

## 初年度の研究活動概要

Outline of research activities in the first one year

田村 重四郎\*

Choshiro TAMURA

「地震による構造物破壊機構解析設備」が稼働して 1 か年を経過した。昨年本誌 35 巻 9 号においてこの設備による研究の概要を説明したが、ここで 1 年間を顧みて報告することは関係各位に現状を知っていただくためにも、また次の研究段階に進進するためにも有益であると考えらる。

初めに設備の概要と研究目的を簡単に再録する。構造物の地震による損傷・被害の過程を力学的に解明して構造物の耐震強度のゆえんを明らかにし、より合理的な耐震設計と耐震構造の確立に資せんとするものであり、在来の大型振動台、構造物動的破壊実験施設等の設備とあわせて、耐震構造の基本的課題の総合的究明を進めている。本設備は大別してつぎの 4 部分からなっている。

- A. 地盤の地震動観測システム (地盤のひずみおよび埋設管のひずみの測定を含む)
- B. 弱小モデルによる地震応答観測システム
  - B-1 鉄骨造弱小モデル
  - B-2 鉄筋コンクリート造弱小モデル
  - B-3 モデル応答観測塔 (塔状構造物の応答および地盤と基礎の間の動土圧の測定、さらに免震装置の応答観測を含む)
- C. 2 次元振動台 (水平 1 方向、鉛直 1 方向)
- D. 2 方向耐力壁および耐力床

A・B は実測的研究のための設備であり、C・D は実験的研究のための設備であって、両者の研究結果が互いに補充し合うことによって、より大きな成果を生むことが期待されるのである。

昭和 58 年 9 月 14 日、地震応答実験棟において完成式典が挙行され一般に公開されたが、これに先立って 8 月 26 日報道関係に説明が行われ、また学内外の関係者に数次に亘って公開された。

この 1 年を振り返って、少数の不調なケースはあるにはあったが、初めての試みであるにも拘わらず全体としてかなり順調に作動したといえる。観測の面から見れば弱小模型が倒壊するようなレベルの地震動はなかったが、総合的な検討を進め得るいくつかの記録を

得ることができた。実験の面でもきわめて効果的に設備が稼働した。以下各項でそれぞれ研究活動・成果が報告されるが、ここでは全体を概説することにしたい。

### 当該地点の地震動について

昭和 58 年度中の千葉実験所を含む地域の地震の震度を地震月報および地震速報 (昭和 58 年 12 月以降) で調査した結果が表-1 である。当該地域の震度を表現するよう、東京・横浜・千葉・館山の 4 点を選び、いずれかが震度 I 以上を示した地震を選び出したものである。ただし、横浜が震度 I で他の 3 点が震度 I に達しない地震は除外してあり、また表中の震度の千葉の欄で \* 印が付されているのは、本地震動観測で記録した地震であることを示している。

当該地点は地表数 m はローム層 (N 値 4~5) でありその下には厚さ 3~4 m の凝灰質粘土層 (N 値 3~5) があり、その下に N 値 30 以上の砂層が続き、良好な地盤といわれる地盤状態である。したがって埋立地や厚い沖積層のある地盤に比して、震度は低目になるであろうことが予想される。地震動の記録装置は、地下 40 m 点に埋設されている加速度計が 1 ガル以上の加速度を感知したとき作動するようになっている。したがって、計器の調整中等のため記録できなかった場合を除けば、\* 印のない地震では地下 40 m 点で地震時の最大加速度が 1 ガルに達しなかったことを意味する。地表より 1 m の深さの観測点では地下 40 m 点の最大加速度の 2 倍またはそれ以上になることが普通である。このように考えるならば震度 II レベルの地震動より記録することになる。表-1 の \* 印に注目すれば、ほぼうなずける結果となっていることが分かる。しかしながら震度 I またはそれに達しない地震で、記録装置が作動している地震もまたいくつかあることに注目する必要がある。震度が必ずしも地震動の強さの物理的な尺度ではないことは衆知であるが、1 つの指標として多用されている現在、発震機構、震源の地域性、観測点の地域性、地盤状態、周期特性等について工学的に震度を検討してゆくことも大切である。構造物の地震応答を動力学的に詳細に検討を行う場合、その地点の地

