

土 木 研 究 所 資 料

EPS盛土の耐震性に関する検討

平成3年3月

建設省土木研究所
機械施工部動土質研究室

Copyright © (1991) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長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、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

E P S 盛土の耐震性に関する検討

機械施工部動土質研究室 室長 古賀 泰之
研究員 古関 潤一
島津 多賀夫

要 旨

地盤条件の不良な所での既設道路の拡幅工事等のために、発泡スチロール (E P S) による軽量盛土の利用が計画されている。本工法は、我国ではまだ施工実績が少なく、地震動に対する挙動はよく知られていない。そこで、斜面上の盛土に E P S を用いた場合の地震時の応答特性と安定性を調べるために、模型振動実験と有限要素応答解析を行った。その結果、強振時の破壊モードとこれに対する安定計算法、アンカー張力と裏込材からの土圧の算定法、及び応答特性の評価手法としての有限要素応答解析の適用性を明らかにした。

キーワード：軽量盛土，発泡スチロール，耐震性，模型実験，有限要素解析

目 次

1. 研究の背景	1
2. 既往の研究	2
3. 研究目的及び研究対象	4
4. 模型振動実験	5
4.1 実験内容	5
4.1.1 実験モデル	5
4.1.2 実験ケース	5
4.2 実験方法	8
4.2.1 実験に用いた振動台	8
4.2.2 実験材料	8
4.2.3 模型作成方法	9
4.2.4 加振条件	11
4.2.5 測定方法	11
4.3 実験結果及び考察	16
4.3.1 測定波形の例	16
4.3.2 加振中の最大値及び残留変位	16
4.3.3 モデル1の結果	16
4.3.4 モデル2～4の結果	20
4.3.5 モデル5～7の結果	25
4.3.6 各モデルの加速度応答	30
4.3.7 各モデルの減衰定数	42
4.3.8 周波数応答特性に及ぼす加振加速度の影響	43
4.4 まとめ	43
5. 有限要素解析	44
5.1 解析内容	44
5.2 解析方法	44
5.2.1 解析に用いたプログラム	44
5.2.2 解析手順	44

5.2.3	解析条件	44
5.3	解析結果及び考察	46
5.3.1	要素としての動的応答特性の適用性	46
5.3.2	E P S と地山の境界条件のモデル化	47
5.3.3	アンカーのモデル化	48
5.3.4	模型の条件が変化した場合の適用性	48
5.3.5	加振加速度を大きくした場合の適用性	52
5.4	まとめ	55
6.	耐震設計法の検討	56
6.1	応答加速度の評価手法に関する検討	56
6.1.1	概要	56
6.1.2	実験結果との比較	56
6.1.3	実大規模のE P S 盛土を対象とした試算	58
6.2	安定性の評価手法に関する検討	59
6.2.1	概要	59
6.2.2	モデル1の滑動に関する検討	59
6.2.3	モデル2～7の滑動に関する検討	61
6.2.4	転倒に関する検討	67
6.3	設計フロー	72
6.4	まとめ	72
7.	全体のまとめ	73
8.	今後の課題	74
	参考文献	75
巻末資料1	ステップ2の測定波形の例	77
巻末資料2	ステップ2及び3における最大応答値	155
巻末資料3	ステップ2及び3における残留変位	175
巻末資料4	ロッキングとせん断の連成を考慮した共振周波数の計算方法	183

1. 研究の背景

最近、建設分野に新素材・新材料を活用していく試みが注目されている。土構造物に対しても、品質と経済性を高めるために、新しい材料を活用することが求められている。

そこで、超軽量の盛土材料として発泡スチロールブロックを土構造物に適用していくことが検討されている。ノルウェー等では15年以上の実績があり、我が国でも発泡スチロールを軟弱地盤上の盛土として使用して、地盤の沈下や側方流動の軽減に用いた事例がある。

しかしながら、本工法は、我が国ではまだ施工実績が少ない。静的な強度特性等に関する研究は近年進められてきている^{1) 2)}が、地震動に対する挙動はよく知られていない。

そこで、斜面上の盛土に発泡スチロール (Expanded Polystyrol, 以下EPSと称する。) を用いた場合の地震時の応答特性と安定性を調べるために、模型振動実験と有限要素応答解析を行った。本報告書は、これらの検討結果をまとめたものである。

なお、本検討は、建設省中国地方建設局鳥取工事事務所からの依頼により、平成元年度に実施したものである。

2. 既往の研究

E P S ブロック集合体の動的な応答特性に関する既往の研究例には以下のようなものがある。

1) 後藤らの研究

後藤ら³⁾は、図 2. 1 に示すような E P S ブロックを直方体状に積み上げた高さ 12~30 cm の模型を用いて振動実験を行った。その結果、模型の安定性は低い周波数を持つ地震動に対して模型が高くなるほど低下すること、ブロック間の緊結金具は高い周波数に対して効果があるが、低い周波数に対しては効果が低下することを示した。

2) 田村らの研究

田村ら⁴⁾は、図 2. 2 に示すような高さ 120 cm の模型を用いた振動実験と、これを対象とした有限要素解析を行い、上載荷重を変えた場合の周波数応答特性を調べた。その結果、周波数応答特性はブロック同士の接触面での密着性の変化の影響を受けることを示した。

3) 村田らの研究

村田ら⁵⁾は、E P S ブロックの側面をデッキプレートあるいはプレキャストパネルで保護した実物大の試験体（図 2. 3 参照）を用いて共振試験を行った。その結果、水平加振の場合、試験体のロッキング振動による共振時の周波数のほうが、せん断変形による共振時の周波数よりも低くなることを示した。

E P S の要素としての動的な特性に関して、田村ら⁴⁾は、模型実験で使用した材料のヤング率、ポアソン比、及び減衰定数を弾性波測定試験と曲げ自由振動試験により求めている。また、安田ら⁶⁾は、最大 100 万回の一軸繰返し載荷を行った場合の強度・変形特性の変化を調べている。

このほか、早川⁷⁾は地盤振動の低減対策としての E P S の適用性に関する検討を、篠崎ら⁸⁾は E P S 施工箇所における交通振動測定を行っている。

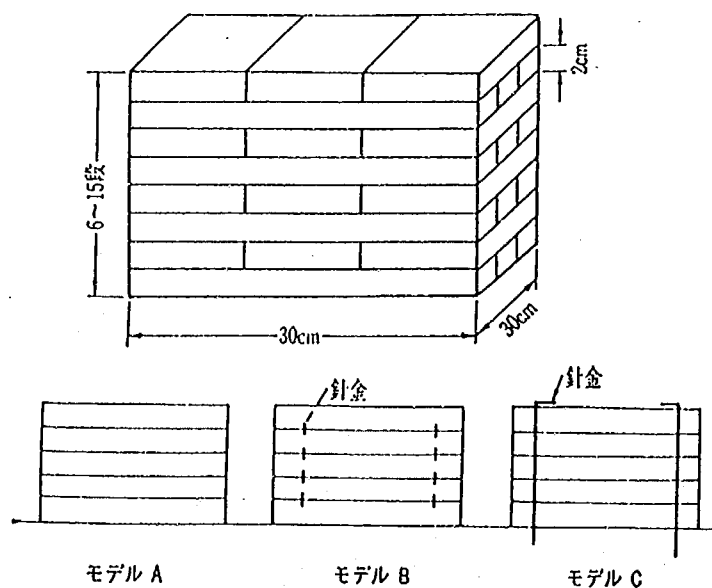


図 2. 1 後藤ら³⁾の実験模型

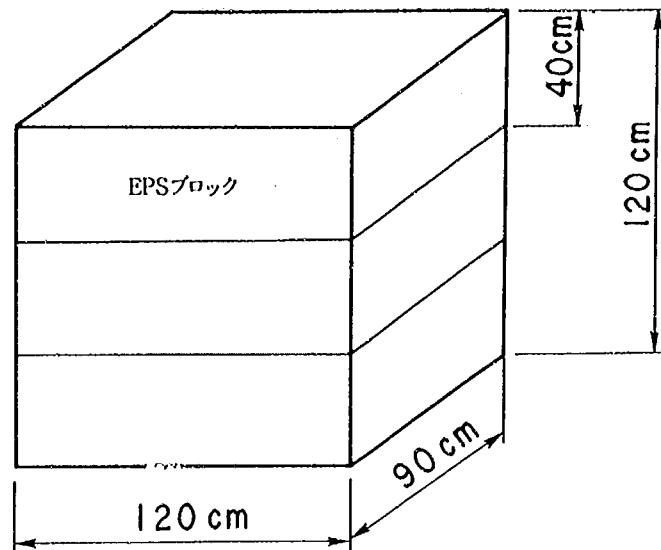


図 2.2 田村ら⁴⁾の実験模型

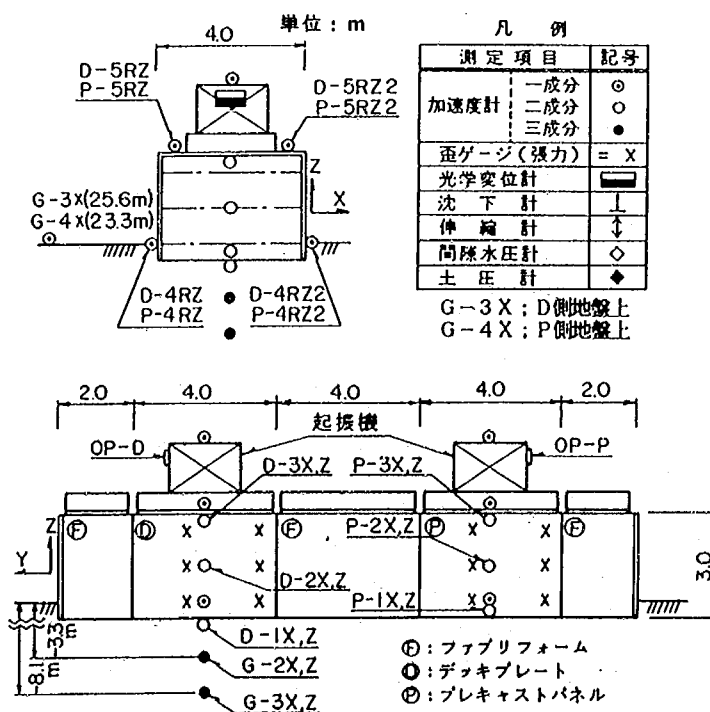


図 2.3 村田ら⁵⁾の試験体

3. 研究目的及び研究対象

本研究の目的は、E P S 盛土の地震時の応答特性と安定性を明らかにして、合理的な耐震設計法を開発することである。

既往の研究では、E P S ブロックを直方体状に積み上げたものが検討対象とされてきた。(図 2. 1 ～ 2. 3 参照) 本研究では、斜面上の E P S 盛土を対象として、舗装部分を想定した上載物を地山にアンカーで固定した場合⁹⁾ としない場合の兩者について検討を行っている。

4. 模型振動実験

4.1 実験内容

4.1.1 実験モデル

実験に用いたモデルを図4.1に示す。各モデルの目的は以下のである。

モデル1：

平面上のEPSブロック集合体の周波数応答特性と、これに及ぼす締結金具の動的な効果を明らかにする。また、この場合の破壊モードに対するEPSブロック集合体の安定性の照査法を検討する。

モデル2～4：

斜面の傾斜角がEPSブロック集合体の周波数応答特性と破壊特性に及ぼす影響を調べ、安定性の照査法について検討する。

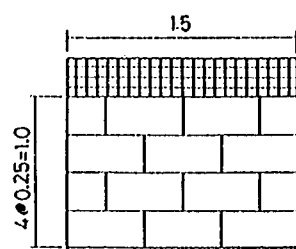
モデル5～7：

裏込材の土量がEPSブロック集合体の周波数応答特性と裏込材の土圧特性に及ぼす影響を、アンカーのない場合とある場合について調べる。また、アンカーに作用する力の算定法と、それぞれの場合の破壊モードに対する安定性の照査法を検討する。

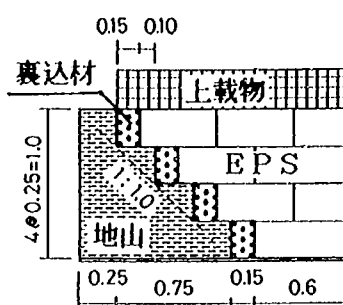
4.1.2 実験ケース

各モデルについて、模型条件を変えていくつかのケースの実験を行った。模型条件の一覧を表4.1に示す。モデル1では緊結金具の有無と上載荷重の大きさによって、モデル2～4では上載荷重の大きさとアンカーの有無によって、各4ケースの実験を行った。モデル5～7では上載荷重は1通りとして、アンカーの有無によって各2ケースの実験を行った。モデル2～4のアンカーのあるケースは、アンカー張力を受ける地山模型の剛性が不十分であることがわかったため、以下では検討対象から除外している。

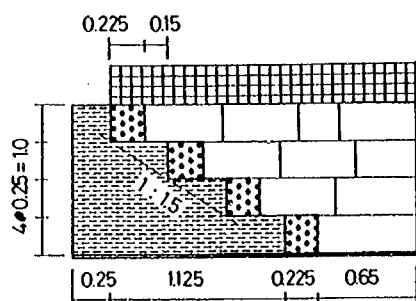
[奥行き 1m]



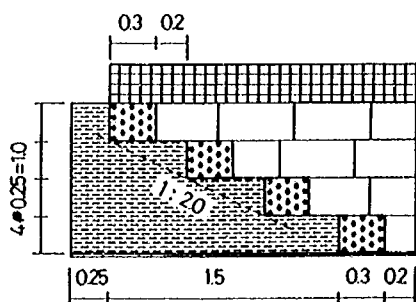
(1)モデル1



(2)モデル2

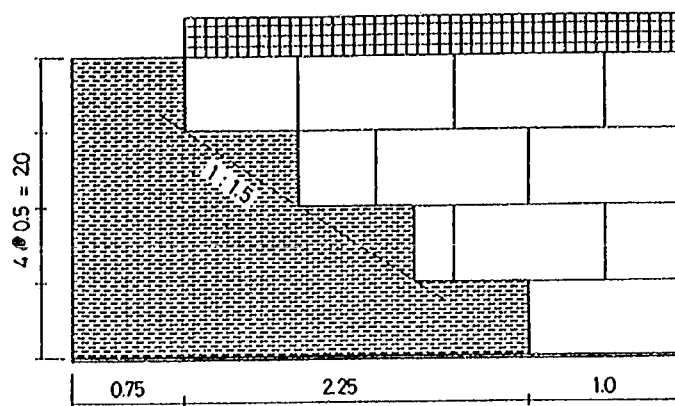


(3)モデル3

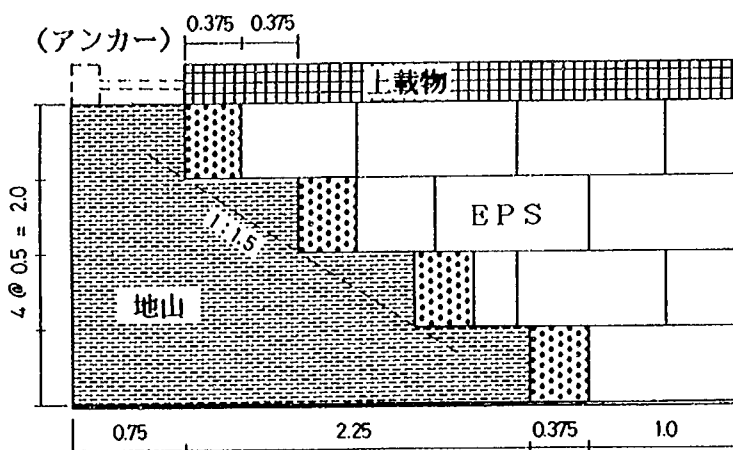


(4)モデル4

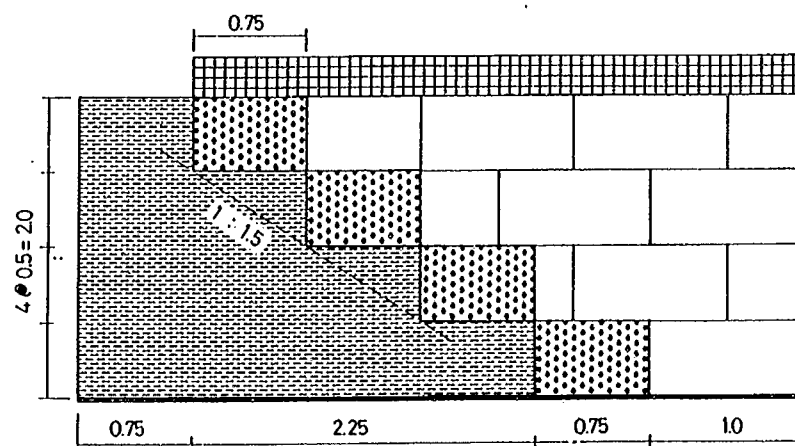
[奥行き 2m]



(5)モデル5



(6)モデル6

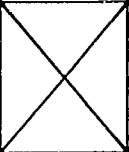
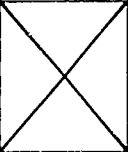
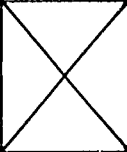


(7)モデル7

単位：m

図4.1 実験模型 (断面図)

表 4.1 模型条件

モデル	目的	ケース	緊結金具	上載荷重	アンカー	地山勾配	裏込材
1	EPSブロック集合体の基本動特性と緊結金具の効果を明らかにする。	1-1 1-2 1-3 1-4	なし " あり "	0.075 ¹⁾ 0.15 0.075 0.15			
2	地山の勾配がEPSの動特性と安定性に及ぼす影響を明らかにする。 (1/2スケールモデル)	2-1 2-2 2-3 2-4	あり " " "	0.075 0.15 0.075 0.15	なし " あり "	1:1.0 " " "	あり " " "
3		3-1 3-2 3-3 3-4	あり " " "	0.075 0.15 0.075 0.15	なし " あり "	1:1.5 " " "	あり " " "
4		4-1 4-2 4-3 4-4	あり " " "	0.075 0.15 0.075 0.15	なし " あり "	1:2.0 " " "	あり " " "
5 ²⁾		5-1 5-2	あり "	0.15 "	なし あり	1:1.5 "	なし "
6		6-1 6-2	あり "	0.15 "	なし あり	1:1.5 "	あり (土量小)
7		7-1 7-2	あり "	0.15 "	なし あり	1:1.5 "	あり (土量大)

1) 単位kgf/cm²

2) 地山の補強を2段階に分けて行いながらケース5-2を先に実施し、地山の剛性の影響を調べた。その後、地山の剛性の大きい状態でケース5-1、6-1～7-2を実施した。

4.2 実験方法

4.2.1 実験に用いた振動台

実験は、建設省土木研究所構内にある振動実験施設の中型振動台を用いて行った。振動台の仕様を表4.2に示す。

4.2.2 実験材料

1) EPS (発泡スチロール)

本実験では、型内発泡法により製造された単位体積重量 20kgf/m^3 の発泡スチロールブロックを用いた。諸元を表4.3に示す。

表4.2 実験に用いた振動台の主要諸元

項 目	諸 元
振 動 台 寸 法	2 m × 3 m
最 大 載 荷 重 量	25 ton
最大転倒モーメント	37 ton・m
最 大 加 振 力	25 ton/台
最 大 変 位 振 巾	± 75 mm
最 大 速 度	± 60 cm/sec
最 大 加 速 度	± 700 gal : 最大載荷時 ± 2,500 gal : 無 載 荷 時
加 振 方 式	水平・一軸方向
制 御 方 式	アナログ制御・デジタル制御
加 振 波 形	正弦波, 三角波, 矩形波 ランダム波, 地震波
周波数自動掃引	加 速 度 一 定 加 振 速 度 一 定 加 振 変 位 一 定 加 振
周 波 数 範 囲	DC ~ 50 Hz
駆 動 方 式	電気油圧サーボ方式

表4.3 発泡スチロールの諸元

項 目	内 容
製 造 法	型 内 発 泡 法
単位体積重量	20kgf/m^3
圧 縮 強 度	1.32kgf/cm^2 (5%ひずみ)
形 状	実物モデル : $2,000 \times 1,000 \times 500(\text{mm})$ 1/2モデル : $1,000 \times 500 \times 250(\text{mm})$
燃 焼 性	自 己 消 化 性

2) 裏込材

裏込材として、最大粒径20mm程度の気乾状態の砕石を用いた。室内試験結果を表4.4に示す。モデル2～4の土圧の測定値はばらつきが大きかったため、モデル6及び7では土圧計と接触する部分に砂をはさんだところ、比較的良好な測定値が得られた。

表4.4 砕石の室内試験結果

試 験 項 目			測 定 値	
粒 度 試 験	フルイ目	25.4 mm	加 積 通 過 率 (%)	100.0
		19.1 mm		95.0
		12.7 mm		10.0
		9.52mm		6.0
		4.76mm		0.0
	最 大 粒 径 D_{max}		25.4 mm	
	均 等 係 数 U_c		1.30	
	表 乾 比 重 D_s		2.637	
	含 水 比 W_n		5.9 %	
せん断試験	試 験 条 件		CD (気乾試料)	
	粘 着 力 C		1.32 kgf/cm ²	
	せん断抵抗角 ϕ		35.64 °	
	初 期 間 隙 比 e_o		0.685	
	乾 燥 密 度 ρ_d		1.55 t/m ³	

3) 地山模型

モデル2～4の地山模型は、鋼板を溶接した階段状の枠組のなかにソイルセメントを充填して作成した。モデル5～7の地山模型は、一部をL型鋼で補強した鋼板の枠組のなかにEPSブロックを詰め、上部にソイルセメントを充填して作成した。

ケース5-2では、アンカー張力に及ぼす地山模型の剛性の影響を調べるために、2段階に分けて地山模型の背面と側面を鋼材で補強しながら加振を行った。ケース5-1とモデル6及び7では補強後の地山模型を用いた。

4) 上載物

上載物として、コンクリート床板と鋼板を用いた。コンクリート床板は、各模型のEPSと裏込材の上面と同じ横断面寸法で、厚さが10cmとなるように作成した。コンクリート床板の上に固定する鋼板の量を変えることによって、上載物の重量を調節した。

5) アンカー

アンカーには直径22mmの異形鉄筋を用いた。上載物のコンクリート床板を作成する際にあらかじめ埋め込んでおいた鋼棒を、アンカー荷重計を介して地山模型に接続して用いた。1つの模型について2本のアンカーを用いた。

4.2.3 模型作成方法

モデル1は、EPSブロックを積みあげた上に上載物を載せて作成した。モデル2～7は、地山模型を振動台に固定して、EPSブロックを積みあげながら裏込材を投入し、上載物を載せて作成した。アンカーのある場合のアンカーの接続は、全ての上載物を載せた後で行った。モデル5～7は、振動台上面よりも

加振方向の長さが大きかったため、図4.2に示すように振動台上に2本のH鋼を固定し、その上に地山模型を固定した。

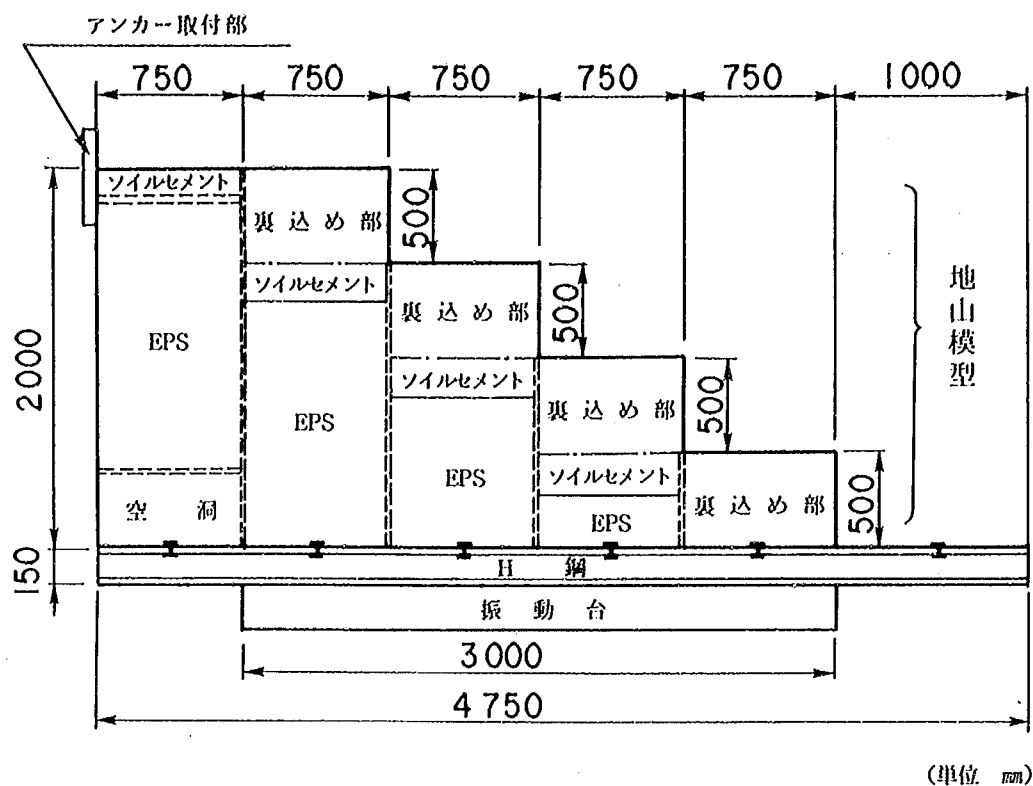


図4.2 モデル5～7の地山模型の取付状況

いずれのモデルでも、EPSブロックの底面と振動台あるいは地山模型の間の摩擦を確保するために、この部分に図4.3に示すように薄いEPS板をはさんだ。EPSブロックは目地が重ならないように積み上げ、緊結金具のあるケースでは図4.4に示す緊結金具を用いてブロック間の固定を行った。

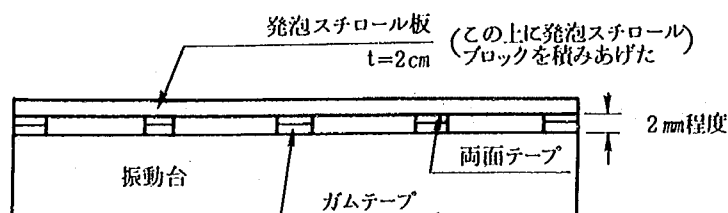
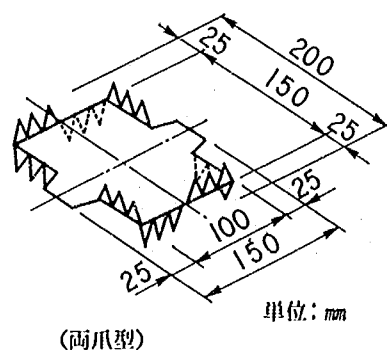


図4.3 EPS底面と振動台との接触面の処理方法



注) 端部では片爪型も使用した。

図4.4 緊結金具

4.2.4 加振条件

加振は、表4.5に示すステップ1～3の順に行った。ステップ1では、入力周波数を変えながら上載物の加速度応答倍率を測定した。ステップ2及び3では、加振中の模型各部の応答加速度、応答変位、裏込材による土圧、アンカー張力を測定し、模型の変形状況を記録した。各ケースのステップ2及び3の加振条件を表4.6に示す。

表4.5 加振ステップ

ステップ	入力正弦波の周波数	波数	振幅
1	1～20Hz	定常応答になるまで	50gal程度
2	模型の共振周波数	40波	50～200gal
3	モデル1：共振周波数 モデル2～4：5Hz モデル5～7：2Hz	40波	200～1000gal

4.2.5 測定方法

計測器の配置をモデル1について図4.5に、モデル2～7について図4.6に示す。前者では計36チャンネル、後者では計60チャンネルの計測を行った。各計測器の仕様を表4.7～4.10に示す。EPSブロック内部の加速度計と土圧計は、ブロックに切込みを入れて設置した。裏込材のないモデル5では、EPSブロックと地山模型の間の接触圧を土圧計により測定したが、水平方向の接触圧をうまく測定することはできなかった。EPSブロックの応答変位の測定は、ブロックに金属製のターゲットを取り付けて行った。

計測装置の仕様を表4.11に、加振時の計測のダイヤグラムを図4.7に示す。計測器の出力はデジタルデータレコーダーに記録し、大型電算機を用いて図化等の処理を行った。加振周波数が大きくなると振動台上の入力加速度波形の乱れが大きくなるため、ステップ1の加振時にはFFTアナライザを用いて振動台に対する模型上部の応答加速度の伝達関数を測定し、これをもとに所定の周波数に対する加速度応答倍率を求めた。

加振中の計測のほかに、模型作成時及び加振前後の土圧変化の測定をハンディストレインメーターにより、加振後の残留変位の測定を変位計のスケールの目視により行った。

表4.6 ステップ2及びステップ3の加振条件

モデル	ケース	共振周波数 (Hz)	ステップ2の入力加速度(gal)				ステップ3の入力加速度(gal)				
			50galレベル	100galレベル	150galレベル	200galレベル	200galレベル	300galレベル	500galレベル	750galレベル	980galレベル
1	1-1	5.5	58 (15)	99 (31)	134 (42)	168 (69)		211 (84)	383 (383)	574 (574)	765 (765)
	1-2	4.4	92 (23)	137 (52)	192 (73)	268 (150)		345 (231)	382 (382)		
	1-3	5.4	65 (18)	90 (28)	122 (49)	168 (64)		226 (102)	354 (248)	593 (593)	995 (995)
	1-4	4.5	27 (9)	96 (34)	145 (61)	175 (90)		287 (175)	555 (549)	613 (613)	1002(1002)
2	2-1	8.8	47 (13)	95 (31)	165 (94)	186 (119)		224 (157)	464 (464)	689 (689)	930 (930)
	2-2	6.5	64 (19)	94 (41)	155 (78)	172 (114)	189 (110)	249 (249)	507 (507)		
	2-3	9.25	56 (12)	86 (28)	146 (76)	225 (131)					
	2-4	6.7	59 (18)	105 (42)	152 (76)	186 (117)					
3	3-1	7.7	58 (17)	95 (43)	163 (96)	206 (144)	245 (245)				
	3-2	6.5	74 (21)	114 (39)	159 (81)	206 (138)	237 (130)				
	3-3	8.7	49 (14)	94 (36)	175 (93)	208 (121)	246 (167)	258 (258)	430 (430)	723 (723)	965 (965)
	3-4	7.0	65 (14)	108 (40)	155 (85)	204 (141)	258 (155)	289 (237)	447 (447)	654 (654)	930 (930)
4	4-1	8.5	37 (14)	86 (34)	152 (105)	184 (129)	203 (124)	288 (236)	477 (477)	706 (706)	1018(1018)
	4-2	6.7	38 (13)	95 (41)	193 (106)	263 (150)	194 (142)	298 (298)	536 (536)	764 (764)	
	4-3	9.0	42 (14)	75 (42)	133 (77)	173 (119)	220 (165)				
	4-4	7.2	55 (20)	93 (44)	198 (139)	225 (151)	221 (155)				
5	5-1	3.75	55 (30)	102 (44)	147 (98)	200 (136)	212 (167)	268 (268)	331 (331)		
	5-2	4.5	54 (22)	98 (49)	141 (79)	252 (149)	209 (163)	359 (266)	809 (477)		
6	6-1	3.5	59 (20)	101 (39)	167 (105)	224 (164)	191 (191)	318 (318)			
	6-2	4.5	53 (24)	92 (52)	146 (111)	212 (127)	214 (175)	287 (287)			
7	7-1	4.75	38 (19)	93 (60)	162 (112)	251 (136)	183 (183)	299 (299)			
	7-2	4.75	61 (23)	91 (48)	152 (88)	213 (124)	198 (198)	277 (277)			

注) 入力加速度は振動台の測定水平加速度の最大値。かっこ内はフィルター処理後の値。(4.3.6参照)

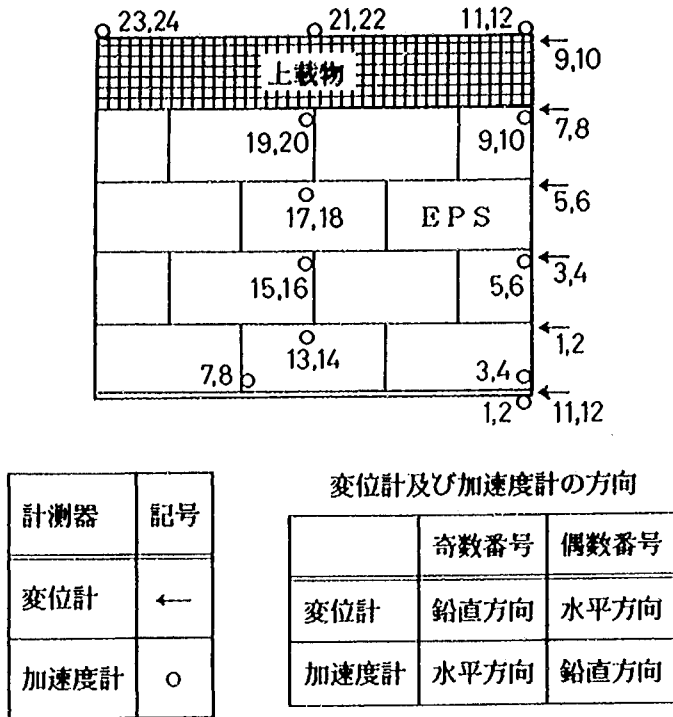


図 4.5 モデル 1 の計測器配置

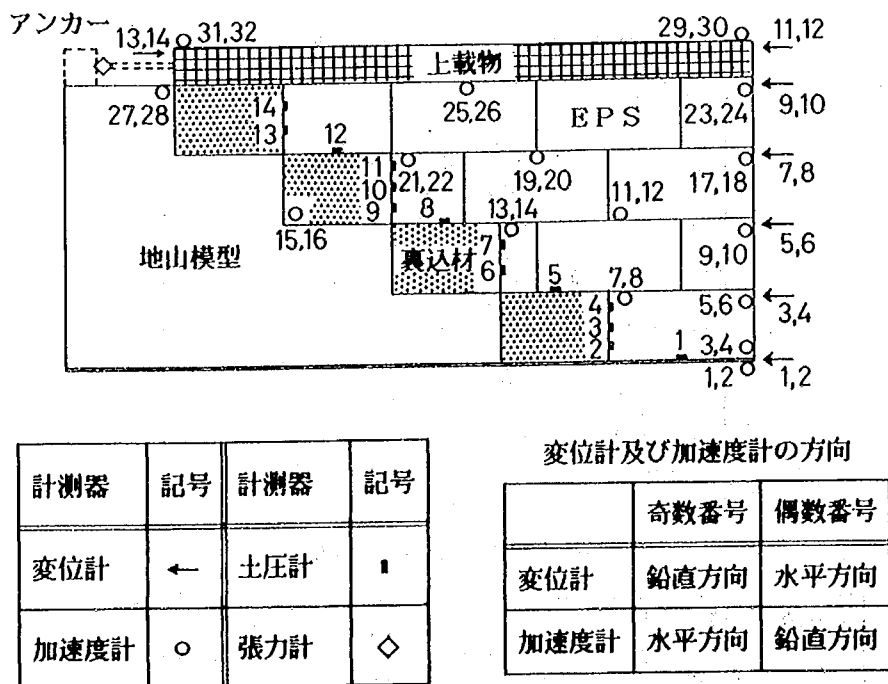


図 4.6 モデル 2～7 の計測器配置

表 4.7 加速度計の仕様

項 目	内 容
型 名	KYOWA AS-2GB
測 定 範 囲	$\pm 2 \text{ G}$
作 動 原 理	ひずみゲージ式
非 直 線 性	1 % R0
応 答 周 波 数 範 囲 (25°Cにて)	0 ~ 60 Hz $\pm$ 5 %
固 有 振 動 数	約 100 Hz
許 容 温 度 範 囲	-15 ~ +65 °C

表 4.8 変位計の仕様

項 目	内 容	
型 名	東京測器研究所 CDP-50	東京測器研究所 SDP-100C
容 量	50 mm	100 mm
作 動 原 理	ひずみゲージ式	ひずみゲージ式
非 直 線 性	0.1 % R0	0.2 % R0
許 容 温 度 範 囲	0 ~ +60°C	0 ~ +50°C
	高感度型変位計	カンチレバ型変位計

表 4.9 アンカー荷重計の仕様

項 目	内 容
型 名	東京測器研究所 TCLP-5B
容 量	5 (tf)
作 動 原 理	ひずみゲージ式
非直線性/ヒステリシス	0.2 % R0 / 0.1 % R0
許 容 温 度 範 囲	-10 ~ +60°C
許 容 過 負 荷	200 %

表 4.10 土圧計の仕様

項 目	内 容
作 動 原 理	半導体式
容 量	2 kgf/cm ² and 5 kgf/cm ²
形 式	(ϕ 25 mm)

表 4.11 計測装置の仕様

計 測 装 置	内 容
増 幅 器	- KYOWA ; DPM-8H - KYOWA ; DPM-611A 動ひずみ測定器 - オートバランス式増幅器 - 応答周波数範囲 : 0~2.5KHz以上偏差±10%
F F Tアナライザ	- RION ; SA73 - 周波数範囲 ; DC ~20KHz - 最大分解能力 ; 1/200 - ダイナミックレンジ ; 60 dB
ハンディストレインメータ	- KYOWA ; UCAM-1A - 測定対象 : ひずみゲージ, ひずみゲージ式変換, 直流電圧 - 測定点数 : 本体にて1点 - 測定範囲 : ひずみ×1レンジ 0~±19999 × 10⁻⁶ひずみ 直流電圧×1レンジ 0~±199999 μV
データ集録装置	- TEAC ; DR-200A - TEAC ; MT-800 - デジタル・データレコーダー - 記録密度 : 1600rpi : 12bit/DATA - アナログ入力64chまで可能
ペン書きオシログラフ	- 日本電気三栄 ; 8M-25 - 熱ペン14ペン 5mv~100v/cm

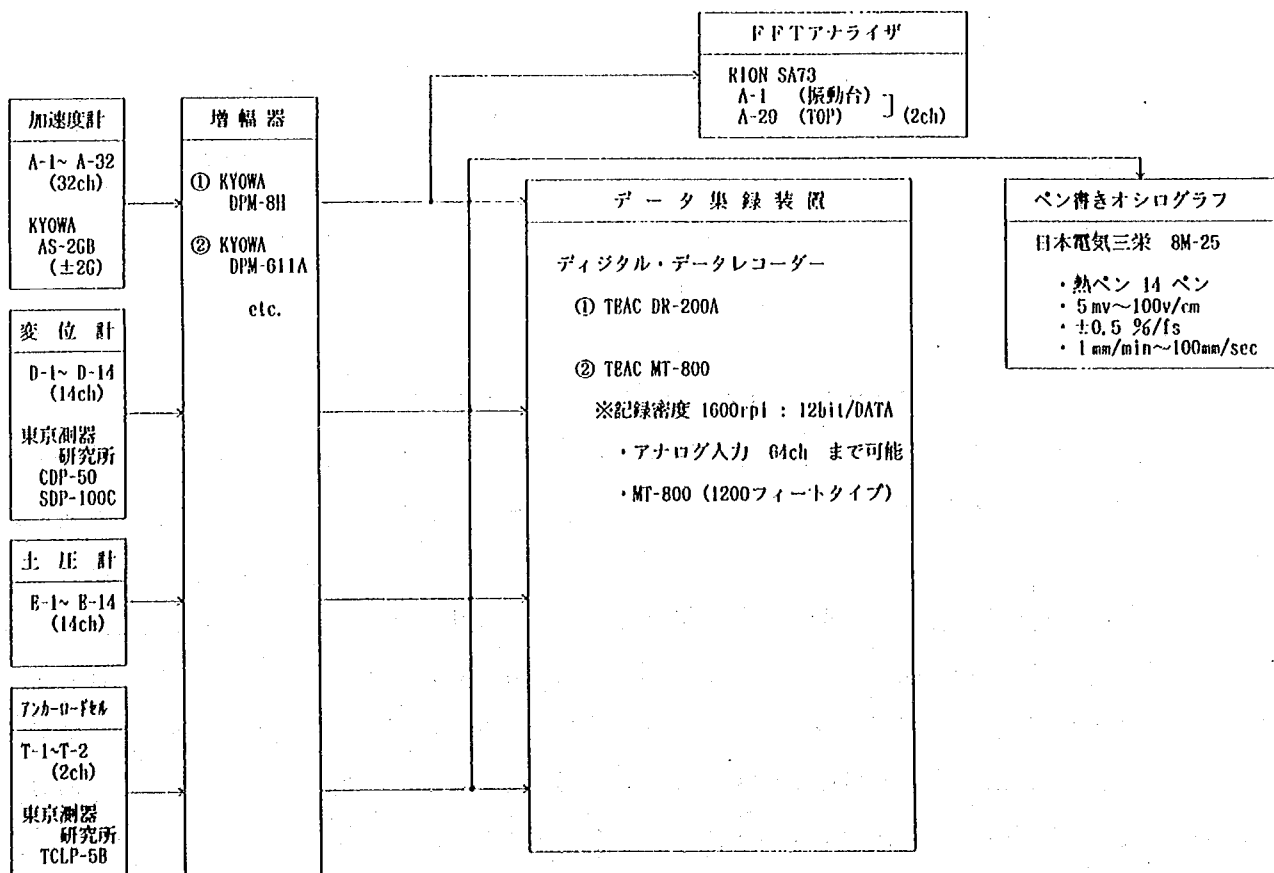


図 4.7 ブロックダイヤグラム

4.3 実験結果及び考察

4.3.1 測定波形の例

ステップ2の加振中の測定波形の例を巻末資料1に示す。

4.3.2 加振中の最大値及び残留変位

加振中の代表的な測定値の最大値を巻末資料2に、及びモデル1～4の残留変位を巻末資料3に示す。

4.3.3 モデル1の結果

1) 周波数応答特性

ステップ1で得られた周波数応答特性を図4.8に示す。共振周波数と加速度応答倍率は、緊結金具の影響を受けないことがわかる。また、上載荷重の大きいケース1-2及び1-4のほうが共振周波数が小さくなっている。

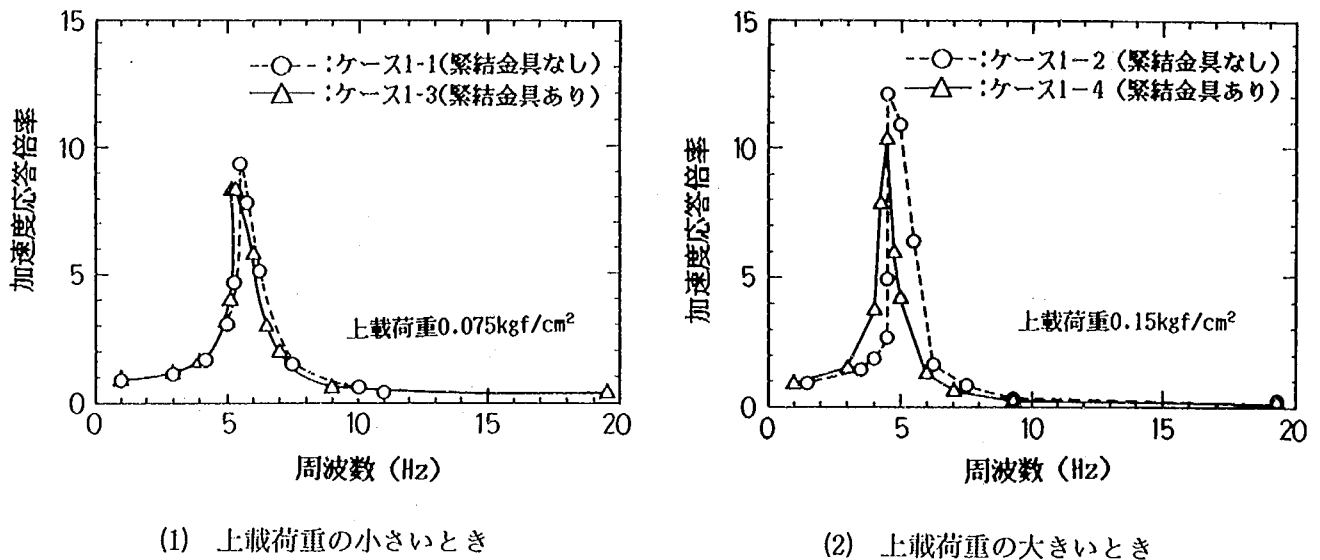
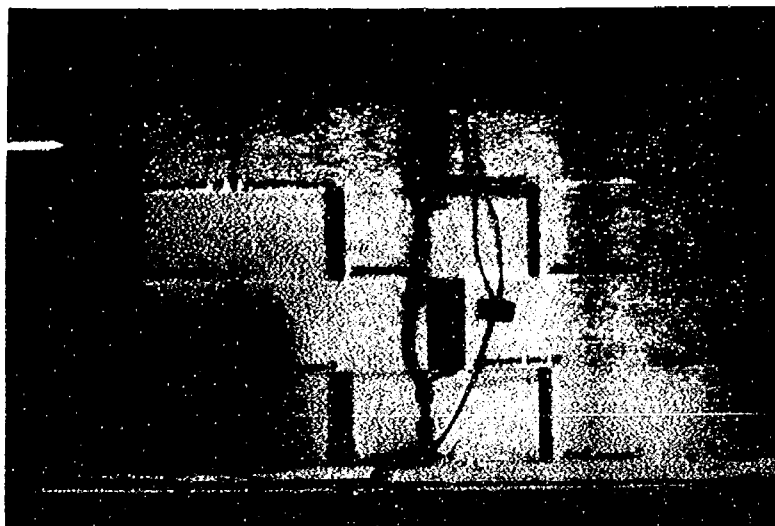


図4.8 モデル1の周波数応答特性

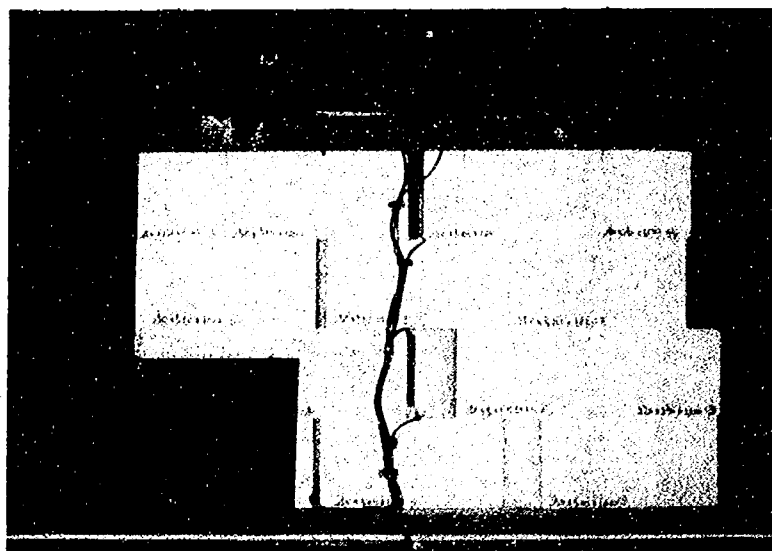
2) 破壊状況

実験終了時の模型の変形状況の例を写真4.1に示す。緊結金具のないケース1-1及び1-2では、応答加速度が大きくなるとブロック間に隙間が生じたのに対し、緊結金具のあるケース1-3及び1-4では、各ブロックは密着したままであった。緊結金具は、強振時のブロック間のすべりを防止する効果があることがわかる。

ステップ3における各ケースの残留変形の鉛直方向分布の変化を図4.9に示す。緊結金具のないケース1-1及び1-2では、各ブロックがばらばらになったために、残留変形の分布が非一様となった。これに対し緊結金具のあるケース1-3及び1-4では、EPSブロック全体が一体となって滑動したために、EPS部分の残留変形の分布はほぼ一様であった。なお、示されていないデータがあるのは、加振加速度が大きくなり変位計がはずれてしまったためである。

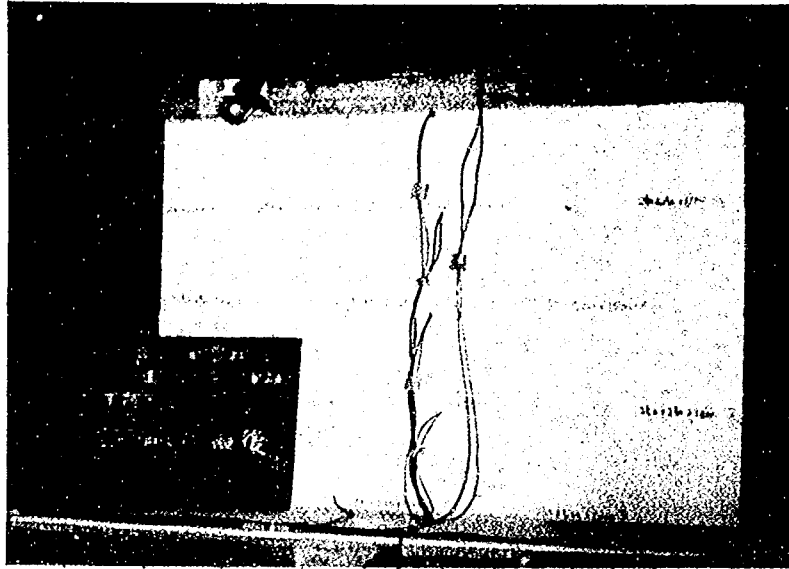


(1) ケース 1-1, 765gal加振後

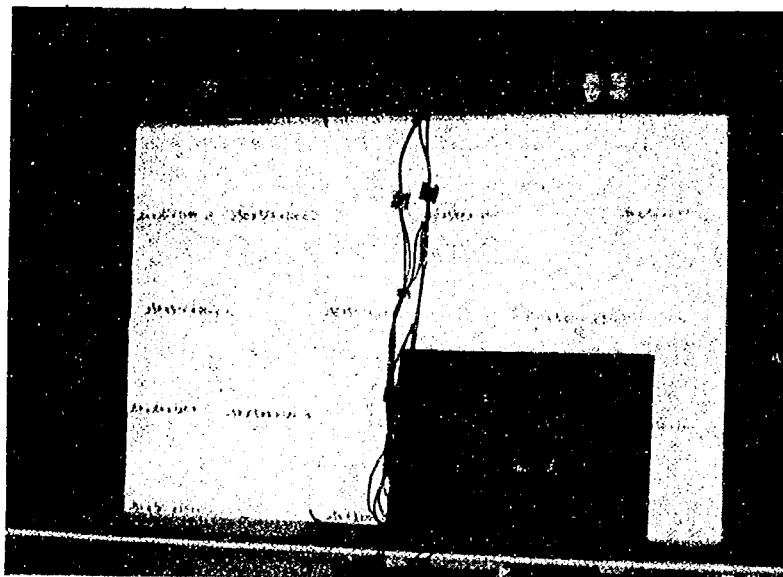


(2) ケース 1-2, 382gal加振後

写真 4.1 モデル 1 の変形状況

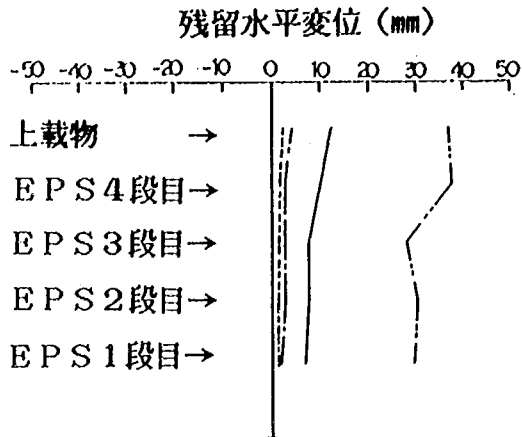


(3) ケース 1-3, 995gal加振後



(4) ケース 1-4, 1002gal加振後

写真 4.1 モデル 1 の変形状況

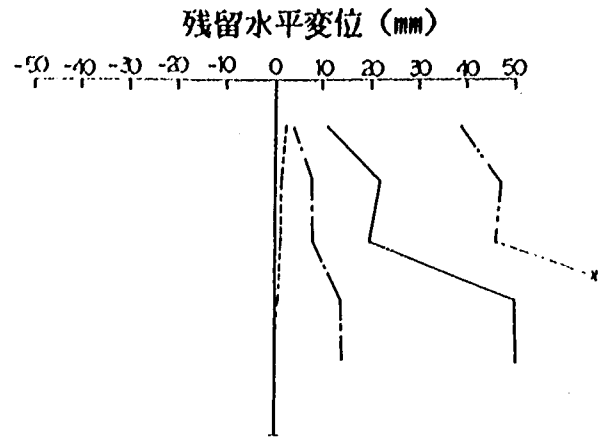


加振加速度

----- : 200gal $\sim$ (168gal)
 ----- : 300gal $\sim$ (211gal)
 ----- : 500gal $\sim$ (383gal)
 ----- : 980gal $\sim$ (765gal)

注)かっこ内は
実加振加速度

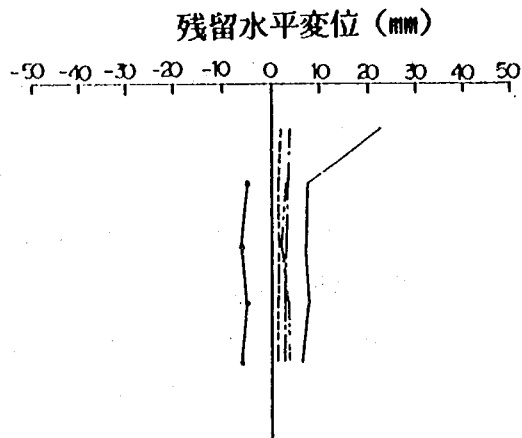
(1) ケース1-1



加振加速度

----- : 100gal $\sim$ (137gal)
 ----- : 200gal $\sim$ (268gal)
 ----- : 300gal $\sim$ (345gal)
 ----- : 500gal $\sim$ (382gal)

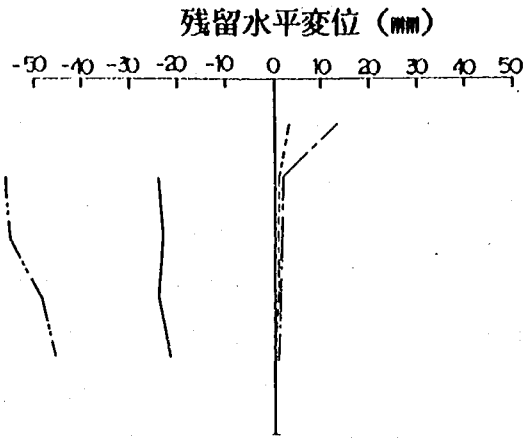
(2) ケース1-2



加振加速度

----- : 200gal $\sim$ (168gal)
 ----- : 300gal $\sim$ (226gal)
 ----- : 500gal $\sim$ (354gal)
 ----- : 750gal $\sim$ (593gal)
 ----- : 980gal $\sim$ (995gal)

(3) ケース1-3



加振加速度

----- : 200gal $\sim$ (175gal)
 ----- : 300gal $\sim$ (287gal)
 ----- : 500gal $\sim$ (555gal)
 ----- : 750gal $\sim$ (613gal)

(4) ケース1-4

図4.9 モデル1の残留変形

E P S上部と下部のそれぞれに関する応答加速度と累積残留変位の関係を図4.10に示す。緊結金具の有無によらず、応答加速度が400gal以上になると残留変形が生じており、上載荷重の大きいケース1-2及び1-4のほうが残留変形量が多い。また、同じ応答加速度に対する残留変形量はE P S下部のほうが上部よりも大きい、これは、各加振毎の応答加速度が上部へいくほど大きくなるためと考えられる(4.4参照)。

4.3.4 モデル2～4の結果

4.1.2でも述べたように、モデル2～4のアンカーのあるケースは、アンカー張力を受ける地山模型の剛性が不十分であることがわかったため、以下ではアンカーのないケースのみを検討対象としている。

1) 周波数応答特性

ステップ1で得られたアンカーのない場合の周波数応答特性を図4.11に示す。本実験条件のもとでは、地山勾配の影響は小さいことがわかる。上載荷重が大きくなると共振周波数が小さくなるのは、モデル1と同様である。

2) 破壊状況

実験終了時の模型の変形状況の例を写真4.2に示す。地山勾配の大きいケース2-1では、E P S全体が前面に滑動した。また、ケース4-1では、地山勾配は小さいが下端のブロックの幅が小さかったため、これが回転した上に他のブロックが乗り上げる形で変形が生じた。上載荷重が大きいケース4-2でも、ケース4-1と同様な傾向を示した。なお、モデル3では、比較的小さな加振レベルまでしか実験を行わなかったため、E P S部分の残留変位はほとんど生じなかった。

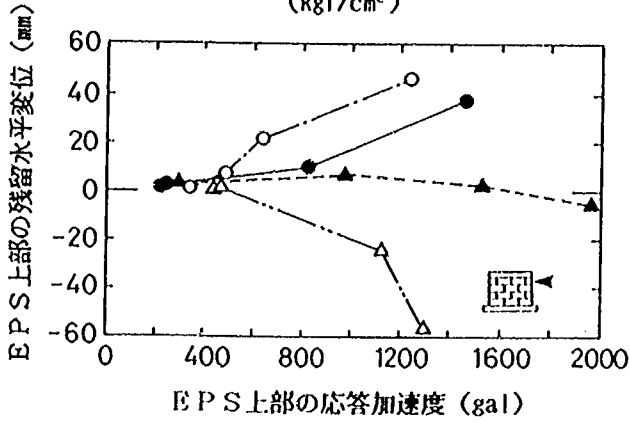
ステップ3における各ケースの残留変形の鉛直方向分布の変化を図4.12に示す。ケース2-1ではE P S部分の残留変形の分布がほぼ一様となり、また、ケース4-1では下端のブロックよりも上部3段のブロックの残留変形が大きくなっており、それぞれ写真4.2の変形状況と対応している。いずれのモデルにおいても、上載物はE P Sブロックに対して地山模型側に滑動しているが、これは、加振により裏込材が沈下してE P Sブロックの最上面が若干地山模型側に傾くことによると考えられる。

E P S上部と下部のそれぞれに関する応答加速度と累積残留変位の関係を図4.13に示す。残留変形が生じはじめる応答加速度は、上部では1000gal以上、下部では400gal以上である。上載荷重の小さいケースのほうが残留変形量が多い点、モデル1と異なっている。

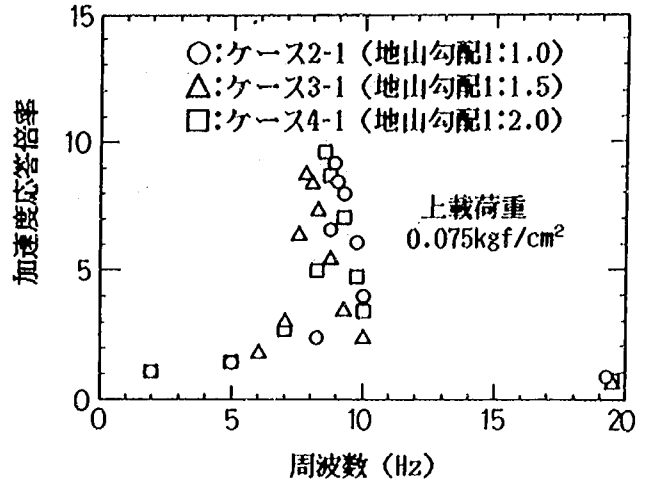
凡例

記号	ケース	上載荷重	緊結金具
●	1-1	0.075	なし
○	1-2	0.15	なし
▲	1-3	0.075	あり
△	1-4	0.15	あり

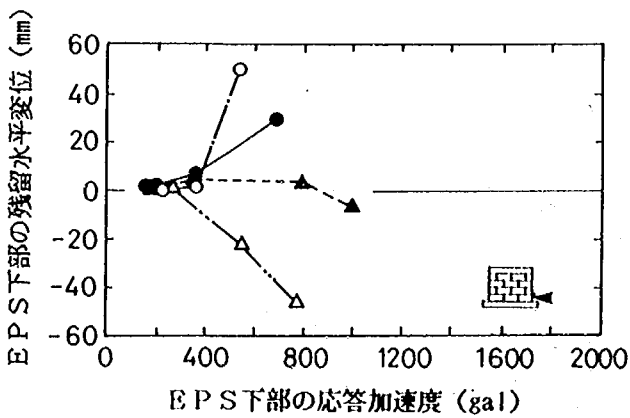
(kgf/cm²)



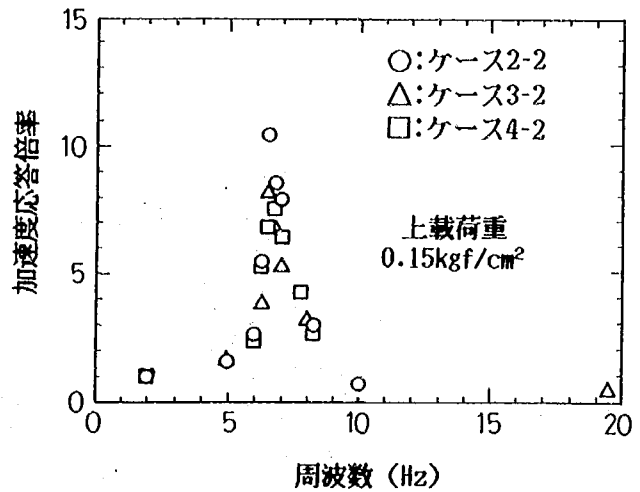
(1) EPS上部



(1) 上載荷重の小さいとき



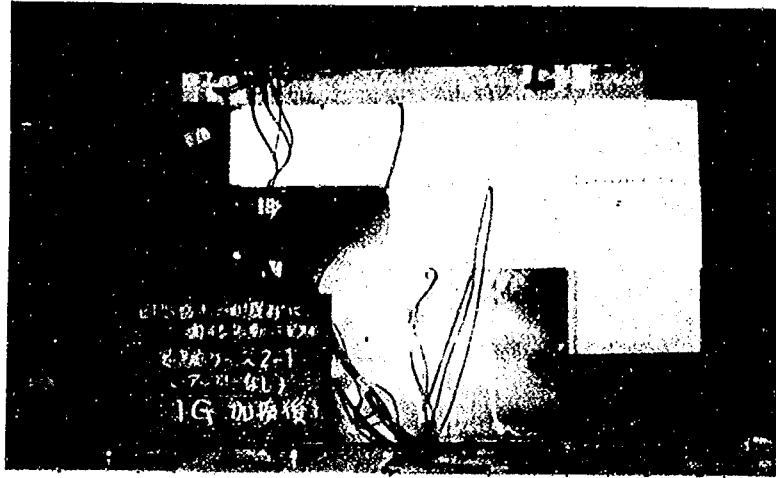
(2) EPS下部



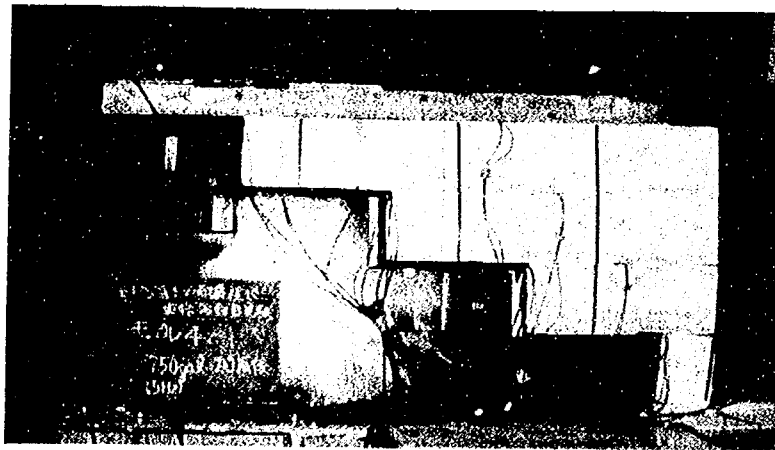
(2) 上載荷重の大きいとき

図 4.10 モデル 1 の応答加速度と残留変位の関係

図 4.11 モデル 2～4 の周波数応答特性

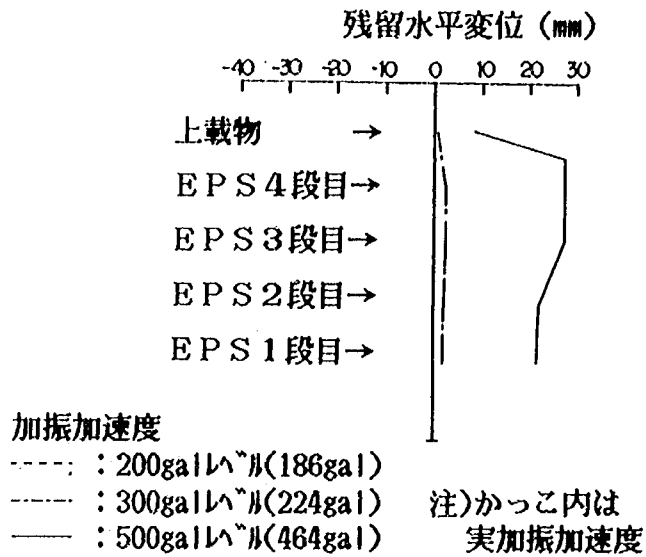


(1) ケース 2-1, 930gal加振後

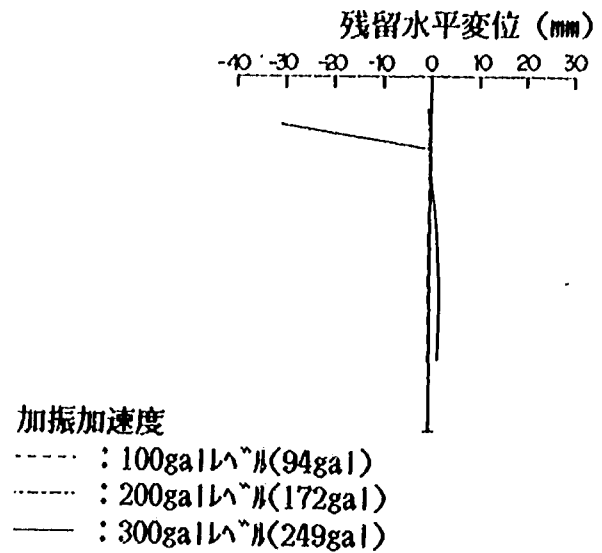


(2) ケース 4-1, 706gal加振後

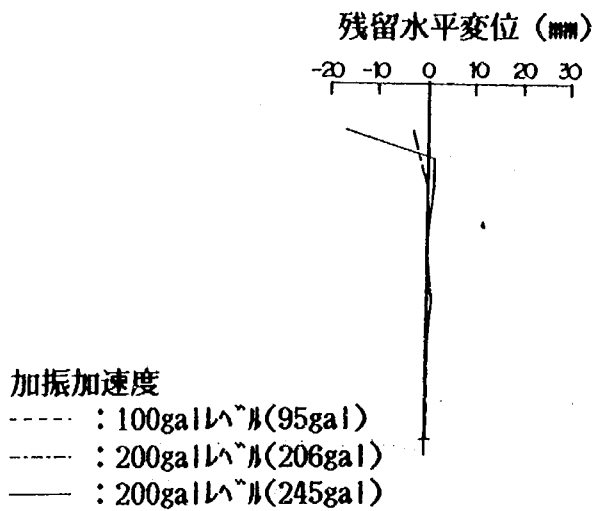
写真 4.2 モデル 2 及び 4 の変形状況



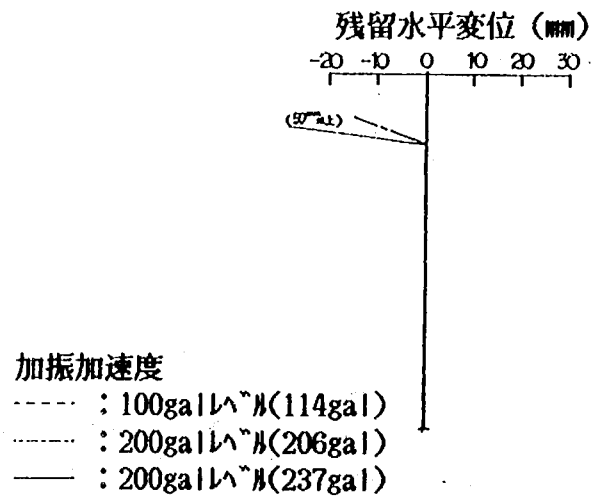
(1) ケース2-1



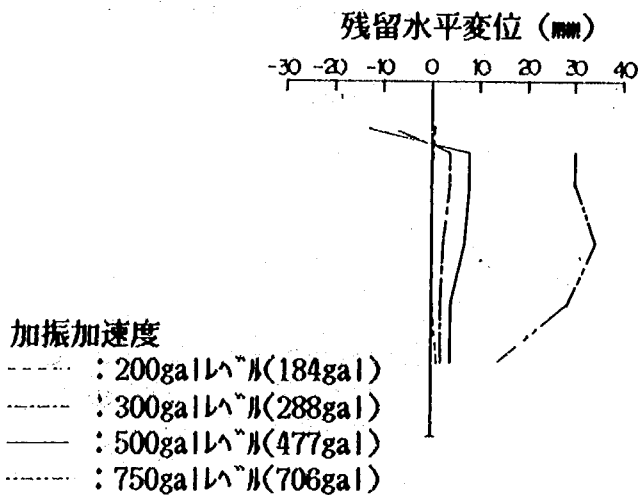
(2) ケース2-2



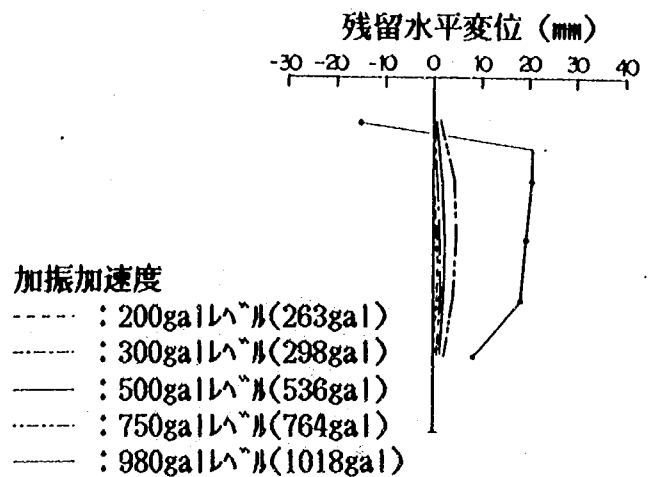
(3) ケース3-1



(4) ケース3-2

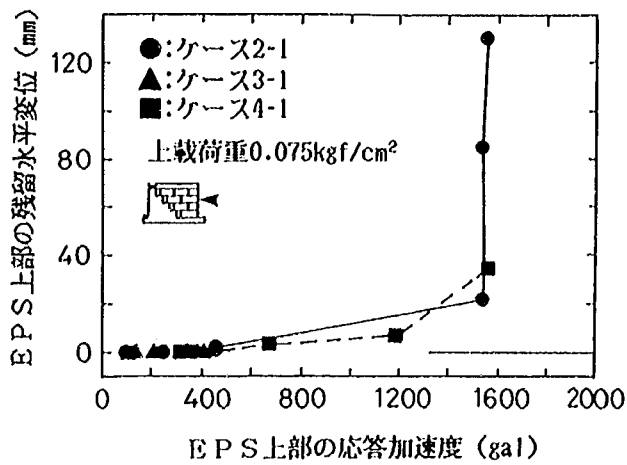


(5) ケース4-1

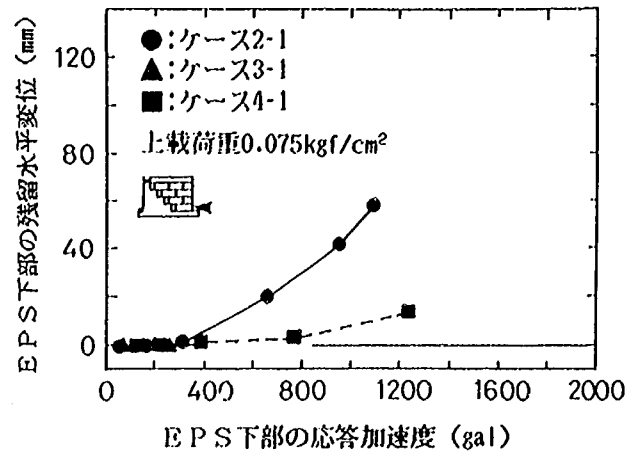


(6) ケース4-2

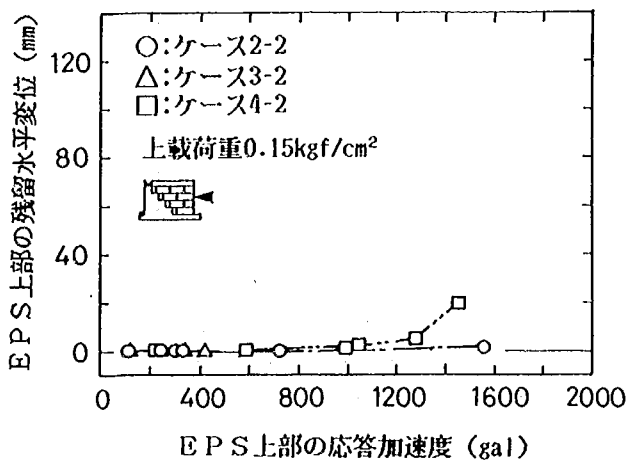
図 4.12 モデル 2～4 の残留変形



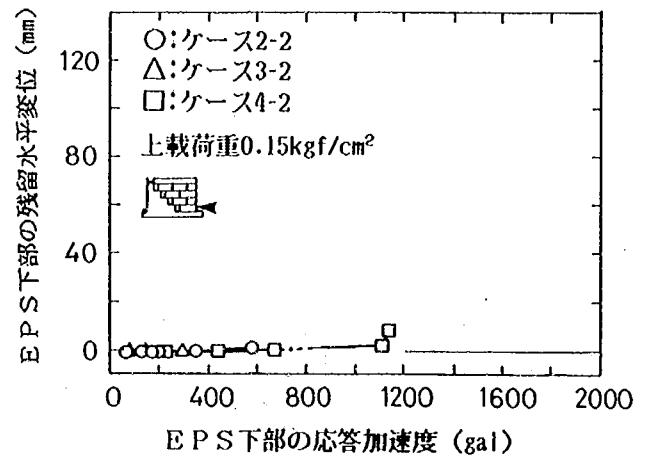
(1) EPS 上部 (上載荷重小)



(3) EPS 下部 (上載荷重小)



(2) EPS 上部 (上載荷重大)



(4) EPS 下部 (上載荷重大)

図4.13 モデル2～4の応答加速度と残留変位の関係

4.3.5 モデル5～7の結果

1) 周波数応答特性

ステップ1で得られた周波数応答特性を図4.14に示す。裏込材の影響は小さいことがわかる。上載荷重が大きくなると共振周波数が小さくなるのは、モデル1～4と同様である。

2) 破壊状況

模型が大きいため加速度レベルをあまり大きくすることができず、いずれのモデルにおいても、残留変位はほとんど生じなかった。

3) アンカー張力

ケース5-2で地山の補強を行う前後における上載物の応答加速度とアンカー張力の関係を図4.15に示す。図中には、上載物の質量と応答加速度から計算した上載物の慣性力も合わせて示した。地山模型の補強を行う前は上載物の慣性力の27%がアンカー張力として作用していたのに対し、補強後はこの割合が約40%に増加した。しかし、補強後の状態においても地山模型の下部と上部の間には数mmの相対変位が生じており、想定される地山に対して剛性は不十分であった。地山の剛性が十分であれば、アンカー張力の割合がさらに大きくなることが予想される。

実際のアンカーの設計では、安全側のため上載物の慣性力が100%すべてアンカーに作用するものとして取り扱う必要があると考えられる。

4) 静的土圧

モデル6及び7のアンカーのあるケースにおいて、裏込材からEPSに作用する各段の静的な水平土圧合力の加振時の変化（各加振後の残留分）を図4.16に示す。静的な土圧の加振時の変化はあまり生じないことがわかる。

模型作成時に生じる静的な土圧合力は、上載荷重を載荷する前のEPSと裏込材のみの状態における土圧と、上載荷重の載荷による土圧増分の和として求められるが、後者に比べて前者は十分に小さく、また前者を正確に測定することは困難であるため、図4.16中には前者を無視して求めた値を示している。

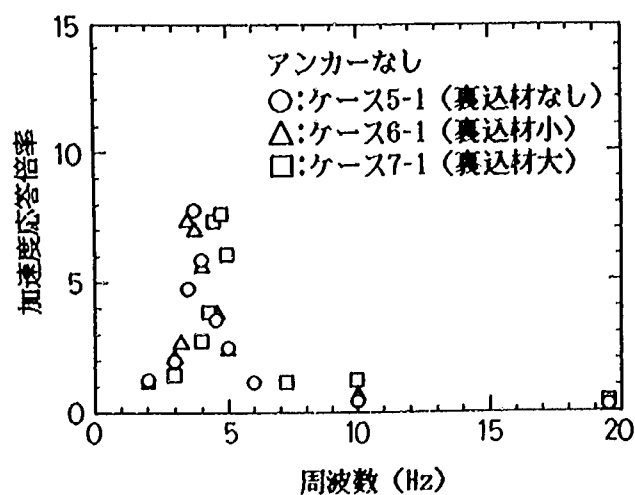
室内試験により求められた裏込材のせん断抵抗角（表4.4参照）を用いて、上載荷重を載荷した場合の主働土圧の増分 ΔP を計算すると、次式により 0.18tf/m となり、静的な土圧合力の測定値の平均的な値とほぼ一致する。

$$\Delta P = K_A \cdot q \cdot h \quad \cdots \cdots (3.1)$$

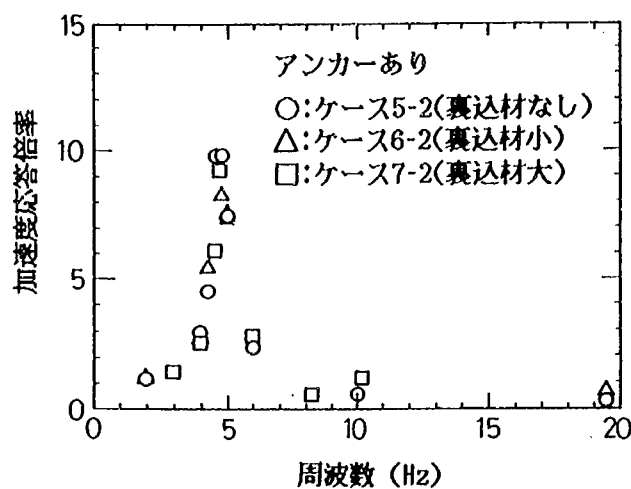
ここに、 K_A : 主働土圧係数 ($\phi = 35^\circ$, 壁面摩擦角 $\delta = 1/3 \cdot \phi$ として $K_A = 0.246$)

q : 上載荷重 ($= 1.5\text{tf/m}^2$)

h : 各段の高さ ($= 0.5\text{m}$)



(1) アンカーのある場合



(2) アンカーのない場合

図4.14 モデル5～7の周波数応答特性

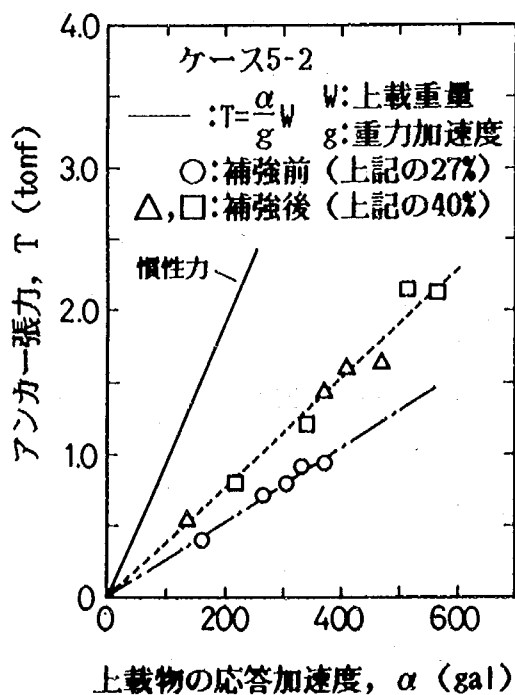
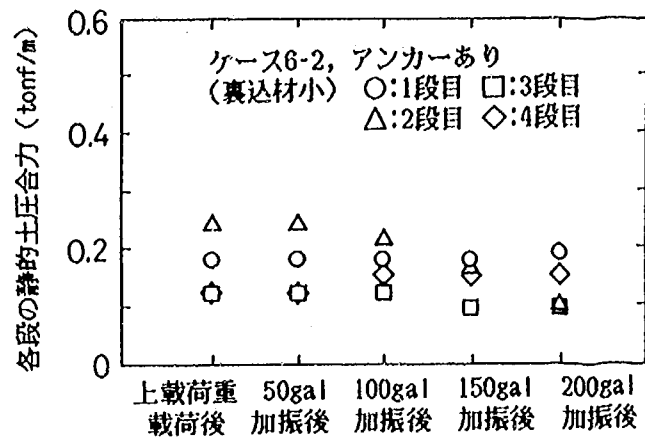
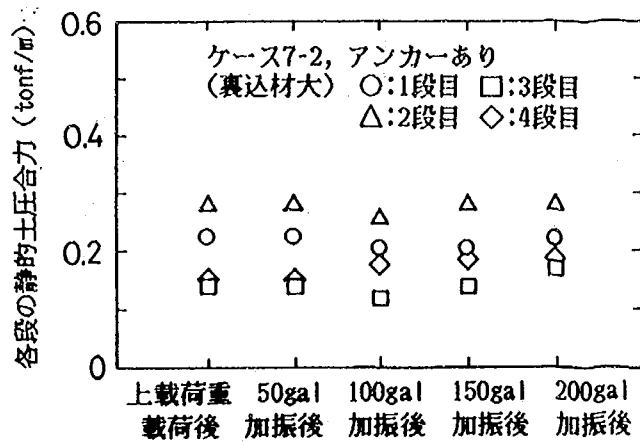


