

# プラント応答観測実験速報 (I)

Observation of Responses of Equipment and Pippings of Model Plant to  
Natural Earthquakes in Chiba Field Station

重田達也\*・利光 聡\*・大槻 茂\*・柴田 碧\*

Tatsuya SHIGETA, Satoru TOSHIMITSU, Shigeru ÔTSUKI and Heki SHIBATA

## 1. ま え が き

文部省科学研究費一般研究Bによる研究計画としての構造物応答試験体(図1)が千葉実験所内に完成した。9月~11月の間に観測された結果について概報する。本研究計画は一般プラントにみられるような塔槽類・配管などの構造物の自然地震に対する応答の研究のためのものである。一般の加速度応答倍率のほか、長周期変位波およびねじり振動の計測も行なわれている。

## 2. 試験体と測定法の概略

構造物応答試験体は、建屋および建屋屋上、周辺に据えつけられた鉄柱、横型タンク、縦型タンク、吊りタンク、配管等プラントでみられる種類の構造物で構成されている(図2)。建屋は鉄筋強化コンクリート、地上一階、地下一階であり、底面は関東ローム層( $N=4$ )に直接載

っている。開口部は東西両面の扉だけで、他は壁である。各種タンクは外径512mm、肉厚6mmのスパイラル鋼管を使用しており、配管は4B鋼管(外径114.3mm、肉厚4.5mm)を使用している。また、吊りタンクの防振に使用している4本のバネ防振器(バネ定数は6.8kg/mm)で、横振動を抑えて鉄骨の構造(100×100×8mm、H型軽量鋼)に吊ってある。架構の組立は溶接によるが、一部ボルト締めである。構造物各部における応答測定には抵抗線型加速度計(120A-5H型、5G、共和電業製)を使用している。また一部構造物材間の相対変位の測定には差動型変位計(6114型、新光電機製)を使用している。記録は主として電磁オシログラフを使用している。また入力地震波の測定は、建屋北側の仮設建屋(木造平屋)の中に設けたコンクリート床と

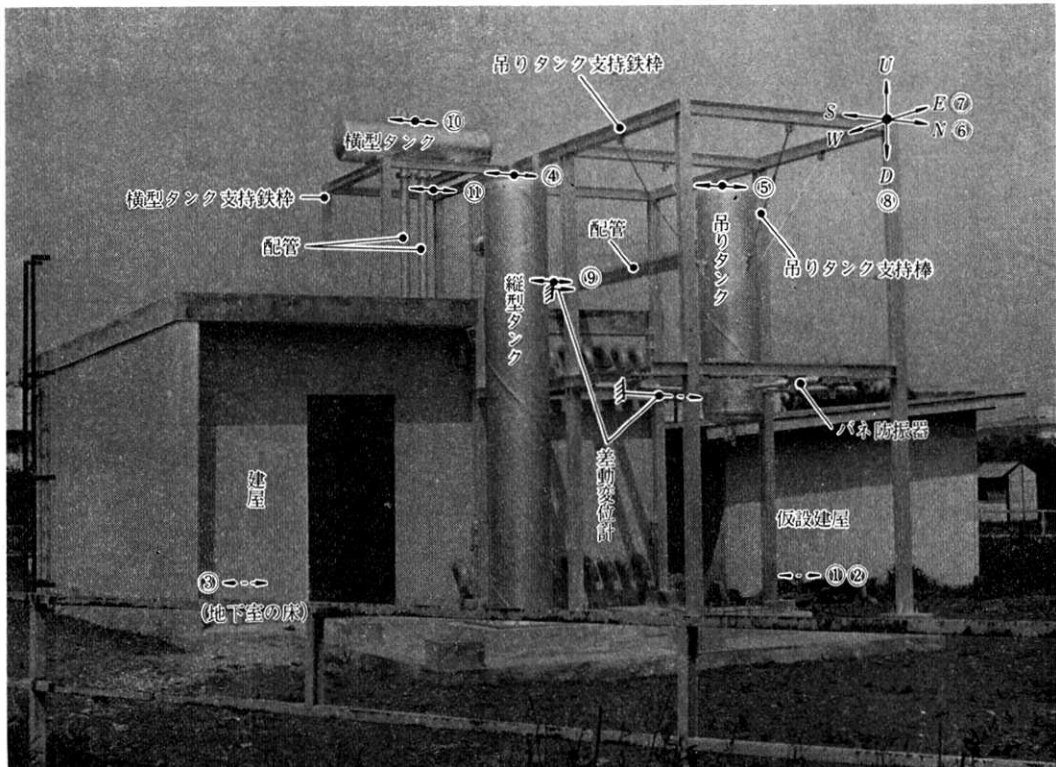
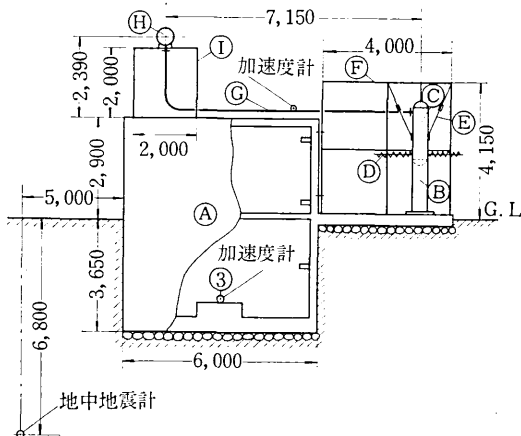