\* 東京大学生産技術研究所 第 1 部

表-1 昭和58年度に東京湾地域で震度I以上を示した地震および観測された地震

| 発震日時 |    |    |    |    | 震源位置 |      |        |      |      | マグニチュード | 震央距離(km) | 震度  |     |    |    |   |     |                    |          |
|------|----|----|----|----|------|------|--------|------|------|---------|----------|-----|-----|----|----|---|-----|--------------------|----------|
| 年    | 月  | 日  | 時  | 分  | 北緯   | 東経   | 深さ(km) |      | 東京   |         |          | 千葉  | 館山  | 横浜 |    |   |     |                    |          |
| 58   | 4  | 24 | 13 | 48 | 14   | 35   | 54.2   | 139  | 48.9 | 86      | 4.2      | 41  | 1   |    |    | 2 | 南関東 |                    |          |
|      |    | "  | 20 | 21 | 54.9 | 36   | 1.9    | 139  | 56.4 | 55      | 4.4      | 48  | 1   | 1  | 1  | 1 | 北関東 |                    |          |
|      |    |    | 29 | 22 | 39   | 6.8  | 35     | 13.0 | 138  | 47.9    | 2        | 4.7 | 127 | 1  |    | 2 | 1   | 南中部地方              |          |
|      |    |    | 30 | 23 | 3    | 48.4 | 41     | 28.9 | 144  | 2.3     | 76       | 6.7 | 735 |    |    |   | 1   | 北海道南方沖             |          |
|      | 5  | 4  | 10 | 5  | 47.4 | 36   | 4.6    | 139  | 53.5 | 55      | 4.3      | 54  | 2   |    |    | 1 | 1   | 北関東                |          |
|      |    |    | 21 | 11 | 10   | 41   | 35     | 20.0 | 140  | 34.6    | 39       | 4.0 | 53  |    | 1  |   |     | 関東地方南東海岸           |          |
|      |    |    | "  | 19 | 46   | 37.3 | 35     | 17.4 | 140  | 24.7    | 49       | 5.0 | 46  | 3  | *3 | 2 | 3   | 〃                  |          |
|      |    |    | 22 | 3  | 33   | 44.5 | 35     | 17.7 | 140  | 24.6    | 47       | 4.4 | 45  |    | *2 | 1 |     | 〃                  |          |
|      |    |    | "  | 5  | 26   | 36.6 | 35     | 59.2 | 140  | 26.5    | 61       | 4.2 | 50  | 1  |    |   |     | 関東地方東海岸            |          |
|      |    |    | "  | 15 | 13   | 1.9  | 35     | 23.0 | 140  | 21.2    | 40       | 3.5 | 34  |    | *2 |   |     | 関東地方南東海岸           |          |
|      |    |    | 24 | 2  | 55   | 53.5 | 37     | 53.9 | 142  | 2.3     | 42       | 5.8 | 306 | 1  |    |   | 1   | 南部東北地方東方沖          |          |
|      |    |    | "  | 14 | 2    | 49.4 | 33     | 28.6 | 140  | 5.6     | 121      | 5.0 | 238 | 1  |    | 1 | 1   | 八丈島近海              |          |
|      |    |    | 25 | 14 | 24   | 20.9 | 35     | 21.3 | 140  | 27.5    | 47       | 4.4 | 43  | 2  | 3  | 1 | 2   | 関東地方南東海岸           |          |
|      |    |    | 26 | 11 | 59   | 57.5 | 40     | 21.4 | 139  | 4.6     | 14       | 7.7 | 534 |    |    | 1 | 1   | 北部東北地方西方沖(日本海中部地震) |          |
|      |    |    | 30 | 21 | 53   | 46.2 | 35     | 44.6 | 140  | 7.5     | 73       | 4.2 | 13  | 1  | *1 |   | 1   | 南関東                |          |
