

退官記念講演 (昭和 45 年 3 月 25 日)

UDC 624.042.7

耐震工学 30 年の歩み

Development of Earthquake Engineering during recent 30 years

岡 本 舜 三

Shunzo OKAMOTO

私が第二工學部にまいりましたのは昭和 17 年 2 月で今日までで 28 年になりますが、この間に皆様からよせられたご厚意によって、実に楽しい研究生活を送ることができました。昨年 11 月還暦を迎え、定年制により 3 月 31 日を以て退官を致すことになりました。退官にあたりここに記念講義を行なう機会を与えられましたことは誠に光榮に存ずるところであり、この 28 年間に主たるテーマとしてやらせていただきました地震工学について、その進歩のあとと私自身の歩みなどを思い出すままに語らせていただこうと存じます。

私が振動學に興味を持ちましたのは大学に来てすぐです。すからすで 28 年になりますがその道に深くは入るようになったのは昭和 23 年におきた福井地震の調査に参加した時からであります。この地震の震源は福井平野の直下にあったので陸地の被害は関東地震をしのぐものがあり、福井平野には家屋全壊率 100% の町も少なくありませんでした。この時は學術會議に大規模な調査団が設けられ、私は土木調査班の班長を命ぜられ、加賀の大聖寺から金津をへて福井市、さらには九頭竜川の上流の方へ調査をして歩きました。何しろ今まで文献でしか知らなかったことを盛だくさんに見ることができたのですから大いに勉強になりましたが、今から思ってもやはりこの眼で見るといことが科学する上にいかに大切であるかということを痛切に感じさせられたのであります。この地震によって戦争でしばらく下火になっておりました耐震工学の研究が再び芽をふき出すことになりました。私自身もこの震害を調査して、構造物の上部構造の振動の研究もさることながら、これを支持する基礎の部分の耐震が鍵であることを痛感し、その後しばらく砂地盤の振動状態での支持力についての研究に従事いたしました。

ちょうどこの研究がまとまりかかった頃パークレーで世界地震工學會議が開かれることになりました。それは昭和 31 年 6 月でしたがアメリカのよびかけで世界各国から地震工学に関心をもつ人達が参加し、日本からは 7 人出席しました。この會議は約 300 人の出席者でカリフォルニア大学で開かれましたが世界の地震工学に関心をもつ者が一堂に会するということはそれまでになかったことなので集ったということだけでも非常に意義深いものでありました。

さらにこの會議は内容的にも非常に注目すべきものを持っておりました。戦前の耐震設計はどういう考へ方でやっていたかと申しますと地震を構造物に水平に働らく静的な力と考へておりました。すなわち構造物にはその部分の重さに比例した水平力を働かせこれに耐えるような設計をすることが耐震設計であるとされておりました。このことは複雑な地震現象を大局においてよく把握しているのですが、正確な設計をしようとするだけでは十分ではありません。明らかに構造物は地震時にはゆれており、地震は動的な現象であり、このゆれるという事実が設計に考慮されなければなりません。構造物の地震時の挙動を動的問題としてとらへるという考へは関東地震の頃にはじまり、理論計算はその後ずっと続けられておりました。しかし構造物は非常に多数の梁や柱からなっているために理論的にはわかっていても、とても設計に実用することが出来ないほど数値計算が煩わしいものでした。ところがアナログおよびデジタルの計算機が発達しこのような計算が比較的容易に出来るような時代になってきました。このために従来の静力学にのっとった耐震設計にかわって動力學にのっとった耐震設計、いわゆる動的設計という考へ方がおきてきて、このパークレーの地震會議で当時計算機の最も発達していたアメリカから発表され非常に関心を呼ぶことになったのであります。

もう一つこの會議で注目をあびたのは日本から発表された地盤や土關係の研究であったと思います。当時は外国の人達は地震時の地盤や土の問題にはほとんど注意をむけていなかったようでした。それはこれらの問題が、骨組の振動とは違って簡単な数式にのらないために実際の地震をほとんど経験していない人々にはまるで未知の世界であったからであろうと思いますが、地震をたびたび経験した日本側から地盤や土の問題がいかに耐震工學上重要であるかが示されたのであります。私も福井地震後やっていた砂の振動時の支持力に関する論文を読みましたが、そんな關係でパネル討論によび出され数人の外人と一諸に舞台の上に座られました。舞台に出たことははじめてで、しかも砂地盤は振動によって締るから地震時には却って強くなるというとんでもない主張が大勢をしめ、私は下手な英語で唯一人 no と頑ばったことが記憶に強く残っております。

