7～ 48.1.21	インド・デリー市	"	鹿島試験所
48	道路交通の運用に関する研究	柴 田 正 雄	近畿地方建 設局	48.3.28～ 49.3.27	(米) カルフォルニア 大学	長期在外研究員	道路研究室
48	吊橋など長大構造物の耐震性 に関する研究	飯 田 裕	横浜国道工 事事務所	47.1.0.29～ 48.1.0.28	カリフォルニア大学 運輸省連邦道路局	"	振動研究室
48	下水の高度処理に関する研究	安 中 徳 二	三次処理研 究室長	48.9.22～ 49.9.21	(米) 環境保護庁環境 センター高度処理研究 所	"	下水道研究室
48	がけ崩れ災害の発生予測技術 の開発に関する研究	大久保 駿	日本道路公 団	48.9.1～ 49.8.31	(米) 内務省地質調査 所	"	急傾斜地崩壊研究室
48	薄肉箱型断面桁の力学的挙動 に関する研究	井 上 啓 一	名四国道工 事事務所	48.9.12～ 49.9.11	(英) オックスフォー ード大学	"	橋梁研究室
49	第2回国際応用地質学会国際 会議	岡 本 隆 一	地質研究室 長	49.8.18～ 49.8.23	ブラジル国 サンパウロ	国際研究集会	地質研究室
49	軟弱岩盤上のダム築造技術に 関する研究	飯 田 隆 一	ダム部長	49.8.31～ 49.12.7	米国、イタリア、ポル トガル	中期在外研究員	ダ ム 部
49	河川口におけるヘドロの処理 に関する研究	馬 場 洋 二	河川研究室 主任研究員	49.8.7～ 50.8.6	(英) 環境省水理研究 所	長期在外研究員	河川研究室
49	地下水排除による地すべり防 止と抑制に関する研究	中 村 浩 之	地すべり研 究室主任研 究員	49.9.25～ 50.10.4	(豪) グラーツ工科大 学	"	地すべり研究

年 度	研 究 課 題	氏 名	所 属	期 間	在 外 研 究 先	種 別	在 外 研 究 当 時 所 属
50	第4回国際耐風会議	成 田 信 之	構造研究室 長	昭和 50.9.8～ 50.9.12	(英)ヒースローホテル	国際研究集会	構造研究室
50	下水中の窒素の除去と富栄養 化防止に関する研究	柏 屋 衛	下水道部長	50.9.20～ 50.11.28	(米)環境保護庁	中期在外研究員	下水道部
50	コンクリート構造物の耐震設 計に関する研究	小 林 茂 敏	コンクリ ート研究室主 任研究員	50.12.15 ～51.12.14	(米)テキサス大学	長期在外研究員	コンクリート研究室
50	フィルダムの耐震設計に関す る研究	北 条 紘 次	フィルダム 研究室主任 研究員	50.12.1～ 51.11.30	(米)カリフォルニア 大学	"	フィルダム研究室
51	道路交通騒音の評価および防 止対策に関する研究	金 安 公 造	交通環境研 究室長	51.9.11～ 51.11.28	ポーランド、ワルソー 市文化科学宮殿	国際研究集会	交通環境研究室
51	第6回世界地震工学会議およ び地盤・構造物の相互作用に 関する国際シンポジウム	岩 崎 敏 男	振動研究室 長	52.1.3～ 52.1.14	インド、ニューデリー 市、ルーキー市	"	振動研究室
51	第15回国際工学国際会議	豊 島 修	赤羽支所長	51.7.12～ 51.7.16	(米)ハワイ	"	赤羽支所長

目 次

まえがき

1. 橋梁の耐震設計に関する研究	1
2. 第8回国際かんがい排水会議(報告)	7
3. 国際水理学会シンポジウムおよびセミナー(報告)	10
4. 道路交通の運用に関する研究	13
5. 吊橋など長大構造物の耐震性に関する研究	19
6. 下水の高度処理に関する研究	24
7. がけ崩れ災害の発生予測技術の開発に関する研究	29
8. 薄肉箱型断面桁の力学的挙動に関する研究	33
9. 第2回国際応用地質学会国際会議(報告)	37
10. 軟弱岩盤上のダム築造技術に関する研究	39
11. 河口部におけるヘドロ処理に関する研究	43
12. 地下水排除による地すべり防止と抑制に関する研究	48
13. 第4回国際耐風会議(報告)	52
14. 下水中の窒素の除去と富栄養化防止に関する研究	55
15. コンクリート構造物の耐震設計に関する研究	59
16. フィルダムの耐震設計に関する研究	66
17. 道路交通騒音の評価および防止対策に関する研究	71
18. 第6回世界地震工学会議および地盤・構造物の相互作用 に関する国際シンポジウム(報告)	79
19. 第15回国際工学国際会議(報告)	81

1. 橋梁の耐震設計に関する研究

カリフォルニア大学（パークレー分校）地震工学研究センター（所長は Professor Joseph Penzien）において、実施した研究成果につき、その概要のみを記述したものである。研究の課題は「橋梁の耐震設計に関する研究」であったが、具体的には、橋梁に対する地震の影響に関する文献調査を主要内容とし、主に我国における橋梁の震害例、橋梁の耐震性に関係する調査研究の成果ならびに耐震設計の現行等につき一貫した報告書を作成することであった。

1. 概説

本報告は、昭和46年7月1日から10月9日までの間、カリフォルニア大学（パークレー分校）地震工学研究センター（所長は Professor Joseph Penzien）において、実施した研究成果につき、その概要のみを記述したものである。研究の課題は「橋梁の耐震設計に関する研究」であったが、具体的には、橋梁に対する地震の影響に関する文献調査を主要内容とし、主に我国における橋梁の震害例、橋梁の耐震性に関係する調査研究の成果ならびに耐震設計の現行等につき一貫した報告書を作成することであった。

上記の期間に実施した調査結果の全体は、地震工学研究センター所長である Professor Joseph Penzien に報告書として原稿のまま提出した。同教授は、この原稿に我国以外の事例につき加筆を施し、筆者との共著の形で「橋梁に対する地震の影響に関する文献調査（仮題）（Literature Survey on Seismic Effects on Bridges）」と題するレポートを、同大学地震工学研究センターの研究報告書として近く公開する予定である。従ってここでは調査結果の全文の掲載はやめ、その概要を簡単に示すにとどめる。同時に、成果の一部として、日本道路協会が昭和46年1月に制定した道路橋耐震設計指針（本文）の全文を英文に仮訳したものを付録に掲示する。

筆者は、カリフォルニア大学（パークレー分校）の地震工学研究センターが米合衆国運輸省連邦道路庁（Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation）からの委託で実施している研究プロジェクト「地震力に対し十分な抵抗性を供与するための道路橋の現行設計法の有効性に関する研究（An Investigation of the Effectiveness of Existing Highway Bridge Design Methodology in Providing Adequate Structural Resistance to Seismic Disturbances）」の研究スタッフ（土木工学科の研究専門官）として、地震工学研究センターでの研究業務に従事した。この業務は、同時に天然資源の開発利用に関する日米会議（UJNR）の耐風耐震構造専門部会の活動の一環とみなされ日米間の協力が得られた。このため筆者は滞米中、上記部会の臨時委員に任命され、多方面の便宜供

与をうけた。カリフォルニア大学での筆者の主要業務は、前述したように橋梁の耐震設計に関連する文献（主に我国のもの）を収集し、内容を把握した上で、系統的なとりまとめを行なうこと、さらにはこの文献調査を通じて、今後米国において橋梁の耐震設計を改良していく上で必要となるとと思われる研究課題を究明していくことであった。

実施した調査の概要ならびに道路橋耐震設計指針（英文）を以下に示すことにする。その他の事項については、今後必要に応じて順次紹介していく予定である。

2. 「橋梁に対する地震の影響に関する文献調査」の概要

この「橋梁に対する地震の影響に関する文献調査」として、表-1の目次に示す内容をもつ報告書（原稿）を作成した。この報告書の各章の内容につき、以下にその概要を記述する。

(1) 第1章 序 論

第1章ここではこの調査研究の目的と必要性、調査の方法、本報告書の構成、さらに調査の概要を示している。

(2) 第2章 橋梁構造の被害

第2章ここでは、1923年の関東地震以降に、我国で発生した9回の地震を対象と首先し、橋梁構造の被害の様相を個別に記述している。次に、この9回の地震を対象とした地震、そのマグニチュード、被害を記述した橋梁数は以下の通りであり、9節にわたって詳述されている。

2.1	1923年関東地震 ($M=7.9$)	10橋
2.2	1946年南海地震 ($M=8.1$)	2橋
2.3	1948年福井地震 ($M=7.3$)	7橋
2.4	1949年今市地震 ($M=6.7$)	概況
2.5	1952年十勝沖地震 ($M=8.1$)	概況
2.6	1962年宮城県北部地震 ($M=6.5$)	概況
2.7	1964年新潟地震 ($M=7.5$)	7橋
2.8	1968年えびの地震 ($M=6.1$)	3橋
2.9	1968年十勝沖地震 ($M=7.9$)	概況

また、本章のまとめとして、最後に

2.10 橋梁の被害の一般的特性

という節を設け、上記の多数の地震で起こった事例を要約し、橋梁の被害の一

般的特性につき総括した。

- (3) 第3章 橋梁構造に対する地震の影響に関する研究活動
ここでは、我国で従来より実施されてきた、橋梁の耐震性に関連する各種の調査研究につき、その成果を系統的に紹介している。とりあげた課題は以下の節名に示す通りである。

- 3.1 日本における地震活動
- 3.2 地震動の特性(応答スペクトル)
- 3.3 地盤震害および地盤支持力に関する考慮
- 3.4 地震時に橋台に作用する土圧
- 3.5 地震時に下部構造に作用する動水圧
- 3.6 橋梁の動的特性(実橋に対する振動実験結果)
- 3.7 橋梁における強震観測
- 3.8 橋梁の地震応答解析

- 3.9 橋梁の動的挙動に関する模型実験
(4) 第4章 日本の道路橋の耐震設計基準

ここでは、我国における現行の耐震設計基準を紹介している。まず

- 4.1 耐震設計基準の変遷

で、我国における道路橋の耐震設計基準の変遷の歴史を記述すると共に、日米を含む多数の国における設計震度の大きさを比較することによって、各国でとられている耐震設計の現状の比較を行なっている。つぎに

- 4.2 一般道路橋の耐震設計指針

では、我国の一般道路橋の耐震設計基準として、日本道路協会が昭和46年1月に制定した道路橋耐震設計指針の要約を示し、その特色を明らかにした。また、

- 4.3 道路関係の4公団における道路橋の耐震設計基準

では、日本道路公団、首都高速道路公団、阪神高速道路公団および本州四国連絡橋公団における橋梁の耐震設計基準を概況し、その特色を述べた。

- (5) 第5章 要約および結論

ここでは、上述した各種の調査から得られた成果を簡単に要約するとともに、本調査の結論を記述した。まず

- 5.1 要約

では、1章～4章に記述した事項を要約した。次に

5.2 結 論

においては、今後橋梁の耐震設計法を改良していく上に、重要視される研究課題は何であるかを指摘することに重点がおかれ、本調査の結論づけが行なわれた。

今後、必要とされる研究課題としては、以下のものが指摘された(ここでは課題のみを示す)。

- 1) 地震活動度に関する工学的評価方法の確立
- 2) 地盤の地震時挙動と橋梁構造に与える影響の究明
- 3) 橋梁下部構造の耐震設計法の確立
- 4) 橋梁上部構造および支承部の設計細目の考案
- 5) 実橋における強震観測の実施と振動特性の把握
- 6) 地震応答解析の推進
- 7) 各種耐震実験の推進
- 8) ある設計基準で設計された橋梁につき、地震に対する極限強度の定量的な評価方法の研究

(6) 付 録

1) 付録A 参考文献

ここでは上述した1章～5章の本文中に引用された参考文献があげられている。

2) 付録B 橋梁に対する地震の影響に関する日本の文献リスト

ここでは、橋梁の耐震性に関連する我国の各種の文献を調査し、内容別に分類し、200論文を上まわる文献の目録を作成した。分類項目は下記の如くである。

A. 橋梁の耐震設計基準

B. 橋梁構造の地震被害

C. 実橋における強震観測記録とその評価

D. 実 施 設 計

E. 研 究 活 動

Ea. 地 震 活 動

Eb. 地震応答スペクトル

Ec. 橋梁の動的特性

Ed. 橋梁下部構造に作用する動水圧

- ・ Ee. 土と基礎の問題
 - ・ Ef. 橋梁の耐震性に関する模型実験
 - ・ Eg. 橋梁の地震応答解析
 - ・ Eh. 橋梁の耐震設計
 - ・ Ei. 特殊橋梁(吊橋など)
 - ・ Ej. 総括的事項
 - F. 地震工学に関連するテキストブック
 - G. 地震工学に関連する会議講演集
 - H. その他
 - Ha. 日本における橋梁工学の一般的情報
 - Hb. 日英用語辞典
- 3) 付録 C 橋梁の耐震設計に関する示方書類の要約
- ここでは、橋梁の耐震設計に関連する我国の各種の設計示方書・指針につき、その主要内容を一定の書式にとりまとめている。にてでとりあげた示方書・指針類は下記の14種である。
- (1) 日本道路協会「道路橋耐震設計指針(1971. 1)」
 - (2) 日本道路協会「鋼道路橋設計示方書(1964. 6)」
 - (3) 日本道路協会「鉄筋コンクリート道路橋設計示方書(1964. 6)」
 - (4) 日本道路協会「プレストレストコンクリート道路橋示方書(1968. 3)」
 - (5) 日本道路協会「道路橋下部構造設計指針、くい基礎の設計篇(1964. 3)」
 - (6) 日本道路協会「道路橋下部構造設計指針、調査および設計一般篇(1966. 11)」
 - (7) 日本道路協会「道路橋下部構造設計指針、橋台、橋脚の設計篇(1968. 3)」
 - (8) 日本道路協会「道路橋下部構造設計指針、直接基礎の設計篇(1968. 3)」
 - (9) 日本道路協会「道路橋下部構造設計指針、ケーソン基礎の設計篇」
 - (10) 日本道路公団「設計要領(1970. 1)」
 - (11) 首都高速道路公団「耐震設計基準(1967. 7)」
 - (12) 阪神高速道路公団「耐震設計基準(1968. 12)」
 - (13) 日本土木学会「本州四国連絡橋耐震設計指針(1967. 5)」
 - (14) 日本土木学会「鉄道橋下部構造の耐震設計に関する報告(1968)」
- 4) 付録 D 日本道路協会「道路橋耐震設計指針(1971. 1)」の完訳

これは、日本道路協会が昭和46年1月に制定した「道路橋耐震設計指針」の全文を英文に翻訳したものである。この指針は、我国における最新の指針であり、近年における各種の研究成果をおりこんだ画期的な耐震設計指針といえるものである。このため特にその全文を完訳して示している。

なお、この指針は米国のみでなく諸外国においても重要な参考資料になると考えられるため、今回の報告書においても付録として掲載することにした。

3. 謝 辞

本報告書に記述した日米間の共同研究プロジェクトの推進に際しては、建設省事務次官、建設技監をはじめとする建設省幹部ならびに関係部局の方々の積極的な協力が得られた。このプロジェクトの実現は上記の皆様のご御尽力によるところが大きい。ここに記して深甚の感謝の意を表する次第である。

また、かねてより日米両政府間において、活発な協力活動を実施している天然資源の開発利用に関する日米会議(UJNR)の耐風耐震構造専門部会の果たした役割もみのがせない。すなわち、昭和46年5月東京にて舉行された同部会の第3回日米合同会議において、研究専門家の交換計画を含む両国間の積極的な協力関係の樹立を確認したことである。さらに、その後の両国部会長、日本側は建設省土木研究所の伊吹山四郎博士、米国側は国立標準局の住宅技術計画部の部長であるE.O. Pfirang博士との交信により上記の研究プロジェクトを効果的に推進していくためには、研究員の派遣を含む日米間の緊密な協力が必要であること、滞米中の筆者を上記部会の臨時委員に任命し、UJNRの各種活動の一環としてこのプロジェクトに対し日米間で協力をおしめないことが確認された。

これらのUJNRの協力は、米国の各種機関との交信、各種資料の収集、さらには必要に応じて実施した研究機関の視察等を容易に可能とし、滞米中における研究の推進に大きな貢献をなした。UJNRの耐風耐震構造部会の部会長である伊吹山博士およびPfirang博士をはじめとして、両国の委員の皆様深く感謝する次第である。

最後にまた、筆者の滞米中を通じて、公私ともども協力を惜しまなかった地盤工学研究センター所長Professor Joseph Penzien、同所長の秘書であるMrs. Elenora D. Utter、更に良き同僚となり、筆者の拙文の修正に尽力してくれたMrs. William Wagyに対して心から感謝の意を表わすものである。

2. 第8回国際かんがい排水会議（報告）

土屋昭彦

国際かんがい排水会議第8回総会は、ブルガリヤ国の黒海に面したバルナ市で開催され、世界各国から約700名の参加者があった。外国からの参加者のうちでもっとも多かったのはソ連であり、やはり共和国でのソ連の指導力の強さを感じさせられた。

会議は、5月20日に開会式が行われ、ブルガリヤの農業食糧省大臣の歓迎の挨拶に始まり、引き続き3つの課題に対する発表および討論、執行政事会（各国代表1名からなる決議機関）および特別会議が開催され、5月26日に閉会式となった。なお、これにさきだち3日間にわたり委員会、水委員会およびシンポジウムが開催された。

今回の会議の主なテーマとその内容は次の通りである。

議題 27. デルタ、沿岸、低地帯におけるはるかかんがい排水

この議題に関しては24の論文発表があり、ギリシャのConstantinides氏が総括報告を行なった。この議題では各国それぞれの低湿地におけるかんがい排水計画

の実例を示したものが多く、それらの技術面できく共通点は見出しがたい様に思われた。中で筆者の興味を引いたのはブルガリヤの報告で、ダニュープ河の洪水

水位がルーマニア側の新しい築堤の為に1.5m上昇し、発電所建設のために更に

2.5m上昇し、その結果ヴィデネ市周辺で著しい地下水位の上昇が生じたとのこ

とであった。ダニュープ河はブルガリヤとルーマニアとの国境をなす河川で、部分的に築堤はあるが大部分は自然のままの河川であり護岸工事などは全く施工されて

いない。こうした自然河川に人工的な処理を加えると、その影響はかなり大きく、

まして国際河川でもあるために問題が一層複雑のようである。

議題 28. かんがい排水事業における作業の機械化を含む最近の進歩と将来の展望

この議題の総括報告書は西ドイツのZanker博士とハンガリーのStarosolszky博士であった。ここでは、かんがい排水技術における新材料（化学合成物質）の適用に関する問題と、かんがい排水施設の維持管理の自動化に関する問題が中心にとりあげられ、47の論文が提出されたがそのうち後者の問題に関するものが2/3を占めている。

かんがい排水施設の自動化には各国ともかなり関心が高く、新しく開発された用水路の流量自動制御システムや遠隔操作システムの紹介、それらの自動化による経済的評価論や具体例など、活発に討論された。例えば、フランスのプロビンス水路では50 Km以上の延長にわたり数ヶ所もの取水地点の水位、流量コントロールを電算機を用いた中央制御方式を完成させており、その技術レベルはかなり高いことを認識させられた。

議題 29. “河川改修に影響を及ぼす諸要因ならびに洪水地帯を含む洪水調節”

この議題は、更に(1)河川改修に影響する諸要因と、(2)洪水地帯を含む洪水調節のサブテーマに分けて討論された。総括報告者はインドのNaegamvala氏と英国のCochrane氏である。筆者の提出した論文は(1)に関するものである。これらの議題に関しては38編の論文が提出されたがそのうち31編は河川改修に関するものであった。築堤や水制、ダム建設などの従来の技術範囲に解決策を求めた報告の多い中で、築堤によるよりも河川の拡張、浚渫、蛇行水路のショートカットなどの新しい技術を適用したらどうかというインドの提案は日本の河川技術の現状を反映したような提案で興味深かったが、日本の様な大規模浚渫が莫大な砂利需要に支えられていることを考えるとインドの様な経済力の劣る国で果してどれだけ実行可能か疑問を感じた。

また多くの河道安定に関する論文(筆者も含めて)が提出されていたが粘性土の洗堀に関するソ連の報告、湾曲部流れの河床洗堀に関する実験的報告(ブルガリヤ)ダム建設が河床変動に及ぼす影響(日本)、河床変動の予測方法に関する研究(筆者)などの報告の他はあまり理論的な取扱いがなされておらず、改修計画や事業の説明に関するものが多い様であった。

筆者は論文についての補足説明を行なったが、途中ポーランド代表から使用した流砂量公式についての質問をうけ解答した所、これに関連した後で英国水理研究所、フランスソグレアの研究所、その他から資料の提供を求められた。日本では非常に認識度の高いものでも外国にはなかなか知られていない実情と、国際会議での知識の交換の有意義な事を改めて認識した次第である。なお米国はこの議題に関して5編の論文が報告され、この方面での関心の高いことを感じさせられた。

