

(21) 千葉実験所における地震動観測

— その 2 観測記録の処理とデータベース化の試み —

東京大学生産技術研究所 ○永田 茂
 東京大学生産技術研究所 片山 恒雄
 東京大学生産技術研究所 山崎 文雄
 東京測振(株) 佐藤 暢彦

1. はじめに

東京大学生産技術研究所耐震防災研究室が千葉実験所において地震動の高密度アレー観測を開始してから7年を経過し、この間に観測された地震の数は162、また加速度・速度・各種ひずみの成分数は約15,000となっている。さらに、今後の地震観測によってデータ数が増加することを考えると、これらの膨大なデータを効率的に管理・運用・公開するためのシステムの構築が必要となっている。このため、本報告ではこれらのアレー観測記録を効率的に活用して行くために現在構築を進めている地震動データベースの概要およびデータベース構築の際に地震動記録に施す波形処理に関して述べる。

2. 地震動アレー観測記録のデータベース作成の際の波形処理

千葉実験所における地震動アレー観測(千葉実験所における地震観測—その1—の図-1、図-2参照)では以下の記録が観測されている。

- ①地盤加速度 - 44カ所 1 3 2成分: せん断型圧電素子を用いた加速度変換器を使用¹⁾
- ②地震応答実験棟1階床の加速度 - 1カ所 3成分: せん断型圧電素子を用いた加速度変換器を使用¹⁾
- ③地震応答実験棟1階床の速度 - 1カ所 5成分(記録の増幅率だけを変えたもの2成分を含む): 村松式速度計を使用²⁾
- ④地盤ひずみ - 3カ所 3成分: 変位計による2点間の相対変位測定¹⁾
- ⑤ダクタイト管継手相対変位 - 7カ所 7成分: 変位計による2点間の相対変位測定
- ⑥ダクタイト管管体ひずみ - 2カ所 2成分: ワイヤ・ストレイン・ゲージを使用
- ⑦鋼管管体ひずみ - 9カ所 20成分: ワイヤ・ストレイン・ゲージを使用
- ⑧地震応答実験棟1階床の変位 - 1カ所 3成分: 5 2 C型1倍強震計を使用²⁾
 (1倍強震計記録のデータベース化については別途検討中である)

1倍強震計の3成分を除く合計172成分の記録は、3台の集録装置・磁気テープ装置(図-1、表-1)を通して3本の磁気テープ上に記録されてい

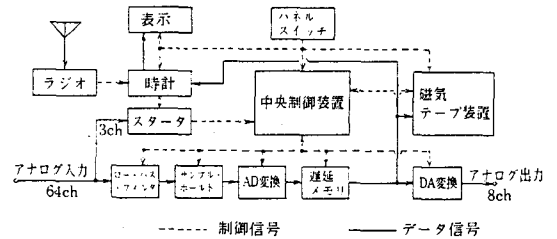


図-1 1台の集録装置の構成³⁾

表-1 集録装置の主な仕様³⁾

入力電圧	±5V, 入力抵抗 100kΩ
入力フィルタ	0~30Hz (-6db/oct)
記録チャンネル	64チャンネル
AD変換器	12bit×8台
DA変換器	12bit×1台
サンプリング間隔	1/200秒(1983.7.2以前は1/100秒)
サンプルホールド	64チャンネル
遅延時間	1.5秒
時計	月, 日, 時, 分, 秒 カウント
時刻自動修正	NHKラジオの時報による
スタート	3chのorまたはand
スタートレベル	フル・スケールの0.1~10%
スタート継続時間	レベル以下後30秒まで
磁気テープ	9トラック, 160BPI
モニター	8チャンネル選択
耐震性	500gal
寸法、重量	570W×1500H×800D, 75kg

測機器から送られて来た電圧信号をデジタル値化したものにすぎず、これを各種解析で用いるためにはオフセット値の補正や計測機器に特有な較正係数をかけるなどの処理をしなければならない。そこで、データベースに納める観測記録については、これら煩雑な処理とともに以下に示す基本的な波形処理（図-2）を行っている。

- ①まず、3台の磁気テープ装置によって記録されたすべて地震記録を読み取り、加速度記録と速度記録に関しては全継続時間の平均値を用いて基線補正する。各種ひずみ記録に関しては1.5秒間の遅延時間内の平均値を用いて基線補正を行う。
- ②次に、3台の磁気テープ装置間の記録開始時刻ずれの補正を行うため、3台の磁気テープ装置に共通に記録されている時系列データの相互相関を調べ、3者の相互相関が最も強くなるように記録開始時刻のずれの補正を行う。
- ③最後に、地盤加速度記録に関しては、埋設方位誤差の補正を行う（埋設方位誤差の補正に関しては、千葉実験所における地震観測 — その4 — で詳述する）。