計算機の発達によって動的設計ができるということに

* 東京大学生産技術研究所 第 1 部

なり、さらにそれを補う実験的研究に対しては抵抗線歪計という便利な歪測定装置が戦後に実用されるようになってこれが高さの高い可撓性構造を実現させる機運を作りました。それが建築の方では超高層ビルとなり、土木の方ではアーチダムとして実現しました。ダムには種々の形式がありますが地盤の良い場合にはアーチダムが最も経済的に有利であることは諸外国での経験でわかっておりましたがわが国では耐震性に対する確実な保証が得られないのでその実行は躊躇されておりました。ところが先にも述べましたようにだんだんと基礎的研究も充実してきてアーチダム実現の可能性もでてきましたが、そうした環境の中で昭和28年には最初の大規模なアーチダムの実験的研究が行なわれることになりました。これは奥利根に重力ダムを作るための仮締切用のダムとして高さ14mのアーチダムを作りこれについて色々の実測を行なうというもので、東京電力株式会社が計画したものであります。私もこれに参加し北川教授と一緒に雪の中でいろいろな測定を行ないましたがこの研究がその後の日本の尤大なアーチダム建設工事の基礎になっているものでそのときの凍てつくような寒さとともに強く印象に残っております。ひきつづき昭和30年には九州の上椎葉に堤高110mのわが国最初の大アーチダムが出来ました。このダムの工事中および竣工後にその耐震性について数理的なあるいは模型試験による多くの研究が行なわれダムの地震時の安全性についての自信が愈々深められてまいりました。それでこれが完成した後にはアーチダムの爆発的流行となり、黒部ダム、奈川渡ダムなど世界的な高ダムが続々と竣工することになりました。

昭和35年に東京で開かれた世界地震工学会議は耐震工学の進歩の上に学術的にも国際的に見ても画期的な意義をもったものであります。その4年前にパークレーで会議が開かれたときは是非このような会合を今後も続けたいとの声が強くとそれをうけて日本の主催でやったわけですがこれが非常に有意義であったとして、この席上で国際組織設立の準備委員会を作ることが決議されました。私も組織委員の1人として会議の準備や国際組織の設立準備にお手伝いを致しましたが、おかげで会議は成功のうちに終り、また国際組織の準備の方も各国代表の諒承するところとなりました。そして昭和40年1月ニュージーランドで第3回世界地震工学会議が開かれた時正式に国際地震工学会が成立し、初代会長に武藤博士がまた日本を代表する理事に私がおされ、事務局は恒久的に東京におかれることになりました。この会はその後順調な発展をとげ昨年は南米チリで第4回会議が開かれましたが次はローマと内定しており、地震工学の主として学術面の進歩に非常に貢献しております。最近の会議における主要テーマには動的設計を実施してみた経験にもとづく議論が多く、第1回会議で萌芽を見せた動的設計

が10数年の間によく工学として板についてきたのを感じるのであります。

動的設計を忠実に行なうためには地震時に地盤がどんなふうにゆれるかを知ることが必要であります。従来設置されていた地震計では強震の際には地震計の針がとんでしまってこれを記録することが出来ませんでした。それで強震を測定するという事は基本的に重要なことであり、アメリカがまず動的設計に先鞭をつけ、これに成功したのは末広先生の警告をいれていち早く国内枢要地点への強震計設置にふみ切ったからであります。日本は戦争のためこの点立ちおくれましたが昭和27年にSMAC強震計が開発され爾来関係者の努力により現在450台の強震計が国内各地に配置されております。最近では地震ごとに多数のデータがとれ、その記録は強震観測委員会から出版されずで第8輯まで出ておりますが現状はようやく観測組織の基礎ができ、これから内容充実の時期に入ろうとしている段階であると思われま