その他、シンポジウムではかんがい排水、治水を特に考慮した水資源システム計画についての討論、特別会議では開発途上国におけるかんがい排水計画の導入と開発のための手段に関する討論が行なわれ、主に開発国側からの発言が多く、事例の説明や開発途上国への提案などがあった。

3. 国際水理学会シンポジウムおよびセミナー（報告）

須賀 亮 三

国際水理学会（IAHR）の河川水理学に関するシンポジウムがタイのバンコクにおいて昭和48年1月9日から12日までの4日間、引き続いて同セミナーがインドのデリーにおいて15日から19日までの5日間開催された。筆者は科学技術庁の国際研究集会派遣旅費をいただき、この二つの会議に参加する機会を得たのでその概要を報告する。

バンコク・シンポジウムは2年毎に開催される国際水理学会のほかに、河川水理学関係のシンポジウムとしては始めて開催されたもので、特にアジアの地が選ばれたことには何んらかの意義が感じられる。世界各国から多数の参加者があり、多くの関心が寄せられた。参加者は30ヶ国から211名（登録者）、うち日本からは18名で、地元タイの90名に次ぎ、アメリカの16名を凌いだ。日本からの参加者はほとんど大学関係者で、建設省からは筆者のみであった。

今回の会議のテーマおよび提出論文数は表-1の通りである。世界各国において

表-1 テーマと提出論文数

大 課 題	小 課 題	提出論文数	日本からの 提出論文数
A. 流砂と洗掘	土砂流送機構、測定法、洗掘と堆砂、流送土砂対策	72	10
B. 洪水調査	洪水計算、観測法、被害、予報、	39	2
C. 模型解析	河川および河口のシミュレーション、模型実験、解析実例	40	3
	計	151	15

広く関心の持たれている課題であったこと、およびその範囲がかなり広汎に互っていたこともあって、予想以上の論文が集まり、現在活躍中の中心的研究者が多く会議に出席したことは、シンポジウムを非常に盛りたて有意義ならしめた。また、会議の世話役をつとめたアジア工科大学院（AIT）の細心にわたる運営上の貢献を忘れることができない。会議は会場を分けずに大会議場のみを使用しての討議であっ

たため、会議は一般報告者による総括報告を主体として運営され、論文発表者による補足説明や質疑応答の時間はかなり制限された。従って、このような会議では一般報告者の役割が非常に重要なものとなる。会議は12のセッションに分けられ、17の一般報告が行なわれた。このうち、一般報告者はアメリカから4人、日本から4人（吉川、芦田、日野（欠席につき代・椎見）須賀一大学3名、研究所1名）であった。日本からの一般報告が多かったことは、アジア地域で開催された会議であることのほかに、日本の研究水準が世界的に認められるようになってきたためであろう。会議のレセプションやコーヒープレーク等においても、日本人参加者は処々に散らばり、多くの外国人参加者のなかであって、会話のかなり重要な役割を演じ、その活躍が顕著であった。

ひきつづき行なわれたニューデリーにおけるセミナーでは、河川工学関係の17のテーマについて外国人講師6名による話題提供と質疑応答が行なわれた。5日間のセミナーには外国人15名、インド人185名が参加した。日本からはIAHR会長林教授と筆者のみであった。インド国内からの多数の参加者があったことは、バンコク・シンポジウムに連続して開催されたセミナーに対する力の入れようの一端を物語るものであろう。このセミナーにおいては時間的余裕もあって、非常に活発な討議が行なわれた。どくに開催国においては非常に有益な会議であったと思われる。

しかしながら、バンコク・シンポジウムに対する日本からの顕著な貢献にひきかえ、デリー・セミナーにおいては日本やロシアにおける研究成果が必ずしも十分取り上げられ、紹介されているとは思えず残念であった。やはり当然、日本からの講演があってしかるべきとの感を深めた。これはインド等の発展途上国の日本に対する学術的評価の一端を物語るものであろう。このような状況では発展途上国内の日本における研究成果への理解はなかなか深かまらない。日本は金を出すが技術は欧米先進国というような傾向が、簡単には改善されそうに思えない。学術および技術のレベルを外国に認めさせるためには、研究成果などをもっと外国へ向けて活発に発表することはもとより、学術的な国際会議などは積極的に利用することが効果的であろう。そのためには、よい論文を多く発表すると同時に、会議において数多い回数マイクの前に立つことが必要である。また、人のつながりも重要であり、レセプションやコーヒープレークなどにおける外国人の活躍を見習うべきであろう。会議後の見学旅行は、科学技術庁の国際研究集会出席旅費規程では認められていないが、単なる物見遊れの見学旅行とは異なる面もあるので、何とかそのための予算を

増額していただきたいものである。今後、日本が国際的に指導的な立場に立ち、開発途上国への援助を一層効果的にするためにも、国際的な会議への出席旅費の飛躍的な増額が望まれる。

I.A.H.R関係の国際会議は、筆者にとって今回が3回目であり、ことに今回は幸運の連続であった。知った名前、見覚えのある顔、そして互いに知り合いの人も増えた。始めて出席した昭和42年のアメリカ大会のときには、前へ出て英語で話すことに足のすくむ思いであったことが想い出される。ことに引込みじあんの日本人には場馴れも必要なことを痛感した。国際会議にも定着した連続出席者による活躍と、人材養成を兼ねた若年層の参加による幅広い協力姿勢が必要との木下室長の言に同感である。国際協力には金と技術と人の3拍子がそろわなければならないといわれるが、河川工学の分野では建設省からの参加者が増えてよいと思われる。

6年半ぶりにみるバンコクやボンコンの街中は、急速に日本の大都市の状態に近づきつつある。立派なビルが建ちならび、人々の服装もよくなって街全体が大変活気にあふれているようにみえた。その中で、日本からの進出企業の大きな広告が目立ち、日本製品がちまたにあふれていることも事実である。混雑もひどくなった。しかし、まだ高温にも拘らずYシャツは3〜4日着られるし、鼻の孔も黒くならない。日本に関連して、これらの街で特に強く受けた印象は、地元の経済発展と日本企業の進出、旗を先頭の団体旅行、日本における公害と物価高であった。土地の食事は安くて、うまく、楽しかった。わずか1.5日間の旅行であったが、あらゆる面で大変印象深く、有益な旅であった。いろいろお世話いただいた関係各位に心からの謝意を表わしたいと思う。

4. 道路交通の運用に関する研究

柴田 正 雄

1. 概 要

留学先では大学院学生身分で修士課程に籍をおき、表-1に示した科目の受講を中心に研究活動を行なった。また、受講の間に道路交通運用の実施例の見学を行なった。

表-1 受講科目一覧表

学 期	科 目	時間/週	担当教授	研究分野関係の成果
春 4月2日 ～ 6月23日	輸送理論の話題 (上級)	2	G.F.Newell	バスの最適運行
	道路交通運用	3	"	信号制御
			A.D.May	高速道路の交通運用
	外国人のための 英語	3		
秋 10月1日 ～ 12月15日	輸送の政策と計画	2	R.M.Zettel	道路計画の基本概念
	交通流の性質	3	A.D.May	交通流の理論と現実
	輸送のシステムズ	3	A.Kanafani	システム工学の概要
冬 1月7日 ～ 3月23日	待ち行列理論の 輸送への応用	3	G.F.Newell	信号ターミナル施設の 待ち行列理論を利用した解析
	交通工学	3	A.D.May	交通容量、駐車場
	交通需要予測	3	A.Kanafani	交通需要予測、配分

2. 交通流の研究

(1) 車頭間隔の分布

車頭間隔の分布の関数近似として最もよく用いられているものは、ポアソン

分布より導びかれる指数分布であるが、交通量が多くなった場合の適合度はよくない。一般的に考える場合には、ピアソンⅢ型分布が柔軟性に富んでいる。ピアソンⅢ型分布は3個のパラメータを持つが、これらの内1個ないし2個のパラメータを限定することによって、指数分布を含むより簡単な分布を導くことができる。ピアソンⅢ型系分布の一覧を表-2に、実際のデータへのあてはめの一例を図-1に示す。

移動指数分布を正規分布と組みあわせることによって、よりよい近似を得られる可能性もあり、今後、日本でのデータでの検討を行なうつもりである。

表-2 ピアソンⅢ型系分布

名 称	パラメータ	式 (f(t))	平均値	分散
ピアソンⅢ型	α, k, λ	$\frac{\lambda^k (t-\alpha)^{k-1}}{\Gamma(k)} e^{-\lambda(t-\alpha)}$	$\alpha + k/\lambda$	k/λ^2
ガンマ ($\alpha=0$)	k, λ	$\frac{\lambda (\lambda t)^{k-1}}{\Gamma(k)} e^{-\lambda t}$	k/λ	k/λ^2
アーラング ($\alpha=0$)	k (整数) λ	$\frac{\lambda (\lambda t)^{k-1}}{(k-1)!} e^{-\lambda t}$	k/λ	k/λ^2
移動指数 ($k=1$)	α, λ	$\lambda e^{-\lambda(t-\alpha)}$	$\alpha + 1/\lambda$	$1/\lambda^2$
指数 ($k=1$ $\lambda=0$)	λ	$\lambda e^{-\lambda t}$	$1/\lambda$	$1/\lambda^2$

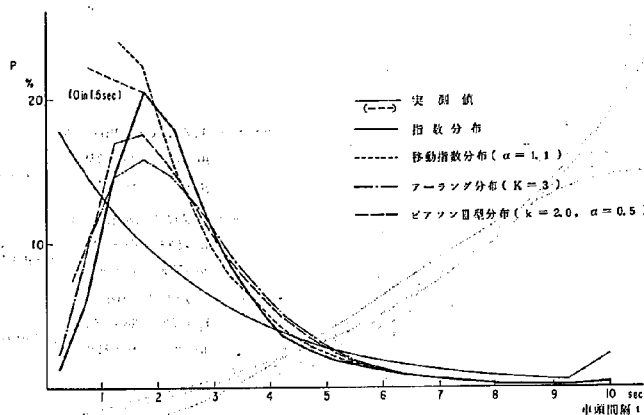


図-1 車頭間隔分布実測値と理論式の比較

(2) 密度—速度曲線

道路の単路部の交通現象の最も代表的な表示方法としては、速度、交通量、密度の3つの変数の内、2つの関係を示す。 $Q-V$ 、 $Q-K$ 、 $K-V$ 曲線があり、その内 $K-V$ (密度—速度)曲線が、値が一価であるため最も理論的に取り扱い易い。その関数あてはめとしては、過去にGREENSHIELDS、GREENBERG、UNDERWOOD、EDIE、DRAKE-MAY-SCHOFER、DREW等が各種の式を提案している。

1958年より1961年にかけて行なわれたGENERAL MOTORSにおける追従の実験よりGIZIS、HERMAN、ROTHERYが一般的な追従理論を作り、その後この追従理論式より一般的な $K-V$ の関係式を導びき出した。これは2つのパラメータ、 m と ℓ を使うもので、 m と ℓ は運転者の反応の程度を示すものである。 m と ℓ の値の設定によって各種の関数形が得られる。その一覧を表-3に示す。 m と ℓ に適当な値を入れることによって、前述の各提案式もすべて表わすことができる。例えば、 $m=0$ 、 $\ell=2$ の場合には関係式は、 $\mu = \mu_f (1 - k/k_f)$ となる。これは、GREENSHIELDSの提案式で

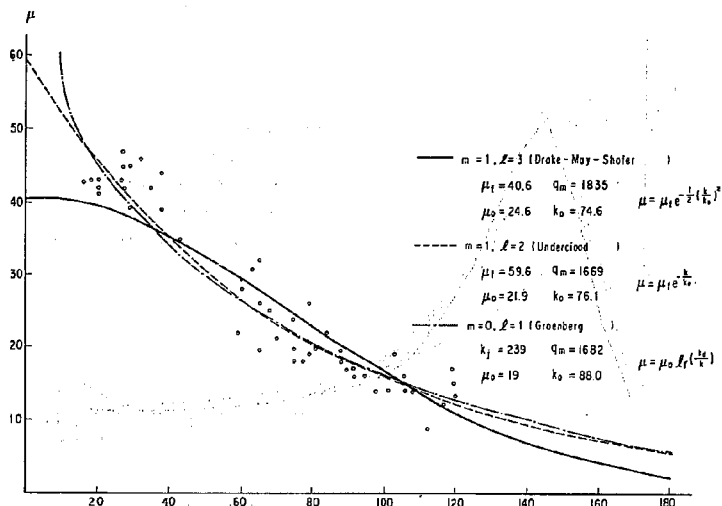


図-2 密度-速度図 実測データと理論式の比較

表-3 密度-速度関係式の m と L による変化

$f_m(\mu) = c' + c f_L(\mu)$ における f_m, f_L, c, c'

	$m < 1$	$m = 1$	$m = 1, L > 1$
f_m	$\frac{\mu^{1-m}}{L}$	$\frac{f_m(\mu, \mu)}{L}$	$\frac{\mu^{1-m}}{L}$
c'	$\frac{1-m}{L} \mu_1^{1-m}$	$c'(\mu)$	$\frac{\mu_0^{1-m}}{L} \frac{L-m}{L-1}$
f_L	$\frac{1-m}{L} \mu_1^{1-m}$	$\frac{f_L(\mu, \mu)}{L}$	$\frac{\mu_0^{1-m}}{L} \frac{L-m}{L-1}$
c	$\frac{1-m}{L} \mu_1^{1-m}$	$c'(-\mu_1)$	$\frac{\mu_0^{1-m}}{L} \frac{L-m}{L-1}$
f_m	$\frac{\mu^{1-m}}{L}$	$\frac{f_m(\mu, \mu)}{L}$	$\frac{\mu^{1-m}}{L}$
c'	$\frac{1-m}{L} \mu_1^{1-m}$	$c'(-\mu_1)$	$\frac{\mu_0^{1-m}}{L} \frac{L-m}{L-1}$
f_L	$\frac{1-m}{L} \mu_1^{1-m}$	$\frac{f_L(\mu, \mu)}{L}$	$\frac{\mu_0^{1-m}}{L} \frac{L-m}{L-1}$
c	$\frac{1-m}{L} \mu_1^{1-m}$	$c'(-\mu_1)$	$\frac{\mu_0^{1-m}}{L} \frac{L-m}{L-1}$
f_m	$\frac{\mu^{1-m}}{L}$	$\frac{f_m(\mu, \mu)}{L}$	$\frac{\mu^{1-m}}{L}$
c'	$\frac{1-m}{L} \mu_1^{1-m}$	$c'(-\mu_1)$	$\frac{\mu_0^{1-m}}{L} \frac{L-m}{L-1}$
f_L	$\frac{1-m}{L} \mu_1^{1-m}$	$\frac{f_L(\mu, \mu)}{L}$	$\frac{\mu_0^{1-m}}{L} \frac{L-m}{L-1}$
c	$\frac{1-m}{L} \mu_1^{1-m}$	$c'(-\mu_1)$	$\frac{\mu_0^{1-m}}{L} \frac{L-m}{L-1}$

注：原追従式は以下の通りである。

$$\ddot{X}_{n+1}(t+T) = \alpha_0 \frac{(\dot{X}_{n+1}(t+T))^m}{(X_n(t) - X_{n+1}(t))^1} (\dot{X}_n(t) - \dot{X}_{n+1}(t))$$

ある。実際のデータとの比較の一例を図-2に示す。

3. 交通運用の研究

(1) 各地の運用例

シカゴにおいては、1961年より都市内高速道路の交通監視と交通運用の調査が始められ、1963年に運用システムが完成した。方式は、オキュパンシを計測することによって渋滞を検知し、渋滞の程度によって異なった段階のランプ流入制限を行なうものである。ランプの流入制限は、信号機と感知器を使用した自動的なシステムで行なっている。この後、方式は変化させず運用区間の拡大がなされている。

デトロイトにおいては、1959年よりテレビを中心的に使った交通監視システムが設置されている。交通運用は人の判断によっているが、自動化の方向を目指している。

ヒューストンでは、1959年より交通運用の調査が始まり、1963年に計画が完成し、入手による交通運用を始めた。その後テレビと電子計算を導入し改良がはかられた。ヒューストンの交通運用の計画グループは1960年後半よりダラスの交通運用計画に移行している。

ロスアンジェルスでは、交通運用計画が遅れたが1960年代前半に試行的運用が行なわれた。その後、主として交通監視、情報提供のシステムが発展した。

ニューヨークでは、ハドソン川を横ぎるトンネルの交通監視および運用の試みが1959年に行なわれ、その後、感知器とテレビを使用した監視運用システムへと発展した。トンネルの上り勾配部における容量低下が渋滞の原因となっていたのを、流入交通を制御することによって防いでいる。

(2) 交通予測および運用プログラム

カリフォルニア大学のMAY教授が中心となり、サンフランシスコ湾周辺の高速度道路の交通運用の調査研究がなされており、これに関連して交通状況予測および運用の最適化プログラムが開発された。入力として現況と予想ODを与えれば15分くぎりて交通状況の予測を行ない、また走行キロ台を最大とする等の最適なランプコントロール法を導き出すものである。

(3) 試験研究遂行に役立った試験研究機関の設備環境等

図書館の充実は予想にたがわぬものであった。中央の図書館以外に各専門分野にも図書館があり、それらの分館の蔵書、職員の量質共に秀れていた。

電子計算機センタには、CDC 6400 計算機が設置しており、24 時間サービスをしていた。前もって申し込んだ番号を使って計算を申し込み、使用時間等に応じた料金を払う仕組である。計算の実行はクローズ方式で使用者は計算機には触れない。指定された場所にプログラムを置き、指定された場所から計算結果を受け取る。ただ、小さなプログラムのために、簡単に操作できるカードリーダーとラインプリンタがあり、使用者はこれらを使って入出力することもできる。磁気テープは登録制で扱いはすべて計算機室内で係員が行なう。使用者は番号を指定するだけである。

(4) 今後在外研究を行なう者に参考となる事項

カリフォルニア大学には外国人が多く、外国よりの学生、研究者を受け入れる体制がとっており、学内学外生活の面で大きな問題点はなかった。

外国よりの学生、研究者のために、INTERNATIONAL HOUSE という組織があり、あらゆる種類の情報を提供してくれる。また、寄宿舎と食堂を経営しており、社会訪問旅行等も行なっている。この他に、大学には外国人学生の相談役があり、また教会関係、大学職員関係の主として外国人主婦のための親睦グループもある。単にアメリカ人だけでなく他の外国人との交際もできるので、これらの活動に参加することによって、より有意義な生活が暮れると思う。

英語に関しては、個人差の大きいことに驚いた。授業の英語が最もわかり易かったのは意外とも言えるし、当然とも言えるが、それにしてもわかり易さが教師ごとに大きく違っていた。最も困ったのは郵便局等の窓口で、特に当所は向うの言うこともわかりにくいし、こちらの言うことも通じにくかった。

研究関係から日常生活に至るまで、全般的に言えることだが、日本人は元々自己を主張しない方であるし、また、言葉の問題もありあまり発言しない傾向があるが、米国においてはこれは美徳ではない。できるだけ積極的に発言をすべきである。

最後ではありますが、私にこの機会を与えて下さった関係者の方々に深く感謝させていただきます。

5. 吊橋など長大構造物の耐震性に関する研究

飯 田 裕

1. 概 要

アメリカ合衆国における道路橋の耐震設計に関する研究は、主に連邦道路局、カリフォルニア大学およびカリフォルニア州道路部において進められている。

連邦道路局は、研究計画の立案調整を行なっており、カリフォルニア大学は、道路局からの委託を受けて、文献調査、解析および模型実験を実施している。また、カリフォルニア州はこれらの成果に基づいて、州の道路橋耐震設計指針の改定作業を進めている。このカリフォルニア州の規定は、最終的には、道路技術者全米協会(AASHO: American Association of State Highway Officials)の規定に織り込まれるものと思われる。以下、連邦道路局の研究計画、カリフォルニア大学における研究、カリフォルニア州の道路橋耐震設計指針改定案について概述する。

2. 連邦道路局の研究計画

連邦道路局の研究計画は、FCP(Federally Coordinated Program of Research and Development in Highway Transportation)と呼ばれており、道路全般について、大課題(Category)9、中課題(Project)54で構成されている。道路橋の耐震設計に関する研究は、第5大課題「5. 構造物の建設費の低減、耐用年数の延伸および安全性の確保のための設計法に関する研究」の第1中課題「5 A. 耐風耐震設計の合理化」の第2小課題(Task)「5 A 2. 橋、地下構造物および土構造物の耐震設計」の一環として実施されている。

小課題 5 A 2 の研究内容は、次のとおりである。

- 1) 地震による道路構造物の被害の工学的検討
- 2) 地震動特性の解明
- 3) 振動台を用いた模型および実物実験による道路構造物の動的特性の解明
- 4) サンフェルナンド地震の道路橋被害例より見た現在の設計法の検討
- 5) サンフェルナンド地震における切土部、盛土部等土工部の破壊機構の解明
- 6) 構造物の地震応答解析
- 7) 道路橋の補強方法に関する研究および試験施工の実施