図4.15 ケース5-2の上載物の応答加速度とアンカー張力の関係



(1) ケース 6-2

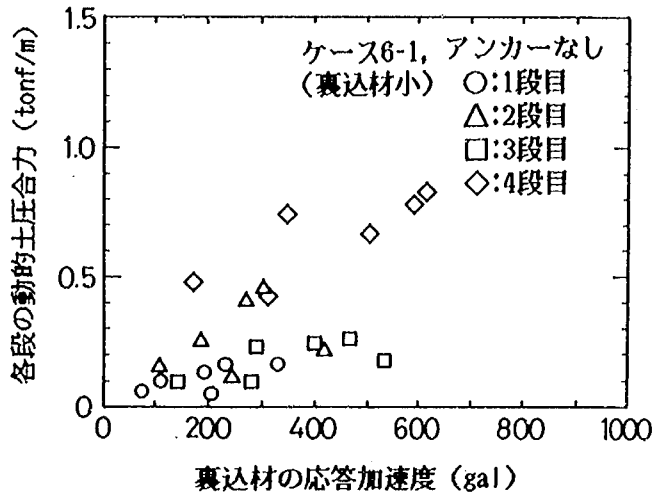


(2) ケース 7-2

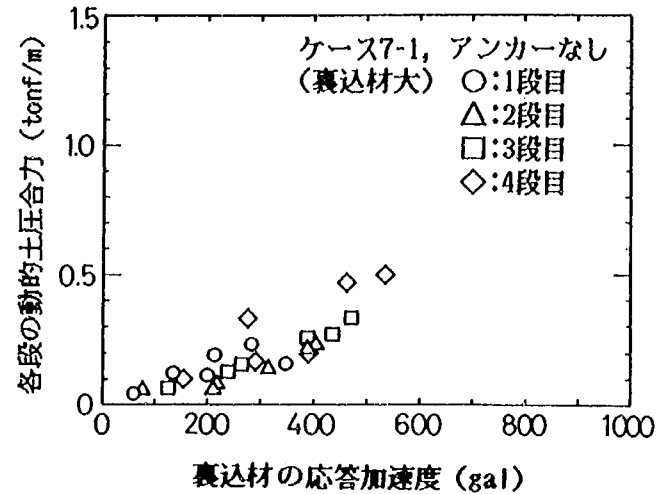
図 4.16 静的土圧の変化

5) 動的土圧

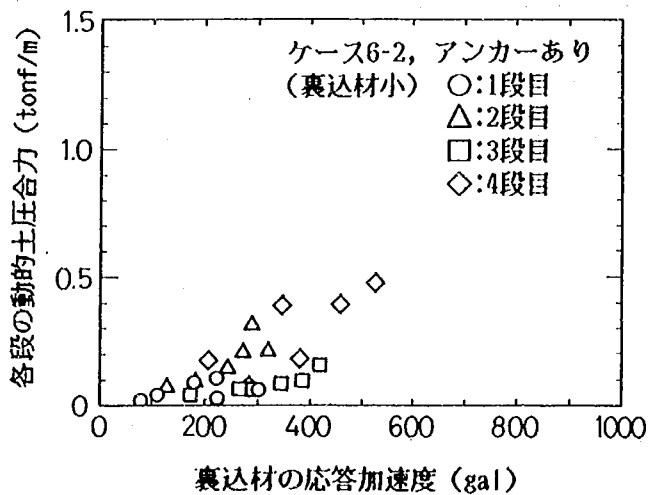
モデル6及び7の各ケースの各段の裏込材からEPSに作用する動的な水平土圧合力（加振時の変動分）の圧縮側最大値と、裏込材の応答加速度の関係を図4.17に示す。動的な土圧合力は各段とも同程度の大きさで、裏込材の応答加速度が大きくなるとともに増加している。これらの関係は、アンカーの有無と裏込量の大小の影響をあまり受けない。



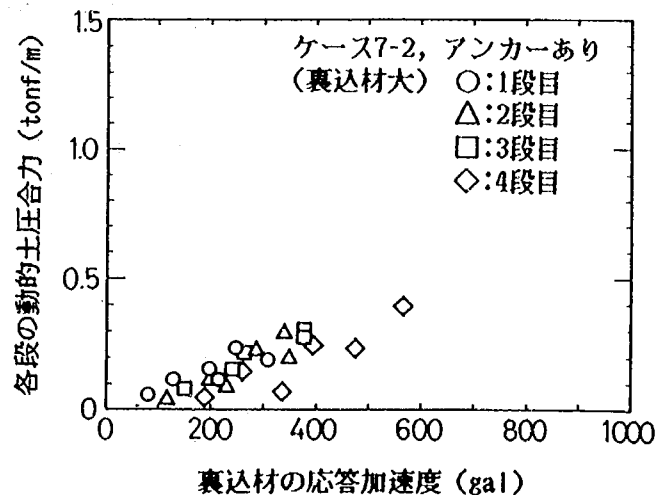
(1) ケース 6-1



(2) ケース 7-1



(3) ケース 6-2

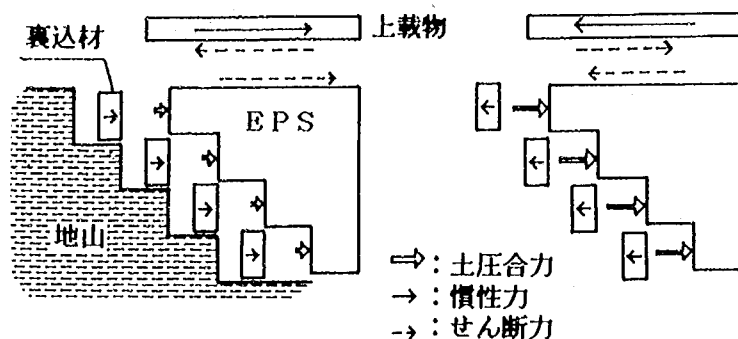


(4) ケース 7-2

図4.17 動的土圧と応答加速度の関係

上載物等に作用する慣性力と裏込材からの動的な土圧の位相関係を図4.18に示す。裏込材からの動的な土圧が大きくなるのは、上載物等に作用する慣性力が地山方向に向いているときで、EPSが裏込材に押しつけられることにより生じているものと考えられる。この結果によれば、慣性力が前面方向に作用して滑動あるいは転倒する際の裏込材からの全土圧は、静的な土圧よりも小さくなる。不規則な地震動の場合にどのような位相関係となるかを調べるのが今後の課題である。

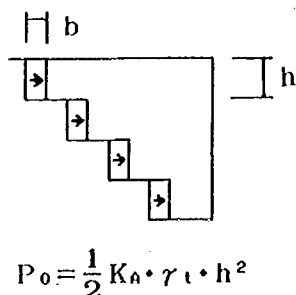
実際の設計においては、図4.19に示すような3通りの土圧を考慮すればよいと考えられる。静的な土圧は主働土圧として求めるものとし、地震時の動的土圧として図中に示した式による裏込材の慣性力を用いれば安全側であると考えられる。



(1) 慣性力が前面に向かって作用しているとき
(土圧は静的土圧よりも小さい)

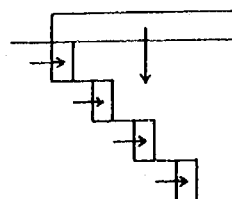
(2) 慣性力が地山に向かって作用しているとき
(土圧は静的土圧よりも大きい)

図4.18 慣性力と土圧の位相関係



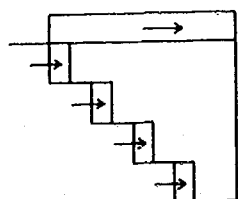
$$P_0 = \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma_t \cdot h^2$$

(1) 裏込材の自重による静的土圧



$$\Delta P = K_a \cdot q \cdot h$$

(2) 上載荷重による静的土圧(増分)



$$P_d = k_h \cdot \gamma_t \cdot b \cdot h$$

(3) 地震時の動的土圧(増分)

K_a :主働土圧係数
 γ_t :裏込材の単位体積重量
 q :単位面積当りの上載荷重
 k_h :裏込材の水平震度
 h :各段の高さ
 b :裏込材の幅

$P_0, \Delta P, P_d$:各段の単位奥行き当りの土圧合力(EPSの自重は無視)

図4.19 設計において考慮すべき土圧

4.3.6 各モデルの加速度応答

各モデルの上載物の加速度応答倍率を表4.12に示す。加振周波数が大きくなると振動台上の入力加速度波形の乱れが大きくなるため、デジタルデータレコーダーによる測定値にフィルターをかけて波形の乱れを補正した場合の値もあわせて示した。このような補正の例を図4.20に示す。また、ケース1～4のステップ1について補正前後の加速度応答倍率をFFTアナライザによる測定値と比較したものを図4.21に示す。補正を行うことにより増加した加速度応答倍率はFFTアナライザによる測定値とほぼ一致することがわかる。

モデル2～7の加速度応答倍率と入力加振加速度の関係を図4.22に示す。入力加振加速度が大きくなると加速度応答倍率が低下する。これは、EPSブロック間の摩擦等に起因する減衰が大きくなること(4.3.7参照)、及び応答の非線形性により共振周波数が変化して加振周波数と一致しなくなること(4.3.8参照)によると考えられる。

モデル1～7の水平方向最大応答加速度の断面内分布の例を図4.23に示す。水平応答加速度は上部へいくほど大きくなり、水平方向には前面のほうが若干大きくなる。模型の形状、寸法、上載荷重等の影響はあまり見られない。

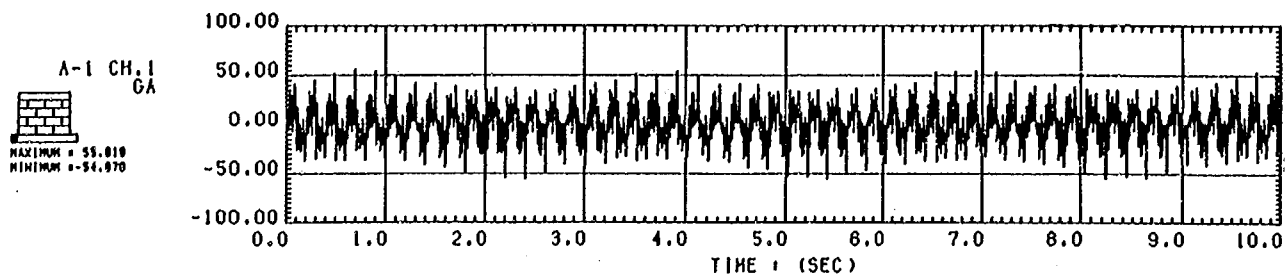
モデル6の水平・鉛直方向の最大応答加速度のベクトル図の例を図4.24に示す。また、各モデルの水平・鉛直方向の最大応答加速度の関係を図4.25に示す。模型中央部よりも前面のほうが鉛直応答加速度が大きくなっており、ロッキング的な応答をしていることがわかる。また、前面における鉛直応答加速度は水平応答加速度よりも大きくなっている。

表 4.12 上載物の加速度応答倍率一覧

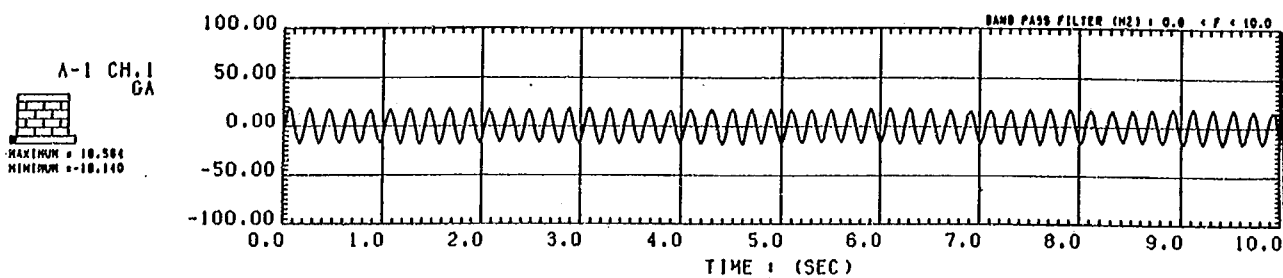
モデル	ケース	ステップ1	ステップ2				ステップ3				
			50galレベル	100galレベル	150galレベル	200galレベル	200galレベル	300galレベル	500galレベル	750galレベル	980galレベル
1	1-1	9.25	2.64(9.56)	1.84(7.65)	1.57(5.06)	1.26(3.07)		1.09(2.73)	0.75(0.75)	0.61(0.61)	0.87(0.87)
	1-2	12.10	2.91(11.6)	2.09(5.50)	1.59(4.18)	1.25(3.23)		1.00(1.49)	1.00(1.00)		
	1-3	8.20	1.91(7.07)	2.29(7.23)	1.80(4.50)	1.43(3.76)		1.19(2.64)	0.86(1.23)	0.70(0.70)	1.17(1.17)
	1-4	10.20	3.56(9.79)	2.53(8.88)	1.85(4.40)	1.64(1.64)		1.00(1.64)	2.03(2.05)	1.98(1.98)	1.13(1.13)
2	2-1	9.15	2.06(7.63)	2.93(7.73)	2.31(4.05)	2.60(4.06)		1.83(2.61)	1.92(1.92)	2.21(2.21)	1.76(1.76)
	2-2	10.30	2.44(8.13)	3.90(8.86)	2.40(4.80)	2.94(4.45)	1.52(2.62)	2.99(2.99)	2.75(2.75)		
	2-3	11.25	2.32(11.0)	3.87(10.7)	3.08(5.92)	2.61(4.50)					
	2-4	11.50	3.80(10.6)	3.91(9.78)	3.28(6.56)	3.12(4.95)					
3	3-1	8.75	2.57(8.86)	2.35(5.22)	1.96(3.32)	1.81(2.59)	1.92(1.92)				
	3-2	8.05	2.01(7.93)	2.61(7.68)	2.22(4.35)	1.88(2.81)	2.27(2.60)				
	3-3	10.55	3.45(9.90)	3.76(8.89)	2.68(5.06)	2.41(4.16)	1.54(2.26)	1.73(1.73)	1.51(1.51)	1.20(1.20)	1.62(1.62)
	3-4	10.45	3.72(10.2)	3.27(8.84)	2.64(4.80)	2.16(3.13)	2.61(4.35)	2.32(2.83)	1.21(1.21)	1.34(1.34)	1.04(1.04)
4	4-1	9.60	4.81(8.87)	3.83(8.58)	2.79(4.04)	2.57(3.67)	1.57(2.57)	1.60(1.95)	1.35(1.35)	1.24(1.24)	
	4-2	7.45	4.84(9.15)	4.53(7.88)	3.82(6.95)	2.90(5.09)	2.90(3.97)	2.64(2.64)	1.77(1.77)	1.30(1.30)	1.20(1.20)
	4-3	9.62	3.50(9.67)	4.41(9.06)	3.05(5.26)	2.57(3.72)	1.60(2.13)				
	4-4	9.75	4.91(9.64)	4.73(8.72)	3.04(4.34)	2.78(4.15)	2.27(3.24)				
5	5-1	7.80	3.76(8.36)	3.32(8.88)	2.72(4.06)	2.28(3.38)	1.55(1.96)	1.87 (268)	1.92(1.94)		
	5-2	9.75	4.76(9.90)	4.94(9.88)	4.90(8.75)	3.02(5.12)	1.22(1.56)	1.38 (266)	1.14(1.94)		
6	6-1	7.35	3.61(8.62)	3.25(8.33)	2.41(3.83)	2.77(3.79)	1.77(1.77)	1.77 (318)			
	6-2	9.75	5.91(9.93)	5.64(9.07)	4.85(6.38)	3.72(6.20)	1.40(1.71)	1.46 (287)			
7	7-1	7.63	4.74(7.88)	3.25(5.00)	2.33(3.38)	1.72(3.19)	1.68(1.68)	1.68 (299)			
	7-2	9.15	3.61(9.76)	4.21(7.94)	3.18(5.48)	2.39(4.12)	1.44(1.44)	1.53 (277)			

注) ステップ1の値はFFTアナライザによる測定値。

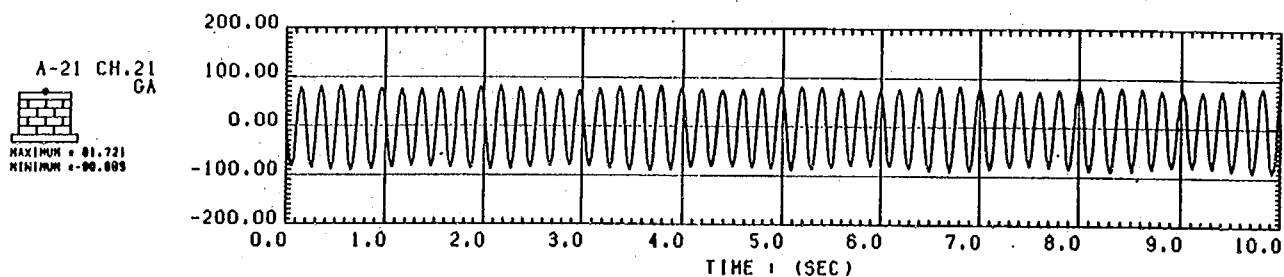
ステップ2, 3は最大水平加速度の測定値をもとに算定した値。かっこ内はフィルター処理後の値。(4.3.6参照)



(1) 補正前の加振波形 (目標 5 Hz)



(2) 補正後の加振波形



(3) 上載物の応答波形 (補正の必要なし)

図 4.20 フィルターによる波形補正の例

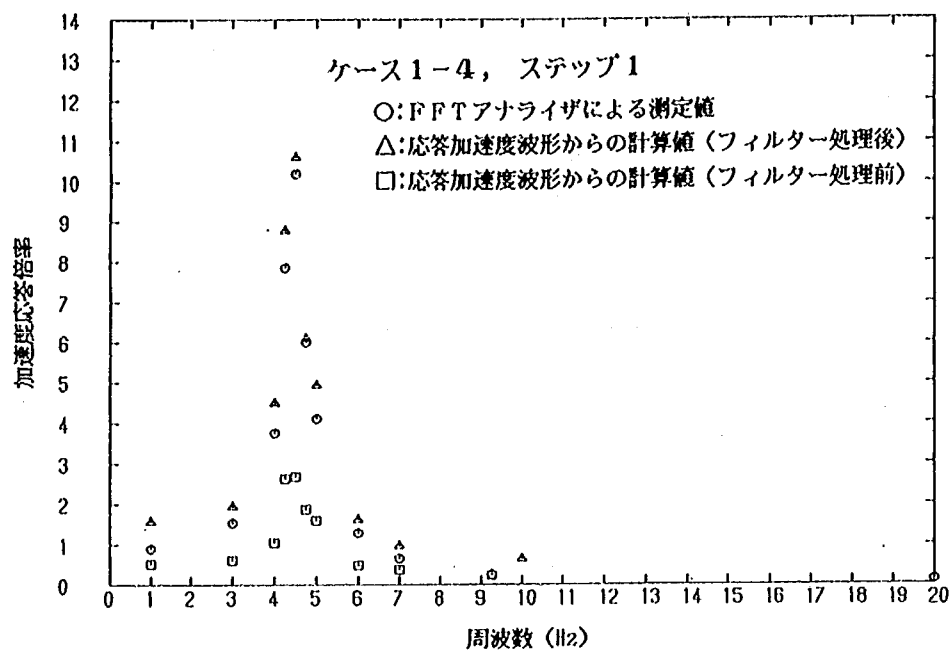


図 4.21 波形補正に伴う周波数応答特性の変化

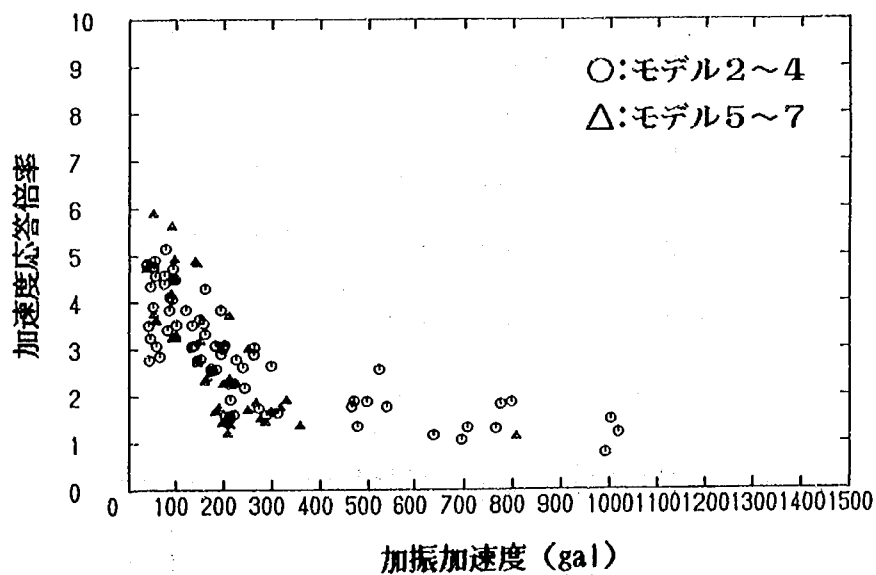
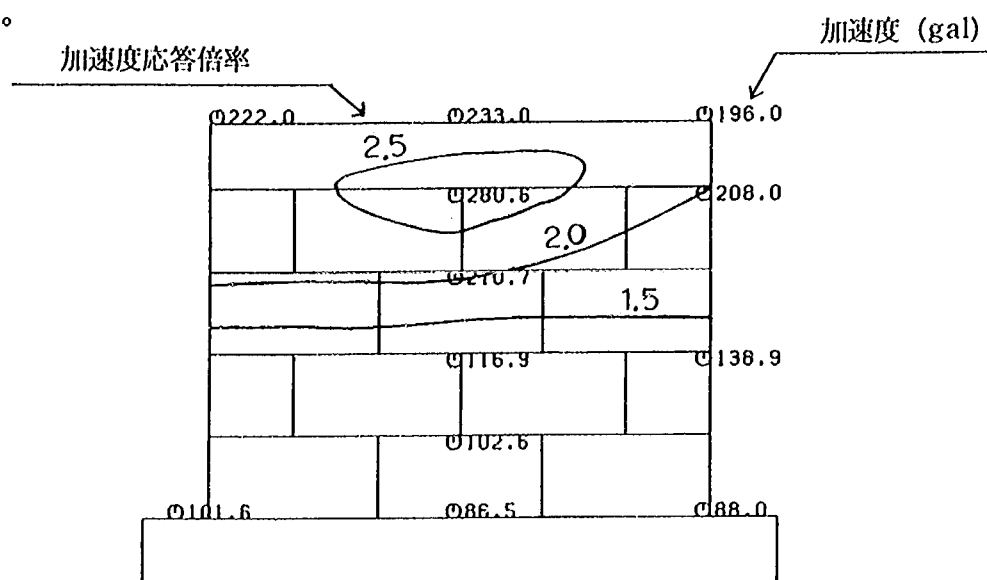
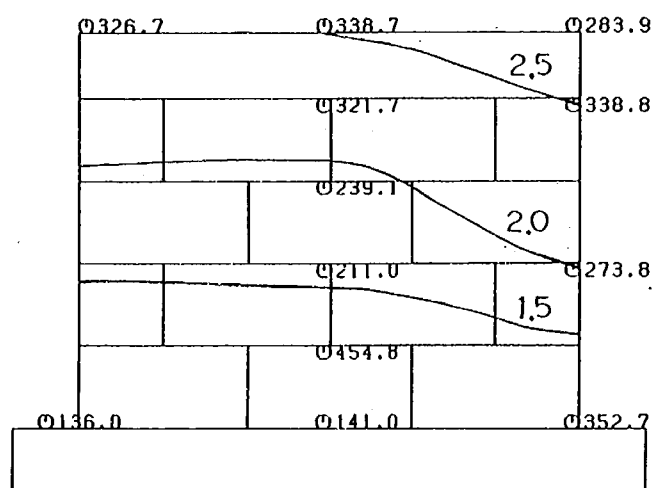


図 4.22 加振加速度と上載物の加速度応答倍率の関係 (波形補正前)

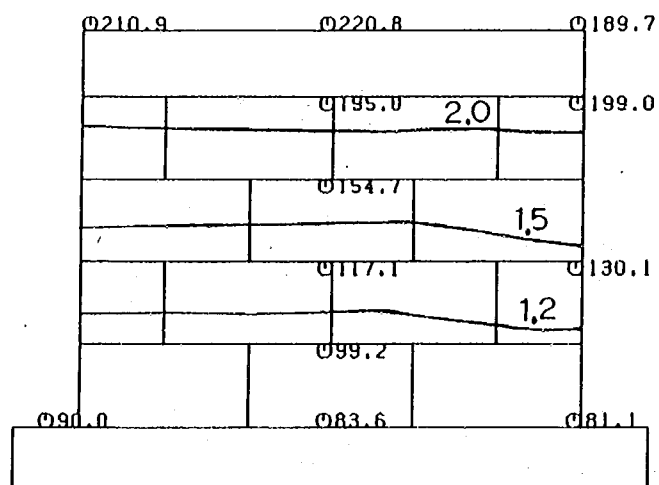
※各ケースとも、基準加速度100galの
加振時を対象。加振波形の補正は行
っていない。



(1) ケース 1-1

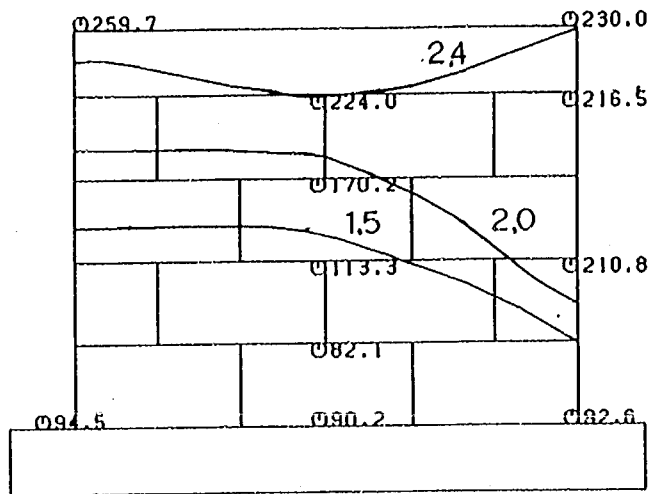


(2) ケース 1-2

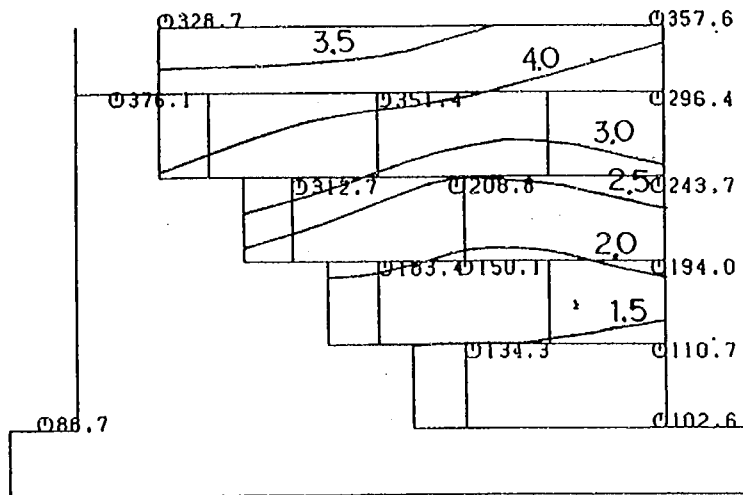


(3) ケース 1-3

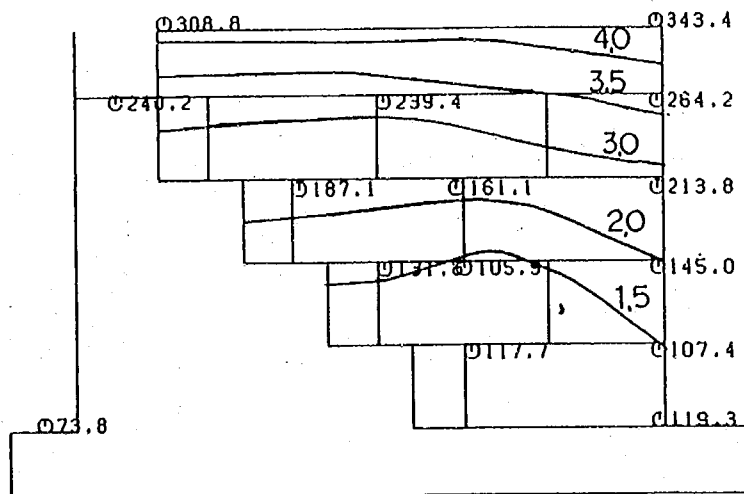
図 4.23 水平方向最大応答加速度の断面内分布



(4) ケース 1-4

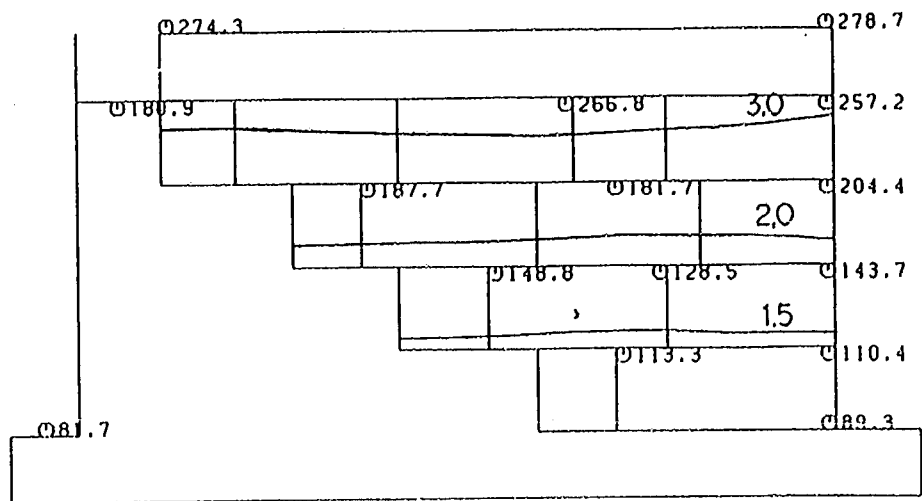


(5) ケース 2-1

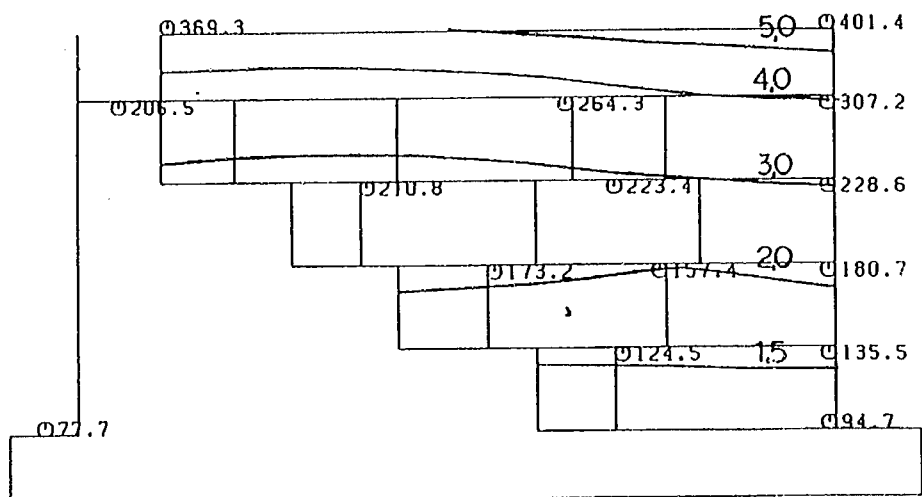


(6) ケース 2-2

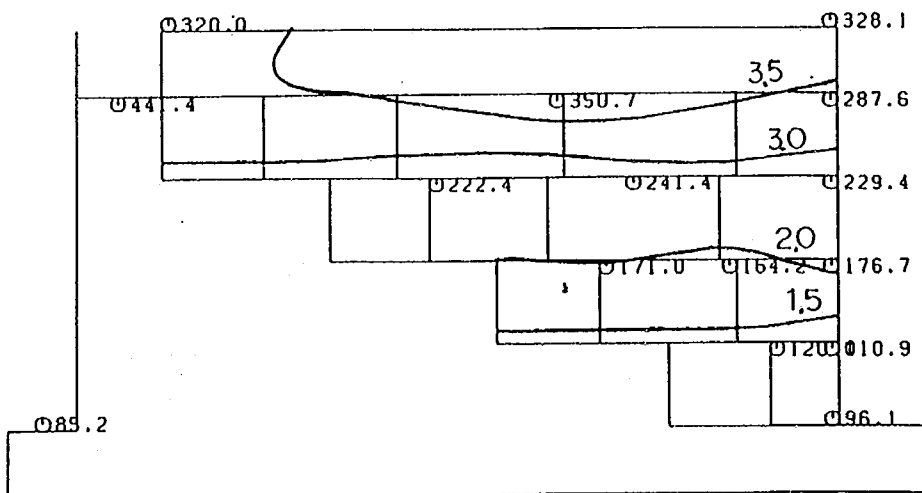
図 4.23 水平方向最大応答加速度の断面内分布



(7) ケース 3-1

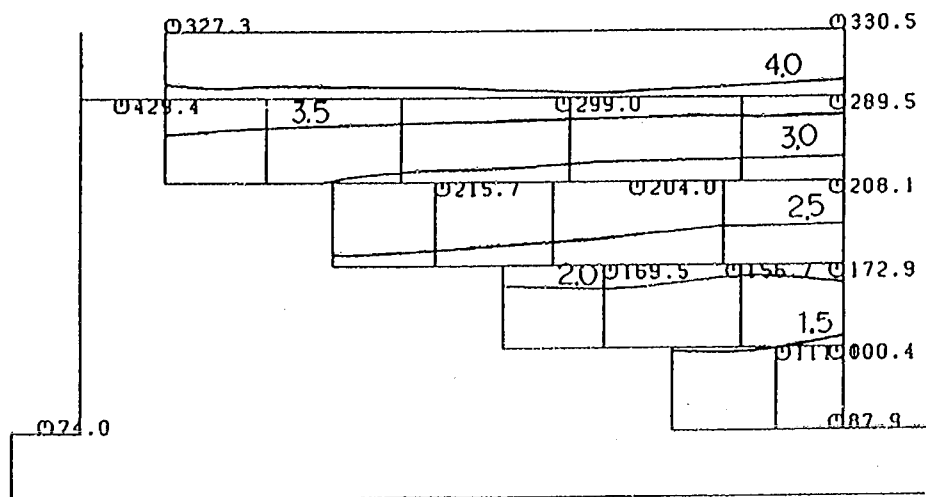


(8) ケース 3-2

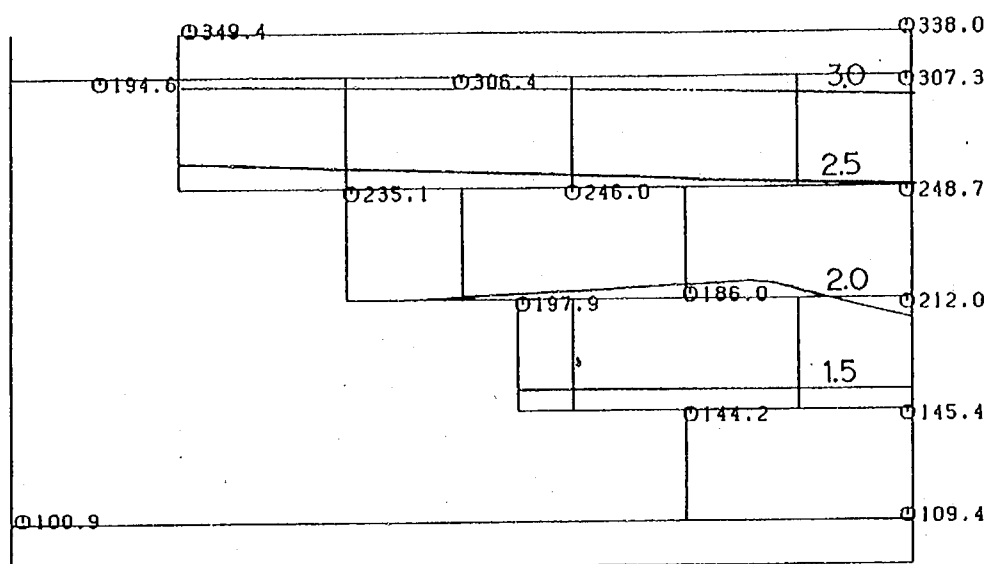


(9) ケース 4-1

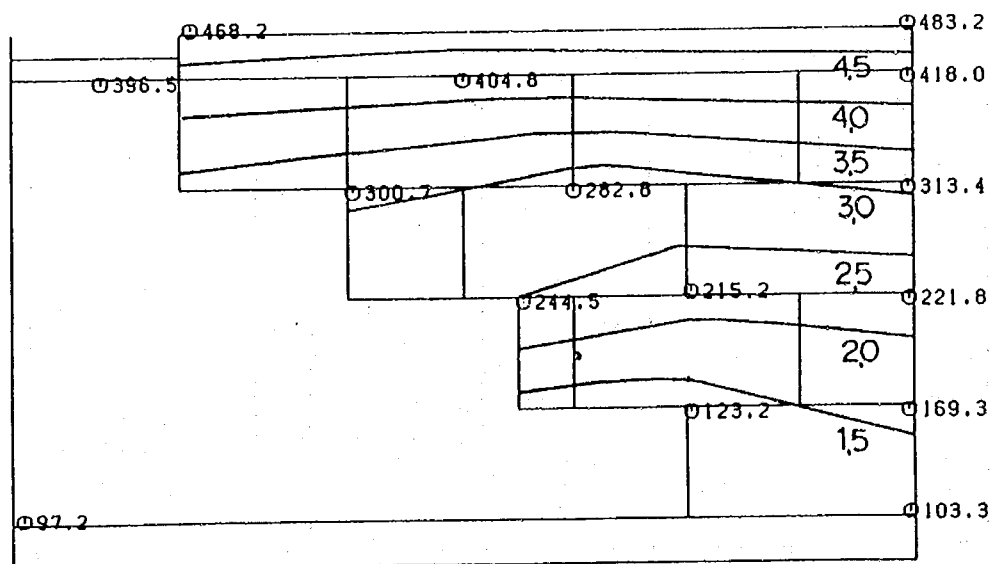
図 4.23 水平方向最大応答加速度の断面内分布



(10) ケース 4-2

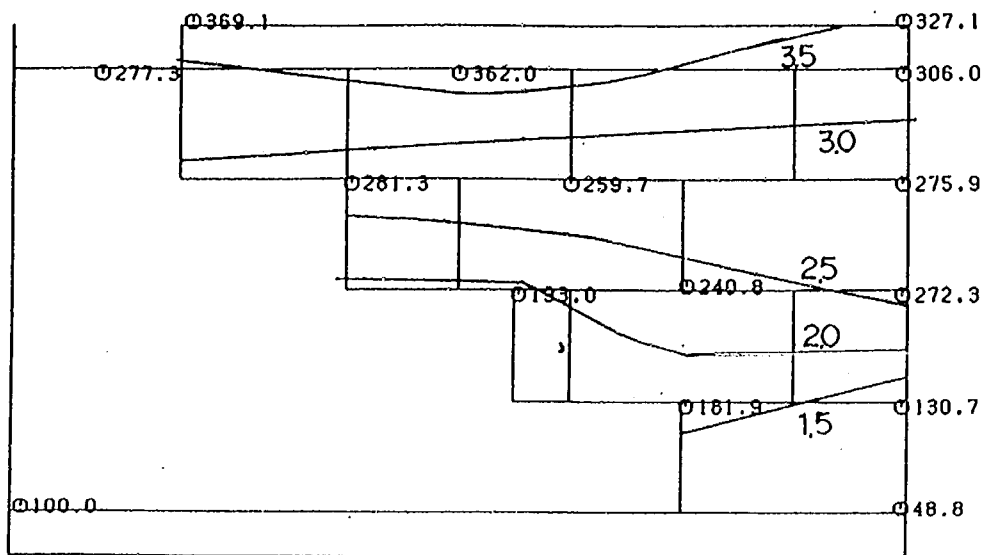


(11) ケース 5-1

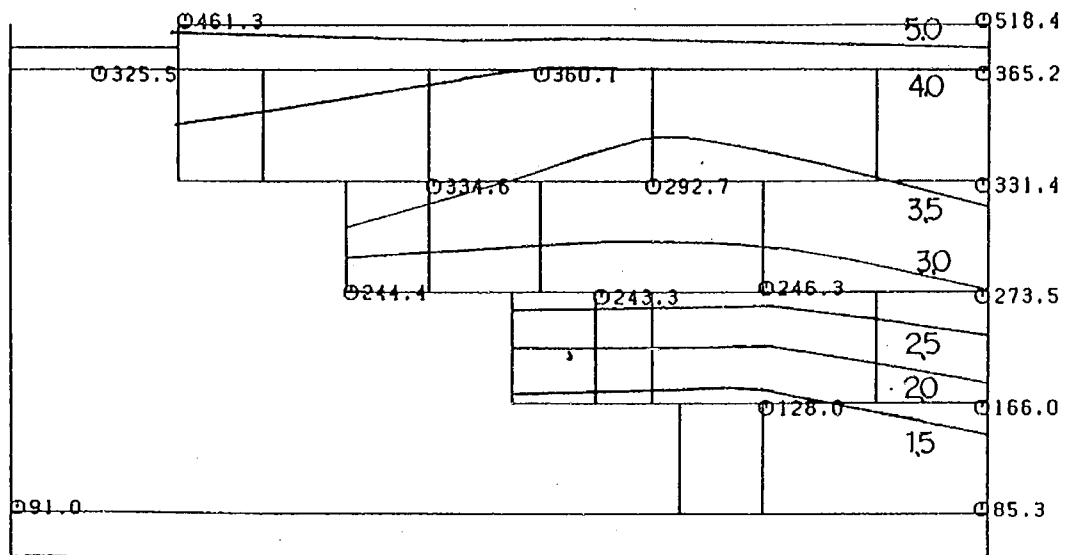


(12) ケース 5-2

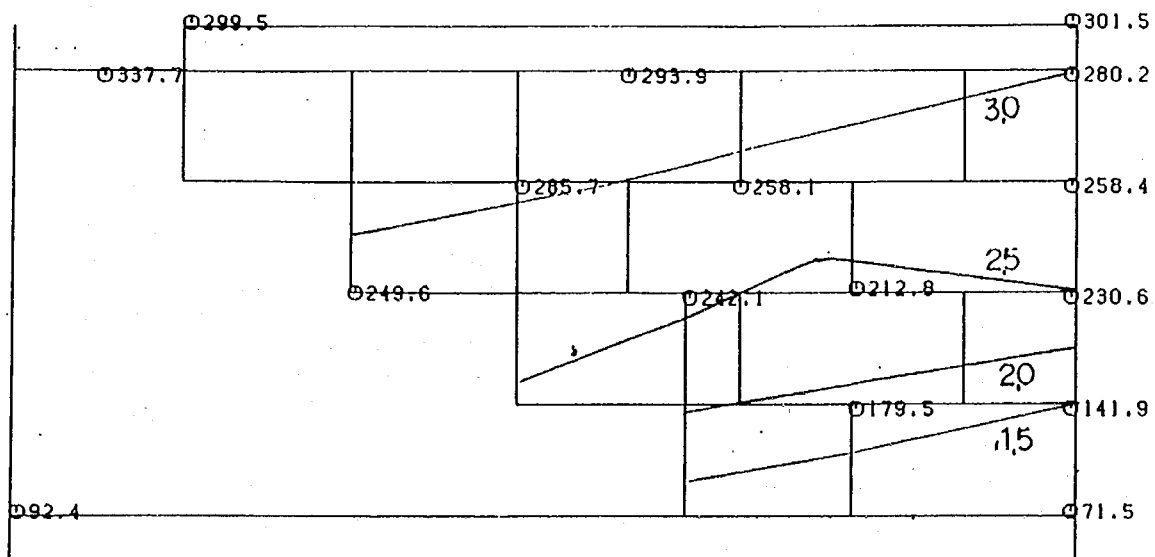
図 4.23 水平方向最大応答加速度の断面内分布



(13) ケース 6-1

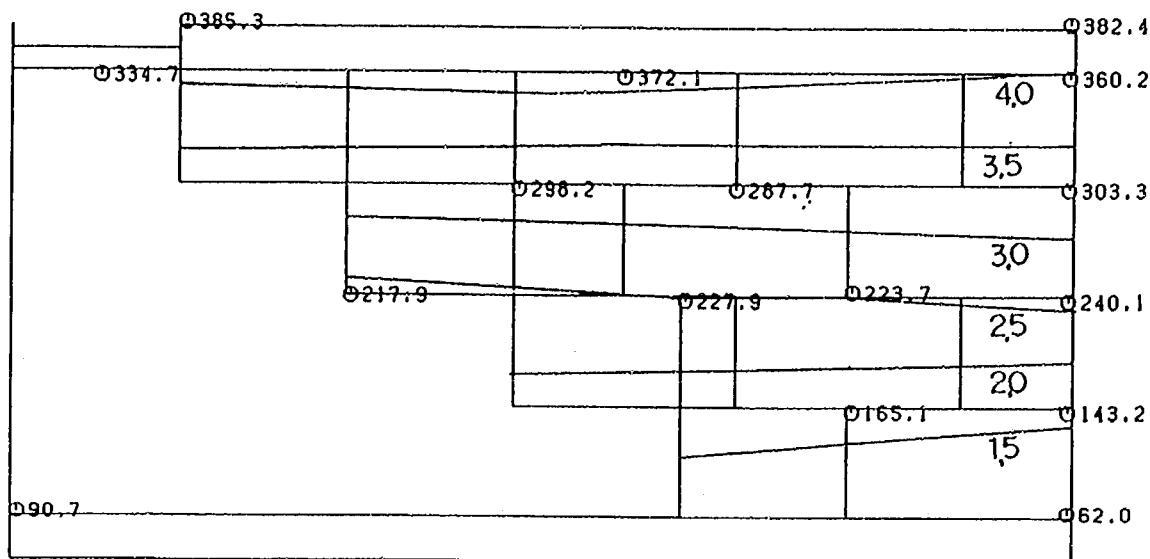


(14) ケース 6-2



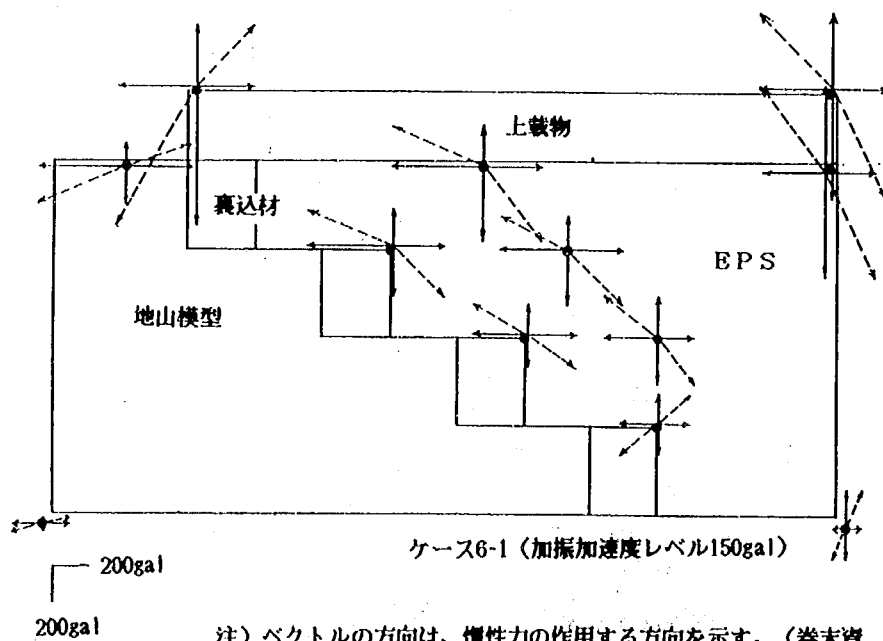
(15) ケース 7-1

図 4.23 水平方向最大応答加速度の断面内分布



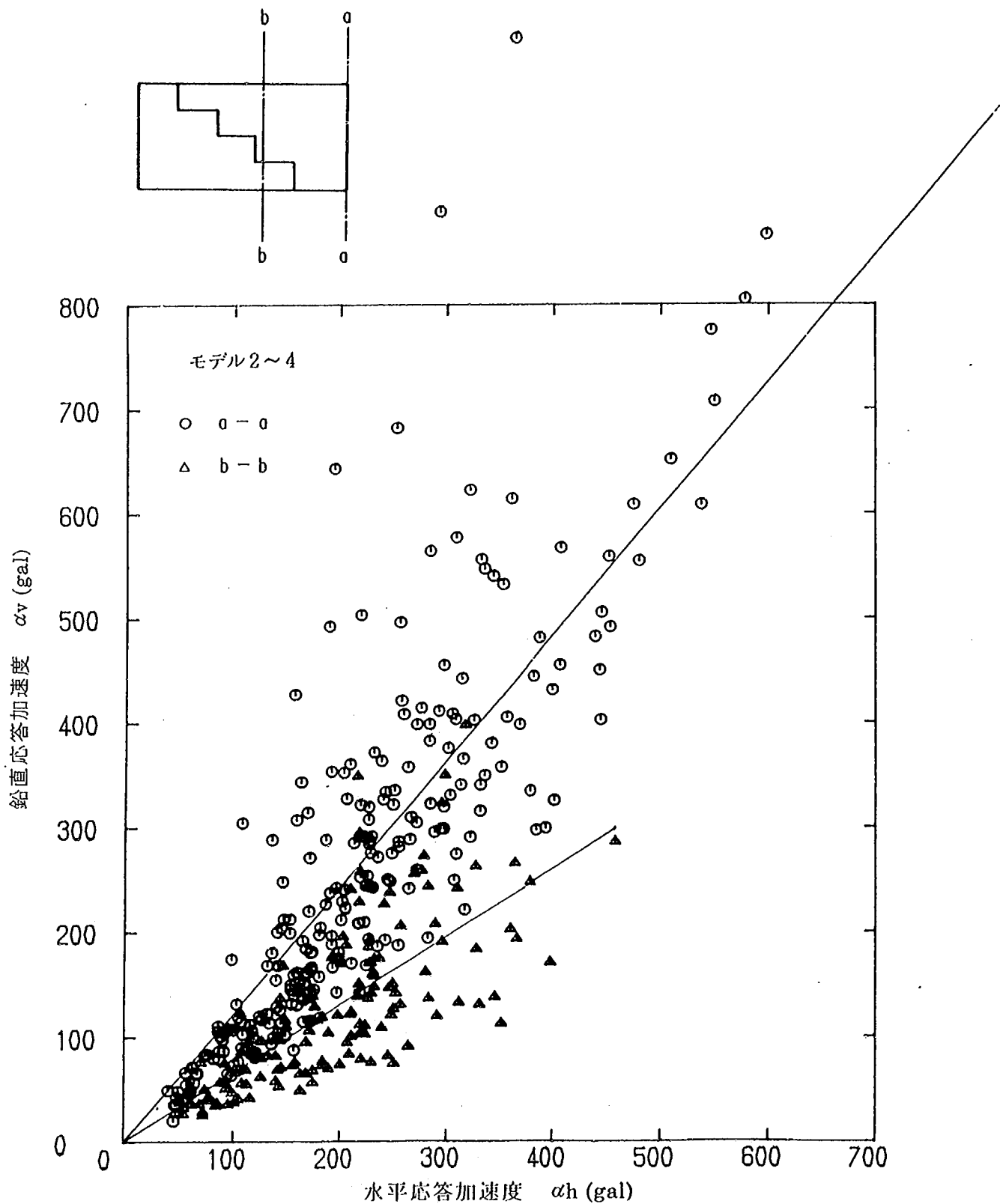
(16) ケース 7-2

図 4.23 水平方向最大応答加速度の断面内分布



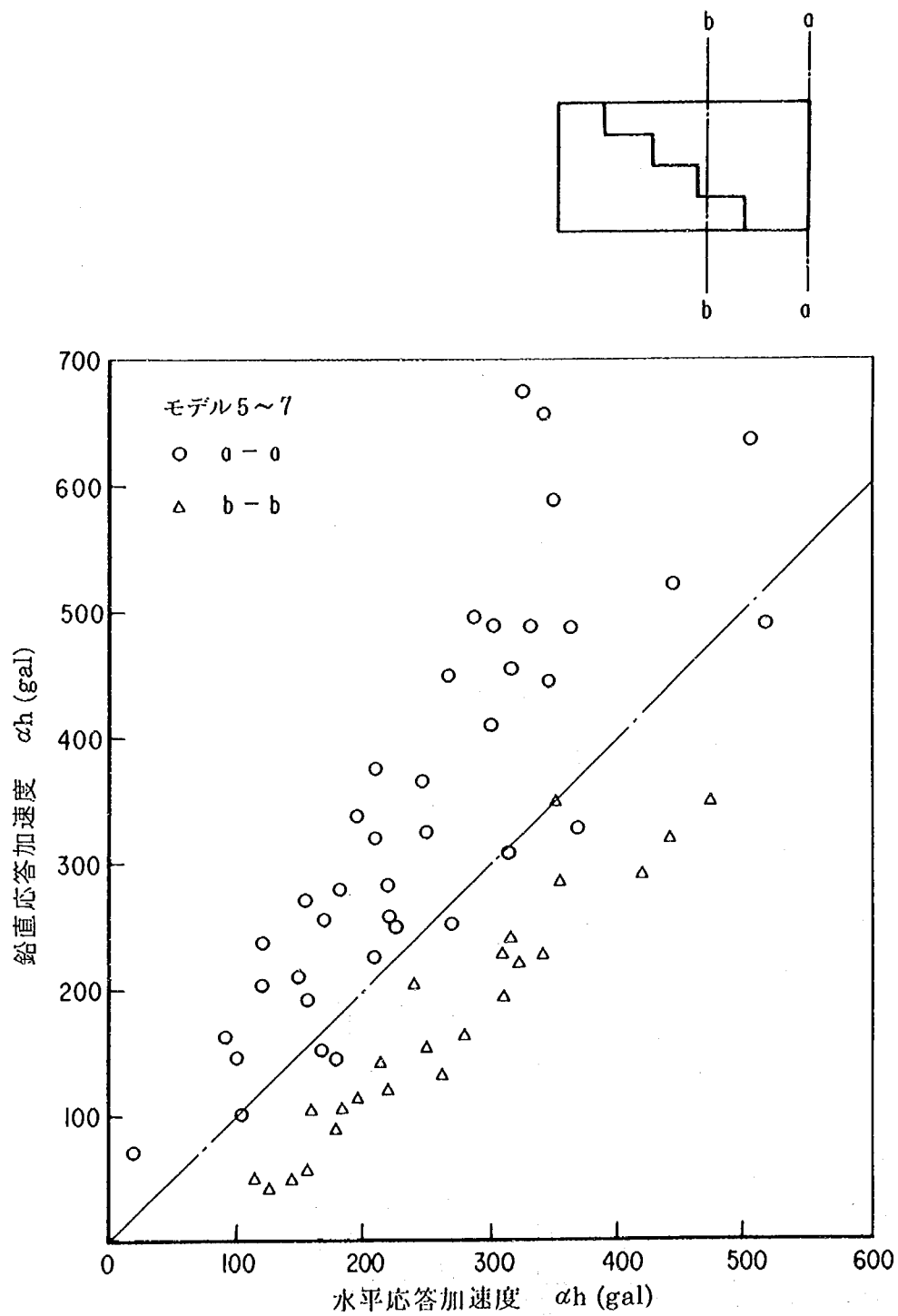
注) ベクトルの方向は、慣性力の作用する方向を示す。(巻末資料 1 の付表 1.1 に示した加速度の方向とは逆になっている。)
また、模型中央部では、水平応答加速度がどちらの方向に最大になっても上向きの鉛直加速度(下向きの慣性力)が作用し(8.2.3 参照)、下向きの鉛直加速度はこれらの中間の時点において生じているが、図では鉛直応答加速度の両方向の最大値を用いてベクトルを描いているため、水平方向と鉛直方向の応答加速度の位相関係は必ずしも実際とは一致していない。

図 4.24 応答加速度のベクトル図の例



(1) モデル 2~4

図 4.25 水平応答加速度と鉛直応答加速度の関係

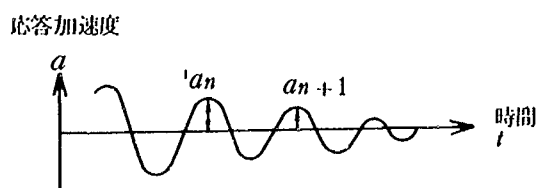


(2) モデル5~7

図4.25 水平応答加速度と鉛直応答加速度の関係

4.3.7 各モデルの減衰定数

加振終了後の応答加速度の減衰波形から図4.26に示す方法により求めた模型全体の減衰定数と、加振加速度の関係を図4.27に示す。減衰定数は既往の室内要素試験で得られた1%程度の値¹⁾よりも大きく、加振加速度が大きくなるとともに増加するが、これらは、応答が大きくなるとEPSブロック間で微小なすべりが生じるようになり、その際の摩擦等に起因する減衰が大きくなるためと考えられる。モデル1よりもモデル2～7のほうが減衰定数が高いのは、後者ではEPSブロックと地山及び裏込材の間の摩擦により振動エネルギーが吸収されるためと考えられる。また、上載荷重の大きい場合のほうが加振加速度に対する減衰定数の増加割合が小さいが、これはEPSブロックが強く押さえつけられてブロック間の微小なすべりが生じにくくなるためと考えられる。



$$\delta = \log e \left| \frac{a_n}{a_{n+1}} \right| \div \frac{a_n - a_{n+1}}{a_n}$$

$$\delta = \frac{2\pi h}{\sqrt{1-h^2}} \div 2\pi h \quad (h \text{ が微小のとき})$$

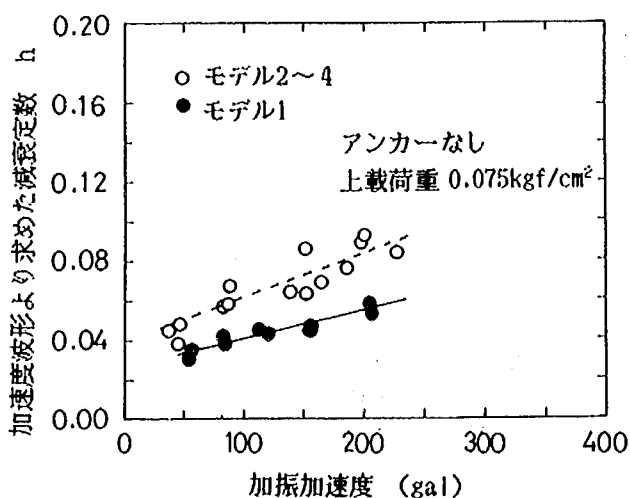
$$h \div \frac{1}{2\pi} \left(\frac{a_n - a_{n+1}}{a_n} \right)$$

a_n, a_{n+1} : 応答加速度の振幅

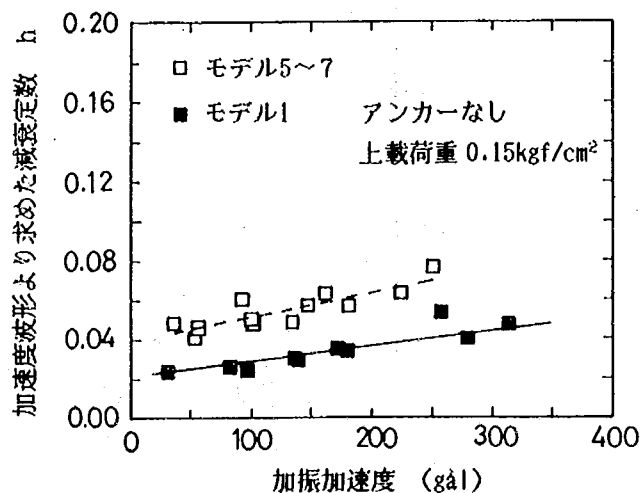
h : 減衰定数

δ : 対数減衰率

図4.26 減衰定数の算定法



(1) 上載荷重が小さいとき



(2) 上載荷重が大きいとき

図4.27 減衰定数と加振加速度の関係

4.3.8 周波数応答特性に及ぼす加振加速度の影響

ケース5-1では、加振加速度が200galレベルの場合の周波数応答特性を測定した。50galレベルの場合との比較を図4.28に示す。加振加速度が大きくなると、共振周波数も共振時の加速度応答倍率もともに低下し、模型が非線形な応答をしていることがわかる。これは、加振加速度が大きくなると模型全体の減衰定数が増加すること（4.3.7参照）と対応しており、EPSブロック間及びEPSブロックと地山間の摩擦力が変化することに起因していると考えられる。

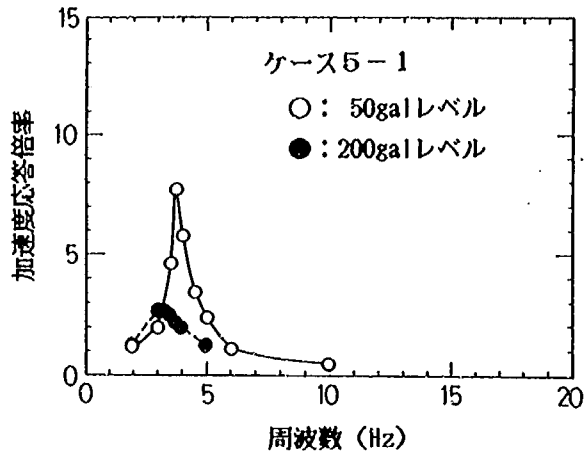


図4.28 加速度レベルが周波数応答特性に及ぼす影響

4.4 まとめ

- 1) 緊結金具は、強振時のブロック間のすべりを防止する効果がある。
- 2) 地山がある場合には、EPS全体が前面に滑動するか、あるいは幅の小さいブロックが回転した上に他のブロックが乗り上げる形で残留変形が生じる。残留変形の生じ始める応答加速度は、上部では1000gal、下部では400gal程度である。
- 3) 周波数応答特性に及ぼす地山勾配と裏込土量の影響は小さい。
- 4) 地山の剛性が大きくなるほどアンカー張力は大きくなる。実際の設計では、安全側のため上載物の慣性力が100%すべてアンカーに作用するものとして取り扱う必要がある。
- 5) 裏込材からEPSに作用する静的な土圧は、主働土圧として計算できる。実験では、動的な土圧はEPSが地山に押しつけられることにより生じており、慣性力が前面方向に作用して滑動あるいは転倒する際の全土圧は静的な土圧よりも小さい。設計上は裏込材の慣性力を考慮すれば十分に安全側であると考えられる。
- 6) 模型の水平応答加速度は上部へいくほど大きくなり、水平方向にはほぼ一様である。模型はロッキング的な応答をしており、前面の鉛直応答加速度は水平応答加速度よりも大きい。
- 7) 模型全体の減衰定数は、既往の室内要素試験で得られた値よりも大きい。加振加速度が大きくなると、模型全体の減衰定数は増加し、模型の共振周波数と共振時の加速度応答倍率は低下する。これらは、EPSブロック間及びEPSブロックと地山間の摩擦力の変化に起因するものと考えられる。

5. 有限要素解析

5.1 解析内容

E P S盛土の応答加速度の予測手法としての有限要素応答解析の適用性の検討を、4章の模型振動実験のいくつかのケースを対象に行った。

5.2 解析方法

5.2.1 解析に用いたプログラム

解析は、等価線形応答解析プログラム“FLUSH”を用いて行った。本プログラムでは、ひずみレベルに依存した材料の非線形な変形特性を考慮することができるが、ここでは、E P Sブロックを一定の弾性係数と一定の減衰を持つ線形弾性体として扱った。

5.2.2 解析手順

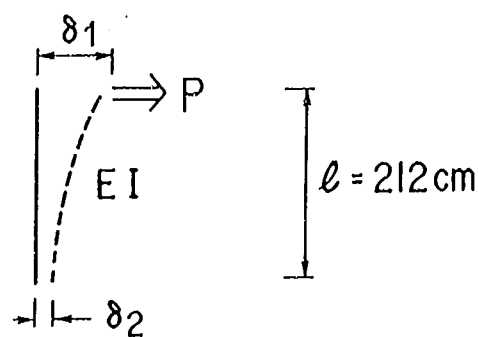
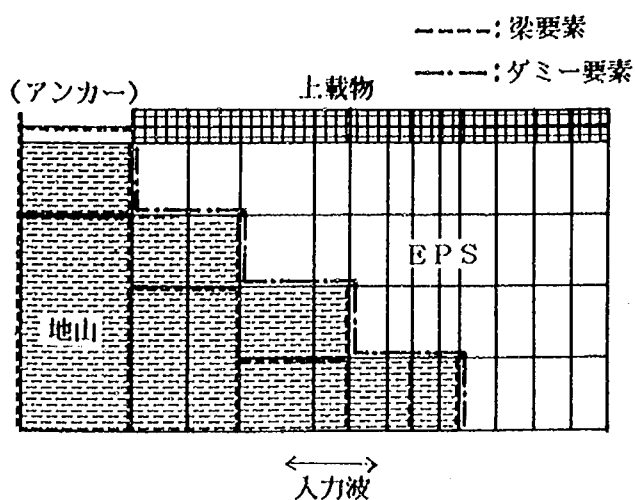
解析は、次のような手順で行った。

- 1) モデル1のステップ1を対象とした解析を行い、既往の試験で得られたE P Sの要素としての動的特性の適用性について検討する。
- 2) モデル5のステップ1を対象とした解析を行い、E P Sと地山の境界条件とアンカーのモデル化について検討する。
- 3) そのほかのモデルのステップ1を対象とした解析を行い、模型の条件が変化した場合の適用性について検討する。
- 4) ケース5-1のステップ2を対象とした解析を行い、加振加速度を大きくした場合の適用性について検討する。

5.2.3 解析条件

要素分割図の例を図5.1に示す。地山模型とアンカーをモデル化するために梁要素を使用した。E P S、上載物、裏込材及び地山模型の中詰め材料はソリッド要素として扱った。また、E P Sと地山の境界（裏込材がある場合にE P Sとは裏込材の境界）には、場合によりダミー要素をはさんだ。（5.3.2参照）

2次元モデルとして解析を行うために、地山模型とアンカーのせん断剛性率及び断面2次モーメントとして、鋼材の物性をもとに計算した値を単位奥行き当りに換算して用いた。解析に用いた各材料の物性値を表5.1に示す。ただし、アンカーのあるケース5-2では、地山補強の効果を考慮するために、加振中のアンカー張力と地山模型の相対変位の測定値から図5.2に示すような方法で地山模型の平均的な剛性を逆算し、地山背面の梁要素の剛性として用いた。



地山下端
 地山下端での変位 $\delta_1 = 4.529m$
 地山上端での変位 $\delta_2 = 1.3mm$
 アンカー張力 $P = 1338kgf/m$
 $\delta = 4.529 - 1.3 = 3.229mm$
 $\delta = \frac{Pl^3}{3EI}$ より、
 $EI = \frac{Pl^3}{3\delta} = \frac{1338 \times 212^3}{3 \times 0.3229} = 1.316 \times 10^{10} (kgf \cdot cm^4/m)$
 $\therefore l = \frac{1.316 \times 10^{10}}{E} = \frac{1.316 \times 10^{10}}{2.1 \times 10^8} = 6267 (cm^4/m)$
 $= 6.267 \times 10^{-5} (m^4/m)$
 注) 地山補強の影響を考慮しない場合の
 $l = 1.042 \times 10^{-8} (m^4/m)$
 (鉄板の厚さより算定した)

図 5.1 要素分割図の例 (モデル 5)

図 5.2 地山補強の影響を考慮した剛性の算定法

表 5.1 計算に用いた物性値一覧

	密度 ρ (g/cm ³)	ヤング係数 E (kgf/cm ²)	せん断剛性率 G (kgf/cm ²)	せん断波速度 V_s (m/sec)	動ポアソン比 ν	減衰定数 h
EPS	0.02	モデル 1 の解析結果を用いる		-	0.075	モデル 1 の解析結果を用いる
床版 (コンクリート)	2.40	2.6×10^5	111,397	-	0.167	0.05
鉄板	7.85	2.1×10^6	807,690	-	0.30	0.05
裏込め (碎石)	1.80	4,455	1,150	250	0.35	0.05
ソイルセメント	1.80	6,300	2,250	350	0.40	0.05
アンカー	7.85	2.1×10^6	807,690	-	0.30	0.05

底面の各節点は水平・鉛直変位固定とし、また、梁要素の自由端部分はヒンジ、結合部分は剛結として解析を行った。

入力波として、実験で用いたものと同じ周波数及び波数の正弦波を底面に水平方向に入力した。

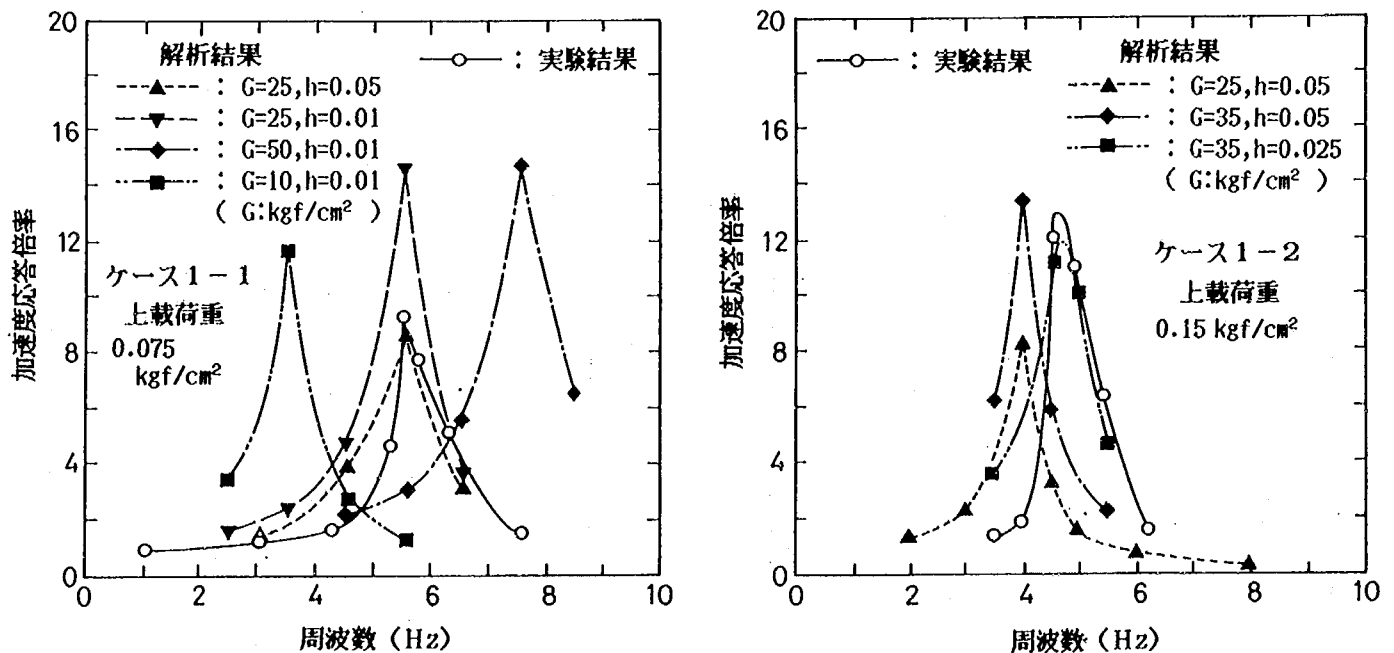
5.3 解析結果及び考察

5.3.1 要素としての動的応答特性の適用性

モデル1のステップ1の周波数応答曲線を解析した結果を図5.3に示す。解析結果と実験値が比較的一致するのは、上載荷重の小さいケースではせん断剛性 $G=25$ (kgf/cm^2)、減衰定数 $h=5\%$ の場合、上載荷重の大きいケースでは $G=35$ (kgf/cm^2)、 $h=2.5\%$ の場合であった。

G は既往の試験結果^{1) 4) 6)}と同程度であったが、 h はかなり大きめになった。これは、加振終了後の減衰過程の応答加速度の測定値から求めた減衰定数が大きめであったこと(4.3.7参照)と対応している。これらの理由として、EPSブロック間の摩擦による減衰が考えられる。

応答解析を行う場合には、このようなEPSブロック間の摩擦の影響を考慮して、要素試験結果よりも大きな減衰定数を用いる必要があることがわかる。また、上載荷重により G が異なる値となったのは、EPSの動的特性が拘束圧の影響を受けることによると考える。



(1) 上載荷重の小さい場合

(2) 上載荷重の大きい場合

図5.3 周波数応答特性の比較(モデル1)

5.3.2 EPSと地山の境界条件のモデル化

ケース5-1を対象に、表

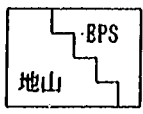
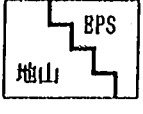
5.2に示す条件のもとで周波数応答曲線を解析した結果を図5.4(1)に示す。EPSの物性として、モデル1で同定した値（上載荷重の大きいケース）を用いた。

共振周波数はタイプ2と3が実験値に近く、応答倍率はタイプ3が実験値とほぼ一致する。応答解析を行う場合には、EPSと地山の境界での減衰を考慮して、境界部にきわめて小さいGと大きめのh（このケースでは15%）をもつ薄片状のダミー要素をいれて解析を行う必要があることがわかる。

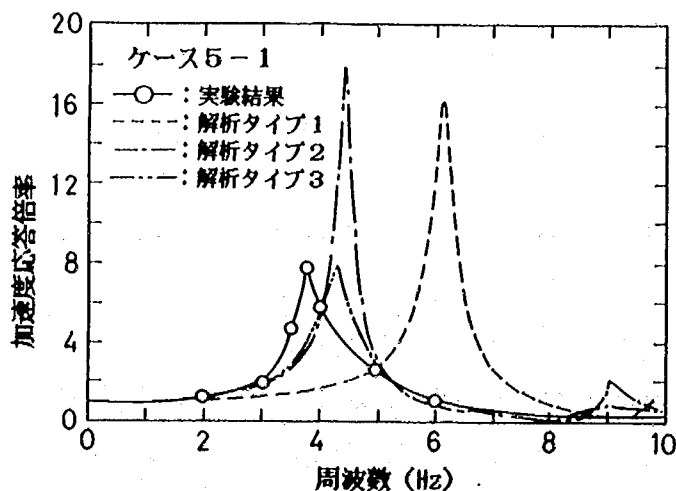
これは、加振終了後の減衰過程の応答加速度の測定値から求

めた減衰定数が、地山のないモデル1よりも地山のあるモデル5～7のほうが大きいこと（図4.27参照）と対応しており、EPSブロックと地山及び裏込材の間の摩擦により振動エネルギーが吸収されることによるものと考えられる。

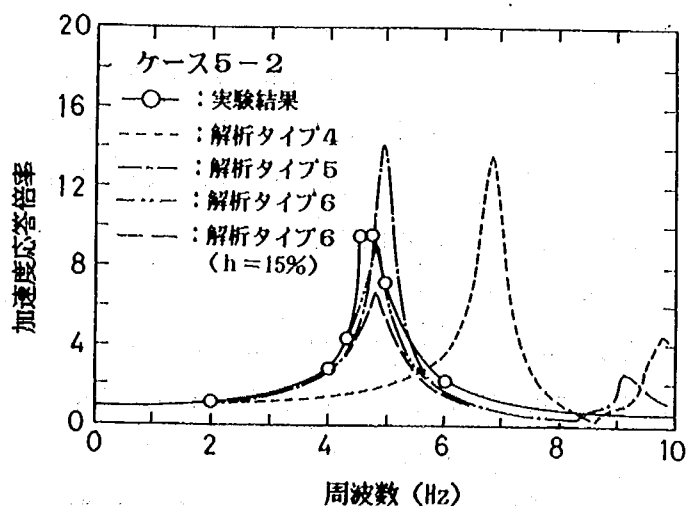
表5.2 モデル化に関する解析条件

解析対象 ケース	検討タイプ	BPSの動的物性値		モデル化条件
		G(kgf/cm ²)	h(%)	
5-1	1	35	2.5	・地山とBPS 結合 
	2			・地山とBPS 2重節点にして分離 
	3			・タイプ2の斜線部をダミー要素として処理 G=0.001 kgf/cm ² , h=15%
5-2	4			・検討タイプ1に同様
	5			・検討タイプ2に同様
	6			・検討タイプ3と同様にダミー要素として処理 G=0.001 kgf/cm ² , h=10%

※ ケース5-1では地山補強の影響を非考慮、ケース5-2では考慮



(1) アンカーのない場合



(2) アンカーのある場合

図5.4 周波数応答特性の比較

5.3.3 アンカーのモデル化

ケース5-2について、表5.2に示す条件のもとで周波数応答曲線を解析した結果を図5.4(2)に示す。共振周波数はタイプ5と6が実験値に近く、応答倍率はタイプ6がほぼ一致する。図中にはタイプ6でダミー要素の減衰定数を変えた場合もあわせて示したが、このケースでは減衰定数が15%の場合よりも10%の場合のほうが応答倍率の対応がよかった。

タイプ6の条件で解析したときの上載物の応答加速度とアンカー張力の関係の実験値との比較を図5.5に示す。図中には地山補強を考慮しない場合の結果もあわせて示したが、考慮した場合のほうが実験値との対応がよく、このような考慮を行うことによりアンカーのある場合にもこの解析手法が適用可能であることがわかる。

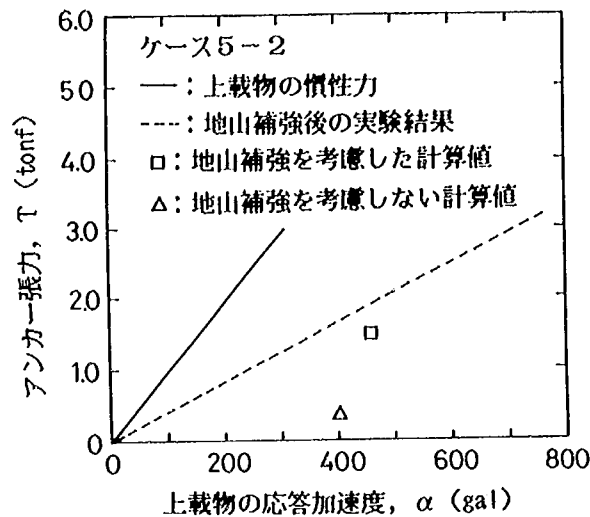


図5.5 アンカー張力の比較

しかし、アンカー張力の解析値は地山の剛性に依存して大きく変化するため、実際の設計では安全側として、アンカーがないものとして解析したときの上載物の慣性力と、アンカーをモデル化して解析したときのアンカー張力のうちの大きいほうを用いてアンカーの設計を行う必要があると考えられる。

5.3.4 模型の条件が変化した場合の適用性

計7ケースを対象として表5.3に示す条件のもとで周波数応答特性を解析し、実験値と比較した結果を図5.6に示す。また、各ケースの共振周波数と共振時の加速度応答倍率をまとめると表5.4のようになる。実験値と解析値は比較的よく一致しており、模型の条件が変化した場合でも本解析手法は適用可能であることがわかる。

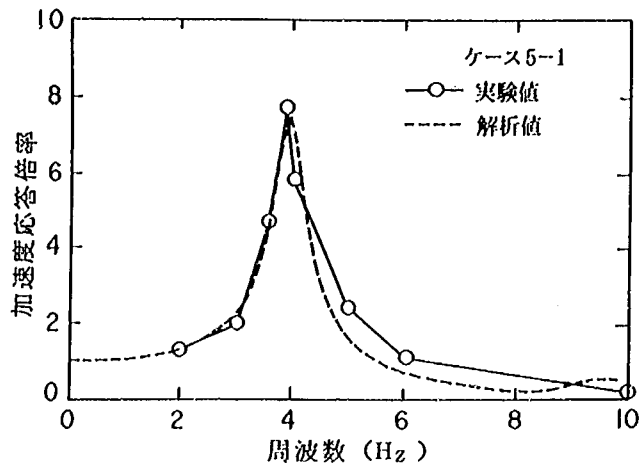
斜面勾配、上載荷重、裏込材の有無及びアンカーの有無のそれぞれの条件が共振時の加速度応答倍率に及ぼす影響を比較したものを図5.7～5.10に示す。斜面勾配以外の条件が加速度応答倍率に及ぼす影響は、実験値と解析値の間でほぼ一致しているが、斜面勾配の影響に関しては、実験値のほうが加速度応答倍率の変化が大きい。これは上載荷重の大きいケースについて比較したものであるが、図4.11(1)より上載荷重の小さいケースでは実験値においても加速度応答倍率の変化が小さいことから、この場合には斜面勾配の影響に関しても実験値と解析値がほぼ一致することが予想される。

表 5.3 解析ケース

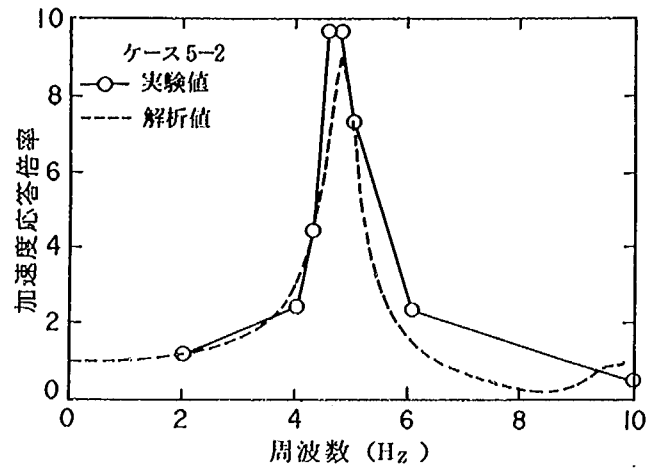
ケース	EPSの物性値		グミ要素の物性値		地山の補強
	G(kgf/cm ²)	h (%)	G(kgf/cm ²)	h (%)	
5-1	35	2.5	0.001	15	非考慮
5-2	35	2.5	0.001	10	考慮
6-1	35	2.5	0.001	15	非考慮
6-2	35	2.5	0.001	10	考慮
2-1	25	5.0	0.001	15	非考慮
2-2	35	2.5	0.001	15	非考慮
3-2	35	2.5	0.001	15	非考慮

表 5.4 周波数応答特性の比較

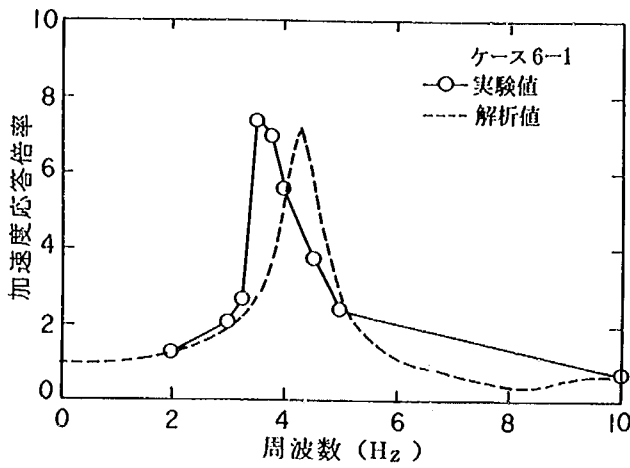
解析ケース	実 験 値		解 析 値	
	共振周波数	応 答 倍 率	共振周波数	応 答 倍 率
5-1	3.75	7.8	3.92	7.48
5-2	4.50	9.75	4.82	9.18
6-1	3.50	7.35	4.27	7.30
6-2	4.50	9.75	4.98	8.67
2-1	8.80	9.15	7.68	9.14
2-2	6.50	10.30	5.83	10.26
3-2	6.50	8.05	6.36	9.95