私もこのことに永らく関係しておりますが、これとは別に地震時における構造物の挙動の詳しい観測も行なわなければならないと前から考へておりました。しかし構造物といっても非常に種類が多く同じ構造物についてもその場所によって地震時の振動が違います。また地震はいつくるかわからないのでそれを測るということは容易ではないのですが、しかし地震工学が科学として発展するためには仮定にもとづく机上の計算だけでは不足なことはいまでもありません。それで研究室の加藤助手と一緒に昭和30年頃からこの研究に着手しました。当時は土木構造物についてはまだそのようなことをした人がなかったので、私どもの研究室が須田貝地下発電所ではじめてこの観測をはじめたとき、何かよほど大きなことをしたかのごとくラジオで放送されてたいへん面喰ったことがありました。しかしこのねらいは誤っていなかったと見え、その後いろいろの機関で各種構造物についてこうした観測が行なわれるようになり今まで任意に仮定していたことの正否が明らかになり、多くの新しい知識が得られております。

この30年間の地震工学の歩みにおいて、さらにひとつ大きな問題が浮び上りました。それは新潟地震やアラスカ地震において地震により地盤の大規模な破壊がおこったことあります。先にも述べたように地震で地盤や土の強度が落ちることは研究者は知っていたのですが一般にはむしろその逆の考をもっている人すらあり、実施設計の方ではなかなかゆきとどいておらず、これらの地震の際にそれが原因となってきわめて大きな被害がおこったのであります。このことが従来と全く骨組構造の方にばかり向けられていた技術者の関心を地盤や土の方に向けることになり、たとえば私の専攻している分野で申しますと最近急速に一般化したロックフィルダムの耐

震性に大きな関心もたれるようになりました。ロックフィルダムは岩のかたまりをつみ上げて作ったダムで見た所あまりかっこうの良いものではありませんが現地できるとれる材料を使える点で実際は非常に優れた構造物であります。こうした石を積み上げた構造物の振動に対する強さというような問題には理論的な取扱い方が確立しておらず今のところは実験的方法の方がいく分でも頼りになる結果を与える段階であります。これに対しては当所の大型振動台は非常に重要な役割を果たしております。

このように最近 30 年間の地震工学の歴史をふりかえって見ますとそれは静的設計から動的設計への転換期であるといえるのであります。今日原子力発電所や超高層ビルやあるいはまた巨大なダムや橋梁が姿を見せるようになったのは、ひとえに動的設計法のためのものであるといっても過言ではないと思います。このように地震工学はこの 30 年でようやく動的設計を身につけましたが今後の問題としては研究面では構造物の損傷機構の解明ならびに経済上の条件を考慮するならば大地震時ほどの程度の損傷までは許すべきであるかということであろうと思うのであります。これらは耐震設計の核心にふれる問題であって現在はようやくそこに進入する時期にきているように思います。

なおこうした技術面のほかに耐震工学には今後大いに努力しなければならないさらに一つの問題があります。それは世界の地震地帯にある国の中にはまだ耐震の面で非常に立ちおけている国が少なくないことでもあります。これらの国々ではもし日本におきれば新聞の片隅に

小さくの程度の地震で何千という人が命を失っておりますがこうした悲惨な事実を目をおおうわけにはいきません。ユネスコはこういう問題の解決にすでに一歩ふみ出していますがこの問題は今後大いにわれわれが協力しなければならぬ問題であろうと思います。一昨々年インドの地震の時は多くの民家がつぶれ、おまけに高さ 103 m のダムに亀裂が入り、水がもり、近づくモンスンの雨期をひかえ一休どうすればいいのかと大問題になったことがありました。私は田村助教とともに現地に出張しましたが、復旧計画を立てるには研究が必要であり、途中で一時帰国しているいろいろ必要な計算と実験を致しました。この時研究室の皆さんが 3 週間にわたって連日連夜深夜まで力をかけて下さったことはまったくの感激でありました。一緒に来ていたインドの技術者の口からそれがインド政府に伝わり政府の高官からとくにこのことを指摘して感謝の言葉をうけましたがこれは研究室の皆様の誠意が海を超えてインドの人々の心を動かしたもとしてその感激は今なお深く心にきざみこまれております。開発途上の国々ではまだまだ人々は地震の危険からは守られておりません。超高層ビルももちろん必要ですが貧しい民家の防災をどうするかこれはわれわれのとくに努力しなければならない仕事であろうと思います。

私事にわたることが多く大変お耳ざわりであったと思いますが、その点をおわびし皆様の御健康をお祈りして私の講演を終らせていただきたいと思ひます。

(1970 年 4 月 7 日)