|      | 6  | 29 | 19 | 55 | 34.8 | 36   | 44.4   | 141  | 19.1 | 42      | 4.6      | 165 |     | 1  |    |   |     | 関東東方沖              |          |
|      | 7  | 2  | 7  | 3  | 41.6 | 36   | 54.3   | 141  | 11.5 | 54      | 5.8      | 172 | 3   | *2 | 1  | 2 |     | 東北地方南部の東海岸         |          |
|      |    |    | 13 | 15 | 13   | 39.0 | 35     | 44.9 | 140  | 9.4     | 73       | 4.2 | 14  | 2  | *2 |   | 1   | 南関東                |          |
|      |    |    | 18 | 14 | 11   | 35.1 | 37     | 19.9 | 141  | 40.4    | 35       | 5.2 | 236 | 1  | 2  |   |     | 東北南部東方沖            |          |
|      | 8  | 8  | 12 | 47 | 58.6 | 35   | 31.1   | 139  | 1.5  | 22      | 6.0      | 99  | 4   | *3 | 3  | 4 |     | 関東地方中部地方境界         |          |
|      |    |    | 10 | 1  | 51   | 31.4 | 35     | 33.0 | 138  | 57.9    | 25       | 4.4 | 104 | 1  | *  | 1 | 3   | 中部地方中央部            |          |
|      |    |    | 14 | 15 | 2    | 4.5  | 35     | 32.4 | 140  | 0.8     | 64       | 4.0 | 13  | 1  | *  |   |     | 東京湾                |          |
|      |    |    | 16 | 22 | 37   | 17.1 | 36     | 42.3 | 141  | 19.6    | 45       | 4.8 | 162 | 1  |    |   |     | 関東地方東方沖            |          |
|      |    |    | 18 | 12 | 25   | 27.0 | 36     | 1.6  | 139  | 46.6    | 85       | 4.4 | 54  | 1  |    |   | 1   | 関東地方北部             |          |
|      | 9  | 2  | 12 | 5  | 47.0 | 36   | 40.0   | 141  | 1.1  | 49      | 5.2      | 142 | 2   | *2 |    | 1 |     | 関東地方東方沖            |          |
|      |    |    | 6  | 16 | 37   | 17.5 | 38     | 10.2 | 142  | 4.5     | 39       | 5.3 | 333 | 1  |    |   | 1   | 南部東北地方東方沖          |          |
|      |    |    | 11 | 0  | 25   | 23   | 35     | 40.6 | 140  | 43.8    | 52       | 4.4 | 56  |    | *  |   |     |                    |          |
|      | 10 | 3  | 22 | 33 | 35.9 | 34   | 0.2    | 139  | 30.9 | 15      | 6.2      | 188 | 2   | 1  | 3  | 2 |     | 三宅島付近              |          |
|      |    |    | 4  | 12 | 1    | 41.5 | 33     | 59.0 | 139  | 33.3    | 17       | 4.4 | 189 |    |    | 1 |     | 〃                  |          |
|      |    |    | 15 | 11 | 58   | 8.1  | 36     | 5.3  | 139  | 53.4    | 56       | 4.7 | 55  | 2  |    | 1 | 1   | 関東地方北部             |          |
|      |    |    | 16 | 19 | 39   | 12.8 | 37     | 8.2  | 137  | 58.5    | 15       | 5.1 | 255 | 1  |    |   |     | 中部地方北部海岸           |          |
|      |    |    | 17 | 4  | 59   | 15.4 | 36     | 1.0  | 138  | 53.2    | 141      | 4.9 | 119 | 2  |    | 1 | 2   | 関東地方北部             |          |
|      |    |    | 28 | 10 | 50   | 32.4 | 36     | 12.2 | 140  | 1.4     | 60       | 5.1 | 65  | 3  | *3 | 1 | 2   | 〃                  |          |
|      |    |    | 28 | 19 | 20   | 57.0 | 36     | 1.8  | 140  | 8.2     | 74       | 4.2 | 45  | 1  |    |   |     | 〃                  |          |