8) 道路構造物に対する強震観測網の整備

9) トンネル連結部、継手部に対する地震の影響に関する検討

これらの実験、解析、実測の結果を総合的に評価することにより、新設および既設の道路構造物の耐震基準を作成することを目標としている。

現在までに得られた成果は、カリフォルニア大学地震工学研究センターに委託して実施したものが大部分を占めている。

強震観測としては、サンフェルナンド地震の直後にサンフェルナンド高架橋に強震計が設置された外、1972年にはアラスカ州シトカ市のシトカ港斜張橋、ネバダ州リノ市の州際道路 I-80 号線と U.S. 395 号線のインターチェンジの底 13 ランプが追加されている。サンフェルナンド高架橋では 1973 年 2 月 21 日のマグ岬地震 ($M=5.75$) の記録が得られている。

F.C.P. の小課題 5 A 2 のフローチャートを図-1 に示す。

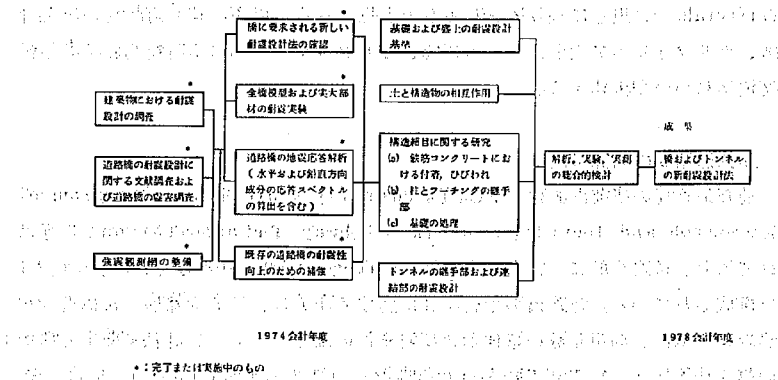


図-1 「F.C.P.小課題 5 A 2 橋地下構造物および土構造物の耐震設計」フローチャート

5. カリフォルニア大学地震工学研究センターにおける研究

連邦道路局からカリフォルニア大学地震工学研究センターに委託されている道路橋の耐震設計に関する研究は、次の 4 段階に分けられる。

- 1) 道路橋の耐震設計に関する文献調査
- 2) サンフェルナンド地震で被害を受けた道路橋の地震応答解析

3) 振動台を用いた模型振動実験

4) 耐震設計指針の改訂に関する勧告のとりまとめ

第1段階の文献調査は、連邦道路局の要請により1971年建設省土木研究所からセンターに派遣された岩崎敏男振動研究室主任研究員(当時)が調査およびとりまとめを行ない、1972年11月報告書が出されている。

第2段階では、橋脚、上部構造、支承等の挙動に重点を置いた高い橋脚をもつ曲線橋および地盤と基礎との相互作用に重点を置いた一般橋の解析が行なわれており、曲線橋については1973年6月ローマで開催された第5回地震工学会議に報告されている。

第3段階の模型実験としては、高い橋脚をもつ曲線橋の1/30模型の製作が進められている。この模型をセンターの6m×6mの振動台上に設置して実験が行なわれる予定である。振動台は、水平1方向と同時に鉛直方向にも加振することが可能であり、最大積載重量は約50tである。

曲線橋の解析から桁間連結装置が有効なこと、橋脚は靱性を有するよう細目を考慮すべきであること等が指摘されている。

4. カリフォルニア州の道路橋耐震設計指針改定案

サンフェルナンド地震で道路橋に大きな被害を受けたカリフォルニア州は、直ちにそれまでの設計震度を2倍または2.5倍とする暫定措置を講ずると共に耐震設計指針の全面的な改定作業に着手した。改定案は1973年中にとりまとめられ、1974年より適用される予定である。

暫定規定では、直接基礎で支持される橋については2.0倍、くい基礎で支持される橋については2.5倍設計震度が高くされている。支承あるいは移動制限装置の設計に用いる地震力は、関係する死荷重反力の0.25倍より橋脚の地震時設計せん断力を差引いたものとしている。

暫定規定では地震力を次のように定めている。

1) $E Q = 2.0 K C D$ 直接基礎で支持される構造物

$2.5 K C D$ くい基礎で支持される構造物

$E Q$ = 構造物重心に水平に加えられる地震力

K = 構造物のエネルギー吸収特性を表わす係数

$K = 1.33$ (高さ/長さ)比が2.5以下の壁により壁面内方向の水平力に抵抗する橋

$K = 1.00$ (高さ/長さ)比が2.5より大きい独立した個々の柱あるいは橋脚により水平力に抵抗する橋

$K = 0.67$ 連続ラーメンによりラーメン面内方向の水平力に抵抗する橋

2) $C = \frac{0.05}{\sqrt{T}} (\leq 0.10)$: 構造物の剛性を示す係数

3) $T = 0.32 \sqrt{\frac{D}{P}}$ (注: $2\pi \sqrt{\frac{D}{Pg}}$)

T = 構造物の固有周期

D = 構造物の関係する死荷重

P = 構造物に1インチ(2.54cm)の水平変位を生じさせるのに必要な力

上式より算出される地震力 E_Q は、 $0.04D$ 以上でなければならない。

この暫定規定に対し、改定案では地震力を次のように定めている。

1) $E_Q = C \cdot F \cdot W$

E_Q = 橋の重心に加えられる等価な静的水平力

F = 構造形式による係数

$F = 1.0$ 独立した個々の柱または橋脚が水平力に抵抗する橋

$F = 0.8$ 連続したラーメン構造が面内に加えられる水平力に抵抗する橋

W = 橋の全死荷重

2) $C = \frac{A \cdot R \cdot S}{Z}$

C = 組合わされた応答係数

A = 基盤における最大加速度

R = 基盤における基準化された応答スペクトル

S = 表層地盤のスペクトル増幅比

Z = ダクテリリティおよびリスクアセスメントによる低減

3) $T = 0.32 \sqrt{\frac{W}{P}}$

T = 橋の固有周期

P = 橋に1インチ(2.54cm)の最大水平変位を生じさせるのに必要な等分布荷重の合力

筆者の所属していた地震工学研究センターは、パークレイキャンパスから10 kmほど離れたリッチモンド実験場にある。

センターの実験施設としては6 m×6 mの振動台がある。この振動台は、筑波にある国立防災科学技術センターの振動台より規模は小さいが、水平1方向と同時に鉛直方向にも加振できる特徴を有している。台の重量は約40 t、最大積載重量は約50 tであり、縦1.8 m、横3.7 m、高さ1.2 mの鉄骨造りの建屋内に納められている。

(2) 今後在外研究を行なう者に参考となる事項

6. 下水の高度処理に関する研究

安 中 徳 二

1. 試験研究等に從事することにより得たる成果

筆者は上記研究所において生物処理法による下水中の窒素の制御（除去）に関する研究に従事した。以下に米国における窒素の除去技術の現況と、筆者らの実験結果についてのべることにしたい。

湖や湾等の閉鎖水域における富栄養化現象の制御に関連して、下水中の窒素、リンの除去法に関する研究が米国においては、1960年代の初期から精力的に行なわれてきた。当時の下水処理の主務官庁はPHS（厚生省）であったが、これがFWQA（内務省連邦水質汚濁防止局）、1970年末のEPA（環境保護庁）の設立へと移る間も一貫して、下水の高度処理の中心課題となっていたのは窒素、リン等の栄養塩類の除去法の確立であった。

約10年以上を経過した現在、リンの除去に関しては少なくとも研究上では、その技術はほぼ確立したという評価が与えられており、五大湖沿岸など閉鎖水域を放流先を持つ大都市では、凝集剤を利用して施設でのリン除去が広く行なわれつつある。窒素の除去に関しては水質規準の上からは、ここ数年のうちに施設での実施が迫られている背景があるものの、その除去法はリンの場合のように固定した形では確立されておらず、いくつかの拮抗する処理法が最終的な評価をうけたうえで、処理区域の特性を考慮して採用されていく傾向にある。

窒素の除去法として現在までのどころ米国で開発されている処理法は、物理化学的な方法と生物学的な方法に大別される。前者は、主として下水中の窒素成分の大部分を占めるアンモニアの形で窒素を除去しようとするものであり、アンモニアストリッピング、不連続点塩素処理、選択的イオン交換法などといった物理化学的手法を中心としたものである。後者は生物学的な方法によるものであり、微生物を利用してアンモニア性窒素を硝酸体まで酸化させ（硝化）、必要に応じて硝酸性窒素を嫌気性状態にして、窒素ガスに分解していくという方法が主体である。

生物処理による窒素除去のフローは図-1に示す通りであるが、従来まで用いられてきた活性汚泥法（場合によっては散水戸床法）を2段に組み合わせ、第1段を炭素系有機物の除去、第2段を硝化のための反応槽と利用し、第2段目まで

で、アンモニア性窒素の除去を硝酸性窒素への転換という形で達成しようとしたものである。もちろん、硝化だけでは窒素の除去ということにはならないが、下水処理水にアンモニア性窒素が残留している場合には、

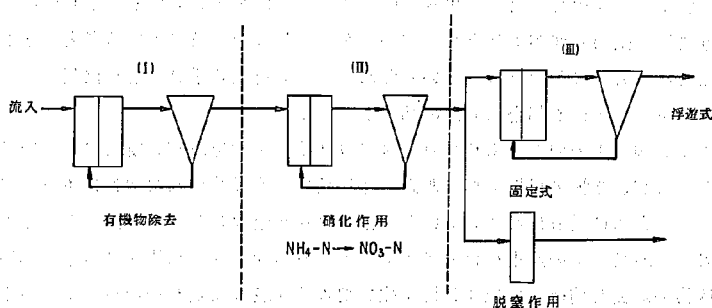


図-1 生物学的窒素除去法フロー図

- 1) 放流先で $\text{NH}_4\text{-N}$ 1 Kg に対して酸素 4.6 Kg を消費する。
- 2) 0.2 mg/l 程度で魚類に対する毒性を示す。
- 3) 銅などに対する腐食性を有している。
- 4) 塩素滅菌の効果を減少させる。

という好ましくない点があるのに反して、硝酸性窒素まで酸化した場合は、

- 1) 放流先の河床への酸素源となり悪臭の発生を防止できる。
- 2) 塩素滅菌がし易い。
- 3) 硝化された処理水は、有機物の除去の程度も進行している。

などという利点があるため、脱窒プロセス(図-1の第3段目)をこのあとにつけるのは放流先の特性が窒素の全量の除去を要求する場合に限られており、当面は経済面も考慮して、アンモニアの除去(硝化)までで十分であるとする考え方が強いようである。

このことは、米国各州で設定されている排水規準にも表われている。1973年末現在で、21州が窒素に関する排水規準を有しているが、このうちのほとんどは、アンモニア性窒素の除去のみで当面は十分であると解釈できるものである。現に窒素の除去を行なうための処理施設の増設、改造計画が55ヶ所の処理場で

進行中(73年末)であるが、処理法としては、生物処理 45ヶ所、アンモニアストリッピング 3ヶ所、不連続点塩素処理 3ヶ所(うち 2ヶ所は生物処理の後処理)、イオン交換法 2ヶ所、未定 2ヶ所となっており約 80%は生物処理、しかもこのほとんどは硝化までを目途としたものであって脱窒プロセスを考慮しているのは、湾に放流する数ヶ所の都市にすぎない。このように米国における窒素制御のための方法は、生物処理が主体となっているが、これは硝化までという考え方と処理の経済性が大きな要因となっているためである。物理化学処理法を採用しているのは、生物処理に不都合な北部の都市が中心である。

さて、図-1の如く、硝化プロセスには2段の生物処理が必要とされているわけであるが、拡張の用地のない既設の処理場では施設の新たな増設は不可能に近い。このために最近提案されている方法は最初沈殿池に凝集剤を注入してリンを除去し(通常リンの除去のためにはエアレーションタンクに注入する)、同時に有機物の除去を期待して以下に続く生物処理(1段)で硝化を進行させようという方法である(図-2)。凝集剤としてはアルミ、鉄などの金属塩、石灰などが

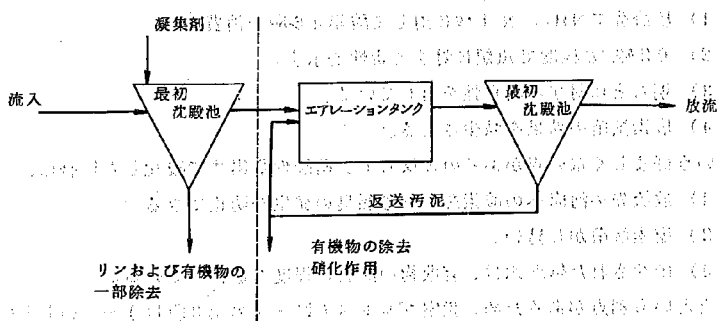


図-2 凝集剤の注入による硝化促進フロー図

一般的であるが、金属塩の場合には、注入によるアルカリ度の消費、PHの低下、金属による但害などが生物処理(硝化)に対する影響因子となるほか、機能的には汚泥の増加量もこの方法の可能性を議論するうえで考慮しておくことが必要となる。硝化菌の最適PHは8付近、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化にアルカリ度は7.1(CaCO_3)

換算)で消費されるからである。

筆者は、凝集剤として塩化第2鉄(FeCl_2)を用い、アニオン系の高分子凝集剤とともに、最初沈殿池の流入部に注入させて以下の活性汚泥処理で安定した硝化反応が期待できるかどうかについて実験的に検討を行なった。実験装置は研究所内に設置された処理量 $720 \text{ } \ell/\text{日}$ のものを用い、定流量、定温(15°C)にして1973年11月から74年6月まで8ヶ月間連続的に運転を行なった。装置のフローは図-2と同一であり、下水は近くの管渠から家庭下水と工場排水とを揚水して使用した。凝集剤の添加量はリンの濃度をもとに設定し、 Fe/P 比がモル比で2となるようにした。以下に実験の結果、得られた要点を示す。

- 1) 最初沈殿池でのリンの除去は薬注によって60%程度までは期待できるが、 $2 \text{ mg}/\ell$ 以下に下げるとは困難である。原水中のリンは $6 \sim 10 \text{ mg}/\ell$ であるが、オルトリン酸の割合が低いであろう。
- 2) 初沈における COD_{cr} の除去は薬注しない場合に比べて20%以上向上する。また、TKNの除去も30%近く期待できる。
- 3) アルカリ度の値にもよるが、PHの低下は中性付近で0.3程度である。
- 4) 初沈の汚泥発生量は Fe/P 比2で、約3倍(固形物量)に増加する。
- 5) SPTを8日以上にとることによって90%の硝化が維持できるが、混合液の VSS/SS 比は50%まで低下するため汚泥の制御は注意を要する。
- 6) 最終沈殿池からの濁質の流出はさけられない。また、生物処理の過程ではリンの除去は期待できない。

などである。以上から最初沈殿池で凝集剤(鉄塩)を注入することによって、活性汚泥法で硝化を維持することが可能であること、同時に汚泥の発生量が3倍近くなるためこれの対応策が必要であること、リンを $0.5 \text{ mg}/\ell$ 以下にするためにはエアレーションタンクにも凝集剤を注入する必要があること、濁質の除去のために急速戸過などのプロセスをつけ加えることが望ましいなどといった一応の結論が得られた。

2. 試験研究遂行に役立った試験研究機関の設備環境等

下水処理の研究にあたっては、実際の下水を用いた実験を行なうことが必要とされるが、当研究所では、建物の一部にパイロットプラント用のブース(500 m^3)を設け、実験施設としてあらゆる機能を備えた大(処理量約 $300 \text{ m}^3/\text{日}$)、小($1 \text{ m}^3/\text{日}$)2種の処理施設が常時稼動している。これらの施設の運転は約10人の専

門操作員があたっており、実験目的に応じた運転管理を3交代制で行なっている。このため、研究担当者は効率的に計画を進めることが可能となっている。また、分析は専門のセクションが設置されており、たいていの場合は専門家に分析してもらうということが日常化している。このようなことを含めて、研究業務の分業化という点が印象的であった。

7. がけ崩れ災害の発生予測技術の開発に関する研究

大久保 駿

1) 最近のアメリカでの斜面崩壊対策の概要

国土の広大なアメリカでは、斜面崩壊による災害の実情は、我国に比べれば問題にならないと考えられがちである。しかし、太平洋の海岸山脈周辺やアパラチヤ山塊、オハイオ川周辺等では山地丘陵の開発が盛んで、それにともなう斜面崩壊による災害は重要な自然災害の一つとなってきた。

1969年の南カリフォルニアおよびバージニアにおける2つの災害は、いずれも斜面崩壊やそれによる土砂流出が原因となった大災害で、従来の洪水災害に対して新しいタイプの災害として、アメリカ連邦政府内にこの種の災害防除を積極的に進める機運を高まらせた。

1972年、政府が議会に提出した“Disaster Preparedness”という防災報告書の中には、10種の自然災害の独立の項目として“斜面崩壊”がとり上げられ、災害防止の方法、その効果等が述べられている。この中では斜面崩壊による災害防止のためには、

① 斜面崩壊・地すべり等の危険地域区分を行ない、建築・土地利用・開発に規制を加える。

② 災害想定区域の住民・資産等を保険でカバーする。

③ 災害防止工事による方法

を講じればよいとしている。

①については、これを契機に各地に斜面崩壊の危険地域区分の作業が行なわれている。特にサンフランシスコ湾周辺域では、その資源・環境調査の一環として内務省・住宅都市開発省が地元郡政府の協力を得て研究調査班を作り、18,000 Km²にわたる地域内の斜面崩壊危険区域の決定作業が精力的に行なわれている。筆者も滞在後半は地質調査所のPacific Coast Centerに籍を置き、その活動の情報を直接入手する機会を得た。

②については、国の補助による洪水保険の中に“mudslide”(その定義は不明確であるが、斜面崩壊・地すべり・土石流等を含む)の項目が加わり、そのための危険地域の判定、その危険度のランク別けのための手法の開発が行なわれている。

③については、道路法面、鉄道法面等での斜面崩壊・地すべり対策工事として各種の工法が行なわれてきている。

2) 斜面崩壊・地すべり危険地域の広域予測手法

“サンフランシスコ湾周辺地域資源環境計画調査”で開発された危険地の広域予測手法(地質調査所が担当)には次のものがある。

①: 地質条件を斜面崩壊・地すべり発生の重要因子と考え、地質区分毎の起りやすさを調べる。

②: ①に地形条件(斜面傾斜)を加味して、地質区分毎の起りやすさをさらに検討する。

③: ①に気象条件(年平均降雨量)を加味して危険度を判定する。

以上これらの方法のベースになるのは、既往の斜面崩壊・地すべりの分布図であり、このためには、これらの形跡を示す地形的特徴を十分調べた上で、空中写真判読、現地調査によって作業が行なわれる。

①は地質区分図を0.01 sq. mi (約160m四方)のグリッドに分け、それに斜面崩壊・地すべり分布図を重ね、地質区分毎のこれらの面積率を算定し、7段階のランクに分けて表示する。そして、これに地形条件あるいは気象条件を加味して②、③の危険度ランク図ができるが、この②、③については、技術的判断が大きなウェイトを占めることになる。したがってこれらの危険地域の判定率は90%を越えたとされている。

3) 狭い区域での予測

崩壊発生に最も大きな影響を与えるものは斜面中の水の挙動であり、斜面土層中の含水率が土の強度を左右し、従って崩壊を左右するという考えに基づいて、

最もデータの得やすい降雨資料から崩壊危険度を判定しようとする方法が開発されている。これは洪水保険制度の中の“mudslide”危険地域のランク別けのための方法開発のために設けられているパネルの中から開発されたものであり、その

基本的な考え方は工兵隊によって研究されている。

まず、降雨パターンと土層中の含水率の変化の関係、含水率の変化と土の強度(粘着力で示す)の関係を調べておき、日々の降雨データをもとに、次式によって斜面の安全率を算定する。

$$\text{安全率} = \frac{c_i}{\rho d \sin \theta}$$

c_i : 土の強度 d : 土層厚
 ρ : 土の乾燥密度 θ : 斜面勾配

そして、崩壊危険度は全調査データに対する安全率1以下の個数で表示する。この方法によると現状の斜面でも安全率1以下のケースがでてくるわけで、実際の現象とはそぐわないが、崩壊に直接関係する斜面中の水とそれによる土の強度を結びつけている点は注目に値する。

2)、3)のような方法で、崩壊予測の「いつ」「どこで」の内、場所の予測はある程度可能である。そして、このような方法では、開発・土地利用のための危険地予測には十分使用可能であるが、すでにある災害の想定される斜面で、いつ、どのような条件下で崩壊が起るかという予測手法の開発が必要である。そのため、の斜面上のひずみや変位等の測定のための新しい計器(例えば Anclinometer, Multiple Position Boebole Zetecusometer)等が開発されている。

1. 試験研究遂行に役立った試験研究機関の設備環境等

地質調査所は地質図、地形図等の各種地図作り、国土開発、鉱物、水資源開発のための技術的情報を収集し、これらを国民に提供するという任務をもっている。従って国民へのサービス機関としての組織・設備は整っている。地質調査所で発行される全ての調査・研究の報告書・地図等の出版物は有料ではあるが、自由に誰でも入手でき、そのための検索システム、リスト、要約等がよく整備されている。

部員の参加した会議の議事録、提出中の論文・報告書の控え、項目毎の最新の文献目録とその要約(部員を作る)等が部の事務室にそろえてあり、いつでも閲覧できるようになっている。

部員が報告書・論文・地図等を作ると部長の承認を得る前に部員数人に回覧して、誤まりの訂正、コメント等を出させる“Review”という仕事はかなり多い。地質調査所のオリジナルである“Professional Paper”はかなりのボリュームのある報告書で、このReviewは大変な仕事である。しかし、このように全ての研究・調査は極めてオープンであり、印刷にかける前に多くの人の目に触れ、独断や主観にはコメントがつけられ、事実にもついた正確な報告書ができあがる。部員が学会等に提出する論文にも必らず“所長の承認を得た”という記載があるように、国民への情報提供という任務のため、印刷物は大変慎重に作られている。

[illegible]

• • •

• • •

1. *Journal of the American Medical Association*, 1997; 277: 1039-1043.