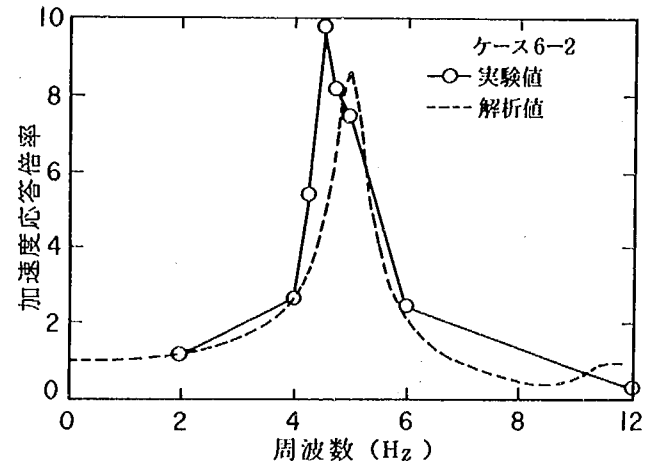
(1) ケース 5-1



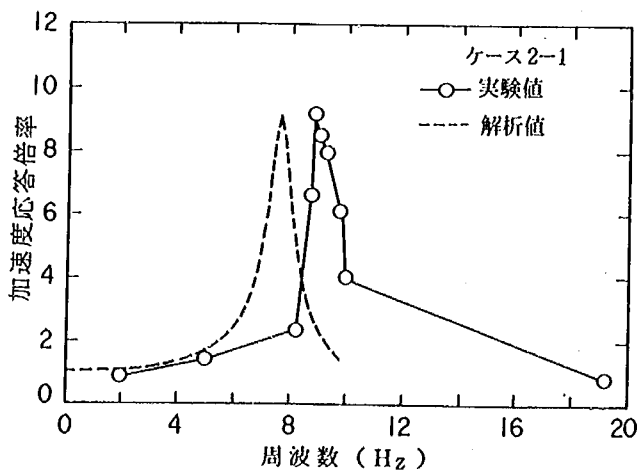
(2) ケース 5-2



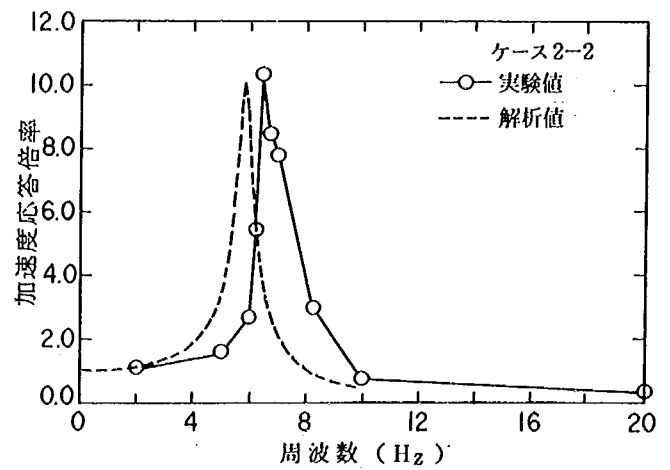
(3) ケース 6-1



(4) ケース 6-2



(5) ケース 2-1



(6) ケース 2-2

図 5.6 周波数応答特性の比較

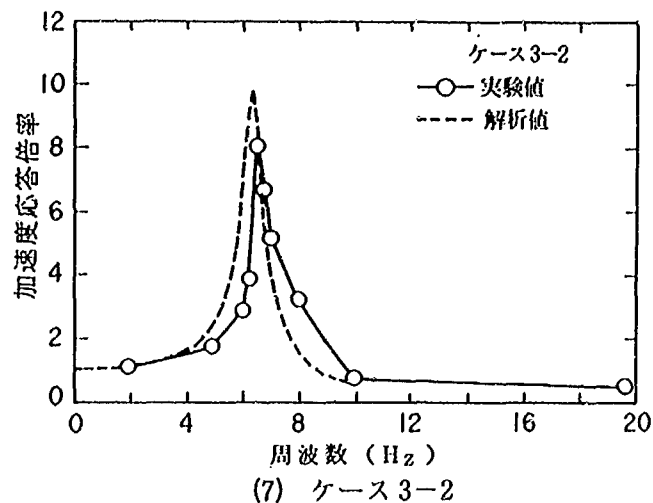


図5.6 周波数応答特性の比較

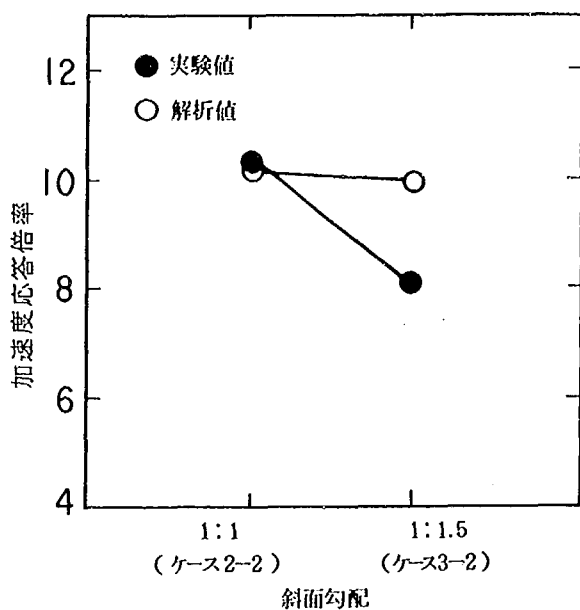


図5.7 斜面勾配が加速度応答倍率に与える影響

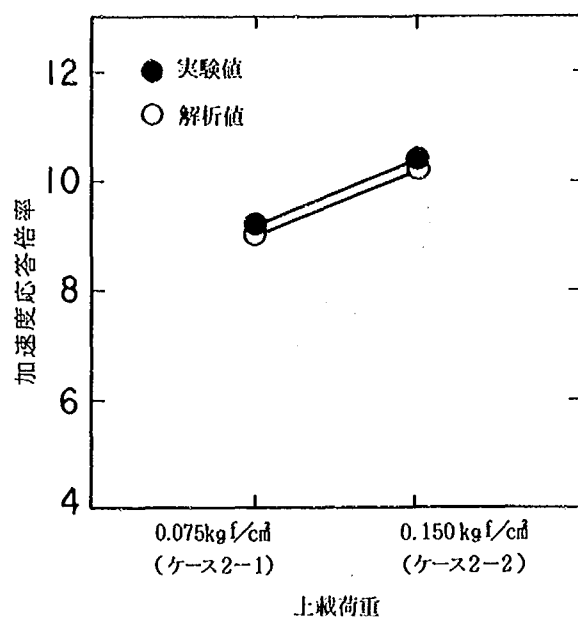


図5.8 上載荷重が加速度応答倍率に与える影響

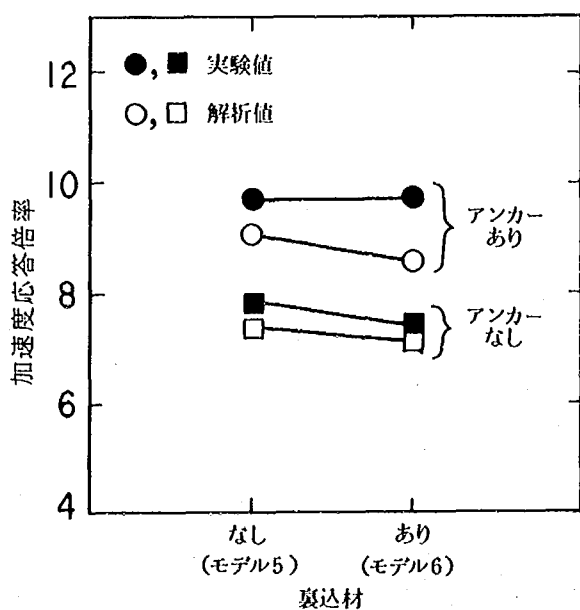


図5.9 裏込材の有無が加速度応答倍率に与える影響

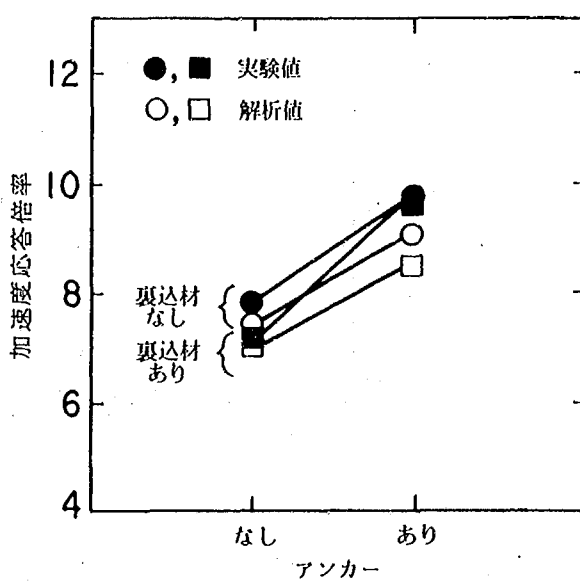


図5.10 アンカーの有無が加速度応答倍率に与える影響

5.3.5 加振加速度を大きくした場合の適用性

ケース5-1のステップ2を対象に、加振加速度を大きくした場合の解析を行い、上載物の加速度応答倍率を実験値と比較したものを図5.11に示す。加振加速度が大きくなると実験値は減少するのに対し、解析値はほとんど変化しない。これは、解析が線形であり、一定の減衰と一定の周波数応答特性のもとで計算を行うため、模型の非線形な挙動に起因する減衰定数と周波数応答特性の変化（図4.27及び図4.28参照）が考慮できないことによると考えられる。

解析値が実験値とほぼ一致するように、E P Sと地山の境界のダミー要素の減衰を試行錯誤的に増加させて解析を行った結果を図5.12に示す。200gal加振時を対象とした解析では、50gal加振時の場合に比べてダミー要素の減衰を2倍程度に増加させる必要があった。これは、加振加速度が大きくなるとともに加振終了後の応答加速度の減衰波形から求めた模型全体の減衰定数が増加すること（図4.27参照）と対応しているが、地山のないモデル1でも同様な実験結果となっているため、本来はダミー要素の減衰だけでなく、E P Sの減衰も変化させる必要があると考えられる。

解析による最大応答加速度のベクトル図の例を図5.13に示す。図4.24の実験結果と比べると、模型中央部よりも前面のほうが鉛直応答加速度が大きくなりロッキング的な応答をしている点が一致している。

200gal加振時のE P Sの最大せん断ひずみの分布図を図5.14に示す。図5.14(1)はダミー要素の減衰を変化させない場合のもので、減衰を増加させた(2)よりも全体的にせん断ひずみ大きい、この場合でもせん断ひずみは1%以下であり、弾性的な挙動の範囲内であることがわかる。

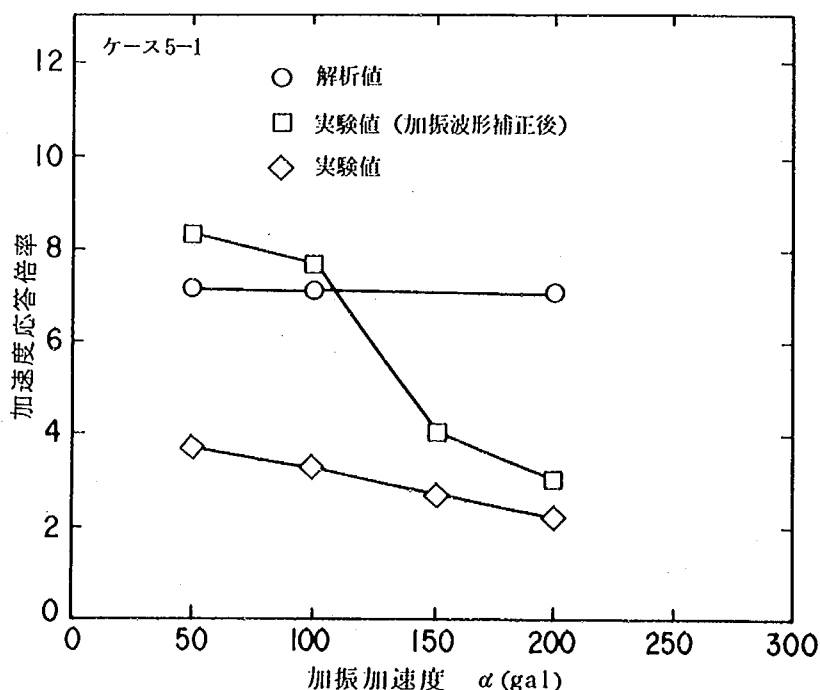


図5.11 加振加速度の影響（減衰定数一定）

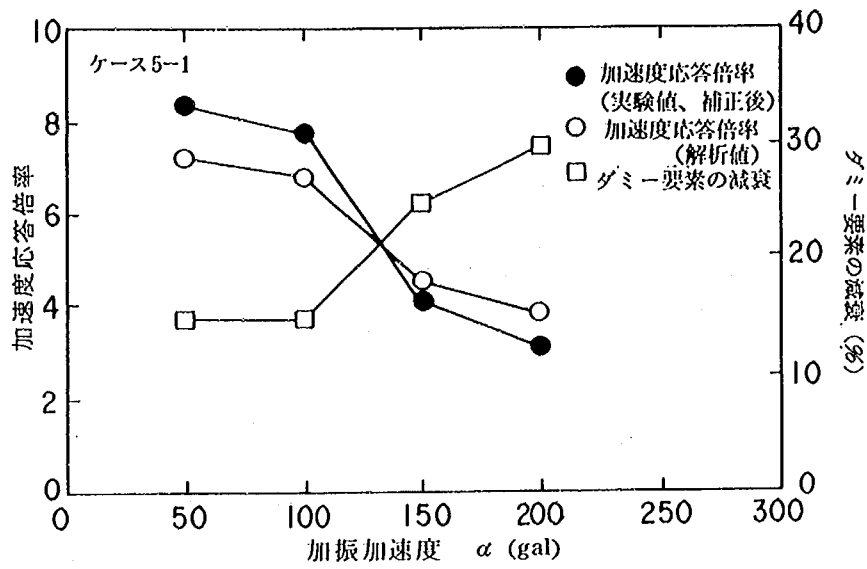


図 5.12 加振加速度の影響 (減衰定数調整)

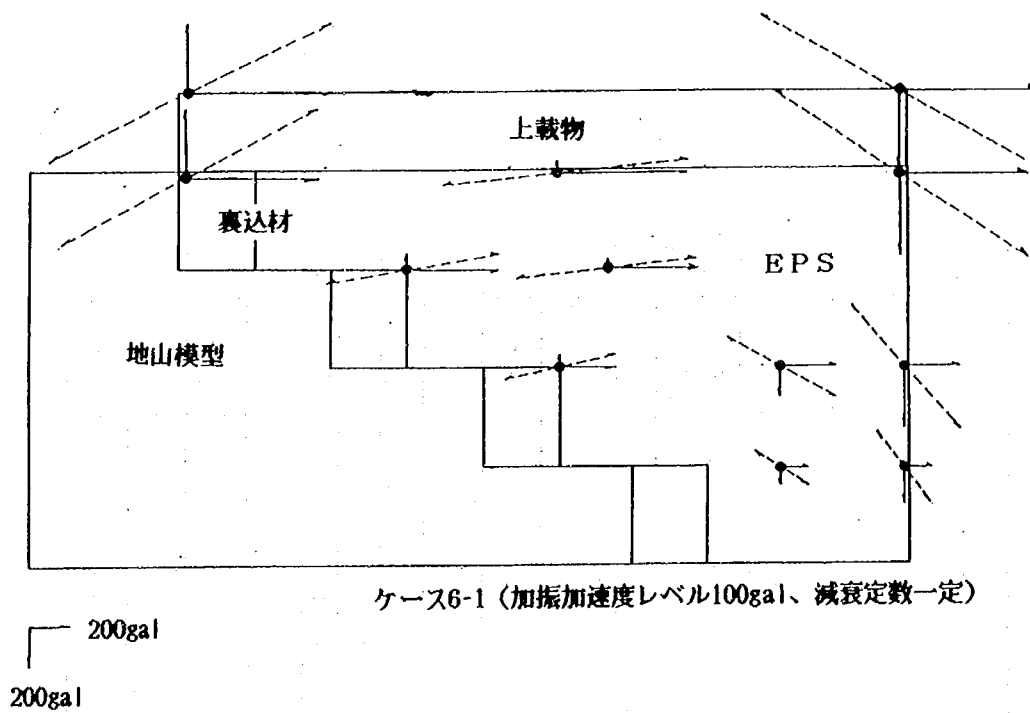


図 5.13 解析による応答加速度のベクトル図の例

		8.57		6.44	6.42	5.54		4.78		2.40		
				5.79	4.64	6.08		5.30		1.49		
					3.90	5.13		5.42		17.1		
								5.36		1.64		

($\times 10^{-3}$)

(1) ケース 5 - 1, 200gal (減衰定数一定)

		4.64		3.52	3.59	3.09		2.67		1.34		
				3.26	2.63	3.43		2.97		0.82		
					2.24	2.99		3.08		0.97		
								3.81		0.86		

($\times 10^{-3}$)

(2) ケース 5 - 1, 200gal (減衰定数調整)

図 5.14 E P S のせん断ひずみ分布図

5.4 まとめ

- (1) E P S の減衰定数として材料自体の減衰よりも大きい値を用いて、また、E P S と地山の境界部にダミー要素を入れて有限要素応答解析を行うことにより、E P S 盛土の地震時応答を求めることができる。
- (2) 加速度レベルの大きな場合を対象とした解析を行う場合には、E P S とダミー要素の減衰を大きめにする必要がある。
- (3) アンカー張力の解析値は地山の剛性に依存して大きく変化するため、実際の設計では安全側として、アンカーがないものとして解析したときの上載物の慣性力と、アンカーをモデル化して解析したときのアンカー張力のうちの大きいほうを用いてアンカーの設計を行う必要がある。

6. 耐震設計法の検討

6.1 応答加速度の評価手法に関する検討

6.1.1 概要

EPS部の質量は、舗装等の上載物と比べるとはるかに小さい。そこで、アンカーのない場合のEPS盛土の応答加速度を有限要素解析以外の方法で簡易的に予測するために、図6.1のように斜面上のEPS部分を質量の無視できる等価な弾性梁に置き換えて、ロッキングとせん断の連成を考慮した共振周波数の計算（以下では簡易法と称する）を行った。計算方法の詳細を巻末資料4に示す。

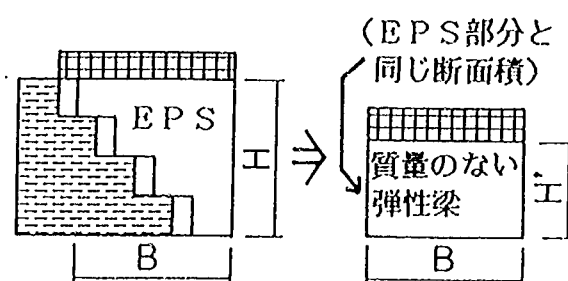


図6.1 簡易法による斜面部分の等価化

6.1.2 実験結果との比較

模型振動実験のアンカーのないケースを対象とした簡易法による計算結果を表6.1に示す。

表6.1 簡易法による計算結果

ケース	等価化した模型の条件 ¹⁾			EPSの物性値 ²⁾		共振周波数 f (Hz)	ロッキング率, R
	換算高さ, H(m)	幅, B (m)	上載物質量, m(ton/m)	G(kgf/cm ²)	ポアソン比ν		
1-3	1.0	1.5	0.75	25	0.075	5.69	0.87
1-4	1.0	1.5	1.5	35	0.075	4.76	0.87
2-1	0.722	1.35	1.125	25	0.075	6.64	0.99
2-2	0.722	1.35	2.5	35	0.075	5.54	0.99
3-1	0.683	1.775	1.5	25	0.075	6.84	1.15
3-2	0.683	1.775	3.0	35	0.075	5.74	1.15
4-1	0.559	1.7	1.5	25	0.075	7.35	1.22
4-2	0.559	1.7	3.0	35	0.075	6.15	1.22
5-1	1.308	3.25	4.875	35	0.075	4.41	1.13
6-1	1.308	3.25	5.4375	35	0.075	4.18	1.13
6-2	1.308	3.25	6.0	35	0.075	3.97	1.13

1) 裏込材がある場合には、裏込材上部の上載物もEPSが支持するものとして上載物質量を算定した。

2) ポアソン比νはせん断弾性係数Gからヤング率Eを算定するのに用いた。(E=2・(1+ν)・G)

有限要素応答解析で求めた共振周波数（表 5.4 参照）と簡易法の結果を比較したものを図 6.2 に示す。両者は比較的良好に一致している。また、共振周波数の実験値と簡易法による計算値を比較したものを図 6.3 に示す。この場合も共振周波数はよく一致しており、共振周波数を予測する手法として簡易法が適用可能であると考えられる。

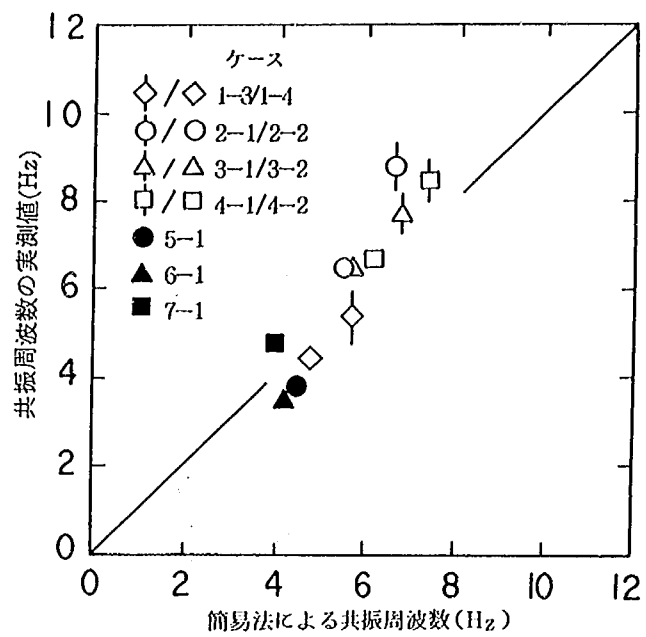
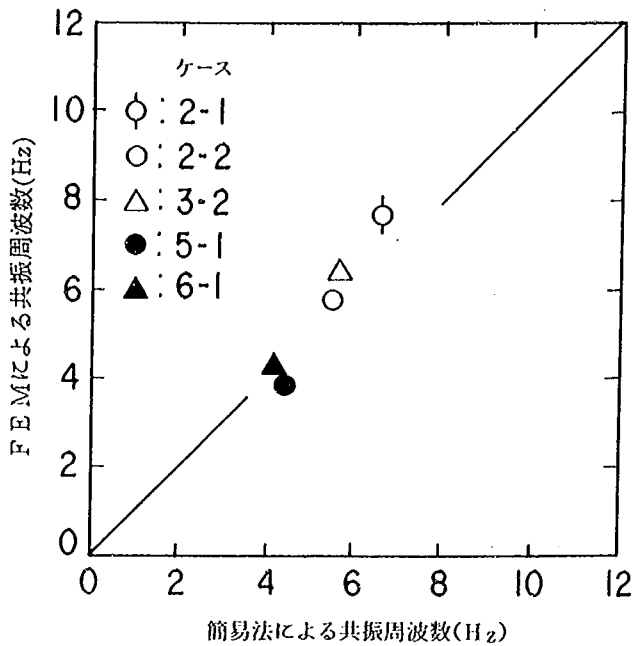


図 6.2 共振周波数の比較（F E Mと簡易法）

図 6.3 共振周波数の比較（実験結果と簡易法）

共振時の上載物端面の水平変位振幅に対する鉛直変位振幅の比として定義したロッキング率（巻末資料 4 の 3.3 参照）の実験値と簡易法による計算値を比較したものを図 6.4 に示す。実験値はステップ 2 の 50gal レベルの加振時のものであるが、応答変位が微小で測定誤差の影響が大きいため、応答加速度の両振幅からロッキング率を求めた。共振周波数を比較した場合よりもばらつきがあるものの、実験値と計算値はほぼ対応していると考えられる。

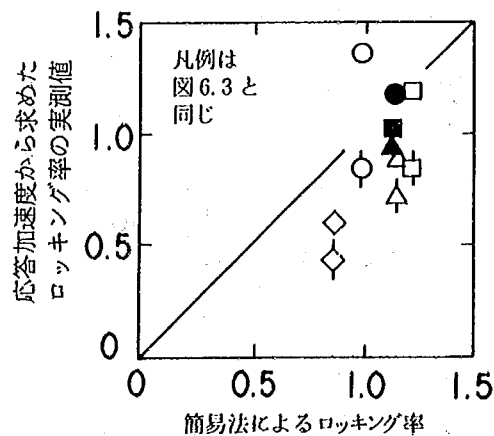


図 6.4 ロッキング率の比較（実験結果と簡易法）

6.1.3 実大規模のEPS盛土を対象とした試算

実大規模のEPS盛土に簡易法を適用した結果を図6.5に示す。盛土の換算高さが高くなるほど、弾性梁の相対的な剛性が低下するため、共振周波数が小さくなる。換算高さが4 m以上の場合には、盛土の幅が大きくなるほど共振周波数が大きくなるが、これは、ロッキングが相対的に生じにくくなるためと考えられる。

地震時の応答加速度は、簡易法により算定した共振周波数と、地震動の加速度応答スペクトル¹⁰⁾、及び図4.27のようなEPS盛土全体の減衰特性から簡易的に推定できると考えられる。

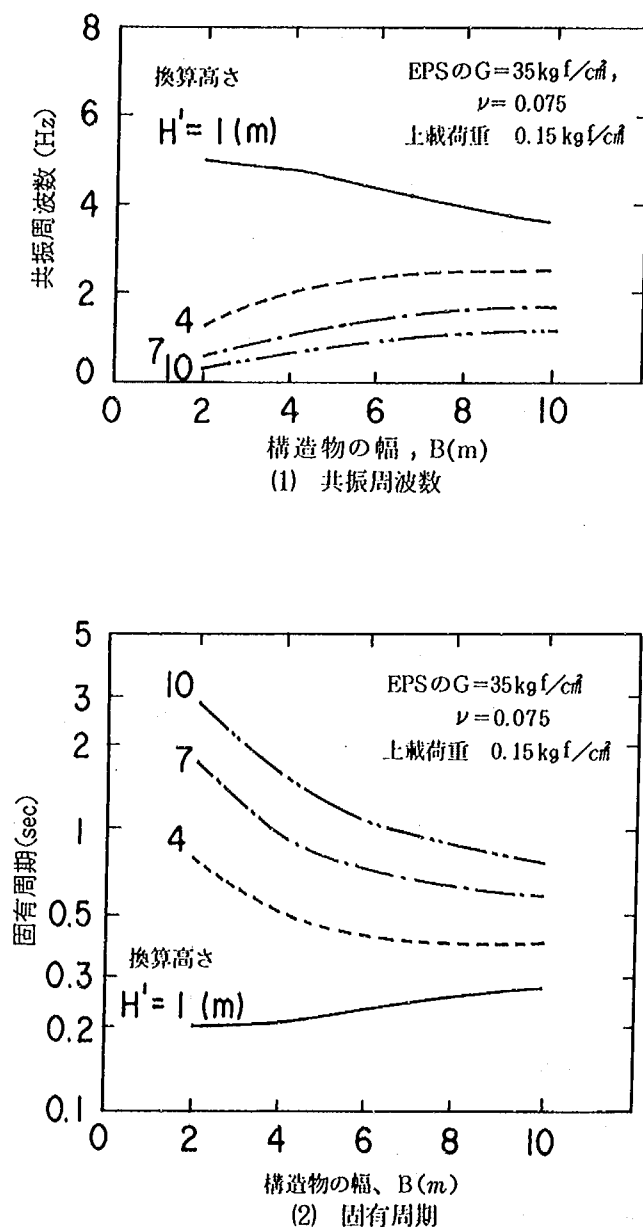


図6.5 実大規模を対象とした簡易法による計算結果

6.2 安定性の評価手法に関する検討

6.2.1 概要

模型振動実験では、緊結金具のあるほとんどのケースでEPSブロック部分は一体的な挙動を示した。このような場合には、EPSブロック部分を剛体と仮定して滑動・転倒に対する安定計算を行うことにより、構造物の安定性を評価できるものと考えられる。そこで、実験のいくつかのケースを対象にして、加速度、土圧等の実測値をもとに滑動・転倒に対する安定性の評価を行い、実験結果との対応を調べた。

6.2.2 モデル1の滑動に関する検討

モデル1を対象に、各部の水平応答加速度をもとにEPS底面で発揮されている平均的な摩擦係数 μ を図6.6に示す方法で求めた。結果を表6.2に示す。

摩擦係数とEPS下端の滑動量の関係を図6.7に示す。滑動が生じるときの摩擦係数は0.4程度で、静的な実験により得られたEPS間の摩擦係数(0.6程度)よりも小さい。これはロッキングの影響によるものと考えられ、このような場合に静的な摩擦係数を用いて設計を行うことは危険側の評価となる。

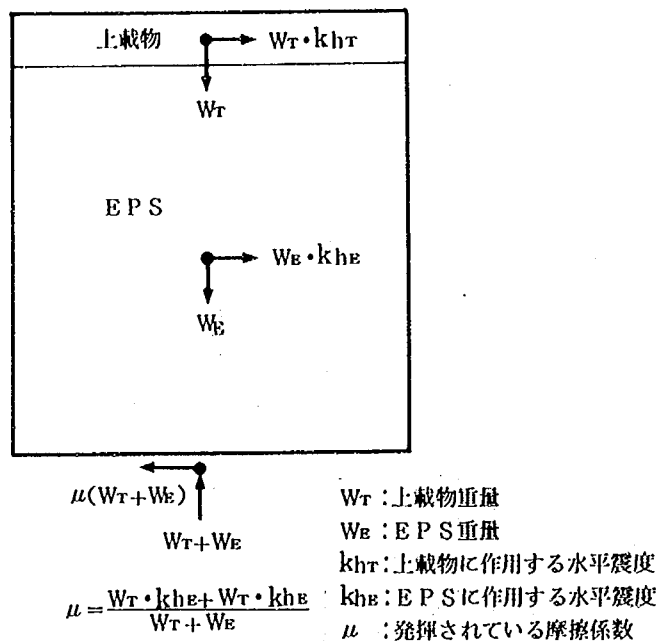


図6.6 摩擦係数の算定方法 (モデル1)

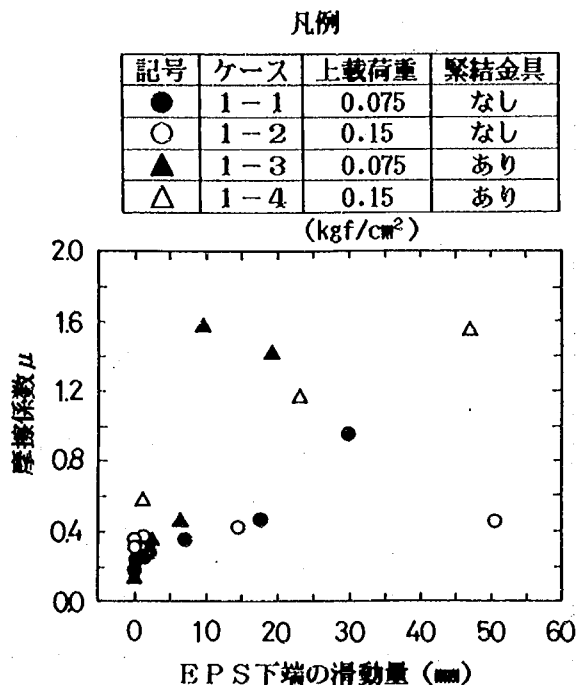


図6.7 モデル1の逆算摩擦係数と滑動量の関係

表 6.2 摩擦係数の算定結果 (モデル 1)

モデル No.	基準加速度 α_{Bo} (gal)	W (ton)		Kh		①	②	③	μ
		W_T	W_E	α_T (gal)	α_E (gal)	$W_T \cdot Kh_T$	$W_E \cdot Kh_E$	$W \cdot Kh$ ①+②	μ $= \frac{W \cdot Kh}{(W_T + W_E)}$
1-1	50	1.125	0.03	176	91	0.202	2.78×10^{-3}	0.205	0.177
	100			233	117	0.267	3.58×10^{-3}	0.271	0.235
	150			236	131	0.271	4.01×10^{-3}	0.275	0.238
	200			248	165	0.285	5.05×10^{-3}	0.290	0.251
	300			269	221	0.309	6.77×10^{-3}	0.316	0.273
	500			339	506	0.389	1.15×10^{-2}	0.405	0.350
	700			447	750	0.513	2.30×10^{-2}	0.536	0.464
	1000			922	1489	1.058	4.56×10^{-2}	1.104	0.956
1-2	50	2.250	0.03	306	186	0.703	5.69×10^{-3}	0.708	0.311
	100			339	211	0.778	6.40×10^{-3}	0.785	0.344
	150			363	243	0.833	7.44×10^{-3}	0.841	0.369
	200			417	340	0.957	1.04×10^{-2}	0.968	0.424
	300			446	370	1.024	1.13×10^{-2}	1.035	0.454
	500			434	681	0.996	2.08×10^{-2}	1.017	0.440
1-3	50	1.125	0.03	131	76	0.150	2.33×10^{-3}	0.153	0.132
	100			222	118	0.255	3.61×10^{-3}	0.258	0.224
	150			245	143	0.281	4.38×10^{-3}	0.286	0.247
	200	1.125	0.03	287	182	0.329	5.57×10^{-3}	0.335	0.290
	300			336	320	0.386	1.01×10^{-2}	0.396	0.343
	500			432	855	0.406	2.62×10^{-2}	0.522	0.452
	750			1523	2038	1.748	0.23×10^{-2}	1.811	1.508
	1000			1344	2979	1.543	0.12×10^{-2}	1.634	1.415
1-4	50	2.250	0.03	108	52	0.248	1.59×10^{-3}	0.250	0.109
	100			260	114	0.597	3.40×10^{-3}	0.600	0.263
	150			303	140	0.696	4.50×10^{-3}	0.700	0.307
	200			330	258	0.758	7.00×10^{-3}	0.760	0.336
	300			573	300	1.316	0.18×10^{-2}	1.325	0.581
	500			1142	1288	2.622	3.94×10^{-2}	2.661	1.167
	750			1513	1489	3.474	4.50×10^{-2}	3.519	1.544
	1000			1513	1489	3.474	4.50×10^{-2}	3.519	1.544

6.2.3 モデル2～7の滑動に関する検討

モデル2～7のいくつかのケースを対象に、各部の水平応答加速度をもとにE P S底面で発揮されている平均的な摩擦係数 μ を図6.8に示す方法で求めた。結果を表6.3～6.8に示す。アンカーのあるケースではアンカー張力を考慮した。また、裏込材からの土圧として、モデル2～4では上載物載荷時の主働土圧の増分と裏込材に作用する慣性力の和(図4.19参照)を用い、モデル5～7では土圧計による静的及び動的な測定値から算定した圧縮側最大値を用いた。いずれの場合も、土圧を大きめに評価していることになる。(4.3.5, 5)参照)

残留変位の生じたモデル2及びモデル4のアンカーのないケースの摩擦係数とE P S下端の滑動量の関係を図6.9, 6.10に示す。滑動が生じるときの摩擦係数は1.0程度とかなり大きい。これは、水平作用力が最大になる瞬間に、上載物に鉛直下向きの慣性力が作用してE P S底面での摩擦抵抗を増加させているためと考えられ、これを無視して設計を行うことはモデル1の場合とは逆に安全側の評価となる。

上載物に作用する鉛直下向きの慣性力を考慮して摩擦係数を求めた結果を表6.9～6.11に示す。この場合の摩擦係数とE P S下端の滑動量の関係を図6.11, 6.12に示す。鉛直慣性力を考慮することにより、滑動が生じるときの摩擦係数は0.5程度に低下する。

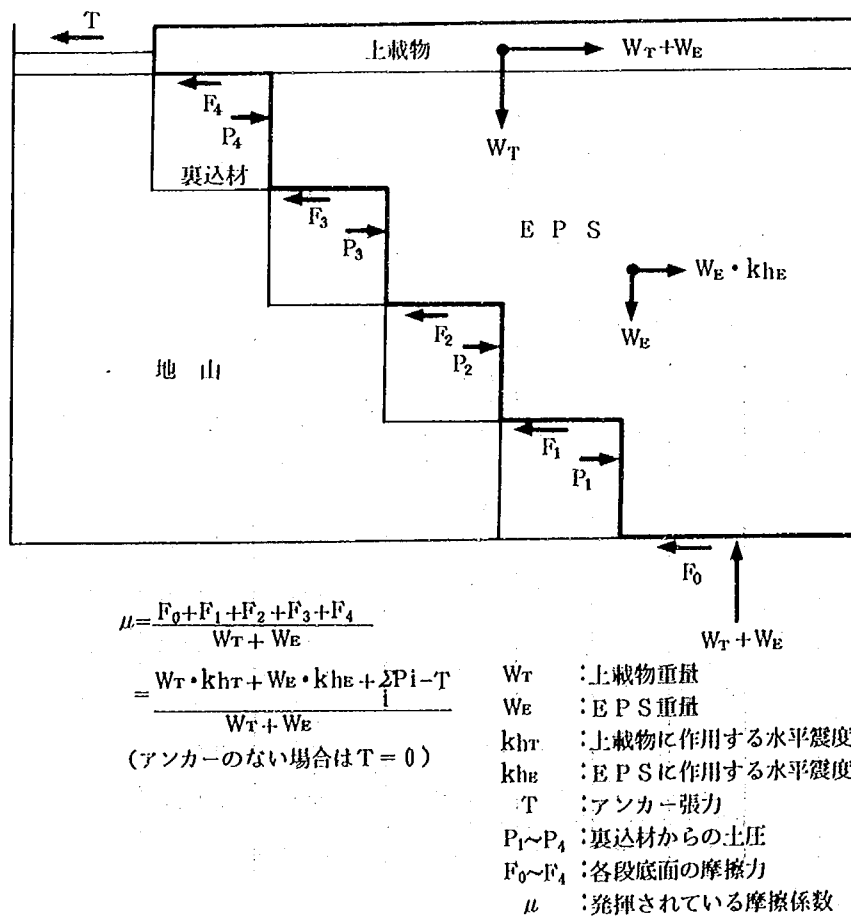


図6.8 摩擦係数の算定方法(モデル2～7)

表 6.3 摩擦係数の算定結果 (モデル 2)

モデル No	基準加速度 α_{ss} (gal)	W (ton)		Kh		①	②	③	$W \cdot Kh$ ①+②+③	μ $= \frac{W \cdot Kh}{(W_r + W_k)}$
		W_r	W_k	α_r (gal)	α_k (gal)	$W_r \cdot Kh_r =$ $W_r \cdot \frac{\alpha_r}{0.80}$	$W_k \cdot Kh_k =$ $W_k \cdot \frac{\alpha_k}{0.80}$	$P_1 \sim P_4$ 慣性力+ 常時上圧		
2-1	50	1.078	0.105	84	52	0.09223	0.01035	0.38442	0.48700	0.38310
	100	"	"	207	207	0.22728	0.02230	0.40920	0.65848	0.51638
	150	"	"	278	278	0.30123	0.03164	0.43257	0.82544	0.64044
	200	"	"	329	320	0.30123	0.04407	0.43381	0.84001	0.66090
	300	"	"	310	310	0.34037	0.05333	0.44311	0.83081	0.65839
	500	"	"	647	647	0.71036	0.15222	0.58053	1.45213	1.14251
	750	"	"	1533	1533	1.68317	0.22942	0.68893	2.60152	2.04683
	1 G	"	"	1548	1548	1.69964	0.28772	0.75016	2.73752	2.15383
2-2	50	2.186	0.105	142	66	0.31675	0.01313	0.39027	0.72015	0.30240
	100	"	"	320	128	0.71380	0.02547	0.41617	1.15544	0.48528
	150	"	"	467	206	1.04170	0.04099	0.43553	1.51822	0.63761
	200	"	"	504	235	1.12423	0.04676	0.44627	1.61720	0.67924
	300	"	"	564	606	1.25807	0.13840	0.50716	1.90372	0.70955
	500	"	"	777	904	1.73310	0.10770	0.57074	2.50172	1.05070

表 6.4 摩擦係数の算定結果 (モデル 3)

モデル No	基準加速度 α_{ss} (gal)	W (ton)		Kh		①	②	③	$W \cdot Kh$ ①+②+③	μ $= \frac{W \cdot Kh}{(W_r + W_k)}$
		W_r	W_k	α_r (gal)	α_k (gal)	$W_r \cdot Kh_r =$ $W_r \cdot \frac{\alpha_r}{0.80}$	$W_k \cdot Kh_k =$ $W_k \cdot \frac{\alpha_k}{0.80}$	$P_1 \sim P_4$ 慣性力+ 常時上圧		
3-1	50	1.400	0.2425	156	86	0.23718	0.02128	0.40667	0.66513	0.38391
	100	"	"	210	144	0.31920	0.03563	0.42447	0.77039	0.44086
	150	"	"	291	102	0.44244	0.04751	0.44534	0.93520	0.53985
	200	"	"	333	224	0.50630	0.05543	0.45723	1.01896	0.63602
3-2	50	2.059	0.2425	141	139	0.42573	0.03440	0.43088	0.89101	0.27831
	100	"	"	263	228	0.70410	0.05642	0.40140	1.31198	0.40080
	150	"	"	311	286	0.93903	0.07077	0.49576	1.50556	0.47027
	200	"	"	354	326	1.06886	0.08067	0.51457	1.66411	0.51070

表 6.5 摩擦係数の算定結果 (モデル 4)

モデル No	基準加速度 α_{ss} (gal)	W (ton)		Kh		①	②	③	μ $\frac{W \cdot Kh}{(W_r + W_e)}$
		W_r	W_e	α_r (gal)	α_e (gal)	$\frac{W_r \cdot Kh}{W_r \cdot \alpha_r / 0.80}$	$\frac{W_e \cdot Kh}{W_e \cdot \alpha_e / 0.80}$	$P_1 \sim P_4$ 慣性力 常時上座	
4-1	50	1.400	0.19	139	77	0.21134	0.01403	0.37381	0.60008
	100	"	"	243	150	0.36946	0.03083	0.37786	0.40318
	150	"	"	314	217	0.47741	0.04207	0.48404	0.59769
	200	"	"	336	239	0.51080	0.04634	0.49952	0.62000
	2 Hz 200	"	"	260	248	0.39531	0.04808	0.49994	0.64333
	300	"	"	392	398	0.59900	0.07716	0.60821	0.76272
	500	"	"	603	733	0.91681	0.14211	0.89721	1.16436
	750	"	"	689	874	1.04756	0.16945	1.03745	1.34104
4-2	50	2.950	0.19	140	84	0.42271	0.01629	0.41765	0.27201
	100	"	"	315	162	0.95111	0.03141	0.46577	0.45992
	150	"	"	485	225	1.46440	0.04362	0.50571	0.63948
	200	"	"	501	222	1.51271	0.04304	0.50943	0.65582
	5 Hz 200	"	"	399	334	1.20474	0.07730	0.54101	0.57895
	300	"	"	492	488	1.48554	0.09401	0.60724	0.69403
	500	"	"	835	746	2.52110	0.14463	0.75450	1.08816
	750	"	"	762	910	2.30077	0.17643	0.85900	1.05947
	1000	"	"	800	1146	2.41551	0.22218	1.00707	1.15772

表 6.6 摩擦係数の算定結果 (ケース 5-1)

モデル No	基準加速度 α_{ss} (gal)	W (ton)		Kh		①	②	③	μ $\frac{W \cdot Kh}{(W_r + W_e)}$ = ③ / (W _r + W _e)
		W_r	W_e	α_r (gal)	α_e (gal)	$\frac{W_r \cdot Kh}{W_r \cdot \alpha_r / 0.80}$	$\frac{W_e \cdot Kh}{W_e \cdot \alpha_e / 0.80}$	$\frac{W \cdot Kh}{① + ②}$	
5-1	50	0.420	0.17	184	118	1.770	0.020	1.70	0.190
	100			290	187	2.789	0.032	2.821	0.299
	150			340	262	3.357	0.045	3.402	0.301
	200			384	317	3.693	0.055	3.748	0.398
	300			337	347	3.241	0.060	3.301	0.350
	400			394	477	3.790	0.083	3.873	0.411

表 6.7 摩擦係数の算定結果 (ケース 5-2)

モデル No	基準加速度 α_{ss} (gal)	W (ton)		Kh		$W_r \cdot KhT$ ①	$W_e \cdot KhE$ ②	P_s (ton) ③静的土圧	$P_1 \sim P_4$ (ton) ④動土圧	$W \cdot Kh$ ①+②+③+④	μ $= \frac{W \cdot Kh}{(W_r + W_e)}$
		W_r	W_e	α_r (gal)	α_e (gal)						
8-1	50	10.507	0.17	182	127	1.968	0.022	0.673	1.393	4.056	0.377
	100	"	"	270	188	2.920	0.033	0.673	2.648	6.274	0.583
	150	"	"	310	260	3.449	0.045	0.679	2.897	7.070	0.657
	200	"	"	354	330	3.828	0.057	0.604	3.317	7.806	0.725
	211z 200	"	"	226	205	2.443	0.036	0.540	1.388	4.416	0.410
	300	"	"	356	326	3.850	0.057	0.540	2.786	7.242	0.673

表 6.8 摩擦係数の算定結果 (ケース 6-1)

モデル No	基準加速度 α_{ss} (gal)	W (ton)		Kh		T (t) $= W_r \cdot KhT$ (1- μ_{ss})	μ_{ss}	$W_r \cdot \mu_{ss} \cdot KhT$ ①	$W_e \cdot KhE$ ②	$W \cdot Kh$ ①+②	μ $= \frac{W \cdot Kh}{(W_r + W_e)}$
		W_r	W_e	α_r (gal)	α_e (gal)						
5-2	50	9.428	0.17	226	134	0.848	0.650	1.412	0.023	1.412	0.147
	100			427	239	1.804	0.607	2.493	0.041	2.534	0.264
	150			613	390	1.954	0.699	4.121	0.058	4.179	0.435
	200			680	420	2.824	0.607	4.005	0.074	4.070	0.425
	300			476	307	0.916	0.627	2.871	0.064	2.935	0.300
	500			1190	1182	2.021	0.589	0.742	0.205	0.947	0.724

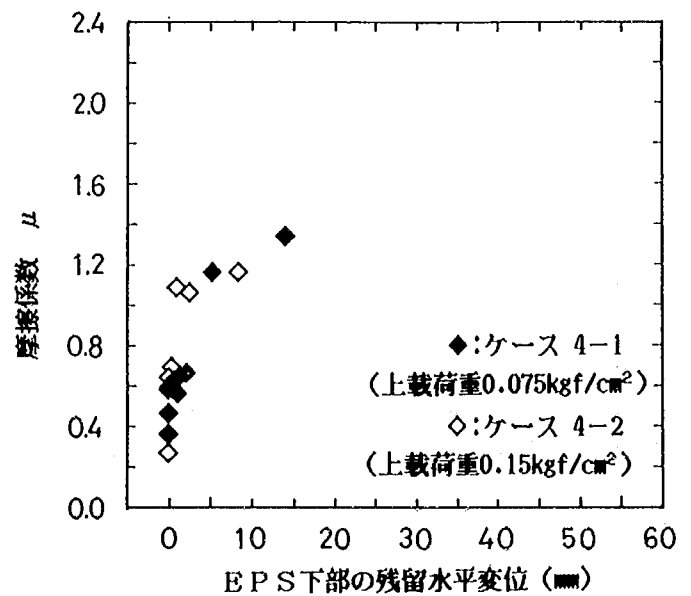
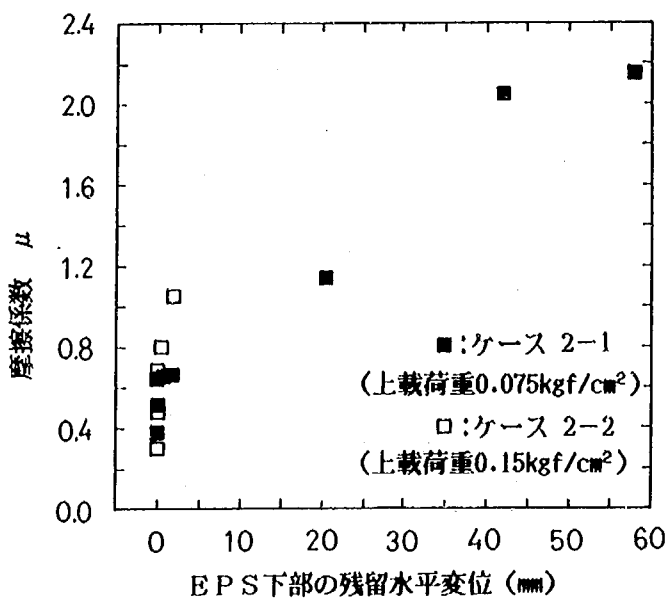


図 6.9 モデル 2 の逆算摩擦係数と滑動量の関係 図 6.10 モデル 4 の逆算摩擦係数と滑動量の関係

表 6.9 鉛直慣性力を考慮した摩擦係数の算定結果 (モデル 2)

モデル №	基準加速度 α_{90} (gal)	W (ton)		Kh		Kv	①	②	③	④	W・Kh ①+②+③	μ $= \frac{W \cdot Kh}{(W_t + W_k + ②)}$
		W_t	W_k	α_t (gal)	α_k (gal)	α_v (gal)	$W_t \cdot KhT = \frac{W_t \cdot Kh}{\alpha_t / 980}$	$W_k \cdot KhE = \frac{W_k \cdot Kh}{\alpha_k / 980}$	$P_t \sim P_k$ 慣性力+ 常時土圧	$\frac{\alpha_v}{980} \cdot W$ (t)		
2-1	50	1.076	0.195	84	52	47	0.09223	0.01035	0.38442	0.052	0.48700	0.368
	100	"	"	207	207	127	0.22728	0.02229	0.40929	0.139	0.65886	0.467
	150	"	"	278	278	221	0.36123	0.03164	0.43257	0.243	0.82544	0.545
	200	"	"	329	329	319	0.36123	0.04497	0.43381	0.350	0.84001	0.518
	300	"	"	310	310	233	0.34037	0.05333	0.44311	0.256	0.87681	0.548
	500	"	"	647	647	1697	0.71038	0.15222	0.58953	1.863	1.45213	0.463
	750	"	"	1533	1533	1088	1.68317	0.22942	0.68893	1.195	2.60152	1.055
	1 G	"	"	1548	1548	1551	1.69964	0.28772	0.75016	1.703	2.73752	0.920

モデル №	基準加速度 α_{90} (gal)	W (ton)		Kh		Kv	①	②	③	④	W・Kh ①+②+③	μ $= \frac{W \cdot Kh}{(W_t + W_k + ②)}$
		W_t	W_k	α_t (gal)	α_k (gal)	α_v (gal)	$W_t \cdot KhT = \frac{W_t \cdot Kh}{\alpha_t / 980}$	$W_k \cdot KhE = \frac{W_k \cdot Kh}{\alpha_k / 980}$	$P_t \sim P_k$ 慣性力+ 常時土圧	$\frac{\alpha_v}{980} \cdot W$ (t)		
2-2	50	2.186	0.195	142	66	86	0.31675	0.01313	0.39027	0.192	0.72015	0.280
	100	"	"	320	128	250	0.71380	0.02547	0.41617	0.558	1.15544	0.393
	150	"	"	467	206	348	1.04170	0.04099	0.43553	0.776	1.51822	0.481
	200	"	"	504	235	417	1.12423	0.04676	0.44627	0.930	1.61726	0.488
	300	"	"	564	696	783	1.25807	0.13849	0.50716	1.747	1.90372	0.461
	500	"	"	777	994	1313	1.73319	0.19779	0.57074	2.929	2.50172	0.471

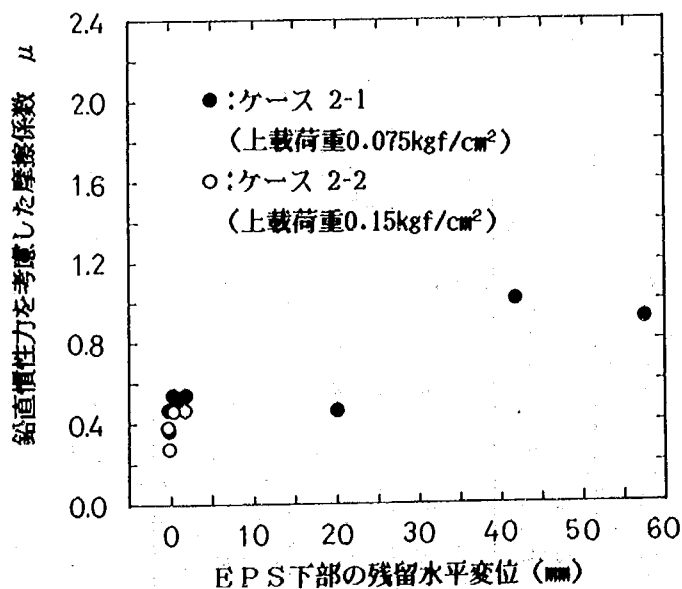


図 6.11 鉛直慣性力を考慮したモデル 2 の
逆算摩擦係数と滑動量の関係

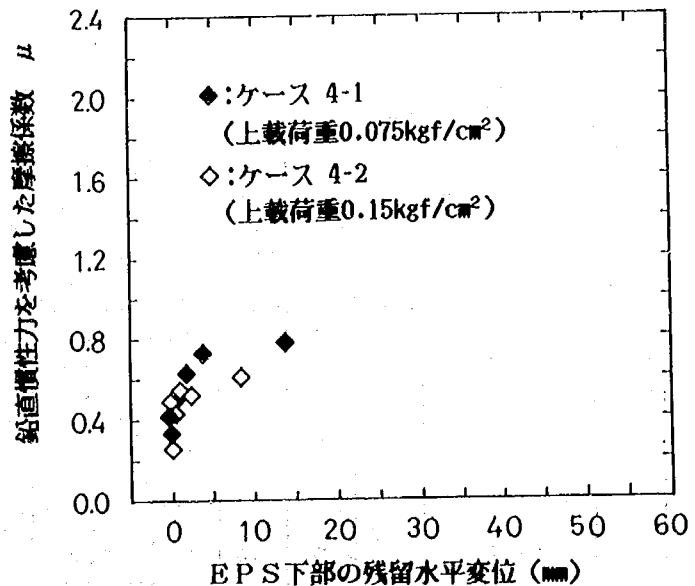


図 6.12 鉛直慣性力を考慮したモデル 4 の
逆算摩擦係数と滑動量の関係

表 6.10 鉛直慣性力を考慮した摩擦係数の算定結果 (モデル 4)

モデル No.	基準加速度 α_{go} (gal)	W (ton)		Kh		Kv	①	②	③	④	⑤	μ $= \frac{W \cdot Kh}{(W_f + W_k + ⑤)}$
		W_f	W_k	α_r (gal)	α_t (gal)	α_v (gal)	$W_f \cdot KhT =$ $W_f \cdot \alpha_r / 900$	$W_k \cdot KhE =$ $W_k \cdot \alpha_t / 900$	$P_s \sim P_d$ 慣性力+ 常時土圧	α_v — + W 900 (t)	$W \cdot Kh$ ①+②+③	
4-1	50	1.490	0.19	139	77	63	0.21134	0.01493	0.37381	0.096	0.60008	0.338
	100	"	"	243	159	134	0.36946	0.03083	0.37786	0.204	0.77815	0.413
	150	"	"	314	217	219	0.47741	0.04207	0.48464	0.333	1.00412	0.499
	200	"	"	336	239	262	0.51086	0.04634	0.49952	0.398	1.05672	0.509
	2 Hz 200	"	"	260	248	56	0.39531	0.04808	0.49994	0.085	0.94333	0.531
	300	"	"	392	398	236	0.59600	0.07716	0.60821	0.359	1.28137	0.626
	500	"	"	603	733	676	0.91681	0.14211	0.89721	1.028	1.95613	0.722
	750	"	"	689	874	809	1.04756	0.16945	1.03745	1.230	2.25446	0.775
4-2	50	2.959	0.19	140	84	97	0.42271	0.01629	0.41755	0.293	0.85655	0.249
	100	"	"	315	162	214	0.95111	0.03141	0.46577	0.646	1.44829	0.382
	150	"	"	485	225	337	1.46440	0.04362	0.50571	1.018	2.01373	0.483
	200	"	"	501	222	464	1.51271	0.04304	0.50943	1.401	2.06518	0.454
	5 Hz 200	"	"	399	334	431	1.20474	0.07736	0.54101	1.301	1.82311	0.410
	300	"	"	492	488	640	1.48554	0.09461	0.60724	1.932	2.18739	0.431
	500	"	"	835	746	1045	2.52119	0.14463	0.75450	3.155	3.42032	0.543
	750	"	"	762	910	1071	2.30077	0.17643	0.85906	3.234	3.33626	0.523
	1000	"	"	800	1146	935	2.41551	0.22218	1.00797	2.823	3.64566	0.610

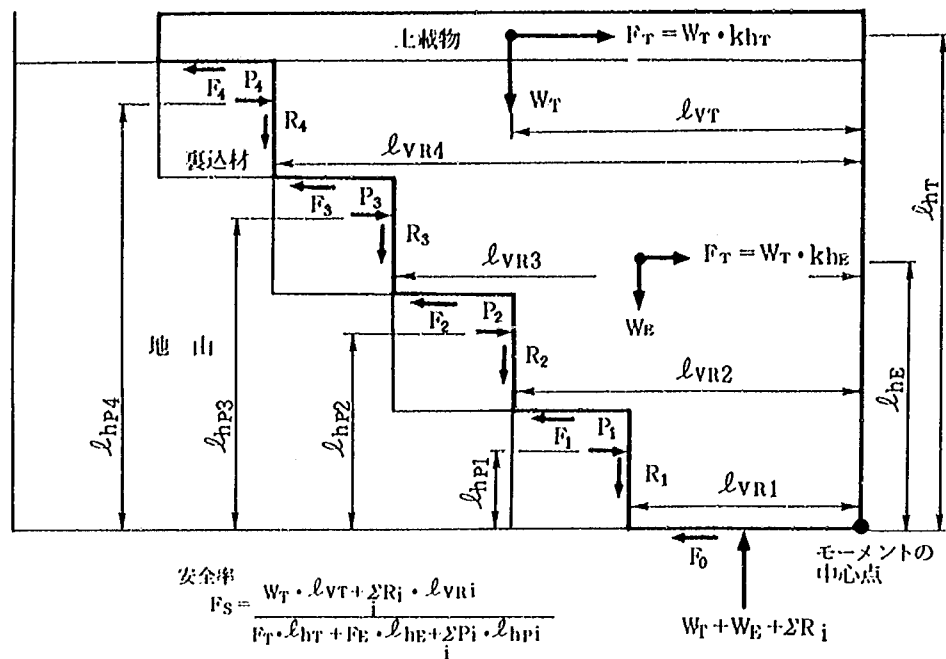
表 6.11 鉛直慣性力を考慮した摩擦係数の算定結果 (ケース 6-1)

モデル No.	基準加速度 α_{go} (gal)	W (ton)		Kh		Kv	①	②	P_s (ton)	$P_s \sim P_d$ (ton)	$W \cdot Kh$ ①+②+③ +④	α_v — + W 900 (t)	μ $= \frac{W \cdot Kh}{(W_f + W_k + ⑤)}$
		W_f	W_k	α_r (gal)	α_t (gal)	α_v (gal)							
6-1	50	10.597	0.17	182	127	58	1.968	0.022	0.673	1.393	4.056	0.627	0.356
	100	"	"	270	188	150	2.920	0.033	0.673	2.648	6.274	1.622	0.506
	150	"	"	319	260	430	3.449	0.045	0.679	2.897	7.070	4.647	0.459
	200	"	"	354	330	726	3.828	0.057	0.604	3.317	7.806	7.850	0.419
	2 Hz 200	"	"	226	205	67	2.443	0.036	0.549	1.388	4.416	0.724	0.384
	300	"	"	356	326	170	3.850	0.057	0.549	2.786	7.242	1.838	0.575

6.2.4 転倒に関する検討

アンカーのないいくつかのケースについて、各部の水平応答加速度と裏込材からの土圧を考慮して、図6.13に示す方法によりEPSのつまさき点のまわりのモーメントの釣合より転倒に対する安全率を求めた結果を表6.12～6.14に示す。実験では転倒モードの破壊は生じなかったが、計算では加振加速度が大きくなると安全率が1.0を下回る場合があった。これも滑動の場合と同様に、水平作用力が最大になる瞬間に、上載物に鉛直下向きの慣性力が作用して抵抗モーメントが増大しているためと考えられ、これを無視して設計を行うことは安全側の評価となる。

上載物に作用する鉛直下向きの慣性力を考慮して転倒に対する安全率を求めた結果を表6.15～6.17に示す。これを考慮することにより、転倒に対する安全率はいずれの場合でも1.0以上となった。



(W_E , $F_1 \sim F_4$ による抵抗モーメントは無視した。)

$R_1 \sim R_4$: 裏込材とEPSの間の鉛直摩擦力

($R_i = \mu' \cdot P_i$, $\mu' = \tan \frac{1}{3} \phi$, $\phi = 35^\circ$ とした。)

図 6.13 転倒に対する安全率の算定方法 (モデル 2 ~ 7)

表 6.12 転倒に対する安全率の算定結果 (モデル 2)

モデル No	基準加速度 $\alpha_{0.0}$ (gal)	① F_T (t)	② F_E (t)	③ 慣性力 + 常時 土圧 (t)	⑤ $F_i \cdot l_{vri}$ (t·m)	⑥ $F_E \cdot l_{hE}$ (t·m)	⑦ $\sum P_i \cdot l_{hpi}$ (t·m)	⑧ $W_T \cdot l_{vT}$ (t·m)	⑩ 裏込め 材の摩擦力 $\sum \mu' \cdot P_i$ (t)	$F_S = \frac{M_o}{M_r}$ $= \frac{⑨+⑩}{⑤+⑥+⑦}$
2-1	50	0.092	0.01	0.384	0.104	0.005	0.192	0.844	0.105	3.452
	100	0.227	0.022	0.409	0.257	0.011	0.205	"	0.208	2.224
	150	0.361	0.032	0.433	0.408	0.016	0.217	"	0.220	1.660
	200	0.361	0.045	0.434	0.408	0.051	0.217	"	0.221	1.575
	300	0.340	0.053	0.443	0.384	0.060	0.222	"	0.225	1.605
	500	0.710	0.152	0.590	0.802	0.076	0.295	"	0.300	0.975
	750	1.683	0.229	0.689	1.002	0.115	0.345	"	0.350	0.506
	1 G	1.700	0.288	0.750	1.921	0.144	0.375	"	0.381	0.502
2-2	50	0.317	0.013	0.390	0.358	0.0065	0.195	1.688	0.198	3.371
	100	0.714	0.025	0.416	0.807	0.013	0.208	"	0.211	1.847
	150	1.042	0.041	0.436	1.177	0.021	0.218	"	0.221	1.348
	200	1.124	0.047	0.446	1.270	0.024	0.223	"	0.226	1.262
	300	1.258	0.138	0.507	1.422	0.069	0.251	"	0.257	1.115
	500	1.733	0.198	0.571	1.958	0.099	0.286	"	0.290	0.844

表 6.13 転倒に対する安全率の算定結果 (モデル 4)

モデル No	基準加速度 α_{bo} (gal)	① F_r (t)	② F_e (t)	③ 慣性力 + 常時 土圧 (t)	⑤ $F_r * \ell_{ar}$ (t・m)	⑥ $F_e * \ell_{ae}$ (t・m)	⑦ $\Sigma P * \ell_{ar}$ = $\Sigma ③ * \ell_{ar}$ (t・m)	⑧ $W_r * \ell_{ar}$ (t・m)	⑩ 嵩込め 材の摩擦力 $\Sigma ③ * \mu * \ell$	$F_s = \frac{M_o}{M_u}$ = $\frac{⑨ + ⑩}{⑤ + ⑥ + ⑦}$
4-1	50	0.211	0.015	0.374	0.238	0.0075	0.187	1.400	0.240	4.201
	100	0.369	0.031	0.378	0.417	0.015	0.189	"	0.251	2.801
	150	0.477	0.042	0.485	0.539	0.021	0.243	"	0.323	2.258
	200	0.511	0.046	0.500	0.577	0.023	0.250	"	0.333	2.145
	511/2 200	0.395	0.048	0.500	0.446	0.024	0.250	"	0.333	2.532
	300	0.506	0.077	0.608	0.673	0.030	0.301	"	0.404	1.864
	500	0.917	0.142	0.897	1.036	0.071	0.449	"	0.597	1.311
	750	1.048	0.160	1.037	1.184	0.085	0.519	"	0.689	1.219
4-2	50	0.423	0.016	0.418	0.478	0.008	0.209	2.059	0.278	4.658
	100	0.951	0.031	0.466	1.075	0.016	0.233	"	0.310	2.469
	150	1.404	0.044	0.507	1.654	0.022	0.254	"	0.337	1.708
	200	1.513	0.043	0.509	1.710	0.022	0.255	"	0.338	1.650
	511/2 200	1.205	0.077	0.541	1.362	0.039	0.270	"	0.360	1.986
	300	1.488	0.095	0.607	1.670	0.048	0.301	"	0.404	1.656
	500	2.521	0.145	0.755	2.849	0.073	0.378	"	0.502	1.040
	750	2.301	0.176	0.859	2.600	0.088	0.430	"	0.571	1.132
	1000	2.416	0.222	1.008	2.730	0.111	0.501	"	0.670	1.085

表 6.14 転倒に対する安全率の算定結果 (ケース 6-1)

モデル No	基準加速度 α_{bo} (gal)	① F_r (t)	② F_e (t)	③ 慣性力 + 常時 土圧 (t)	⑤ $F_r * \ell_{ar}$ (t・m)	⑥ $F_e * \ell_{ae}$ (t・m)	⑦ $\Sigma P * \ell_{ar}$ = $\Sigma ③ * \ell_{ar}$ (t・m)	⑧ $W_r * \ell_{ar}$ (t・m)	⑩ 嵩込め 材の摩擦力 $\Sigma ③ * \mu * \ell$	$F_s = \frac{M_o}{M_u}$ = $\frac{⑨ + ⑩}{⑤ + ⑥ + ⑦}$
6-1	50	1.968	0.022	2.066	4.212	0.022	2.066	19.207	3.073	3.537
	100	2.920	0.033	3.321	6.249	0.033	3.321	"	4.940	2.515
	150	3.440	0.045	3.558	7.381	0.045	3.558	"	5.293	2.231
	200	3.828	0.057	3.921	8.192	0.057	3.921	"	5.832	2.057
	211/2 200	2.443	0.036	1.937	5.228	0.036	1.937	"	2.881	3.067
	300	3.850	0.057	3.335	8.239	0.057	3.335	"	4.961	2.078

表 6.15 鉛直慣性力を考慮した転倒に対する安全率の算定結果 (モデル 2)

モデル No.	基準加速度 α_{90} (gal)	① F_r (t)	② F_e (t)	③ 慣性力 +常時 土圧 (t)	④ $F_r * \ell_{h,r}$ (t・m)	⑤ $F_e * \ell_{h,e}$ (t・m)	⑥ $\Sigma P * \ell_{h,p}$ = $\Sigma ③ * \ell_{h,p}$ (t・m)	⑦ $W_h + \ell_{v,h}$ (t・m)	⑧ 裏込め 材の摩擦係数 $\Sigma ③ * \mu * \ell$	⑨ 床版の 鉛直加速度 (gal)	⑩ $\frac{⑧}{900} + W_v$ +0.75(t/m)	$F_s = \frac{M_{o,r}}{M_o} = \frac{④+⑤+⑥}{⑦+⑧+⑨}$
2-1	50	0.092	0.01	0.384	0.104	0.005	0.192	0.844	0.195	47	0.039	3.581
	100	0.227	0.022	0.409	0.257	0.011	0.205	"	0.208	127	0.105	2.446
	150	0.361	0.032	0.433	0.408	0.016	0.217	"	0.220	221	0.182	1.944
	200	0.361	0.045	0.434	0.408	0.051	0.217	"	0.221	319	0.263	1.964
	300	0.340	0.053	0.443	0.384	0.060	0.222	"	0.225	233	0.192	1.893
	500	0.710	0.152	0.590	0.802	0.076	0.295	"	0.300	1697	1.397	2.166
	750	1.683	0.229	0.689	1.902	0.115	0.345	"	0.350	1088	0.896	0.885
	1 G	1.700	0.288	0.750	1.921	0.144	0.375	"	0.381	1551	1.277	1.025
2-2	50	0.317	0.013	0.390	0.358	0.0065	0.195	1.688	0.198	86	0.144	3.628
	100	0.714	0.025	0.416	0.807	0.013	0.208	"	0.211	250	0.418	2.254
	150	1.042	0.041	0.436	1.177	0.021	0.218	"	0.221	348	0.582	1.759
	200	1.124	0.047	0.446	1.270	0.024	0.223	"	0.226	417	0.698	1.721
	300	1.258	0.138	0.507	1.422	0.069	0.254	"	0.257	783	1.310	1.865
	500	1.733	0.198	0.571	1.958	0.099	0.286	"	0.290	1313	2.597	1.953

表 6.16 鉛直慣性力を考慮した転倒に対する安全率の算定結果 (モデル 4)

モデル 地	基準加速度 α_{so} (gal)	① F_1 (t)	② F_2 (t)	③ 慣性力 + 常時 土圧 (t)	④ $F_1 * \ell_{h1}$ (t・m)	⑤ $F_2 * \ell_{h2}$ (t・m)	⑥ $\Sigma P * \ell_{hp}$ = $\Sigma ③ * \ell_{hp}$ (t・m)	⑦ $W_1 * \ell_{v1}$ (t・m)	⑧ 裏込め 材の摩擦係 数 μ $\Sigma ⑧ * \mu$ ℓ	⑨ 床版の 鉛直加速度 (gal)	⑩ $\frac{⑧}{960} * W_1$ + 1.00 (tm)	$F_s = \frac{M_o}{M_b} = \frac{⑨ + ⑪ + ⑫}{⑤ + ⑥ + ⑦}$
4-1	50	0.211	0.015	0.374	0.238	0.0075	0.187	1.490	0.249	63	0.096	4.243
	100	0.369	0.031	0.378	0.417	0.015	0.189	"	0.251	134	0.204	3.132
	150	0.477	0.042	0.485	0.539	0.021	0.243	"	0.323	219	0.333	2.672
	200	0.511	0.045	0.500	0.577	0.023	0.250	"	0.333	262	0.398	2.613
	5Hz 200	0.395	0.048	0.500	0.446	0.024	0.250	"	0.333	56	0.085	2.650
	300	0.596	0.077	0.608	0.673	0.039	0.304	"	0.404	236	0.359	2.218
	500	0.917	0.142	0.897	1.036	0.071	0.449	"	0.597	676	1.028	2.002
	750	1.048	0.169	1.037	1.184	0.085	0.519	"	0.689	809	1.230	1.907
4-2	50	0.423	0.016	0.418	0.478	0.008	0.203	2.959	0.278	97	0.293	5.079
	100	0.951	0.031	0.466	1.075	0.016	0.233	"	0.310	214	0.646	2.957
	150	1.474	0.044	0.507	1.654	0.022	0.254	"	0.337	337	1.018	2.235
	200	1.513	0.043	0.509	1.710	0.022	0.255	"	0.338	464	1.401	2.364
	5Hz 200	1.205	0.077	0.541	1.362	0.039	0.270	"	0.360	431	1.301	2.765
	300	1.486	0.095	0.607	1.679	0.048	0.304	"	0.404	640	1.932	2.607
	500	2.521	0.145	0.755	2.849	0.073	0.378	"	0.502	1045	3.155	2.004
	750	2.301	0.176	0.859	2.600	0.088	0.430	"	0.571	1071	3.234	2.169
	1000	2.416	0.222	1.008	2.730	0.111	0.504	"	0.670	935	2.823	1.929

表 6.17 鉛直慣性力を考慮した転倒に対する安全率の算定結果 (ケース 6-1)

モデル 地	基準加速度 α_{so} (gal)	① F_1 (t)	② F_2 (t)	③ 慣性力 + 常時 土圧 (t)	④ $F_1 * \ell_{h1}$ (t・m)	⑤ $F_2 * \ell_{h2}$ (t・m)	⑥ $\Sigma P * \ell_{hp}$ = $\Sigma ③ * \ell_{hp}$ (t・m)	⑦ $W_1 * \ell_{v1}$ (t・m)	⑧ 裏込め 材の摩擦係 数 μ $\Sigma ⑧ * \mu$ ℓ	⑨ 床版の 鉛直加速度 (gal)	⑩ $\frac{⑧}{960} * W_1$ + 1.81 (tm)	$F_s = \frac{M_o}{M_b} = \frac{⑨ + ⑪ + ⑫}{⑤ + ⑥ + ⑦}$
6-1	50	1.968	0.022	2.066	4.212	0.022	2.066	19.207	3.073	58	1.135	3.716
	100	2.920	0.033	3.321	6.249	0.033	3.321	"	4.940	150	2.936	2.820
	150	3.449	0.045	3.558	7.381	0.045	3.558	"	5.293	430	8.416	2.997
	200	3.823	0.057	3.921	8.192	0.057	3.921	"	5.832	726	14.209	3.224
	2Hz 200	2.443	0.036	1.937	5.228	0.036	1.937	"	2.881	67	1.311	3.249
	300	3.850	0.057	3.335	8.239	0.057	3.335	"	4.961	170	3.327	2.363

6.3 設計フロー

以上の結果をもとにまとめた耐震設計フローを図6.14に示す。アンカーがある場合には、アンカーの定着力に関する照査を行う必要がある。また、前面にH鋼がある場合には、外部安定の照査の代わりに、H鋼の変位と曲げ応力、根入れ部の水平地盤反力に関する照査を行う必要がある。

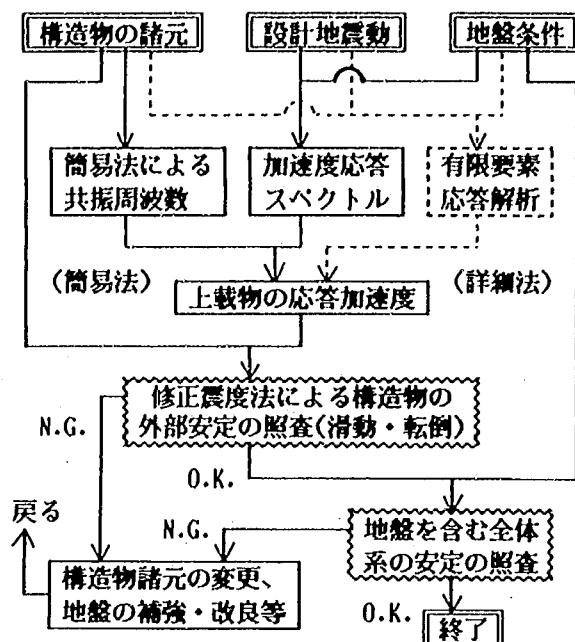


図6.14 E P S盛土の耐震設計フロー

6.4 まとめ

- (1) アンカーのない場合のE P S盛土の共振周波数は、斜面上のE P S部分を質量の無視できる等価な弾性梁に置き換える簡易的な手法により予測することができる。
- (2) 安定性の評価は、滑動及び転倒に対する安全率を算定することにより行うことができる。場合によりロッキングあるいは鉛直動の影響を考慮する必要がある。
- (3) 耐震設計は、上載物の応答加速度の予測と、修正震度法による構造物の外部安定の評価、及び地盤を含む全体系の安定の評価からなる設計フローに基づいて行うことができる。

7. 全体のまとめ

- (1) 7種類のモデルを用いた模型振動実験を行い、斜面上のEPS盛土の破壊性状、緊結金具の効果、アンカー張力と裏込材からの土圧の算定法を明らかにした。
- (2) 模型振動実験を対象とした有限要素解析を行い、EPS盛土の地震時応答を計算する際の留意点を明らかにした。
- (3) 模型振動実験を対象とした試算を行い、簡易的な手法によりEPS盛土の共振周波数を予測できると、及び滑動及び転倒に対する安全率によりEPS盛土の安定性を評価できることを明らかにした。
- (4) 以上の結果をもとに耐震設計フローをまとめた。

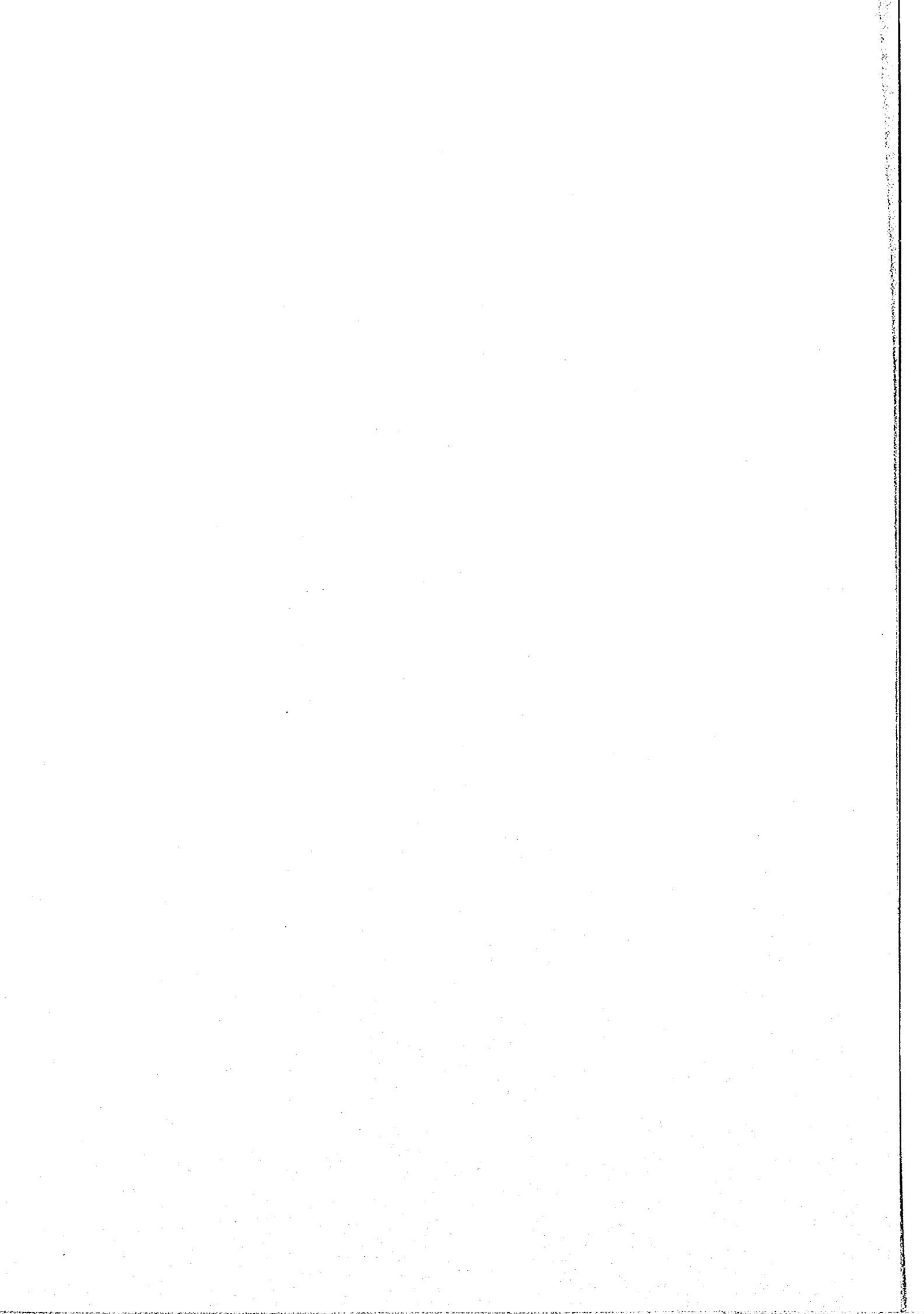
8. 今後の課題

今後は、EPS施工箇所の常時微動観測等の挙動観測を行い、ここで用いた地震時応答特性の評価手法の適用性を検討し、最終的な設計法としてとりまとめる必要がある。

参考文献

- 1) 久楽勝行, 青山憲明, 竹内辰典, 松橋秀広, 武智修: 発泡スチロールの軽量盛土材としての適用性に関する実験的考察, 土木技術資料, Vol.30, No.10, pp.15~20, 1988.
- 2) 久楽勝行, 青山憲明, 竹内辰典: 発泡スチロールを用いた構造物背面の土圧軽減工法の大規模擁壁実験, 土木研究所資料, 第2894号, pp.15~20, 1990.
- 3) 後藤恵之輔, 持下輝雄, 松村明博, 向井逸平: 模型実験による軽量盛土の地震時安定性と対策工法, 土と基礎, 第37巻, 第2号, pp.37~42, 1989.
- 4) 田村重四郎, 小長井一男, 宇波邦宣, 福住隆二: 発泡スチロール(EPS)ブロック構造体の動特性に関する基本的研究, 土木学会第44回年次学術講演会, pp.952~953, 1989.
- 5) 村田修, 安田祐作, 館山勝, 菊池敏男: 軟弱地盤上における発泡スチロール試験盛土の振動及び繰返し載荷試験, 第24回土質工学研究発表会, pp.53~56, 1989.
- 6) 安田祐作, 村田修, 館山勝: 軽量盛土材料EPSの繰返し強度圧縮試験, 第24回土質工学研究発表会, pp.45~48, 1989.
- 7) 早川清: 発泡スチロールによる地盤振動の低減対策について, 第23回土質工学研究発表会, pp.1979~1982, 1988.
- 8) 篠崎亘, 早川清, 天野勲, 竹下貞雄, 松井保: 発泡スチロールを用いた軽量盛土道路の振動測定(その1), 第24回土質工学研究発表会, pp.57~60, 1989.
- 9) 岩崎忠光: 道路拡幅のためのEPS工法による土留壁の施工例, 土木技術, 第45巻, 第2号, pp.125~132, 1990.
- 10) 例えば, 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, V 耐震設計編, pp.83~85, 1990.