図1 試験装置

\* 東京大学生産技術研究所 第2部



- Ⓐ 建屋 (5,000×6,000×6,550)
  - Ⓑ 縦型タンク (263 kg, 500\*×3,500)
  - Ⓒ 吊りタンク (560 kg: 満水, 500\*×2,000)
  - Ⓓ バネ防振器 (6.8 kg/mm×4 本)
  - Ⓔ 吊りタンク支持棒
  - Ⓕ 吊りタンク支持鉄棒 (H 型軽量鋼, 100×100×8)
  - Ⓖ 配管 (4B鋼管, 2 本, 約 100 kg/本)
  - Ⓗ 横型タンク (560 kg: 満水, 500\*×2,000)
  - Ⓘ 横型タンク支持鉄棒 (H 型軽量鋼, 100×100×8)
- 図2 試験装置側面概略図 (南面)

切り離されたコンクリートブロック (1×1×1m) 上で行なった。地表面での加速度を抵抗線歪計式加速度計 1 個、動電型地震計 1 個により比較測定を、また変位波形を長周期用変位計 (MTDH-3C, 保坂振動製) で測定した。なお測定はすべて N-S 方向に当面限定している。

### 3. 測定結果

測定された記録結果の内より比較的よいものについて整理した。図3は各所の地震加速度応答記録の一例である(ただし感度は測点ごとに異なる)。記録オシログラフ上の ① 波が地表面の抵抗線歪計式加速度計によるもの