• •

8. 薄肉箱型断面桁の力学的挙動に関する研究

井 上 啓 一

1. 概 論

落橋事故の中で最も大きな影響を後に残したMilford Haven橋の架設時応力について、落橋事故以来Travspot and Road Research Laboratory (以下T.R.R.Lと略す)が落橋の第一原因となった橋脚上の箱げた(図-1)にパイブレーションワイヤーゲージ、電気抵抗線型ストレインゲージ、熱伝対を製作工場の段階からとりつけ、架設中に橋梁がどのような履歴を受けるか各架設段階ごとに測定を行なっている。T.R.R.Lの協力のもとにこれらの測定結果を整理するとともに熱弾性の基本式から有限要素法を用いて解いた温度分布の結果と比較し、境界条件となる諸数値を決定した。この結果を用いて一般的な場合の温度分布および温度応力分布を求めることができる。

2. Milford Haven橋における 度分布および応力分布

上述のごとくMilford Haven橋のBox 44にはダイアフラムおよびダイアフラムから4 inch、5 feet 4 inchのところの箱げた部材に各種の測定ゲージがとりつけられている。測定結果のうち代表的なものを示すと図-2のようになる。これらは従来の各国の示方書でとられているのに比べ、はるかに複雑かく危険側のものであることがわかる。この実測結果を理論的に解析するためUniversity of Nottinghamで開発された有限要素法の汎用プログラムPAFEC 70tを用いて解析を行なった。

熱伝導の基本方程式は次式で表わされる。

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial X^2} = \frac{c\rho}{k} \frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{S}{c\rho}$$

k : 熱伝導率 ρ : 質量密度
c : 比 熱 S : 熱源の強さ

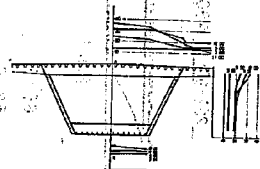


図-2 フランジ・ウェブの温度分布

これに初期条件、境界条件を与えて実際の温度分布を求める。初期条件は午前3時を $t=0$ にとり大気温と一致させる。太陽からの熱量としては観測結果から

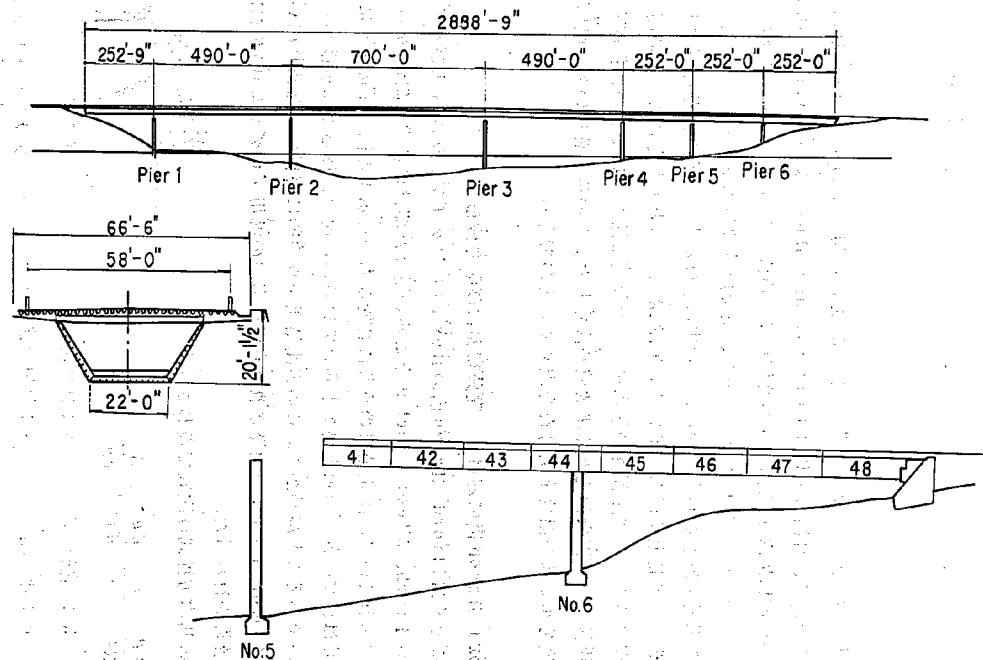


圖-1. Milford Haven 橋一般圖

$$I(t) = \frac{2S}{T} \sin^2 a$$

I : 太陽の副射熱の強さ

S : 1日の太陽の副射熱 7,950W/m²

T : 日照時間

$$a = \frac{\pi t}{T}$$

一方、熱の放射に対しては理論的には対流、副射は線形とならず厳密に取り扱うのは非常に難しいが、大気内での変動範囲では線形と見なして取り扱って近似的に十分正しいと見なせる。そこで熱伝達係数を上フランジウェブ、下フランジ毎にそれぞれ定数として過去の実験結果から求められた値を用いた計算を行なった。

上フランジに一樣な入熱があった場合の時間変化の状態は図-3のようになる。

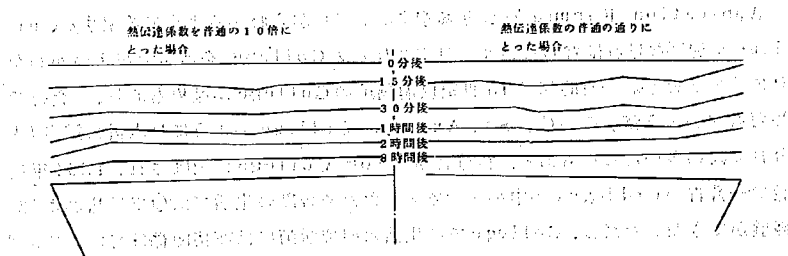


図-3 フランジの温度の低減

これからわかるように、実測値では上フランジのウェブ寄で温度が急激に低下しているのに対し、計算値ではその部分が逆に高くなっている。これはボックス内の温度勾配のため、この部分にあるスカーラップ内に風が生じ熱伝達係数が非常に大きい値となっていると思われる。そこでこの値を変化させ検討を加えた。それを1.0倍にとった場合についての同様の計算結果も図-3に示す。これと上述の太陽からの時間ごとの熱量を考慮して累積させることにより橋梁中の温度分布を求めることができる。

しかしながらここでも明らかなように、有限要素法により時間毎の変化を求める計算のため、大容量の計算機で長時間の計算を必要とし、且つ適切な熱伝達係

数を場合に依じてきめる必要がある等、今後に残された問題が多い。

上述の値は英国での値であるので太陽熱とか熱伝達係数を日本の橋梁に応用する場合には、これらの実測が必要である。

「参考」 オックスフォード大学入学手続について

大学への入学手続に必要な書類を列挙すると以下のようである。

- Application Form 1
- Record Slip 1
- 研究保証人による推薦状 3名分

(大学院での指導教官、土木研究所長、土木研究所の上司の推薦状をいただいた。)

- 英語の読、話、理解できることの証明書 1

(科学技術庁振興局長からいただいた)

- 大学の成績証明書

Application Form の写しを添付する。これからわかるように希望する College を選ばなければならないが、日本ではどの College を選ぶのがよいかわかりにくいと思う。一般的には 15 世紀以前創設の College が歴史もあり、金持で経費も安いようだ。その他、St. Antonys College のように日本語の講座もあり日本人の多いところもある。自分は Merton College に配属され、1264 年創設で一番古い Colleges の中の一つであったため普段の生活では他では味わえない経験ができた。ただし、College での生活は研究活動には直接関係はないのであまり神経質になることはない。

9. 第2回国際応用地質学会国際会議(報告)

岡 本 隆 一

この国際会議には概数で27ヶ国約600名の参加者があり、活潑な討議が行なわれ盛況であった。日本からは私を含め9名参加し、内5名が論文発表およびパネルメンバーとして参加した。

本国際会議における総括報告、論文発表および討議は以下の7テーマに分けられている。

- (1) 土地質における教育と研修
- (2) 地震現象と土地質
- (3) 都市および地方計画に関連する応用地質
- (4) 建設天然材料の工学的性質と分類
- (5) 地塊運動
- (6) ダム基礎に関する土地質
- (7) 土地質と地下工事

私は第6テーマの討議において論文発表を行ない、討議に参加した。また、8月21日(水)にはHenry Borden地下発電所と法面崩壊対策工の一日見学に参加した。

7テーマとも本会議(Plenary Session)は独立して開催されたが、討論(Discussion Session)は2テーマずつ重複して開催されたので半数には参加していない。

1. 参加により得られた成果と今後の研究指針

全般的にみて、(1)、(2)、(4)のテーマは基礎研究の色彩が強く、(3)、(5)、(6)、(7)は応用研究の性格が強かった。とくに、応用研究のテーマに各国参加者の関心が強く、発表論文、討論参加、傍聴とも多数を占めていた。

第6テーマ(ダム)にはパネルメンバーを除いて31の論文がよせられ、論文発表者(会議参加者のみ)は11名であった。討論の結果、ダムに関連した土地質上の現在の話題(トピックス)として、下記のものがあるとして提案され、会場参加者の承認を得た。

- (1) 国際的孔井調査方法の統一

- (2) 土地地質における規準化の研究
- (3) ダムサイトの水理地質
- (4) 透水防止工設計への土地地質的評価
- (5) 封じ込め得る範囲の岩盤の透水性の改変

このテーマでの関心は岩盤の透水性をルチオンテストを含めてどのように把握するか、グラウトを中心とする透水防止工法の検討に集中した感がある。諸外国では日本と比べて、ダムの基礎岩盤の支持力には問題がまだまだ少なく、貯水池の有効利用のためにいかにして漏水量を減少させるかに重点があるように思われる。もちろん日本でも岩盤の透水性については研究が行なわれ、さらに発展させる必要性があることは以前から分っていたので、今後、会議の過程や他の研究成果を参考として我々も研究を進める必要のあることを考えている。

2. 国際研究集会派遣制度に対する要望事項

今回は会場内でも活潑な討論が行なわれたが、どちらかと云えば自論の説明のし放しと云った感じがなきにしもあらずであった。一方、一日見学においては現場の地質を前にして、大体三つ位のグループに自然発生的に分れて会場内にまして非常に活潑に討論が行なわれ、予定時間をはるかにオーバーした程である。さらに、見解の相違についてはExcursionの際にまた現場でやりましようとする事になった討論もある。地質あるいは土木のようにField workを重んじる分野では、論文で討論することも大事であるが現場で地質や調査、試験、施工を直接前にして討論することがより充実したものになると考えられる。ブラジル国内の人を除いてExcursionにはほとんどの人が参加するのを当然と考えており、今後は是非Field workに重きをおく分野ではExcursionも出張期間に含めていただけるようお願いするものである。

10. 軟弱岩盤上のダム築造技術に関する研究

飯 田 隆 一

(1) 岩盤力学

現在、岩盤力学で研究の対象とされている岩盤と大別すると、

i) 硬い岩石から成り節理を有する岩盤

ii) 軟い岩石から成る岩盤

に分けられる。

筆者は従来主として前者の研究に従事していたが、最近、後者に属する岩盤上に大きなダムを建設する計画が現われ、後者の研究に着手した段階にある。我国でも岩盤力学の研究者の多くは前者の研究に従事しており、後者の研究に従事している人は一部にすぎない。国際岩盤力学学会大会に出席して、研究の方向を見ると世界的にも前者に対する研究がほとんどで、後者に対する研究は最近になって着手された段階にあるようであった。

この他、前回の大会に比して研究の方向が特徴的に変化しているのが見受けられたが、これらの動向に注意しながら以後アメリカ、ヨーロッパ諸国の大学、研究機関の研究状況を調査して得られた結果を簡単に述べると以下の如くである。

a) 硬い岩石から成り節理を有する岩盤

我国においては、岩盤力学の講座のある大学が少ないことから研究は実施機関の附属研究所を中心として行なわれており、原位置試験を中心に進められて来ているが、欧米でもこの種の岩盤に対しては、Bureau of Reclamationの研究所、Bureau of Mines、Geological Survey、イタリーの I.S.M.E.S.、ポルトガルの L.N.E.C. など実施機関と密接な研究所は原位置試験を中心に進めており、カリホルニア大学など大学では室内試験を中心に、節理の数値モデル化、それに対応した力学特性に研究の方向が向けられていた。

両者は相補って、岩盤力学の研究が達成されるものと考えられるが、原位置試験を中心に進める岩盤力学の研究における我国の水準は極めて高く、ポルトガルの L.N.E.C. において 2、3 試験方法で興味ある示唆を与えられた以外は、我国の方が進んでいると考えられた。

一方、アメリカの大学を中心に進められている節理の数値化とこれらの室内試験による研究は、現段階では実際の岩盤との関連付けが困難で、実用的な段

階に入るのは程遠いが、我国でもこの方向の研究に着手する必要性を痛感した。

節理を有する岩盤の理論的な研究は諸外国ではほとんど行なわれておらず、筆者の行なったこの分野での研究はかなり強い関心を引いたようで、訪問した大学、研究所で詳細な説明を求められた。

b) 軟い岩石から成る岩盤

この種の岩盤の研究は各国とも研究の緒についた段階にあると云える。我国のように地質条件の悪い地点にダムを築造する必要性が生じていないせいか、ダムの基礎岩盤の問題としては取り上げられておらず、主として斜面安定の問題として取り上げられていた。

この分野で注目すべきものは、カリホルニア大学の S laking 現象を粘土鉱物との関連から捕えようとする研究と W.E.S. の S laking を応力変化、状況の変化などの関連から捕えようとしている研究であった。一方は物性論的な方向からの解釈の試みであり、他方は実際的な方向からの研究であり、両者を総合するような解釈は生まれていないが、今後のこの種の研究上極めて重要な示唆を与えていた。

(2) フィルダムの耐震設計

フィルダムの耐震設計については San Fernando Dam の地震による破壊以来極めて注目されており、我国でも地震多発地帯における大規模なフィルダムの建設計画から大きな技術的な問題となっている。特に基礎岩盤が軟弱な場合にはその被害は大きくなっており、この問題は基礎岩盤との関連で捕えていく必要がある。この問題はカリホルニア大学の Seed 教授を中心に進められており、アメリカの実施機関である Bureau of Reclamation も Corps of Engineers もフィルダムの耐震設計法は Seed 教授のものをそのまま用いていた。

Seed 教授のもとでは既にフィルダムの動的解析のプログラムは完成し、これを用いて San Fernando Dam などアメリカでの地震によるフィルダムの破壊例の調査、解析が行なわれており、これにもとづいた耐震設計法も作られている。これらの研究では、水締工法により建設されたこれらの破壊したダムに対しては、流動化現象により実に功妙に説明されているが、締固め工法による最近のフィルダムの地震に対する安全性の判定基準については疑問の点もあり、この点について質問したが明快な答は得られなかった。動的解析法については、動的荷重下における弾性係数、Damping factor の変化などにかなり大まかな仮定が設けられているが、現在我々が得られている試験データからすれば、このよう

な仮定は実際の設計に当っては止むを得ないと考えられた。我国には締固めの度合の異なったフィルダムの模型の地震による破壊実験結果が豊富にあるので、動的解析結果と比較することにより、より進んだ耐震設計法を確立することが可能であると考えられた。

(3) コンクリートダムの新しい施工法

最近、人件費の高騰により入手間がより少ないフィルダムの方が経済的な場合が多く、特に基礎岩盤がよくないときは、コンクリートダムは堤体積が増加し不利になる。しかし、洪水量が多い地点ではフィルダムは余水吐、仮排水路の関係から建設が困難になることも多い。この点を解決するために、従来の施工法とは異なった方法でコンクリートダムを施工することに大きな関心が払われている。イタリアではAlbey Gera Damがフィルダムに近い打設方法で施工され、その工事記録も国際会議に発表され、大きな関心が払われていたが、この問題も調査した。イタリアではAlbey Gera Damの以降、この工法は更に改善され既にQuaira Damではさらに合理化された工法で施工されていた。また、アメリカのCorbs of Engineersでもイタリアの工法よりもフィルダムの施工法に近い工法でコンクリートダムの建設が試みられており、1973年には10mのダムが建設され、1975年には30mのダムがこの工法により施工されることとなった。これらの調査により、施工法の変更による細部設計の変更など、文献には知れ得ない点についても知ることができた。これらの工法は基礎が軟弱で洪水量が多い地点では有効な工法となろう。

1. 試験研究遂行に役立った研究機関の設備環境等

最近の電子計算機とその応用技術の急速な進歩により、我々の分野でも研究手段と研究施設も大幅に変化しつつある。特に模型実験から計算機による数値解析への移行と試験機の自動制御と自動計測とは2、3の研究機関では大幅に取り入れられている。今回調査した研究機関のうち、この点で最も進んでいたのはアメリカのBureau of Reclamationの研究所とイタリアのE.N.E.Lの中央研究所であった。この両研究所においては土質試験、コンクリート試験、構造実験、水理実験において試験機の自動制御、計測の自動化は計算機と試験機および計測器と連動することにより完成しており、レーザー光線による表面ひずみの測定、有限要素法の入力データー作成の自動化など、その他の分野でも設備の合理化、自動化には極めて意慾的であった。

一方、アメリカのW.E.S.、イタリーのI.S.M.E.S.、ポルトガルのL.N.E.Cなどは極めて大規模な完成された実験設備を持ち、これを用いて新しい問題の研究に取り組んでいたが、設備の合理化、自動化の面では明らかに遅れをどうていたし、計算機による数値解析への移行の面でも遅れていた。

これらの実験設備の面からみると、組織に比して大型の施設を持っている機関は、その施設の維持に追われ新しい流れに対して遅れていることが多く、逆にその組織に比して小型の施設を持っている機関と新しい機関が新しい研究手段と研究施設を積極的に取り入れていることが自立的だ。

2. 今後在外研究を行なう者に参考となる事項

今後、在外研究を行なう人に特に留意してほしい事を列記すると、

ⅰ) 自分の主要論文を英訳して持参すること。

ⅱ) 自分の研究課題と受入機関の研究課題と一致させること。

ⅲ) 積極的であること。

などである。

ⅲ)について述べると、今回の出発前に筆者の主要論文2編が約150頁の英文研究所報告として印刷され、これを持参することが出来た。このために訪問した大学、研究機関の主要な人々とかなり深く突込んだ議論をすることができ、これを通じて多くの知人を得ることができた。これは単に自分の評価を高めるだけでなく、日本の技術水準を知らせ、所属する研究機関の権威を高めることになり、極めて重要であると考えられる。

ⅱ)、ⅲ)については外国では言葉の不便と習慣の相違から消極的になりがちである。事実、カリホルニア大学では日本人留学生はかなり多かったが(主として文部省関係で、科学技術庁関係は筆者以外は見かけなかった)、自分の中に閉込まっている人が多かった。このような状態から脱却するには研究課題が全力投球できるものであることが必要であり、また積極的に行動することが必要である。特に欧米人は自分から積極的に出ないと意慾のない人間と見てしまう傾向があるので、この点は特に重要である。

この中で、カリホルニア大学では建設省土木研究所の評判は非常に高く、一般にVisiting Scholarは授業料をとられるが、4年程前から土木研究所の長期在外研究員は非常に優秀だということで、唯一の例外として授業料を免除されていた。

1.1. 河口部におけるヘドロ処理に関する研究

馬場 洋二

(イ) 概要

英国政府環境省水理研究所ではつぎのような理由によりテムズ川の浮遊砂の問題を研究課題として取り上げてきている。すなわち舟運路や河岸のバース（泊地）に微細浮遊砂が沈積して、それらの機能を害し、またロンドン市東部に建設予定の Thames barrier（テムズ川を横断して設ける防潮堰）に関連してその上下流での微細浮遊砂の沈積増大の懸念などのため1967年よりその物理化学的性質の調査、沈降速度などの水理学的性質の調査をはじめ、1970年からはその浮遊濃度の連続測定を実施して現在にいたっている。なお研究依頼者はロンドン港当局および大ロンドン市当局などである。こうした微細浮遊物は現地ではシルトまたは泥 (mud) と称され、多くの点で我国河川河口部のヘドロと類似であるが、ヘドロが合わせ持つ語悪感に相当する意味の現地語は、少なくとも専門家の間には、ない（スラッジという語はこの意味では使われていない）。このシルトが問題となっているのは、淡水と海水の接点—ロンドン市東部—より上流の主として小ロンドン市内である。しかし潮汐の干満差が6 m以上におよぶもので、平常時のシルトの移動量は我国以上に多い。水理研究所では上の問題を取り扱う研究室に配属され、当研究員は主として、河床に沈積するシルトの限界掃流力および浮遊砂量特性の実験的研究に携わった。