巻末資料 1 ステップ 2 の測定波形の例



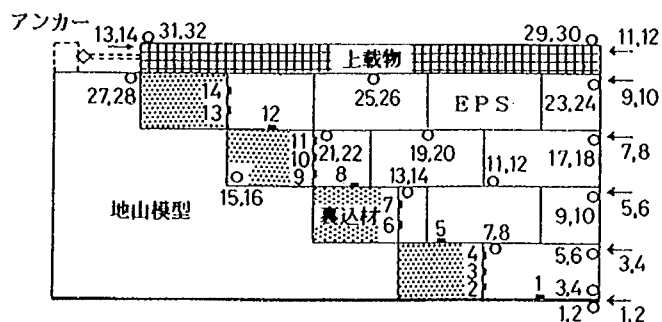
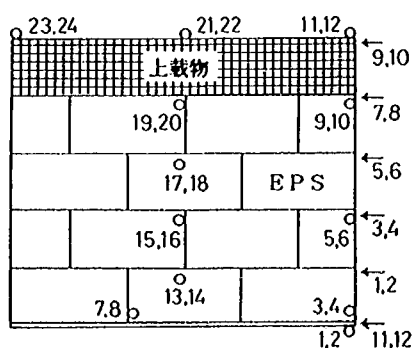
* 以下のケースの加速度レベル100galの加振時の測定波形を順に示している。

ケース 1-1, 1-3, 2-1, 3-1, 4-1, 5-2, 6-2, 7-2

付表 1.1 測定波形の記号と符号

測定項目	記号	符号
加速度(水平) (鉛直)	A	付図1.1,1.2の左向きが+ 付図1.1,1.2の下向きが+
変位 (水平) (鉛直)	D	付図1.1,1.2の左向きが+ 付図1.1,1.2の上向きが+
土圧	E	圧縮が-
張力	T	引張が+

注) モデル 2～7 の D13及びD14は振動台
に対する相対変位。その他は絶対変位。
アンカー張力 T 1 及び T 2 は、奥行き方
向に 2 本取り付けたアンカーのそれぞ
れの張力。



計測器	記号	計測器	記号
変位計	←	土圧計	⋈
加速度計	○	張力計	◇

変位計及び加速度計の方向		
	奇数番号	偶数番号
変位計	鉛直方向	水平方向
加速度計	水平方向	鉛直方向

付図 1.1 モデル 1 の計測器配置

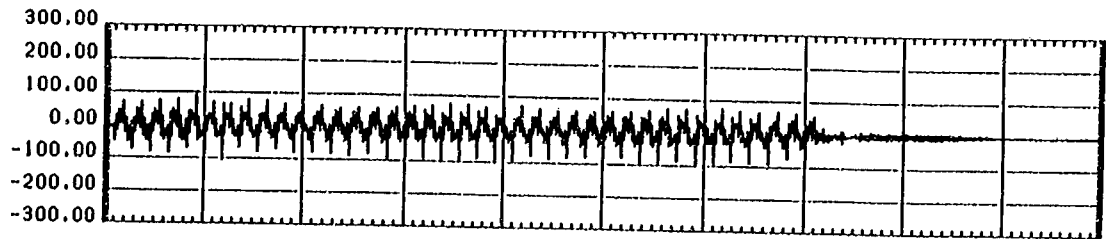
付図 1.2 モデル 2～7 の計測器配置

EPS EMBANKMENT CASE 1-1 100GAL

A-1 CH.1
GA



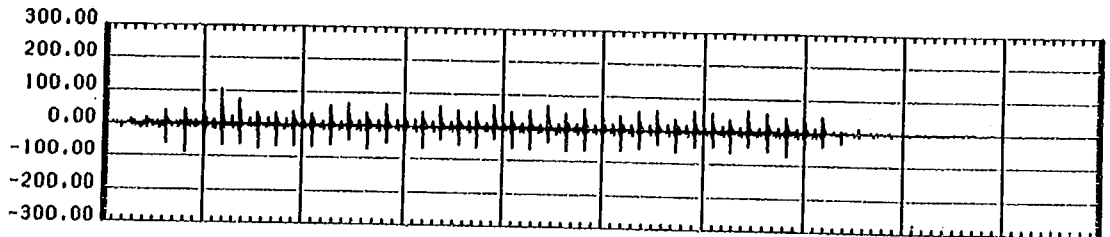
ZERO = -9.919
MAXIMUM = 92.890
MINIMUM = -102.797



A-2 CH.2
GA



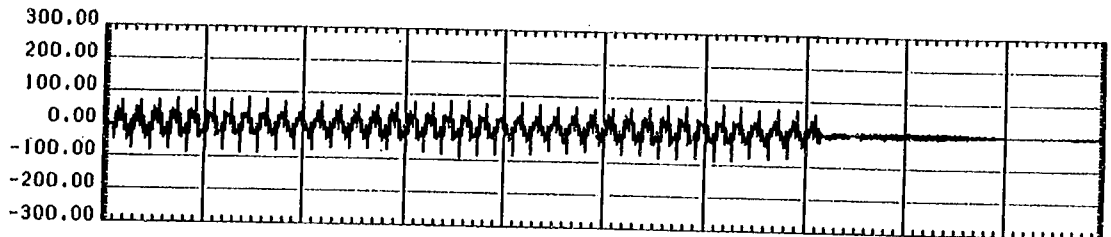
ZERO = 3.184
MAXIMUM = 103.031
MINIMUM = -89.625



A-3 CH.3
GA



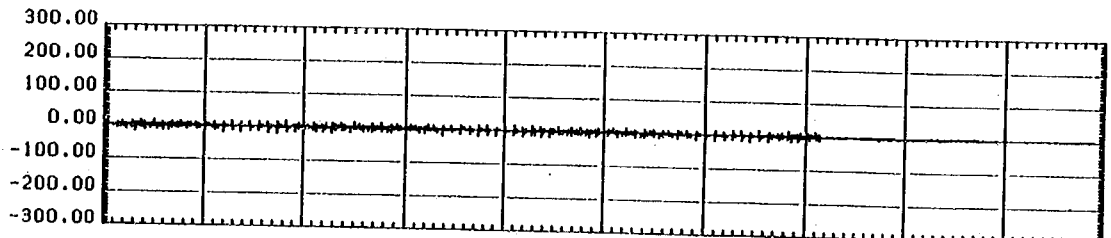
ZERO = -0.182
MAXIMUM = 83.554
MINIMUM = -88.078



A-4 CH.4
GA



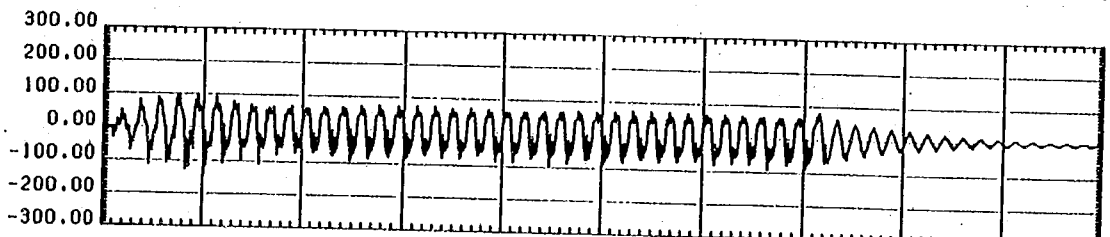
ZERO = -1.237
MAXIMUM = 17.684
MINIMUM = -18.738



A-5 CH.5
GA



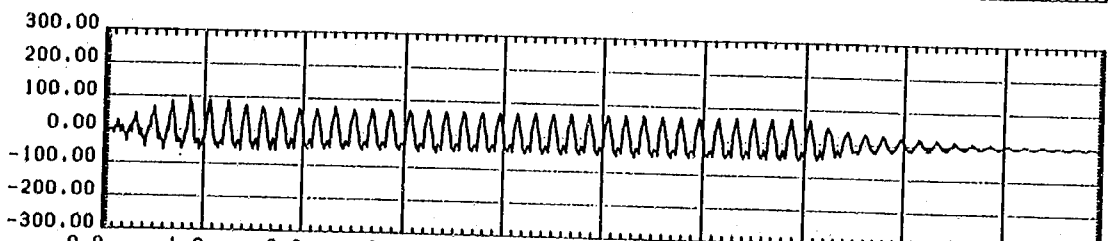
ZERO = 2.984
MAXIMUM = 88.152
MINIMUM = -130.888



A-6 CH.6
GA



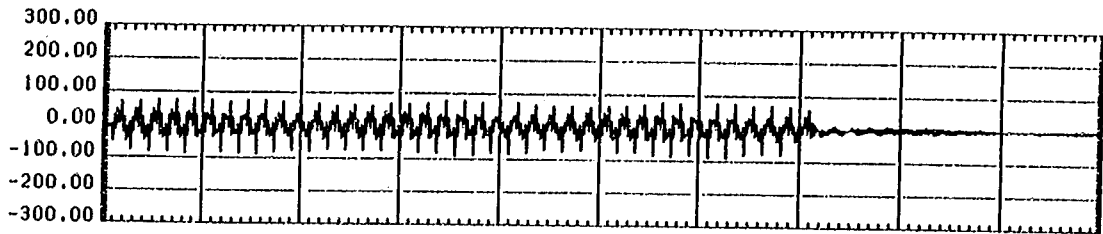
ZERO = -1.454
MAXIMUM = 87.384
MINIMUM = -55.782



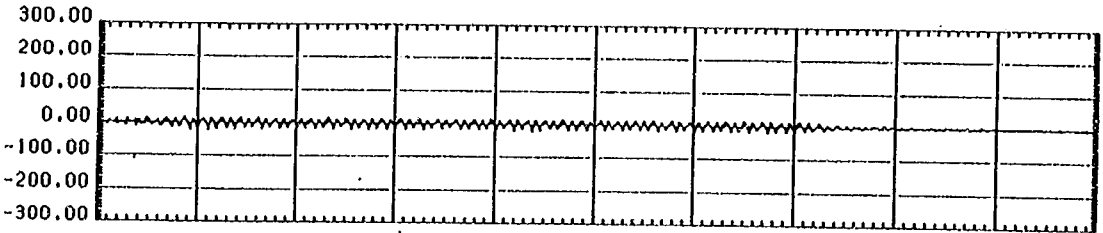
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 1-1 100GAL

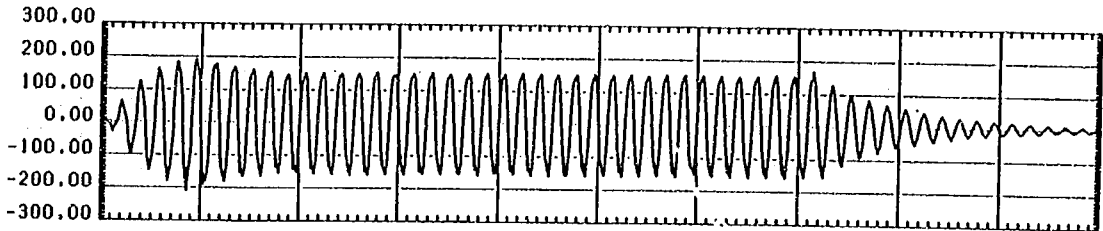
A-7 CH.7
GA
ZERO = 0.002
MAXIMUM = 78.517
MINIMUM = -87.250



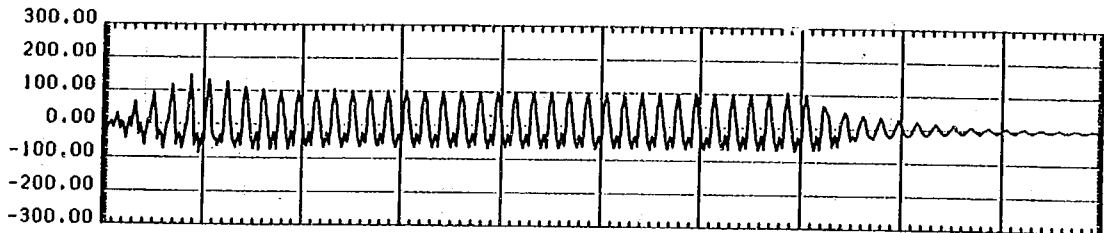
A-8 CH.8
GA
ZERO = -0.078
MAXIMUM = 14.058
MINIMUM = -20.751



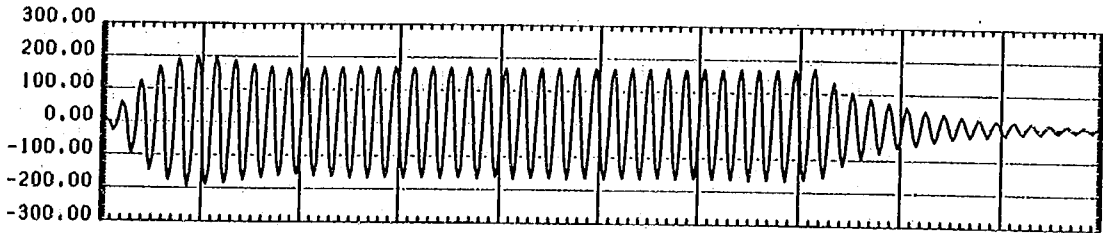
A-9 CH.9
GA
ZERO = 1.007
MAXIMUM = 188.952
MINIMUM = -208.728



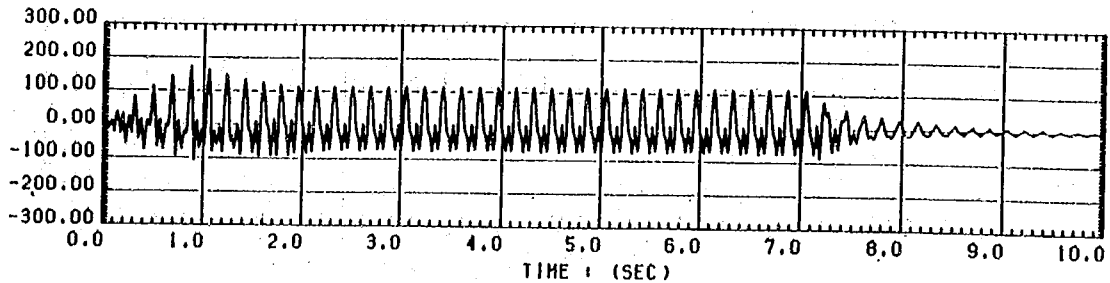
A-10 CH.10
GA
ZERO = -1.308
MAXIMUM = 147.008
MINIMUM = -84.137



A-11 CH.11
GA
ZERO = -0.038
MAXIMUM = 188.874
MINIMUM = -188.515



A-12 CH.12
GA
ZERO = -0.027
MAXIMUM = 188.008
MINIMUM = -185.853

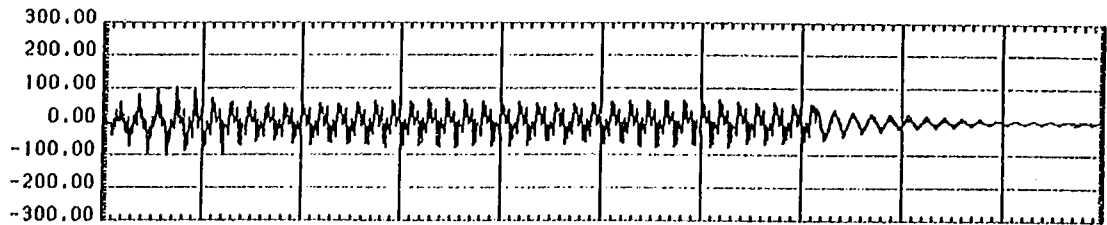


EPS EMBANKMENT CASE 1-1 100GAL

A-13 CH.13
GA



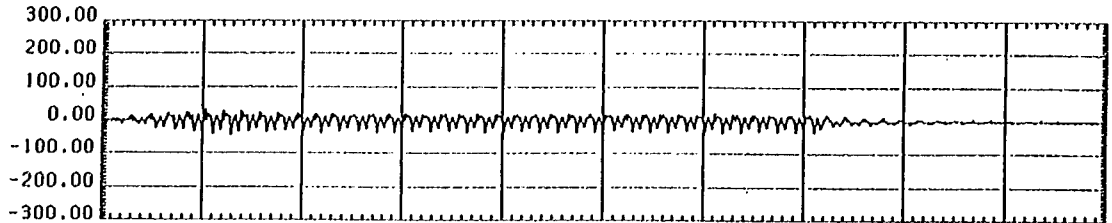
ZERO = -1.716
MAXIMUM = 103.337
MINIMUM = -98.871



A-14 CH.14
GA



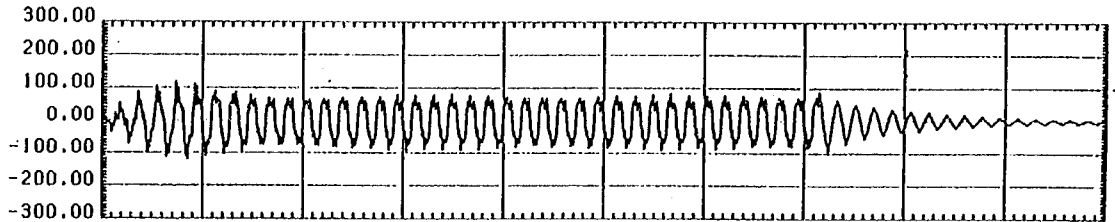
ZERO = -2.417
MAXIMUM = 33.345
MINIMUM = -41.890



A-15 CH.15
GA



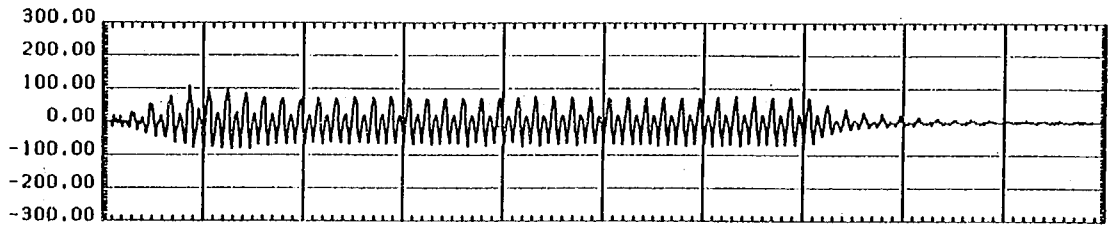
ZERO = 1.323
MAXIMUM = 117.508
MINIMUM = -117.838



A-16 CH.16
GA



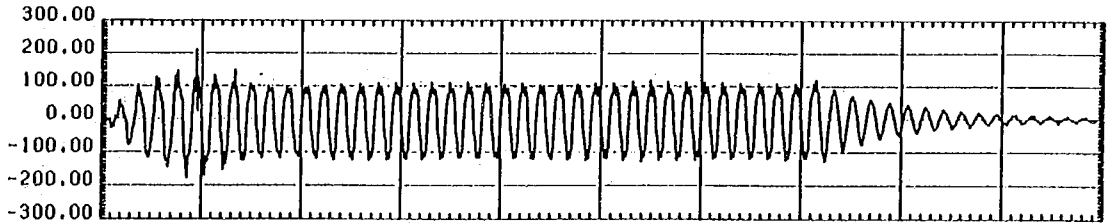
ZERO = -1.409
MAXIMUM = 108.128
MINIMUM = -78.015



A-17 CH.17
GA



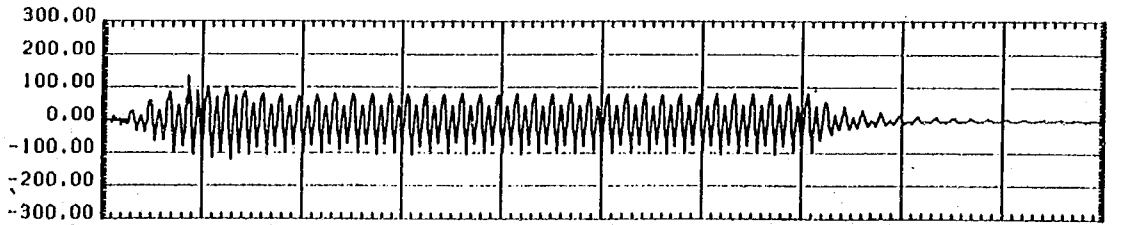
ZERO = -0.746
MAXIMUM = 211.684
MINIMUM = -177.208



A-18 CH.18
GA



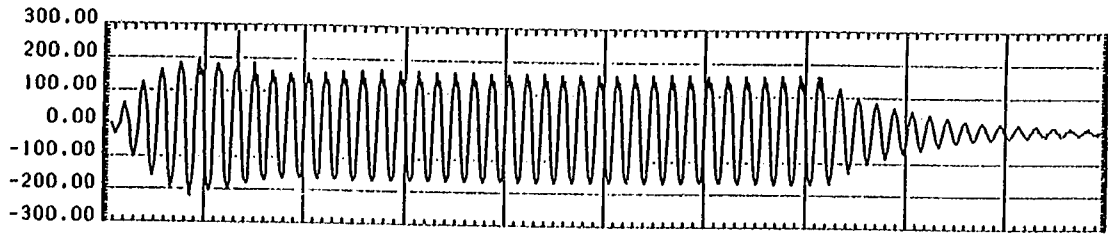
ZERO = 1.827
MAXIMUM = 131.243
MINIMUM = -117.599



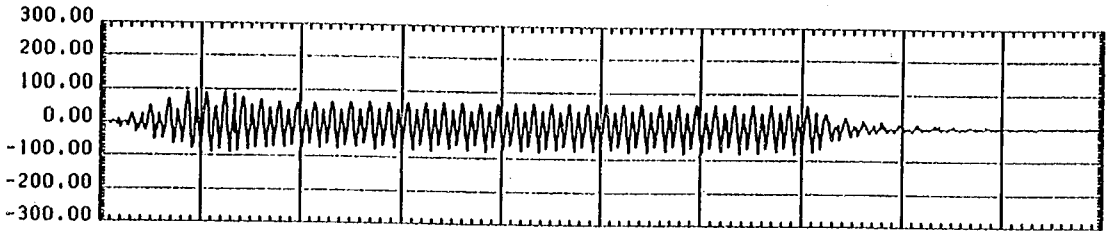
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 1-1 100GAL

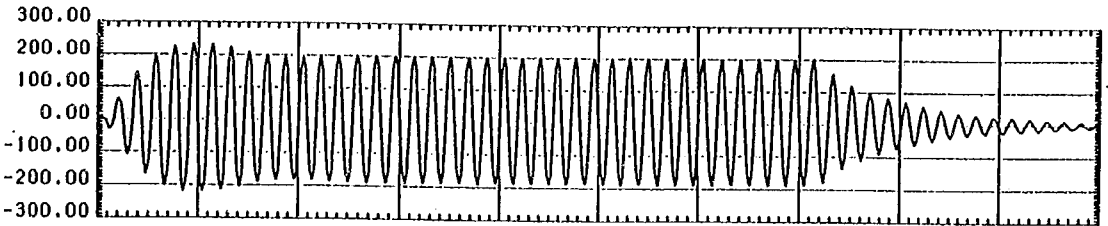
A-19 CH.19
GA
ZERO = 0.312
MAXIMUM = 261.375
MINIMUM = -216.688



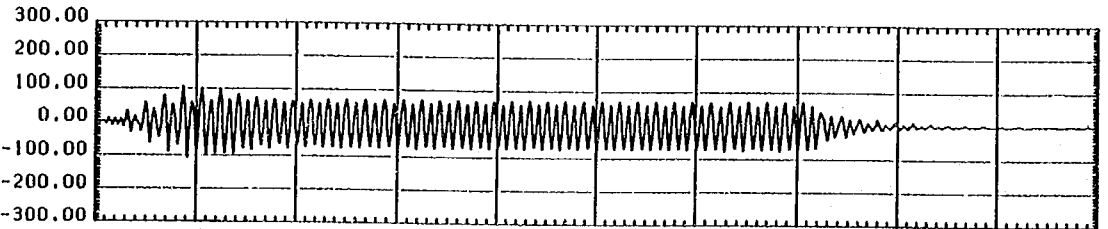
A-20 CH.20
GA
ZERO = 0.180
MAXIMUM = 101.332
MINIMUM = -85.880



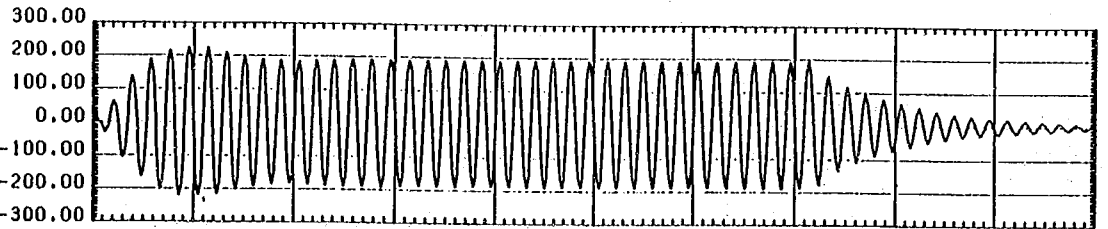
A-21 CH.21
GA
ZERO = -22.880
MAXIMUM = 233.282
MINIMUM = -216.282



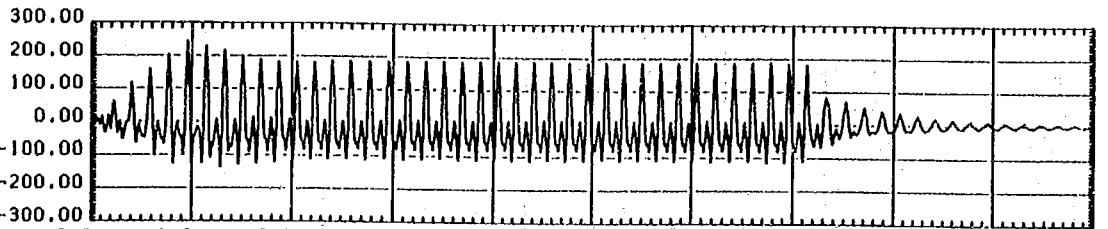
A-22 CH.22
GA
ZERO = 0.550
MAXIMUM = 107.338
MINIMUM = -103.575



A-23 CH.23
GA
ZERO = -2.650
MAXIMUM = 222.781
MINIMUM = -216.186



A-24 CH.24
GA
ZERO = 0.871
MAXIMUM = 248.080
MINIMUM = -131.883

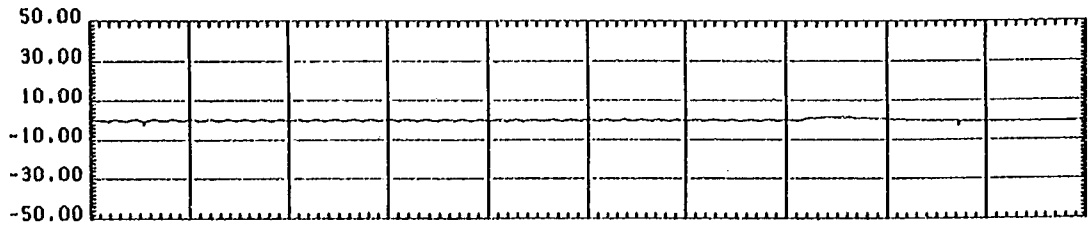


EPS EMBANKMENT CASE 1-1 100GAL

D-1 CH.25
H



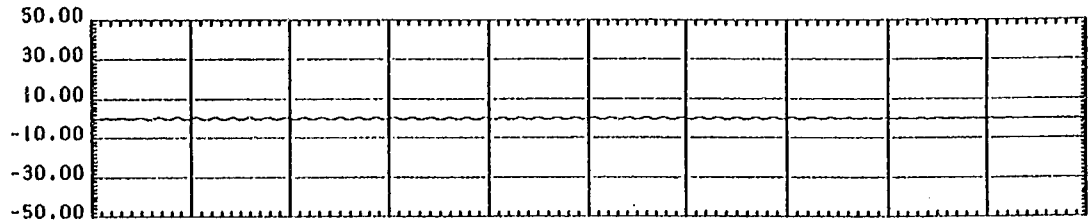
ZERO = 0.107
MAXIMUM = 1.705
MINIMUM = -2.100



D-2 CH.26
H



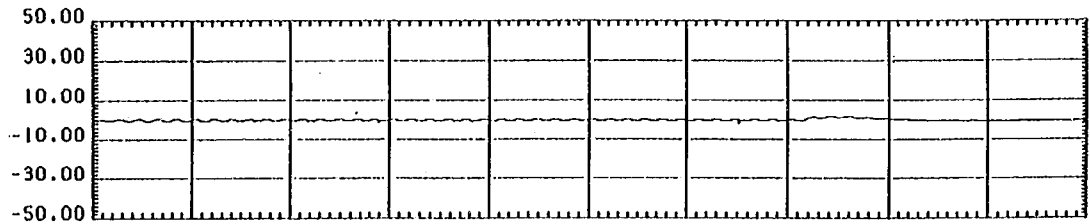
ZERO = 0.000
MAXIMUM = 0.887
MINIMUM = -0.151



D-3 CH.27
H



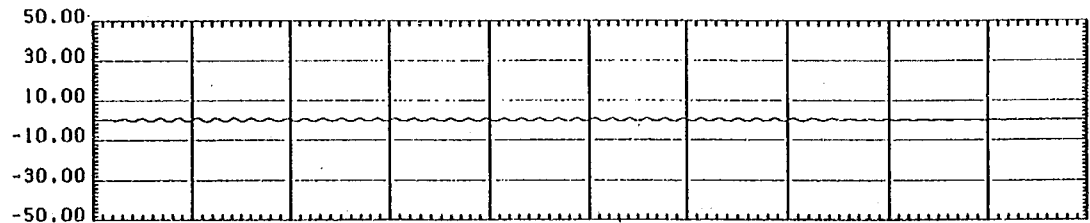
ZERO = 0.100
MAXIMUM = 1.851
MINIMUM = -1.526



D-4 CH.28
H



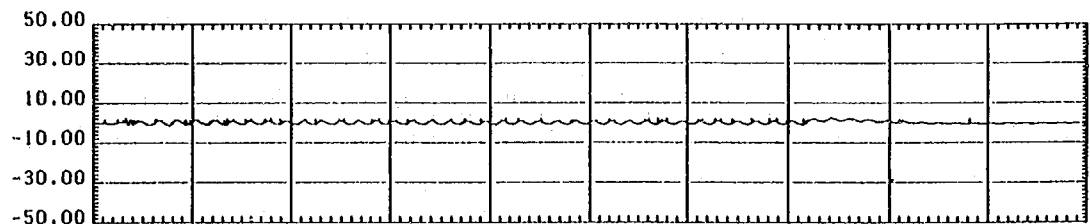
ZERO = 0.002
MAXIMUM = 0.995
MINIMUM = -0.933



D-5 CH.29
H



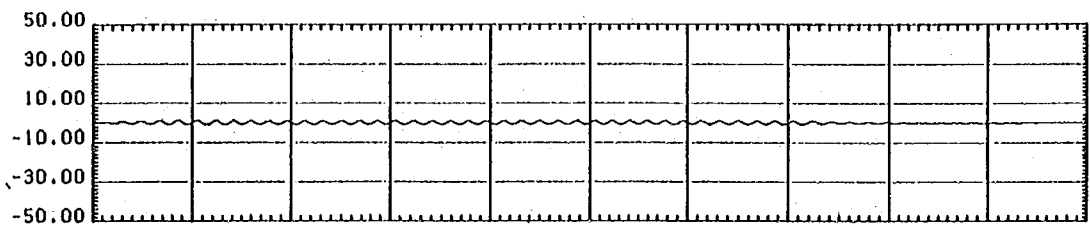
ZERO = 0.096
MAXIMUM = 2.101
MINIMUM = -1.393



D-6 CH.30
H



ZERO = 0.010
MAXIMUM = 1.140
MINIMUM = -0.623



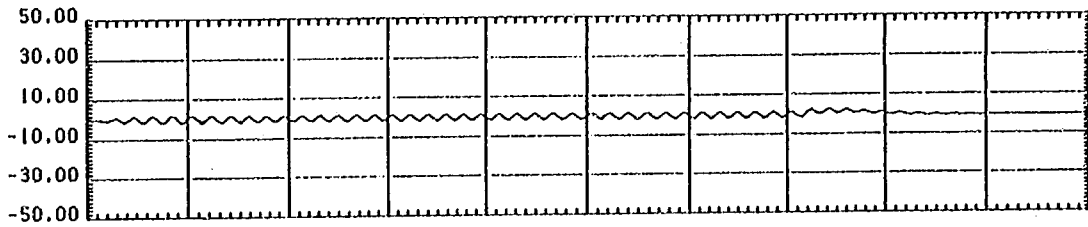
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 1-1 100GAL

D-7 CH.31
H



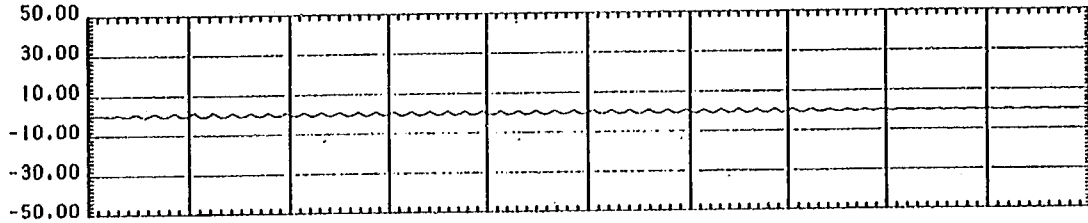
ZERO = 0.030
MAXIMUM = 2.524
MINIMUM = -1.100



D-8 CH.32
H



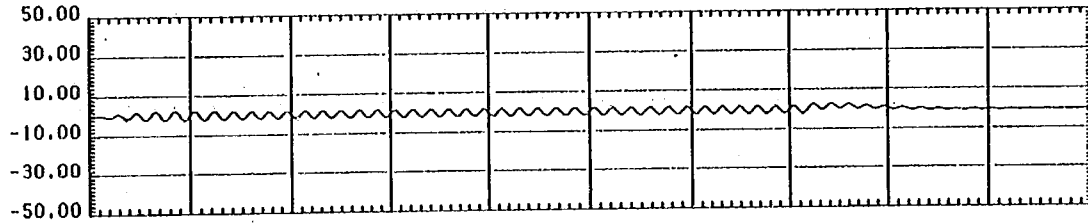
ZERO = -0.010
MAXIMUM = 1.170
MINIMUM = -0.759



D-9 CH.33
H



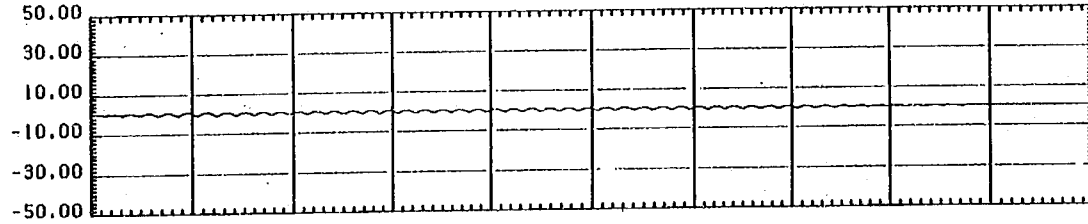
ZERO = 0.004
MAXIMUM = 2.772
MINIMUM = -2.035



D-10 CH.34
H



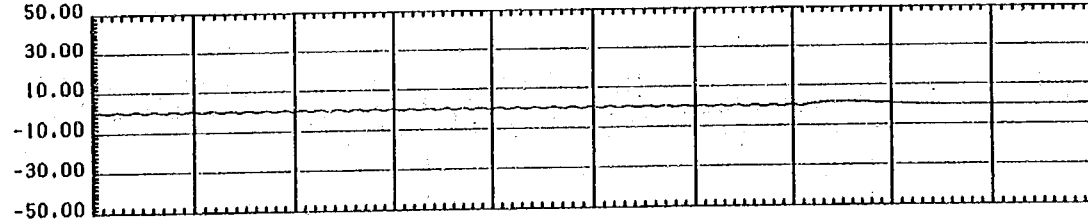
ZERO = -0.021
MAXIMUM = 0.520
MINIMUM = -0.900



D-11 CH.35
H



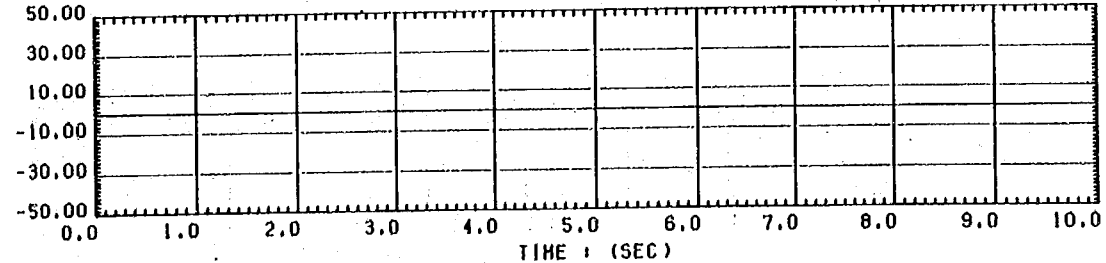
ZERO = -0.100
MAXIMUM = 1.003
MINIMUM = -0.101



D-12 CH.36
H



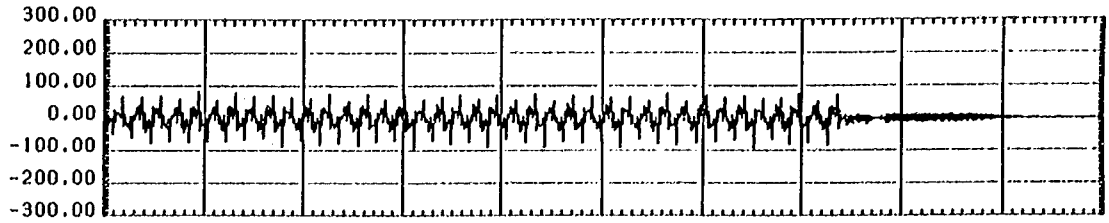
ZERO = 0.010
MAXIMUM = 0.000
MINIMUM = -0.004



EPS EMBANKMENT CASE 1-3 100GAL

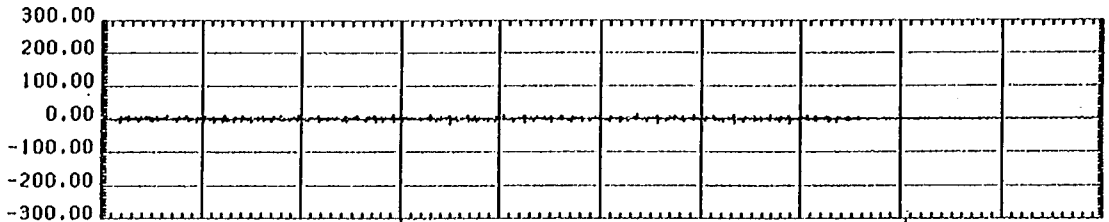
A-1 CH.1
GA

ZERO = 0.074
MAXIMUM = 82.193
MINIMUM = -90.659



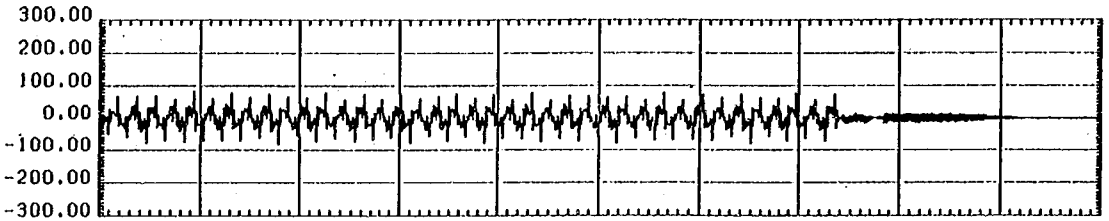
A-2 CH.2
GA

ZERO = -0.175
MAXIMUM = 12.058
MINIMUM = -12.048



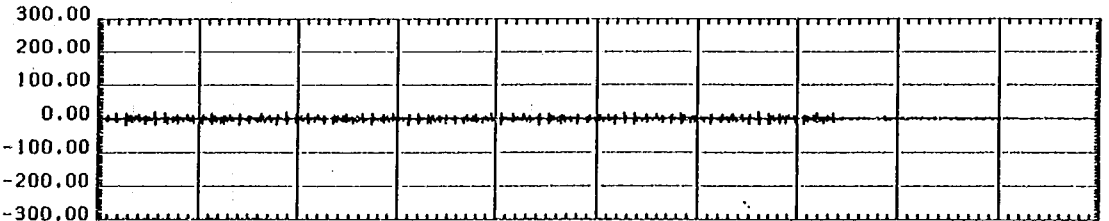
A-3 CH.3
GA

ZERO = -0.018
MAXIMUM = 81.091
MINIMUM = -91.400



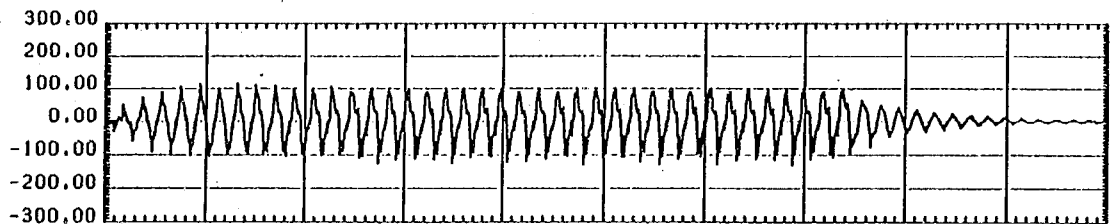
A-4 CH.4
GA

ZERO = 0.051
MAXIMUM = 20.148
MINIMUM = -17.236



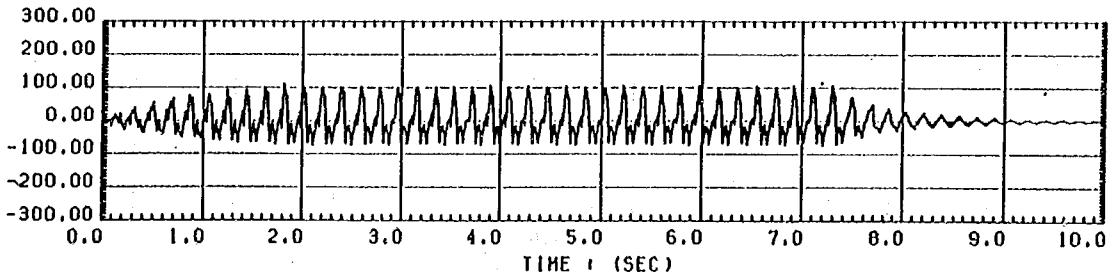
A-5 CH.5
GA

ZERO = -0.072
MAXIMUM = 111.488
MINIMUM = -130.877



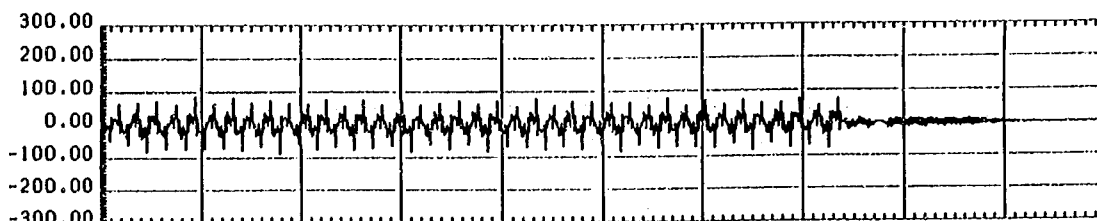
A-6 CH.6
GA

ZERO = 0.041
MAXIMUM = 108.112
MINIMUM = -73.543

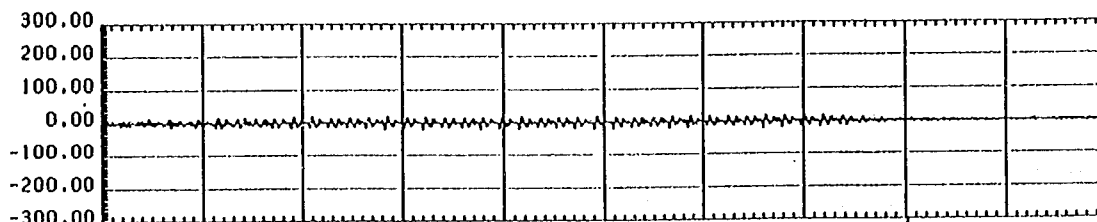


EPS EMBANKMENT CASE 1-3 100GAL

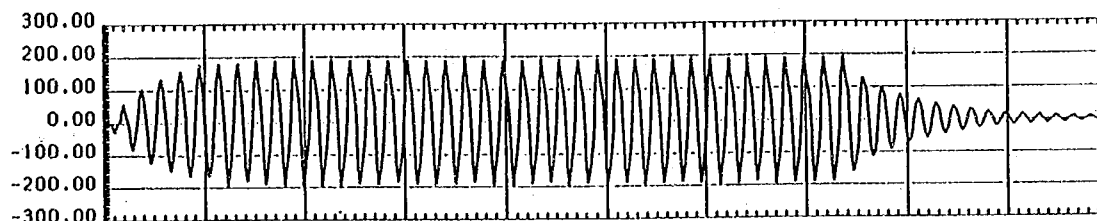
A-7 CH.7
GA
ZERO = 0.172
MAXIMUM = 84.188
MINIMUM = -81.348



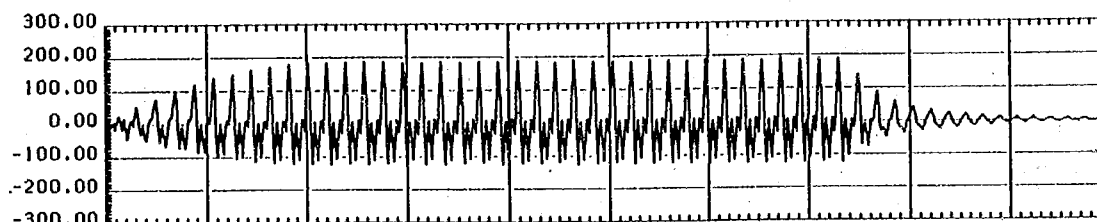
A-8 CH.8
GA
ZERO = 0.057
MAXIMUM = 18.067
MINIMUM = -18.025



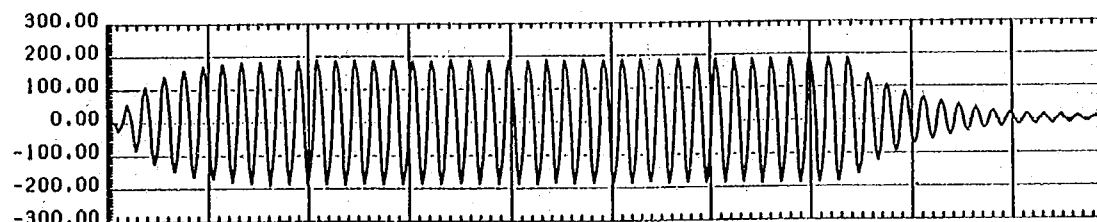
A-9 CH.9
GA
ZERO = 0.098
MAXIMUM = 183.076
MINIMUM = -159.830



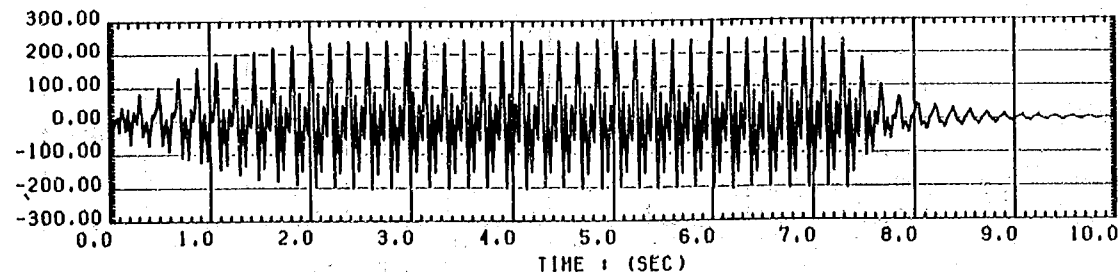
A-10 CH.10
GA
ZERO = 0.020
MAXIMUM = 180.475
MINIMUM = -123.210



A-11 CH.11
GA
ZERO = 0.028
MAXIMUM = 187.582
MINIMUM = -188.316



A-12 CH.12
GA
ZERO = 0.002
MAXIMUM = 242.356
MINIMUM = -203.018

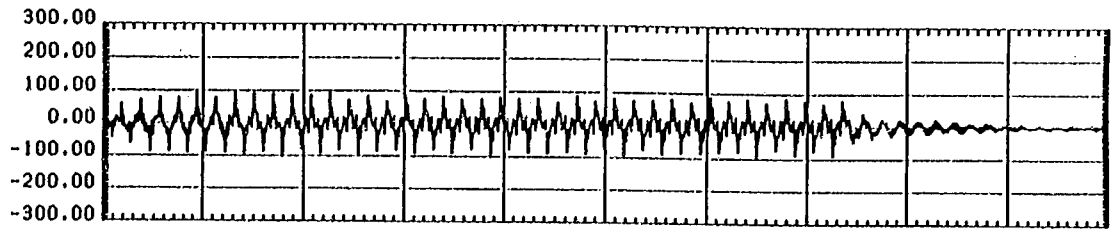


EPS EMBANKMENT CASE 1-3 100GAL

A-13 CH.13
GA



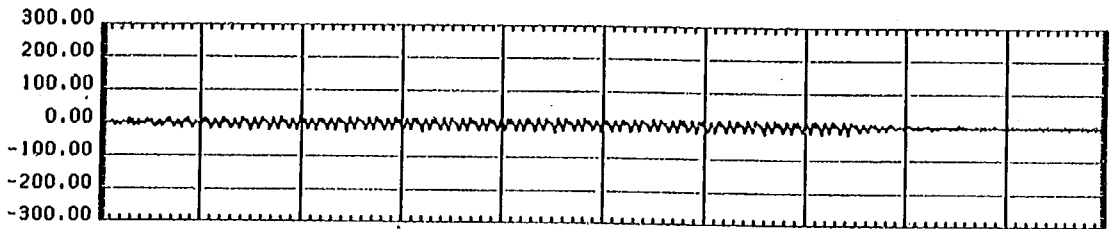
ZERO = -0.170
MAXIMUM = 95.972
MINIMUM = -95.990



A-14 CH.14
GA



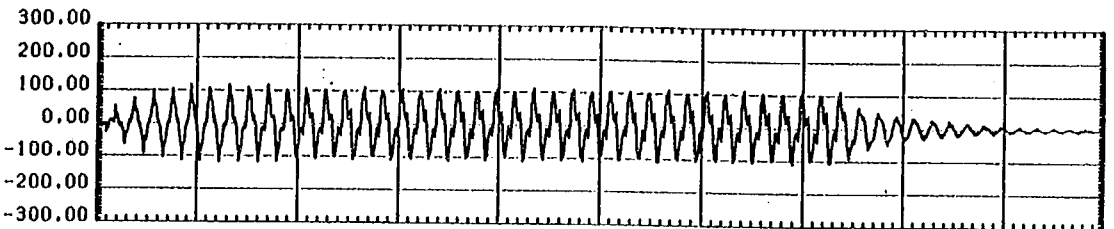
ZERO = -0.218
MAXIMUM = 21.679
MINIMUM = -29.501



A-15 CH.15
GA



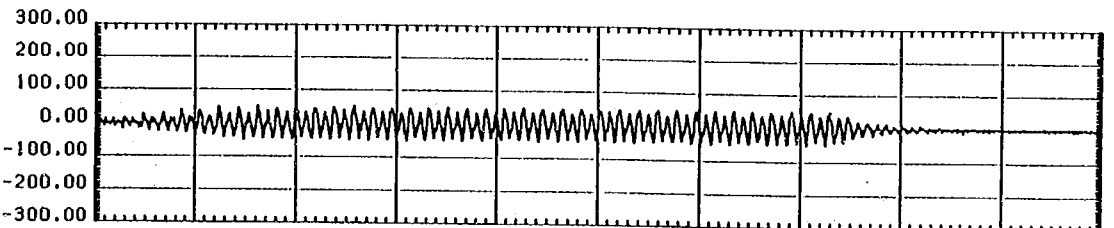
ZERO = 0.189
MAXIMUM = 117.051
MINIMUM = -116.159



A-16 CH.16
GA



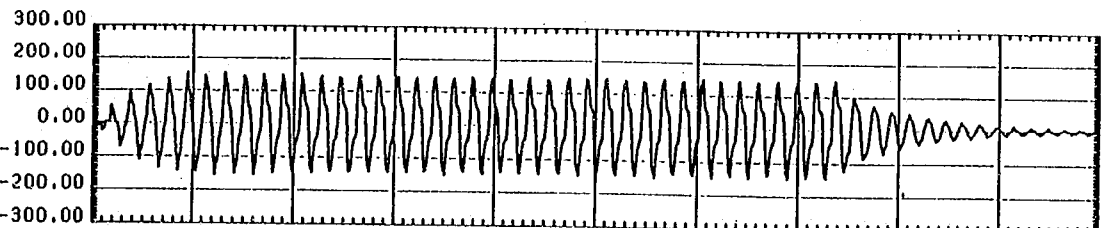
ZERO = -0.102
MAXIMUM = 59.785
MINIMUM = -49.020



A-17 CH.17
GA



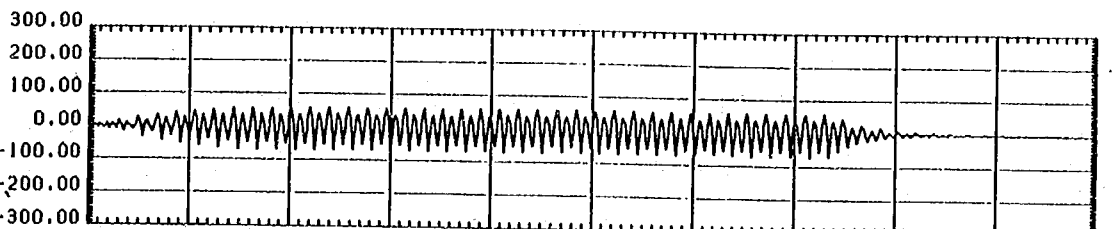
ZERO = -0.219
MAXIMUM = 155.487
MINIMUM = -159.899



A-18 CH.18
GA



ZERO = 0.180
MAXIMUM = 57.583
MINIMUM = -66.788



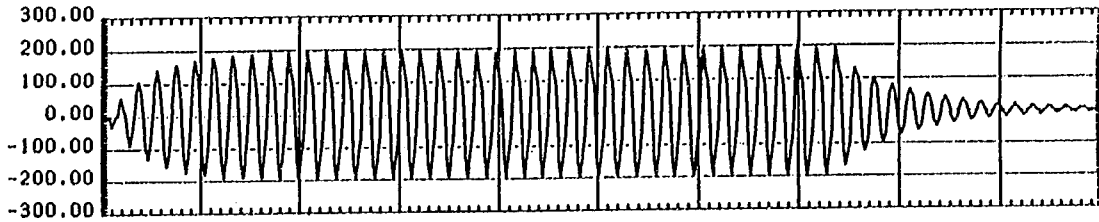
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 1-3 100GAL

A-19 CH.19
GA



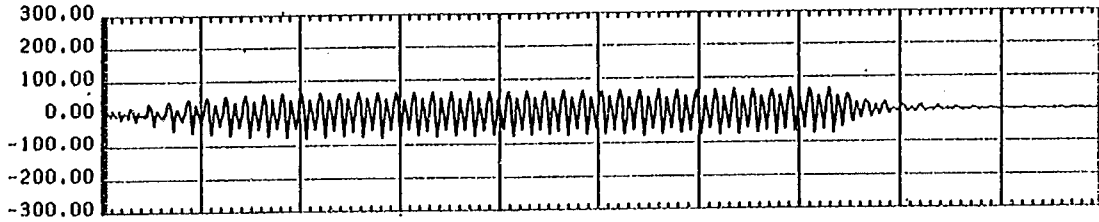
ZERO = -0.000
MAXIMUM = 185.012
MINIMUM = -185.781



A-20 CH.20
GA



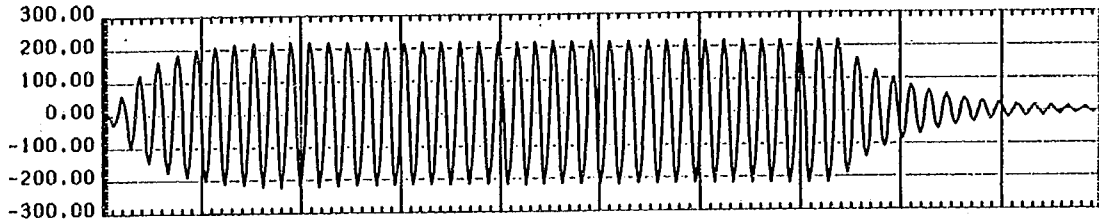
ZERO = -0.079
MAXIMUM = 83.587
MINIMUM = -75.300



A-21 CH.21
GA



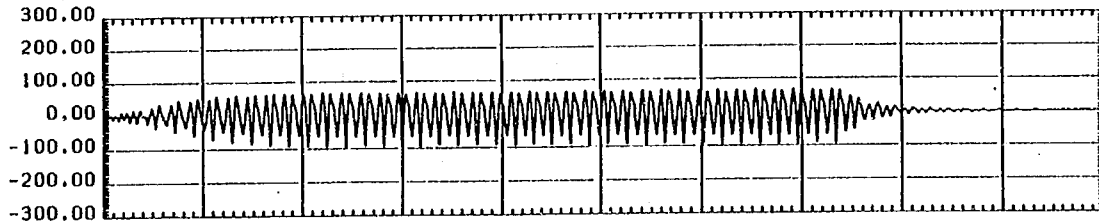
ZERO = -0.340
MAXIMUM = 210.083
MINIMUM = -221.571



A-22 CH.22
GA



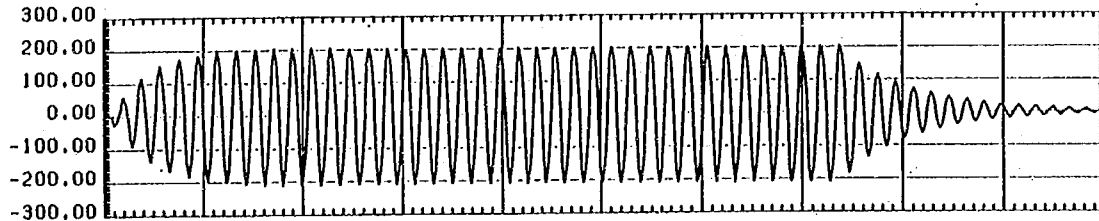
ZERO = -0.006
MAXIMUM = 85.934
MINIMUM = -82.700



A-23 CH.23
GA



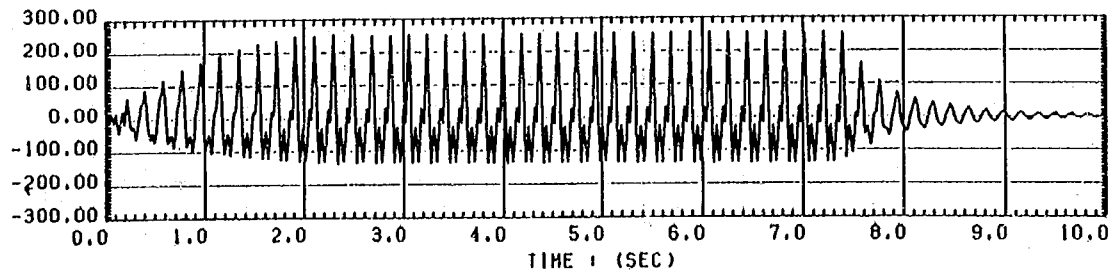
ZERO = 0.040
MAXIMUM = 209.020
MINIMUM = -211.613



A-24 CH.24
GA



ZERO = -0.001
MAXIMUM = 255.603
MINIMUM = -136.482

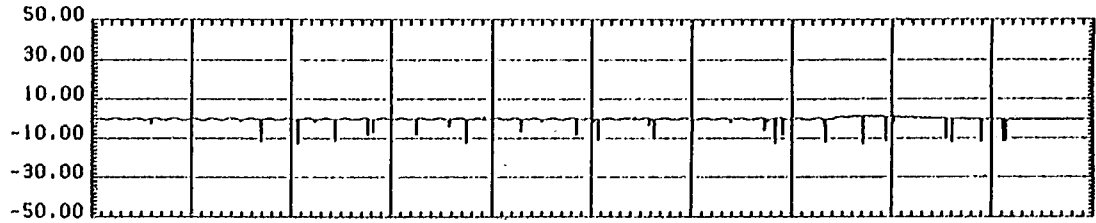


EPS EMBANKMENT CASE 1-3 100GAL

D-1 CH.25
H



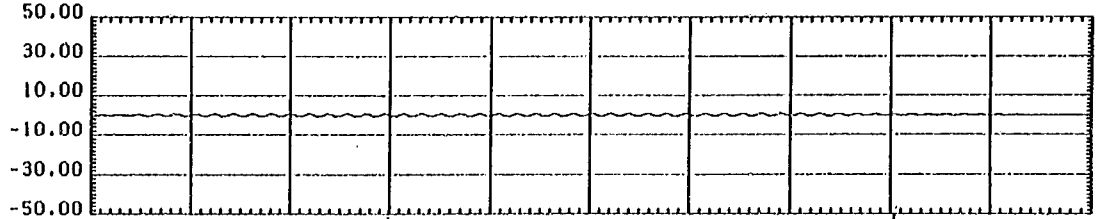
ZERO = -0.000
MAXIMUM = 1.803
MINIMUM = -12.437



D-2 CH.26
H



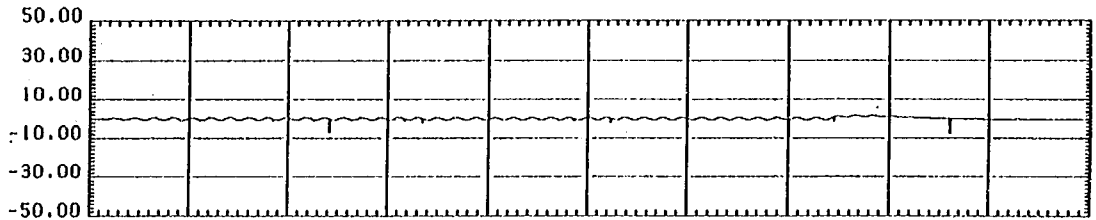
ZERO = 0.011
MAXIMUM = 0.834
MINIMUM = -0.486



D-3 CH.27
H



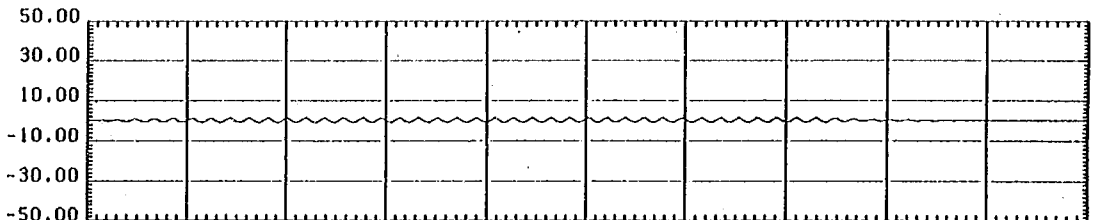
ZERO = -0.001
MAXIMUM = 1.717
MINIMUM = -7.468



D-4 CH.28
H



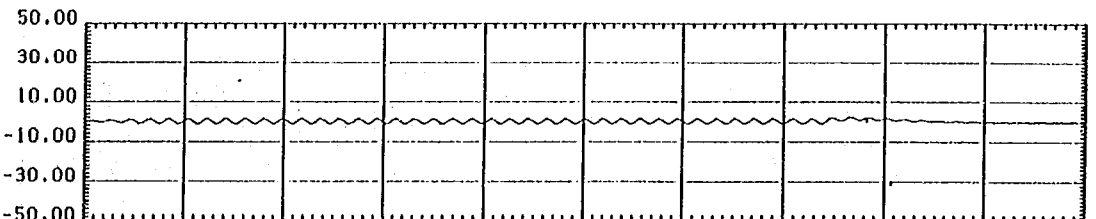
ZERO = 0.019
MAXIMUM = 1.108
MINIMUM = -0.418



D-5 CH.29
H



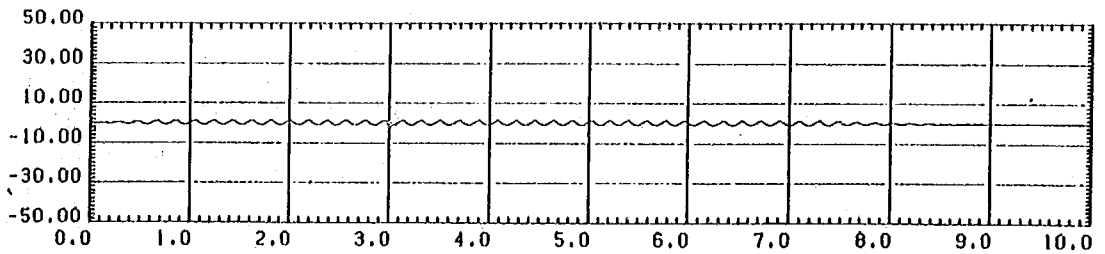
ZERO = 0.001
MAXIMUM = 2.138
MINIMUM = -1.388



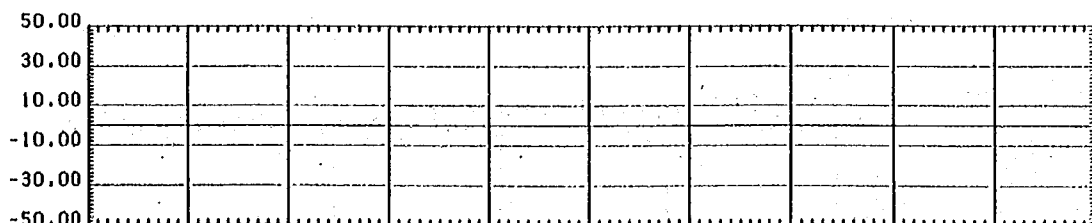
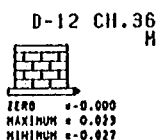
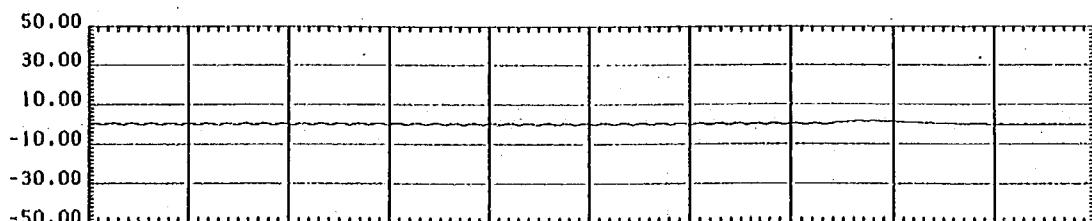
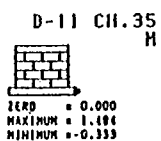
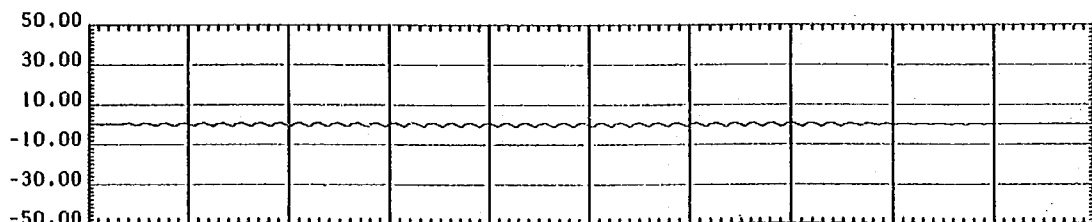
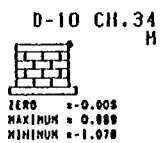
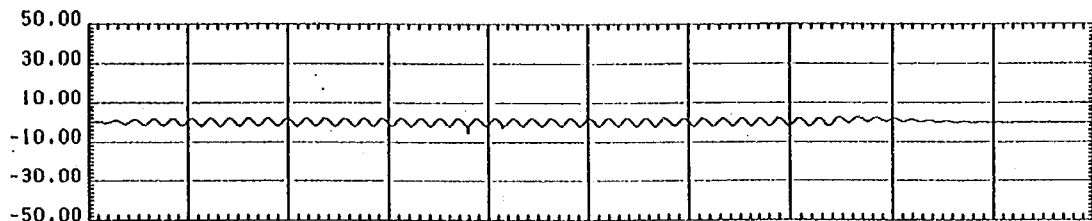
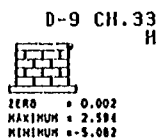
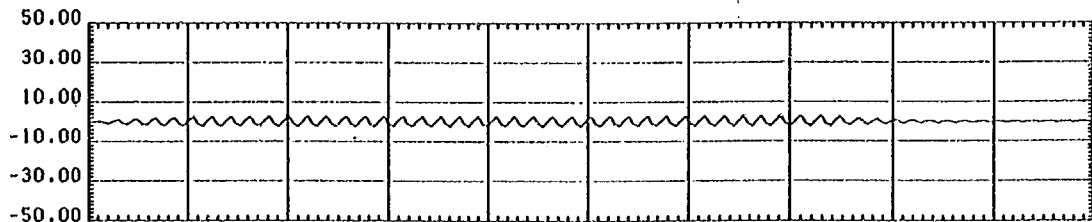
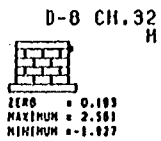
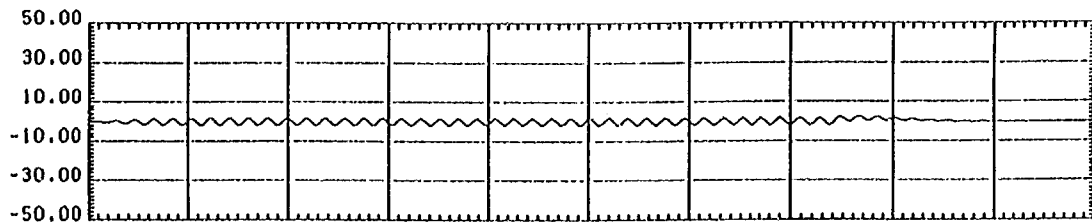
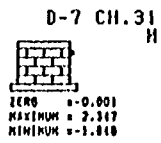
D-6 CH.30
H



ZERO = -0.011
MAXIMUM = 1.385
MINIMUM = -0.797



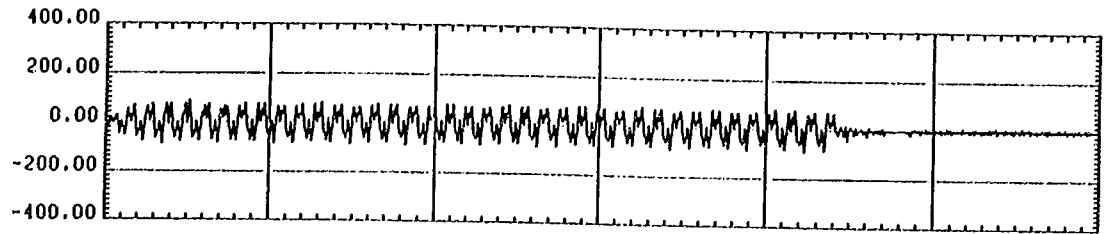
EPS EMBANKMENT CASE 1-3 100GAL



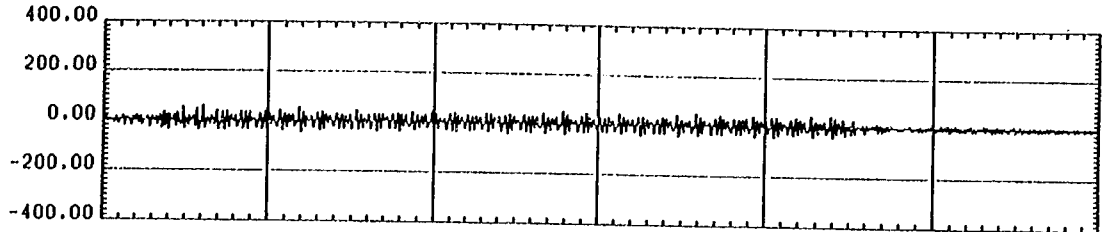
0.0 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10.0
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 2-1 100GAL

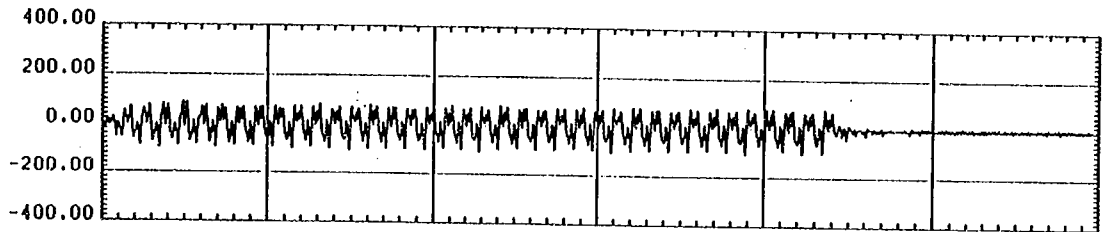
A-1 CH. 1
GA
ZERO = 0.022
MAXIMUM = 87.379
MINIMUM = -85.933



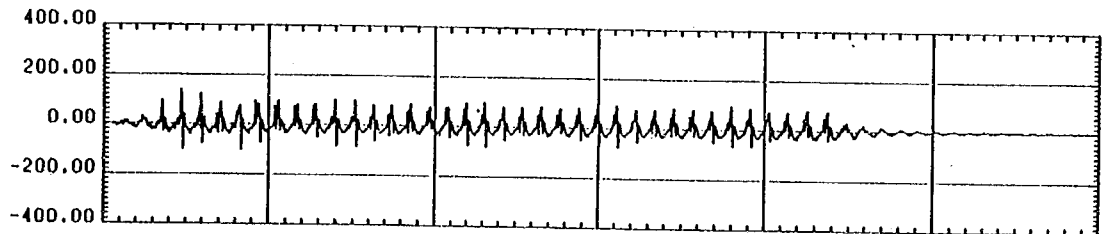
A-2 CH. 2
GA
ZERO = -0.210
MAXIMUM = 58.781
MINIMUM = -42.059



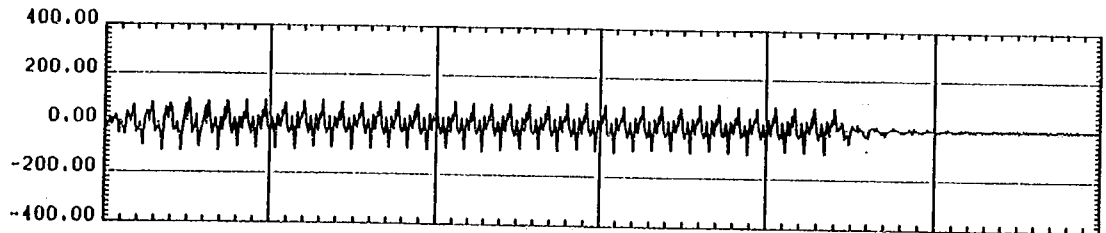
A-3 CH. 3
GA
ZERO = 0.078
MAXIMUM = 88.973
MINIMUM = -103.318



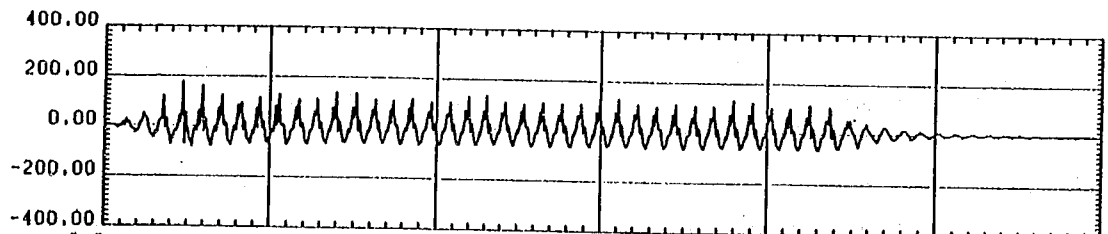
A-4 CH. 4
GA
ZERO = 0.120
MAXIMUM = 135.384
MINIMUM = -88.438



A-5 CH. 5
GA
ZERO = -0.280
MAXIMUM = 87.878
MINIMUM = -111.431

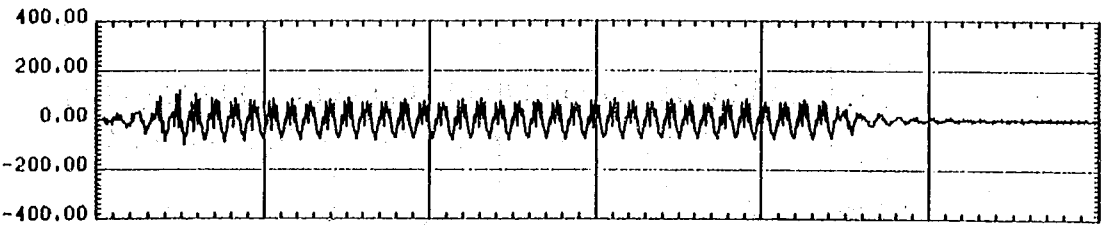
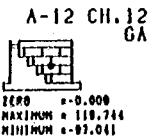
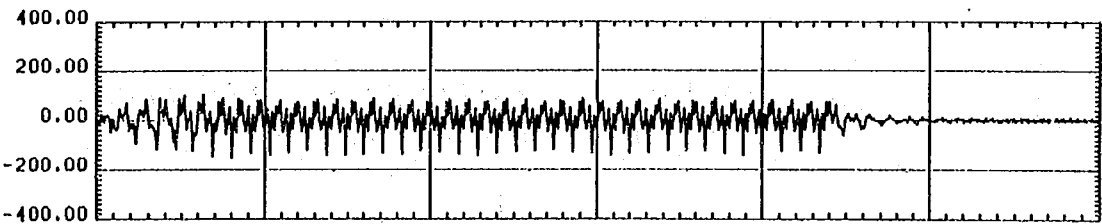
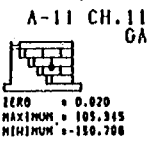
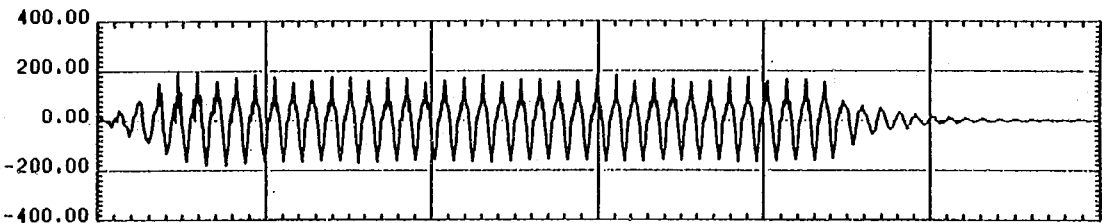
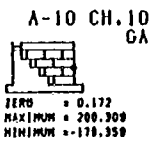
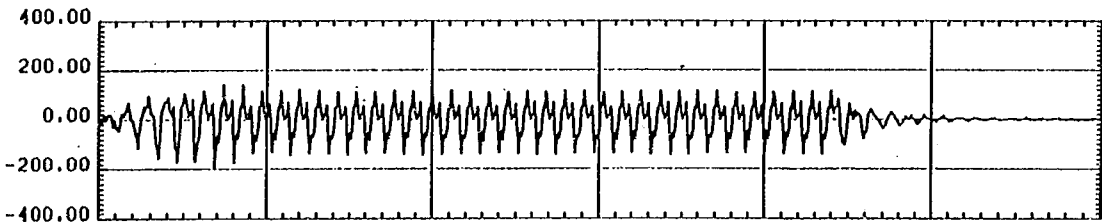
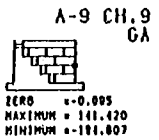
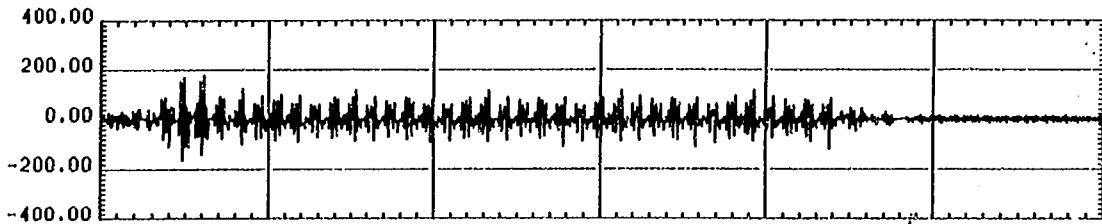
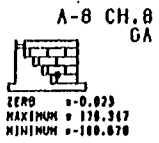
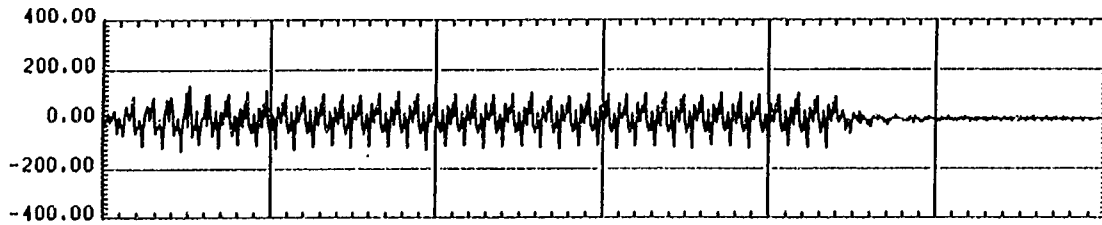
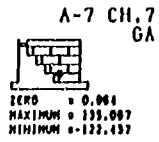


A-6 CH. 6
GA
ZERO = 0.204
MAXIMUM = 133.808
MINIMUM = -77.322



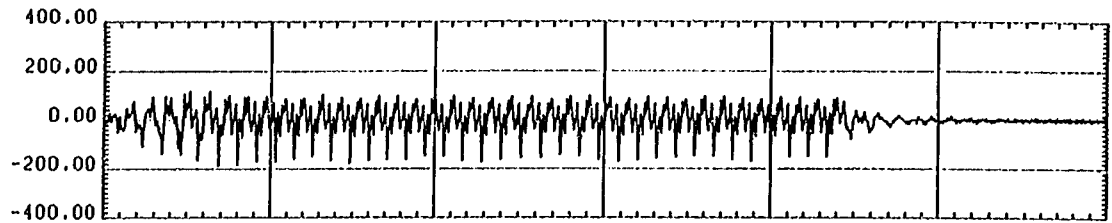
TIME (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 2-1 100GAL

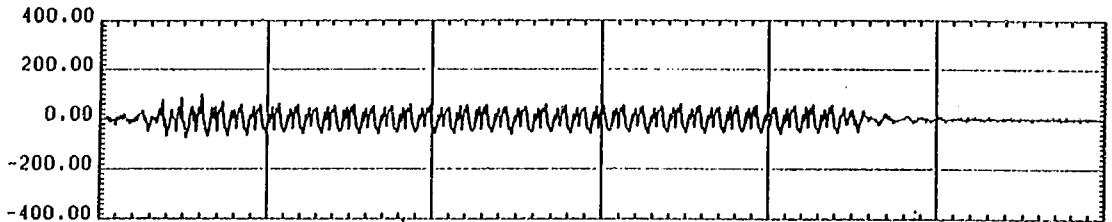


EPS EMBANKMENT CASE 2-1 100GAL

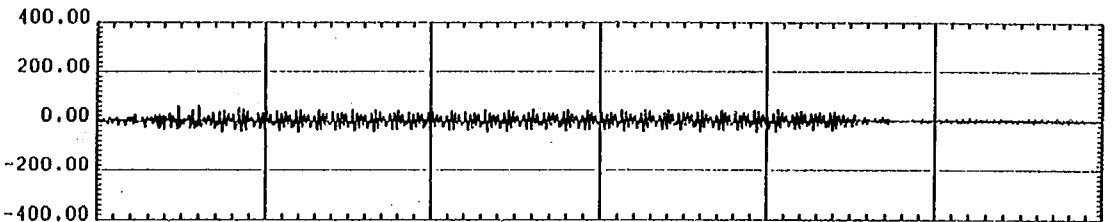
A-13 CH.13
GA
ZERO = 0.044
MAXIMUM = 117.397
MINIMUM = -191.018



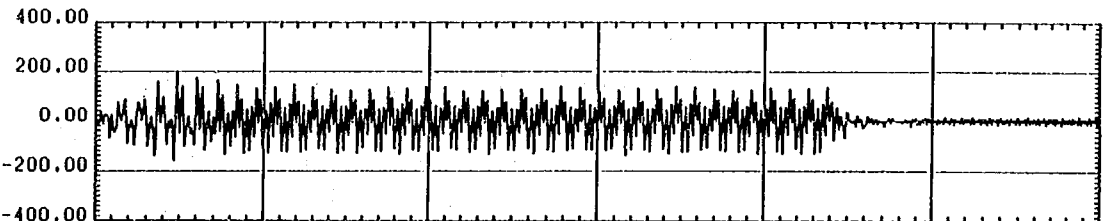
A-14 CH.14
GA
ZERO = 0.037
MAXIMUM = 88.879
MINIMUM = -72.123



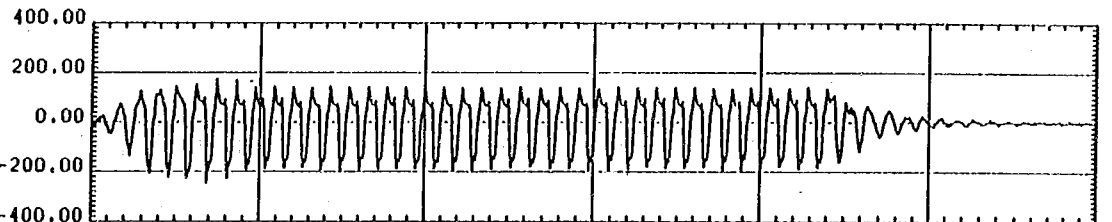
A-15 CH.15
GA
ZERO = 0.038
MAXIMUM = 59.886
MINIMUM = -47.584



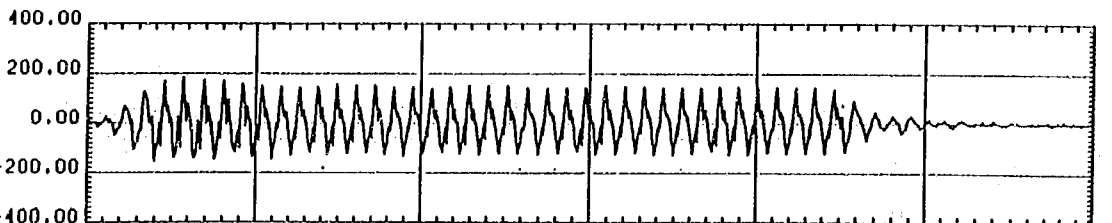
A-16 CH.16
GA
ZERO = 0.137
MAXIMUM = 197.083
MINIMUM = -156.285