|      | 11 | 24 | 10 | 23 | 36.4 | 34   | 43.9   | 137  | 42.5 | 36      | 5.0      | 239 | 1   |    |    | 1 |     | 中部地方南海岸            |          |
|      |    |    | 30 | 5  | 59   | 51.0 | 32     | 39.1 | 140  | 11.7    | 124      | 5.6 | 330 | 1  |    | 1 |     | 八丈島付近              |          |
|      | 12 | 7  | 17 | 22 | 34.0 | 34   | 00     | 140  | 17   | 80      | 5.2      | 181 | 1   |    | 1  |   |     | 房総半島南東沖            |          |
|      |    |    | 17 | 9  | 11   | 34   | 35     | 30.8 | 140  | 5.1     | 27       | 3.5 | 12  |    | *  |   |     |                    |          |
|      |    |    | 30 | 11 | 30   | 40.2 | 35     | 41   | 140  | 43      | 50       | 5.4 | 55  | 3  | *3 | 2 | 2   |                    | 銚子付近     |
|      |    |    | 30 | 13 | 59   | 15.8 | 35     | 42   | 140  | 48      | 60       | 5.2 | 63  | 1  | *1 | 1 | 1   |                    | 〃        |
|      |    |    | 31 | 00 | 33   | 11.4 | 35     | 46   | 140  | 55      | 60       | 4.2 | 75  |    | 1  |   |     |                    | 〃        |
| 59   | 1  | 1  | 18 | 04 | 37.3 | 33   | 16     | 136  | 59   | 400     | 7.4      | 388 | 4   | *3 | 4  | 4 |     | 東海道はるか沖            |          |
|      |    |    | 2  | 18 | 22   | 26.9 | 36     | 08   | 139  | 54      | 60       | 4.2 | 60  | 1  |    |   |     |                    | 茨城県南西部   |
|      |    |    | 17 | 20 | 13   | 40.6 | 36     | 27   | 141  | 13      | 40       | 5.6 | 135 | 3  | *2 | 1 | 1   |                    | 茨城県沖     |
|      |    |    | 18 | 00 | 32   | 56.3 | 36     | 27   | 141  | 13      | 40       | 5.8 | 135 | 3  | *2 | 1 | 1   |                    | 〃        |
|      | 2  | 13 | 18 | 40 | 24.4 | 34   | 10     | 140  | 05   | 100     | 5.3      | 162 | 2   | 2  | 2  | 2 |     | 三宅島近海              |          |
|      |    |    | 14 | 01 | 53   | 0.8  | 35     | 35   | 139  | 05      | 20       | 5.4 | 93  | 3  | *  | 1 | 3   |                    | 神奈川・山梨県境 |
|      |    |    | 16 | 22 | 42   | 51.9 | 34     | 01   | 137  | 11      | 340      | 5.8 | 321 | 1  |    |   |     |                    | 遠州灘      |
|      |    |    | 21 | 20 | 52   | 52.3 | 36     | 09   | 140  | 05      | 70       | 5.0 | 59  | 3  | *1 | 1 | 1   |                    | 茨城県南西部   |
|      |    |    | 23 | 00 | 22   | 44.2 | 34     | 30   | 139  | 26      | 20       | 4.7 | 139 |    |    |   | 1   |                    | 伊豆大島近海   |
|      | 3  | 6  | 11 | 18 | 20.4 | 29   | 28     | 139  | 08   | 460     | 7.9      | 690 | 4   | *4 | 4  | 3 |     | 鳥島近海               |          |
|      |    |    | 16 | 09 | 46   | 50.1 | 36     | 43   | 141  | 32      | 40       | 5.2 | 176 | 1  |    |   |     |                    | 茨城県沖     |
|      |    |    | 26 | 03 | 59   | 32.9 | 37     | 18   | 141  | 42      | 40       | 5.3 | 234 | 1  |    |   | 1   |                    | 福島県沖     |