(ロ) 水路の粗度係数測定

深さ20 cm、幅30 cm、長さ16.4 mの実験水路の粗度係数をまず測定した。水路は床面および両側壁がグラスファイバー製、天井面がジュラルミン板製の長方形断面閉水路である。実験の結果、水路境界面は、水理学的に滑らかな壁面と考えることができると判明した。移動床面の粗度係数は、水路全抵抗の測定値から、滑らかな壁面の抵抗成分を控除することによって逆算される。この逆算の手続きとして Vanoni—Brooks の方法を用いた。

(ハ) 移動床作製

水路の移動床区間約7.2 mにシルトの移動床をつくるため、はじめ高濃度に溶解したシルトのスラリーを、ジュラルミン製沈殿タンク、長7.2 m、幅30 cm、高1.8 mの中で水中を1.2 m沈降させる。この方法は、均一なシルト層をつくる

上で非常に効果的であった。実験に用いたテームズ川シルトの比重は2.44、強熱減少量は17.9%、有機炭素分4.8%（有機物質は11~12%）、粒度の大きさは、海水条件下で $d_{50} = 0.0041 \text{ cm}$ （標準偏差1.5）、分散剤を用いると $d_{50} = 0.00041 \text{ cm}$ （標準偏差2.8）であった。移動床の厚さは4~8 cm（水深16~12 cm）であり、堆積開始後3日間での見かけの密度は全層厚の平均値で1.10~1.15、8日間堆積で1.16~1.26と自重圧密する。

㊦ 移動床実験

堆積開始後3日目（72時間）、あるいは8日目（192時間）に、限界掃流力および浮遊砂量に関する実験を行なった。実験方法は、バルブ操作により水路床表面に作用する掃流力をコントロールし、水路の観測窓を通して水路床面の浮遊状況を監視しながら、適当な掃流力を長時間維持（0.5~1時間）し、同時に完全に攪拌混合（水路は環流型）された流水を採水し濃度を決定する。浮遊砂濃度の平衡化を待ってつぎのステップの大きい掃流力での実験に移る。限界掃流力はこうした実験の過程で検出し、限界掃流力より大きい掃流力での浮遊砂量の実験も数ケース行なっている。

㊧ 移動床実験結果の整理

限界掃流力に関する実験では、その定義に問題が残っているが、3日間堆積のシルトに対して $u_{*c} = 1.0 \text{ cm/s}$ 、8日間堆積のそれで $u_{*c} = 1.3 \text{ cm/s}$ を得た。これらの値はテームズ川のシルト濃度連続測定結果から求められた値 2.0 cm/s とくらべてかなり小さい値であるが、その差違の原因を議歩した。

時間洗掘率が問題となる実験は1ケースのみであり、他はすべてかなりの高濃度まで平衡濃度が存在するという実験ケースであった。一方この閉水路の運動量拡散係数が同じ水深の開水路の約1/2なので、従来得られている浮遊砂量についての開水路のデータと直接比較することができないことが分かり、比較方法を考察し、2つの比較方法を提案した。1つは総浮遊砂量による方法、他は底面付近濃度の比較方法である。

限られた数のデータからみると、分散剤を用いて求めた5.0%粒径の沈降速度の約20倍の大きさの沈降速度を持つフロックが、河床面付近において支配的な浮遊砂運動を行なっていると推定された。鉛直方向の濃度分布を今後測定すれば、多少し検討を進められる可能性を示唆したが、滞在中に実験の追加と検証はできなかった。

シルト層表面に作用する掃流力を逐次増加してゆくと、限界掃流力を少し越え

けたところで表面に重力波が現われ、同時に粗度増加が認められた。この問題についてはシルト層の粘性係数および弾性係数が関係すると考えられ興味深い現象であった。

本研究が、所属した研究室で初年度にあたるため、実験・研究がなかなか軌道に乗らなかったが、幸い次年度も継続研究すると聞いており、その意味で研究の将来の方向付けができたと考えている。

チームズ川におけるシルト濃度の連続観測体制については、実際に観測に参加し、観測器具やチームズ川の水利現象について見聞をひろめることができた。

1. 試験研究遂行に役立った試験研究機関の設備環境等

(イ) Workshop および電気部門
技術レベルの高い機械・電気技術者を多く抱え、研究者のニーズに応え、計測器・水路製作、同改造を行なってくれる。実験データをとる直前の段階まで全部行なってくれる。

(ロ) Store
多量の物品を貯蔵し、通常必要な実験用物品はサイン1つで即座に入手できた。

(ハ) Sedimentation Laboratory
実験に必要な河床材料の粒度分布や浮遊砂濃度などの決定を、各研究者の手を煩わすことなく一定精度保証の下で代行してくれる。

(ニ) 各研究室の共同研究体制

各プロジェクトに対し、測量や製図部門も含む各研究室は応分に能力を提供している

2. 今後在外研究を行なう者に参考となる事

(イ) 水理研究所パンフレット添付

(ロ) パートギャランティーを狙えること(下記依頼事項参照)

3. 依頼事項—水理研究所の国際交流状況(S.49.8～S.50.7)

(イ) この一年間に水理研究所に長期滞在した外国人研究者の状況を第表-1に示す。

(ロ) 外国人の優秀な人は研究者として採用し、また旧植民地の人間なら下級労働者として雇用できるシステムができて上がっている外、British Councilの

奨学生を後に職員として採用するなど、外国人のWorking for moneyに対して研究所側は非常に柔軟である。日本からのVisitorの当研究員に対しては、いづらか支給しようかという所長の話があった。外国人Visitorに対しても施設利用の完全な便宜を図ってくれる。

(イ) 国内外からの見学者数はおびただしい。

(ロ) 水理研究所員の海外渡航

米大学大学院あるいはデルフト水理研究所へ1年間留学する制度がある(数年に1人程度)。主要な国際会議(ヨーロッパ外)にもそのつど2~3名研究者を派遣している。ヨーロッパ内の国際会議には更に多人数が出かけている。

(ハ) 海外からの受託研究が相当あり、そのための実験打合わせ、視察、結果の報告のための職員派遣があった。逆に研究依頼国からのVisitorsもあった。

10. 誓約書関係

入所および退所の日には公務秘密法を読まされ、それぞれ別形式のフォームに署名を要請された。資料添付が滞英中、この法律違反で逮捕された外国人(経済分野)のテレビ報道があった。

有意義な留学を実現して下さいました科学技術庁の関係の方々に、紙上を借りてまして深く感謝いたします。

表-1-水理研究所国際交流状況 (S. 49. 8~S. 50. 7)

国 名	人員数	地 位	滞在期間	奨 学 金 の 種 類	仕事の内容	資 格
トルコ	1	Staff	数年	Working for money	職員を指導監督して基礎実験	Dr
アメリカ	1	Visitor	3カ月	不 明	研究動向調査	イリノイ大学教授 Dr
ポーランド	1	Visitor	1年	Ryal Society of London	研究所の従来の研究の調査	Dr 政府技術者
スリランカ	1	Staff	数年	Working for money	職員を指導監督して基礎および応用実験	イギリスの大学 卒業者 Dr 政府技術者
スリランカ	1*	Visitor of Staff	6カ月 数年希望	British Council Working for money	模型実験 "	政府技術者
スーダン	3	Visitor	1年	British Council	模型実験	政府技術者
日 本	1	Visitor	1年	日本政府奨学金	基礎研究	政府技術者

- (イ) Staffは給料をもらう研究者、職員、研究レベル向上という目的を含めて、研究環境、給与水準がより良いなどの理由で滞在。
- (ロ) Royal Society of London, British Councilよりの奨学金はいずれも往復旅費、滞在費の支給を含む。
- (ハ) *印の入は32才位で月額手取り11~12万円もらっていた。日本から出かけてもこれ位もらえる可能性はある。

12. 地下水排除による地すべり防止と抑制に関する研究

中 村 浩 之

我国では地下水排除により地すべりを防止する方法は地すべり防止工の有力な手段であり、しばしば用いられている。しかし、これらの工法は経済的に実施されることが多く、十分にその効果を發揮できないこともみられた。

オーストリア、チェコスロバキアには多数の地すべりがあり、対策工が実施されているが、特に地下水排除に対しては独特の考え方に立脚し、その効果をあげている。

一年間のグラーツ工科大学における研究は、主として地すべりの地下水排除に関する諸問題について総合的・多角的に行なわれた。

1) 大規模な暗きょ工

地下水調査の結果、滞水層があると大型土工機械を導入して、短時間に暗きょ（最大深さ15 m、平均5 m程度）を掘削し、水路・玉石などの間詰等を充填し、埋めもどす。我国では地表面下3～5 mの暗きょが掘削されているが、多量の掘削土量や地すべり土塊の安定をそこなう可能性があるということで大規模の暗きょ施工例は少ない、地質・土質等の条件にもよるが、今後の工法は多に活用し、地すべり地内を流動する地下水や地域外からの地下水をシャ断、集水することが可能と考えられる。

また掘削後の間詰に関してはポリエチレン製の水路に、玉石、割栗を入れそれをツゲ、モミなどの小枝でおおう方法や、透水性のポリエステル設置後玉石等を投入して、これらをシートでつつみ、その上部を埋め戻すという非常に簡単な方法をもって手ぎわよく工事を行っていた。

また暗きょ工の配置、間隔決定においては排水理論に基づき、それに経験を加味して排水計画をたてていた。我国では暗きょの配置に関してはほとんど経験にたよっており、したがって対策工を計画するとき重要な意味を持つ地すべり斜面の安定計算に排水効果を算入できなかったが、上述の排水理論にもとづいた算定式を用いることによって、より合理的な対策計画の立案が可能になった。

II) 排水ボーリング

浅層地下水排除工としての短かい横ボーリング、深層地下水排除を目的とした長いボーリング工を用いているが、主としてチェコスロバキアでは長さ100～

150 mの長いボーリングが普通で、最長250 mぐらいのものをを用いることもある。したがって日本におけるようにボーリング長が長くなると中間に集水井を設置することはない。排水ボーリングは上向2~3度程度で、場合によっては水平に掘削している場合もあった。これらの排水ボーリングはなるべく地すべり面に沿うように掘削され、すなわち地すべり地下部でのすべり面勾配は上部に比べて低角度なので、必然的にすべり面に沿うようになる。これらの排水ボーリングを行なうことによって、地すべり地の地下水を低下させ、間隙水圧を減少させ、地すべりの抵抗体となる地すべり下部を強化することを目的としている。特に粘性土の地すべりの場合、発達したクラック内の水を抜くこと、および地すべり運動によりすべり面付近の土塊が乱され比較的ポーラスになっているが、この空隙を満す水を抜くことを目的としている。ボーリングを実施しても我国では地下排除に成功しないボーリング孔をかなり見ることがあるが、チェコスロバキアでは9割程度地下水排除に成功していることは大いに参考になった。

ボーリング孔径も10 cm程度の大きな径をつかい、掘進時にストレーナーのついたケーシングを同時に挿入し、ボーリング完成時には排水パイプが挿入されているので、ボーリング孔破壊によりストレーナーパイプの設置に苦勞することもない。また、なからた。

また切り取り斜面などで発生した地すべりで最初地下水排除を目的でボーリングを施工したが、排水に成功しなかったため、そのボーリング孔を利用してモルタルを注入し、すべり面を硬化し、地すべりを抑止した事例もみられた。

III) 地下水排水壁

適当な言葉がないので地下水排水壁の名を与えたが、大口径ボーリング(口径0.4~0.6 m)を地すべり地に垂直に掘削し、ボーリング孔の壁体をつくり、それにレキ詰めて排水壁をつくり、水平ボーリングを地すべり地外に排除する工法である。またボーリング間隔を0.5 mぐらいにし、孔底を火薬を用いて拡孔し、ボーリング孔を連結することも行なわれた。この工法には利点が多く、非常にしばしば行なわれているが、我国でも今後この工法を直接、またはその応用として多に利用できるものと確信している。

IV) スチールバー挿入による地すべり安定化工法

グラーツ工科大学のフェダー教授の指導のもとにオーストリア(主としてシュタイアーマーク州に多発する粘性土の地すべり地)で多く用いられており、地すべりを抑制することに成功している例を多数見学することができた。原理は地すべ

り地での地下水の移動が電気ポテンシャルの相違により起こるが、スチールバー挿入によって電気ポテンシャルを低下させ、水の移動を阻止し、地すべりを安定させようとする工法である。この研究には土質力学だけでなく、化学・生物学関係の人々の参加もみられ、地すべり防止だけでなく、アンカーを用いたトンネル掘削工法（新オーストリアトンネル掘削工法）にも応用されようとしている。筆者もこの研究に参加し、現地調査、室内試験等行なった。

V) Interpraevent 1975に参加してオーストリアのInnsbruckで1975年9月28日より10月3日までアルプス周辺の国々（オーストリア、西独、イタリア、スイス、フランス）の関係者を中心として行なわれた国際会議で「アルプス山地の自然環境の保全」を目的とし、三部門にわかれて討論が行なわれた。第1部門はなだれ、土石流、地すべり、砂防、洪水等の学術的な研究発表討論であり、第2部門はアルプス山地で毎年大きな災害をもたらす、なだれ、土石流、洪水等の危険地の判定法や危険の予測に関するものである。最近我国で集中豪雨等による土砂危険地判定が問題になっているが、それに必要な参考になる意見や多数の資料を入手することができた。第三部門は山地地帯の自然保全に関する社会的、経済的および水利保護・法律に関する分野であるが、これらの総合的見地にたった問題をこれからわが国でも取り入れる必要があることを感じた。またエックスカーションにおいて、なだれ、砂防、洪水防止およびこれらの危険地判定に関するデスカッションが現場で行なわれた。

1. 試験研究遂行に役立った試験研究機関の設備環境等

オーストリアの高等教育制度は日本のそれと違い、大学院制度がなし、学部卒業時にDiplomのタイトルを得たあと研究を継続したい者は大学の研究室にアシスタントとして残る。グラーツ工科大学では土木、建築、応用物理・化学の三学部よりなり各学部は10研究室程度で構成され広い分野をカバーできるようになっていた。著者もアシスタントとしての待遇をうけ、土質力学、岩石力学、基礎工学等の研究業務に参加することができ、また一般学生との授業も聴講することができた。研究業務は教授により決定され、広い分野においての経験を深めるような努力がはらわれ、研究者と同時に技術者を養成しようとするが行なわれていた。

2. 今後在外研究を行なう者に参考になる事項

オーストリアはドイツ語圏であり、英語圏の国々からの情報量に比してドイツ語圏からのそれは非常に少ないが、一年間のオーストリア滞在の機会を与えられ、研究活動を行なえたということは非常に有意義であった。

とくにアルプス周辺の国々の自然条件がわが国のそれに類似しており、土砂災害に関して共通の問題をかかえており、またチェコスロバキアの地すべりにおいても地すべり調査、対策に関し技術交流を行なう必要を痛切に感じた。

また、学術的な研究に関する情報に比して、技術に関する情報は入手することは困難であるので、実際に情報未知の国に滞在して研究活動を行なうことは、言葉の障害もあるが、非常に重要なことであり、一つの長期在外研究員の行き方であると信じている。

[illegible][illegible]

13. 第4回国際耐風会議（報告）

成 田 信 之

1. 集会における活動内容

今回の集会参加の目的は研究成果の報告および会議中に催された英国ロンドン近郊の関連研究所視察に大別される。会議参加者は表-1に示すように26ヶ国より約200名であり、前回の東京大会での外国人参加者が23ヶ国80名程度であったのに比べると、この4年間の斯界の発展がうかがえる。

表-1 会議参加者（合計199名）

英 国	73	ベルギー、香港	各 2
西ドイツ	23	チェコスロバキヤ、イタリア	
カナダ	16	アイスランド、マレーシア	
日 本	16		
米 国	15	オーストリア、デンマーク	各 1
フランス	13	フィンランド、インド	
オーストラリア	8	ニュージーランド	
オランダ	6	ポーランド、ポルトガル	
スウェーデン	4	南アフリカ、サウジアラビア	
ノルウェー	3	ユーゴスラビア	

さて、今回の会議の主要課題は表-2に示す8課題で、工学的な風の特徴から耐風設計手法の現場への適用にいたる広範囲の内容が含まれる。議題の中心はやはり構造物の動的応答に集中しているのは前回と同様であるが、そのほかに建物

表-2 課題と論文数（合計56編）

課 題	論文数	課 題	論文数
1. 風の特徴	6	5. 環境効果	5
2. 静的・動的風荷重	6	6. 計測技法	6
3. 動的応答 (I)	10	7. 設計基準	6
4. 動的応答 (II)	9	8. 設計への適用	8

まわりの気流などの環境問題も取り上げられているのは時代の流れであろう。

実行委員会より受理された論文は合計56編であり、我国からは土木・建築各3編、共通1編の合計7編であった。これらの論文は9月8日から4日間にわたって発表され討議されたが、その方法は各課題ごとに担当議長が最初にその課題に関する研究の現況と発表論文の概要を紹介し、次いで執筆者が各自の論文の内容を説明し、最後に発表者全員が議長と共にひな壇に上がりフロアからの質問に答えるといったものであった。筆者らの論文 (Some Approaches for Improving Wind Stability of Cable Stayed Bridge Girders) は課題3に組み入れられ、議長はカナダのDavenport教授が担当した。本課題で行なわれた討議では、自然風と相似した風洞実験手法の確立の必要性和実在構造物の対風応答の資料の収集の重要性が強調されたことを報告しておく。

ついでに10日夜には各国より代表者が出席して運営委員会が開かれた。その席では、次回の国際会議を1979年に米国のコロラド州立大学で開催すること、ブロック別幹事にヨーロッパ地区はDr. K. J. Eaton、アジア地区はオーストラリアMonash大学のDr. W. H. Melbourne またカナダ、米大陸地区は米国、Northwestern大学のProj. R. A. Parinelee が選出された。

ホテルで2日間の会議を過ごした後、10日には研究所訪問の見学会が行なわれた。見学先は国立物理研究所 (National Physical Laboratory) と建築研究所 (Building Research Establishment) の2ヶ所が予定されていたがBREコースを選んだ。BREはロンドンの北西25 Km程にあり、最近耐風工学の研究で頭角を現わしてきた研究所で新しい研究施設を多く備えている。風洞実験施設は2つあり、乱流応答と大気の流れの実験が中心である。また、屋外観測システムの充実には感心されるものが多く、機動性をもたせたデータ集録装置は今後の調査研究に有用であろうと首肯された。

2. 参加により得られた成果と今後の研究指針

研究業務に従事するものにとってデータの交換、意見の交換は不可欠である。その意味で今回「国際耐風構造会議」に派遣されたことは大変有意義であり、乱流下での構造物の動的応答についての斯界の動向を見決めるために有効であった。この成果を今後の研究活動に十分活用して行きたいと考える次第であります。

3. 国際研究集会派遣制度に対する要望事項

折角の機会を生かして数多くの研究機関・研究者を訪問し意見交換を行ないたいと考えることは当然であろう。しかし、国費による出張の場合には予算に限りがあるため派遣者数および期間には自ら限界がある。これを打破するためには、いわゆるバック旅行の団体に同行することも許可しては如何なものであろうか？航空運賃が旅費に占める割合が大きいため、このような便法を導入することにより、かなりの枠の拡大が計れるように思われる。

1.4 下水中の窒素の除去と富栄養化防止に関する研究

柏谷 衛

(1) コーバリス環境研究所

本研究では、富栄養化してしまった湖沼の水質回復について、主として研究を行なっている。その手法としては、Ⅰ) 下水中のリンを90%以上除去することによる水質の回復の状況把握、Ⅱ) 湖内に無機凝集剤を注入し、オルトリン酸塩を不溶性リン酸化合物とすることによる効果の把握、Ⅲ) 湖内の水を揚水し、無機塩類による凝集沈殿を行ない、全リンを除去し、放流することによる効果の把握、が主たるものである。これらの研究は実施中でいまだ結論が得られていない。しかし、湖沼の富栄養化防止のためには、湖沼水中の栄養塩類のうち、リンを除去するが極めて低レベルの濃度(0.02mg/l)に維持することにより達成が可能となることが実証されるまでに至っている。その研究過程について聞くと共に討議を行なった。

(2) シヤガワ湖水質改善事務所

本実験場は前記コーバリス環境研究所の下部組織であり、富栄養化したシヤガワ湖に流入する都市下水(ミネソタ州イリー市)の三次処理を行なうことによりリンを90%以上除去し、水質の改善状況を経年的に調査してきている。筆者が訪問した3年目の状況は、湖の周辺部を除いて藻類の異状繁植はほとんどみられなくなるまで水質が改善されていた。しかし、底質からの栄養塩類の溶出があるために、回復のスピードはそれほど早くないとのことであった。

この実証実験は5年間の予定で行なわれているが、シミュレーションによる水質予測計算の結果では、あと2年間で湖のリン濃度は貧栄養のレベルまで低下できることが見いだされている。

(3) シンシナティ都市環境研究所

窒素除去に関する研究は、所内での不連続点塩素処理実験、ブループレインズで下水処理場内パイロットランプでの1段階生物学的硝化、脱窒素処理実験によって行なわれていた。前記の実験は活性炭による各種有機性塩化物および残留塩素の除去を主体とするものである。後者の実験は硝化後の活性汚泥について残留ならびに溶出有機物を使用して脱窒素反応を生じさせ、硝化まで進行している下水中の窒素化合物を窒素ガスの形態で放出させるものである。