A-17 CH.17
GA
ZERO = 0.242
MAXIMUM = 172.882
MINIMUM = -244.484



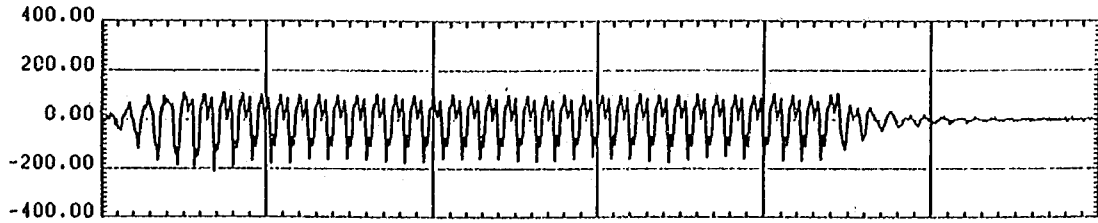
A-18 CH.18
GA
ZERO = 0.190
MAXIMUM = 181.428
MINIMUM = -192.880



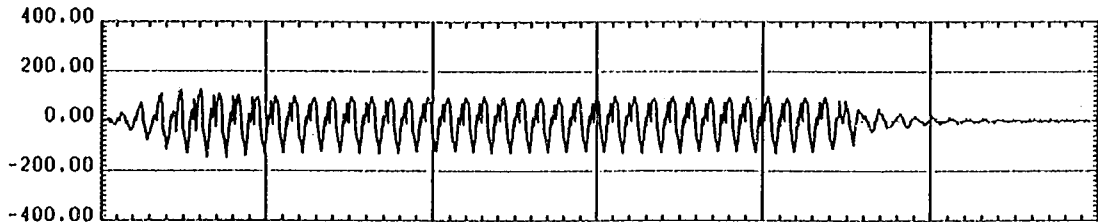
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 2-1 100GAL

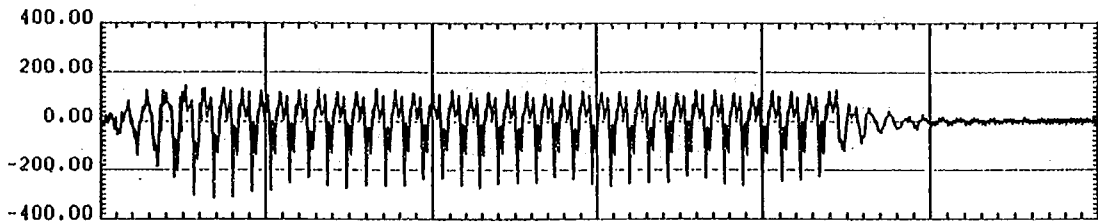
A-19 CH.19
GA
ZERO = 0.087
MAXIMUM = 188.868
MINIMUM = -288.471



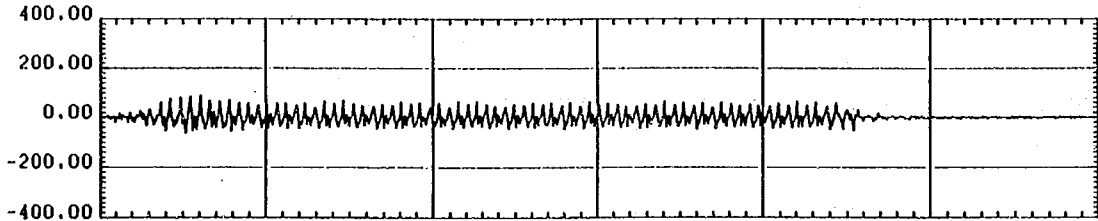
A-20 CH.20
GA
ZERO = -0.083
MAXIMUM = 171.345
MINIMUM = -143.883



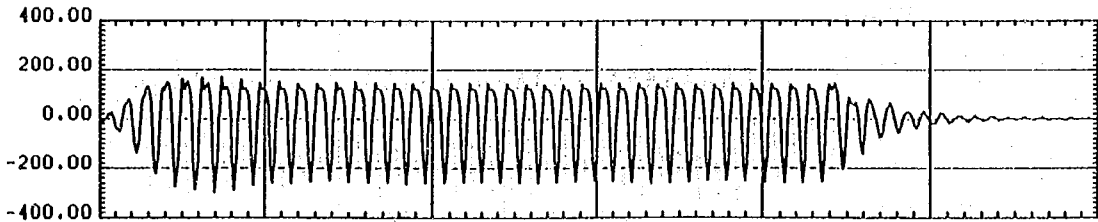
A-21 CH.21
GA
ZERO = -0.108
MAXIMUM = 161.311
MINIMUM = -313.484



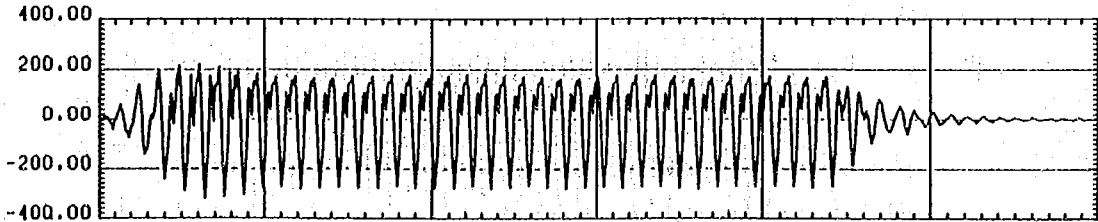
A-22 CH.22
GA
ZERO = -0.138
MAXIMUM = 87.438
MINIMUM = -88.310



A-23 CH.23
GA
ZERO = 0.124
MAXIMUM = 188.852
MINIMUM = -287.151



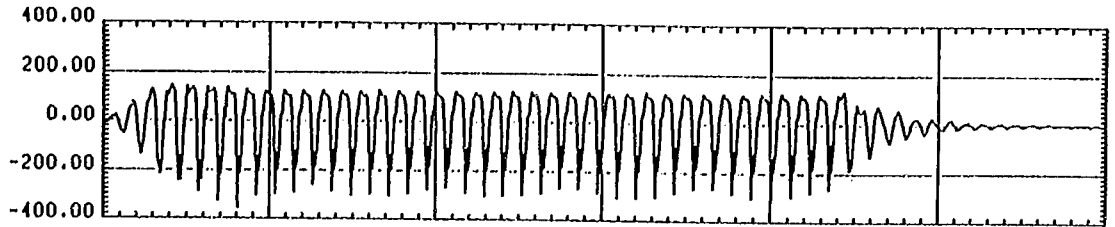
A-24 CH.24
GA
ZERO = -0.098
MAXIMUM = 218.907
MINIMUM = -328.070



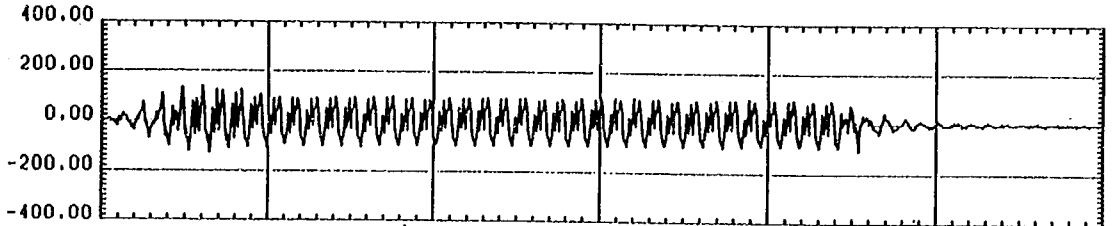
TIME (SEC)

EPS ENBANKMENT CASE 2-1 100GAL

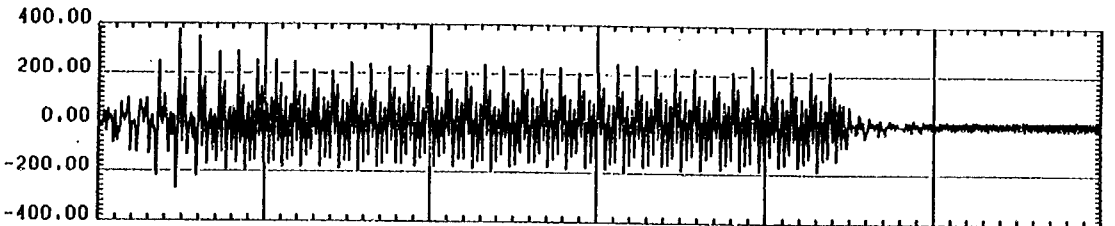
A-25 CH.25
GA
ZERO = 0.015
MAXIMUM = 143.072
MINIMUM = -352.128



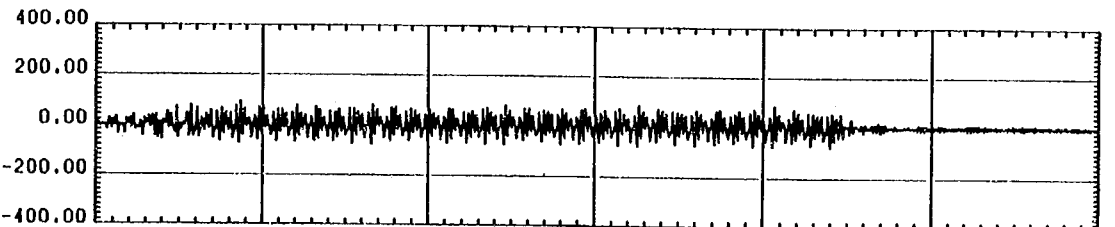
A-26 CH.26
GA
ZERO = 0.020
MAXIMUM = 133.000
MINIMUM = -126.970



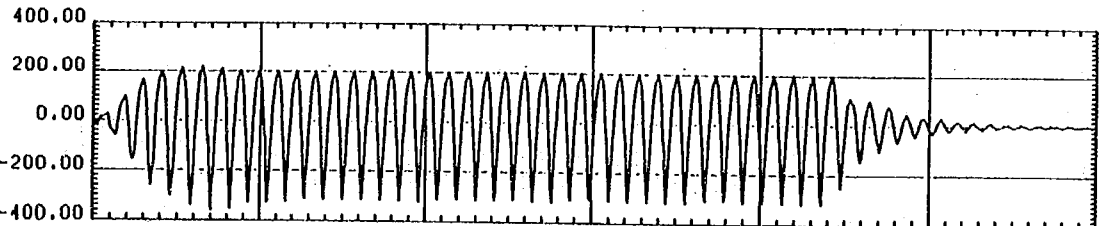
A-27 CH.27
GA
ZERO = 0.053
MAXIMUM = 378.050
MINIMUM = -267.021



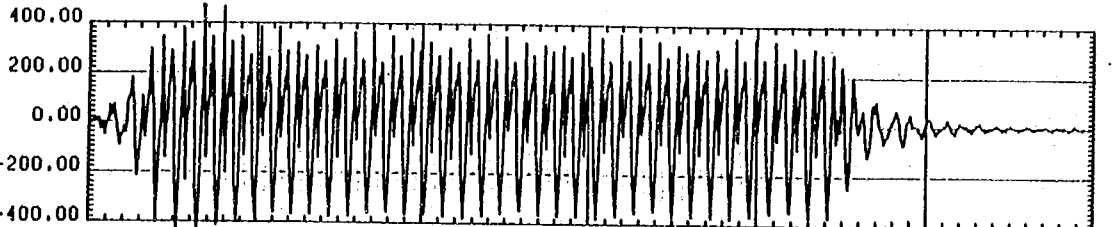
A-28 CH.28
GA
ZERO = 0.051
MAXIMUM = 80.000
MINIMUM = -74.430



A-29 CH.29
GA
ZERO = 0.040
MAXIMUM = 210.000
MINIMUM = -350.307



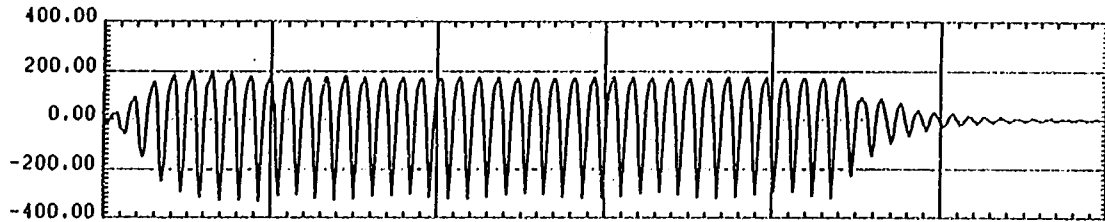
A-30 CH.30
GA
ZERO = 0.012
MAXIMUM = 502.723
MINIMUM = -442.000



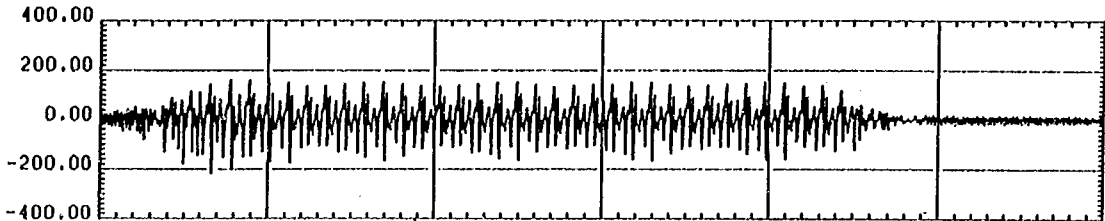
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 2-1 100GAL

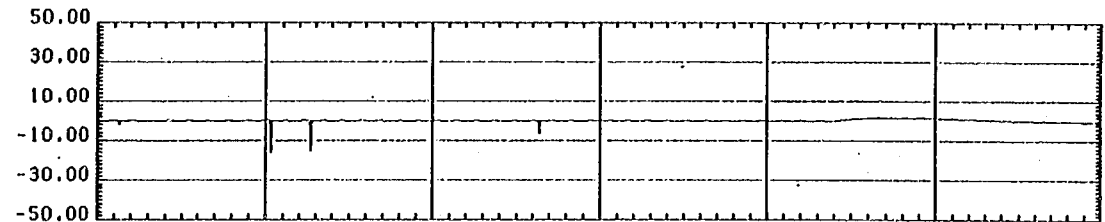
A-31 CH.31
GA
ZERO = -0.230
MAXIMUM = 183.884
MINIMUM = -328.431



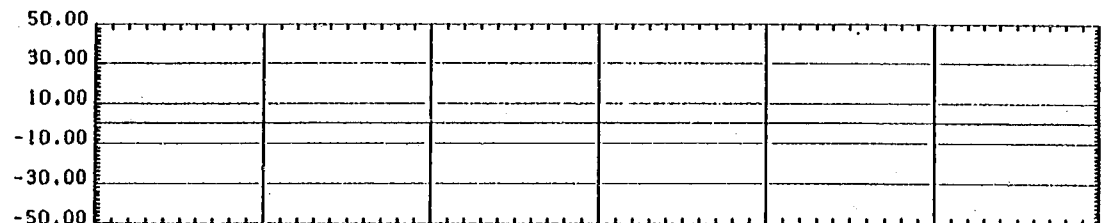
A-32 CH.32
GA
ZERO = -0.088
MAXIMUM = 189.380
MINIMUM = -214.838



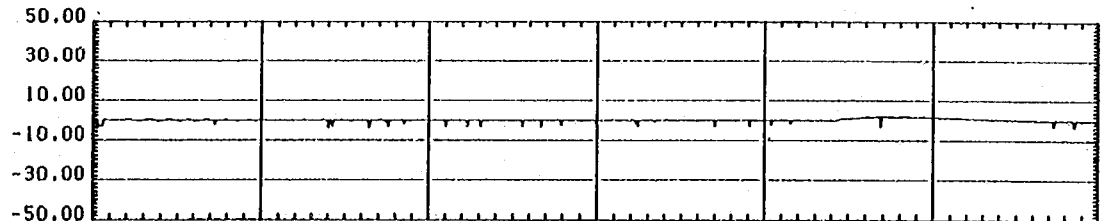
D-1 CH.33
H
ZERO = -0.000
MAXIMUM = 1.733
MINIMUM = -15.874



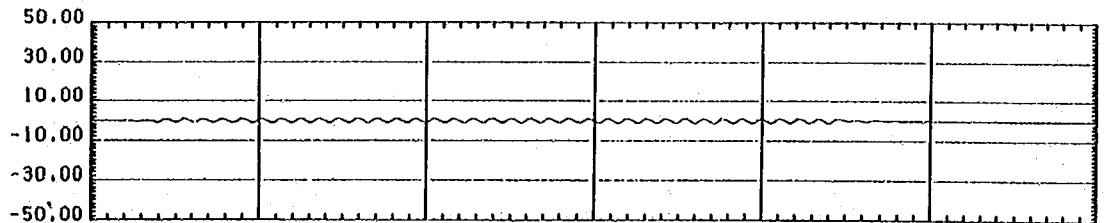
D-2 CH.34
H
ZERO = -0.012
MAXIMUM = 0.858
MINIMUM = -0.854



D-3 CH.35
H
ZERO = 0.107
MAXIMUM = 1.749
MINIMUM = -3.442



D-4 CH.36
H
ZERO = 0.107
MAXIMUM = 0.822
MINIMUM = -1.815



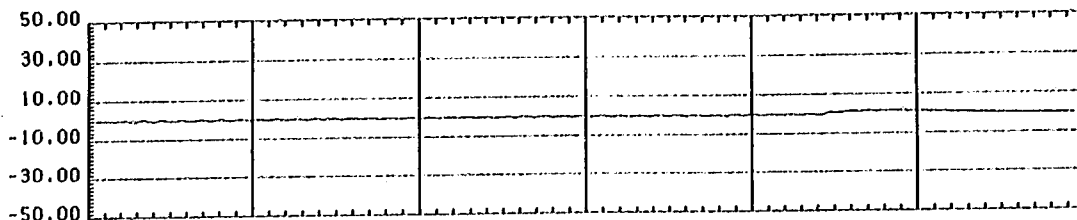
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 2-1 100GAL

D-5 CH.37 H



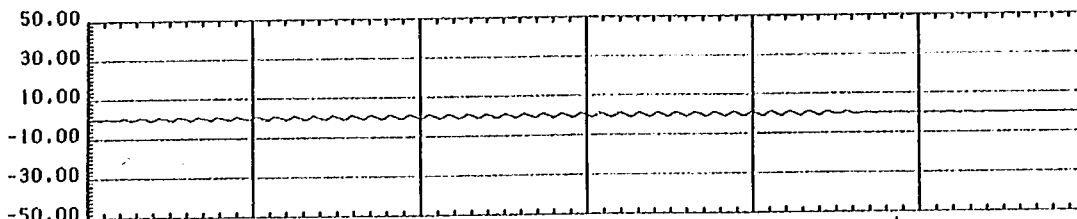
ZERO = 0.102
MAXIMUM = 1.814
MINIMUM = -0.159



D-6 CH.38 H



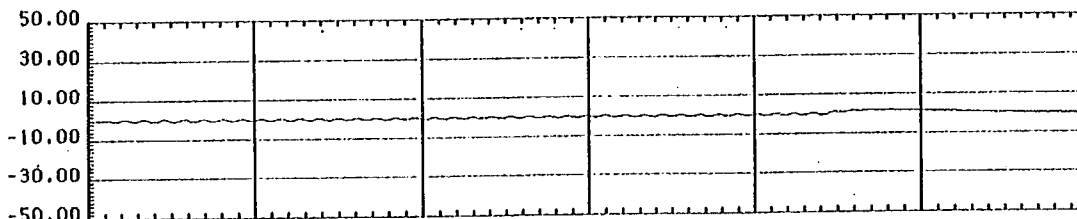
ZERO = -0.055
MAXIMUM = 0.922
MINIMUM = -0.859



D-7 CH.39 H



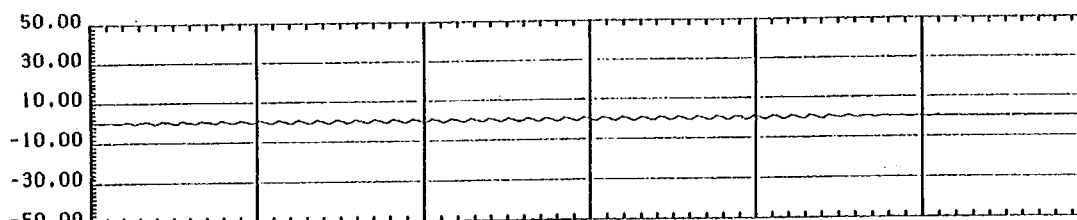
ZERO = 0.087
MAXIMUM = 1.891
MINIMUM = -0.875



D-8 CH.40 H



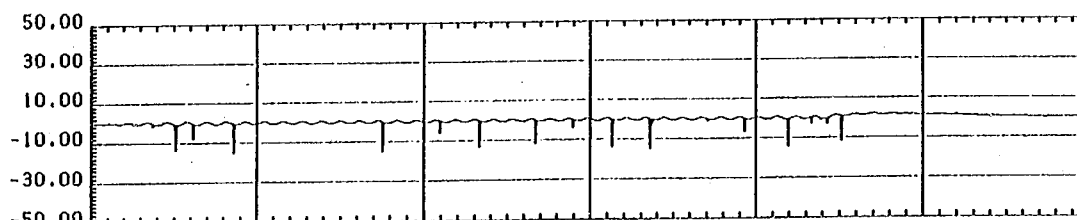
ZERO = 0.048
MAXIMUM = 0.830
MINIMUM = -0.825



D-9 CH.41 H



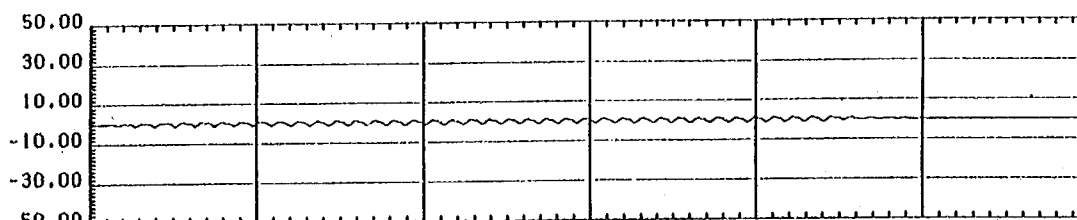
ZERO = 0.109
MAXIMUM = 1.922
MINIMUM = -14.845



D-10 CH.42 H

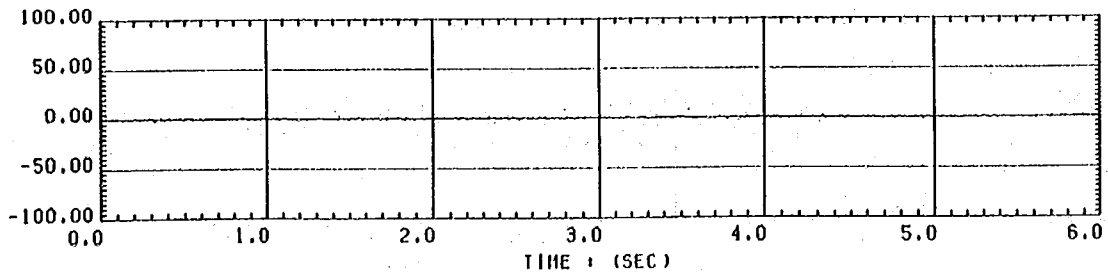
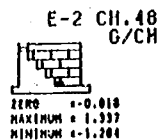
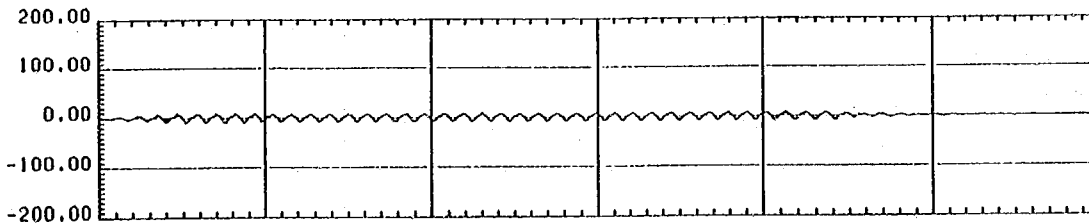
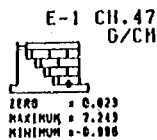
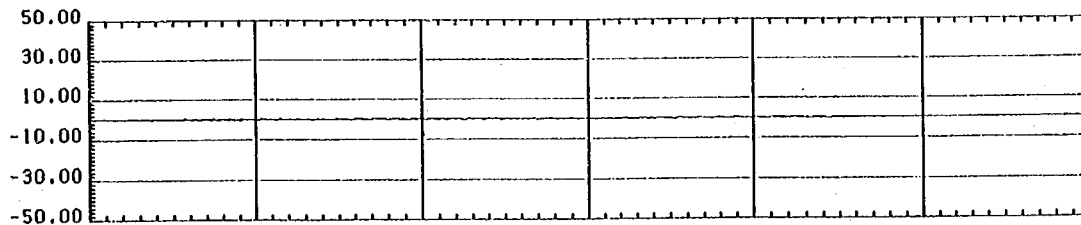
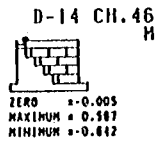
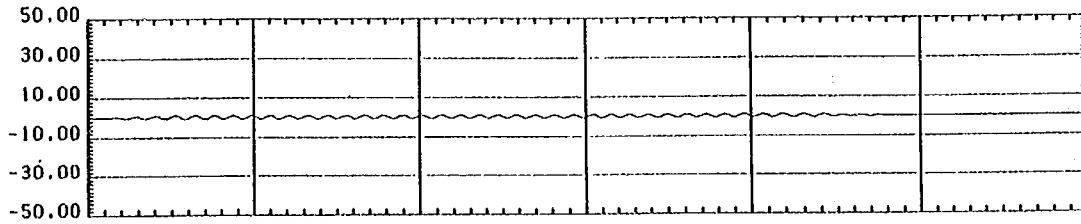
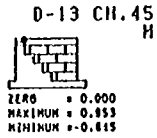
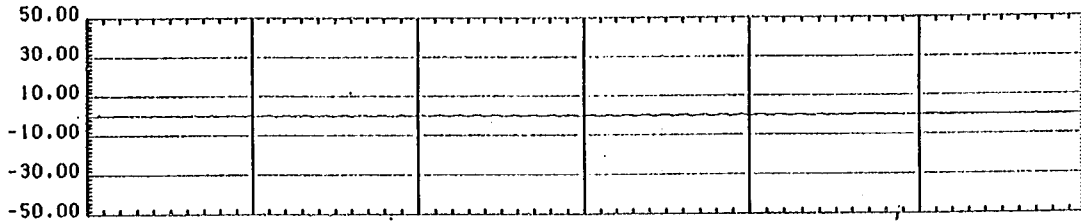
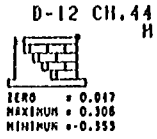
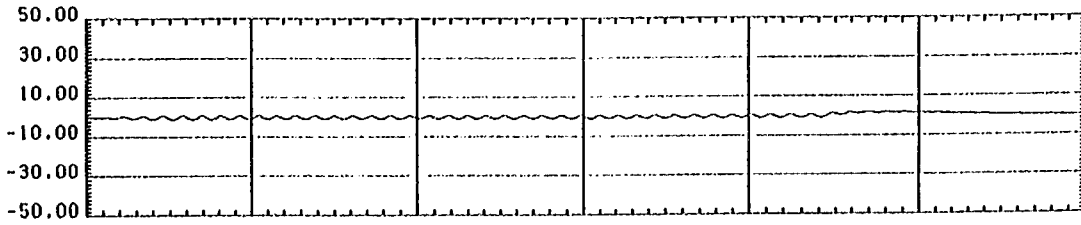
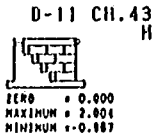


ZERO = -0.010
MAXIMUM = 1.059
MINIMUM = -1.182



TIME (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 2-1 100GAL

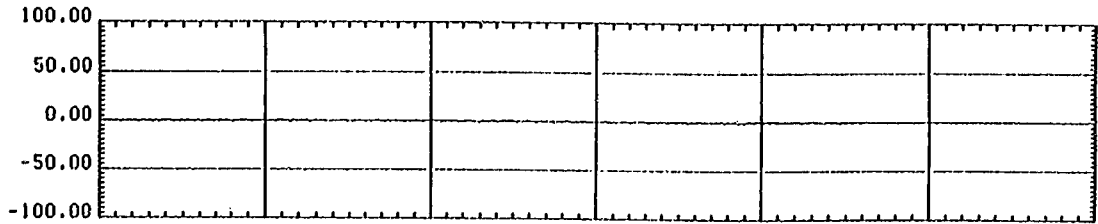


EPS EMBANKMENT CASE 2-1 100GAL

E-3 CH.49
G/CH



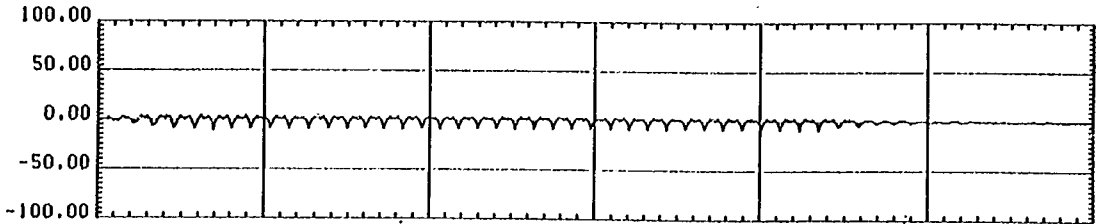
ZERO = 0.018
MAXIMUM = 0.000
MINIMUM = -0.055



E-4 CH.50
G/CH



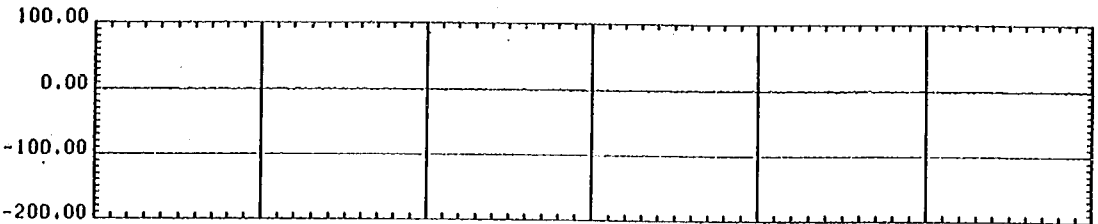
ZERO = -0.181
MAXIMUM = 9.350
MINIMUM = -10.067



E-5 CH.51
G/CH



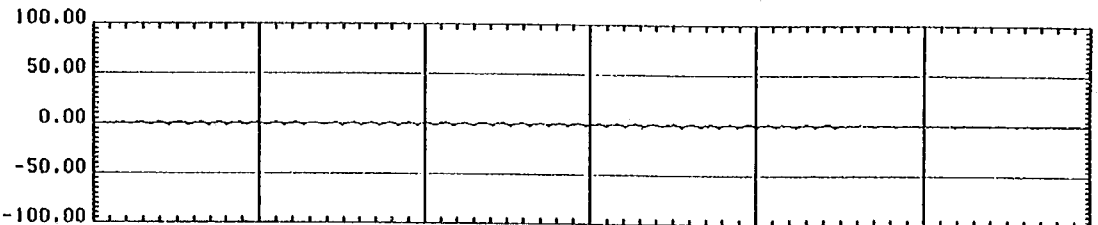
ZERO = -0.030
MAXIMUM = 1.047
MINIMUM = -1.505



E-6 CH.52
G/CH



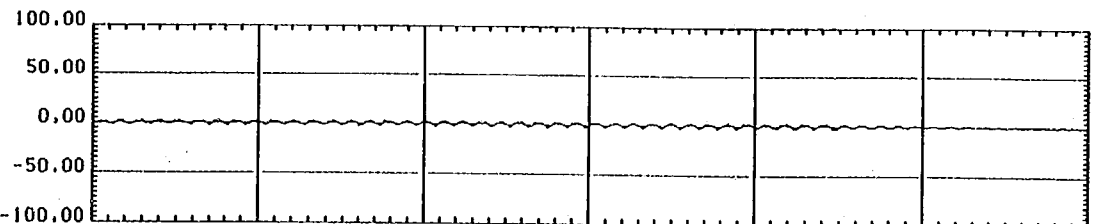
ZERO = 0.019
MAXIMUM = 1.770
MINIMUM = -2.008



E-7 CH.53
G/CH



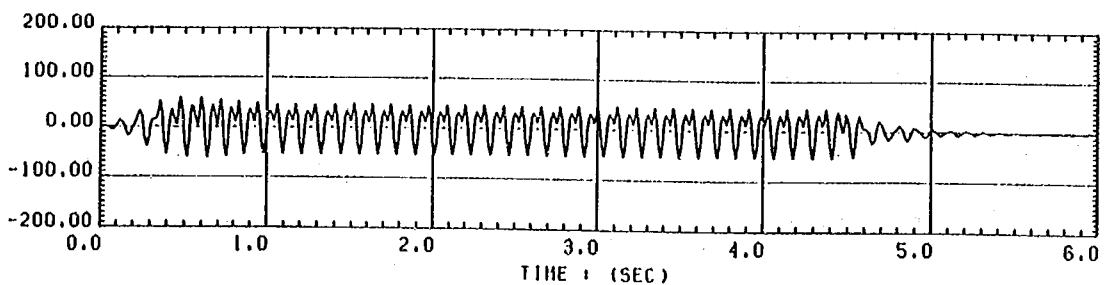
ZERO = -0.328
MAXIMUM = 2.580
MINIMUM = -2.602



E-8 CH.54
G/CH



ZERO = -0.728
MAXIMUM = 57.789
MINIMUM = -59.774

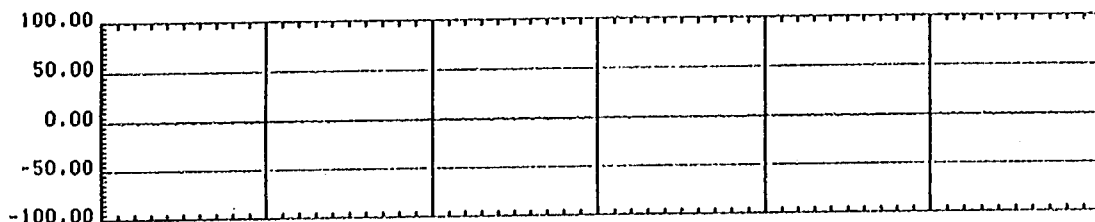


EPS EMBANKMENT CASE 2-1 100GAL

E-9 CH.55
G/CH



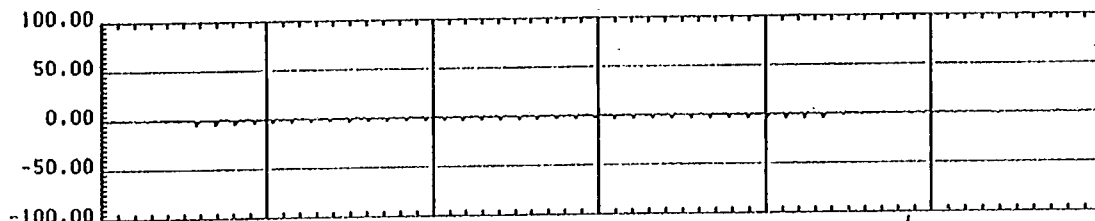
ZERO = -0.070
MAXIMUM = 0.011
MINIMUM = -0.017



E-10 CH.56
G/CH



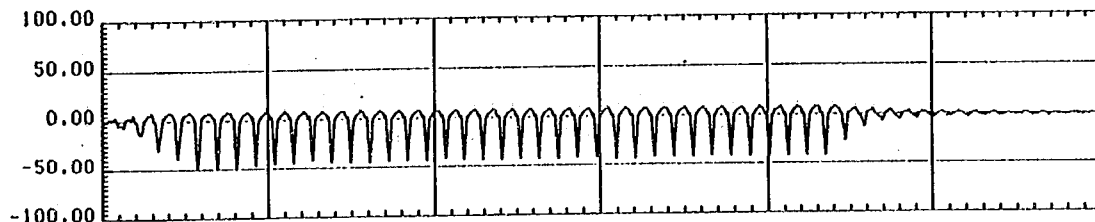
ZERO = 0.026
MAXIMUM = 0.795
MINIMUM = -0.031



E-11 CH.57
G/CH



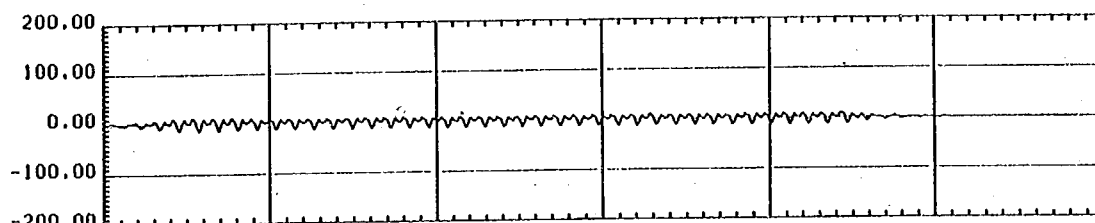
ZERO = -0.031
MAXIMUM = 0.053
MINIMUM = -0.050



E-12 CH.58
G/CH



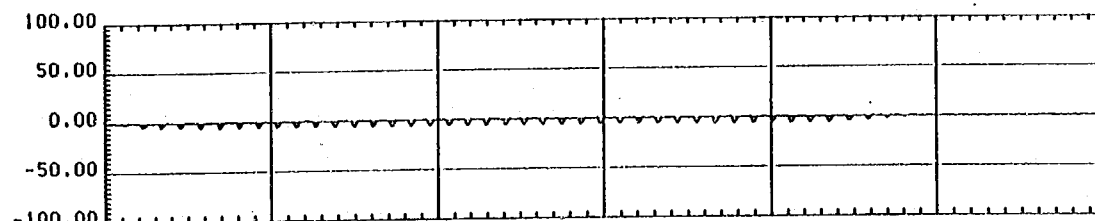
ZERO = -0.100
MAXIMUM = 10.302
MINIMUM = -13.000



E-13 CH.59
G/CH



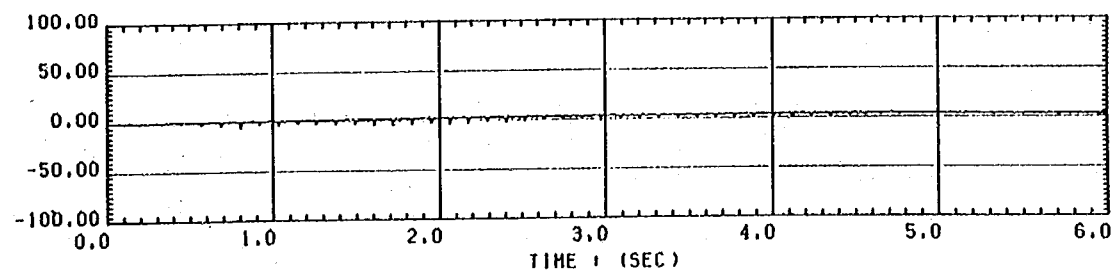
ZERO = -0.104
MAXIMUM = 0.701
MINIMUM = -0.000



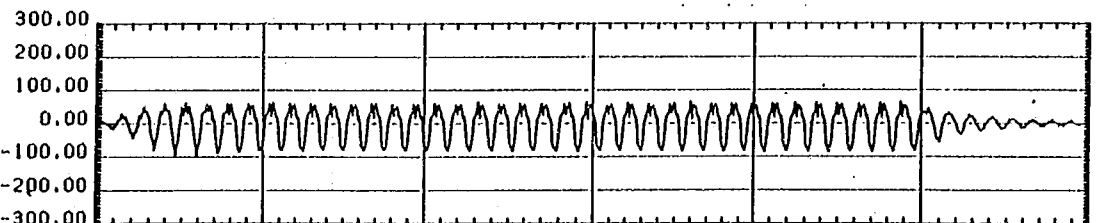
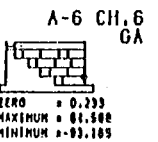
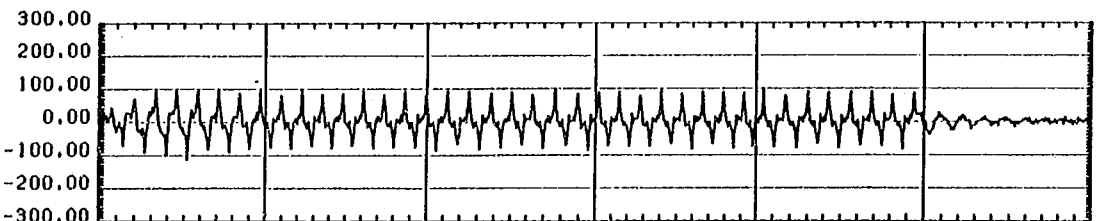
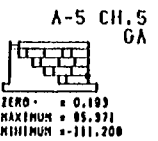
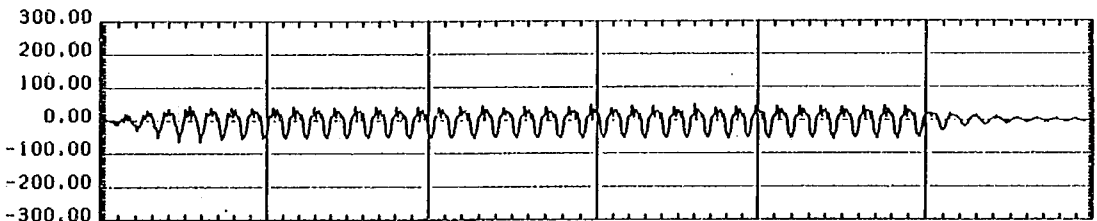
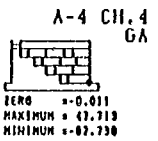
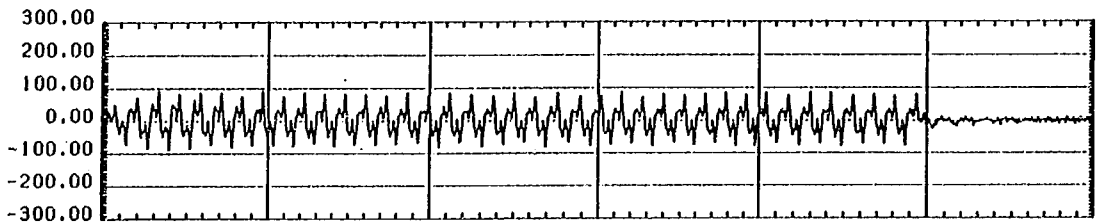
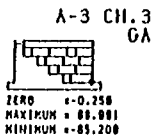
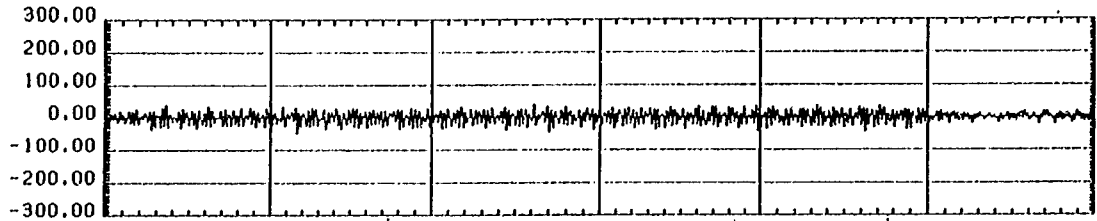
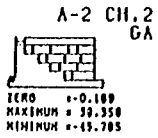
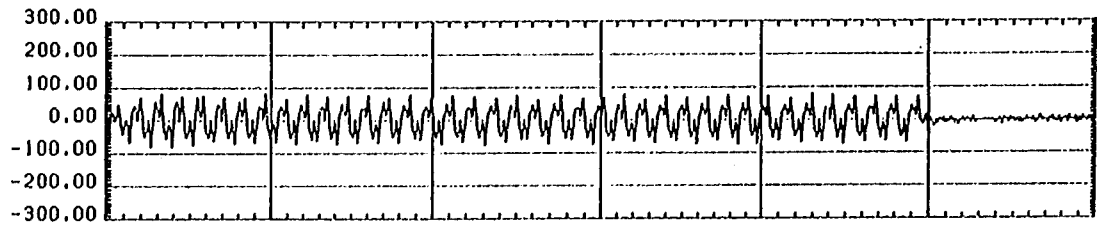
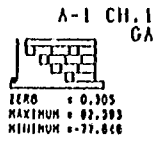
E-14 CH.60
G/CH



ZERO = -0.500
MAXIMUM = 4.250
MINIMUM = -4.070



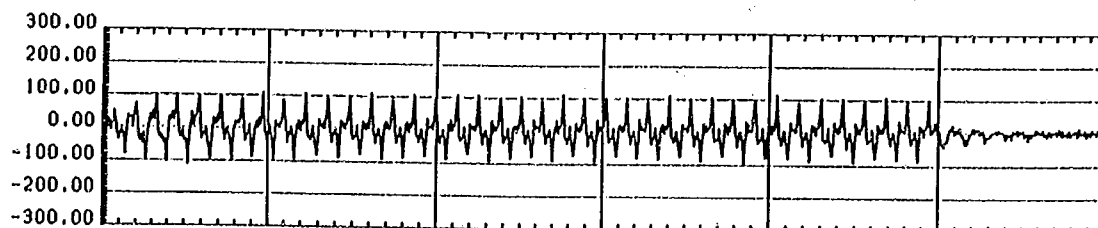
EPS EMBANKMENT CASE 3-1 100GAL



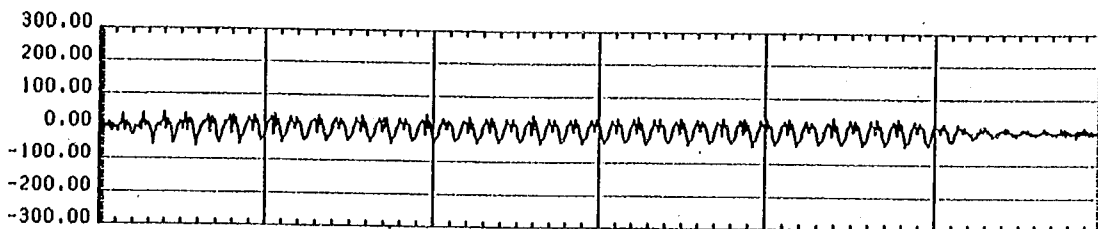
TIME : (SEC)

EPS EMBARKMENT CASE 3-1 100GAL

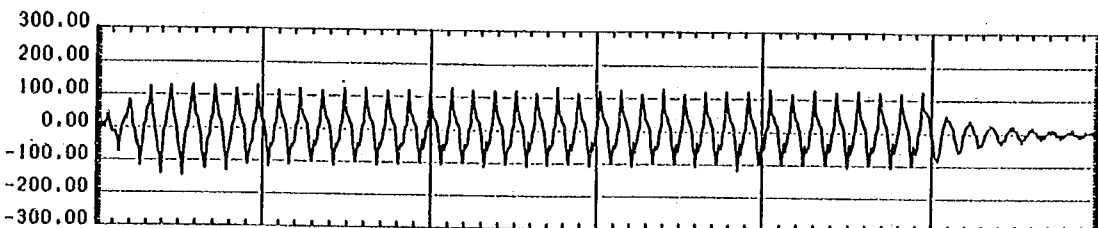
A-7 CH.7
GA
ZERO = -0.178
MAXIMUM = 111.032
MINIMUM = -109.380



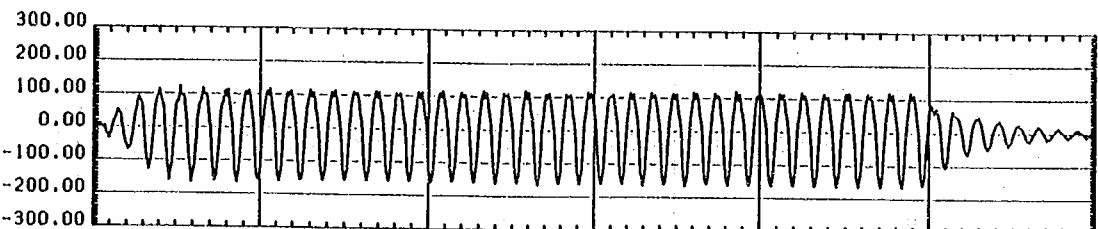
A-8 CH.8
GA
ZERO = 0.304
MAXIMUM = 43.222
MINIMUM = -56.756



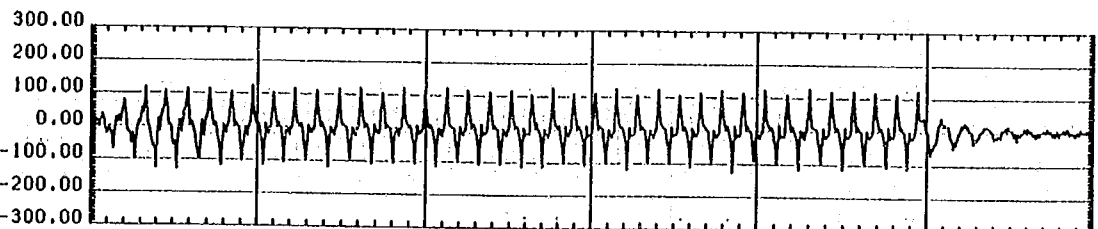
A-9 CH.9
GA
ZERO = 0.730
MAXIMUM = 131.580
MINIMUM = -144.459



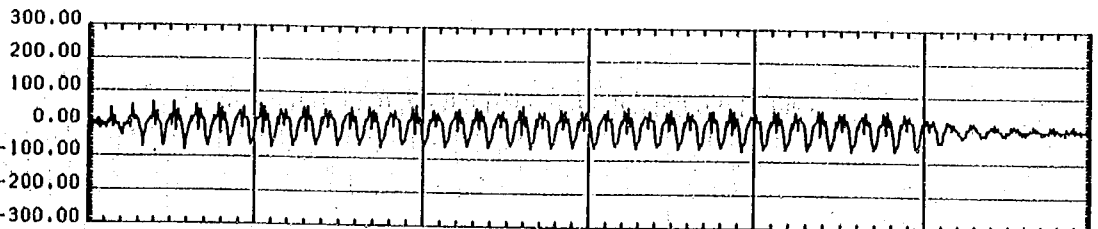
A-10 CH.10
GA
ZERO = -0.186
MAXIMUM = 122.477
MINIMUM = -165.236



A-11 CH.11
GA
ZERO = 0.142
MAXIMUM = 125.038
MINIMUM = -128.251



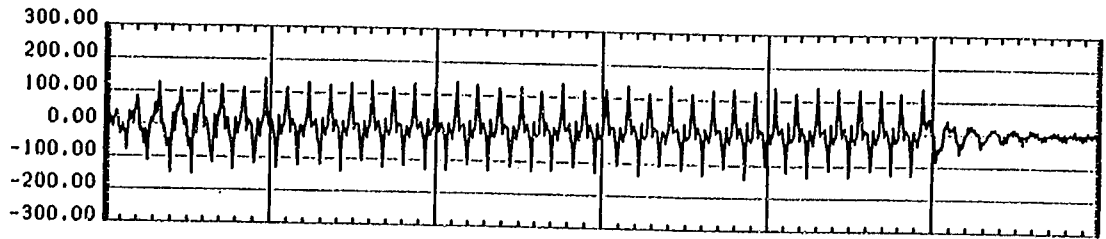
A-12 CH.12
GA
ZERO = -0.178
MAXIMUM = 88.910
MINIMUM = -78.217



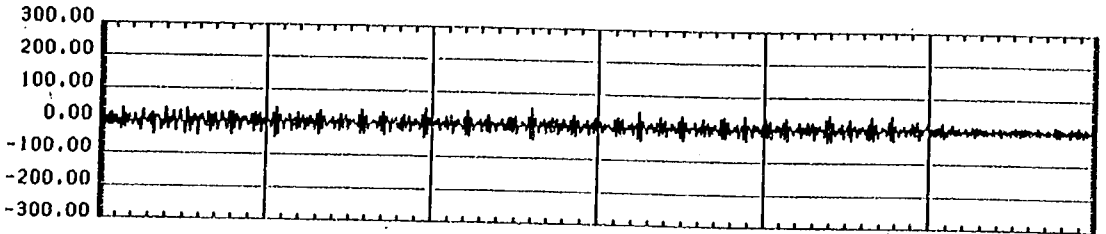
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 3-1 100GAL

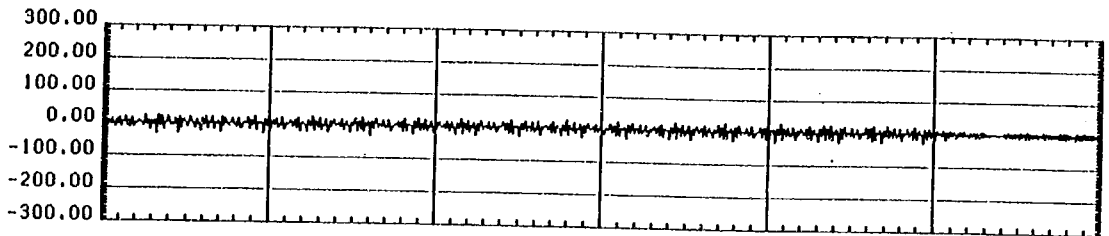
A-13 CH.13
GA
ZERO = -0.097
MAXIMUM = 142.844
MINIMUM = -149.521



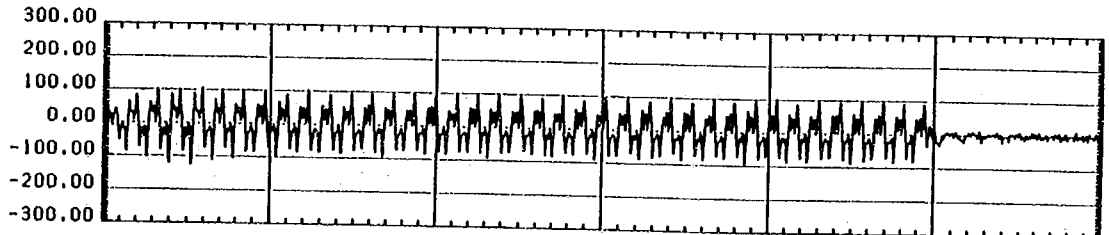
A-14 CH.14
GA
ZERO = 0.289
MAXIMUM = 52.215
MINIMUM = -49.777



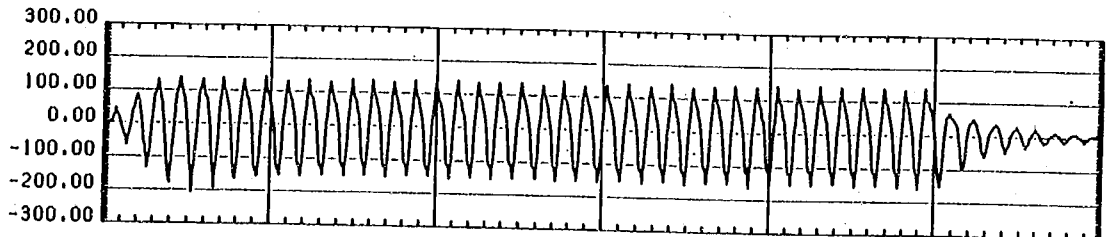
A-15 CH.15
GA
ZERO = -0.049
MAXIMUM = 38.583
MINIMUM = -38.507



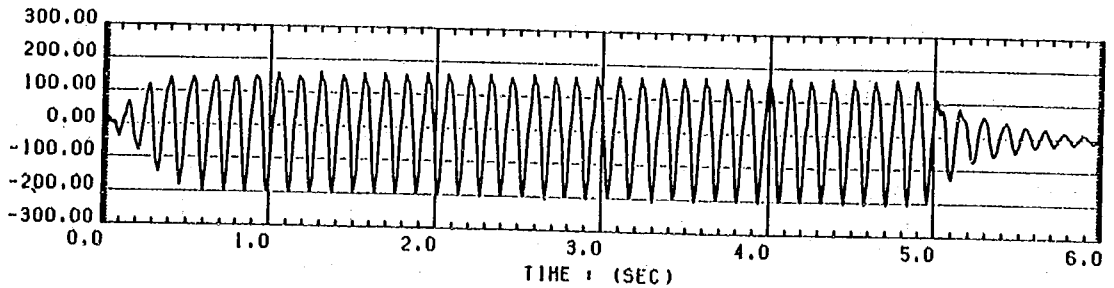
A-16 CH.16
GA
ZERO = -0.058
MAXIMUM = 105.285
MINIMUM = -122.158



A-17 CH.17
GA
ZERO = 0.200
MAXIMUM = 142.148
MINIMUM = -205.270

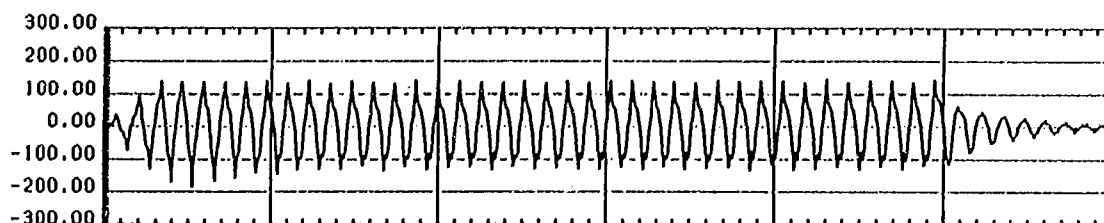


A-18 CH.18
GA
ZERO = -0.040
MAXIMUM = 167.584
MINIMUM = -205.001

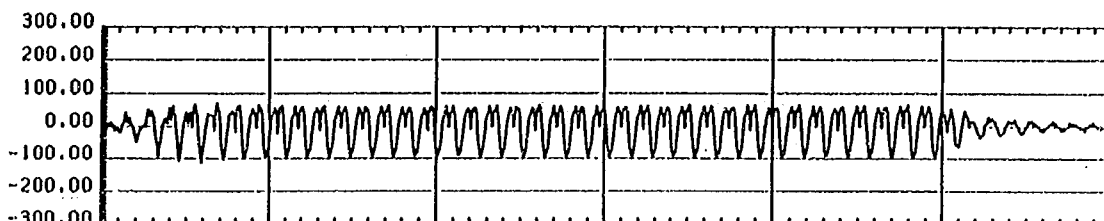


EPS EMBANKMENT CASE 3-1 100GAL

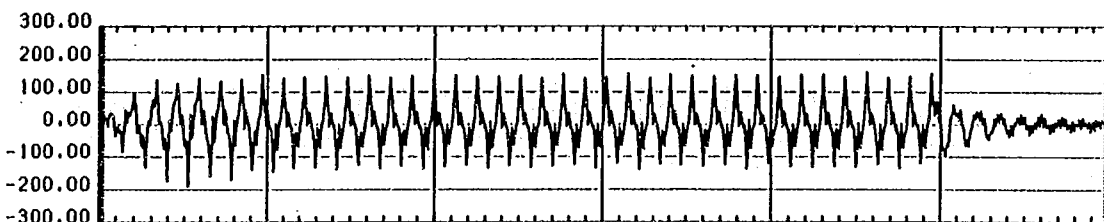
A-19 CH.19
GA
ZERO = -0.029
MAXIMUM = 115.135
MINIMUM = -102.935



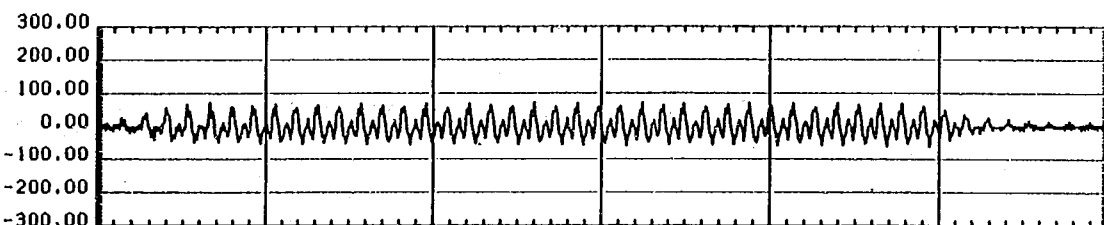
A-20 CH.20
GA
ZERO = -0.120
MAXIMUM = 89.741
MINIMUM = -110.510



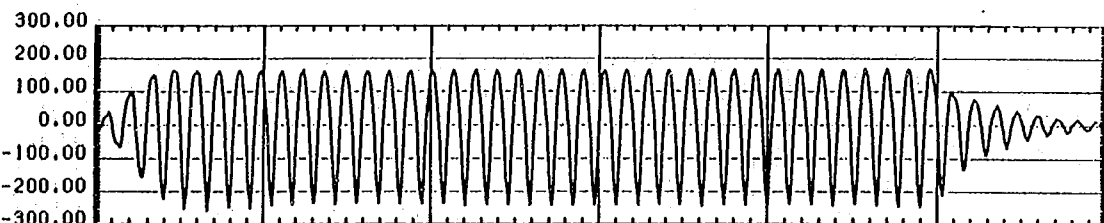
A-21 CH.21
GA
ZERO = 0.245
MAXIMUM = 150.031
MINIMUM = -100.501



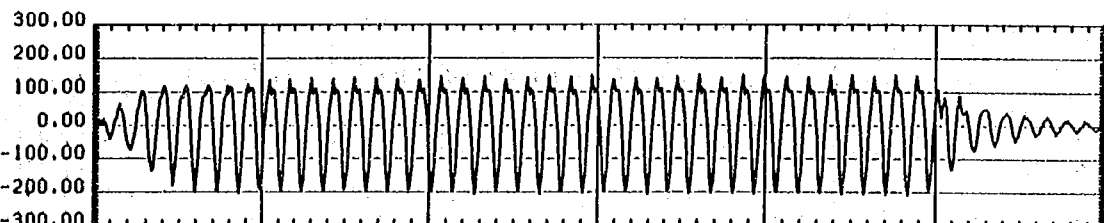
A-22 CH.22
GA
ZERO = 0.111
MAXIMUM = 72.301
MINIMUM = -59.120



A-23 CH.23
GA
ZERO = -0.170
MAXIMUM = 100.249
MINIMUM = -250.244



A-24 CH.24
GA
ZERO = -0.029
MAXIMUM = 119.014
MINIMUM = -207.032



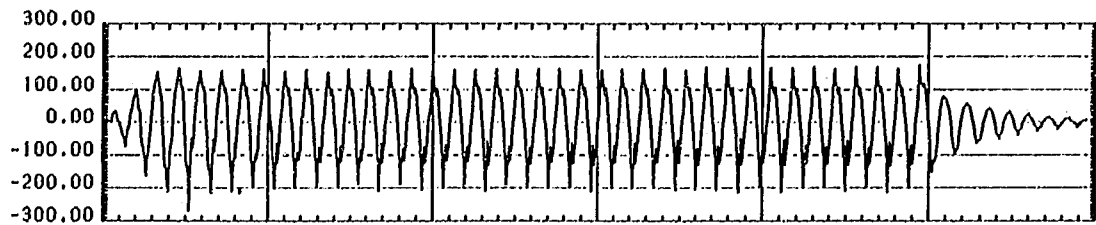
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 3-1 100GAL

A-25 CH.25
GA



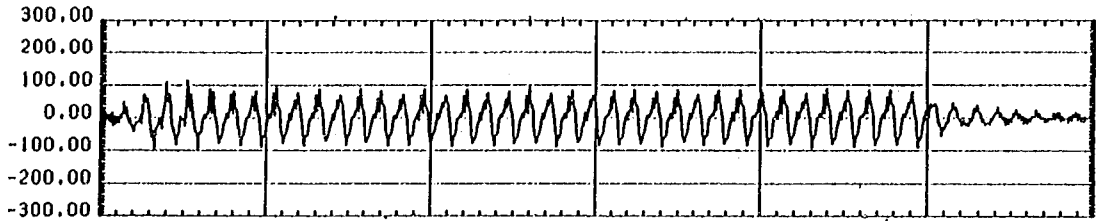
ZERO = -0.189
MAXIMUM = 172.727
MINIMUM = -267.720



A-26 CH.26
GA



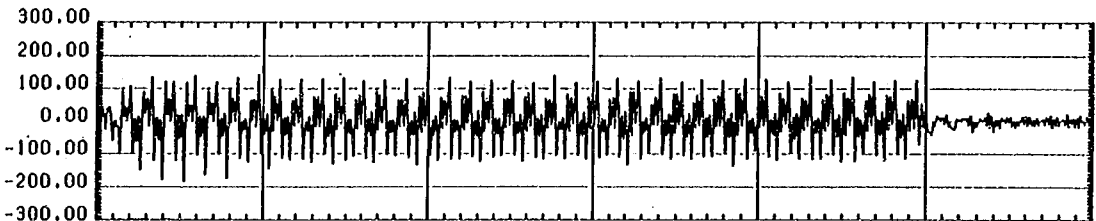
ZERO = -0.008
MAXIMUM = 119.808
MINIMUM = -92.803



A-27 CH.27
GA



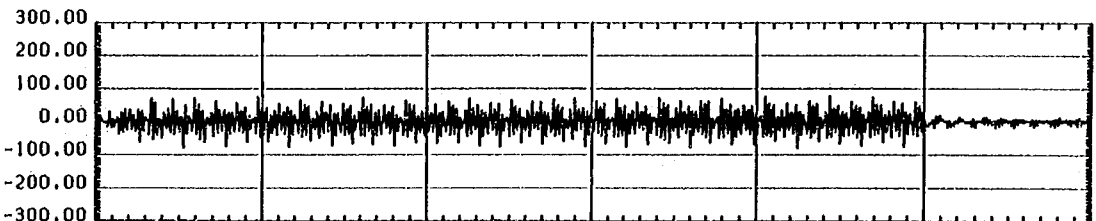
ZERO = -0.110
MAXIMUM = 140.800
MINIMUM = -181.832



A-28 CH.28
GA



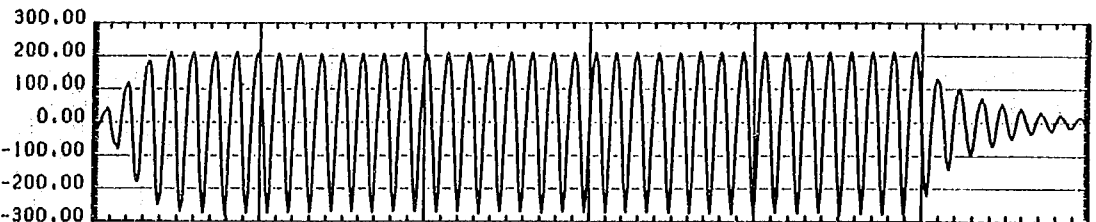
ZERO = 0.344
MAXIMUM = 77.044
MINIMUM = -77.885



A-29 CH.29
GA



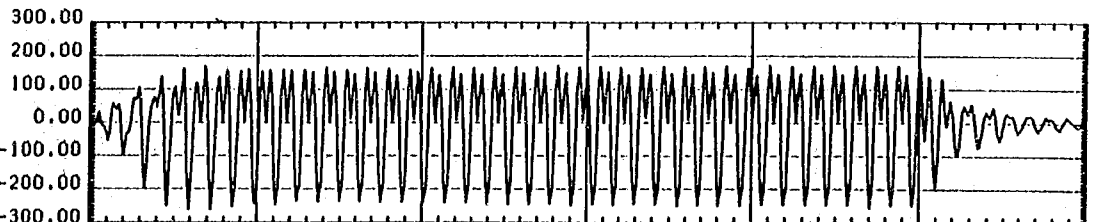
ZERO = -0.131
MAXIMUM = 210.747
MINIMUM = -278.850



A-30 CH.30
GA



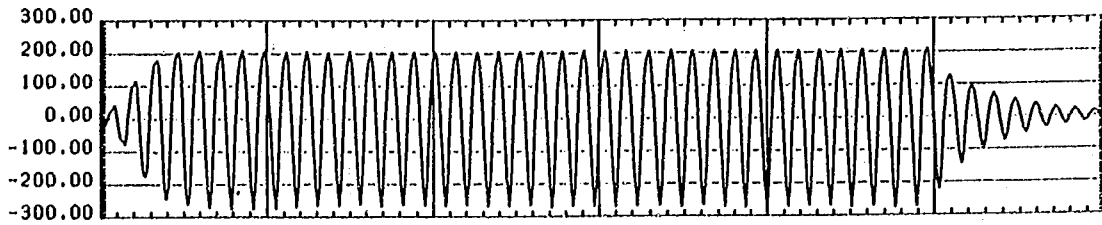
ZERO = -0.271
MAXIMUM = 188.808
MINIMUM = -258.834



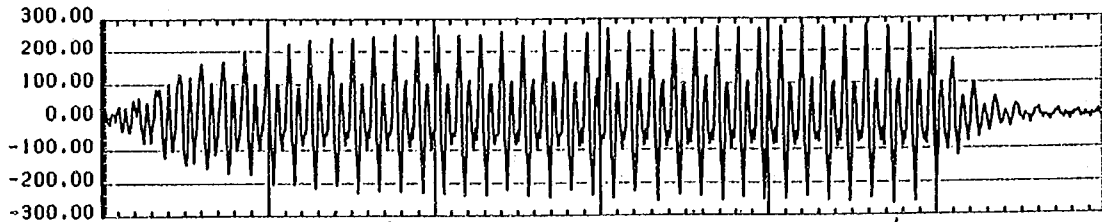
TIME (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 3-1 1000AL

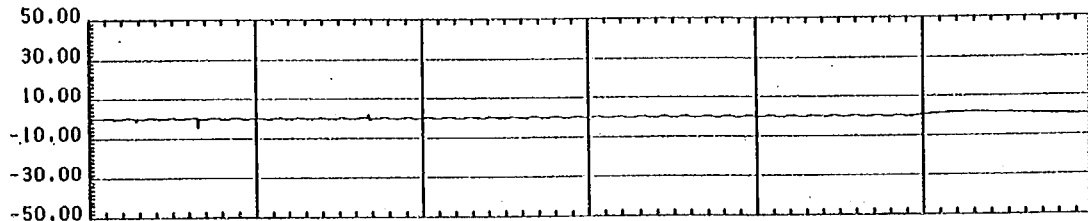
A-31 CH.31
GA
ZERO = 0.004
MAXIMUM = 209.604
MINIMUM = -276.322



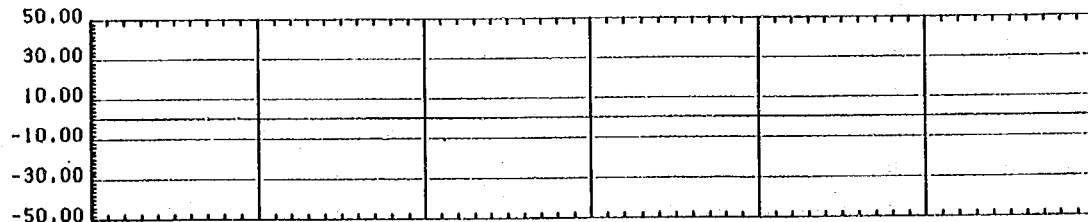
A-32 CH.32
GA
ZERO = -0.351
MAXIMUM = 281.384
MINIMUM = -282.572



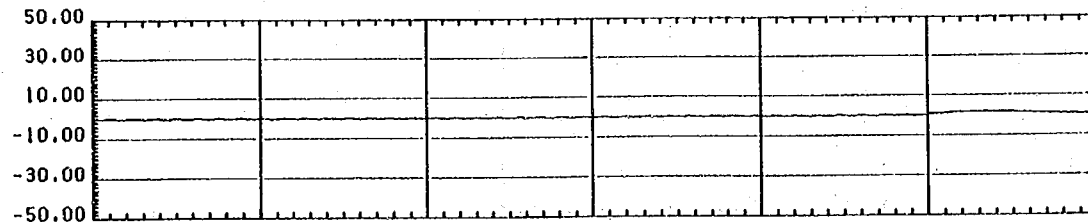
D-1 CH.33
H
ZERO = -0.032
MAXIMUM = 1.781
MINIMUM = -3.884



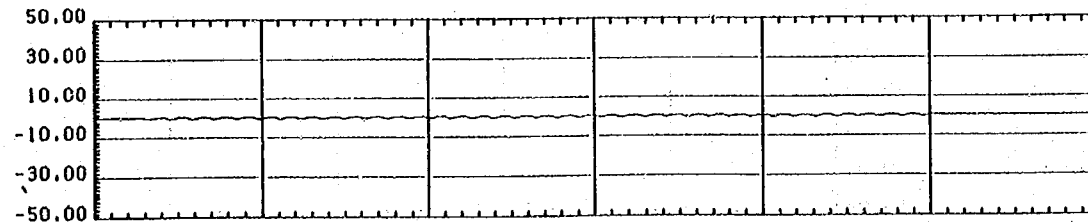
D-2 CH.34
H
ZERO = 0.007
MAXIMUM = 0.088
MINIMUM = -0.088



D-3 CH.35
H
ZERO = 0.003
MAXIMUM = 1.982
MINIMUM = -0.180

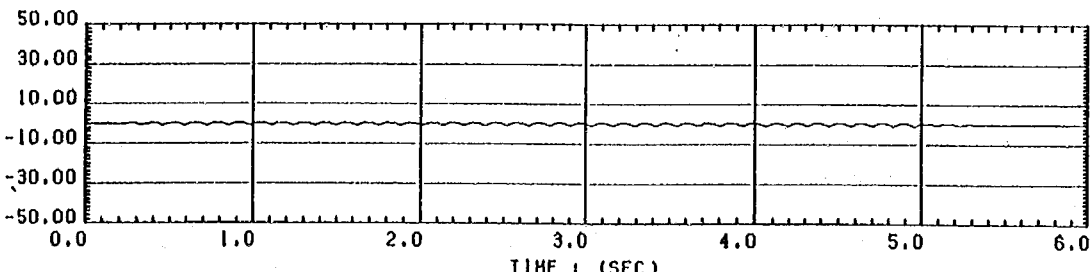
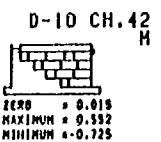
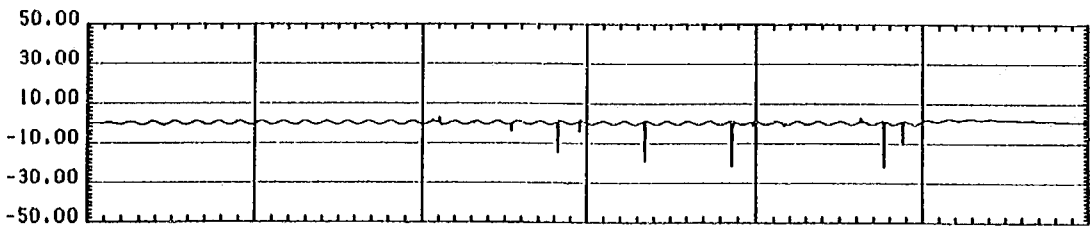
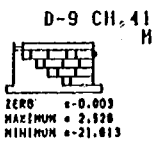
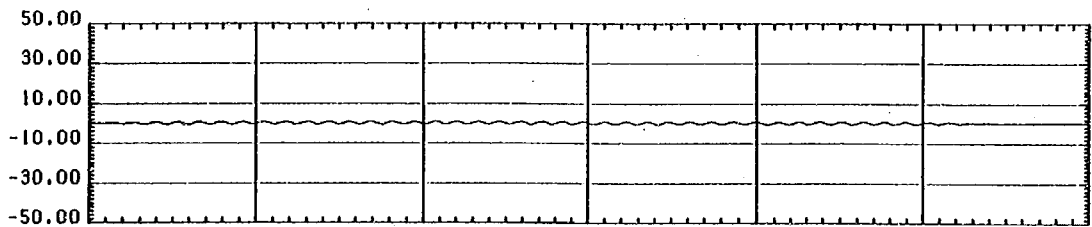
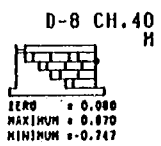
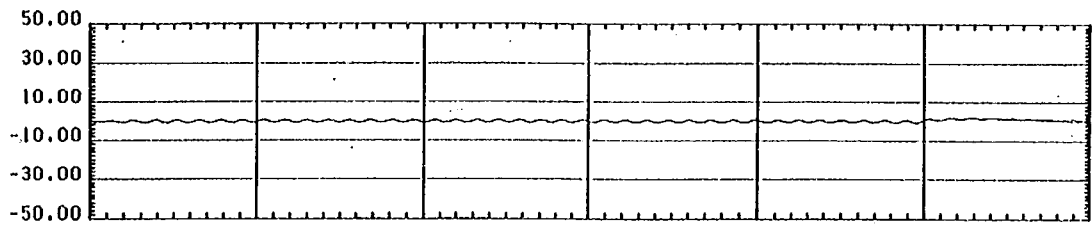
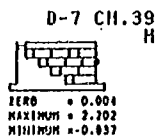
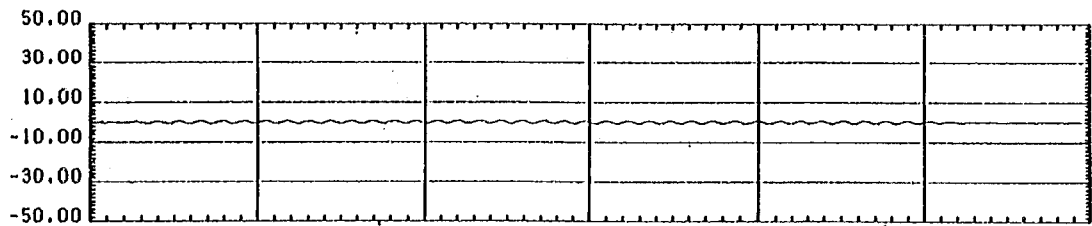
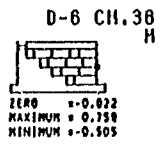
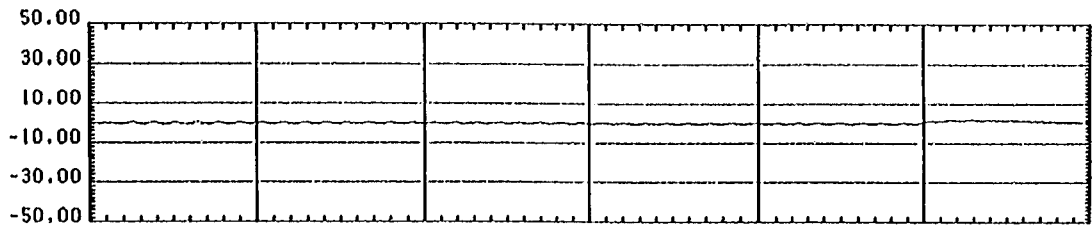
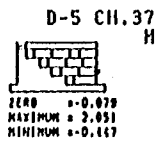


D-4 CH.36
H
ZERO = 0.212
MAXIMUM = 0.360
MINIMUM = -0.514

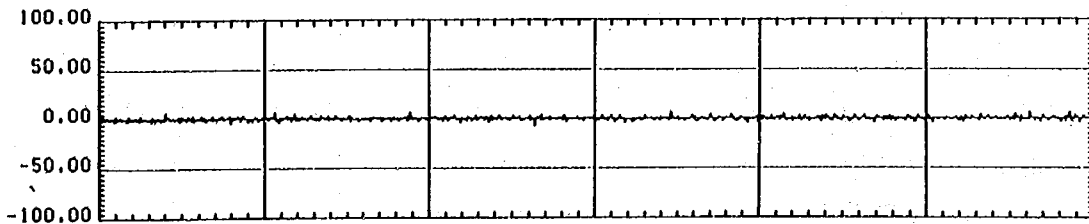
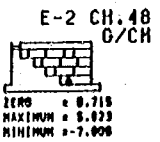
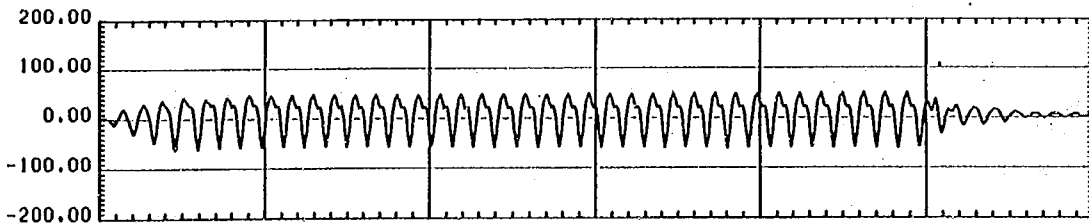
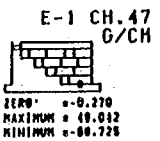
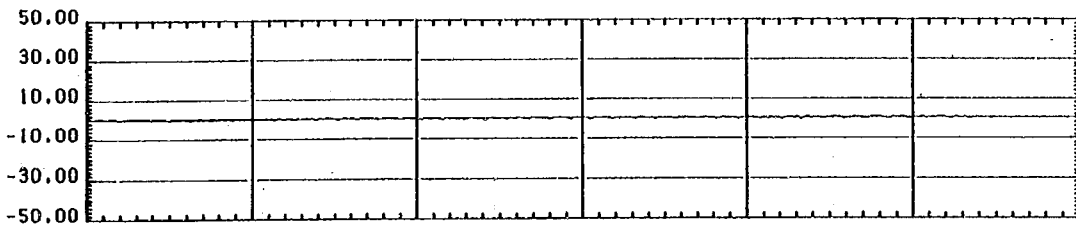
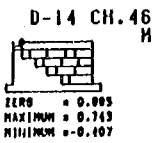
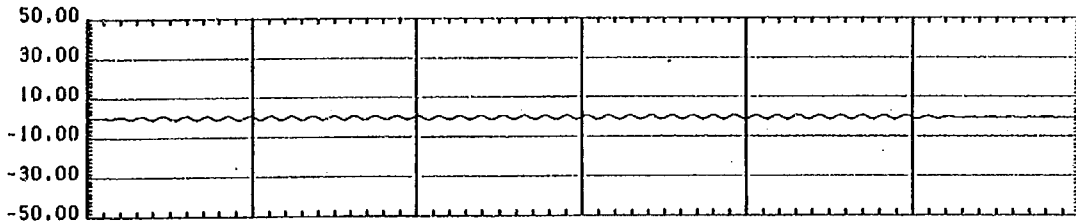
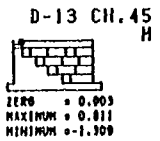
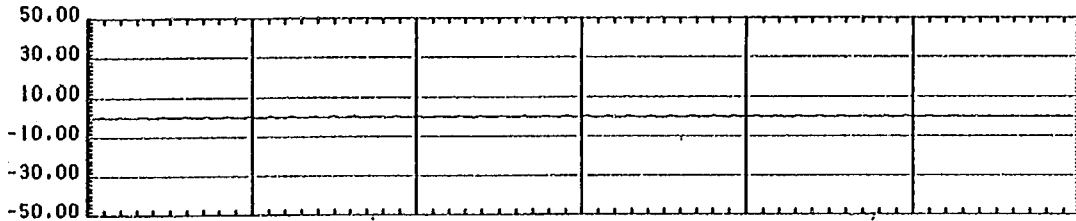
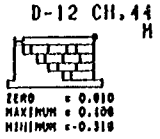
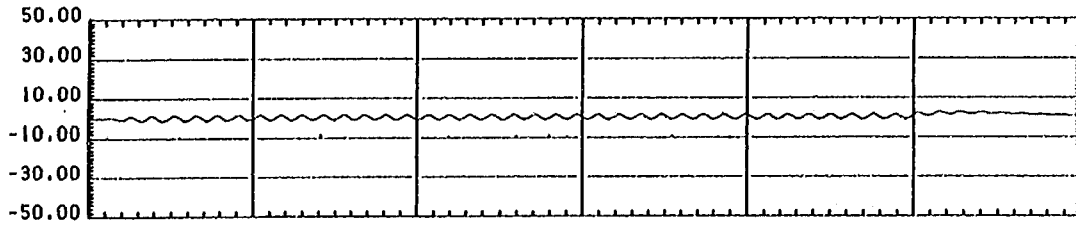
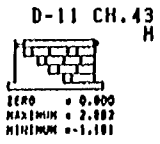


TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 3-1 100CAL



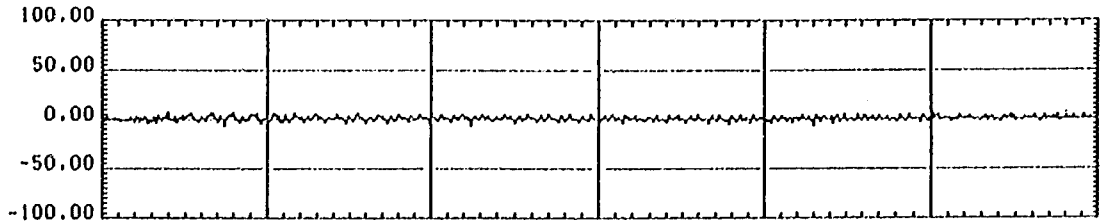
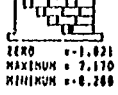
EPS EMBANKMENT CASE 3-1 100GAL



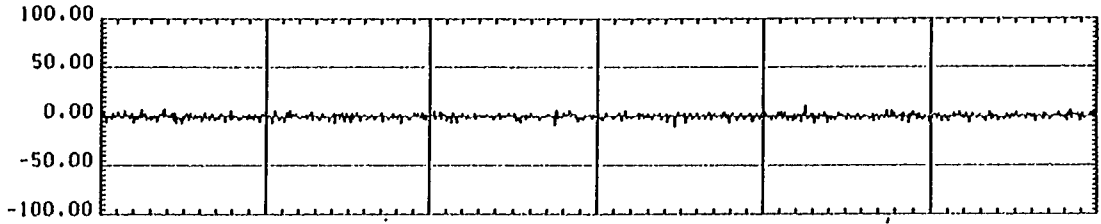
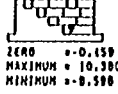
TIME (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 3-1 100GAL

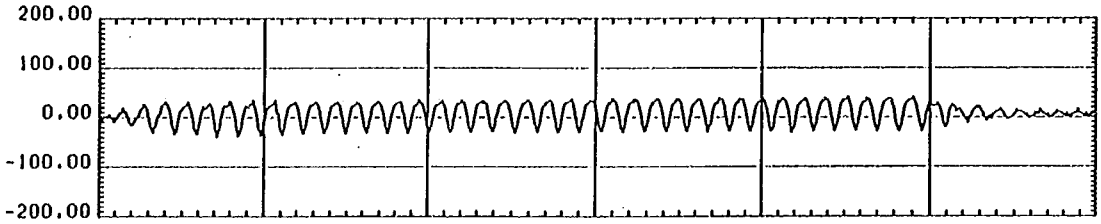
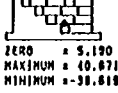
E-3 CH.49
G/CH



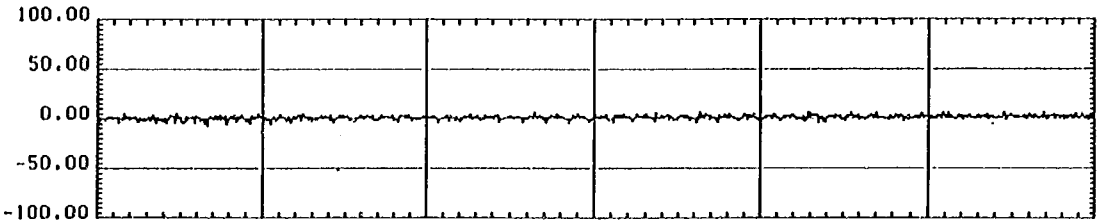
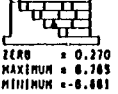
E-4 CH.50
G/CH



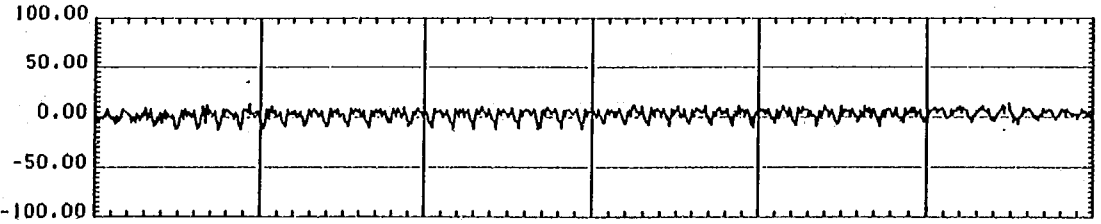
E-5 CH.51
G/CH



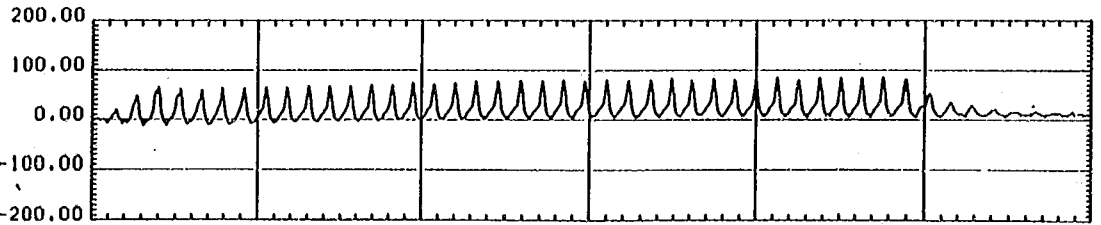
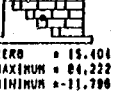
E-6 CH.52
G/CH



E-7 CH.53
G/CH



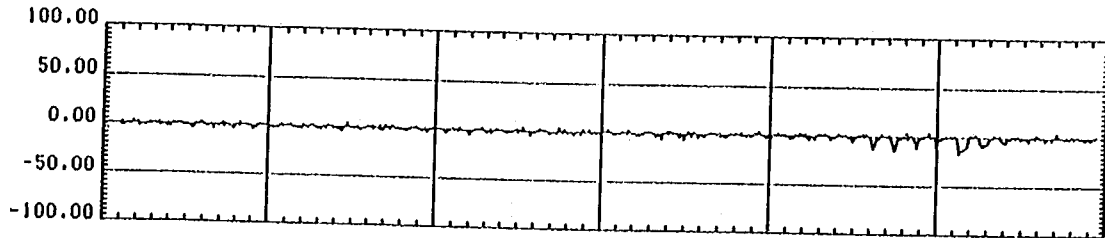
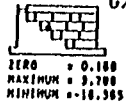
E-8 CH.54
G/CH



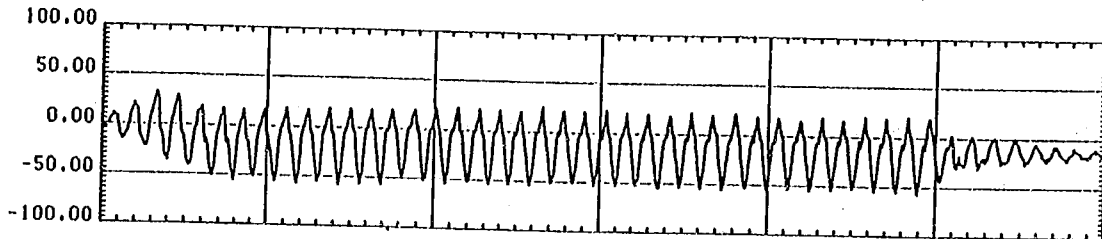
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 3-1 100GAL

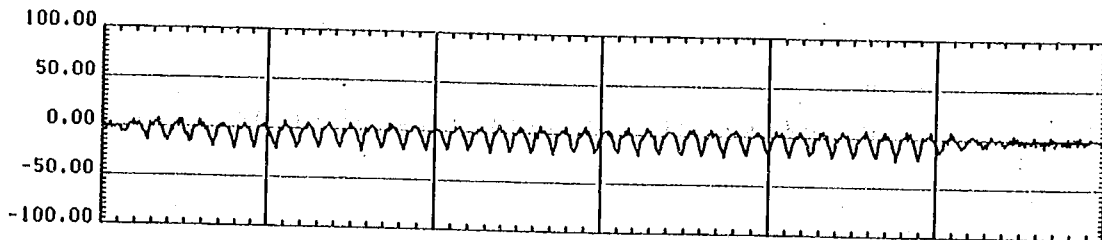
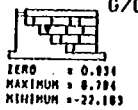
E-9 CH.55
G/CH



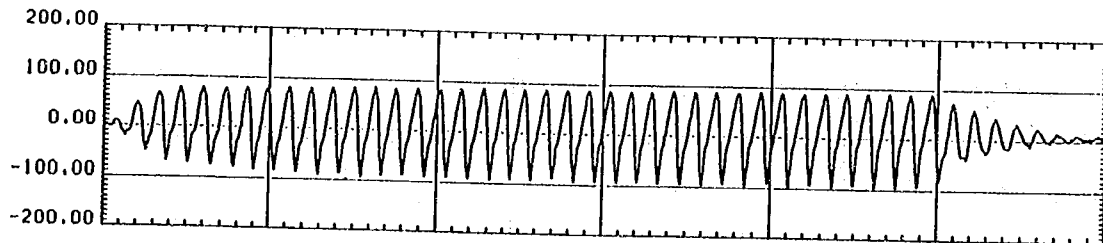
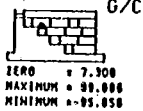
E-10 CH.56
G/CH



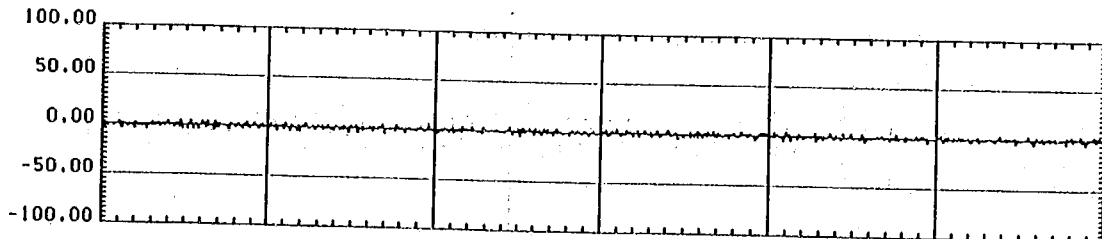
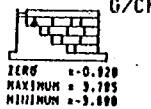
E-11 CH.57
G/CH



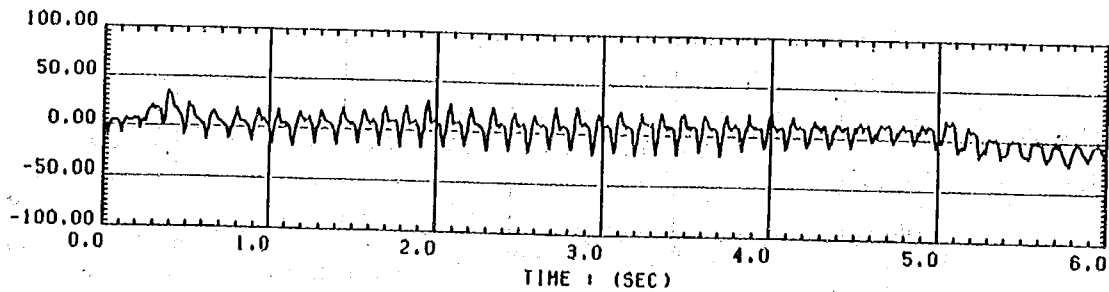
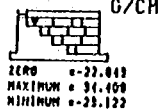
E-12 CH.58
G/CH



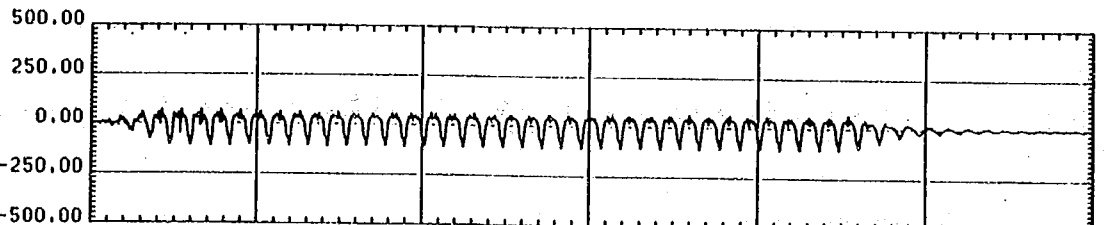
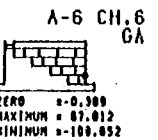
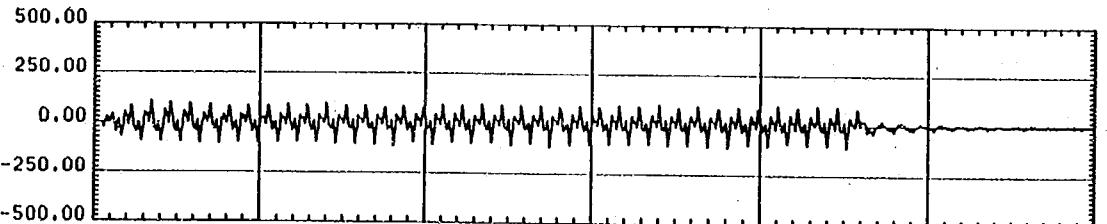
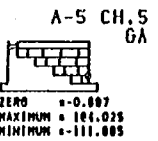
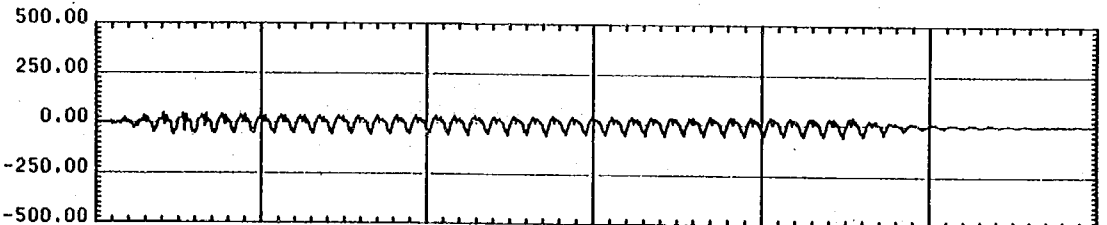
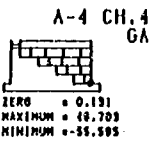
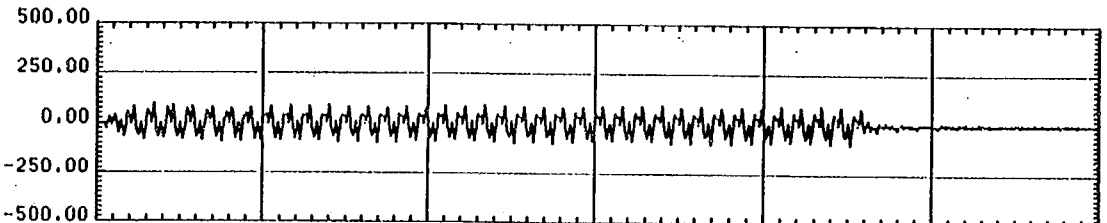
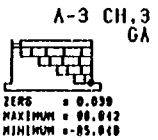
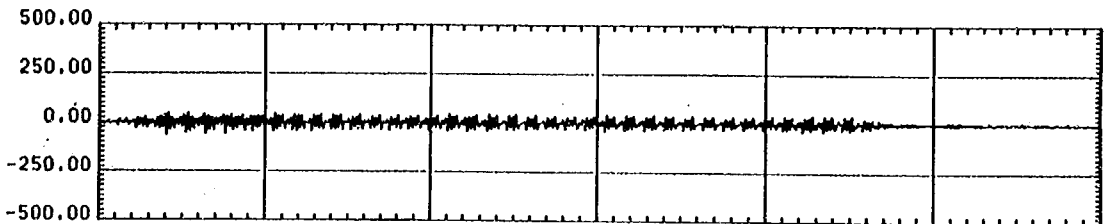
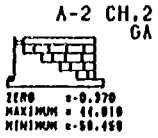
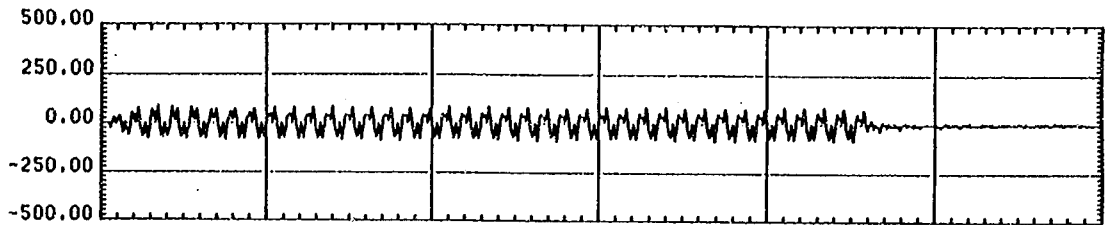
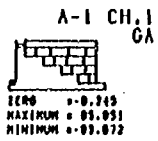
E-13 CH.59
G/CH



E-14 CH.60
G/CH



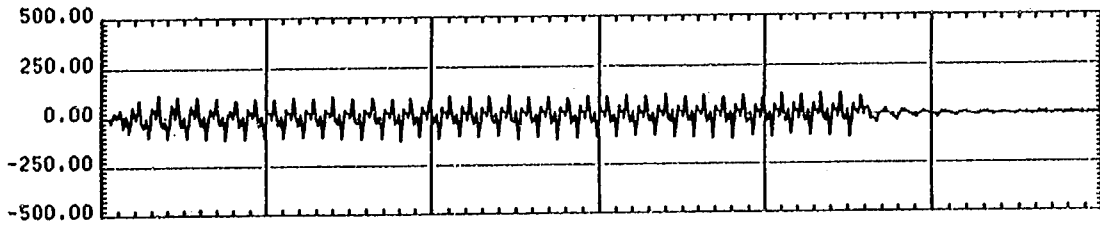
EPS EMBANKMENT CASE 4-1 100GAL



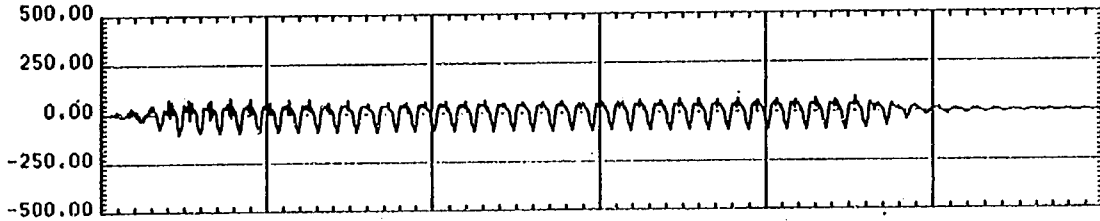
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 4-1 100GAL

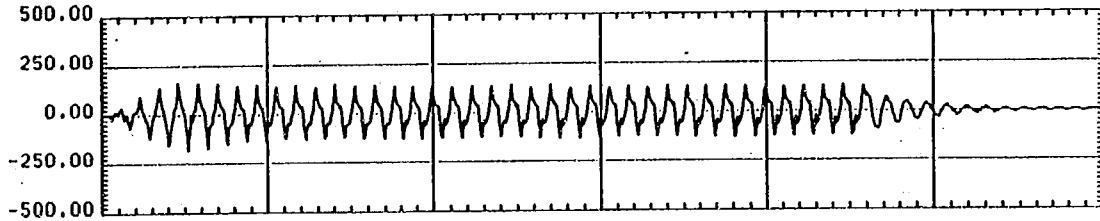
A-7 CH.7
GA
ZERO = 0.279
MAXIMUM = 115.192
MINIMUM = -120.798



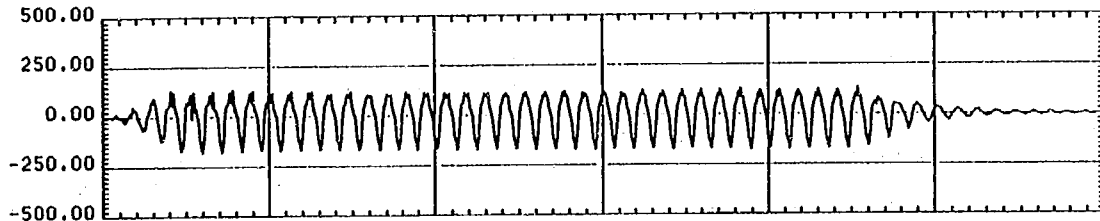
A-8 CH.8
GA
ZERO = 0.184
MAXIMUM = 77.318
MINIMUM = -85.481



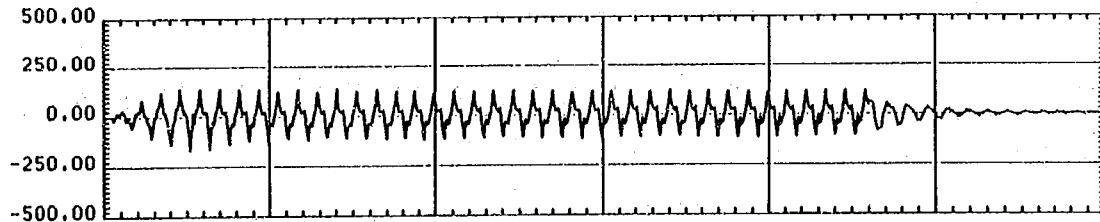
A-9 CH.9
GA
ZERO = -0.281
MAXIMUM = 180.178
MINIMUM = -177.578



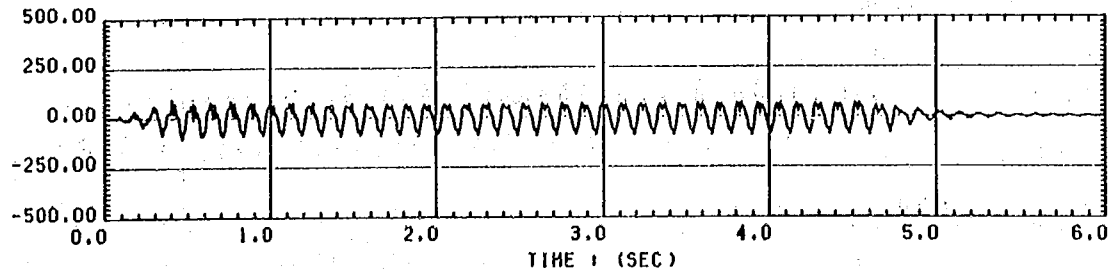
A-10 CH.10
GA
ZERO = 0.064
MAXIMUM = 190.438
MINIMUM = -173.452



A-11 CH.11
GA
ZERO = -0.853
MAXIMUM = 155.827
MINIMUM = -181.808

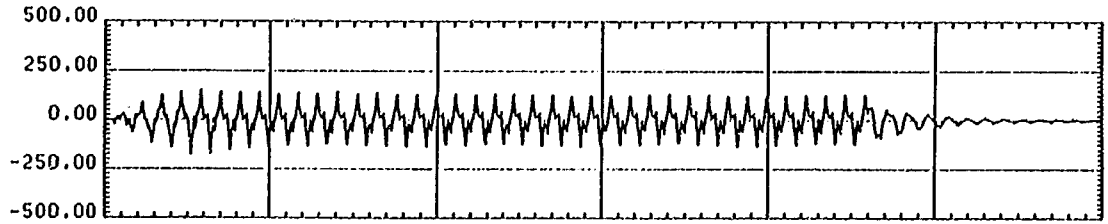


A-12 CH.12
GA
ZERO = -0.638
MAXIMUM = 88.987
MINIMUM = -181.878



EPS EMBANKMENT CASE 4-1 100GAL

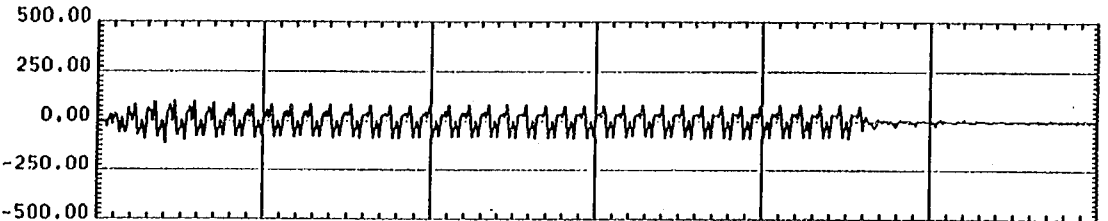
A-13 CH.13
GA
ZERO = -0.008
MAXIMUM = 149.771
MINIMUM = -171.715



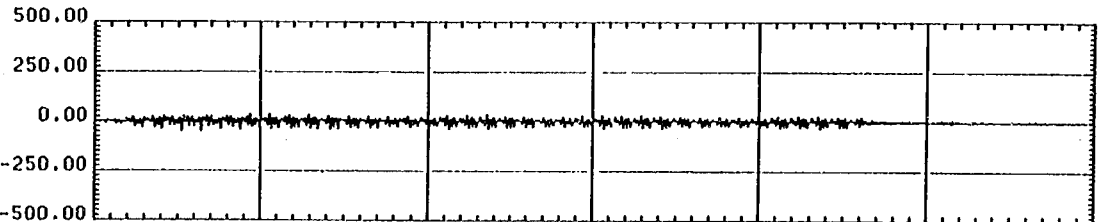
A-14 CH.14
GA
ZERO = -0.283
MAXIMUM = 100.070
MINIMUM = -83.177



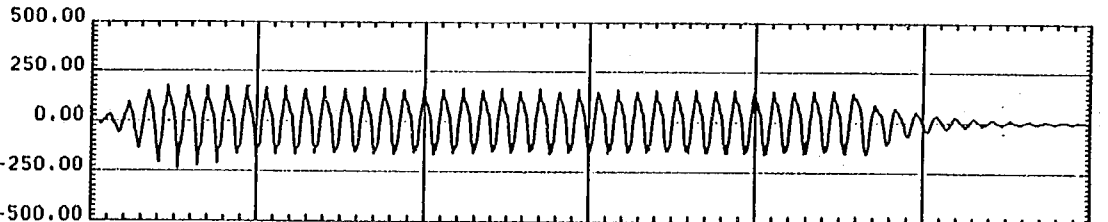
A-15 CH.15
GA
ZERO = -0.004
MAXIMUM = 97.522
MINIMUM = -109.739



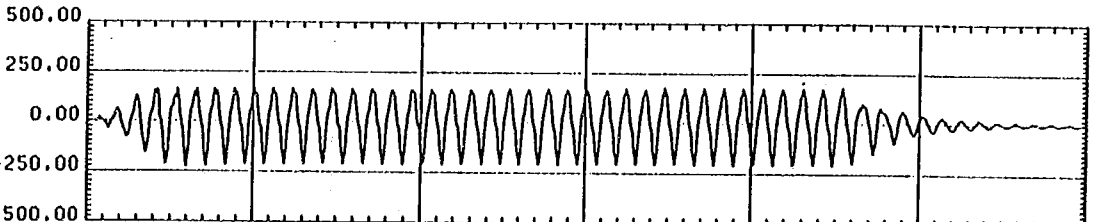
A-16 CH.16
GA
ZERO = 0.092
MAXIMUM = 30.445
MINIMUM = -43.275



A-17 CH.17
GA
ZERO = 0.000
MAXIMUM = 172.179
MINIMUM = -230.192



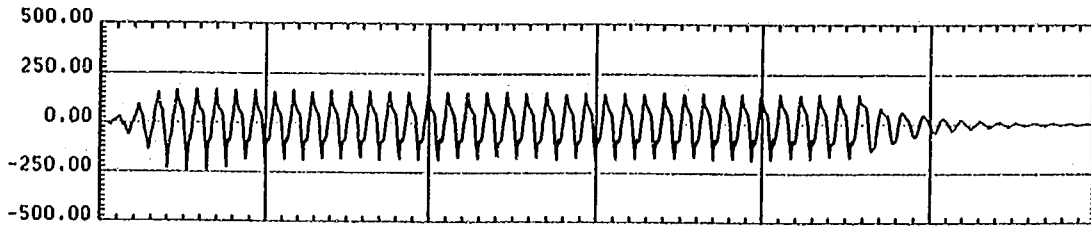
A-18 CH.18
GA
ZERO = -0.001
MAXIMUM = 180.225
MINIMUM = -271.145



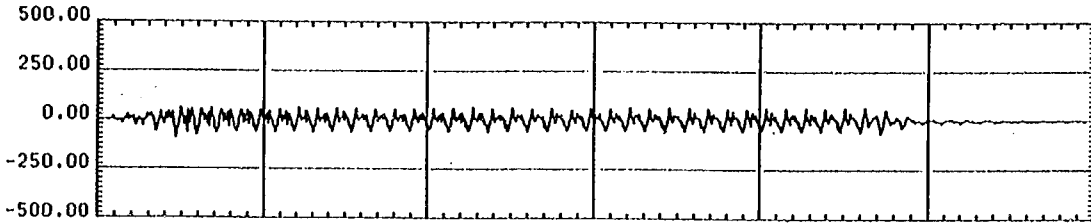
TIME (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 4-1 100GAL

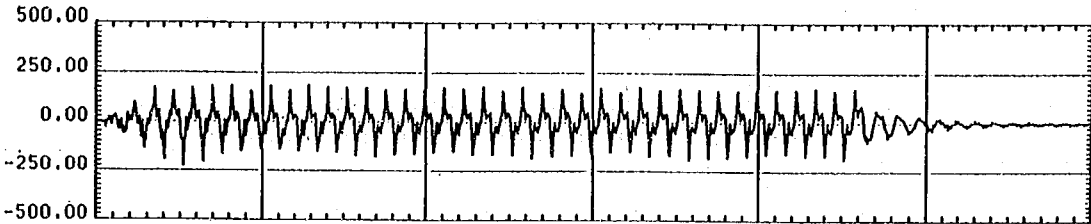
A-19 CH.19
GA
ZERO = -0.005
MAXIMUM = 100.148
MINIMUM = -212.179



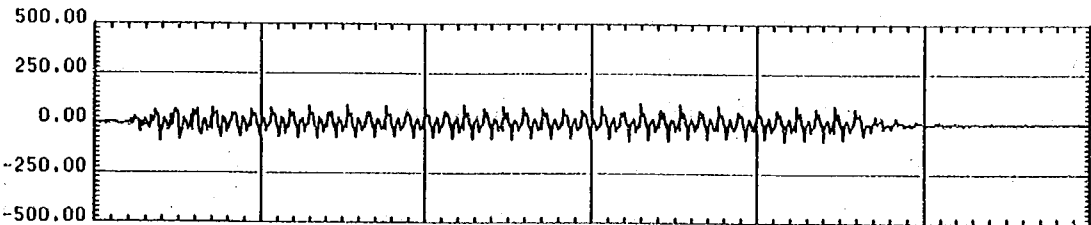
A-20 CH.20
GA
ZERO = -0.071
MAXIMUM = 84.257
MINIMUM = -88.274



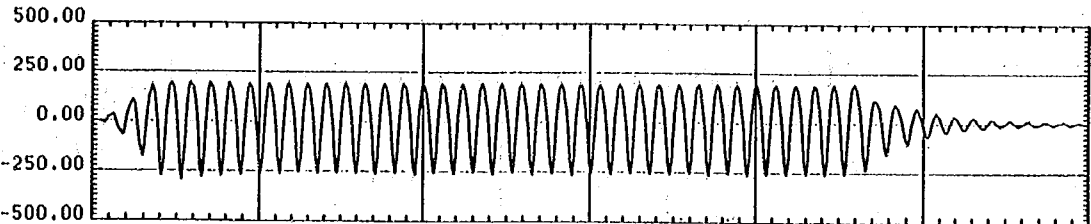
A-21 CH.21
GA
ZERO = -0.014
MAXIMUM = 100.829
MINIMUM = -223.299



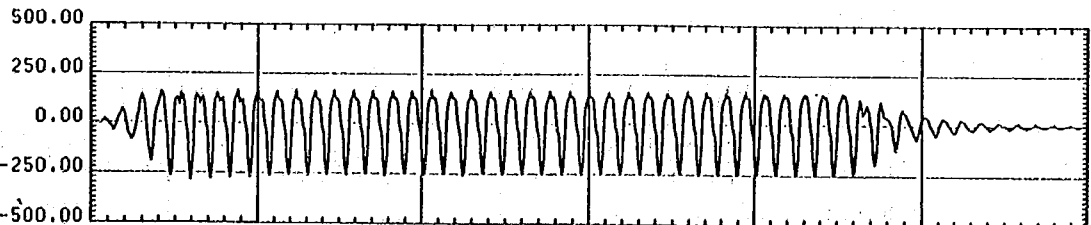
A-22 CH.22
GA
ZERO = -0.055
MAXIMUM = 89.739
MINIMUM = -89.893



A-23 CH.23
GA
ZERO = -0.053
MAXIMUM = 193.200
MINIMUM = -268.399

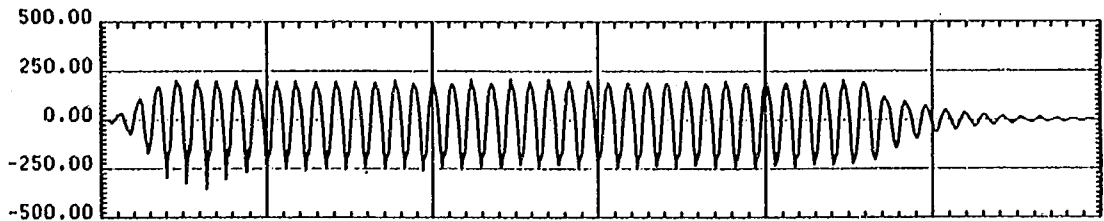


A-24 CH.24
GA
ZERO = 0.105
MAXIMUM = 185.500
MINIMUM = -201.660

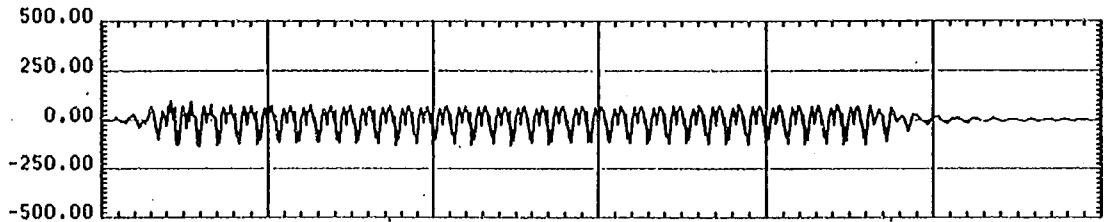


EPS EMBANKMENT CASE 4-1 100GAL

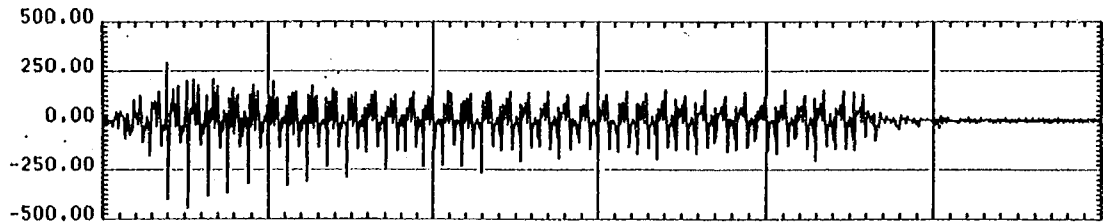
A-25 CH.25
GA
ZERO = 0.055
MAXIMUM = 207.404
MINIMUM = -331.491



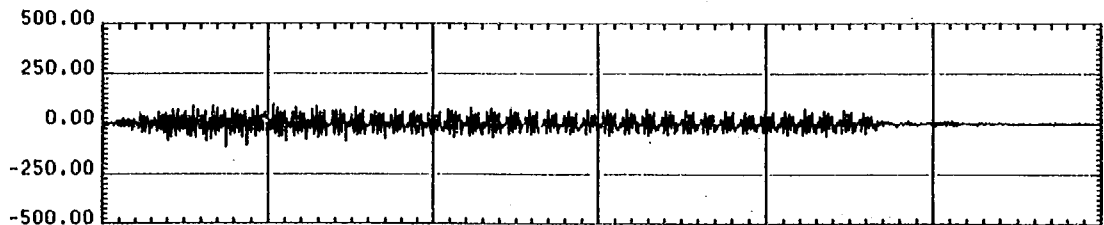
A-26 CH.26
GA
ZERO = 0.033
MAXIMUM = 99.000
MINIMUM = -134.247



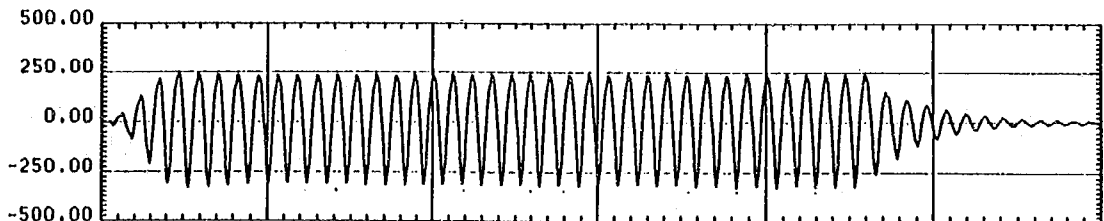
A-27 CH.27
GA
ZERO = 0.112
MAXIMUM = 209.774
MINIMUM = -423.104



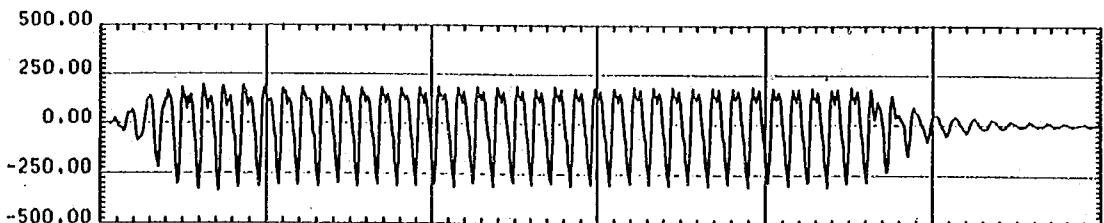
A-28 CH.28
GA
ZERO = 0.007
MAXIMUM = 94.295
MINIMUM = -113.309



A-29 CH.29
GA
ZERO = 0.009
MAXIMUM = 213.258
MINIMUM = -320.002



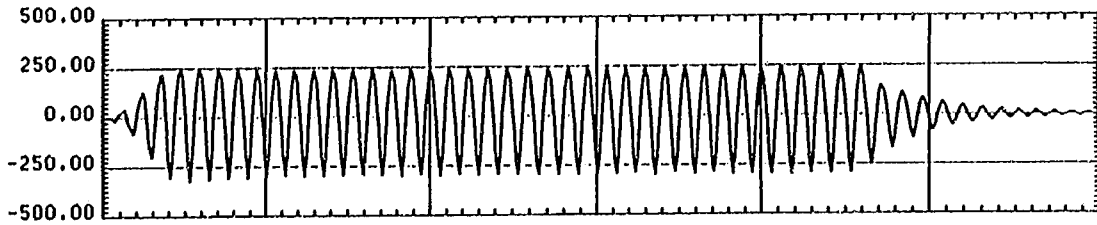
A-30 CH.30
GA
ZERO = 0.004
MAXIMUM = 192.100
MINIMUM = -332.378



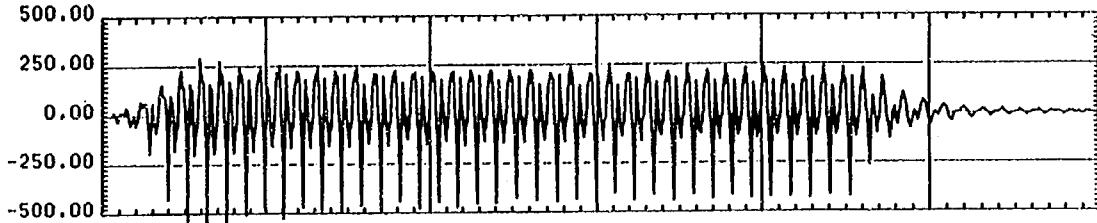
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 4-1 100GAL

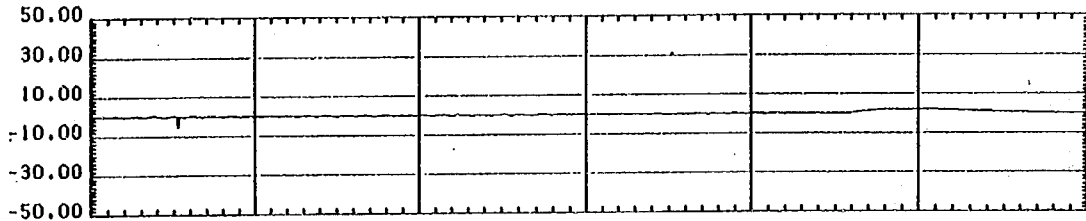
A-31 CH.31
GA
ZERO = 0.215
MAXIMUM = 241.982
MINIMUM = -326.799



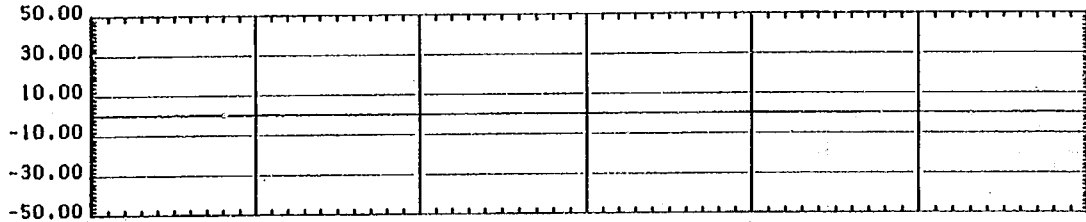
A-32 CH.32
GA
ZERO = -0.022
MAXIMUM = 288.812
MINIMUM = -559.859



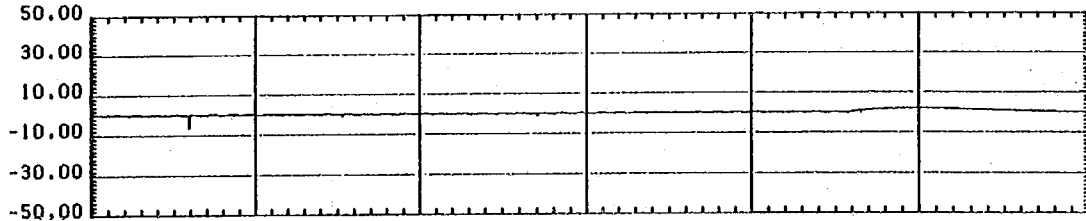
D-1 CH.33
H
ZERO = 0.001
MAXIMUM = 1.852
MINIMUM = -5.919



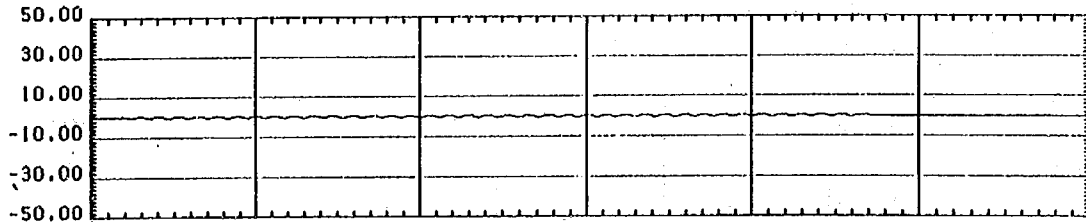
D-2 CH.34
H
ZERO = 0.008
MAXIMUM = 0.886
MINIMUM = -0.995



D-3 CH.35
H
ZERO = 0.105
MAXIMUM = 2.013
MINIMUM = -8.207

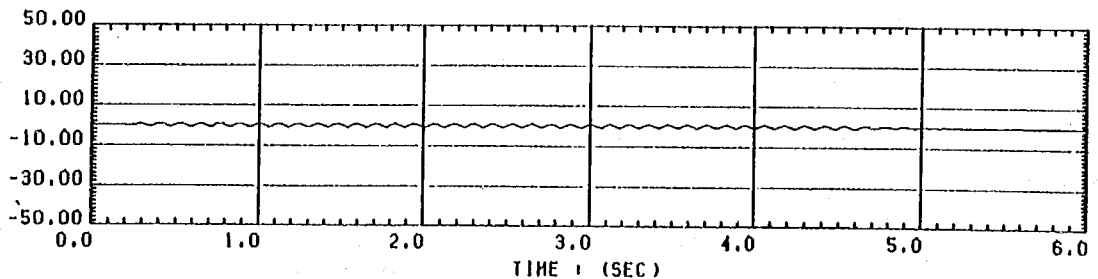
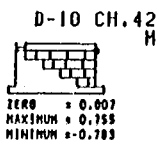
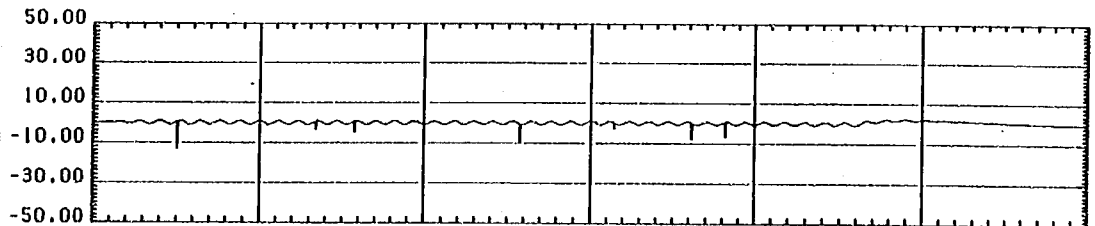
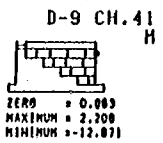
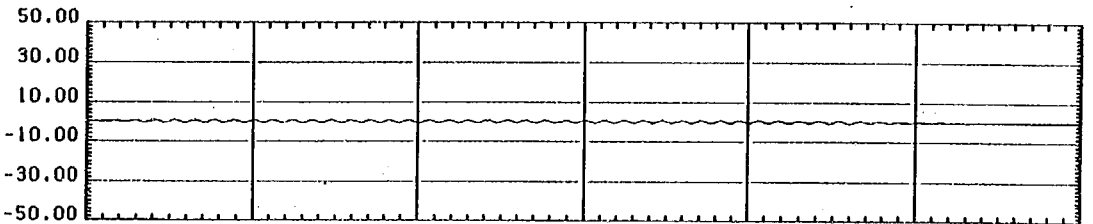
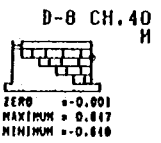
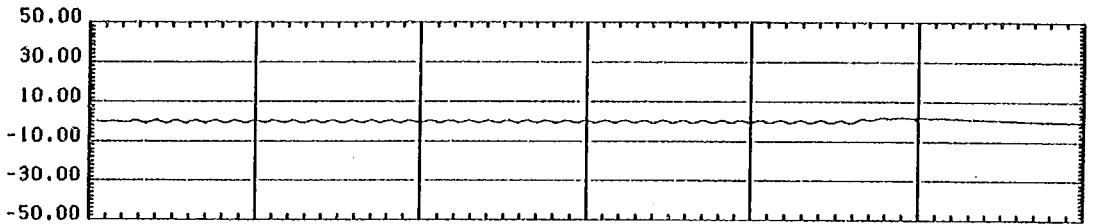
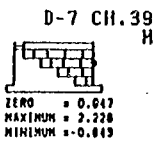
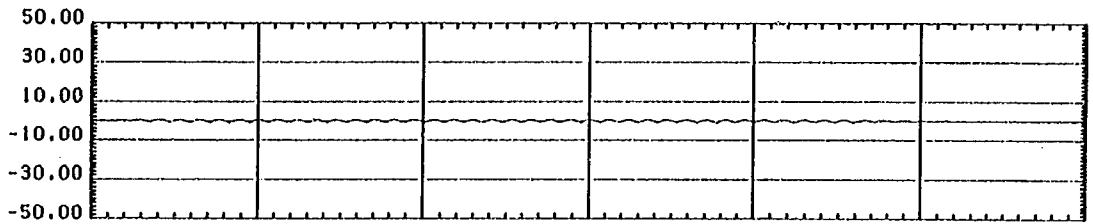
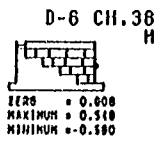
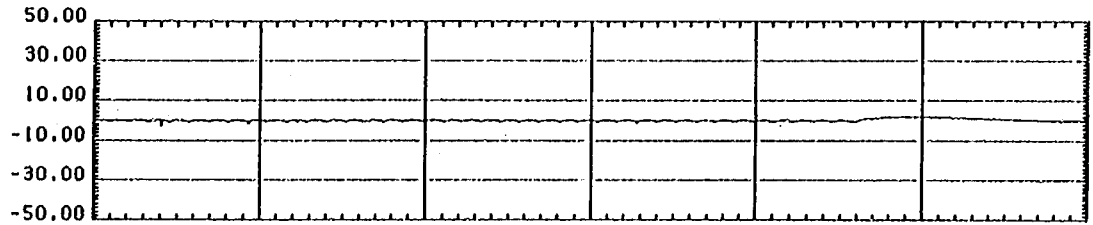
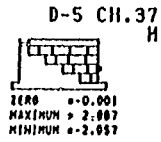


D-4 CH.36
H
ZERO = -0.028
MAXIMUM = 0.106
MINIMUM = -0.561

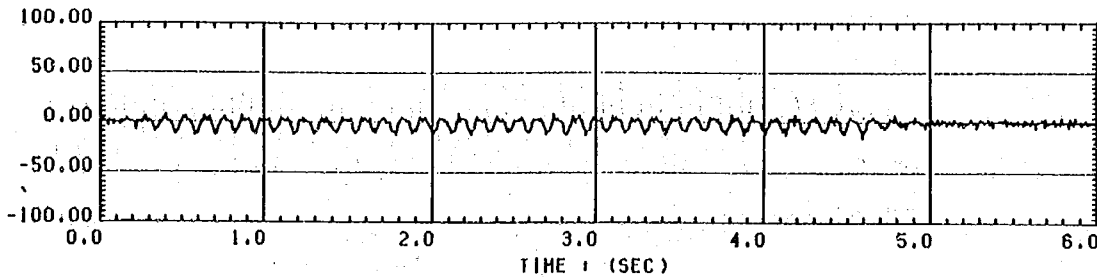
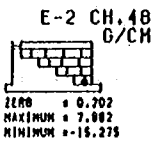
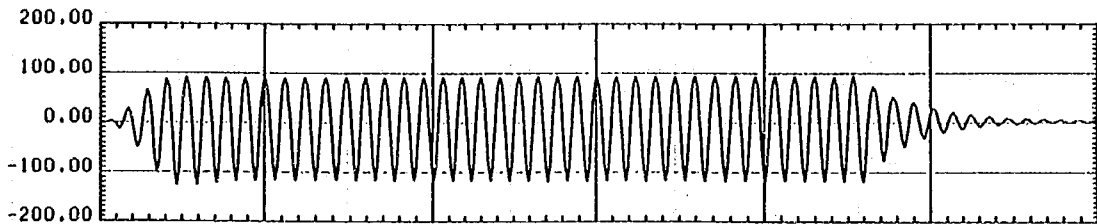
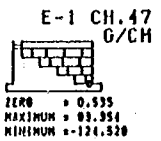
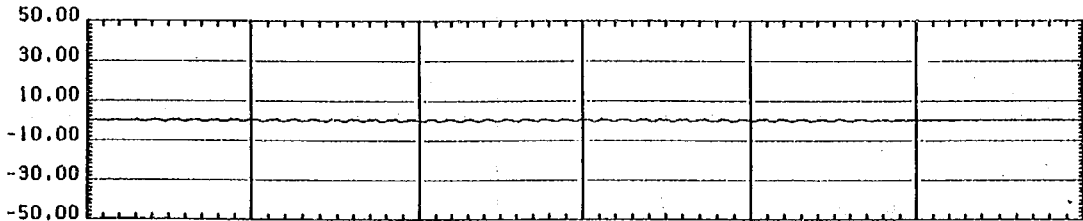
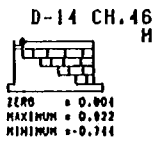
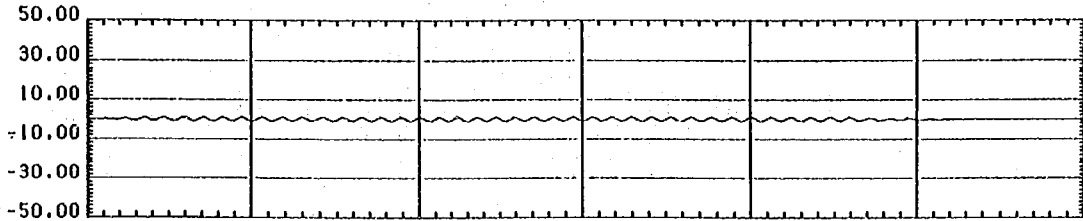
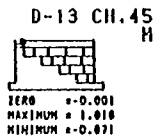
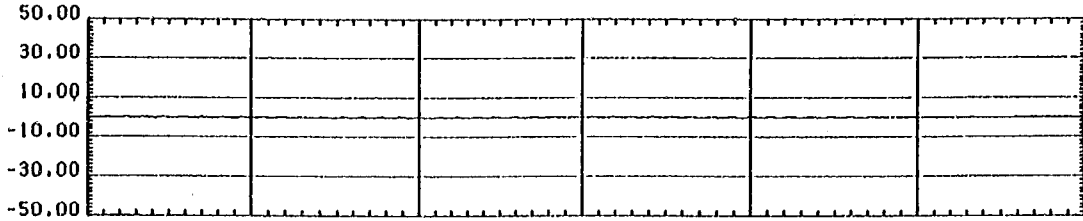
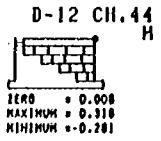
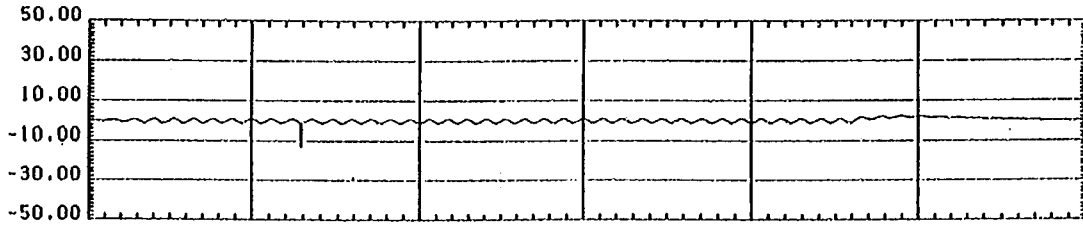
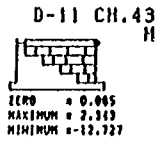


TIME : (SEC)

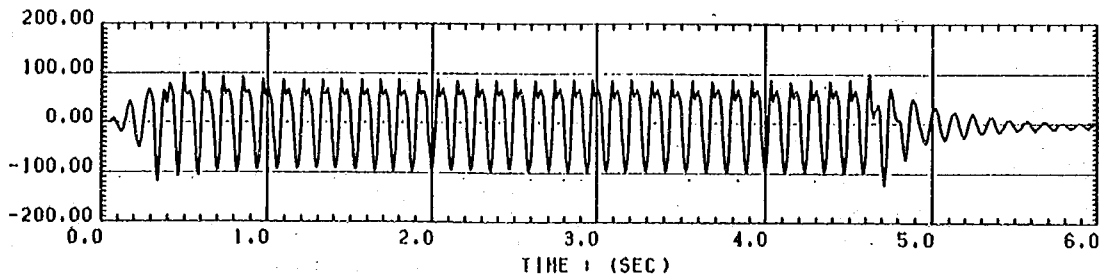
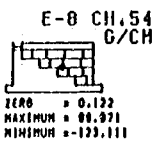
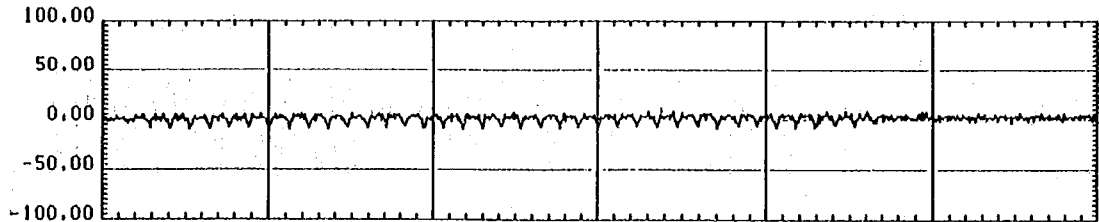
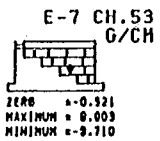
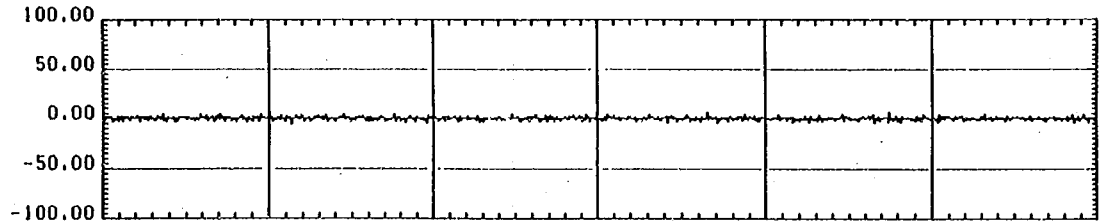
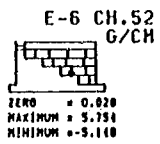
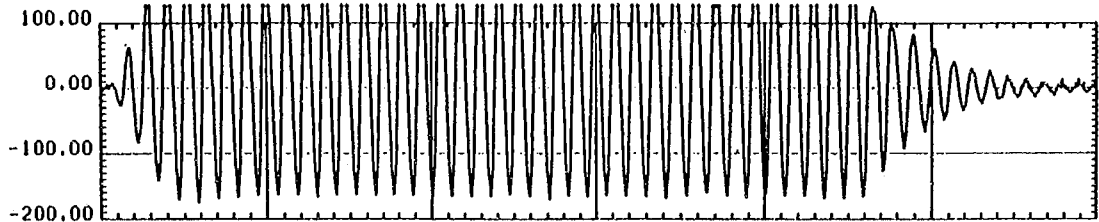
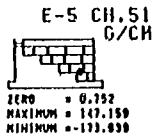
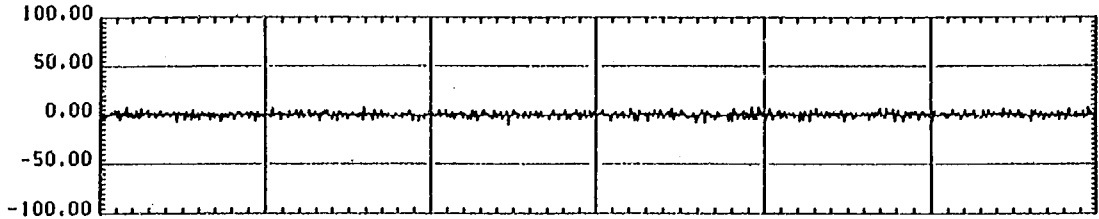
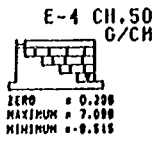
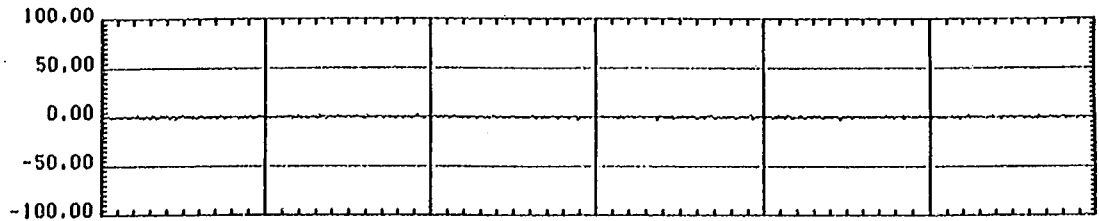
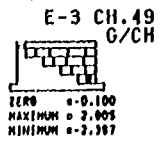
EPS EMBANKMENT CASE 4-1 100GAL



EPS EMBANKMENT CASE 4-1 100GAL



EPS EMBANKMENT CASE 4-1 100GAL

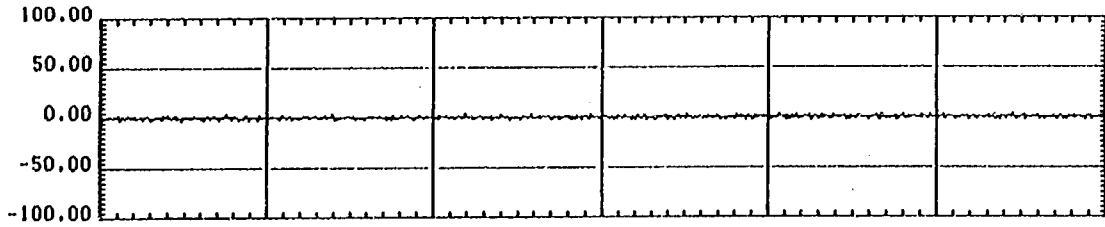


EPS EMBANKMENT CASE 4-1 100GAL

E-9 CH.55
G/CH



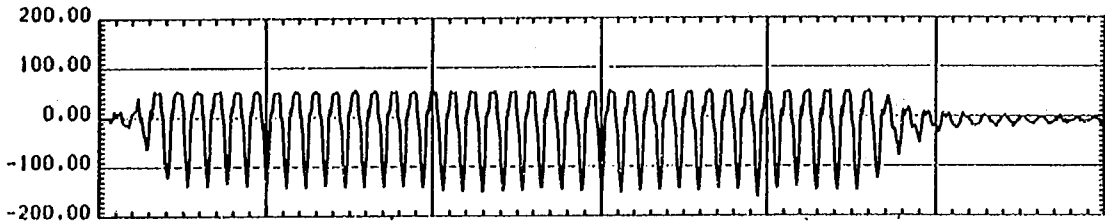
ZERO = 0.000
MAXIMUM = 9.707
MINIMUM = -2.053



E-10 CH.58
G/CH



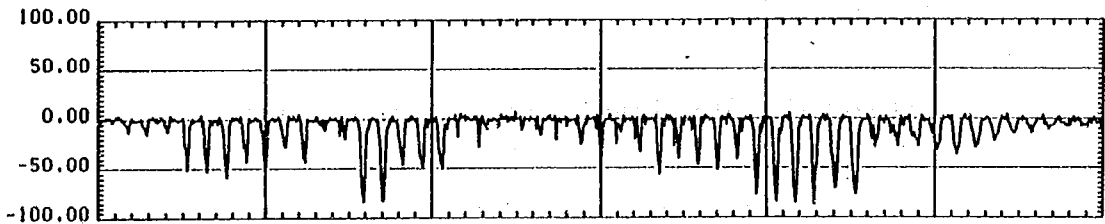
ZERO = -2.910
MAXIMUM = 53.353
MINIMUM = -100.907



E-11 CH.57
G/CH



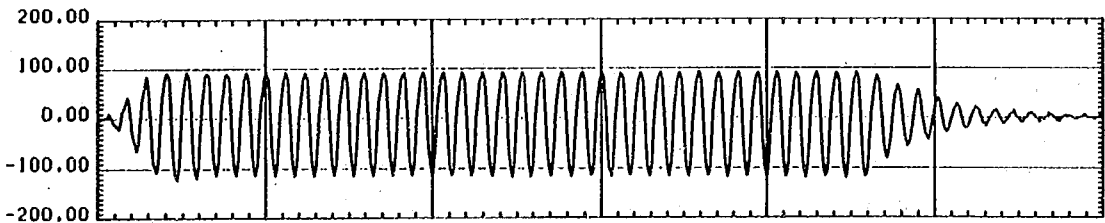
ZERO = 2.074
MAXIMUM = 0.001
MINIMUM = -66.056



E-12 CH.58
G/CH



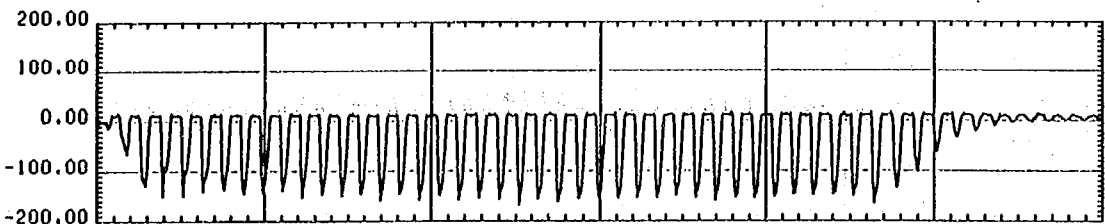
ZERO = -0.310
MAXIMUM = 91.401
MINIMUM = -121.021



E-13 CH.59
G/CH



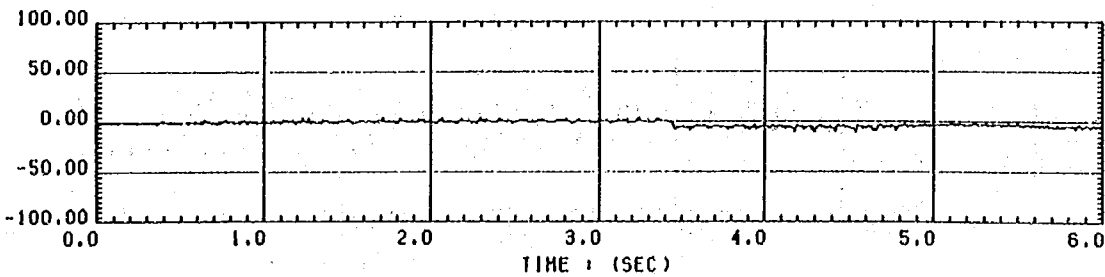
ZERO = 1.131
MAXIMUM = 16.001
MINIMUM = -100.950



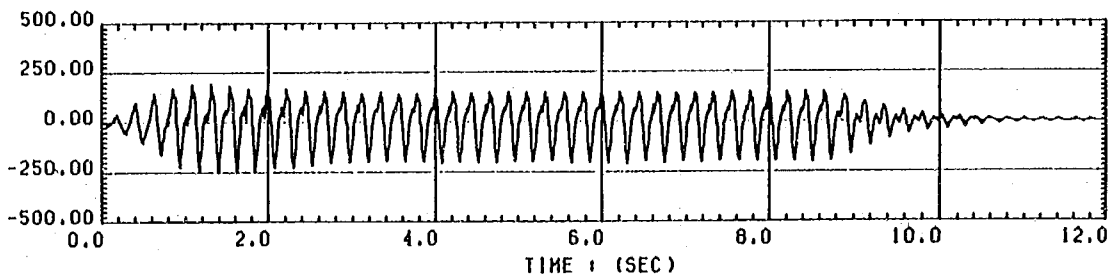
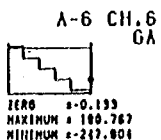
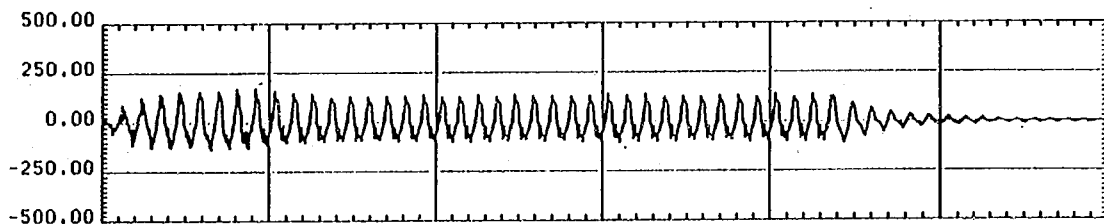
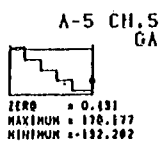
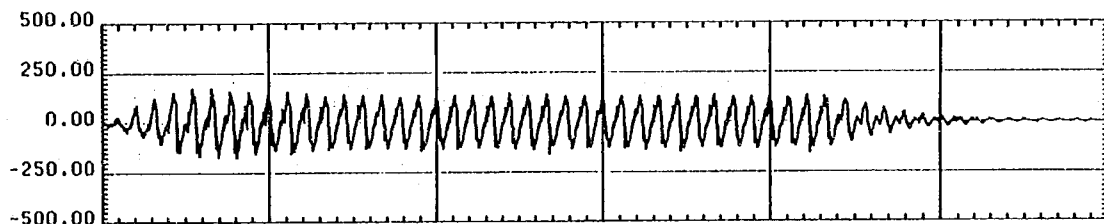
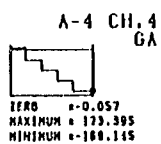
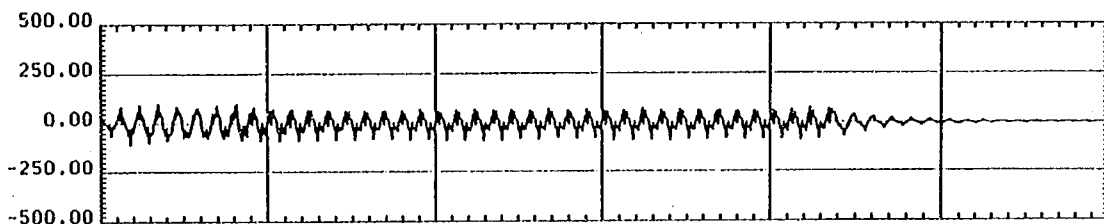
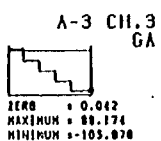
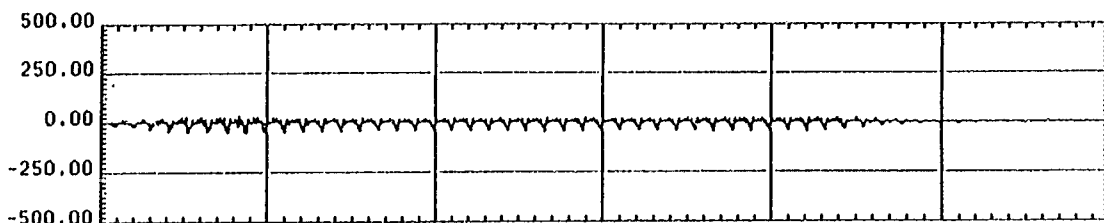
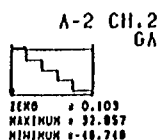
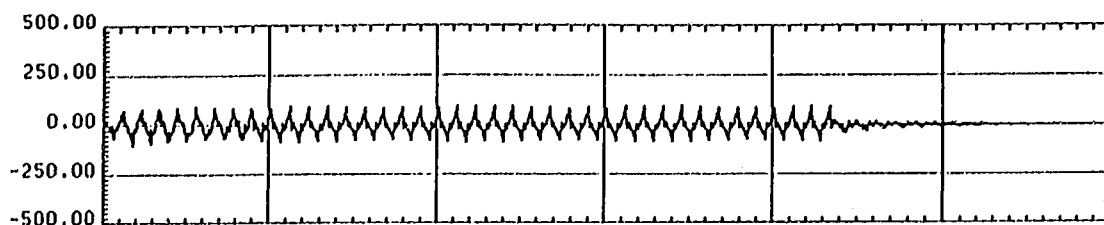
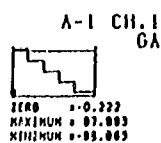
E-14 CH.60
G/CH



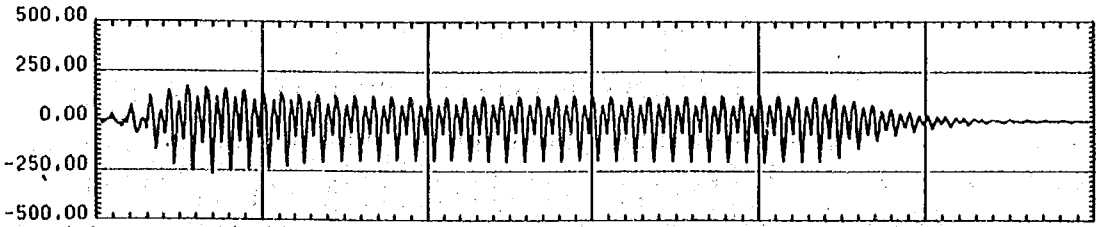
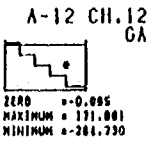
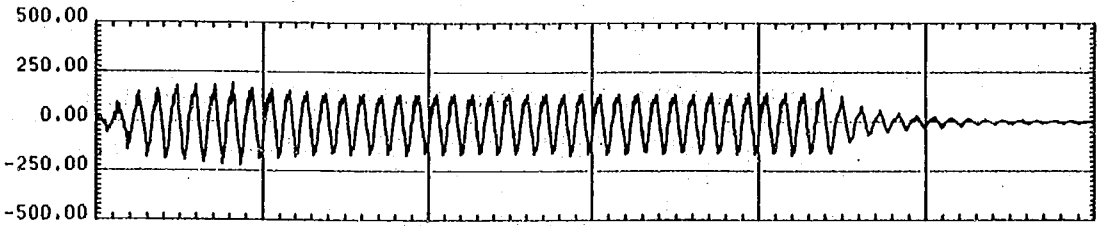
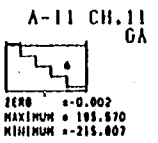
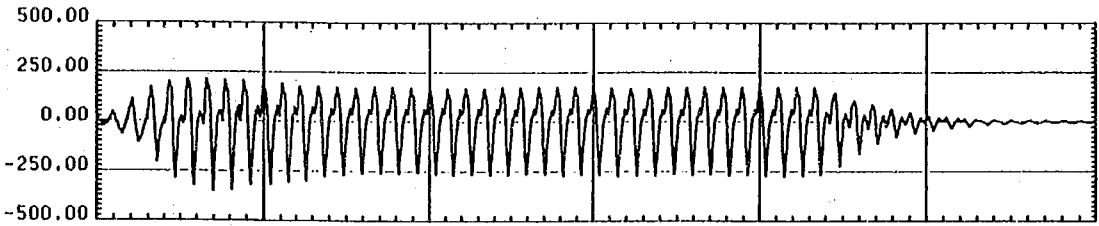
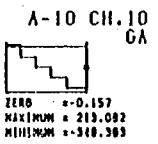
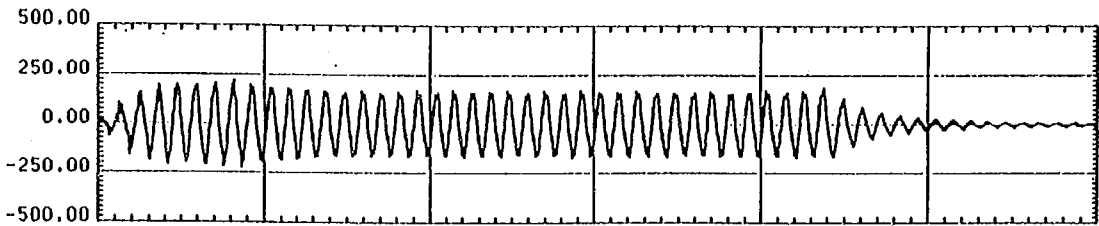
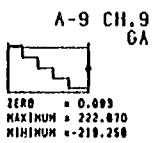
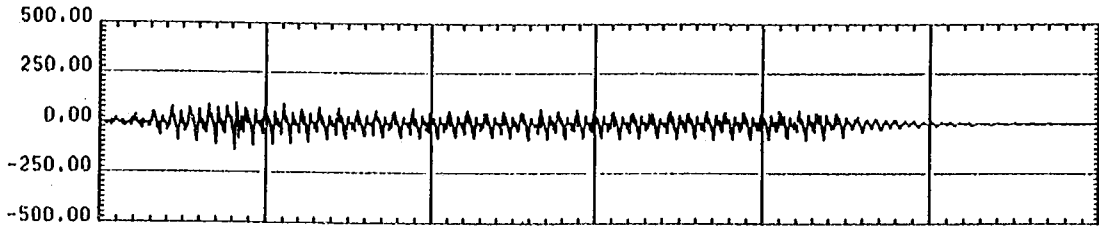
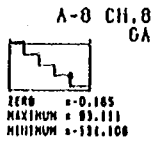
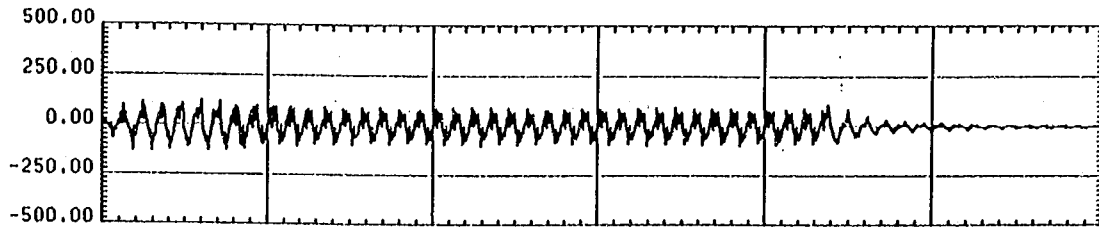
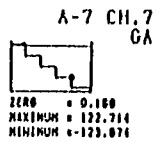
ZERO = -11.014
MAXIMUM = 9.300
MINIMUM = -10.375



EPS EMBANKMENT CASE 5-2(3) 100GAL

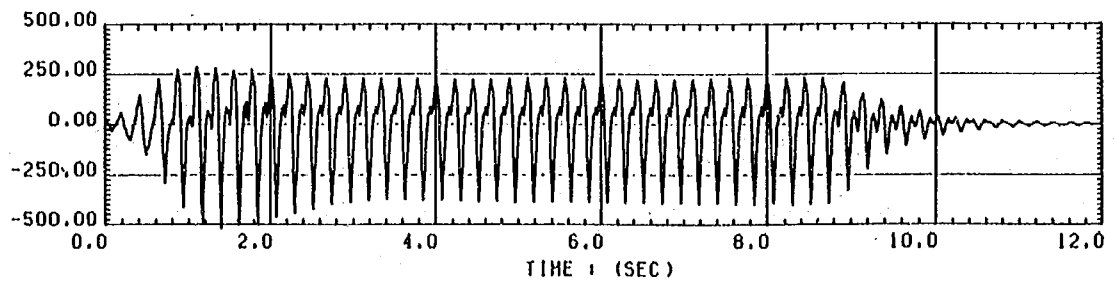
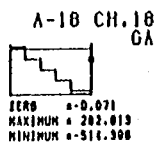
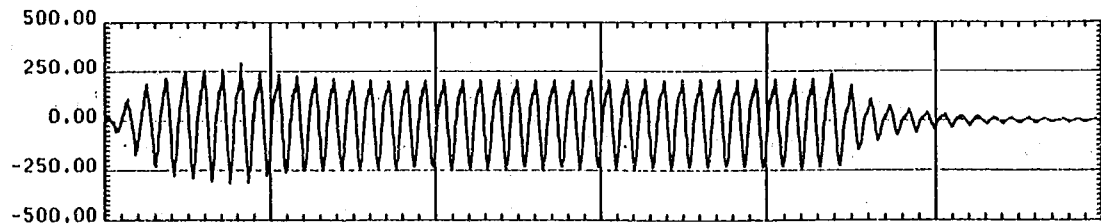
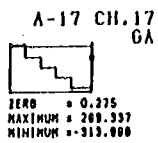
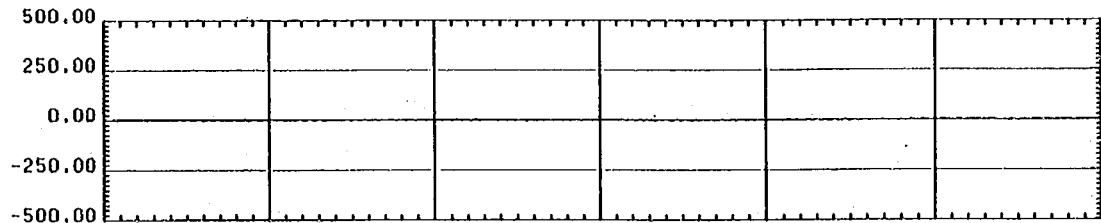
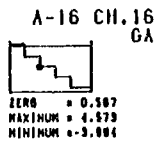
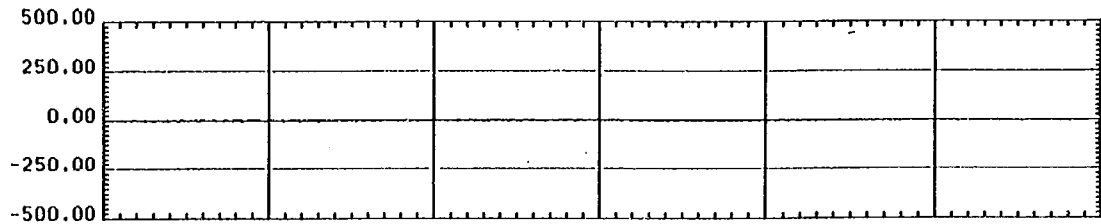
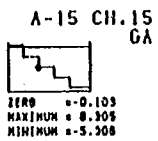
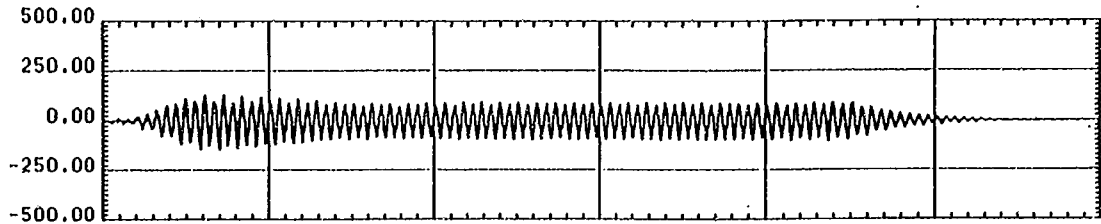
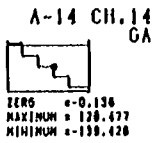
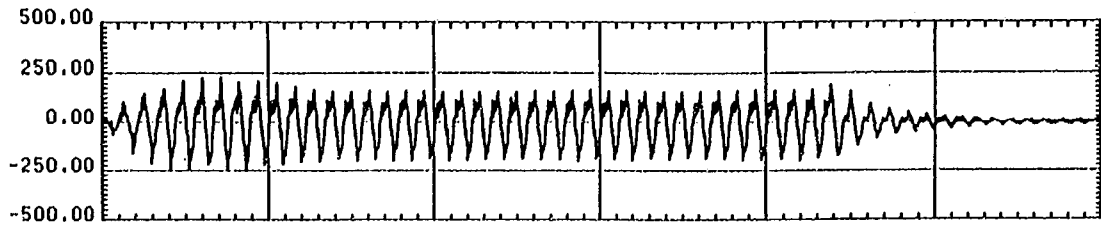
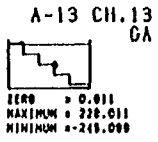


EPS EMBANKMENT CASE 5-2(3) 100GAL



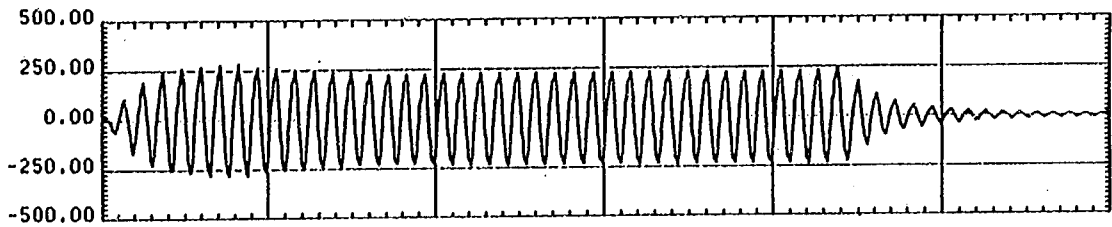
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 5-2(3) 100GAL