以上の波形処理を経て最終的に加速度記録データベースと各種ひずみ記録のデータベースを構築する。なお、これまで公表されている多くの機関の加速度記録には、各記録に共通なバンド・パス・フィルターが掛けられていることが多いが、本データベースではなるべく元記録に近い形で利用者に提供することが重要と考え、あえてバンド・パス・フィルターの処理を省略する。しかし、埋設地震加速度計の周波数特性は0.1～30.0Hzの間に限りほぼ平坦な周波数特性を有することに注意されたい。

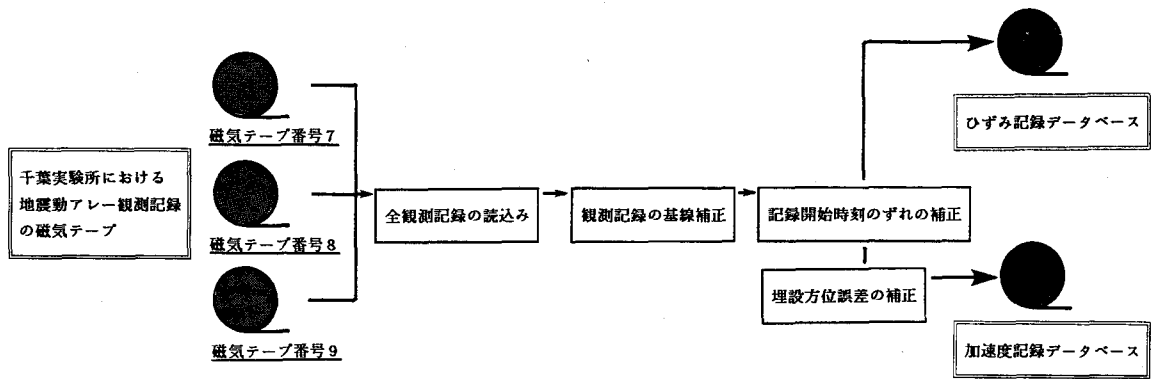


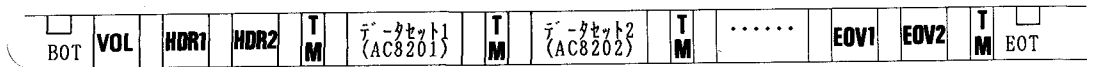
図-2 地震動アレー観測記録のデータベース構築の際に行った波形処理

3. 地震動アレー観測記録のデータベース

地震動アレー観測記録のデータベースは、①加速度記録データベース（速度記録5成分を含む）、②ひずみ記録データベースから構成され、各データベースは磁気テープ（標準ラベルつき、記録密度6250 b p i）に可変ブロック化スパンレコード書式（VBS）で保存するものとする。①加速度記録データベース、②ひずみ記録データベースは各年の各地震ごとに1つのデータセットに保存され、それぞれ「AC+西暦の下2桁+各年度別の地震番号（表-2に1988年と1989年の例を示す）」、「ST+西暦の下2桁+各年度別の地震番号」の約束に従うデータセット名を持つものとする。例えば、1988年3月18日に記

録された全ひずみ記録は、データセット名ST8816に保存される。各データセットは1つの地震で観測された全成分記録（加速度記録データベースは最大140成分、ひずみ記録データベースは最大32成分）を含んでおり、各成分記録は地震動記録の各種情報を記述したヘッディング・データ部と地震動の時系列データ部から構成される。このうちヘッディング・データ部は、①西暦の下2桁と表-2に示す各年度別の地震番号からなる4桁のコード(IEQK)、②記録の観測地点、データ種類・成分を表す5桁のコード(ICMP)、③地震名、地震発生年月日、観測地点を記入したタイトル(TITLE)、④時系列データの最大値(AMAX)、⑤時系列データの時間刻み(DT)、⑥時系列データの個数(N)からなる。さらに、ヘッディング・データ部に続く時系列データ部には4バイト実数がN個入っている。以上に述べたデータベース構成と各成分記録の書式を図示するとそれぞれ図-3、図-4となる。