前記の実験については、窒素処理によって生ずる有機性塩化物の形態とその濃度、ならびに活性炭吸着によって吸着除去される有機性塩化物の形態とその濃度が問題となる。これらについての一応の研究はすでに終っているが、活性炭と接触させる際の下水のPHの影響などについての実験が不足しているため、室内連続実験装置によりこれを行っていた。

後者の実験については、脱窒素反応後の活性汚泥の浮上防止ならびに窒素除去防止に主眼をおき実用的な実験を行っていた。この方法は既に開発された3段階生物学的脱窒素処理に比べて極めて経済的であり、今後、我国でも重点的に研究開発を実施していく必要があると考える。

アメリカ合衆国環境保護庁の都市下水処理における窒素除去の必要性は、感潮河川、感潮湖沼、内湾の富栄養防止、地下水の硝酸塩濃度の上昇阻止にあると聞かされてきたが、前記についての実証研究は陸水の場合よりも相当遅れている。

(4) カナダ陸水研究センター (CANADIAN FRESHWATER RESEARCH CENTRE)

湖沼の富栄養化研究の権威であるボーレンバイダー氏とは、建設省で調査した霞ヶ浦の水質・水理データを中心に意見を聞いた。彼の意見では、霞ヶ浦の場合には都市下水、家畜排水、工場排水、田畑からの流出水を合わせて平均90%のリンの除去が必要であるとのことであった。

所内では都市下水中の窒素の生物学的除去の研究が多角的にすすめられていた。この研究は3段階生物処理および2段階生物処理に関するものであり、エアレーションタンクを用いた実験のほか、バイオフィスクを用いた実験も行なわれていた。将来方向としては1段階生物学的窒素法を指向している。研究は工学系の研究員によってすすめられており、生物学的な要素は極く僅かしか取り入れられていない。しかし、工学的には硝化、脱窒の反応理論、諸係数の算出、実用上の問題点の解明など非常に優れた研究を実施していた。

(5) 連合王国水研究センター・ステヴェネージ研究所 (STEVENAGE WATER RESEARCH CENTRE)

イングランドについては湖沼・内湾の富栄養化現象はほとんど見受けられないとのことである。これは、湖沼に下水処理水を受入れている例がないこと、河川は比較的その流速が早いこと、北海は潮汐の変動が大きいことがその理由である。しかし、下水処理水の河川水に占める割合が大きいことから、例えばテムス川では、全リン 4 mg/l 、硝酸性窒素 11 mg/l となる場合も生じているとのことである。

イングランドでは下水処理場からの放流水はアンモニアを硝化したうえで放流す

るよう指導してきたが、今後は脱窒素についても実施していかなければならないと語っていた。硝酸塩が10mg/lを越える問題は、在来使用してきた分析法が精度が悪いため、テクニコンを使用した新しい方法に改めたところ、在来の分析法は過少に測定されていたことが判明したという。

(6) スウェーデン水および大気汚染研究所

スウェーデン国内の主たる汚濁物発生源はパルプ製紙工場であり、その排水処理を如何にするかが同国内の大問題である。このため、高濃度排水の処理に効果的である純酸素活性汚泥法に興味をもたれており、我国の実例について相手方から質問を受けることが多かった。都市下水の処理については、湖沼および内湾への放流水基準としてBOD₇ 90%、全リン90%除去が定められており、国も多額の補助金を支出して富栄養化防止に努力している。

本研究所では現在のところ、富栄養化防止に関する研究はやっていない。このため、過去の研究についての説明を受けた。工場排水の毒性に関する研究が現在の主たる研究テーマであり、この方面での研究について多くの示唆を受けた。

(7) デンマーク工科大学

1段階生物学的硝化・脱窒素処理に関する研究をパイロットプラント規模で行なっている。主としてS.R.T.(Sludge Retention Time)と水温との関係について多くの実験を行なっており、寒冷地でもS.R.T.を20~28日に保つこととすれば、硝化・脱窒に関する生物反応は成就されることを見いだしている。

2段階生物処理における脱窒素反応では、有機源としてメタンガス、種々の工場排水を利用して実験したが、ともに良好な結果は得られなかったとのことである。

生物学処理におけるリンの過量摂取(Luxury Uptake)については小規模実験を行なっていたが、いまだ成功していない。

(8) オランダ下水および工場排水処理研究所

本研究所は水路・公共事業省に所属しており、主として国の管理する水域の水質管理を業務としている。オランダには下水処理場放流水についての栄養塩類の基準はなく、このため、内湾を埋立てた湖沼イゼールメールは藻類の異状発生に悩まされている。本研究所では下水処理場に凝集剤を添加してリンを除去する実験を行なったが、この研究成果はいまのところ政府には反映されていない。この研究では、凝集剤添加によるリンの除去のほか、凝集剤含有汚泥の嫌気性消化の実験が実際規模で行なわれており、筆者らの研究に対して参考となることが多か

った。

(9) フランス・アシェール下水処理場

本下水処理場は古くから都市下水の灌漑処理を実施しており、灌漑処理による栄養塩類除去がどの程度のものであるかを知るため訪問した。しかし、この種のデータは極めて少なく、筆者としては一応の目安を得た程度である。しかし、同処理場はよく考えて設計された汚泥の嫌気性消化タンクを所有しており、消化タンクの運転は極めて良好に行なわれていた。このため、筆者らが実施している下水汚泥の消化の研究について、多くの示唆を受けた。

1. 試験研究遂行に役立った試験研究機関の設備環境等

アメリカ、カナダの試験研究機関は設備、環境ともに優れており、とくに水質分析装置は優秀で数も多かった。ヨーロッパの試験研究機関は我国の場合と大差なく、人力に頼って実験、分析を行なっている場合が数多くみられた。実験はパイロットプラントおよび実際装置を用いて行なっている場合が多いが、連続計測機器については、我国の場合の方が一般に優れていた。

オランダの下水および工場排水処理研究所はハーグ郊外のフォルブルグから、イゼールメール内の埋立地に移転したばかりであり、筆者らも筑波移転をひかえている折から、非常に参考となった。

2. 今後在外研究を行なう者の参考となる事項

中期在外研究員の場合には期間的にも比較的短かく、このため1ヶ所でまとまった研究をやるのは困難である。このため多くの研究機関を巡って、そこで実施している研究の内容について聞き、それらの問題について討議することが中心とならざるを得ない。このため訪問すべき研究機関、逢って討議すべき人物の選定を早くから行なっていた方がよい。例えば、北欧などについては日本で入手できる文献が少なく、早くから準備しておく必要がある。

15. コンクリート構造物の耐震設計に関する研究

小 林 茂 敏

1. まえがき

科学技術庁長期在外研究員として合衆国、テキサス大学に派遣されておりましたが、このたび帰国いたしましたので、以下にその成果を報告いたします。

2. 研究目的

中国やトルコその他の諸外国における大地震のニュースや地震予知の話題等によって、国民の地震防災についての関心が高くなってきている。我国は古くから多くの地震を体験しており、耐震に関する技術も高度なものであるといわれているが、1964年のアラスカ地震、1970年のロスアンゼルス地震等を契機に米国における耐震研究も目ざましい発展を遂げている。これらの技術や研究成果を参考にすることは、日本における耐震技術の改善・合理化に当たって有益であると考えられたので、それらの技術を学び、かつ最新の情報を得てくることを目的に在外研究に出かけた。

3. 研究方法

州立テキサス大学オースチン校土木工学科（大学院構造コース）に籍を置き、授業に出席して講義を受けると共に、J.E.Breen教授、J.O.Jirsa教授らが主宰するコンクリート部材の耐震研究プロジェクト（国際地震基金、後援）に参加して、コンクリート部材の耐震研究を実践した。さらに、以下に述べるような国際会議、試験研究機関、行政機関等へ出席あるいは訪問して、情報、資料の収集に努めた。

参加した国際会議

- (1) 日米天然資源会議、耐風耐震部会第7回合同会議

会 場 The National Bureau of Standards ワシントンD.C.

期 間 昭和51年5月18日～21日

接 触 Dr. E.O.Pfrang（米側議長）

- (2) 第2回耐震工学国際シンポジウム

会 場 Stoffer ホテル ミズリー州・St.Louis

期 間 昭和51年8月19日～21日

接 触 Dr. F.Y.Cheng (会議長)

訪問した研究、行政機関

(1) 米國標準局 研究所

場 所 メリーランド州 Gageswarg

訪問日 昭和51年5月18日

接 触 Dr. Hay S.Lew (防災部研究員)

(2) 米運工兵隊水理実験所 耐震研究部

場 所 ミシシッピー州 Vicksburg

訪問日 昭和51年5月25日

接 触 Dr. E.L.Krinitzsky (耐震部研究員)

(3) ポルトランドセメント協会 研究所

場 所 イリソイ州 Skokie

訪問日 昭和51年5月25日

接 触 Mr. Mark Fintel (技術部長)

(4) 米内務省開拓局 研究所

場 所 コロラド州 Denber

訪問日 昭和51年8月23日

接 触 R.B.Hayes (技術指導課長)

(5) ロスアンゼルス市水道局、サンフェルナンド分室

場 所 カルフォルニア州 Los Angels

訪問日 昭和51年8月28日

接 触 (休日のため担当者に会えず)

(6) テキサス州道路局 橋梁課

場 所 テキサス州 Austin

訪問日 昭和51年10月22日

接 触 Mr. J.I.Panick (自動設計部)

(7) テキサス州道路局 舗装課

場 所 テキサス州 Austin

訪問日 昭和51年11月16日

接 触 Mr. R.Burtlers

(8) 米軍工兵隊水理試験所・コンクリート研究部
場 所 ミシシッピー州 Vicksburg
訪門日 昭和51年11月19日
接 触 Mr. J. M. Scanlon (構造研究室長)

4. 研究成果

米国における耐震設計基準の現状

我国における土木構造物の計画、設計は国、地方公共団体、公団等、様々な事業団体によって行なわれるが、使用される設計基準は、すべて国が使用する基準と同じか、あるいは準じたものであるので、地域や団体によって設計概念が大きく異なってしまうことは少ない。例えば橋を例にとれば、国内の道路橋の大部分は道路橋耐震設計基準(道路協会)に従ってなされている。しかしながら米国においては、州、都市、各機関(例えば軍)等によって独自の思想に基づく独自の基準を定めており、これらの基準の間にはかなりの差も大きいので混乱も生じている。例えば、耐震設計を行なう場合、構造物の作られる地域にどの程度の地震が発生するものと想定するか(地域別震度係数)が重要な問題であるが、これらの係数の分布を示す地図が基準によって異なっている。耐震設計の手法も簡易的な震度法によるものから、動的応答解析を用いるものである。それらのうちで、我国によく知られている基準、秀れた耐震基準を有するもの等について、我国では最も秀れている耐震基準のひとつである道路橋耐震設計基準(日本道路協会、1971年)と比較してみる。なお上記道路橋耐震設計基準は、一言で言えば“修正震度法”による設計方法を採用し、設計震度 K は(構造物の固有周期による補正係数) $\times$ (地域別補正係数) $\times$ (地盤別補正係数) $\times$ (重要度別補正係数) $\times$ (重要度別補正係数) $\times$ (基準震度)によって定めている点に特長がある。

UBC設計基準

国際建築会議(米国)が制定した建築基準で北米中部、西海岸地域で広く用いられている基準である。1976年にカリフォルニア構造技術協会(SFAC)の勧告によって耐震設計の部分が書き改められたので、米国における最も新しい耐震設計基準のひとつともいえるものである。この基準で用いられる耐震設計の基本的な考え方は修正震度法と同じもので、設計震度は、(固有周期による補正係数) $\times$ (地域別補正係数) $\times$ (地盤別補正係数) $\times$ (靱性を考慮した補正係数)によって求められている。この基準は1971年制定の旧基準に比べて(地盤別補

正係数」、「重要度別補正係数」を考慮するようになったことや、地域別係数や個有周期の求め方が変更されたことなどが重なる改正点である。前述した我国の道路橋耐震設計基準と同じ水準のものであるが、構造物の「粘り」を考慮して、脆い構造物には安全率を大きくとるための補正を行なっている点は我国よりも進んでいるといえよう。

ロスアンゼルス市建築安全局耐震設計基準

最近出された改訂勧告によれば、耐震設計は一段と高度なものをを用いている。すなわち地震応答の計算はスペクトラルモーグル解析（修正震度法もこの一種である）または動的応答解析に基づく方法のいずれかによって行なうと定めているが、前者による場合の基本応答スペクトラムは、構造物の有する「減衰係数」、構造物の「粘り強さ」をも考慮した関数とし、それらの諸定数の定め方も規定されている。これらの点は高く評価できるものであり、我国における耐震規定の合理化に当たって参考となる点も多い。

AASHTO（米国連邦高速度道路協会）道路橋設計基準は、米国における道路橋に関する設計基準類の基本となっている基準であるが、1973年に大改訂され、荷重係数設計法（極限設計法）も採用されるようになった。ただし耐震規定に関しては震度法が用いられ、特に目新しい進歩はない。

ACI（米コンクリート学会）建築設計基準は、鉄筋コンクリート構造の設計について基本とされている權威のある基準で、我国にも広く紹介されているものであるが、1971年に改訂されて、極限強さ設計法を全面的に採用すると共に、耐震設計に関する特別規定を設け、コンクリート部材の「靱性」を確保するための構造細目を定めている。

1976年には、柱と梁の接合部の設計に関する特別勧告を発表したが、その中では、柱と梁の接合部について「靱性」を確保するための方法についての具体的な指針が示されている。

我国の同種の設計基準類は、規定の細かさ、具体性等についてこの勧告に学ぶべき点が多々ある。筆者はこの特別勧告を作成した小委員会の責任者（J.O. Jersa）から1年直接指導を受けることができたので、非常に得ることが多かった。我国における今後の課題

我国における橋梁のような土木構造物における耐震規定は、通常の規模程度の地震に耐しては一応満足なものであるといえよう。残る問題は、通常規模の地震であっても構造物の形状、地震波の特性等によって偶然に生じる大きな地震応答、

あるいは過去の記録では想像し得なかった直下形地震の発生等によって生ずる大きな地震荷重に対しても、破壊的な被害を被むることがないようにするにはどうするかということである。現在の知識では構造物にある程度の「粘り強さ」を確保しておけばこの目的は達せられるようである。この方面の理論、技術の確立、関係規準類の整備が、我國の耐震技術の課題であると思われる。現在、建設省を中心に実施中である新耐震設計法の開発に関する研究プロジェクトにおいて、このような問題も既に取り組まれているので、その発展が期待される。

5. 試験研究機関の設備環境

テキサス大学について、テキサス大学オースチン校は、1881年創立の州立大学で、学生数43,000人、13学部を有する総合大学である。当初は南部の開拓者に農業、工業の技術を教育するという目的で創立されたものであるが、どちらかといえば言語学、人類学といった分野で名前が知られていた。ところが1945年、大学の所有する土地から大量の石油が発見され、その油田からの収入が年間に180億円(1976年)もあるため、その資金にものを言わせて施設と教授陣の強化が行なわれた結果、現在では米国内では異色の強力な大学として注目されている大学である。筆者はこの大学の工学部土木工学科大学院(構造コース)に属していたが、土木工学科には材料、構造、環境、交通、水資源、衛生工学等6つの大学院コースがあり、キャンパス内の10階建ての学部の建物の他に広大な土木構造物研究所、材料研究所、水理研究所等を有している。教授陣も豊富で、構造コースだけでも正教授は5名いた。学生に対しては奨学金、研究助手としてのアルバイト等の資金的援助が豊富なことと授業料が非常に安い(1学期200〜300ドルで他州の半以下)という点もあって、世界中の優秀な学生が集まり、大学院では半数以上が外国人であった。勉強、研究の環境は極めて良く、大学院以上の学生、研究員に対しては各自に部屋と机を提供し、建物、図書館、コンピューターは24時間使えるようになっていた。テキサス大学における研究の進め方は、教授が研究課題とスポンサーを見つけてきて、大学院の学生にそれを実施させるという方式をとっていた。

科目はプロジェクトに参加して週20時間、その研究のために拘束されるという条件で、月400ドルの収入と卒業論文が書けるという恩典を得ていた。プロジェクトによっては学生だけでなくフルタイムの研究員も採用しており、それら

の入達には月700ドル～1,000ドル位の報酬が支払われていた。日本人は学生が約30名、正教授が3名、プロジェクトの研究員として来ている人が10数名いた。研究プロジェクトの主任教授が人事権を有していたようであるので、これらのプロジェクトに参加を希望する場合には担当の教授に直触するのが最も良いと思われる。一般には博士号を有しているものが採用に当たっては有利なようであるが、適当な紹介者や実績を示す資料の提出によって採用された人もある。これらの研究員に対して渡航費の給付もじたという話は聞いていない。

オースチンでの生活費は、家族連れでは月に1,000ドル位は必要である。したがって研究員あるいは研究助手としてだけの収入で生活するのはかなり苦しい。

国内で給料を得て、それに加えるならば何とか生活が続けられよう。

6. 今後の在外研究者への参考事項

筆者はテキサス大学の修士コースの学生と在籍したので、その場合についての2～3の参考事項を述べる。米国の大学院に正規に入学する為には語学試験(TOEFL)を受けることと大学の成績が平均点80点以上であった事を示す成績証明書が必要である。さらに大学によっては大学院適性試験も受けなければならない。

これらの試験は日本でも受験出来、内容そのものはむずかしくはないが、語学力(ヒアリング、読書速度)がかなり要求される。

これらの試験は大学と直接関係ない第三者によって行なわれるので、コネ等はずまず期待出来ない。したがって正規に入学をしようとする場合には、1年程度前から準備を始めておく必要がある。英検2級程度の能力でも、理科学部にギリギリで入学出来ると思われるが、入ってから語学訓練のコースを受講するという条件が付けられるものと思われる。

入学案内等の情報はアメリカ文化センター等でたやすく入手出来る。このような手続きを得て無事入学した場合でも、10科目以上を履修して平均点を80点以上をとることと、修士論文も提出することを要求されるので、卒業をするためには非常に多忙である。卒業するまでの平均在学年数は1年半位であるが、努力をすれば1年で卒業することも不可能ではない。また卒論等も交渉によっては、帰国後に提出することも可能である。

なお、このような試験類が規定の点数に達しない場合でもSpecial Student(卒業の義務を有しない聴講生)として入学を認められることもあるので留学を

希望する人は希望する大学と早くから接触をして事情を伝えておくことが大切である。

筆者は学生ビザ(F1)で入国したが、在外研究員は交換研究員(B1)、或いは出来ればA1(外交官ビザ)で入国すべきである。学生ビザには一定の時間以上授業に出席し、かつその成績が規定の成績以上でなければならないという義務が付く。途中で研究に専念したり、授業の成績が悪かったりするとビザを取り上げるという心配がある。

留学の目的のひとつは語学をマスターするということがある。その為には積極的に多くの人と接触する努力が必要である。研究室や家庭にばかり閉じこもっていると一年間位米国で過ごしたところで、それほど進歩はしないように思われる。

単身者は米人と共に寮生活をするか、米国の家庭に下宿するのが良いと思われる。

在外研究中は多くのものを見て歩くことも大切であると思う。修士コースを終了する為に夏休みを返上して授業に出席しなければならない場合でも、学期の切れ目には各10日間位の休みが必ずある。これらの時間をフル利用して各地を見学すること、国際会議等に参加してその雰囲気を知ることなどを勧めたい。

7. おわりに
- 科学技術庁、建設省、および関係各位の御配慮により有意義な在外研究を終えることが出来ました。厚く御礼申し上げます。
- 研究成果は今後の業務に出来るかぎり反映させていただき所存でありますことを申し上げて結びと致します。

16. フィルダムの耐震設計に関する研究

北 条 紘 次

(1) カリフォルニア大学におけるフィルダムの耐震設計

フィルダムの耐震設計を行なうためには、大別して次の5段階の検討が必要である。

- 1) 設計地震動の決定
- 2) フィル材料の静的および動的特性
- 3) フィルダムの静的応力の評価
- 4) 動的解析
- 5) 安全性の検討

これらについてカリフォルニア大学で行なわれている検討の概要を記す。

1) 設計地震動の決定

最初にダム計画地点で起こり得る地震の規模が検討される。例えばカリフォルニア州では主要地震としてSan Andreas断層上にマグニチュード8～8.5級の地震が起こった場合が想定され、さらに地方地震としてSan Andreasの派生断層や別系統の地震断層上でマグニチュード6～7級の地震が想定される例が多い。また場所によっては地方地震のみを設計対象として検討する例もある。地震規模が決まると地震を想定した断層からダム地点までの距離による減衰、地質条件、発震機構などを考慮してダム地点の基礎岩盤での最大加速度、地震の継続時間、周波数特性から設計地震波形が決定されている。