震動を正しく把握する必要のあることは震害調査結果の示すところであるが、本地震観測結果もまたそのことを指し示している。

表-1には54個の地震があげられているが、千葉では震度IIが9回、震度IIIが6回、IVが1回であり、最大加速度が地上1m点で25ガルを超えたのは本年1月1日に発生した紀伊半島より南東約100kmに震央をもつM=7.3の地震(EW方向25.3ガル、NS方向24.3ガル)および3月6日鳥島近海に発生したM=7.9の地震(EW方向22.5ガル、NS方向28.1ガル)であった。

上述のような地震環境のもとで地盤の加速度・ひずみ、埋設管の変形、鉄骨造弱小モデル、鉄筋コンクリート造弱小モデル等の地震観測が実施され、25ガルを超えた2つの地震動を含めて多くの地震動を記録することができた。以下各項ごとにその研究の概要をまとめることにする。

地震動の高密度アレー観測を始めてからすでに2年を経過し、本年6月11日までに50個の地震を記録している。また地盤のひずみの直接観測と埋設管の変形の観測は1か年半になる。今までに測定精度の基本である埋設地震計の設置方向の検討方法、変位波形の計算方法等について研究を進めるとともに、資料の蓄積に伴い、加速度波形から算定しに変位を、地中に構成する3次元有限要素の各節点に与えて算出した地震時の地盤のひずみと、埋設管の管体ひずみの実測値とを比較した結果、両者はよい一致を示すなど定性的・定量的な成果を得ている。

柱崩壊型および梁崩壊型にそれぞれ設計された高さ約5mの5階建の2基の鉄筋コンクリート造弱小モデルは、入力加速度80ガルで崩壊するよう設計されている。これらのモデルはあらかじめ実施した人工加振による自由振動実験と解析により、その動的性質が検討された。前述のように本年1月1日および3月6日の2回震度IV相当の地震動を受けたが、最も大きな加速度を記録したのは前者の場合で屋上床で約120ガルに達した。地震観測の過程で実施した振動実験を含めて、これらの地震により柱崩壊

型モデルの柱の一部にヘヤークラックが発生したことが確認されている。

鉄骨造弱小モデルは80~100ガルで引張降伏・座屈が発生するよう設計されているII型と、これより高い耐力をもつI型の2ケのモデルである。II型については本年5月までは検討期間として、補剛した状態で地表観測を行っているが、これらのモデルで前記の2つの地震の記録に成功している。また別途築造したII型モデルを耐力壁および耐力床を使用して、電算機一試験機オンラインの破壊実験を実施し設計条件の適合性を調べている。

モデル応答観測塔は地下1階(2.5m)、地上4階(10m)の8角形のRC構造で、塔状構造物のモデルとして地震観測を行うのみならず、上記弱小モデルの地震応答を光学的に記録するとともに、地下1階の壁面および底面に作用する動土圧の観測を行っている。25個の土圧計は観測塔のロッキング振動によるとみられる動土圧を記録することができた。

免震装置の地震応答は、2次元振動台によって行われた動特性の実験的研究によって検討され、この成果を背景にさらに実地震における応答特性を調査してその実用性を確かめるためこれをモデル応答観測塔の3階に設置し、地震観測を行っている。すでに数例の地震記録が得られているが、特に水平動に対し高い免震性能を有していることが認められている。

新設された2次元振動台は前記の免震装置の動特性、各種形状の貯水槽のスロッシング、盛土の安定性、フィルダムの振動破壊等の実験のため、週単位の使用期間きざみで極めて有効に使用された。

上記のほか、大型振動台、構造物動的破壊実験施設は定常的に機能し、また化学プラントおよび貯槽モデルの地震観測も継続的に行われている。

以上この1年の研究活動の概要をのべたが、資料の分析と新しい資料の蓄積によって耐震工学の進展に寄与できるものと考えている。詳細については各項の報告を参照されたい。  
(1984年8月16日受理)