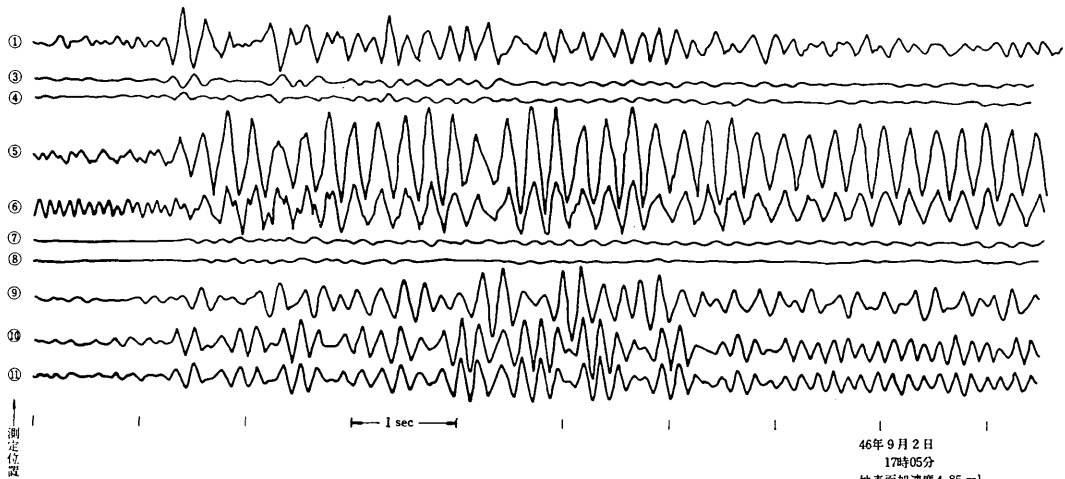


図3 地震応答波形のオシログラフ記録の一例

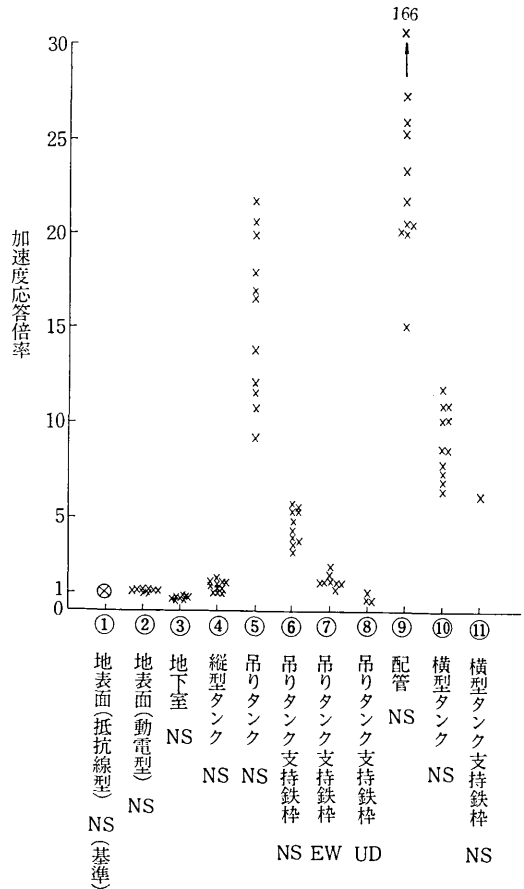


図4 地震時における試験装置の各所加速度応答倍率

で、これの最大値を基準にして応答倍率を算出した。表1、図4で示すように柔な構造体各部の加速度応答倍率はかなりのバラツキを示しているが、一部を除いては期待したよりはすくない。これに対し直接地表に固定され