2) フィル材料の静的および動的性質の評価

フィル材料の静的特性は三軸圧縮試験の結果から c 、 ϕ を求め、材料の非線型性を双曲線で表わし、応力レベル、歪レベルによって弾性係数、ポアソン比を表わす。また動的特性は動的な三軸圧縮試験、単純せん断試験、ねじりせん断試験や共振実験、速度検層等の組合わせにより低い歪レベルから高い歪レベルまでの各歪レベルにおけるせん断剛性率と減衰率を求めて、材料の動的非線形性を評価している。なお動的試験に当たっては不規則な設計地震動を平均せん断応力を求めて等価均一繰返し応力として与えている。

3) フィルダムの静的応力の評価

フィルダムの静的応力に、最初にフィル材料の非線形性を考慮し築堤過程を

再現した逐次増分解析を行ない、次に浸透流解析を行ない浸透力を求め、最後に逐次増分解析結果を初期応力として浸透力を考慮した応力解析を行ない、静的応力を求める。

4) 動的解析

カリフォルニア大で用いられているフィルダムの動的解析プログラムにはQUAD-4とLOSH、FLOSH系の2種類がある。主としてフィルダムの動的解析用に開発されたQUAD-4に有限要素法により、入力波形の時間増分毎に加速度が直線変化するとして動的応答を求める解析法で、シェフィールドダムやサンフェルナンドダムを始め、多くの水締めフィルダムに使われている。一方、有限要素法による二次動的解析プログラムのLUSHおよびLUSHを更に発展させ3次元の影響を加味したFLUSHはより汎用性のあるプログラムといえ、加速度の時間歴をフーリエ変換して周波数歴に変え動的応答を求め、重ね合わせしたのち時間歴に戻す解析法であり、フィルダムを始め原子力発電所や建物の動的解析に用いられている。両者の解析法に共通した最大の特徴は材料の動的非線形性をEquivalent Linear法を用いて考慮していることとで、動的載荷時のヒステリシスループを表わす方法としてはこの他により複雑なBilinear法、Multilinear法、Curvilinear法等があるが、現在のコンピュータ容量、計算時間、経済性等から実際のフィルダムの耐震設計として使えるのはEquivalent Linear法が限界であり、現状では最適であるとしている。

(5) 安全性の検討

安全性を検討する位置で、静的応力と各時間における動的応力を重ね合わせ、せん断応力時間歴を作成する。さらにこれから平均せん断応力を求め均一繰返しせん断応力に置換えて、材料の繰返しせん断試験結果と比較することにより安全性を検討する。この場合、どの程度のひずみを許すが問題になるが、一般には5%ひずみを許容限界とする例が多い。

(2) ティートンダム破壊に対する調査

研究課題と直接結びつくものではないが、たまたま1976年6月5日、アイダホ州に米国開拓局が建設中のティートンダムが処女洪水ではほぼ満水に近づいた時点で堤体の浸蝕により欠壊し、14人の死者を始め下流一帯に3,000億円以上の洪水被害をもたらした。フィルダムの破壊例は数多くあるが、いずれも近年の土質工学の発達以前に築造されたダムの例であり、最新の設計、施工法により築造

されたフィルダムの完全破壊は世界でも始めてである。したがってティートンダムが破壊に至った経緯とその原因を明らかにすることは我国のフィルダム建設にとっても非常に重要である。

私は7月に単独で、8月末には建設省調査団の一員として現地調査を行ない、またダムに直接関係した開拓局の多くの技術者と議論する機会を持つことができた。ティートンダムの破壊に至るまでの経緯については既に建設省調査団の報告を始め、多くの雑誌に既に報告されているので、ここでは破壊原因と調査を行なって感じた日米のフィルダム築造技術の違いを報告する。

破壊は1月6日付の第3者委員会（内務長官とアイダホ州知事に任命された連邦政府に関連を持たない署名に専門家で構成された調査団）の最終報告によると、右岸キイトレンチのコア内部あるいは着岩部沿いのコア材の内部浸蝕（パイピング）の結果であるとされ、パイピングを起こした原因はキイトレンチ掘削部上下流壁の開口亀裂を通る水流と、コア直下の岩盤中のグラウト不良による水みちか、アーチング作用によるコア内のクラックによる水みちのいずれか、あるいは両者の水みちの組合わせを通る水流であるが、この部分は欠填により流されてしまったためどちらかを断定することはできない。これが破壊の直接的な原因であるが、より潜在的な原因はダムサイトの地質的要因と悪い地質条件を十分考慮することなく決定された右岸キイトレンチ部の設計、即ちキイトレンチとグラウトカーテンの組合わせ、浸蝕され易いコア材料を埋戻し土として使用したこと、グラウトカーテンの信頼過剰等と漏水監視施設がなかったことが指摘されている。

これらの結論は我々日本人技術者にとって非常に納得し易いものであると思われる。何故なら事故直後から感じていたのは破壊当日まで危険信号が出されなかったことに対する疑問と現地調査を行なって感じた基礎処理全般、特にグラウト施工における日米間の違いが指摘される。フィルダムの安全管理にとって漏水管理は最も重要な測定項目である。特に処女湛水時の漏水管理はダムが設計通り仕上っているか、部分的に補修の必要などころはないかを早期に発見するために欠かせないものであり、我国では15 m以上の全てのダムで漏水管理が義務付けられている。この点でティートンダムが漏水管理体制をもたなかったのは批判されて当然で、開拓局の経験から由来した自信過剰が指摘でき、破壊当日まで危険徴候を発見できなかった最大の原因である。一方グラウト施工における日米間の違いはこれまでの両国のダム地点の地質条件の違いに由来する。即ち当初は両国とも地質の良い所にダムが建設され、グラウトは補助的に安全を期すため行な

われたにすぎなかった。このためカーテンは1列で孔間隔も広がったが、地質が良いため特に問題は生じなかった。米国では石灰岩地帯などの特殊な地質を除いてこの方法が踏襲され標準法として現在に至っている。これに対し日本では地質の良い地点はすぐに枯渇し、グラウトも地質に合わせて列数を増し孔間隔を狭くせざるを得なかった。またダム工事全体に占めるグラウト工事の比率が大きくなり、より効果的にグラウトを行なうためのチェックシステムも開発された。事実ティートンダムの地質も米国開拓局のダムの中では最も悪い条件であるとされているが、現地を観察すると最悪のものではなく、日本ではより悪い地質条件で十分な基礎処理を行ない安全なダムを建設している。したがって米国でも今後ティートンダムの反省の上により合理的な基礎処理方法が検討されると思われる。

1. 試験研究遂行に役立った試験研究機関の設備環境等

居室……客員研究員用の部屋（1室2～3名）が設備されており、到着した日に私用の机が割当てられました。他国からの客員研究員と同室ですが、情報交換、文献の貸借、討論、世間話等、環境は申し分ありませんでした。

参考文献の収集および借入……私の所属した Geotechnical Engineering の教授が関係した EERC 報告（地震関係）と T E 報告（土質工学関係）は在庫がある限り無料で入手でき、大学内の図書館は自由に使用することが出来ました。ただ図書の利用率が非常に高く著名な文献は殆んど貸出し中のため所定の手続きをして申込んだ後1週間程度で入手でき、また他の希望者が出ると返納しなければなりません。短期間なら教授室から借りるのが最も便利で、各教授室には関係する文献の殆んどが備っています。

講義の聴講……一般学生は多期毎（秋、冬、春の年3期制）1,000ドル程度の授業料が必要ですが客員研究員は無料で自由に聴講することができます。ただ講義によっては電子計算機を全員に使わせたり、グループ分けして実験を行なうものがありますが、これらには聴講生は参加できません。

教授との面談……研究遂行上、教授の指導、疑問点の討論、問題点指摘等教授との面談は最も重要でまた有意義であった。普通は予め教授に面談を申込み都合の良い日時を決める。どの教授も非常に親切で、また熱心に対応してくれ、疑問に対しては明快に答えてくれた。

その他……その他の施設環境等で電子計算機の利用、実験施設等非常に優れており、殆んどの面で申し分なかったが、ただ文献複写のみは自由にならず、近く

のコピー屋で1枚5セント程度かかるため意外と大きな出費となった。

2. 今後在外研究を行なう者に参考となる事項

私の場合はまだまだ私が留学する前年、土研ダム部長が中期在外研究員としてカリフォルニア大に10月滞在した際、私の留学のための全ての根廻しをしてくれたお陰で受入れが非常にスムーズであった。ただカ大の客員研究員への留学希望は近年のSeed教授等の人気もあり世界各国から申込みが殺到しており、通常の申込みでは難しいと思われる。最も良いのは親日家の教授に親しい紹介者を通してお願いすることで、例えばStructural Eng.ではPenzien教授、Geotechnical Eng.ではLysmer教授が親日家として有名で、日本人留学生の面倒を非常に良く見てくれる。語学力は達者であるに越した事はないが、より重要なのは積極性である。殆んど全ての米国人は日本人に対して非常に親切であり、どちらから問えば親身になって面倒を見てくれるが、だまらていてもしてくれるほどお人好しではない。

17. 道路交通騒音の評価および防止対策に関する研究

金 安 公 造

1. 道路交通騒音の評価指標

道路交通騒音に適用される評価指標について、指標設定の法制度、評価指標ならびに基準値、設定のための調査研究等を調査したが、それらの概要は以下のとおりである。

(1) オランダ

オランダでは1975年9月30日、The Minister of Public Health and Environmental Hygiene (保健環境大臣)は、議会に「NOISE ABATEMENT BILL (騒音低減法案)」を提出しているが、その提案の中には、等価騒音レベル(L_{eq})を評価設定とするとを提案している。そしてまた、道路の建設段階に対応する住宅建設の段階に応じた L_{eq} による規制値の案の検討されているが、公表されていない。

(2) ドイツ

西ドイツでは Verein Deutscher Ingenieure (ドイツ技術者協会)が VDI 標準 VDI 2058 として1973年6月に Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft (近隣作業騒音の評価)を草案として発表している。ここでは、次で定義されている L_r を評価指標として採用しようとしている。

$$L_r = 10 \log \frac{1}{T_B} \sum_{j=1}^n 10^{0.1 L_{mj}} T_j$$

であり、時間別ウェイトを考慮した等価騒音レベル(L_{eq})の考え方である。具体の基準値および適用条件は現在検討中である。

(3) スイス

スイスでは Eidg Amt für Strassen- und Flussbau (および河川建設局連合専門委員会)が1974年3月、Immissionsschutz an National Strassen (国道における環境保全)をまとめており、この中では L_{50} および L_1 を評価指標として採用しており、EASFは、

	L ₅₀ dB(A)		L ₁ dB(A)	
	日中	夜間	日中	夜間
望ましい値	50	40	60	50
要 望 値	60	50	70	60

を提案しているが、法律または基準としては定められていない。

(4) スウェーデン スウェーデンでは Statens Offentliga Utredningar (SOU) 1974 年で委員会の案として、評価指標として Leq を用いることとして、建物内外の望ましい値、期待値（道路種別ごと）を提案しているが、国としての法律または基準としては定められていない。

(5) オランダ Building Research Institute が 1975 年 1 月、The project No. 05-202-2 "The influence of materials and construction on the acoustic climate in dwellings and its effect on residents" の final report を発表しており、Leq による騒音評価の基準を検討しているが、国としては定めていない。

(6) アイルランド 国として特に定めていないが、行政の指導としてはイギリスの規定を準用している。

(7) イギリス 英国においては、The Land Compensation Act 1973 に基づいて、The Noise Insulation Regulation 1975 が 1975 年 10 月 28 日 Stationary Instrument No. 1763 として定められている。

14 の Regulation と 2 の Schedule から構成されており、道路計画との関連において重要なのは 3⁽¹⁾であり、その要旨は以下のとおりである。

"この規定が適用される道路の供用によって、Specified Level^①より小さいレベルの騒音が生ずる、または生ずることが予期される場合には、当該道路管理者は eligible building^②に insulation work^③を行なうか、あるいはそのための費用に相当する補助を行なう。"

ここで、

① specified level とは 68 dB(A) の L₁₀ (18-hour) の騒音レベルをいう。

② eligible buildingはRegulation 7で規定する。また、
および、

③ insulation workとは、建物を騒音から遮断すること、および換気
ならびに日照調整(solar control)を供給することとされている。

(8) フランス

調査時間の関係で特に調査できなかったが、国立中央科学研究所の資料によ
ると、騒音の評価に L_{dn} (昼夜のウェイトを考慮した L_{eq})を用いている例が
あった。

考察

前述のように国として法律に基づいて評価指標および基準値を定めているのは
英国のみであるが、他の諸国においても、ほぼ指標および基準値が案としてま
められている。この場合、英国は L_{10} を評価指標として定めているのに対して、
他の欧州の大陸諸国がほとんど L_{eq} を採用しようとしている。このように英国と
他の欧州の諸国との間で評価指標が異なることは、今後、騒音の評価指標を国際
的に統一しようという気運にある現在、一つの問題となっている。
ちなみに我国は、「騒音規制法」あるいは「騒音に係る環境基準」では、中央
値(L_{50})で評価することを原則としており、欧州諸国とは異なった指標を用い
ている。

2. 評価指標設定のための社会調査

2.1 評価指標設定のための社会調査

評価指標設定のために、道路交通騒音を含めた騒音に対する住民の反応に関す
るインタビュー調査が各国において実施されている。今回の調査研究において主
要な研究者から、調査手法、とりまとめ手法、成果の概要等を得たが、それらの
内容は省略し、以下に入手した資料名を挙げる。

- (1) H.O.Finke, R.Martin and R.Guskin: Effects of Aircraft Noise
on Man, Journal of Sound and Vibration(1975) 43 (2).
- (2) S.Ullrich: Per-Einfluf von Fahrzeuggeschwindigkeit und
Strafenbelag auf den energieaquivalenten Dauerschallpegel
des Larmes, Acoustica, Vol 30, 1974, Heft 2.
- (3) C.hamuve: Human Response to Traffic Noise, Journal of So-
und and Vibration, (1975) 43 (2).

- 4) F.J.Langdon: Noise Nuisance caused by Road Traffic in Residential Areas, Part I, II, III, Journal of Sound and Vibration, (1976), 47 (2), 49 (2).

今後、我国においても道路交通騒音の評価指標を検討する場合、現在、建設省土木研究所が実施しているインタビュー調査の成果と併せて、これら各国の資料で見られる欧州の研究成果は重要な参考資料として価値がある。

3. 道路交通騒音の防止対策

道路交通騒音の防止対策を立てるためには、計画される道路について対策実施以前の予想される騒音レベルおよび対策実施後の予想される騒音レベルを的確に予測できなければならない。そのために欧州各国では各種の道路条件、交通条件、沿道条件等に応じた騒音レベルの予測計算方法の開発が進められている。

前述のように適用している、あるいはしようとしている評価指標が国によって異なるため、予測計算の対象としている騒音レベルは、あるいは L_{10} であり、あるいは L_{eq} であり、したがって手法の細部は異なる。ここでは、それらの細部は省略し、公表されている、あるいは提案されている資料名を以下に挙げる。

- 1) Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NW: Schallausbreitung in bebauten Gebieten, 1975.
- 2) DIN 18005, Teil 1: Schallschutz in Städtebau, Berechnungs- und Bewertungsgrundlagen, Entwurf April 1976.
- 3) Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale: Immissionschutz an Nationalstrassen, Bern, März 1974.
- 4) Institut de Recherche des Transports: Methode de Calcul Automatique des Niveaux de Bruit de Routiere, Circulation Decembre, 1975.
- 5) Department of the Environment, Welsh Office: Calculation of Road Traffic Noise, 1975, HMSO.

道路交通騒音の予測計算方法に関しては、我国では昭和50年2月、日本音響学会が一つの提案をしており、また昭和51年3月、日本道路協会がこの日本音響学会の方法を踏まえた方法を取りまとめている。しかし、これらの方法は道路条件、交通条件、沿道条件等が極めて単純な場合に適用されるものであり、今後これらの条件がより複雑な場合における予測計算方法の確立が急務となっている。

この場合、前述の各国の資料は内容、考え方等において非常に参考となる。

(2) 防止対策

防止対策は大別して、①音源対策、②伝搬時の減音、③建物による遮音、がある。以下これらの項目ごとに各国における調査研究の概要を述べる。

① 音源対策：英国の運輸道路研究所では低騒音車の開発が進められている。また、音源対策の基礎的な調査として自動車騒音の要因分析、路面性状と騒音レベルとの関係、タイヤパターンと騒音レベルとの関係等の調査研究が行なわれている。

② 伝搬過程における減音：道路側の対策として、わが国と同様、遮音壁が用いられている。各種遮音壁の音響特性、現場における減音効果の実測、理論減音値との対比等の調査研究が着実に進められている。また、これらの成果は前述の予測計算方法に採り入れられている。

また、比較的道路用地に余裕があるので、植樹した遮音築堤が設けられている。これは、単に防音対策としてのみではなく、緑化対策としても有効である。

③ 建物の遮音は前述の英国における The Noise Insulation Regulation に見るとおり、あるレベル以上の騒音が予期される場合には、建物の遮音対策が義務づけられている。そのために、建築材料の遮音特性の改善、換気装置を有する二重窓の開発等がスイスの Interkeller AG/SA 社、英国の建築研究所、ドイツの応用物理研究所、ポーランドの建築研究所等で進められている。

4. 試験研究遂行に役立った試験研究機関の設備環境等

比較的長期間（3週間）滞在した英国の道路運輸研究所（TRRL）の設備環境等について以下述べる。

TRRL は London の西方約 100 Km の Crowthome, Berkshire の閑静な田舎町に所在し、3人の Directorate の下に3グループ、20部からなる運輸および道路に関する英国運輸省直属の総合研究所である。

総延長約 5 Km の走行試験路は代表的な実験施設であり、例えば、自動車の走行特性、路面の迂り抵抗、各種舗装工法の耐久試験、自動車騒音の測定等各種の実験がこの試験走路を用いて行なわれており、これらの調査研究は TRRL Report に発表され、国際的にも高く評価されている。

アフターサービスの良く行きとどいた図書館ならびに電子計算施設、安価でメニュー豊富な職員食堂、外来研究員のための宿舎の斡旋等の面において、TRRLの設備環境は世界一流のものといえよう。

5. その他

研究期間中、ワルソーで開催された「76騒音制御会議およびパリで開催された経済協力開発機構道路研究計画第17回運営委員会」に出席する機会を得たが、これらの会議の概要は以下のとおりである。

(1) 76 Noise Control Conference

開催地 ポーランド・ワルソー市文化科学宮殿

開催日 1976年10月13日～15日

参加者数 約370名

発表論文概要

招待論文(9編)

F. Ingleslev

交通騒音対策の計画

M. J. Crocker

H. G. Leventhall

F. P. Mechel

W. Schirmer

前川 純一

P. Lienard

音響伝搬

伊 藤 毅

壁による音の回折

G. Sacerdort

一般論文(76篇)

騒音の伝搬 (9篇)

測定方法 (9篇)

航空機騒音 (10篇)

機械騒音 (6篇)

工場騒音 (10篇)

人体影響 (7篇)

交通騒音 (6篇)

位相消失 (5篇)

その他 (11篇)

基準・規制 (3篇)

合計 85篇

(2) OECD道路研究計画 第17回運営委員会

開催地 フランス・パリ

開催日 1976年11月23日～24日

出席者 加盟国運営委員、事務局等 約30名

議事概要

1. 第16回運営委員会議事録承認

2. 1977年研究計画の討議

VT1 都市輸送分布の管理

VT2 低密度地域における輸送サービス

TS1 都市部および郊外部の交通調査および解析方法

TS2 既成市街地における交通安全

TS3 夜間における交通安全の改善

CM1 沈下性路盤における道路建設

CM2 既存道路橋の載荷容量の評価

以上の各テーマについて研究目的、手法、chairman、参加国等が検討された。

3. 1977年シンポジウム“重量貨物車とその影響”について開催までの準備、日程が検討され1977年11月15日パリーで開催されることが決定された。

4. 1975-76 研究計画の成果の承認

5. 次回運営委員会 1977年5月12日および13日パリー

謝辞

今回の在外研究に際して賜った科学技術庁ならびに建設省の関係各位のご指導と協力に深く感謝する次第である。

表 - 1 在外試験研究機関名等

国名	所在地	試験機関名等		滞在期間
		原 名	邦名(仮訳)	
オランダ	Delft	technisch fysische dienst tno-th	応用物理研究所	9月21日
ドイツ	Braunschweig	Physikalische-Technische Bundesanstalt	連邦物理工学研究所	9月24日
	Köln	Bundesanstalt für Strassenwesen	連邦道路研究所	9月27,28日 10月1日
	Rheinland	Technischer Überwachungs-Verein	技術監督協会	9月29,30日
スイス	Zürich	Interkeller AG/SA	インターゲラー社	10月4日
		Tiefbauamt der Kantons Zürich	チューリッヒ州建設局	10月4日
スウェーデン	Stockholm	Statens Provningsanstalt	応用物理研究所	10月8,9日
ポーランド	Warsaw	Instytut Techniki Budowlanej	建築研究所	10月11日
		76 Noise Control Conference	76騒音制御会議	10月13,14,15日
アイルランド	Dublin	An Foras Forbairtha	国立計画建設研究所	10月18,19日
イギリス	Garston, Watford	Building Research Station	建築研究所	10月21日 22日
	Crowthorn, Berkshire	Transport and Road Research Laboratory	運輸道路研究所	10月25日 ~11月12日
	London	Department Transport	運輸省	11月15日 ~19日
フランス	Paris	OECD, Road Research Programme 17th Session of the Steering Committee	経済協力開発機構道路研究計画第17回運営委員会	11月23日 24日
	Marseille	centre national de la recherche scientifique	国立中央科学研究所	11月25日