加速度・速度記録データベース



ひずみ記録データベース

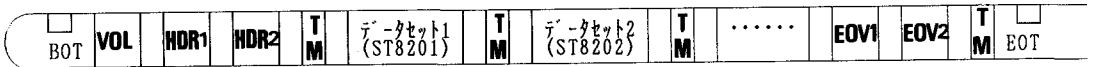


図-3 データベースのデータセット構成

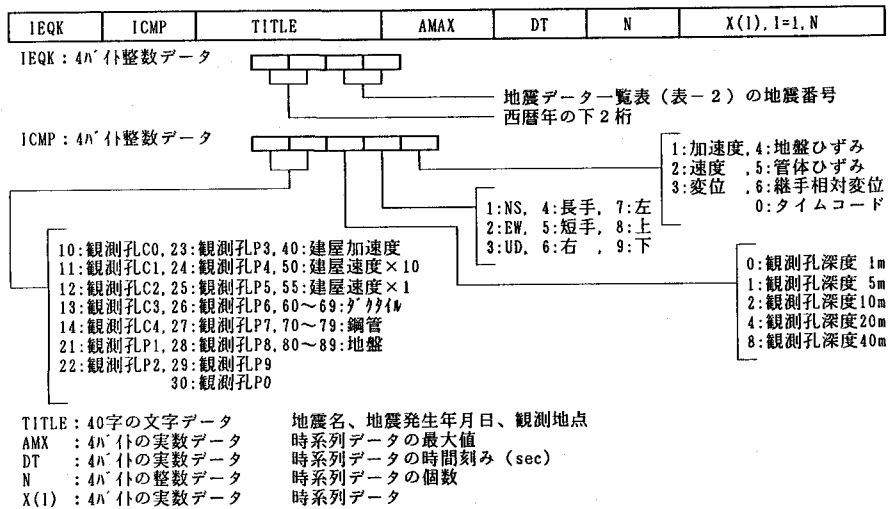


図-4 各成分記録の書式

4. データベース公開にあたっての注意点

以上に示すように基本的な波形処理を行い、利用者にとって使いやすい形に整理されたデータベースは、これまでと同様に使用を希望するすべての機関に提供することを原則とするが、利用に際して以下の点に留意していただきたい。

- ①本データベースを複製しないこと
- ②本データベースは論文発表など研究目的の使用を原則とすること
- ③本データベースを論文や報告書等で使用する場合には出典を明記すること

5. おわりに

これまでも千葉実験所におけるアレー観測記録は、未処理のままではあるがSMARD（京都大学工学部交通土木教室路線施設学研究室）⁴⁾、土木学会耐震工学委員会強震動アレー委員会⁵⁾などをはじめとする多くの機関に提供して来ている。今後も他機関のアレー観測記録データベースなどを始め多くの方々にデータベースを提供して行くことに変わりはないが、なるべく多くの利用者が同一の条件で使うことが出来るような形でのデータ提供を目的としてデータベースの構築計画し、本年9月の一般公開を目標に作業を進めている。

参考文献

- 1) 佐藤暢彦、片山恒雄：地震動と地盤ひずみの観測、生産研究、Vol.35、No9、1983。
- 2) 片山恒雄：地震動の工学的距離相関特性に関する実証的、昭和60年度科研費研究成果報告書、1986。
- 3) 東京大学生産技術研究所耐震構造学研究グループ：耐震工学に関する研究 — 耐震構造学研究グループ（ERS）の最近の研究成果 —、東京大学生産技術研究所大型共同研究成果概要、No5、1986。
- 4) 杉戸真太・亀田弘行・高山聡：地震動アレー観測記録データベース（SMARD）の開発 — 基礎データの収集と書式の統一 —、京大耐震研究報告、No87-4、1987。
- 5) 土木学会耐震工学委員会強震動アレー小委員会：地震動アレー観測記録データベースの開発に関する研究調査報告、1988。