表1 地震別応答観測記録と解析結果

地震記録 年月日 時刻	震源地	震度	測定位置	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
				(抵抗線型) NS	(動電型) NS	地下室 NS	縦型 タンク NS	吊り タンク NS	吊り 支持 鉄柱 NS	吊り 支持 鉄柱 EW	吊り 支持 鉄柱 UD	配管 NS	横型 タンク NS	横型 タンク NS	吊り 支持 鉄柱 NS	下部 変位 NS
46. 9. 2 17:05	千葉東方沖 (深さ 60km)	I: 東京, 館山, 網代他 II: 千葉 III: 勝浦	加速度	4.85	—	3.42	6.97	100	23.65	22	3.28	805	38.2	32.1	0.156	
			応答倍率	1	—	0.705	1.43	20.64	86	1.07	0.667	166	7.87	6.62		
46. 9. 8 16:25	福島県沖 70km (深さ 40km)	I: 宮古, 盛岡, 横浜他 II: 仙台, 東京, 千葉他 III: 水戸, 福島他	加速度	3.12	—	—	3.09	52.9	12.74	8.2	1.87	64.2	31.8	—	—	—
			応答倍率	1	—	—	0.991	17.03	21	1.55	0.600	20.6	10.2			
46. 9. 13 02:10	東海道はるか沖	I: 宇都宮	加速度	1.49	—	—	2.28	32.4	8.48	—	1.58	32.6	16.3	—	0.104	
			応答倍率	1	—	—	1.53	21.75	69	—	1.06	21.8	10.9			
46. 9. 21 17:43	新潟県南部 (深さ 180km)	I: 東京, 千葉, 網代他 II: 宇都宮, 宮古他 III: 小名浜, 水戸	加速度	2.34	2.38	1.99	3.47	32.3	8.48	5.72	—	46.9	17.3	—	0.0307	0.0153
			応答倍率	1	1.02	0.850	1.48	13.83	57	2.44	—	20.1	17.40			
46. 10. 30 8:54	埼玉県南部 (深さ 50km)	I: 東京, 宇都宮, 秩父 II: 熊谷	加速度	0.714	0.902	0.562	1.28	14.2	3.81	1.10	—	19.5	7.38	—	0.0114	
			応答倍率	1	1.26	0.787	1.79	19.95	33	1.54	—	27.3	10.3			
46. 10. 30 23:17	東海道沖 (深さ 200km)	I: 東京, 宇都宮, 白 河	加速度	1.60	1.65	1.06	1.51	26.6	8.63	3.17	—	32.3	13.8	—	0.0160	0.0543
			応答倍率	1	1.03	0.663	0.944	16.65	39	1.98	—	20.2	8.63			
46. 11. 1 0:34	不明		加速度	1.24	1.45	0.727	1.84	14.3	4.76	1.47	—	32.4	14.7	—	0.0245	0.0109
			応答倍率	1	1.17	0.568	1.48	11.53	84	1.18	—	26.0	11.8			
46. 11. 2 22:18	千葉県中部	I: 大島 III: 千葉	加速度	3.78	4.43	3.18	5.75	45.6	15.55	9.97	—	95.6	41.5	—	0.0283	0.0315
			応答倍率	1	1.17	0.841	1.52	12.14	10	1.58	—	25.3	11.0			
46. 11. 6 17:01	茨城県南西部 (深さ 50km)	I: 熊谷, 秩父 II: 宇都宮	加速度	1.35	1.52	0.822	1.59	24.1	7.53	2.33	—	31.6	9.34	—	0.0178	0.0107
			応答倍率	1	1.13	0.609	1.18	17.95	58	1.73	—	23.4	6.92			
46. 11. 16 3:47	茨城県南西部 (深さ 50km)	I: 白河, 横浜, 東京 II: 千葉, 水戸, 秩父, 熊谷, 宇都宮	加速度	2.46	2.71	1.78	2.40	26.2	10.63	5.7	—	50.6	21.2	—	0.0167	0.0841
			応答倍率	1	1.10	0.724	0.977	10.74	31	1.45	—	20.6	8.63			
46. 11. 16 6:39	茨城県沖 (深さ 40km)	I: 小名浜, 宇都宮 II: 千葉, 水戸, 白河	加速度	3.23	3.66	2.17	3.86	29.7	12.25	0.3	—	49.0	20.6	—	0.0167	0.0349
			応答倍率	1	1.13	0.672	1.19	9.20	3.78	1.56	—	15.2	6.37			