18. 第6回世界地震工学会議および地盤・構造物の 相互作用に関する国際シンポジウム(報告)

岩崎敏男

1. 筆者は今回の研究集会で次の5編の論文を提出した。
 - 1) 地盤の動的性質に関する室内実験と現位置試験の比較
 - 2) 日本における地盤流動化現象の歴史
 - 3) 東京湾周辺4地点における地中地震動の特性
 - 4) 震源モデル理論で計算した地震動の工学への応用
 - 5) 地中埋設管の耐震性これら5編の論文のうち、1)および2)の2編については口頭発表の機会が与えられたが、他の3編について論文提出のみとなった。また筆者の論文発生に対しての質疑応答に加えて、筆者らが実施して研究と関連ある論文発表に対して質疑討論を行ない有益な示唆を得ることができた。
2. 上述の2つの国際研究集会に参加することによって得られた主要な成果、および今後の研究指針は次のとおりである。
 - 1) 各種構造物の耐震性と確保するためには、構造物周辺地盤の動的性質と耐震性、地震動の工学的性質、地盤・構造物の相互作用等の究明が重要となることが判明した。
 - 2) 地盤の動的性質と耐震性に関する研究では、過去の震害事例の分析、室内の動的土質実験、現位置における地盤の動的性質等に関する研究が主体となっており、我々も従来から実施しているこれらの研究を今後とも重点事項として継続していく必要が認められた。
 - 3) 地震動の工学的性質に関しては、強震時に得られた加速度記録の統計解析にもとづく研究が主流をしめていると感じられた。我々としては、今後、工学的強震計の増設による強震観測網の充実、およびすでに得られている強震記録の幅広い活用を行なう必要がある。

- 4) 地盤・構造物の相互作用問題については、解析法そのものはある程度進歩し有限要素法等の手法が実用化されている。しかし、解析に用いる力学定数の設定、実験による検証、実際の構造物の挙動の追跡等は明確でなく、今後重点課題として研究する必要がある。特に地震工学に関連する研究としては、地盤・構造物の模型振動実験を行ない、地震時の地盤と構造物の挙動を精密に調査することが重要であると感じられた。
- 5) 震源モデル理論、地震予知の方法に関しては、多数の研究者が強い関心を寄せていた。しかし、いずれも定説は固定しておらず、工学分野の実務へ適用できる段階に至っていないと判断された。これらについては、理学分野の発展状況を考慮しながら、順次実務に反映していくことを検討していくのがよからう。
- 6) 我国における地震工学の研究は、従来から構造物の耐震設計法の高度化という側面に重点が置かれてきた。このため、我国の主要構造物は世界的にみて他に類例のない程、高度な耐震設計がとられて建設されている。しかし、都市における地震災害の軽減をはかるためには、単に個々の構造物の耐震性の研究のみでなく、土地条件、国土利用、生活基幹施設や防災施設の適正配置、救援体制の整備、非常時の情報伝達機構等、我国ではやや立遅れのみられる分野の研究を推進していく必要が認められる。
3. 今回、筆者は海外における国際研究集会に初めて参加する機会を得た。諸外国における研究の現況をある程度把握できたこと、関連する研究を実施している研究者と知己を得たこと、今後の情報交換が容易になったこと、さらには筆者の所属する研究機関における将来の研究の方向に指針を得られたことは、筆者にとって非常に有意義であった。今後も可能な限りこの種の国際研究集会に積極的に参加し、新しい研究動向を把握していくことが重要であると痛感した。

上記の点を考慮すると、本制度をさらに拡充し、できるだけ多くの研究者（国立研究機関の）が国際研究集会に参加できるよう御配慮願うことを切に要望するものである。

謝 辞

末筆ではあるが、今回の機会を与えてくれた科学技術庁および建設省の関係部局の皆様に対して、心から感謝の意を表する次第である。

19. 第15回国際工学国際会議（報告）

豊島 修

1976年（昭和51年）7月中旬、米国のハワイにおいて第15回海岸工学国際会議が開催され、これに参加する機会を得た。

1. 海岸工学国際会議

海岸工学国際会議は、海岸工学に関心をもつ人々が集まり論文を発表し、これについて質疑討論を行なう会議であり、いわば研究集会である。

最近では2年に1回の割で、世界各地でまわり持ちの形で開催されており、日本でも第10回会議が、1966年（昭和41年）東京において開催された。

(1) 会議の生いたち

第2次世界大戦中、アメリカにおいて主として上陸作戦などの軍事的目的から、科学者、技術者の協力により波浪予報や洋海域における波の変形などの研究が活発に行なわれていた。

その後、1950年（昭和25年）10月、アメリカのカリフォルニア州ロングビーチにおいて、米国技術財団波浪研究会議の主催により、第1回海岸工学会議が開催され、これが今日の海岸工学国際会議の端緒となった。

それまでは、汀線問題に関心のある技術者、科学者がロングビーチに集まって、カリフォルニア大学の後援のもとに討論会を込らっていた。

しかし、この海岸線に関する課題についての一般の関心が一層高まってきたので、独創的な科学論文の発表もさることながら、海岸工学の設計および計画に関係した科学技術の現状をとりまとめて、技術者に役立てるべきではないかということになった。

そこで、波浪研究会議は、海岸工学の権威者たちに招請状を出して、それぞれの専門の分野について報告するよう依頼し、権威者たちはこれにこたえて一連の論文を報告した。この時の会議が第1回海岸工学会議であり、その論文集は当時における海岸工学の全貌を初めてまとめたものであって、「海岸工学」という言葉もこの時に初めて用いられたものである。

その後、第4回の会議までは毎年アメリカ国内で開催され、論文の提出も同

国内のものに限られていたが、その間次第に諸外国、特にヨーロッパ諸国の反応が著しくなり、ついに第5回の会議は会場をフランスのグルノーブルに移して開催され、初めて国際会議としての体制が固められるとともに、ヨーロッパ、特にフランスでの研究成果が数多く紹介された。

一方、わが国においても、1954年（昭和29年）11月、神戸市において土木学会関西支部の主催により、第1回海岸工学講演会が開催され、以来毎年国内各地のまわり持ちで講演会が開催されている。この講演会の主催は第2回から1955年（昭和30年）に土木学会の中に設置された「海岸工学委員会」によって行なわれているが、この新設された「土木学会海岸工学委員会」の初仕事として、さきに述べたアメリカにおける海岸工学会議の第1回から第3回までの論文集がほん訳、出版された。

戦後あいついだ海岸災害の復旧にあたり、新しい海岸に関する技術の開発が強く要請されていた当時にとってこの論文集のほん訳出版が、我国の海岸工学の進展に大きく寄与したことはいうまでもない。

(2) 会議開催地とその年次 第1回から第15回までの開催地とその年次は次のとおりである。

- 第1回（1950年）米国、カリフォルニア州ロングビーチ
- 第2回（1951年）米国、テキサス州、ヒューストン
- 第3回（1952年）米国、マサチューセッツ州、ケンブリッジ
- 第4回（1953年）米国、イリノイ州、シカゴ
- 第5回（1954年）フランス、グルノーブル
- 第6回（1957年）米国、フロリダ州、ガニスヴィル
- 第7回（1960年）オランダ、ヘーグ
- 第8回（1962年）メキシコ、メキシコシティ
- 第9回（1964年）ポルトガル、リスボン
- 第10回（1966年）日本、東京
- 第11回（1968年）イギリス、ロンドン
- 第12回（1970年）米国、ワシントン
- 第13回（1972年）カナダ、バンクーバー
- 第14回（1974年）デンマーク、コペンハーゲン
- 第15回（1976年）米国、ハワイ州ホノルル

また、今後の予定として、

第16回(1978年) 西ドイツ、ハンブルグ

第17回(1980年) オーストラリア

が予定されている。

第1回から第5回までは毎年開催されたが、第7回からは名実ともに国際会議として隔年に開催されている。

(3) 日本からの参加

海岸工学国際会議に日本から初めて参加したのは、1960年、第7回のオランダはヘーグにおける東京大学本間教授であり、日本代表として4編の論文を提出した。

第8回のメキシコシティには、アメリカ留学中の1名を加えて5人が参加し、発表論文数38編のうちの7編を提出した。出席者数並びに論文数はアメリカが圧倒的に多く、次いで地元のメキシコであったが質的に見れば我国のものが2位に位していたと思われる。オランダおよびフランスからの出席者も5人であった。

第9回は1964年、ポルトガルのリスボンにおいて開催されたが、この時の発表論文数と参加者は

アメリカ	31編	30人
ポルトガル	9	45
日本	8	6
オランダ	8	11
フランス	5	12
その他13ヶ国	12	26
合計	73編	130人

となっており、第7回に初めて国際会議に代表を送った日本は、次の第8回および第9回ごろから、すでに実質的にアメリカに次ぐ第2の位置を占めていたことがうかがわれる。

なお、これらの実績が反映して第10回会議は我国の東京において、1966年(昭和41年)、土木学会海岸工学委員会が中心となって組織された「第10回海岸工学国際会議組織委員会」によって開催された。

(4) 海岸工学国際会議の主催者

前にも述べたように、この会議の始めの頃は、アメリカの波浪研究会議が主催していたが、後にアメリカ以外の国で開催されるようになってからは、開催

国に設けられる組織委員会と共催で行なわれるようになった。なお、後に都合により波浪研究会が「アメリカ土木学会」の「海岸工学研究評議会」に包含されたので、第10回の東京での会議からこの海岸工学研究評議会と各開催国の組織委員会との共催で開催されている。

(5) 論文審査とプロシーディングの編集

海岸工学国際会議に発表を希望するものは、会議の約1年前に、上記ASCEの海岸工学研究評議会内の「論文審査委員会」に論文概要を送る。受理された論文については、すり上がり約4ページのアブストラクトを提出する。上記評議会はこのアブストラクトを印刷し、会議の際に参加者に配発する。論文発表者は、会議の2カ月前までに20ページ以内の本論文を上記「評議会」に送付、アメリカ土木学会はこれを編集し、プロシーディングとして印刷、一般に販売する。なお、国際会議の席上で発表(代理も可)されなかった論文は、プロシーディングに登載されない。

2. 第15回海岸工学国際会議

第15回の海岸工学国際会議は、1976年(昭和51年)7月12日(月)から16日(金)までの5日間、ハワイのホノルル市において開催された。

(1) 会議日程

今回の会議の発表論文数は、前回のコペンハーゲンにおける153編をはるかに上回る270編(プログラムによる)の多きにわたったため、会議は連日早朝から夕方までビッシリと四つの会場で平行して行なわれた。

まず、開会式が初日12日(月)の早朝8時から始まり10時には早くも初日の論文発表開始というハードスケジュールで、以後毎日朝8時から夕方6時まで、わずかな休憩時間をはさんで連日休みなく続けられ、最終日の16日(金)のみがわずかに早く、夕方4時30分終了という強行日程であった。

(2) 論文発表と討議

会議は、いずれも100人以上収容可能な四つの会場において、同時に平行して進められた。1人当たりの持ち時間は30分間で、論文発表に許された時間は20分、残り10分は質疑討論にあてられた。発表終了と同時に何人かの手があがり、議長の指示によって会場中央の討論用マイクの前で質疑討論が行なわれた。なお、使用語は英語のみが許された。

- (3) 参加者 会議に参加した人員を、会議のプログラムから拾ってみると次のようになる。

アメリカ	220人
日本	43
オーストラリア	31
カナダ	22
西ドイツ	18
オランダ	13
イギリス	12
デンマーク	10
その他20カ国	52
合計	421人

このほかに、夫人あるいは家族の同伴者が少なくとも100人程度は参加したものと推定される。ちなみに、前回のコペンハーゲンでの夫人参加者は117人であった由である。

- (4) 発表論文数

今回の会議で発表された論文数は、会議のプログラムによれば270編に達しており、これを国別に集計してみると次のようになる。

アメリカ	138編
日本	34
西ドイツ	22
オランダ	12
イギリス	10
カナダ	10
オーストラリア	9
デンマーク	9
フランス	8
ノルウェー	3
中華民国(台湾)	3
その他11カ国	17
合計	270

これによると、アメリカは主催国であるとはいえ、1国で過半数を占める論

文を提出している。我国はすでに実質的に世界第2位を占めて来ているが、西ドイツがこれに次ぎ、オランダ以下の国々とかなり大きな差ができています。アメリカ、日本、および西ドイツの3カ国の合計が194編、実に全体の73%を占めるという結果になった。

なお、参考のために前回の第14回会議（コペンハーゲン）における発表論文数をしらべてみると次のようになっている。

アメリカ	50編
日本	18編
西ドイツ	18編
イギリス	16編
カナダ	12編
オランダ	17編

デンマーク	6編
ソ連	5編
ポルトガル	3編
その他13カ国	18編

以上を合計すると、第14回会議の発表論文数は153編、実に全体の73%を占めるという結果になった。

この場合も、アメリカ、日本、西ドイツの上位3カ国で過半数の86編を占めている。開催国のデンマークが6編であり、デンマークに隣接する西ドイツが18編ということから考えると、わが国の18編は大きく評価されるべきであろう。

(5) 論文の分類

会議のプログラムおよびアブストラクトから、今回の発表論文を私なりに分類してみると次のようになる。

高潮	19編
津波・長波	16編
波の理論・碎波	33編
波浪推算・予報	7編
波と流れの測定	8編
波のうちあげ	7編
波力・波圧	28編
海浜・流	7編

防波堤・浮防波堤	1.1 編
突堤・突堤	6
離岸堤	4
ドロス、消波ブロック	9
海岸構造物	16
河口・入江	30
2層流	4
分散・拡散	17
漂砂・海底土砂	27
海岸侵食・海浜地形	22
養浜等	9
合計	270 編

論文総数が270編と非常に多くなったので、それぞれの分野での論文が増加したのは当然のことではあるが、中でも津波関係の16編、ドロス・消波ブロックの9編、河口・入江の30編、環境問題を反映してか、分散・拡散の17編、漂砂関係の27編、海岸侵食関係の22編、および養浜等の9編が目される。

(6) 現場向き論文の概要紹介

今回の論文のアブストラクトの中から、現場に参考になると思われる課題のいくつかを紹介してみよう。

円形ケーソン防波堤（中国、台湾） 港湾の防波堤には、普通矩形のコンクリートケーソンを捨石マウンドの上に並べる型式のものが多く用いられているが、この例は、円形コンクリートケーソンの下部に鉄製刃を設け、ウエール下げの要領で海底地盤に1.5m程度食い込ませた後、まわりに捨石を捨て込む工法を取り、経済的かつ安定度の高い防波堤をつくることができたとのことである。なお、設置位置の水深は防波堤先端部基準面-13.5m、ケーソンの直径は2.4mで中詰めには砂を用い、天端高は+3mとなっている。

海岸堤防の張りブロック（西ドイツ） エルベ川の河口近くの海岸堤防では、重い切石の表のり被覆工が従来用いられてきたが、最近では経済的な理由もあって、0.5×0.5×0.15mの軽いコンクリートブロックが代りに用いられるようになっていたところ、去る1973年の高潮によって、これらの被覆工が大きく被災した。

初めは個々のブロックが浮き上がり次いでその下のフィルター層の砂利（厚さ 0.15 m ）が洗われ、遂にはのり面に直径数 m の大穴（複数）が出た。

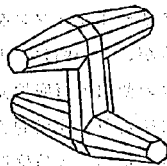
縮尺 5 分の 1 のモデルをつかって模型実験を行なった結果、ブロックを直接コンクリートまたはアスファルトの上に並べた場合でも、一旦少しでも破壊が生じると急速に破壊がひろがり、砂利を敷いた場合よりもかえって悪い結果になることが判明した。

この海岸堤防の表のり勾配は 4 割および 6 割であり、波高も 1.6 m 程度ということであるから、我国でいえば河口部の河川堤防にブロック張りをしたものと考えればよいと思われる。

人工海草による海岸侵食防止（オランダ） 海面より低い土地、ゾイデル海締切り、あるいはデルタプランなどで有名なオランダ。日本でいえば有明海岸や東京湾の 0 m 地帯を連想しがちであるが、周辺部の海岸に砂丘が連なっている所が多い。この砂丘の侵食が最近著しくなって大問題。そこで考え出されたのが人工海草、論文要旨によれば、ポリプロピレンのテープの束の一方の端に重りをつけたもの（ $\phi 150\text{ mm}$ ）を海底に敷き並べるもので、水深 $5\sim 15\text{ m}$ 、勾配 $1:5$ の海底 $80\text{ m}\times 120\text{ m}$ の広さに「植えた」ところ、数週間のうちに 35 cm の厚さに海底に砂がたまり、非常に良い結果を得たので、ひきつづき数箇所の海岸で試験施工中とのこと。

筆者の推察では、波力の強い所では、砂がたまる前に人工海草自体が波力で散乱するのではないと思われるが、海底の状況や海象条件があまり明確ではないので、我国で適用できるかどうかは簡単には結論できない。

新しい消波ブロック「ドロス」 前回のコペンハーゲンにおける 1、4 回会議でも、2、3 の関係論文が提出され、現場見学の際にドロス使用現場を見せられたが、今回のハワイでも、ドロスに関する論文が 8 編を数え、スタディツアールでのホノルル空港拡張工事（サンゴ礁上の埋立による新滑走路）の見学の際にも「ドロス」消波ブロックを見ることができた。



ドロスは図のようにハンマーの柄をひねってつないだような形をしており、乱積みの際に従来のブロックよりも強いかみ合わせが期待できるような形をしているように見える。

ブロックの安定重量は計算に用いられるハンドル公式は、

$$W = \frac{S_r \cdot H^3}{K_D \cdot (r_r - 1)^3 \cdot \cot \alpha}$$

ここに、 W ：ブロック重量、 S_r ：ブロックの単位重量、 H ：波高、 K_D ：常数、 r_r ：ブロックと海水との単位重量の比、 α ：のり面傾斜角。

この「 K_D 」の値が大きい程、使用するブロック重量 W が小さくてすむことになり、より経済的で、かみ合わせがよく、安定のよいブロックということになる。

今回発表されたドロスの K_D 値は、従来の角ばった捨石2.8～3.4（砕波の場合、以下同じ）、テトラポッドの6.6に対して15～19という大きな値となっている。

ブロックの優劣は、消波機能、型枠面積の大小やその形、組み立て・撤去・コンクリート打設の難易・ブロック単体の強度などを含めて考えねばならないが、 K_D の値が20に近いということは注目に値する。

潜堤で囲まれた海水浴場（イスラエル） 一般大衆が自由に利用できる、安全な海水浴場（註、外国では私有海浜がかなり多い）が、1968年イスラエルにおいて計画された。この計画は、安全な公共海水浴場の確保と、背後の公共施設の海岸侵食からの防護との二つの目的をもっていた。

この計画は、1) 潜堤：波高を小さくし、汐の流れと漂砂をくい止め、安全な海水浴水面を確保するために、計画水域を囲んで設置する。2) 突堤：外側（水域の両側）の突堤は潜堤の浜への取付部であり、漂砂を防止する。内側の数本の突堤は、汀線位置と砂浜の幅員を確保するために設置する。3) 護岸：背後の浜がけの侵食を防止するとともに、高潮・暴風時の公共施設の保護のために設置する。4) 養浜：計画の砂浜の広さと海底の浅さを確保するために、他の区域から砂を運んできて、海底および汀線付近に捨て込みし、とり均す、という四つの工事が含まれていた。

工事は1969年に着工、すでに完工している。工事の結果は、1) 安全な海水浴水域40,000㎡が確保され（波高は海水浴シーズン中0.5m以下）、2) 海底はゆるやかな勾配に維持され、従来の岩場の海底も砂で埋められカバーされた。3) 水質は水域の内外とも同様に清浄に維持され、外海の高底のヘドロは水浴場に入り込まなくなった。4) 突堤と護岸により砂浜と背後の公共施設は安全に防護されている。5) 潜堤と突堤などの建設費は安くすみ、今のところ維持費も不要。6) 多くの海水浴客で利用されており、しかも 死ゼロ。というこ

とで報告内容は万事いいてとずくめとなっている。

離岸堤に関する話題 前回のコペンハーゲンでの会議では、離岸堤に関する論文発表は筆者のみであったが今回は筆者の分を含めて4編となった。従来は離岸堤工法は突堤にくらべて高価につき、侵食対策工法としては不適当ではないかとの受け取り方がなされていたが、今回ではいずれも侵食対策内至は汀線安定対策として離岸堤計画が提案されていることが注目される。さらに注目を集めたのは、ミーティングの開催である。

会議の2日目、7月13日の夜7時半から10時すぎまで「海浜安定のための離岸堤工法の採用」というテーマのもとに、これに関心するメンバー数十人が集まり、お互いに持参した資料や現場の状況をスライドで説明し、熱心な討論が行なわれた。

筆者もたまたまこのようなことを予想して、我国の離岸堤の施工例数箇所についての施工前と施工後の比較写真や、突堤で成功した例、あるいは失敗例などのスライドを準備していたのでこれをミーティングの席上で紹介したところ、多くの参加者の注目を集めた。