表-2 地震データ一覧表（1988年と1989年の一部）

地震番号	年月日	時刻	震源位置		マグニチュード	震央距離	震源深さ	最大加速度(C001)			観測管最大 ミス・ミ*10E-6	地震名
			東経	北緯				E-W	N-S	U-D		
1	88 / 1 / 2	9 : 48 : 40	140.4	35.4	3.8	30	46	9.1	8.9	3.7	2.4	千葉県東方沖
2	88 / 1 / 5	10 : 9 : 17	140.5	35.4	4.3	41	43	40.7	40.9	9.4	12.5	千葉県東方沖
3	88 / 1 / 7	14 : 53 : 36	140.4	35.4	4.0	38	48	5.8	5.0	2.0	1.3	千葉県東方沖
4	88 / 1 / 7	15 : 57 : 7	140.5	35.3	4.8	44	41	12.4	16.5	5.4	3.7	千葉県東方沖
5	88 / 1 / 7	16 : 7 : 10	140.4	35.4	3.9	35	34	11.5	5.5	5.6	2.5	千葉県東方沖
6	88 / 1 / 16	20 : 42 : 20	140.5	35.4	5.2	42	53	54.6	97.9	20.4	15.9	千葉県東方沖
7	88 / 1 / 17	0 : 46 : 51	140.5	35.4		45	57	8.2	4.1	2.0	1.8	千葉県東方沖
8	88 / 1 / 18	19 : 37 : 24	139.9	35.6	4.1	17	31	19.1	26.1	9.2	4.3	千葉県東方沖
9	88 / 1 / 22	15 : 51 : 1	140.5	35.5	3.9	36	49	7.2	10.8	2.5	2.8	千葉県東方沖
10	88 / 1 / 28	6 : 21 : 45						7.2	8.3	1.9	1.8	
11	88 / 1 / 30	4 : 29 : 27						5.3	7.9	2.5	1.2	
12	88 / 2 / 3	14 : 43 : 31	140.2	34.9	5.0	86	75	6.2	9.3	3.0	2.4	千葉県南方沖
13	88 / 2 / 13	1 : 20 : 50	140.8	35.5	5.2	66	58	8.5	5.0	3.3	2.2	千葉県東方沖
14	88 / 2 / 25	17 : 6 : 28	140.4	35.4	4.2	37	37	6.6	5.0	2.5	2.5	千葉県中部
15	88 / 3 / 14	15 : 26 : 26	140.4	35.4	3.9	34	36	3.8	6.5	2.2	1.5	千葉県東方沖
16	88 / 3 / 18	5 : 34 : 45	139.7	35.7	6.0	42	99	48.4	59.6	15.5	18.1	千葉県中部
17	88 / 3 / 21	14 : 44 : 43	140.6	35.4		50	48	5.8	9.4	25.3	1.9	千葉県中部
18	88 / 3 / 24	22 : 57 : 10	140.3	35.4	3.7	32	35	6.2	4.1	2.0	1.2	千葉県中部
19	88 / 4 / 1	7 : 23 : 1	140.2	35.6	4.6	9	75	14.9	14.6	3.3	3.6	千葉県中部
20	88 / 4 / 16	2 : 21 : 2	140.6	35.4	4.0	51	51	16.7	6.5	5.0	4.3	千葉県東方沖
21	88 / 6 / 30	5 : 46 : 1	140.4	36.6	4.2	114	51	5.1	8.5	2.8	1.9	茨城県北部
22	88 / 7 / 15	9 : 51 : 25	140.1	36.2	4.5	68	62	6.4	6.4	3.0	1.5	茨城県南西部
23	88 / 8 / 12	14 : 15 : 8	139.9	35.1	5.3	61	66	46.2	35.0	12.3	12.0	千葉県南部
24	88 / 9 / 5	0 : 49 : 52						12.2	11.2	4.7	3.4	
25	88 / 9 / 16	3 : 19 : 21	140.1	36.2	4.4	64	59	7.5	7.8	3.7	1.9	茨城県南西部
26	88 / 9 / 26	17 : 23 : 41	141.2	35.5	5.9	102	37	7.4	8.5	3.7	4.6	千葉県東方沖
27	88 / 9 / 29	1 : 14 : 27	140.4	35.4	3.6	37	52	6.9	10.0	2.3	2.4	千葉県東方沖
28	88 / 9 / 29	17 : 24 : 2	139.2	35.9	5.0	89	16	9.8	7.5	4.4	3.0	埼玉県南部
29	88 / 10 / 28	15 : 14 : 10	140.3	35.0	5.1	58	77	9.9	9.6	5.0	3.7	千葉県東方沖
1	89 / 2 / 19	21 : 27 : 21	139.9	36.0	5.6	46	54	55.3	49.3	12.3	12.0	茨城県南西部
2	89 / 2 / 28	4 : 58 : 37	140.2	35.8	4.6	19	74	6.5	5.2	1.8	1.8	千葉県北部
3	89 / 3 / 6	23 : 39 : 56	140.7	35.7	5.9	57	61	27.4	28.7	13.1	9.5	千葉県北部
4	89 / 3 / 11	16 : 12 : 33	140.6	35.9	4.9	54	42	41.3	22.0	16.1	6.5	茨城県南部
5	89 / 3 / 11	16 : 15 : 35	140.5	35.9	3.9	51	37	9.4	4.3	2.8	1.8	千葉県北部