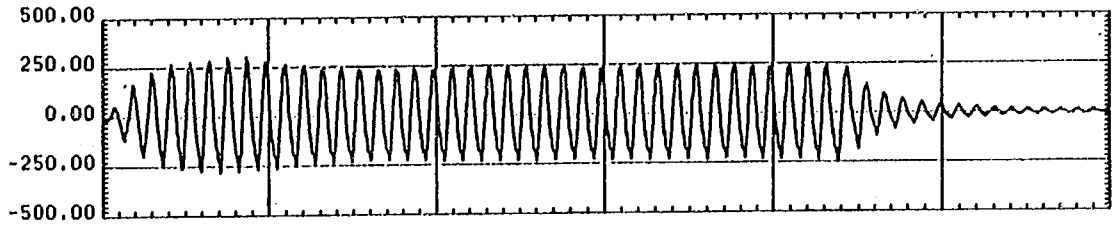


EPS EMBANKMENT CASE 5-2(3) 100GAL

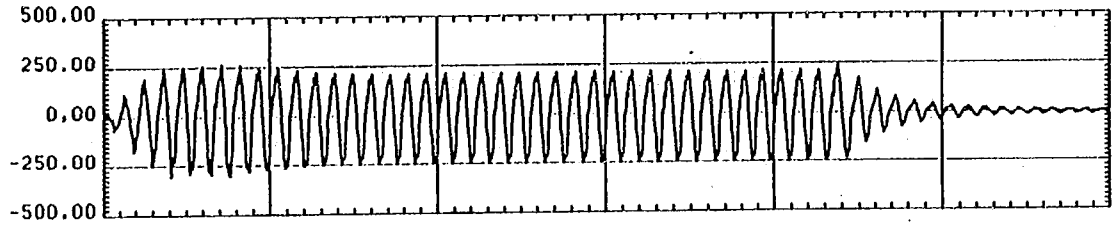
A-19 CH.19
GA
ZERO = 0.116
MAXIMUM = 293.676
MINIMUM = -299.958



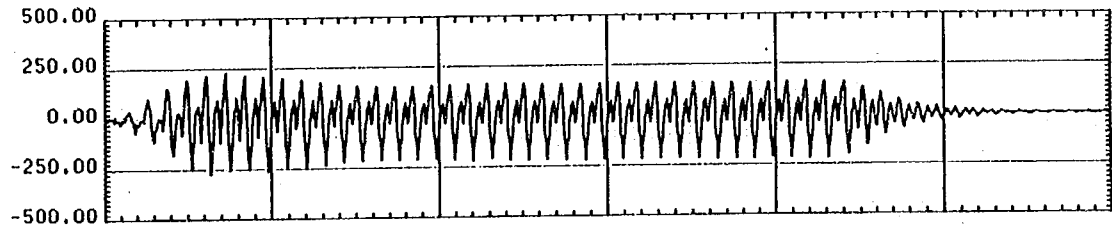
A-20 CH.20
GA
ZERO = 0.037
MAXIMUM = 301.499
MINIMUM = -277.617



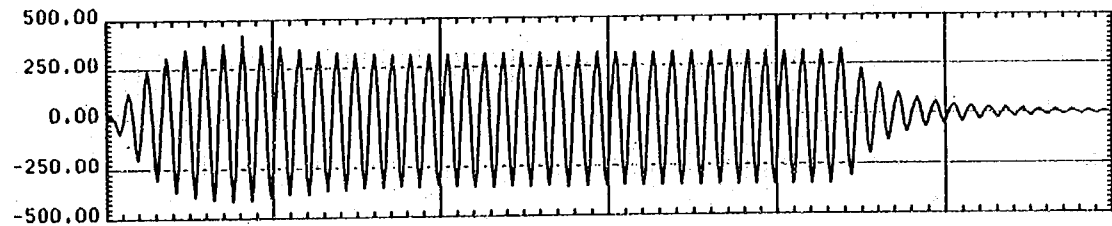
A-21 CH.21
GA
ZERO = 0.003
MAXIMUM = 301.499
MINIMUM = -301.335



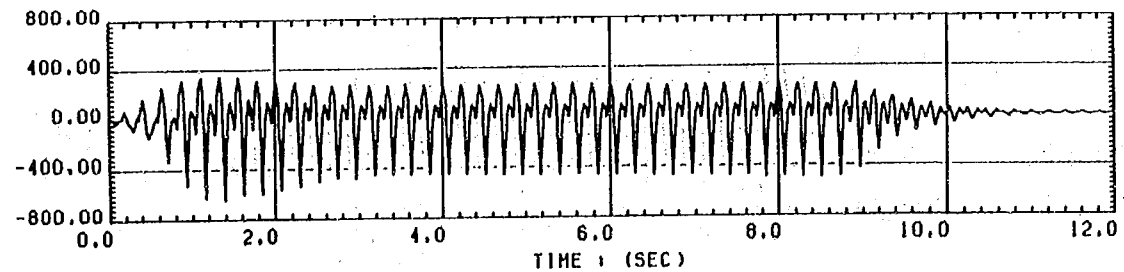
A-22 CH.22
GA
ZERO = -0.054
MAXIMUM = 220.000
MINIMUM = -272.000



A-23 CH.23
GA
ZERO = 0.142
MAXIMUM = 418.000
MINIMUM = -410.200



A-24 CH.24
GA
ZERO = -0.116
MAXIMUM = 310.274
MINIMUM = -810.220

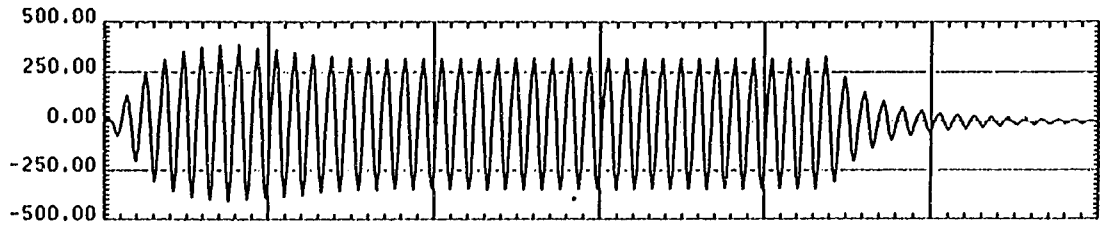


EPS ENBAUKHEIT CASE 5-2(3) 100GAL

A-25 CH.25
GA



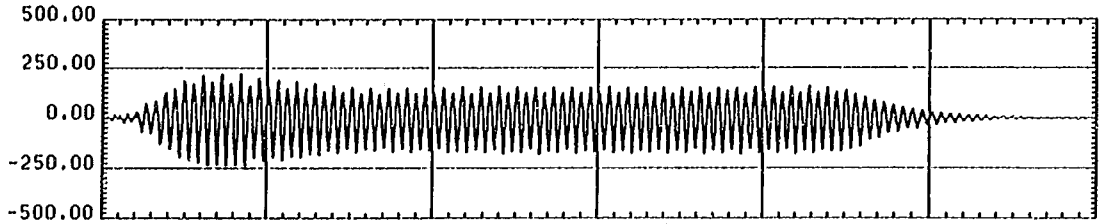
ZERO = 0.007
MAXIMUM = 387.400
MINIMUM = -105.599



A-26 CH.26
GA



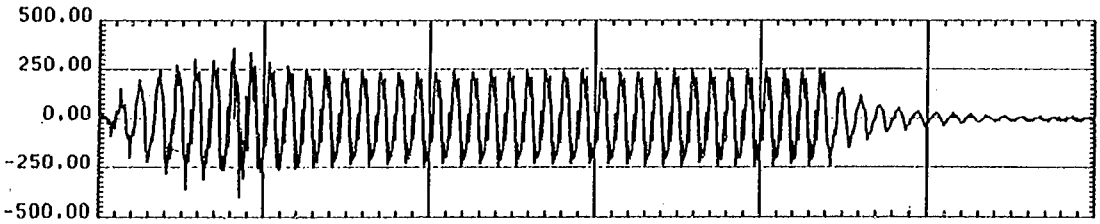
ZERO = 0.100
MAXIMUM = 210.550
MINIMUM = -250.410



A-27 CH.27
GA



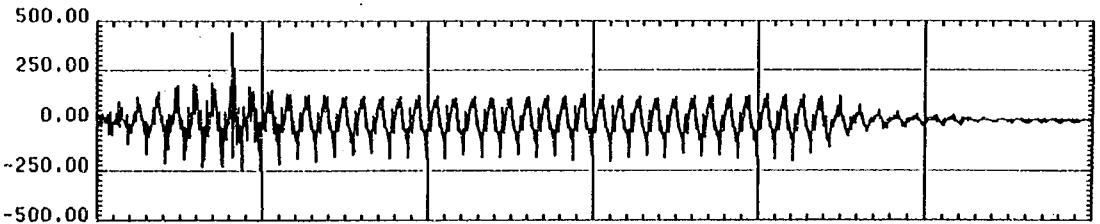
ZERO = 0.043
MAXIMUM = 350.440
MINIMUM = -387.093



A-28 CH.28
GA



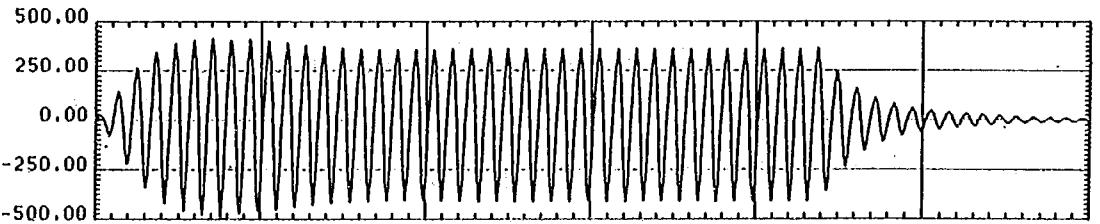
ZERO = 0.075
MAXIMUM = 350.365
MINIMUM = -240.400



A-29 CH.29
GA



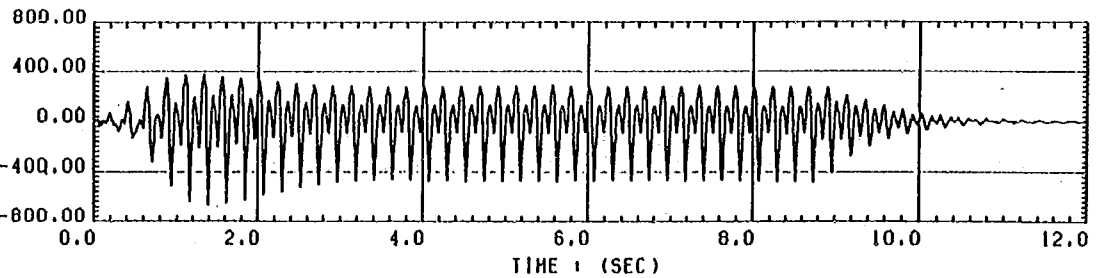
ZERO = 0.058
MAXIMUM = 415.021
MINIMUM = -403.788



A-30 CH.30
GA

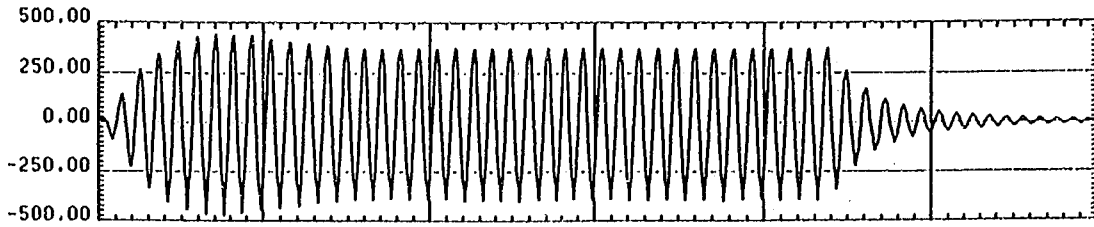


ZERO = 0.310
MAXIMUM = 572.785
MINIMUM = -560.902

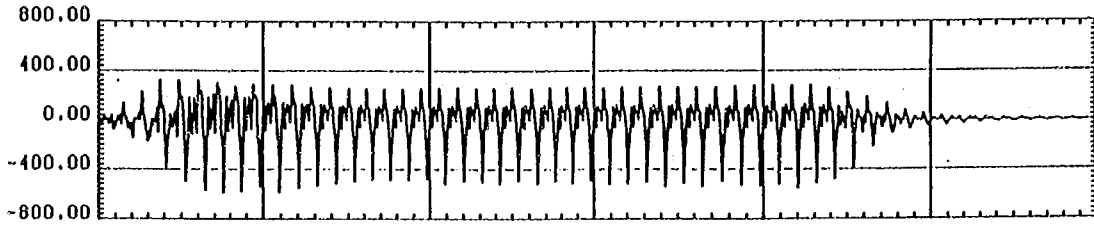


EPS EMBANKMENT CASE 5-2(3) 100GAL

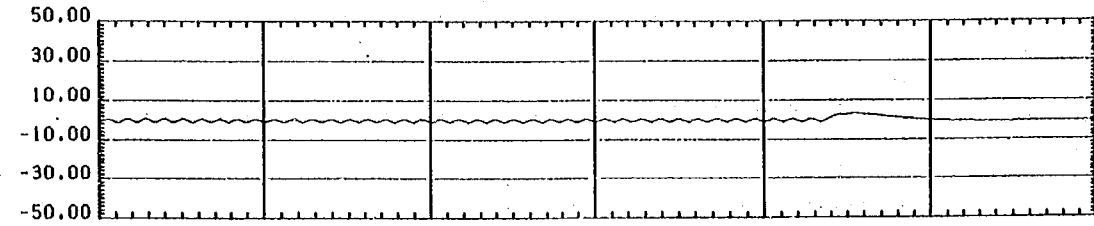
A-31 CH.31
GA
ZERO = 2.447
MAXIMUM = 438.231
MINIMUM = -188.878



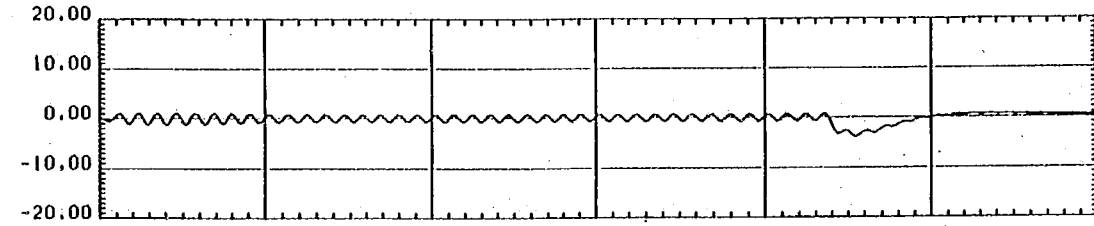
A-32 CH.32
GA
ZERO = -0.072
MAXIMUM = 325.884
MINIMUM = -583.283



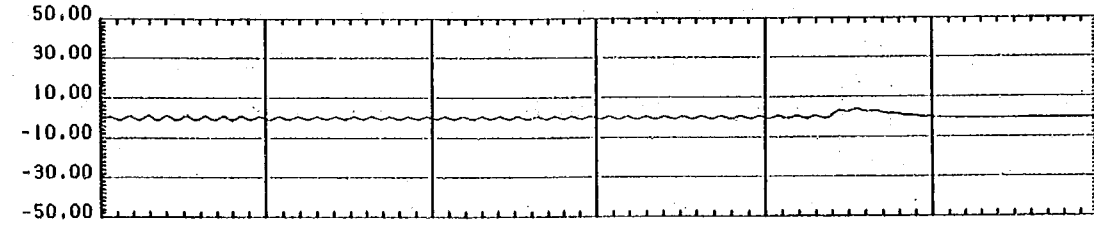
D-1 CH.33
H
ZERO = 0.002
MAXIMUM = 3.423
MINIMUM = -0.857



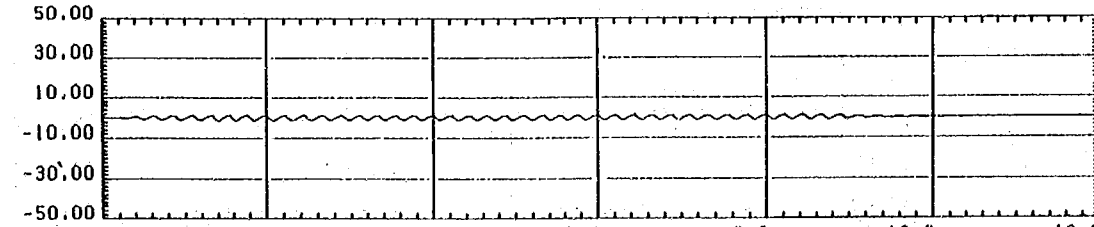
D-2 CH.34
H
ZERO = 0.037
MAXIMUM = 1.038
MINIMUM = -3.821



D-3 CH.35
H
ZERO = 0.012
MAXIMUM = 3.848
MINIMUM = -1.180

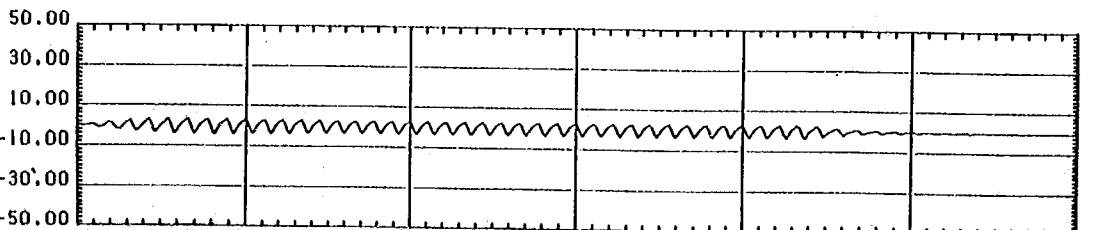
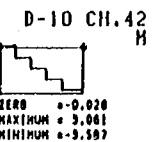
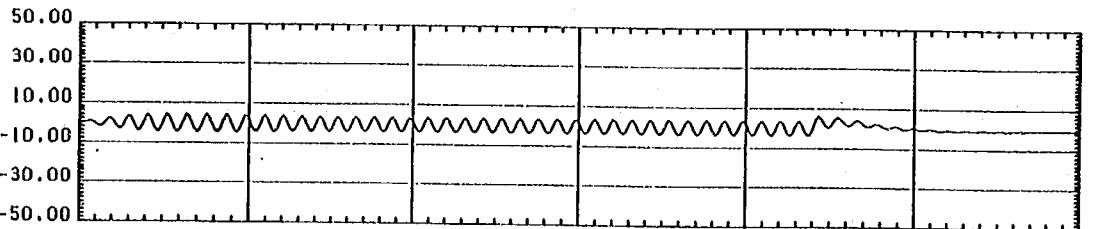
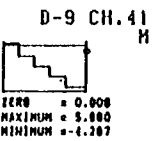
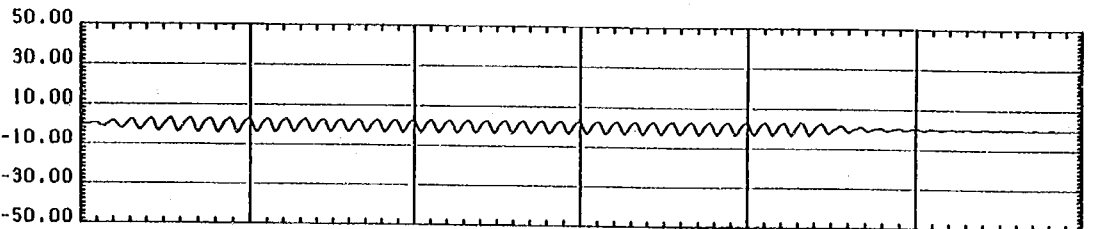
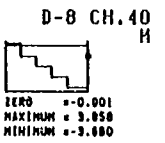
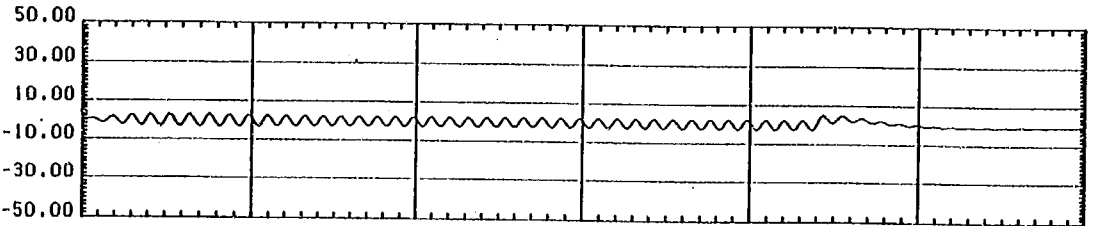
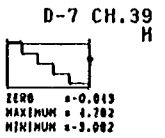
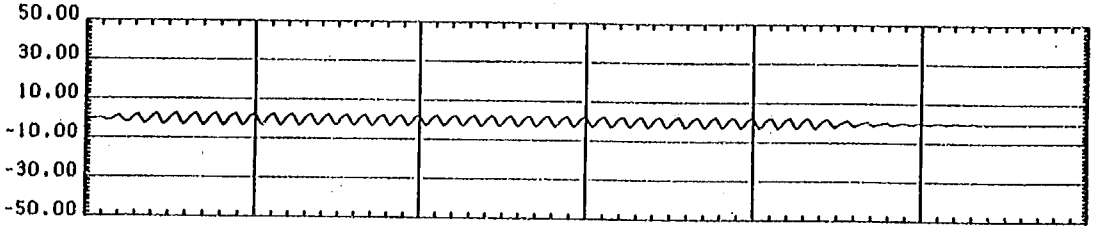
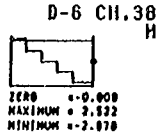
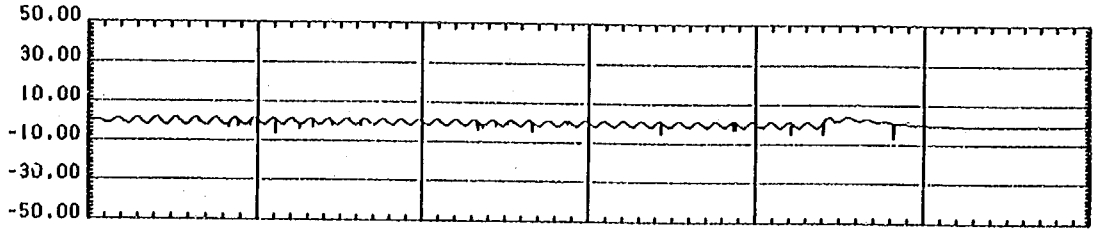
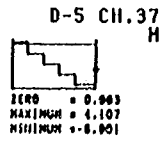


D-4 CH.36
H
ZERO = -0.001
MAXIMUM = 1.088
MINIMUM = -1.327



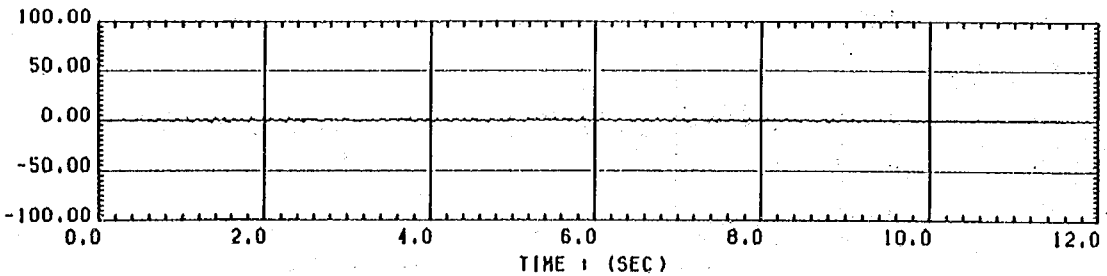
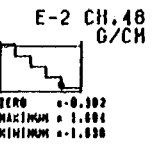
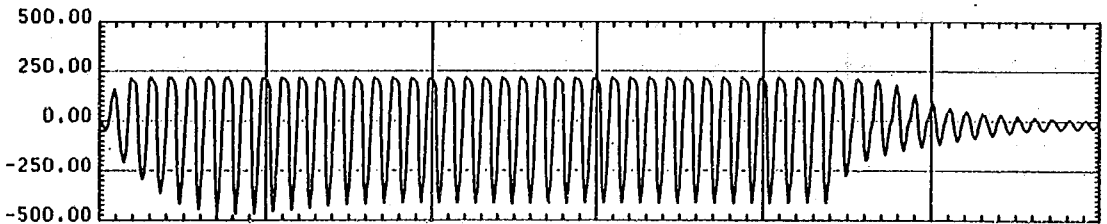
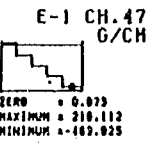
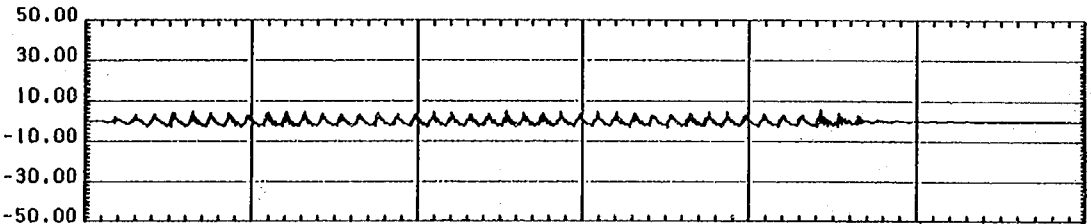
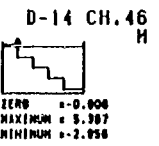
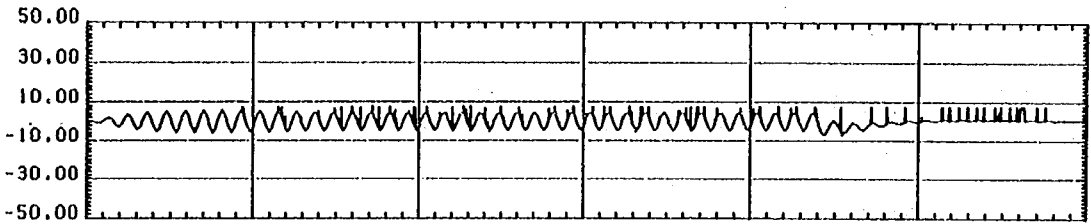
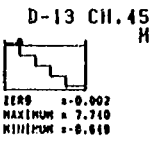
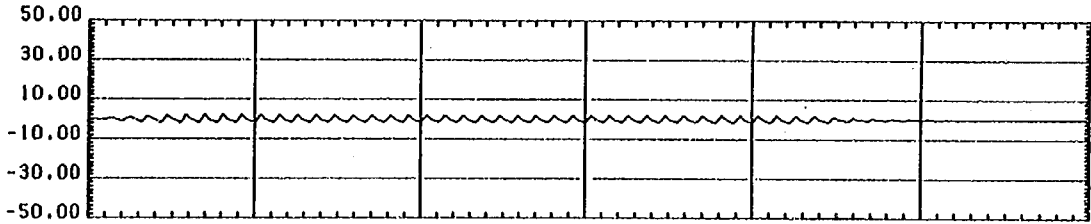
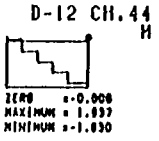
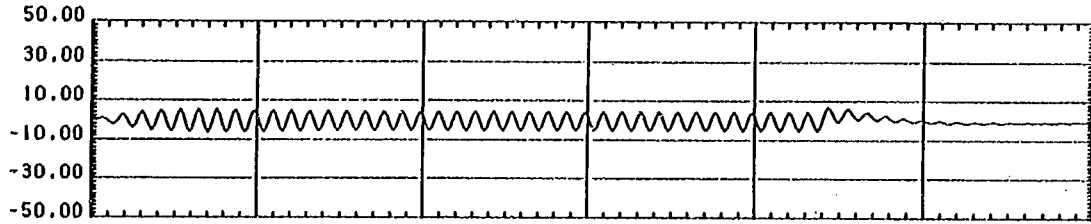
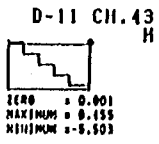
0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 5-2(3) 100GAL

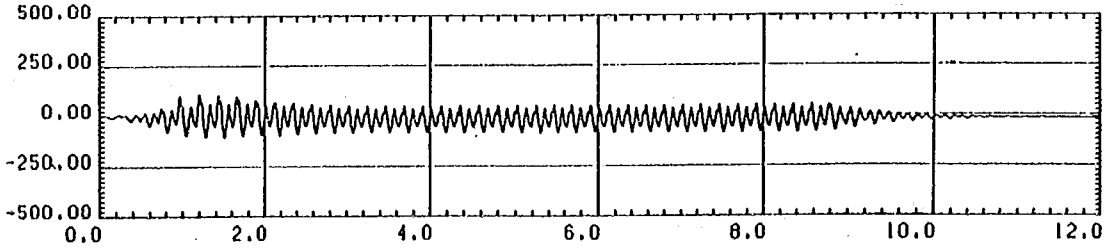
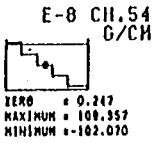
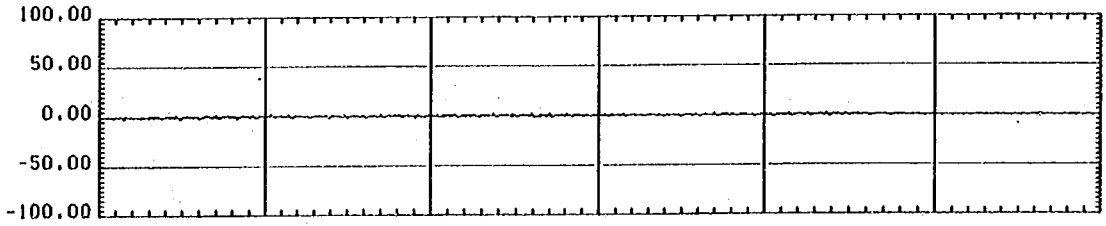
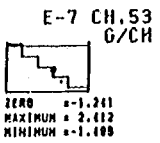
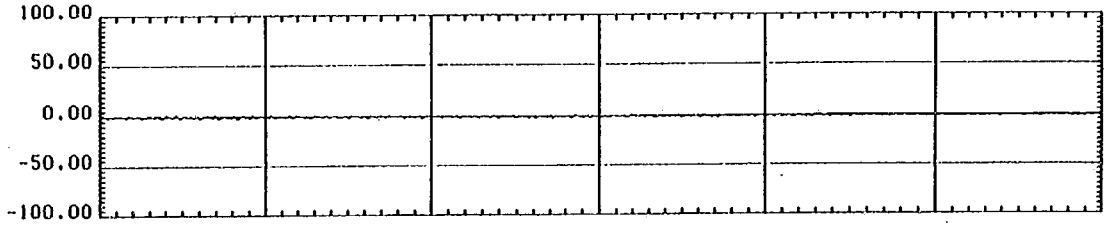
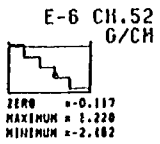
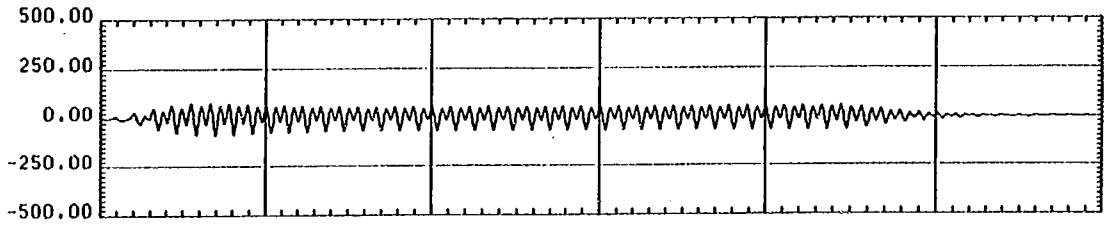
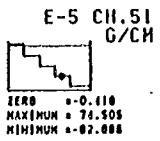
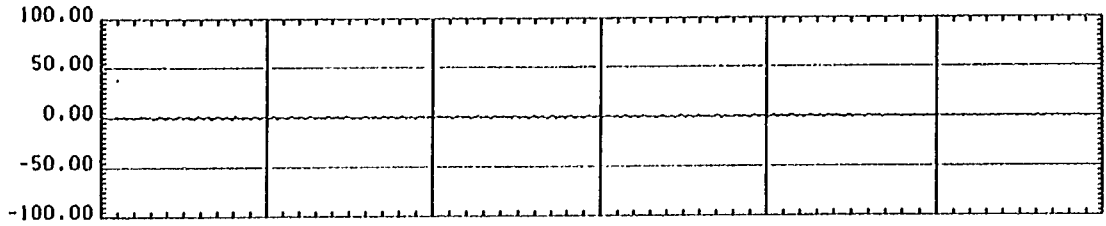
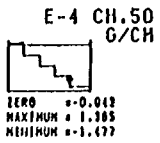
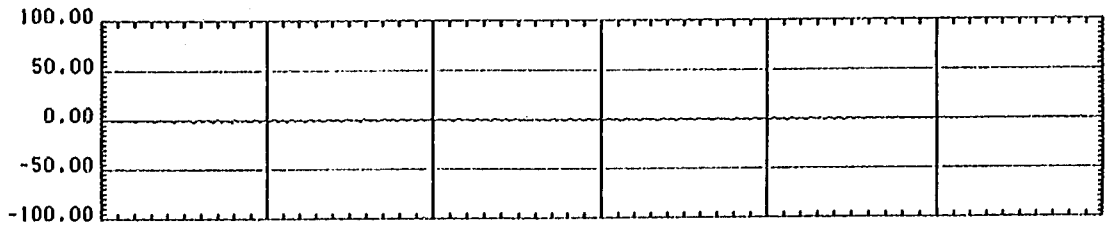
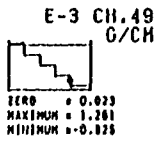


TIME (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 5-2(3) 100GAL

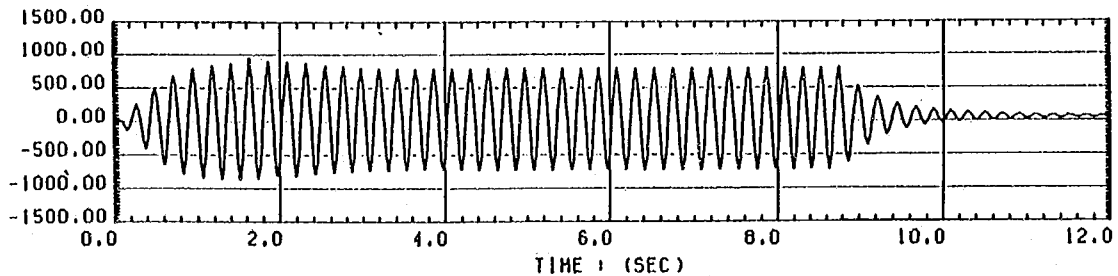
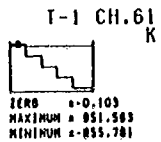
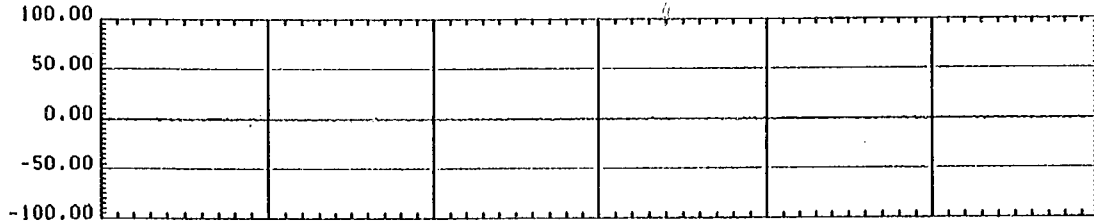
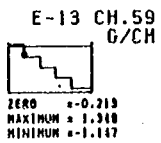
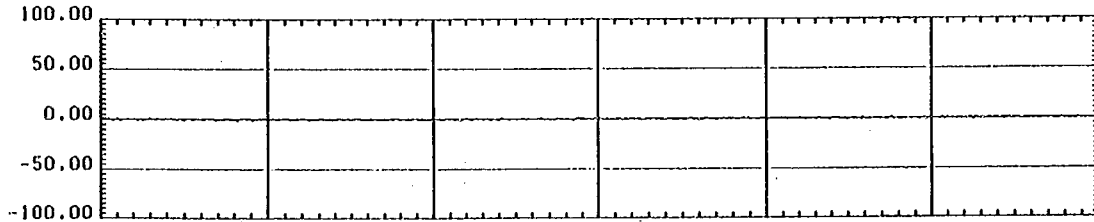
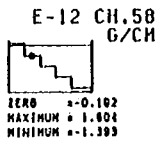
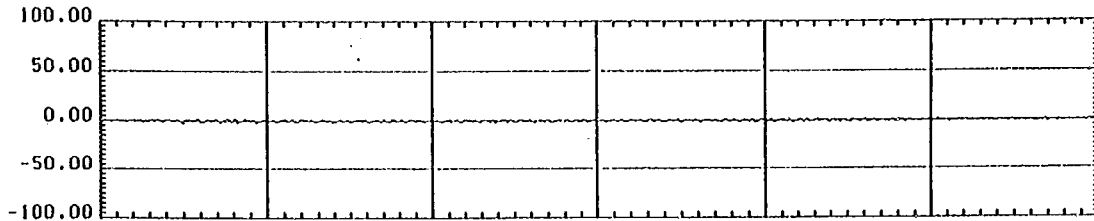
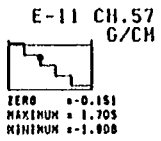
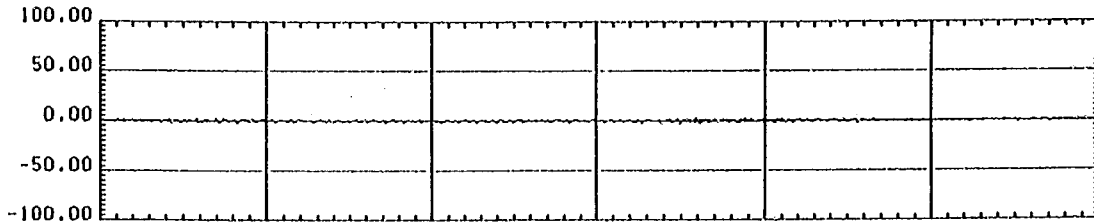
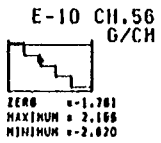
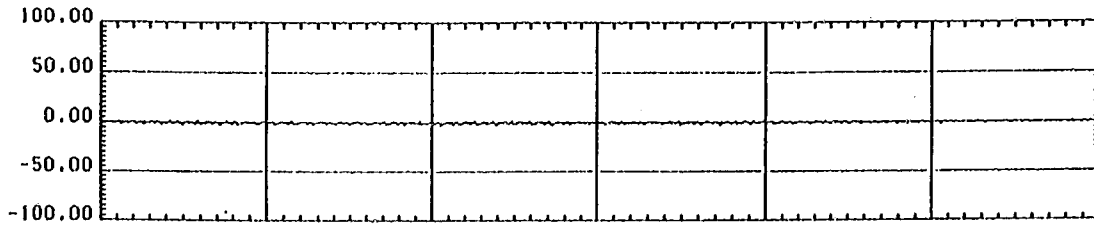
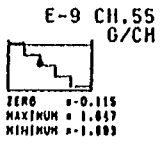


EPS EMBANKMENT CASE 5-2(3) 100GAL

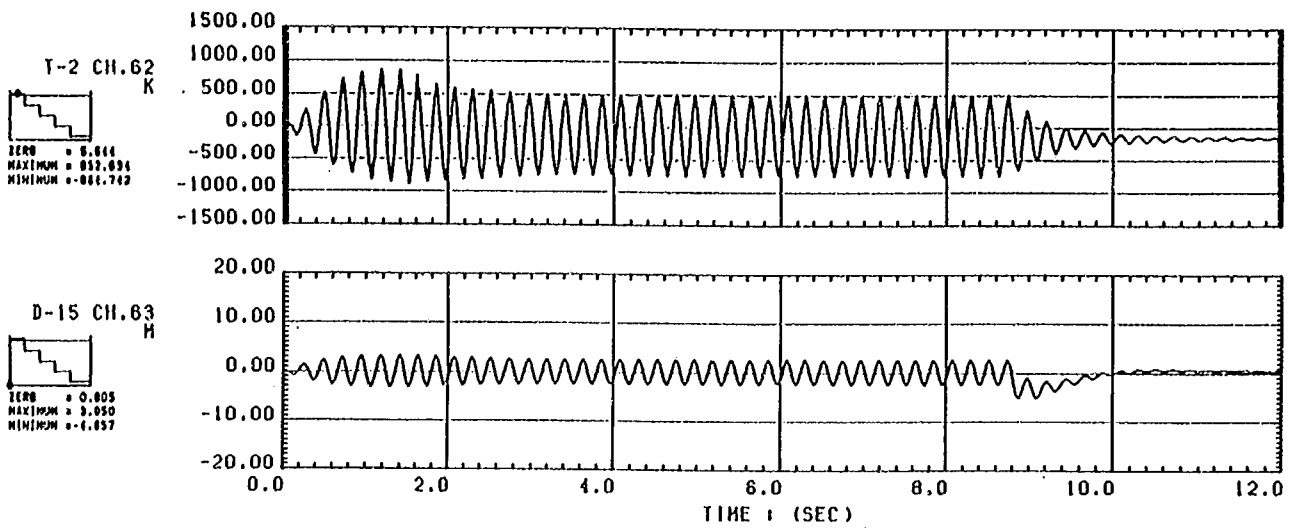


TIME (SEC)

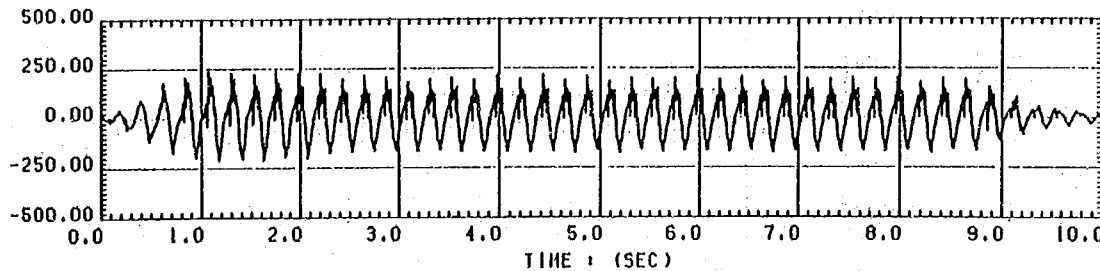
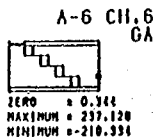
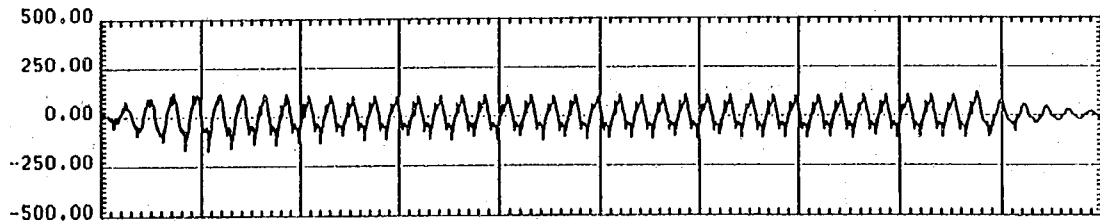
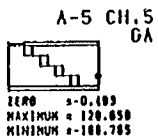
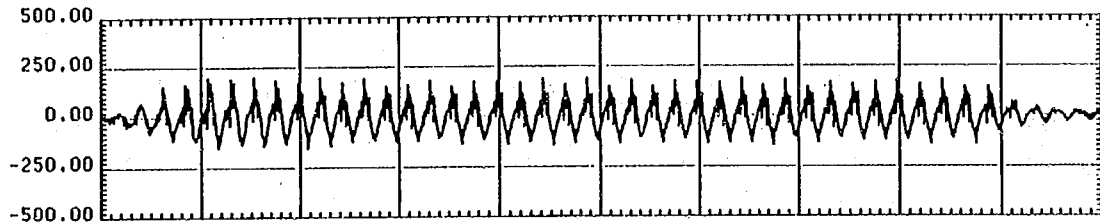
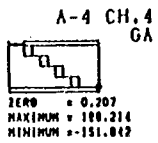
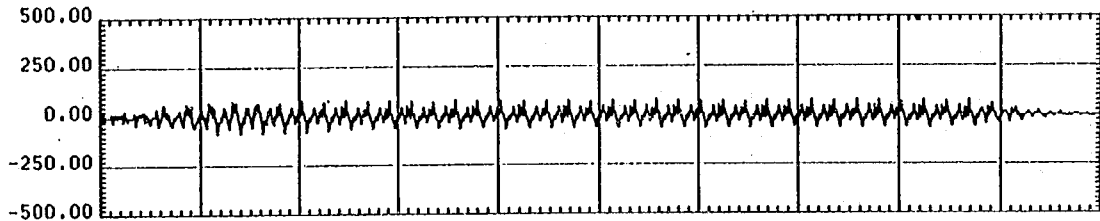
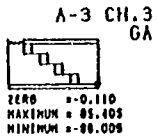
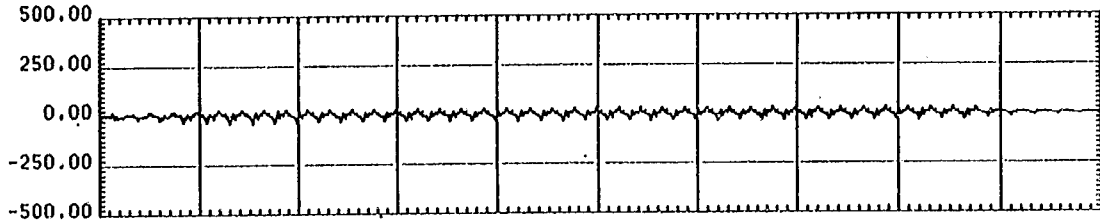
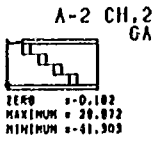
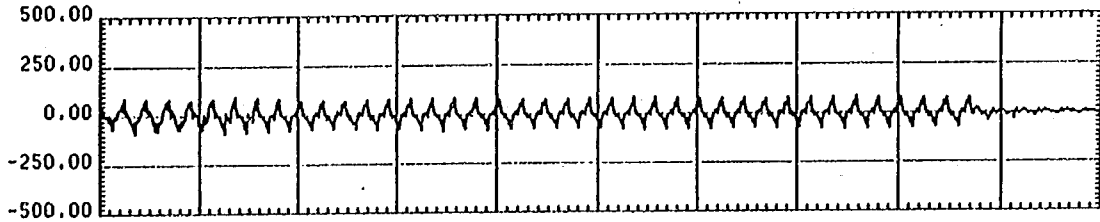
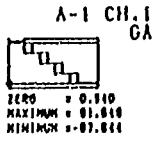
EPS EMBANKMENT CASE 5-2(3) 100GAL



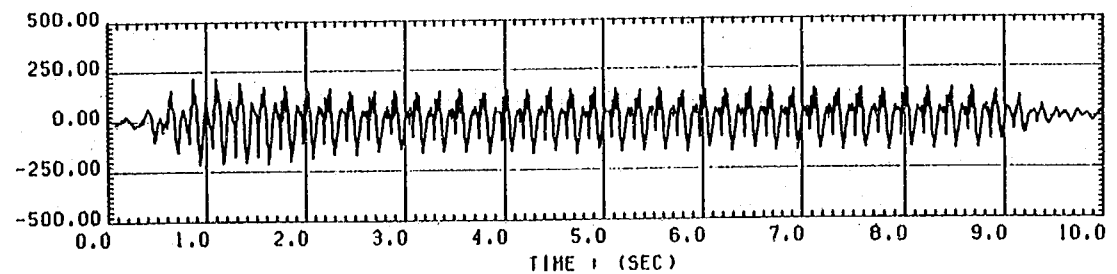
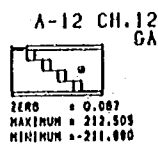
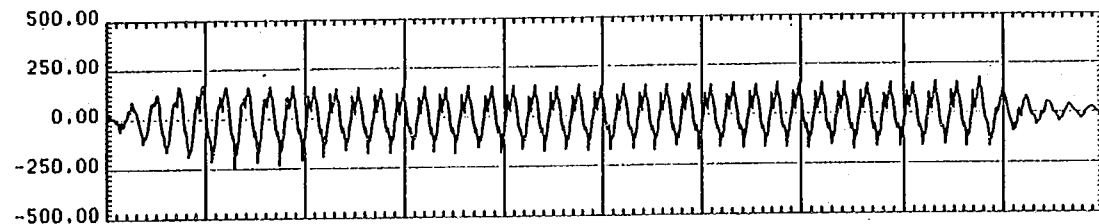
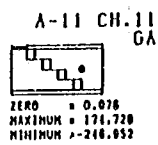
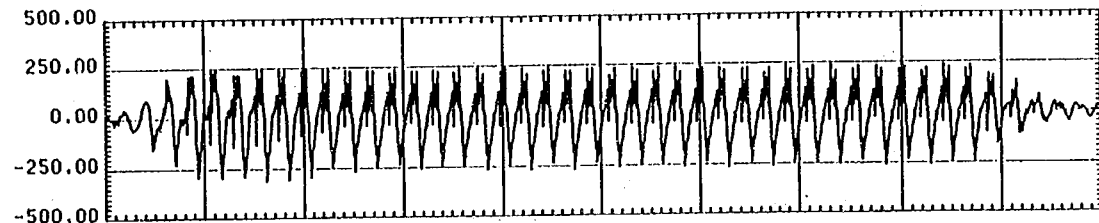
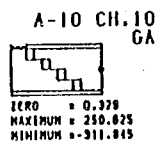
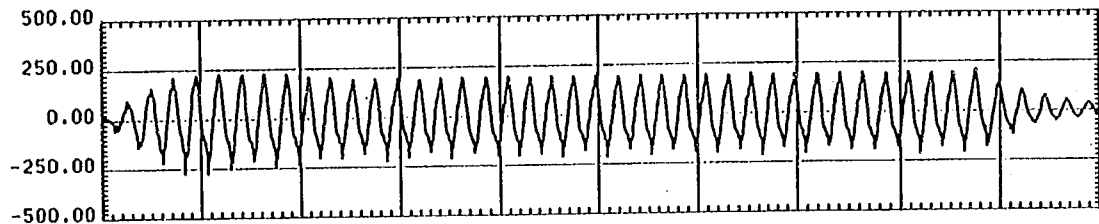
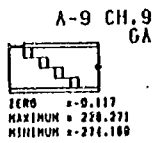
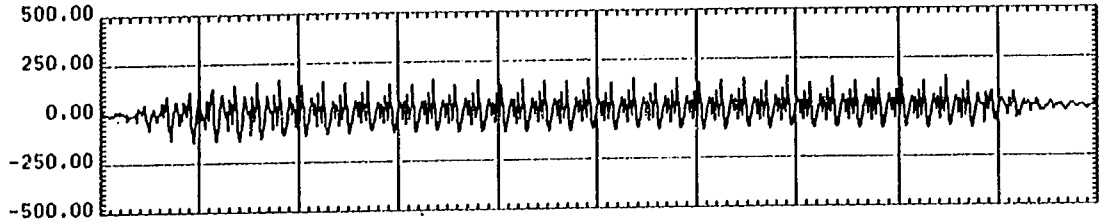
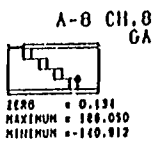
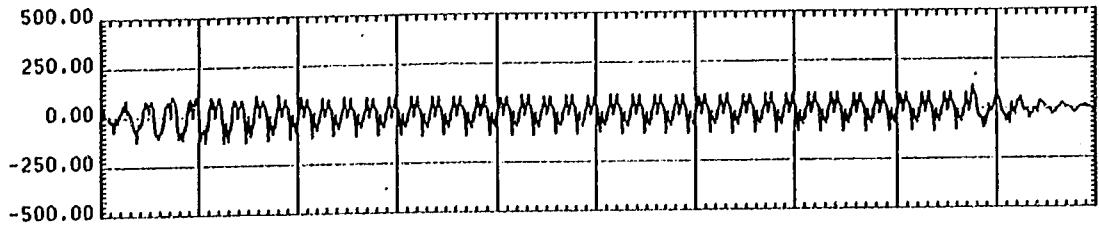
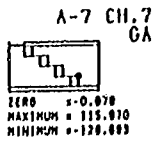
EPS EMBANKMENT CASE 5-2(3) 100GAL



EPS EMBANKMENT CASE 6-2 100GAL

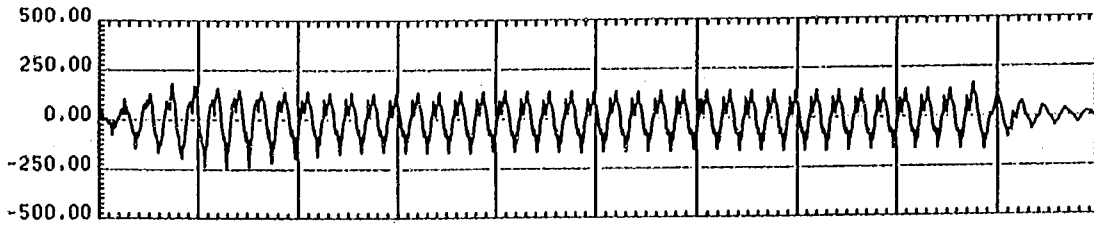


EPS EMBANKMENT CASE 6-2 100GAL

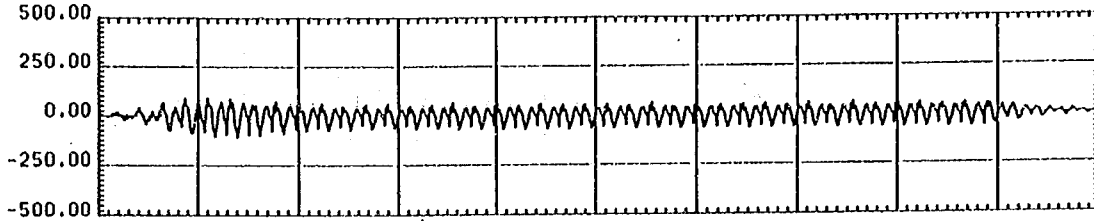


EPS EMBANKMENT CASE 6-2 100GAL

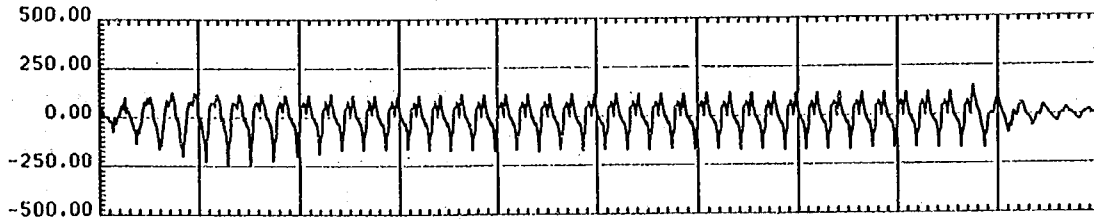
A-13 CH.13
GA
ZERO = -0.000
MAXIMUM = 177.925
MINIMUM = -215.001



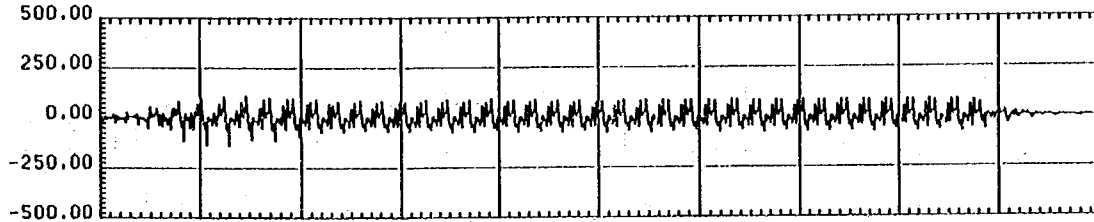
A-14 CH.14
GA
ZERO = -0.001
MAXIMUM = 80.220
MINIMUM = -101.120



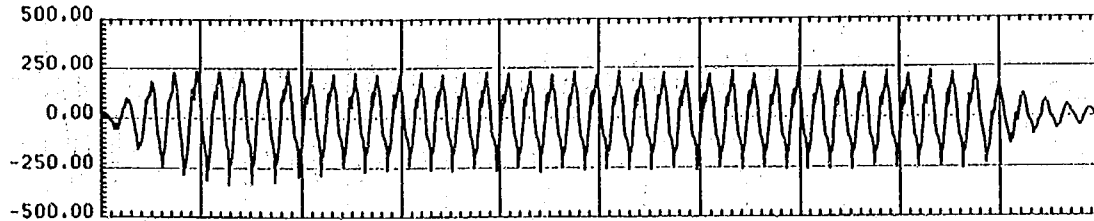
A-15 CH.15
GA
ZERO = -0.003
MAXIMUM = 111.000
MINIMUM = -215.104



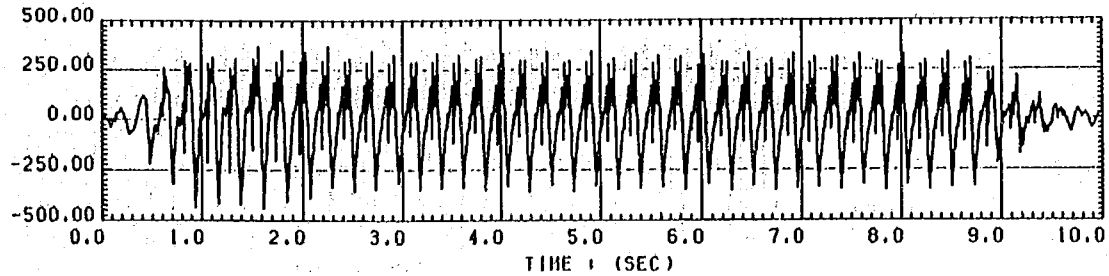
A-16 CH.16
GA
ZERO = 0.135
MAXIMUM = 107.970
MINIMUM = -130.237



A-17 CH.17
GA
ZERO = -0.041
MAXIMUM = 210.420
MINIMUM = -332.120

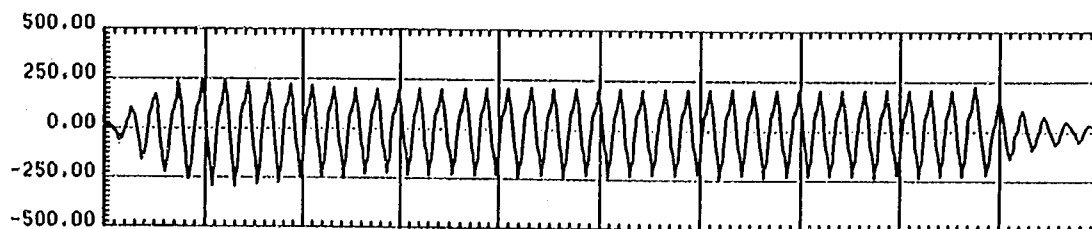


A-18 CH.18
GA
ZERO = 0.190
MAXIMUM = 965.070
MINIMUM = -437.072

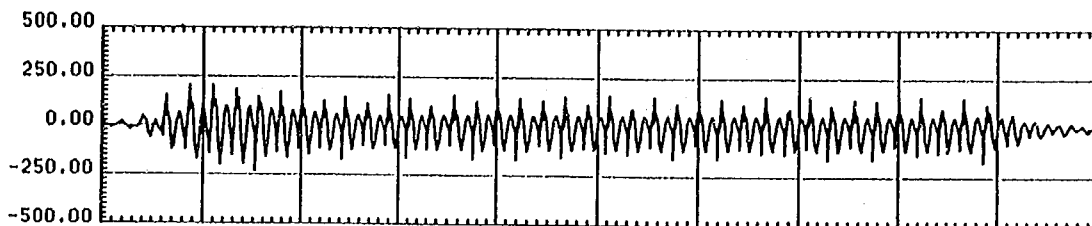


EPS EMBANKMENT CASE 6-2 100GAL

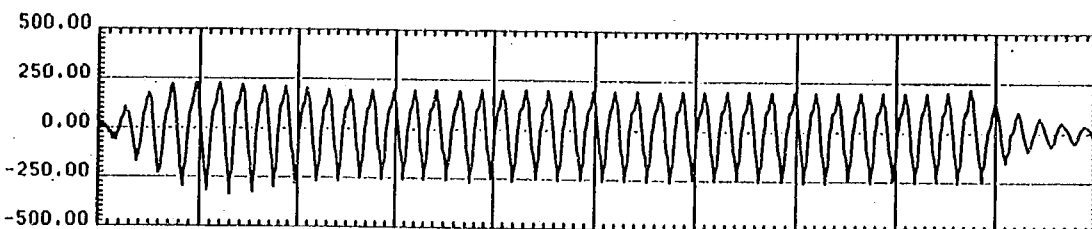
A-19 CH.19
GA
ZERO = -0.118
MAXIMUM = 239.007
MINIMUM = -293.461



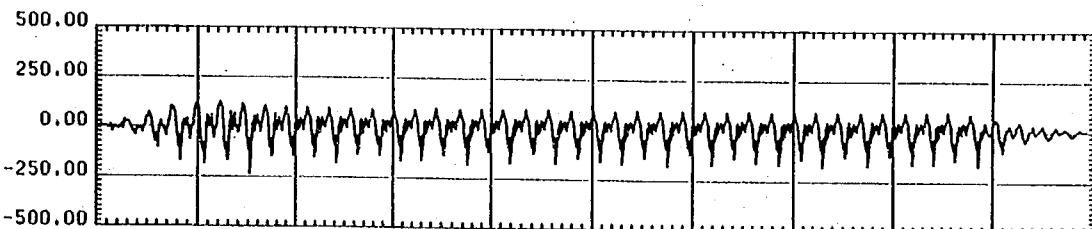
A-20 CH.20
GA
ZERO = -0.037
MAXIMUM = 205.148
MINIMUM = -226.591



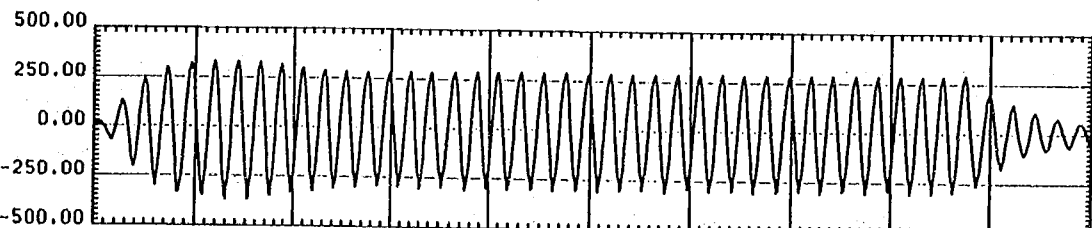
A-21 CH.21
GA
ZERO = 0.009
MAXIMUM = 229.021
MINIMUM = -335.410



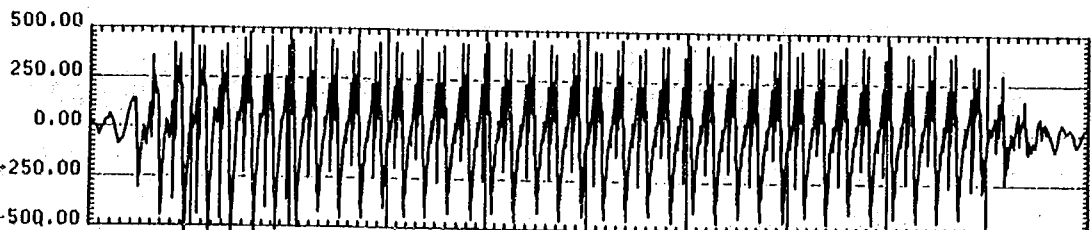
A-22 CH.22
GA
ZERO = -0.213
MAXIMUM = 121.000
MINIMUM = -231.593



A-23 CH.23
GA
ZERO = -0.900
MAXIMUM = 329.378
MINIMUM = -369.007



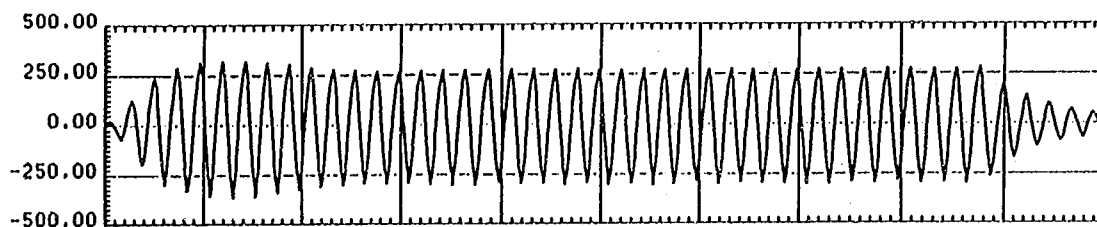
A-24 CH.24
GA
ZERO = -0.204
MAXIMUM = 488.000
MINIMUM = -575.202



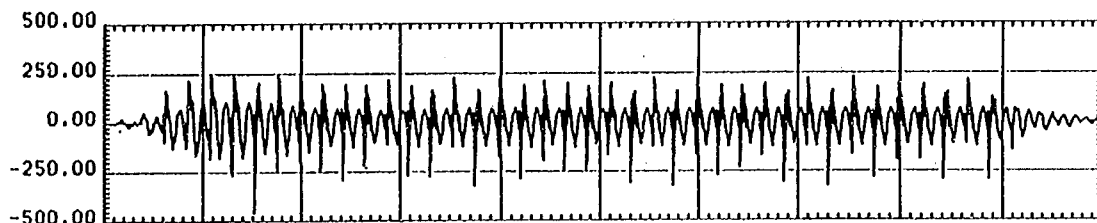
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 6-2 100GAL

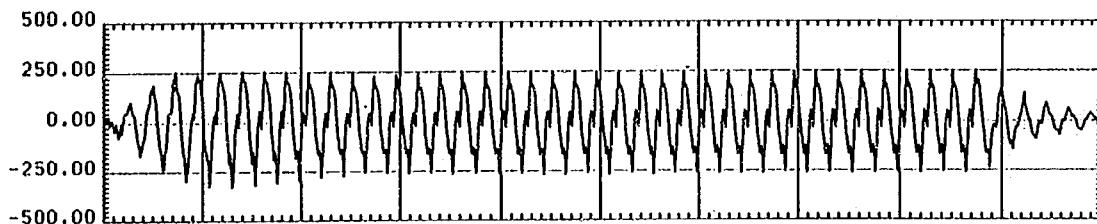
A-25 CH.25
GA
ZERO = -0.390
MAXIMUM = 319.200
MINIMUM = -360.005



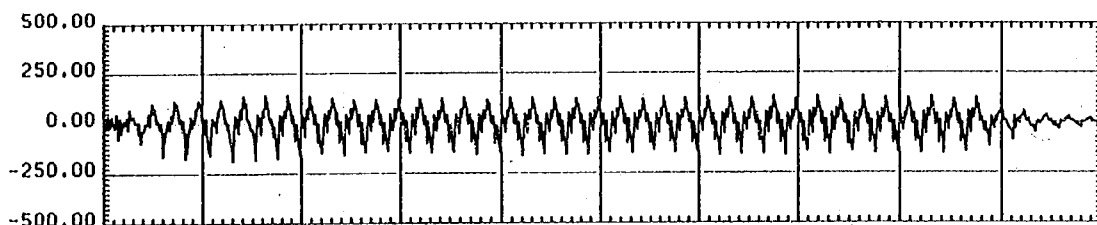
A-26 CH.26
GA
ZERO = -0.140
MAXIMUM = 240.071
MINIMUM = -350.340



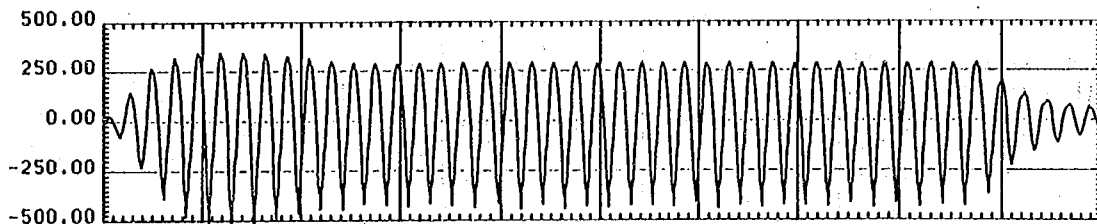
A-27 CH.27
GA
ZERO = -0.308
MAXIMUM = 250.439
MINIMUM = -320.220



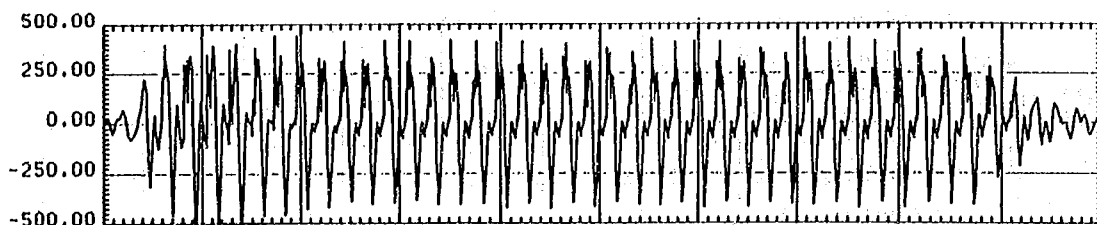
A-28 CH.28
GA
ZERO = -0.025
MAXIMUM = 130.039
MINIMUM = -185.064



A-29 CH.29
GA
ZERO = -0.354
MAXIMUM = 313.900
MINIMUM = -310.170



A-30 CH.30
GA
ZERO = -0.397
MAXIMUM = 412.710
MINIMUM = -360.031

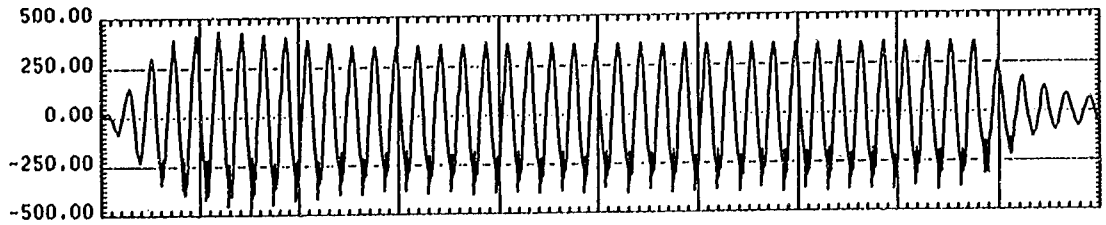


EPS EMBANKMENT CASE G-2 100GAL

A-31 CH.31
GA



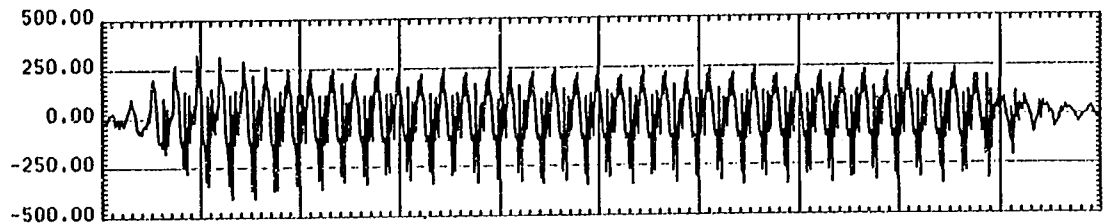
ZERO = 0.031
MAXIMUM = 435.285
MINIMUM = -483.051



A-32 CH.32
GA



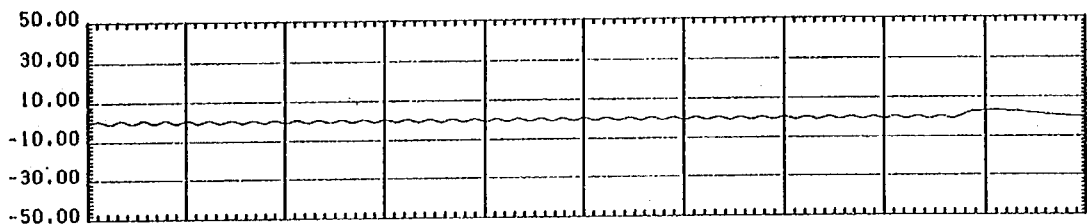
ZERO = 0.010
MAXIMUM = 323.700
MINIMUM = -401.042



D-1 CH.33
H



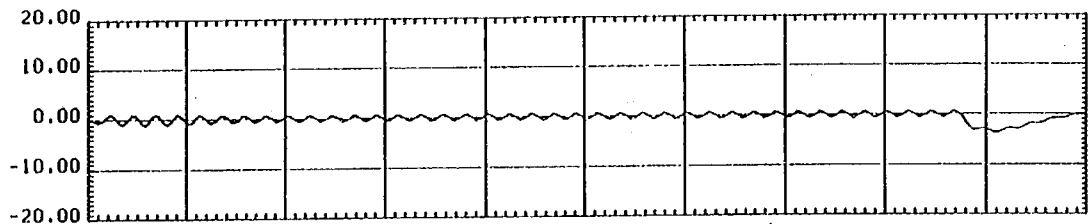
ZERO = 0.020
MAXIMUM = 3.137
MINIMUM = -0.844



D-2 CH.34
H



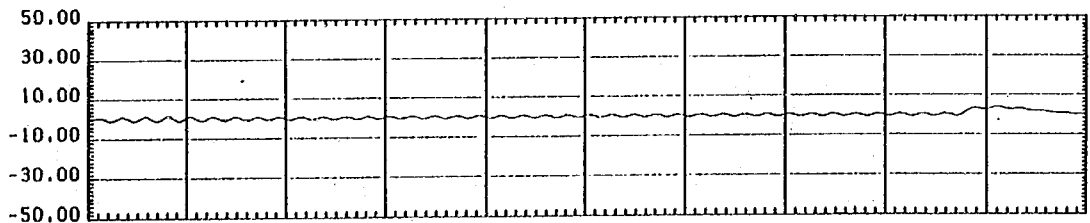
ZERO = 0.006
MAXIMUM = 0.957
MINIMUM = -0.721



D-3 CH.35
H



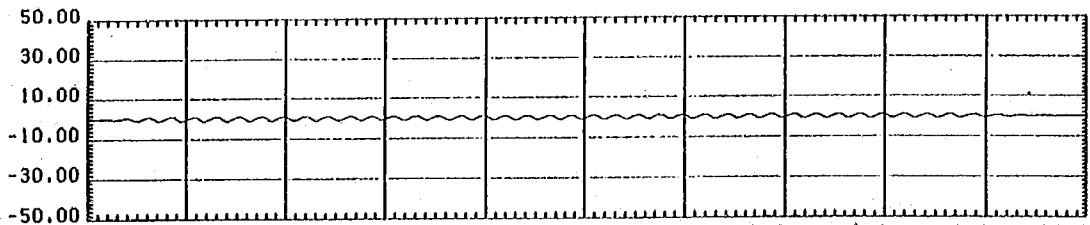
ZERO = 0.026
MAXIMUM = 3.031
MINIMUM = -1.208



D-4 CH.36
H

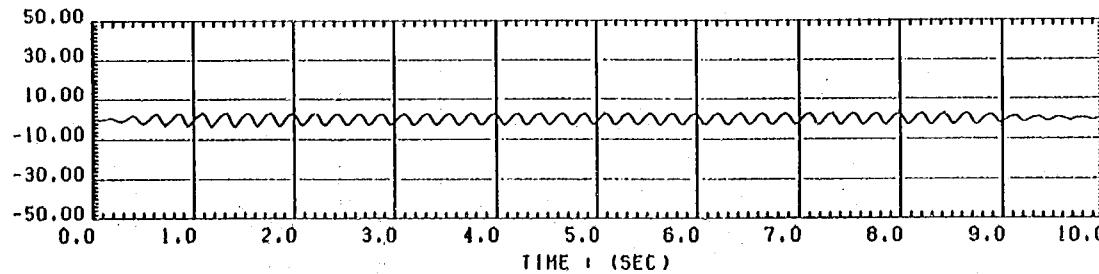
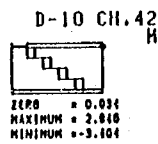
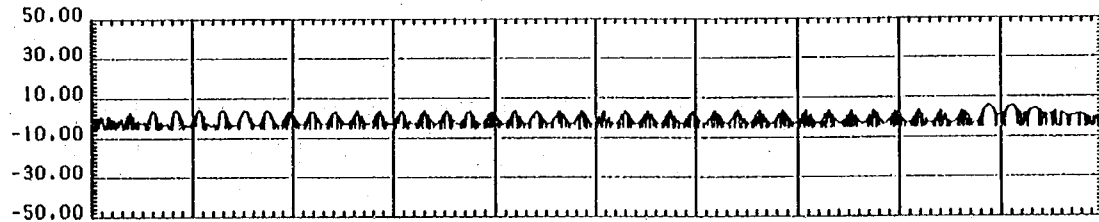
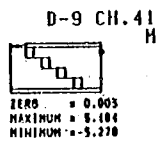
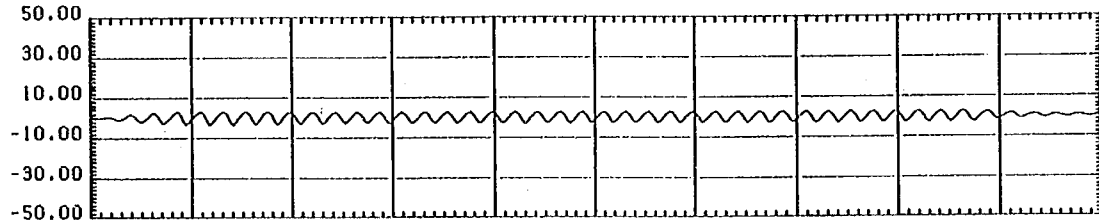
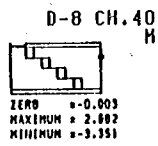
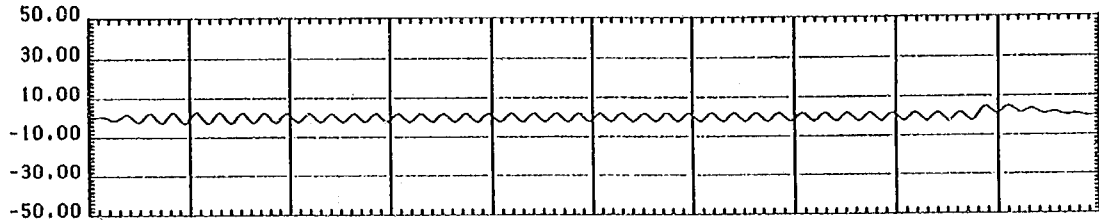
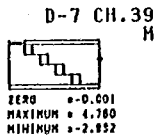
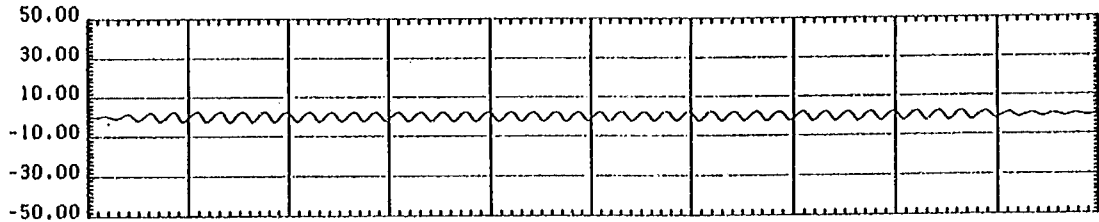
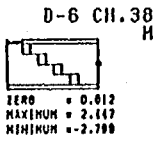
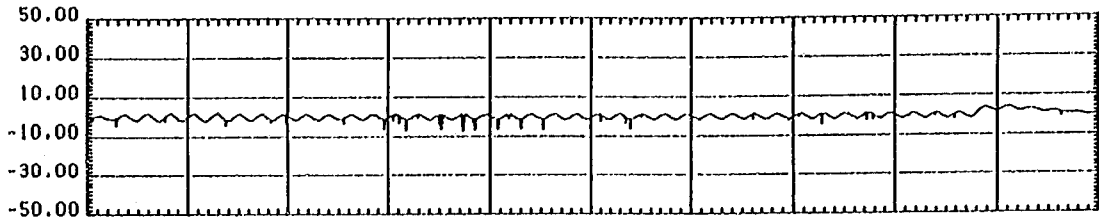
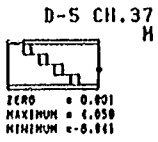


ZERO = 0.011
MAXIMUM = 1.050
MINIMUM = -1.000

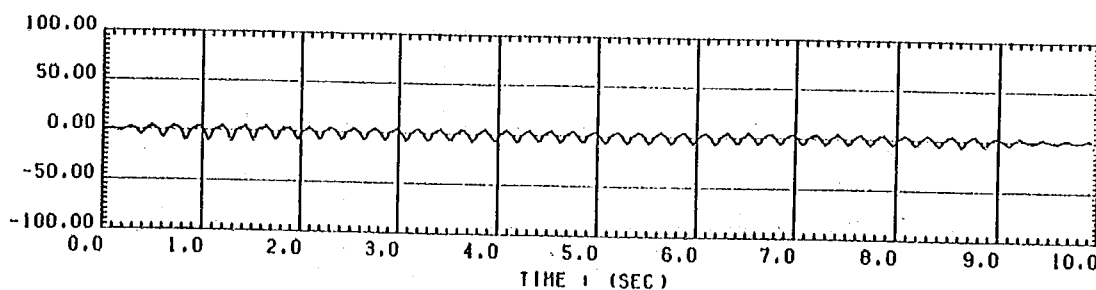
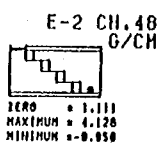
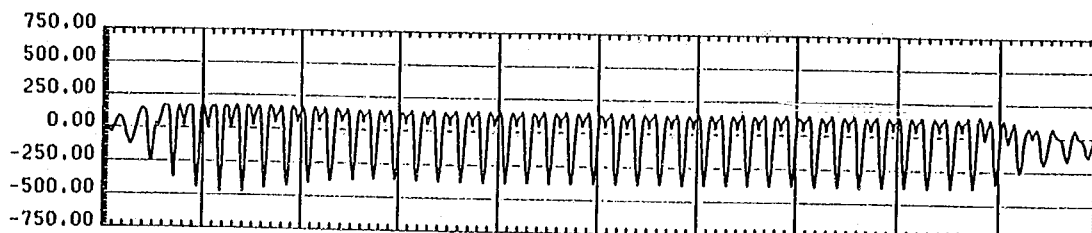
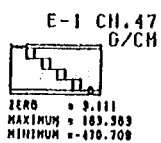
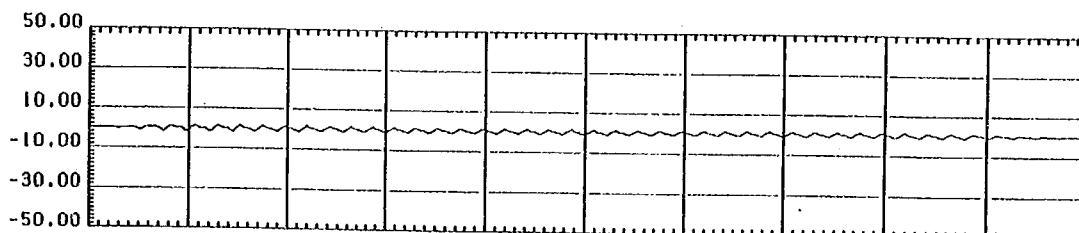
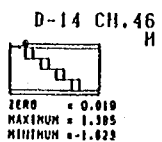
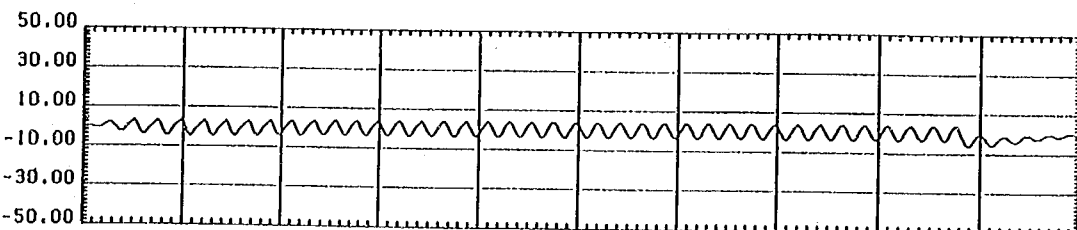
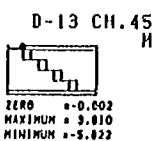
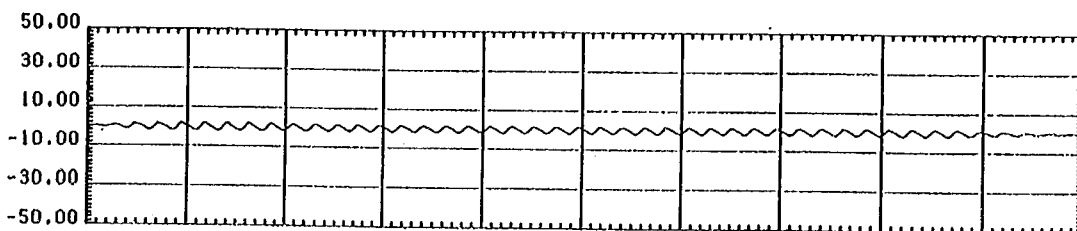
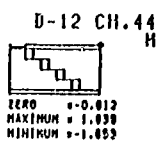
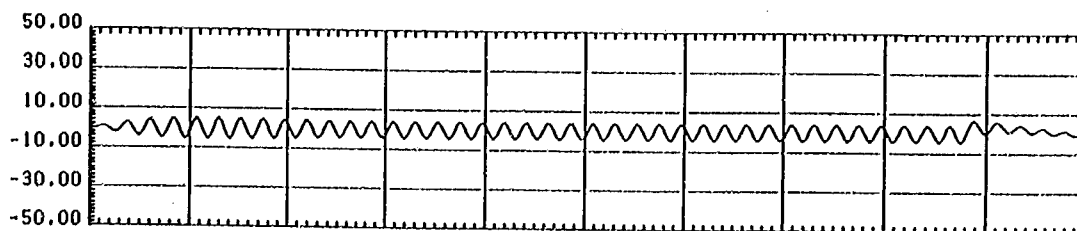
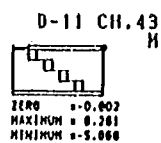