加速度単位 gal, 変位 mm

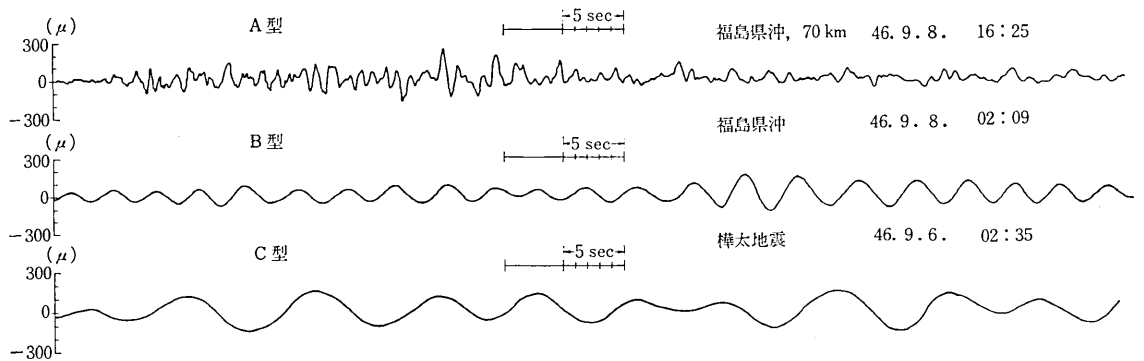


図5 変位波形の例

ている地下室の定盤, また剛な構造体縦型タンク, 吊りタンク支持鉄柱では応答倍率が地震によってほぼ変わらない。

4. 地震の変位記録

地震波の計測には一般に加速度計が多く使われる。しかし地震波の計測において, 加速度計の特性等から失われる情報も多い。特に加速度計の周波数特性は周期 1

s 以上でかなり急激に落ち込むので石油タンクのスロッシングなどの解析のため重要な長周期の成分が失われてしまう。これを補うために筆者らは折点周期 10 s の長周期用変位計を採用し, 測定結果を得た。表 2 にこの変位計で明瞭な波形の得られた地震を示す。この結果と表 1 を比較すると, つぎのようなことがわかる。襟裳岬沖地震, 樺太地震等の遠方の地震は加速度としては小さ

研 究 速 報

表2 地震別変位波地震観測記録

地震記録 年月日 時刻	地震名/ 震源地名	M: マグニチュード L: 深さ (km)	最大変位 片側 ( $\mu$ )	千葉に おける 震度階	分類パ ターン
46. 8. 2 16:25	千葉県沖地震	M=7.0 L=40	—	II	C
46. 9. 6 02:35	樺太地震	M=6.9 L=0	900	0	C
46. 9. 8 02:09	福島県沖		130	0	B
46. 9. 8 16:25	福島県沖 70km	M=5.5 L=40	260	II	A
46. 9. 8 20:48	樺太余震	M=6.6 L=0	480	0	C
46. 9. 9 02:00	樺太余震	M=6.3 L=40	270	0	C
46. 9. 15 23:55	三陸はるか沖	M=6.3 L=50	800	0	C
46. 9. 21 17:43	新潟県南部	L=180	420	I	A
46. 9. 24 10:10	岩手県沖	M=6.1 L=40	340	0	C
46. 9. 26	不明		70	—	B
46. 10. 11 11:16	利根川下流域	M=5.0 L=40	1,100	III	A
46. 11. 7 7:00	アムチトカ島(核実験による)	M=5.7 L=2	40	0	C

くて加速度計では計測できないが変位計でかなりの振幅のものとしてとらえられる。一方近地の地震ではまったく逆に、小さい地震は変位計ではほとんどとらえられな

い。

変位記録を観察した結果、三種の明確なパターンに分かれていることが解った。この分類はかなりはっきりしている。一つの地震の変位波が二種のパターンへ属することはない。各変位波形の型を表2に示す。A型、B型、C型の代表的な例を一波づつ図5に示した。

これらの型の特徴を記すと次のようになる。

A型: 茨城、千葉、銚子等に震源を持つ近地地震によるもの。地震継続時間は2~10min位である。周期0.4~4s位の波が卓越しているが、時刻とともにしだいに3~4s位の長周期成分のみ卓越して来る。

B型: 福島沖等海洋に震源を持つ中距離地震と思われるもの。地震波継続時間は5~20hと非常に長い。周期2~4s位の正弦波に類似した波で明瞭なうなりが特徴的である。

C型: 北海道沖、三陸沖、樺太などに震源をもつ遠地地震によるもの。地震継続時間は30min~2hとかなり長く続く。周期8~14s位の正弦波に類似した波で明瞭なうなりが特徴的である。

5. ま と め

以上千葉実験所で開始したプラント応答観測実験について、その概要と約3ヶ月のデータを報告した。近日中に各構造物の強制振動実験、常時微動計測などを実施する予定のほか、ねじり地震波地表各点の地震波形の相関なども逐次測定して行く予定である。

本研究は主として文部省科学試験研究費(一般研究B)によっており、ご指導、協力いただいた本所互理・久保・川井教授、佐藤助教授ほかの方々に感謝する。

(1971年12月25日受理)