TIME (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 6-2 100GAL

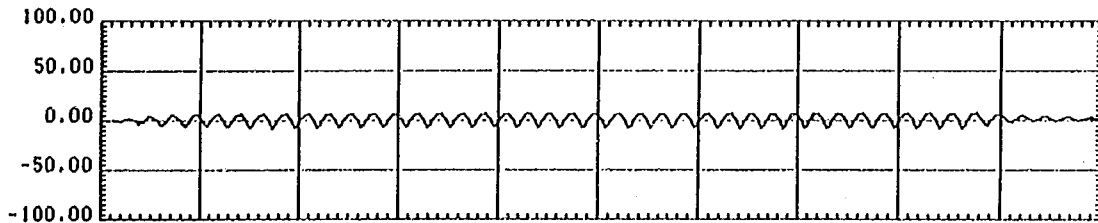


EPS EMBANKMENT CASE 6-2 100GAL

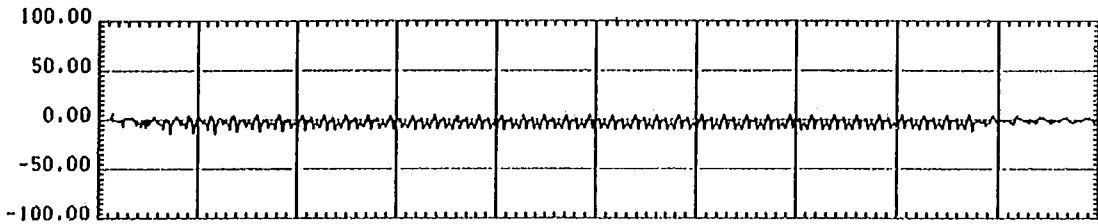


EPS EMBANKMENT CASE 6-2 100GAL

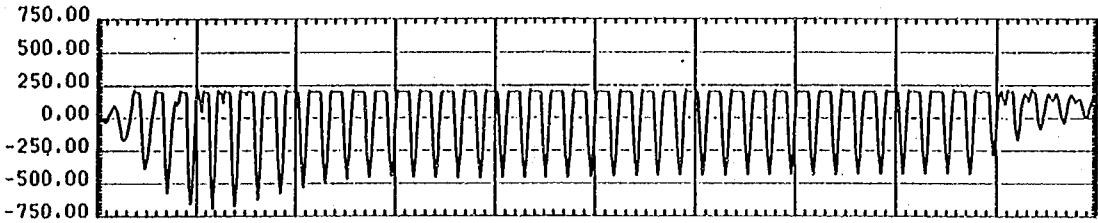
E-3 CH.49
G/CH
ZERO = 0.909
MAXIMUM = 7.975
MINIMUM = -7.737



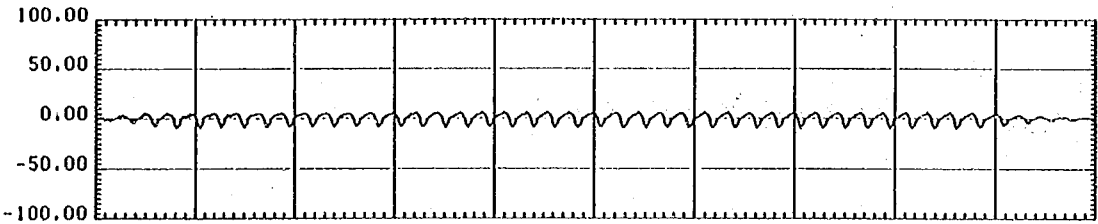
E-4 CH.50
G/CH
ZERO = 0.581
MAXIMUM = 4.189
MINIMUM = -13.431



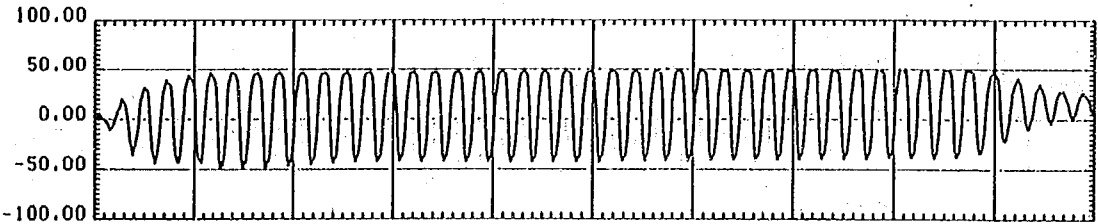
E-5 CH.51
G/CH
ZERO = -1.518
MAXIMUM = 215.280
MINIMUM = -688.701



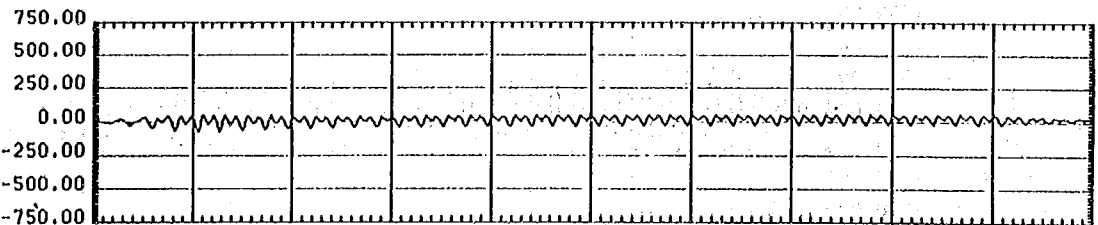
E-6 CH.52
G/CH
ZERO = 0.238
MAXIMUM = 5.887
MINIMUM = -8.583



E-7 CH.53
G/CH
ZERO = 18.210
MAXIMUM = 50.183
MINIMUM = -48.013



E-8 CH.54
G/CH
ZERO = -1.888
MAXIMUM = 18.851
MINIMUM = -88.872

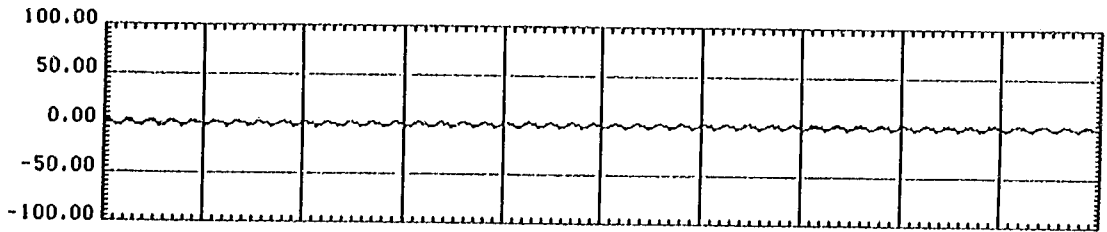


EPS EMBANKMENT CASE 6-2 100GAL

E-9 CH.55
G/CH



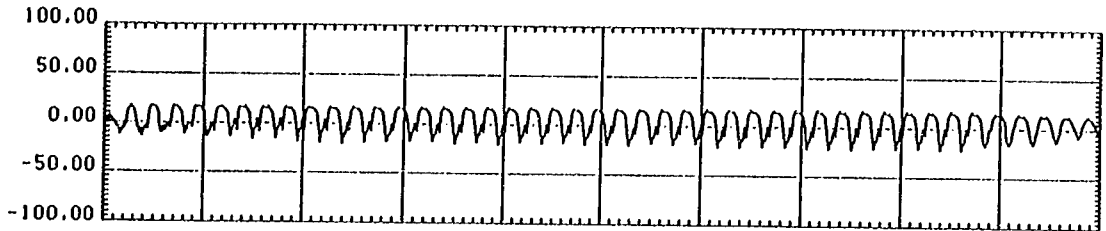
ZERO = 0.120
MAXIMUM = 3.538
MINIMUM = -3.185



E-10 CH.56
G/CH



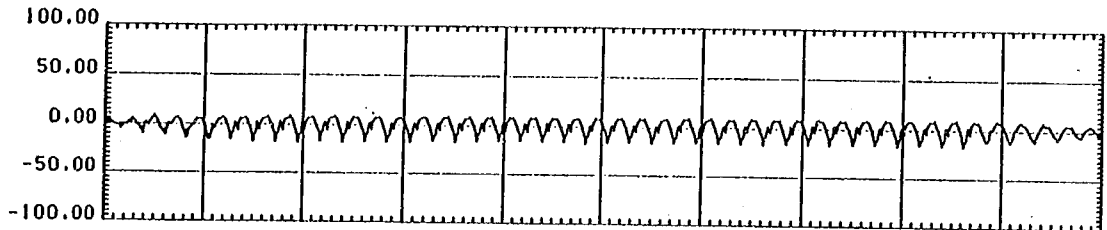
ZERO = -0.377
MAXIMUM = 17.059
MINIMUM = -22.189



E-11 CH.57
G/CH



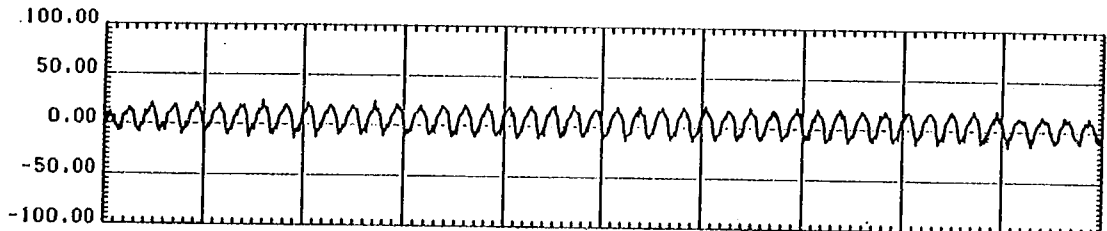
ZERO = -0.751
MAXIMUM = 9.687
MINIMUM = -18.808



E-12 CH.58
G/CH



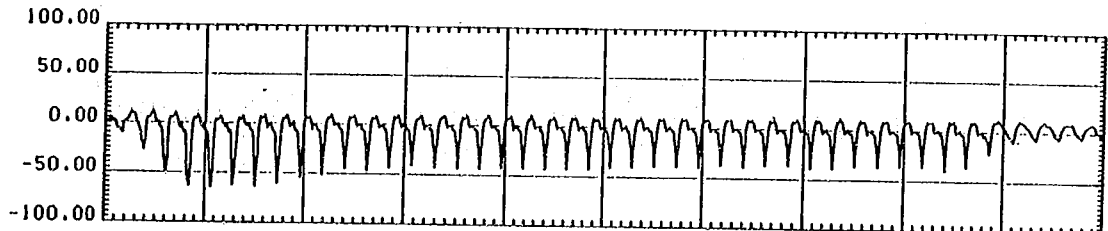
ZERO = -2.803
MAXIMUM = 23.375
MINIMUM = -15.187



E-13 CH.59
G/CH



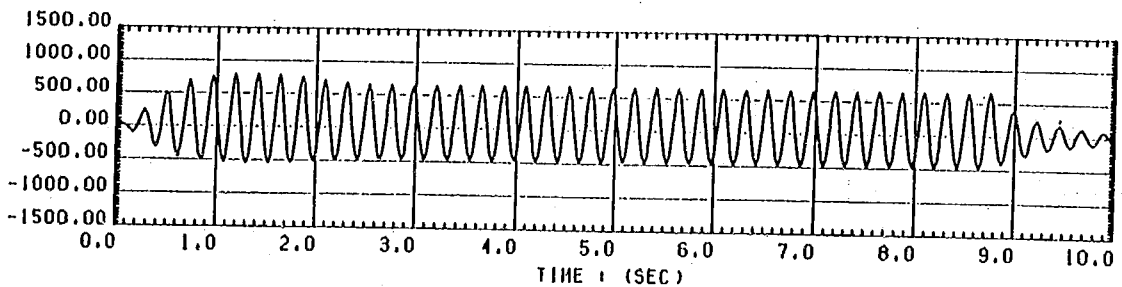
ZERO = -2.186
MAXIMUM = 11.154
MINIMUM = -84.102



T-1 CH.61
K

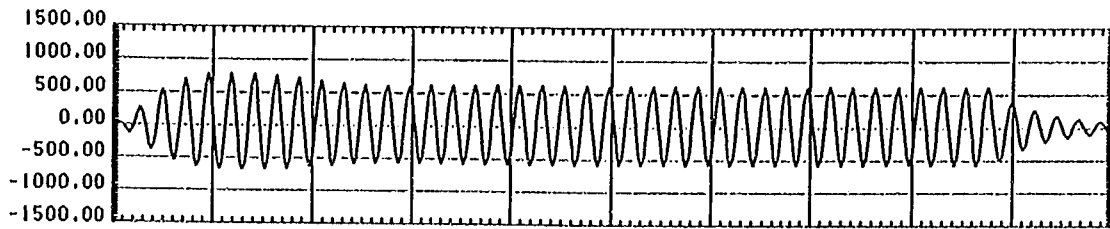


ZERO = -0.835
MAXIMUM = 784.370
MINIMUM = -532.824

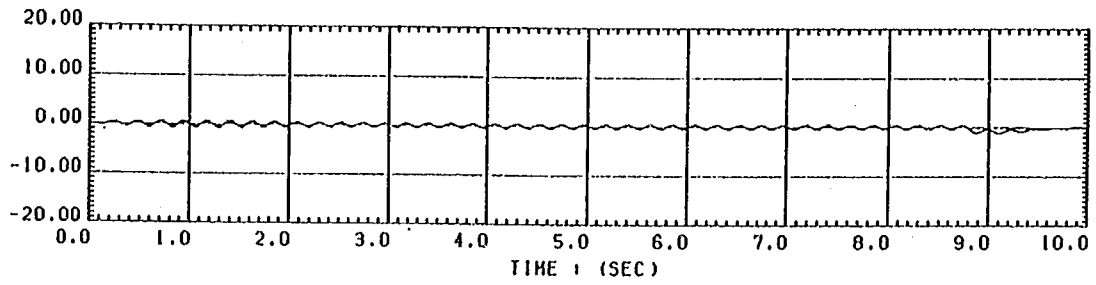


EPS EMBANKMENT CASE 6-2 100GAL

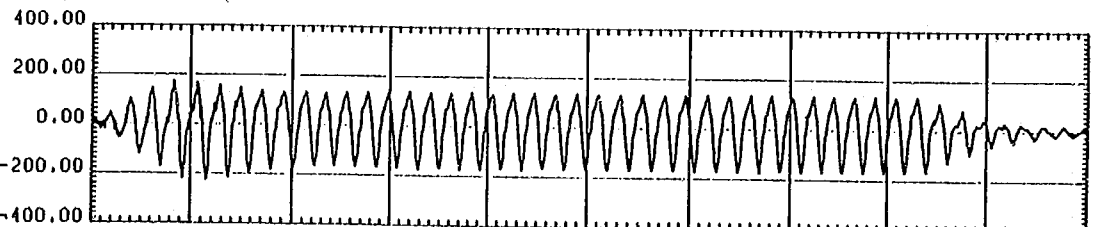
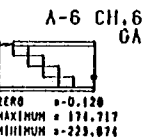
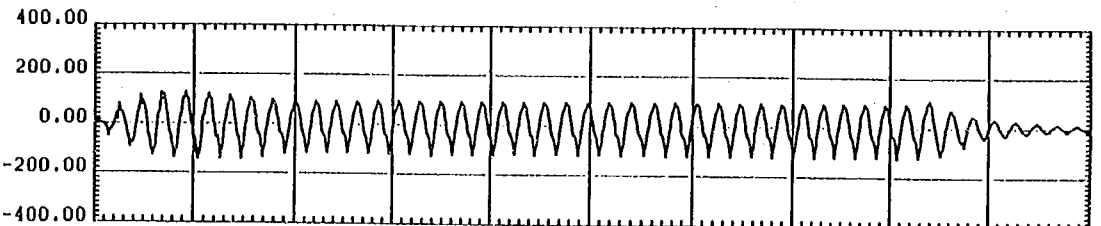
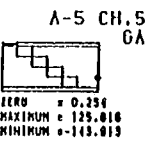
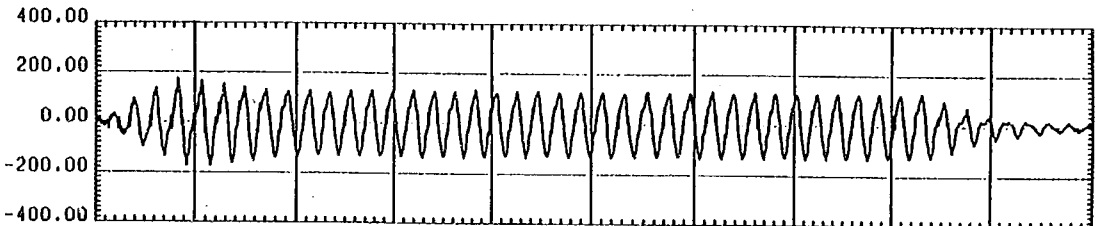
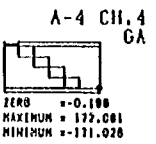
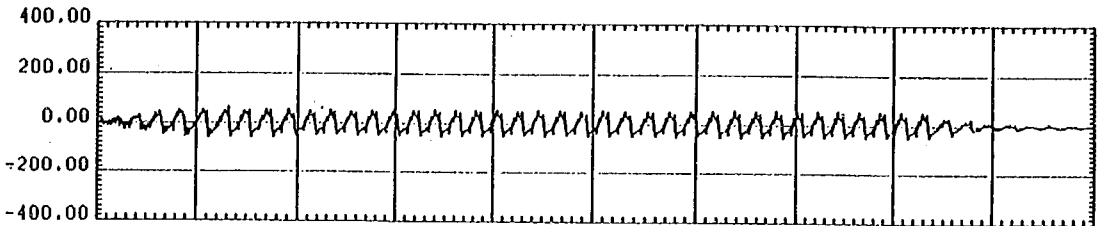
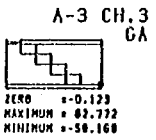
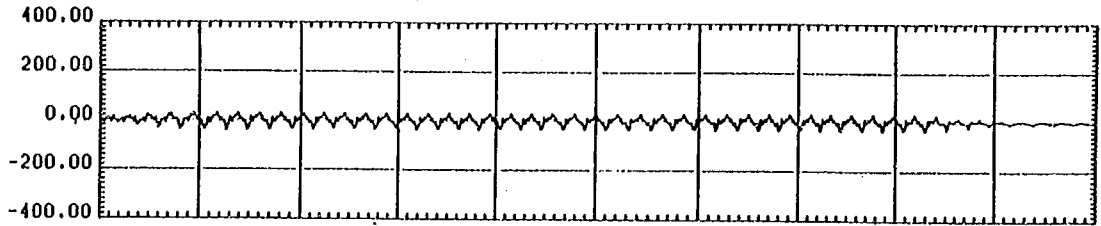
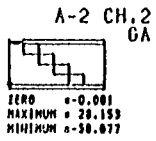
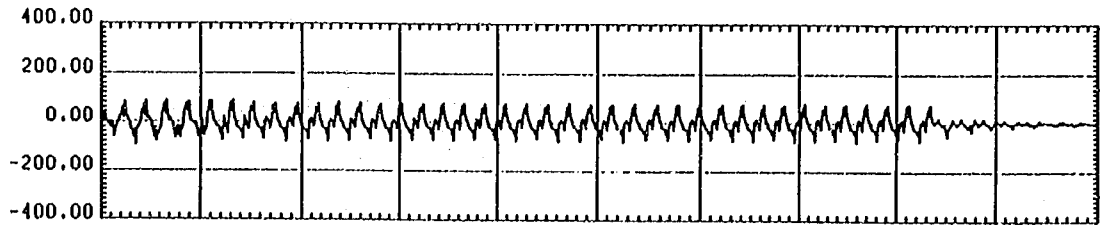
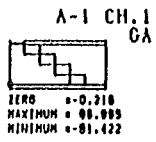
T-2 CH.62
K
ZERO = -10.002
MAXIMUM = 779.031
MINIMUM = -885.489



D-15 CH.63
H
ZERO = -0.004
MAXIMUM = 0.510
MINIMUM = -1.101



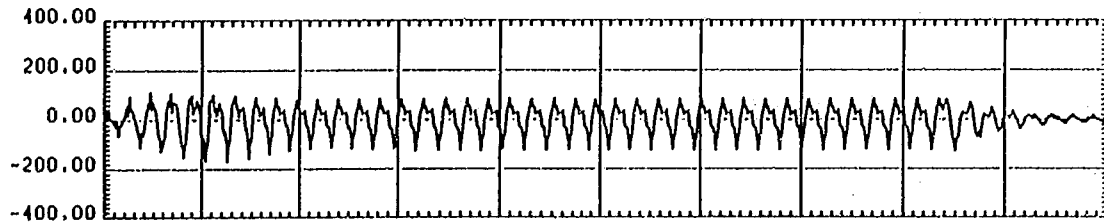
EPS EMBANKMENT CASE 7-2 100GAL



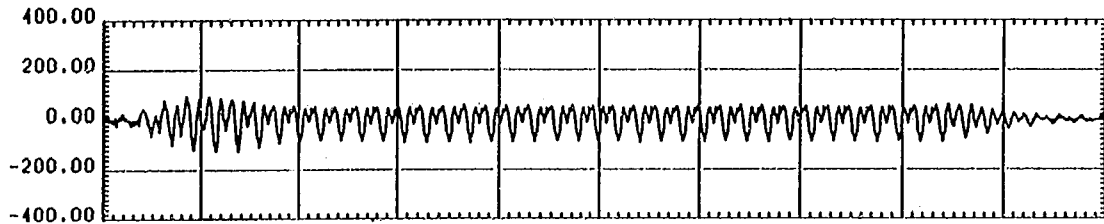
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 7-2 100GAL

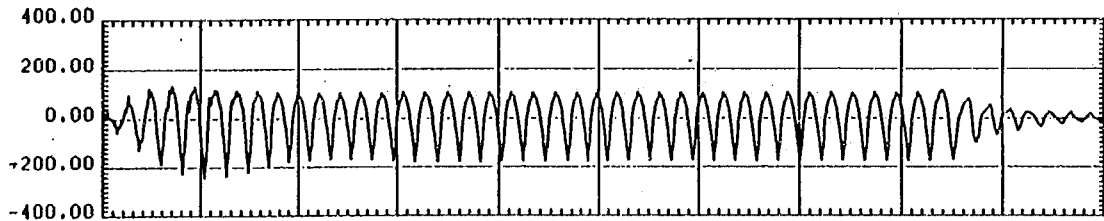
A-7 CH.7
GA
ZERO = 0.154
MAXIMUM = 110.875
MINIMUM = -105.793



A-8 CH.8
GA
ZERO = -0.034
MAXIMUM = 97.183
MINIMUM = -120.605



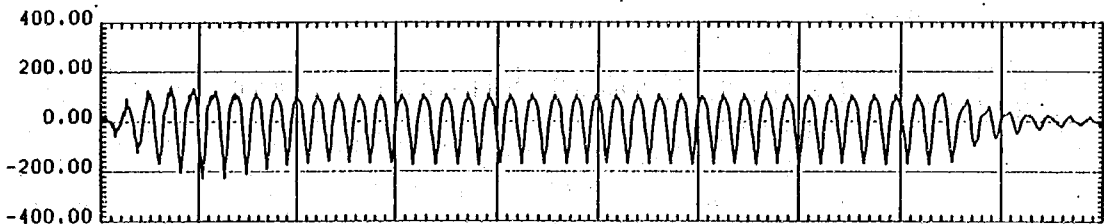
A-9 CH.9
GA
ZERO = 0.010
MAXIMUM = 132.485
MINIMUM = -210.551



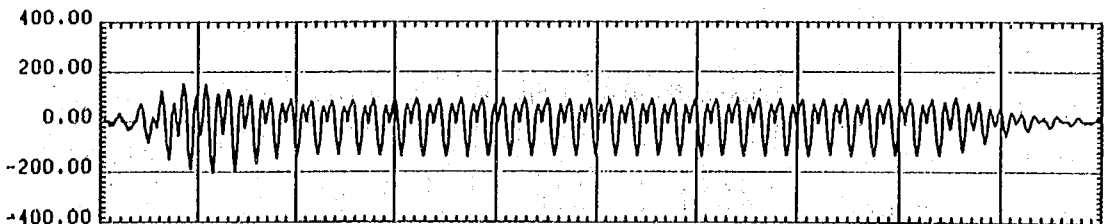
A-10 CH.10
GA
ZERO = -0.010
MAXIMUM = 207.224
MINIMUM = -310.285



A-11 CH.11
GA
ZERO = -0.050
MAXIMUM = 132.918
MINIMUM = -221.397



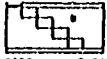
A-12 CH.12
GA
ZERO = -0.013
MAXIMUM = 187.074
MINIMUM = -209.850



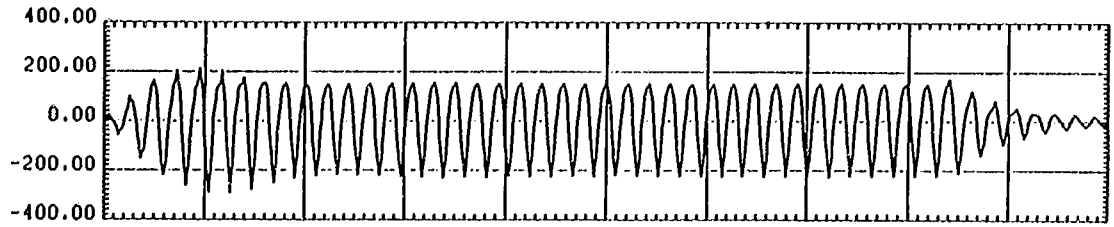
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 7-2 100GAL

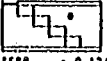
A-19 CH.19
GA



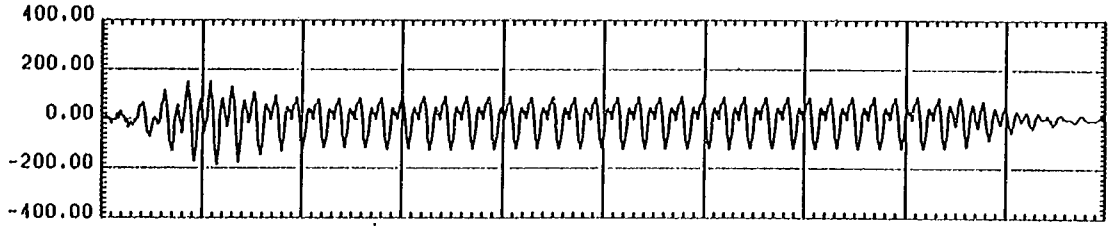
ZERO = 0.043
MAXIMUM = 312.329
MINIMUM = -289.480



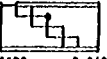
A-20 CH.20
GA



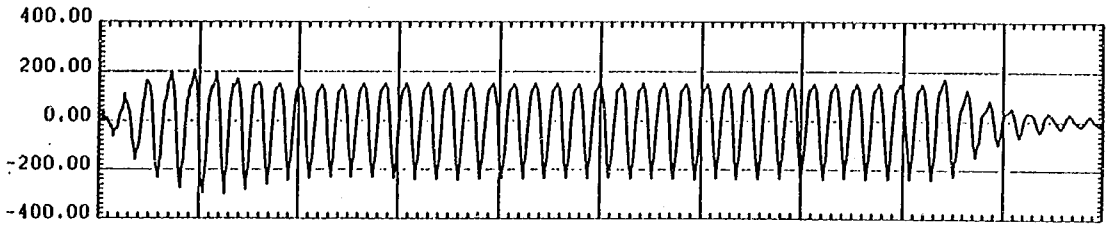
ZERO = -0.124
MAXIMUM = 151.281
MINIMUM = -182.392



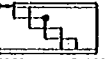
A-21 CH.21
GA



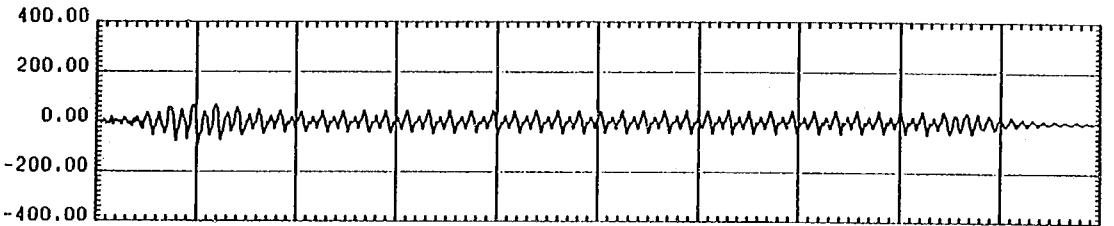
ZERO = -0.043
MAXIMUM = 205.323
MINIMUM = -289.957



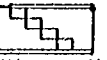
A-22 CH.22
GA



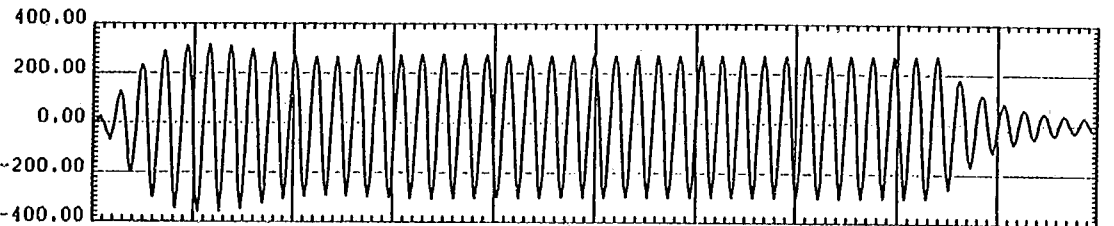
ZERO = -0.172
MAXIMUM = 87.002
MINIMUM = -88.124



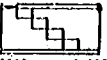
A-23 CH.23
GA



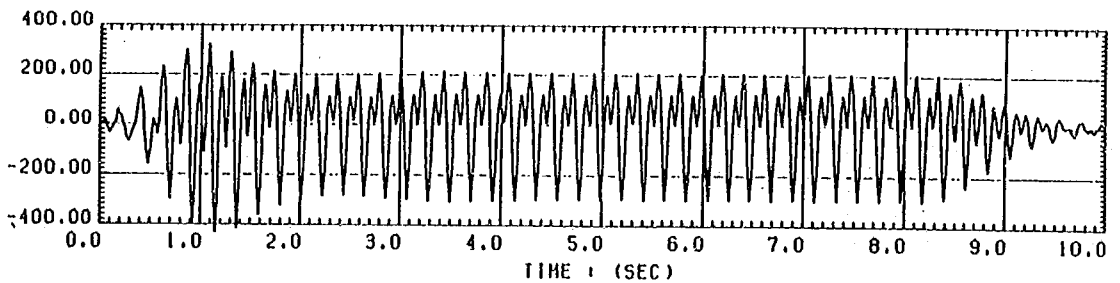
ZERO = -0.102
MAXIMUM = 313.989
MINIMUM = -380.819



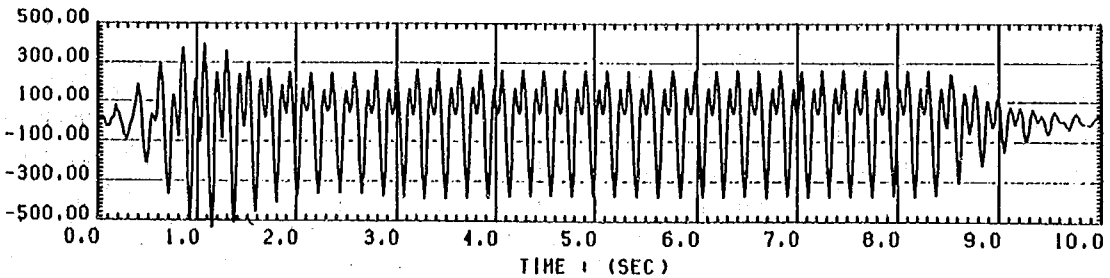
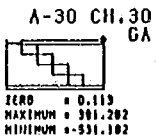
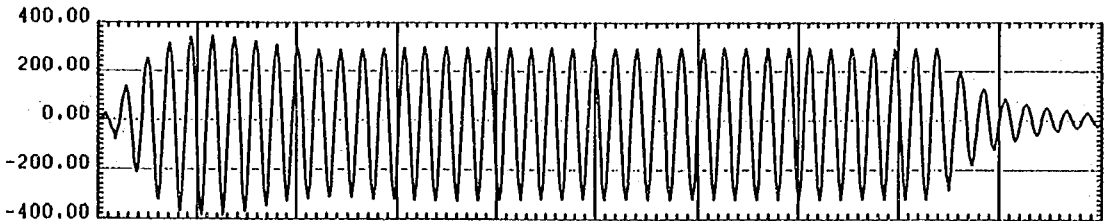
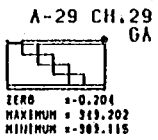
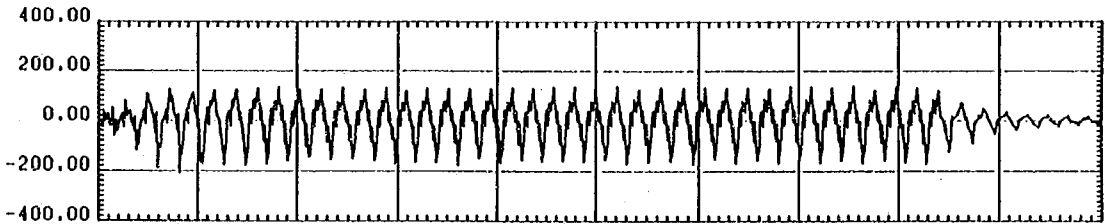
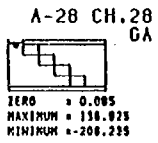
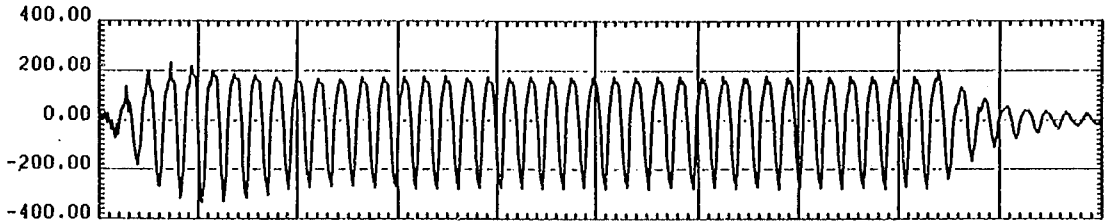
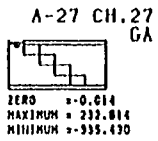
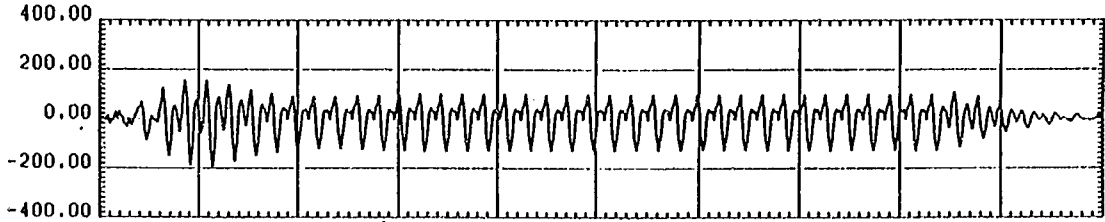
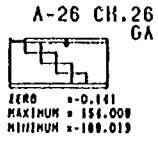
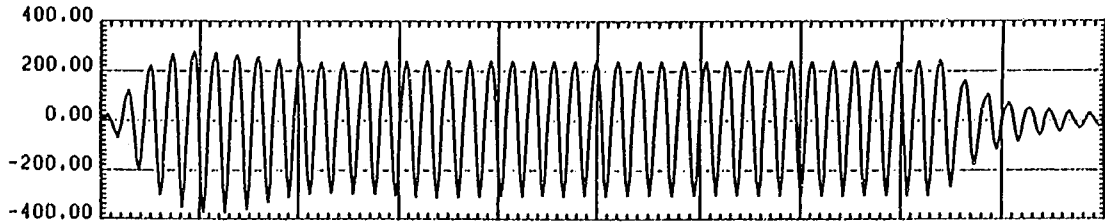
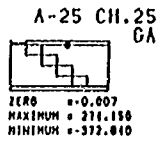
A-24 CH.24
GA



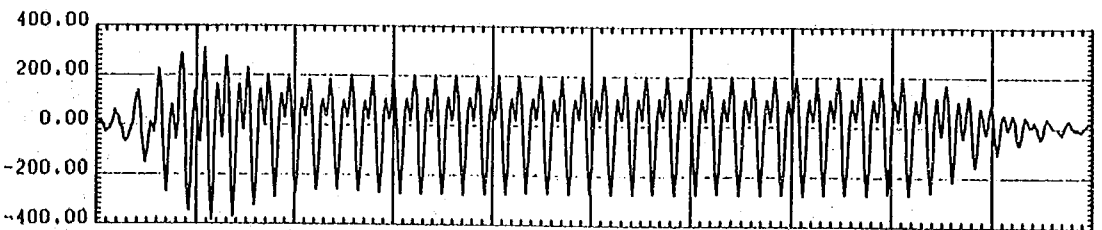
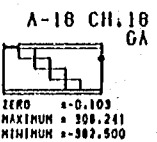
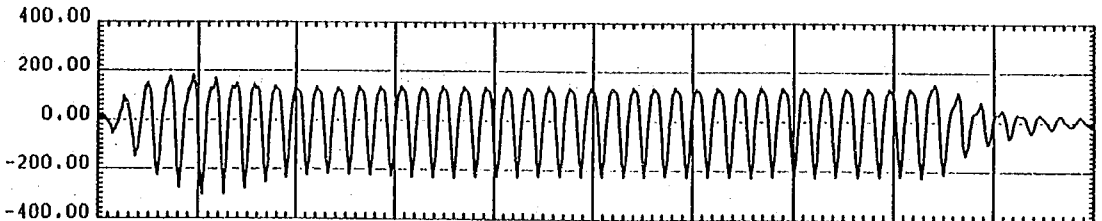
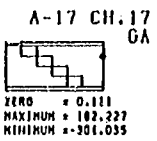
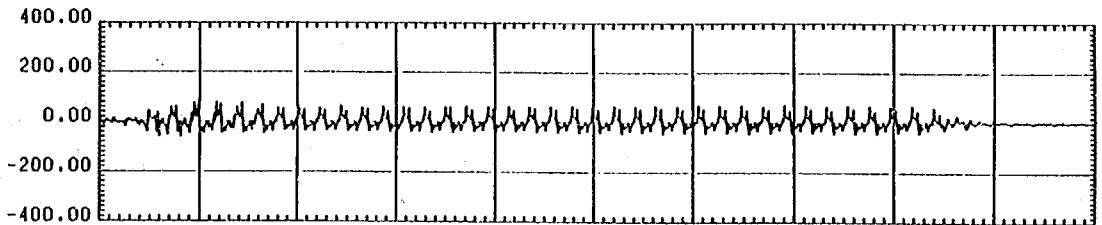
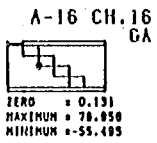
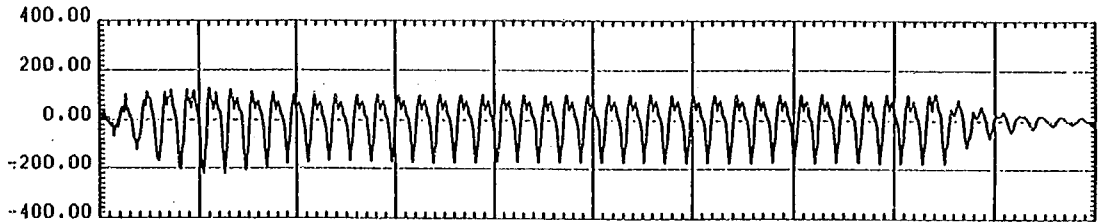
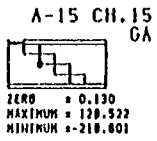
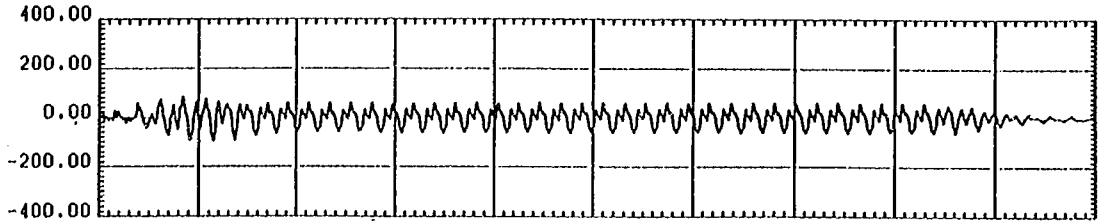
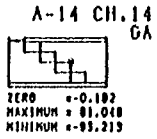
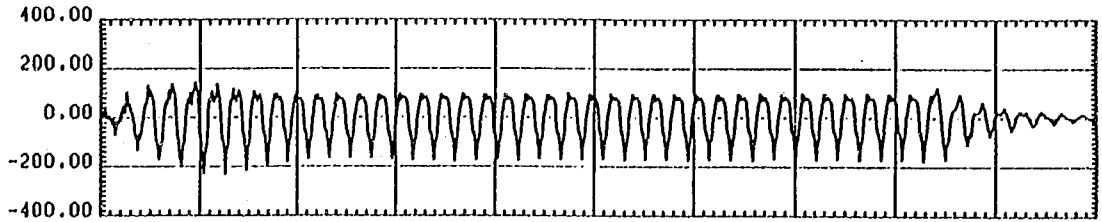
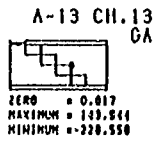
ZERO = -0.085
MAXIMUM = 319.019
MINIMUM = -427.856



EPS EMBANKMENT CASE 7-2 100GAL



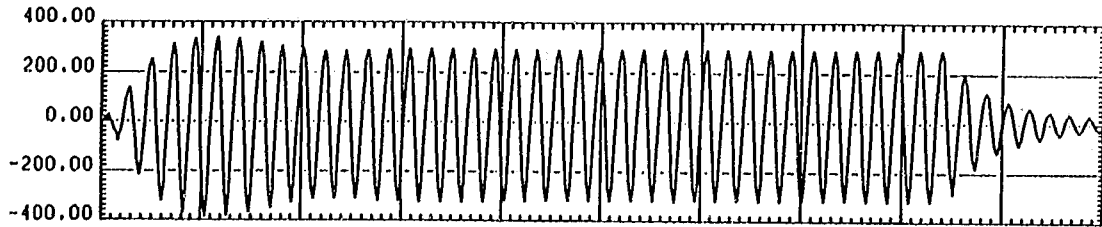
EPS EMBANKMENT CASE 7-2 100GAL



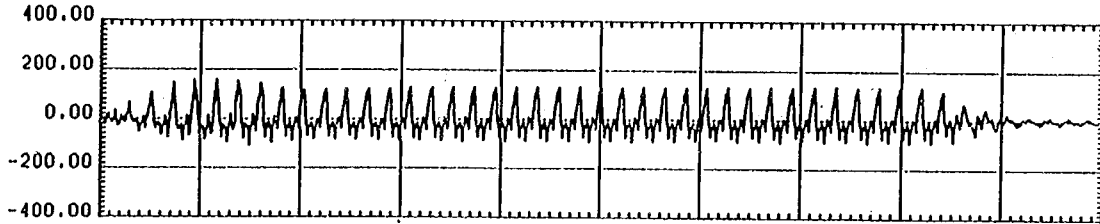
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 7-2 100GAL

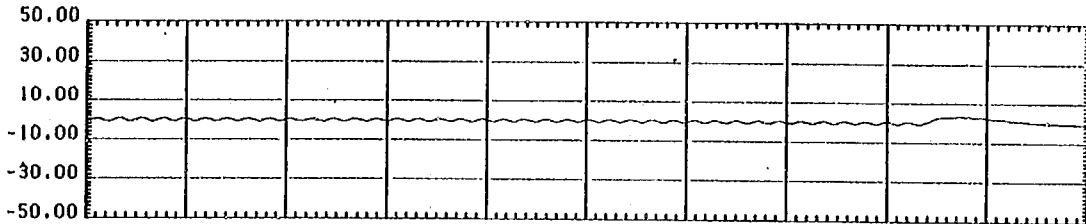
A-31 CH.31
GA
ZERO = 0.173
MAXIMUM = 339.928
MINIMUM = -388.052



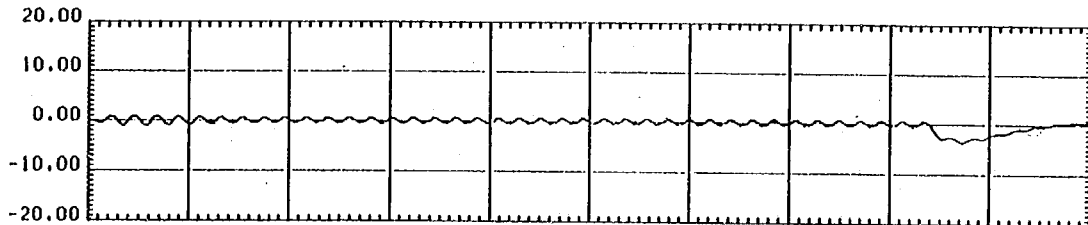
A-32 CH.32
GA
ZERO = -0.332
MAXIMUM = 157.028
MINIMUM = -185.425



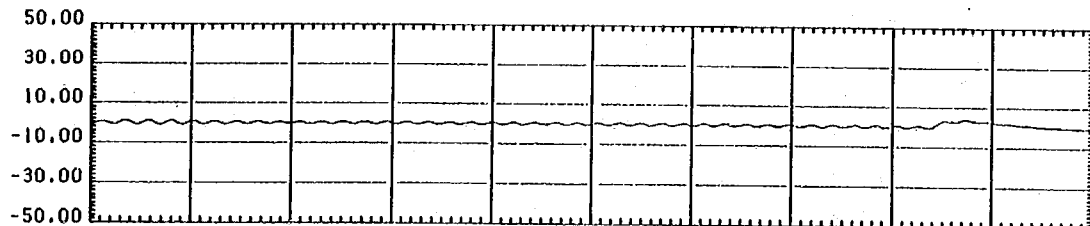
D-1 CH.33
H
ZERO = -0.105
MAXIMUM = 3.428
MINIMUM = -0.789



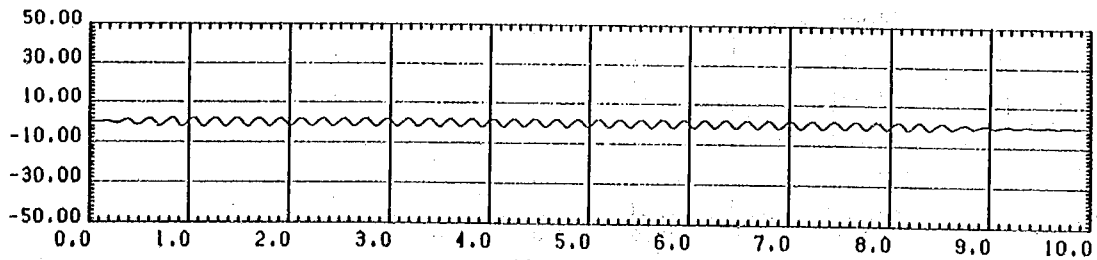
D-2 CH.34
H
ZERO = 0.060
MAXIMUM = 0.831
MINIMUM = -3.684



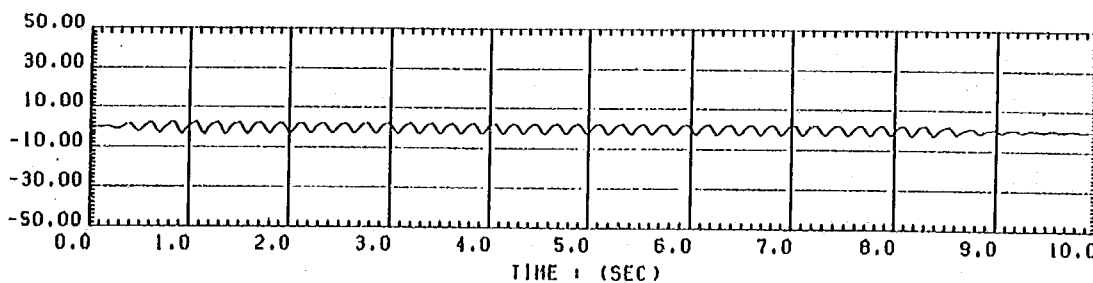
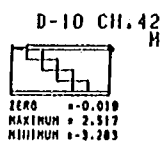
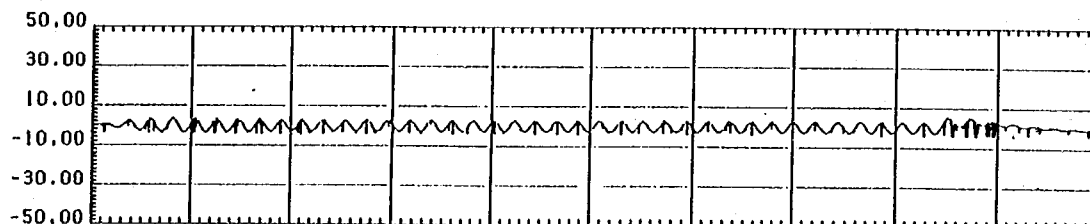
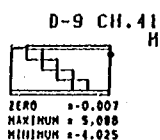
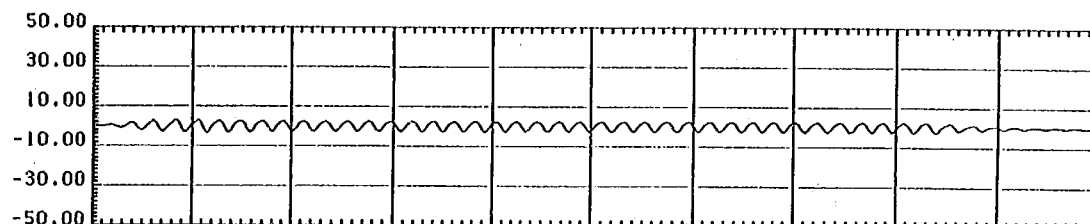
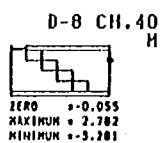
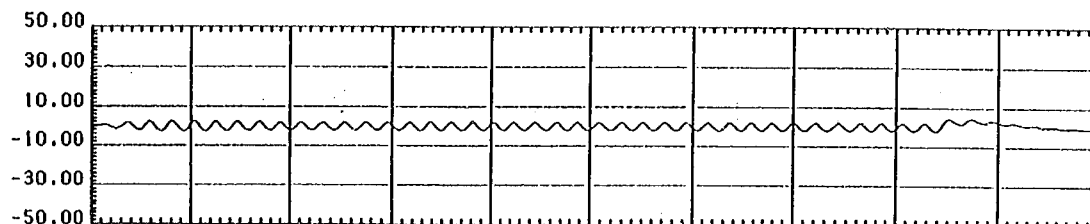
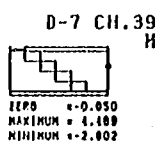
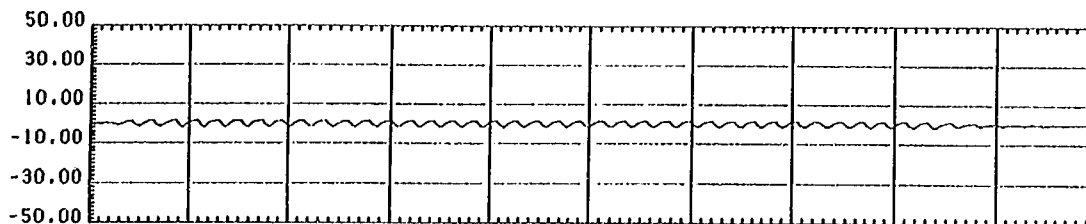
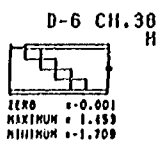
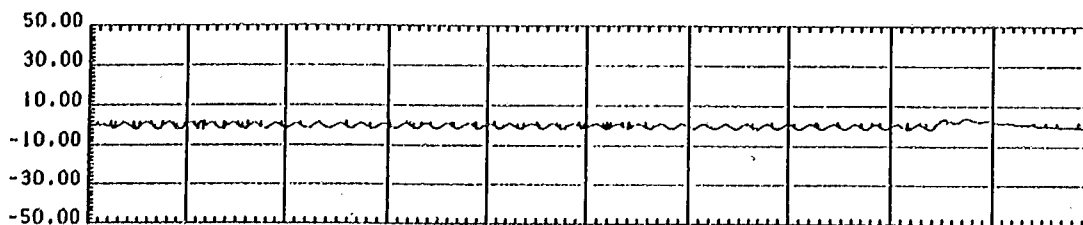
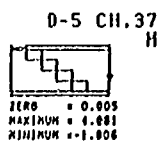
D-3 CH.35
H
ZERO = -0.030
MAXIMUM = 3.323
MINIMUM = -1.625



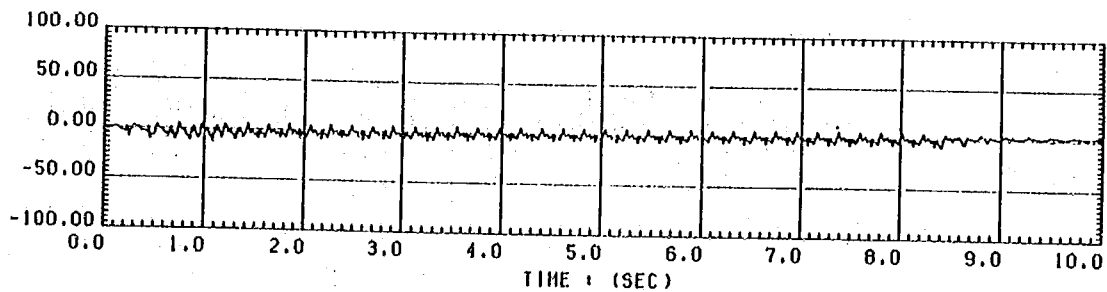
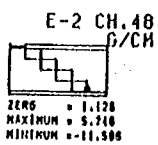
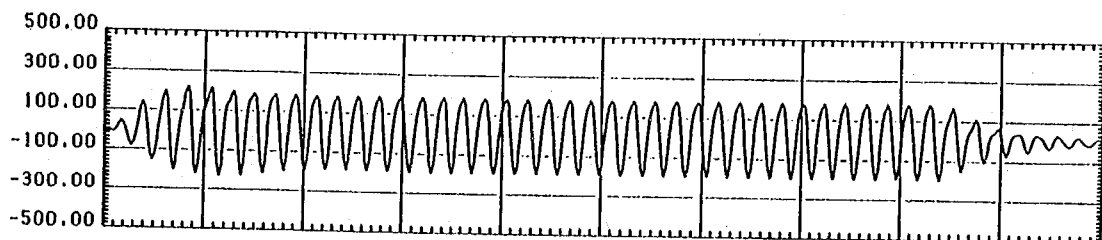
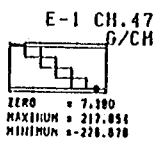
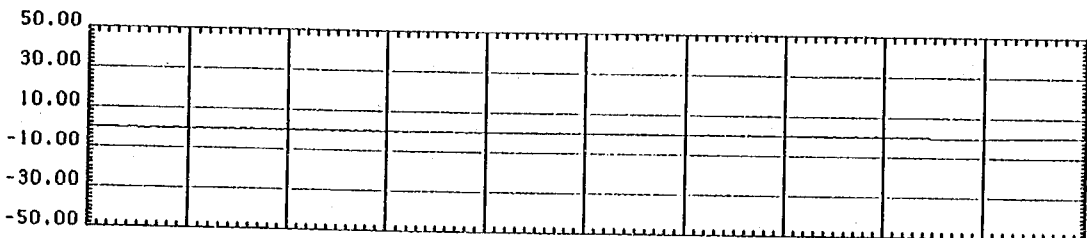
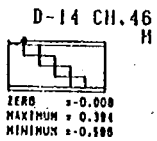
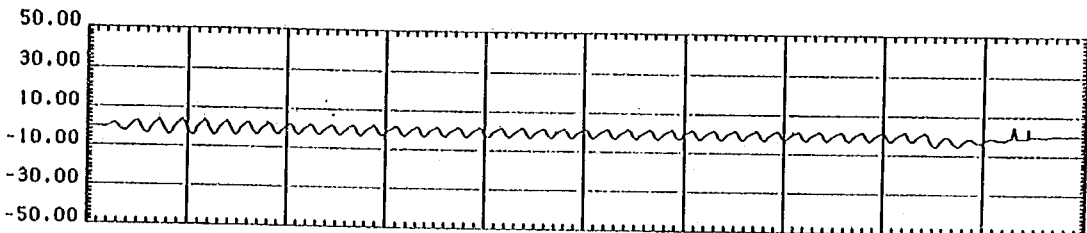
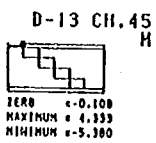
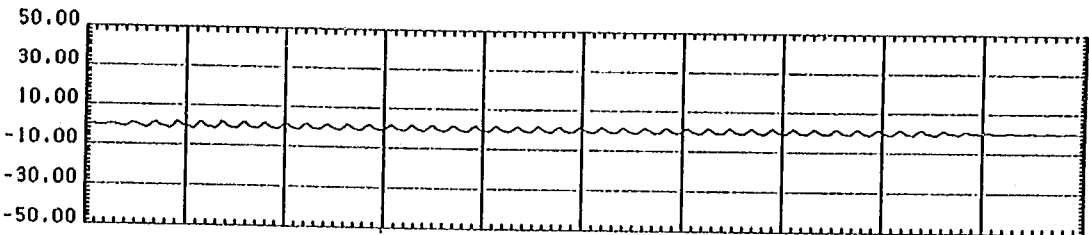
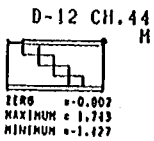
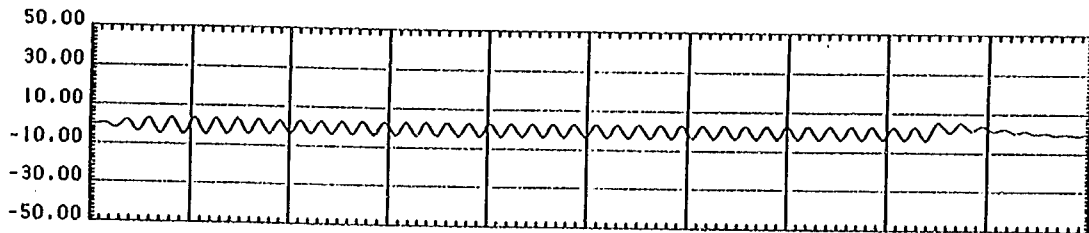
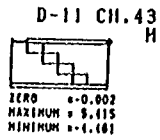
D-4 CH.36
H
ZERO = -0.002
MAXIMUM = 1.978
MINIMUM = -2.208



EPS EMBANKMENT CASE 7-2 100GAL

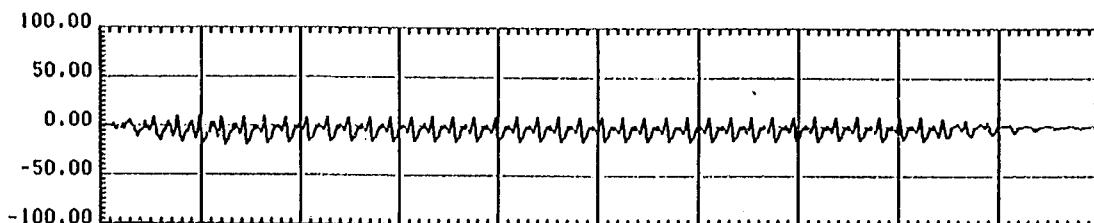


EPS EMBANKMENT CASE 7-2 100GAL

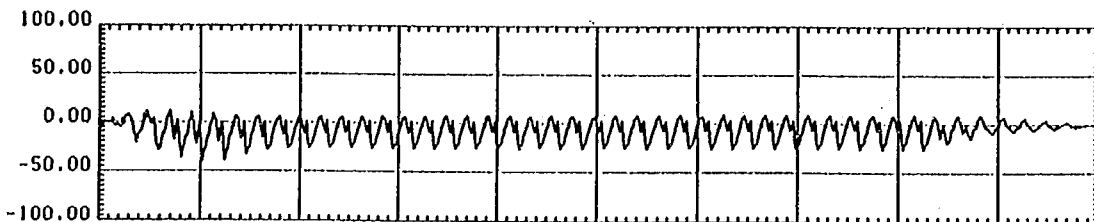


EPS EMBANKMENT CASE 7-2 100CAL

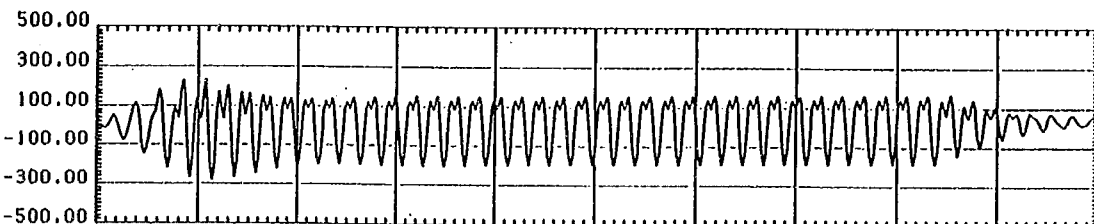
E-3 CH.49
G/CH
ZERO = 5.221
MAXIMUM = 10.269
MINIMUM = -10.842



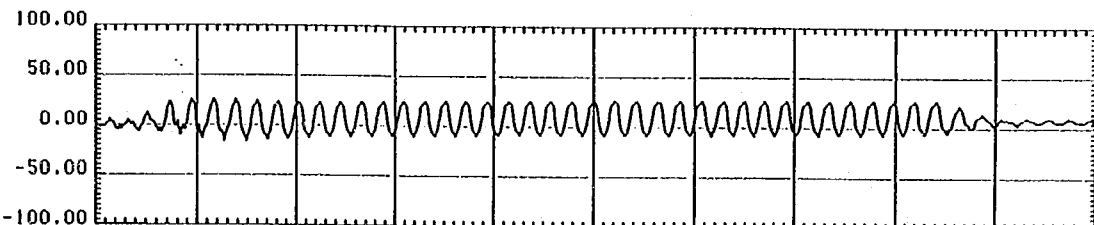
E-4 CH.50
G/CH
ZERO = 5.301
MAXIMUM = 10.737
MINIMUM = -10.080



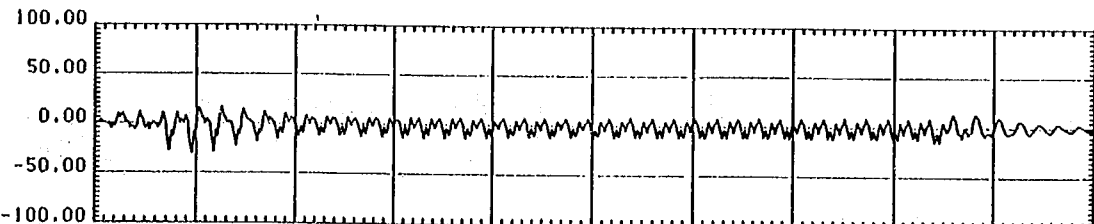
E-5 CH.51
G/CH
ZERO = -2.970
MAXIMUM = 231.440
MINIMUM = -275.080



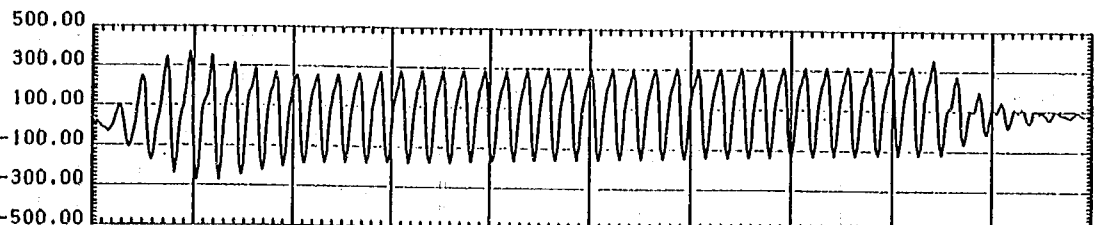
E-6 CH.52
G/CH
ZERO = 2.033
MAXIMUM = 20.559
MINIMUM = -15.687



E-7 CH.53
G/CH
ZERO = -1.880
MAXIMUM = 15.475
MINIMUM = -50.471



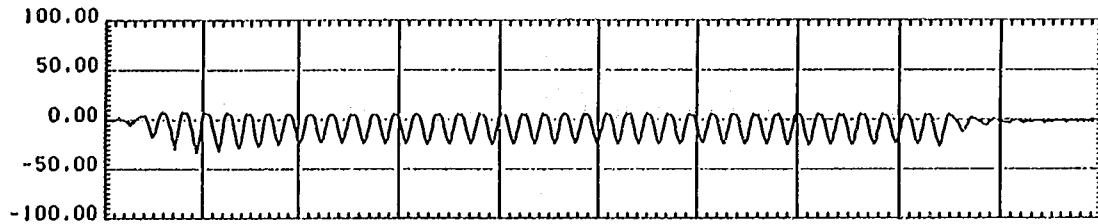
E-8 CH.54
G/CH
ZERO = -3.278
MAXIMUM = 310.504
MINIMUM = -271.700



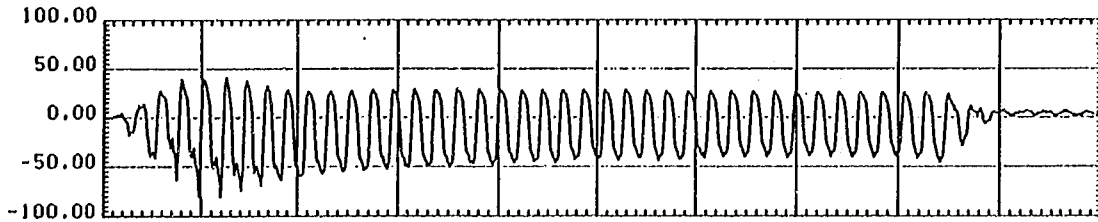
TIME : (SEC)

EPS EMBANKMENT CASE 7-2 100GAL

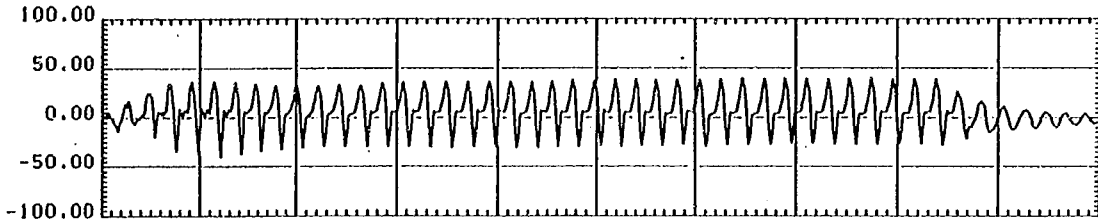
E-9 CH.55
G/CH
ZERO = -0.282
MAXIMUM = 7.100
MINIMUM = -32.123



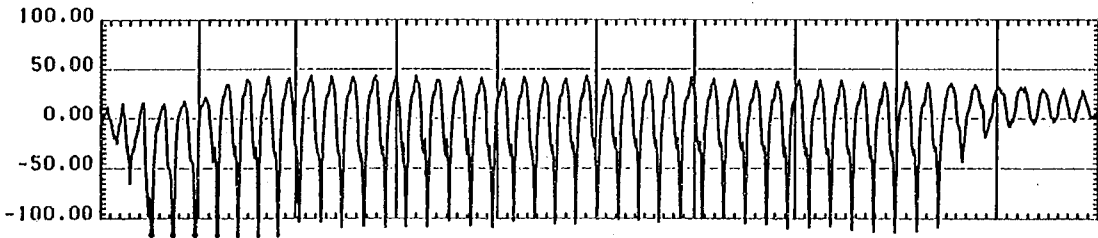
E-10 CH.56
G/CH
ZERO = 7.615
MAXIMUM = 40.253
MINIMUM = -80.350



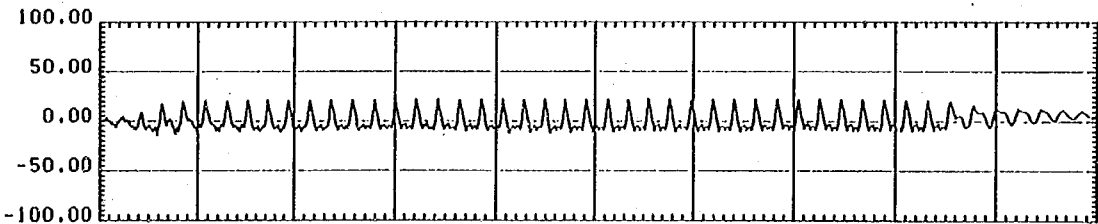
E-11 CH.57
G/CH
ZERO = 0.918
MAXIMUM = 39.278
MINIMUM = -38.838



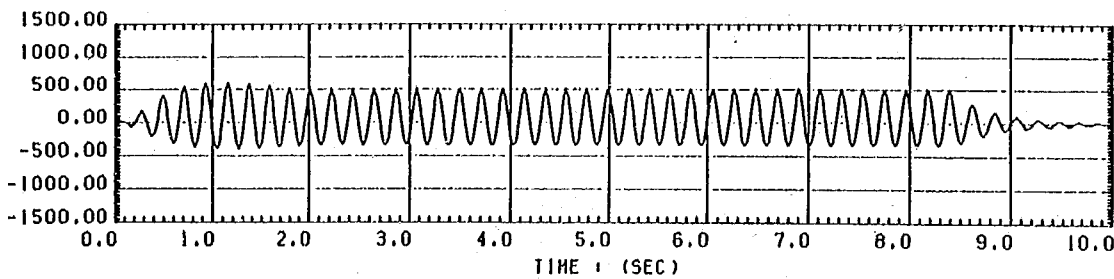
E-12 CH.58
G/CH
ZERO = 12.709
MAXIMUM = 42.891
MINIMUM = -104.109



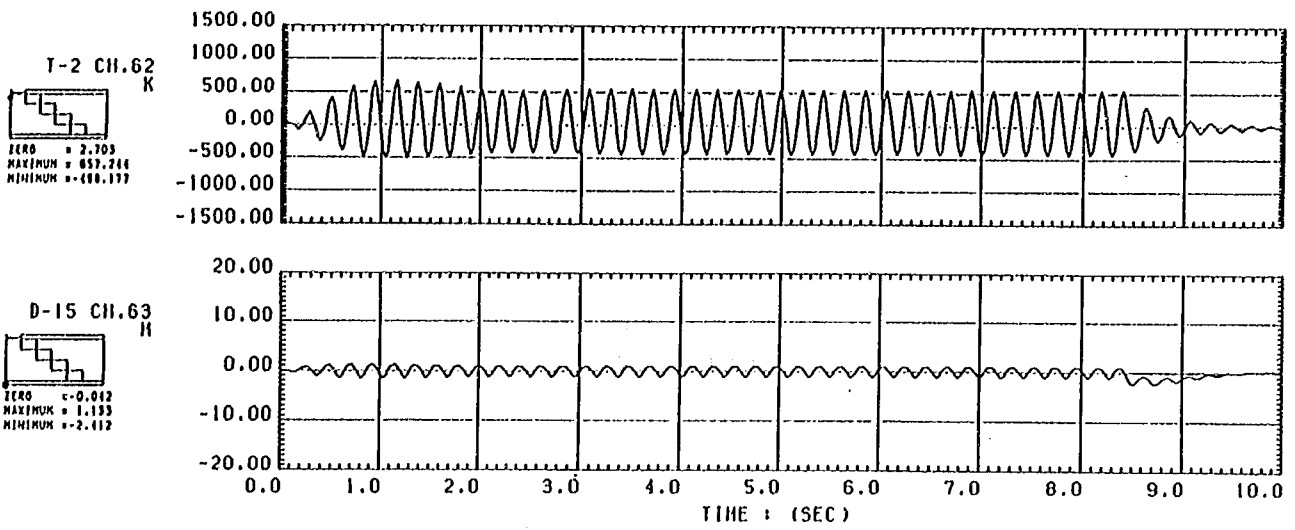
E-13 CH.59
G/CH
ZERO = -0.638
MAXIMUM = 21.784
MINIMUM = -19.750



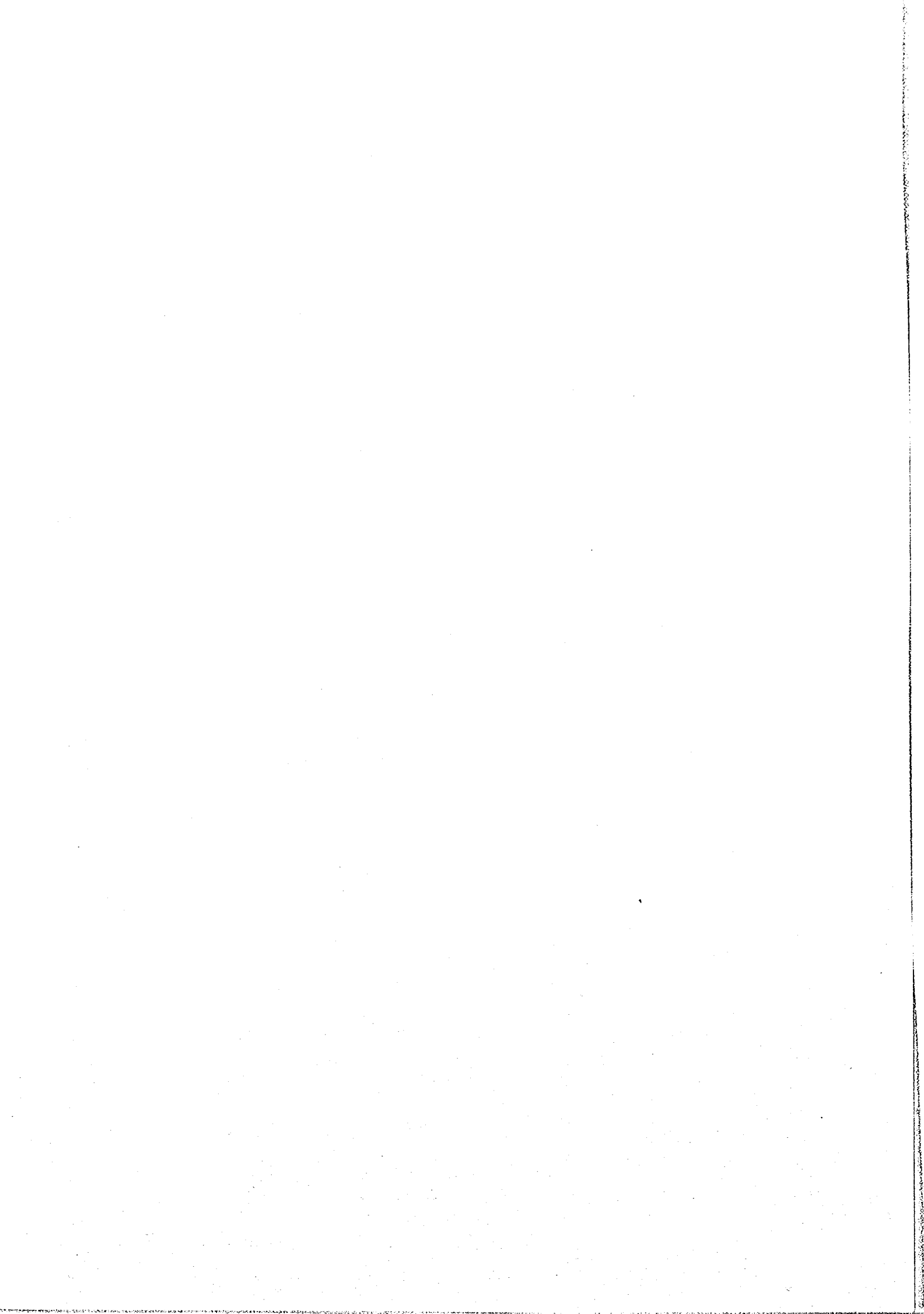
T-1 CH.61
K
ZERO = -0.150
MAXIMUM = 583.277
MINIMUM = -383.884



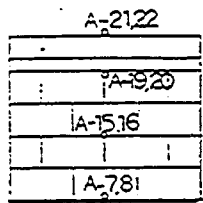
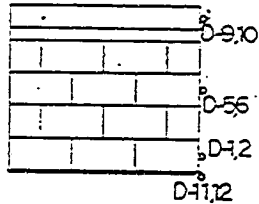
EPS EMBANKMENT CASE 7-2 100GAL



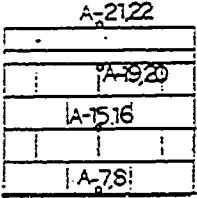
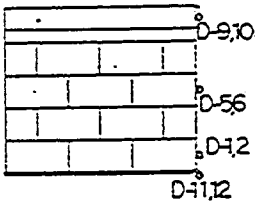
巻末資料 2 ステップ 2 及び 3 における 最大応答値



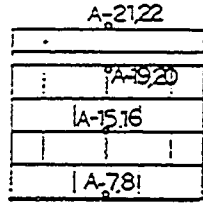
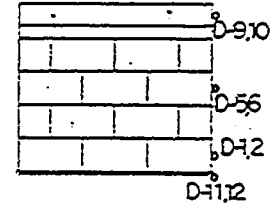
各ケースの応答特性（代表的ポイントでの最大値リスト） Case 1-1

測定項目		測 定 ポイント	ステップ 2 (基準加速度) 5.5 Hz				ステップ 3 (基準加速度) 5.5 Hz				測定モデル図	
			50 mm	100 mm	150 mm	200 mm	Hz 200 mm	300 mm	500 mm	750 mm		1000 mm
応答 加速度 (gal)	水平	A-7	55	87	128	162		200	397	502	1507	
	鉛直	A-8	11	20	23	26		29	63	220	902	
	水平	A-15	91	117	131	165		221	506	750	1489	
	鉛直	A-16	60	109	94	109		138	276	585	1599	
	水平	A-19	155	281	242	296		407	1048	1420	1551	
	鉛直	A-20	51	101	107	132		174	485	774	1489	
	水平	A-21	176	233	236	248		269	339	447	922	
	鉛直	A-22	63	107	103	130		171	403	835	1597	
			()	()	()	()	()	()	()	()	()	
応答 変位 量 (mm)	鉛直	D-1	1.1	1.6	2.4	3.2		4.8	3.5	5.0	6.6	
	水平	D-2	0.4	0.1	0.1	0.1		0.1	0.1	0.1	0.2	
	鉛直	D-5	1.9	2.1	3.1	3.7		5.3	5.7	14.6	12.6	
	水平	D-6	0.7	1.1	1.1	1.1		1.3				
	鉛直	D-9	1.8	2.7	3.3	4.0		4.8	8.9	17.9		
	水平	D-10	0.5	0.9	0.9	1.0		1.1				
	鉛直	D-11	0.8	2.1	2.5	3.2		4.9	5.4	18.4	15.7	
	水平	D-12	0.1	0.6	0.7	0.7		0.8				
			()	()	()	()	()	()	()	()	()	
動土 圧 s/cm²	水平	E-3										
		E-10										
	鉛直	E-1										
		E-8										
アンカー張力 (kg)		T-1										
		T-2										

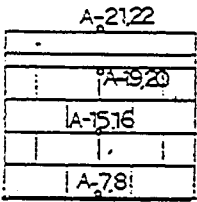
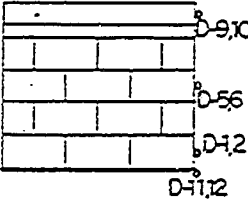
各ケースの応答特性（代表的ポイントでの最大値リスト） Case 1-2

測定項目		測定 ポイント	ステップ 2 (基準加速度) 4.4 Hz				ステップ 3 (基準加速度) 4.4 Hz					測定モデル図
			50 gal	100 gal	150 gal	200 gal	Hz 200 gal	300 gal	500 gal	750 gal	1000 gal	
応答 加速 度 (gal)	水平	A- 7	84	141	176	329		583	1145			
	鉛直	A- 8	20	61	43	118		116	484			
	水平	A-15	186	211	243	340		370	681			
	鉛直	A-16	84	149	142	219		440	298			
	水平	A-19	271	322	376	628		837	978			
	鉛直	A-20	72	167	212	348		416	545			
	水平	A-21	306	339	363	417		446	434			
	鉛直	A-22	116	198	243	383		450	709			
			()	()	()	()	()	()	()	()	()	
応答 変位 量 (mm)	鉛直	D- 1	0.6	1.0	1.4	2.7		5.3	0.2			
	水平	D- 2	0.1	0.1	0.1	0.5		0.7				
	鉛直	D- 5	3.2	4.2	3.1	7.6		21.5	33			
	水平	D- 6	1.8	2.2	2.5	3.1						
	鉛直	D- 9	4.4	4.9	4.9	8.0		15.3	33.4			
	水平	D-10	1.5	2.1	2.6	3.4						
	鉛直	D-11	2.0	1.8	2.1	16.6		49	13.7			
	水平	D-12	1.1	1.4	1.6	2.2			0.3			
			()	()	()	()	()	()	()	()	()	
動 土 圧 (N/cm^2)	水平	E- 3										
		E-10										
	鉛直	E- 1										
		E- 8										
アンカー張力 (kg)		T- 1										
		T- 2										

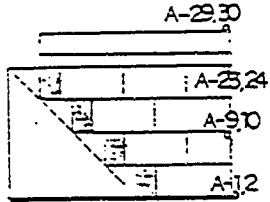
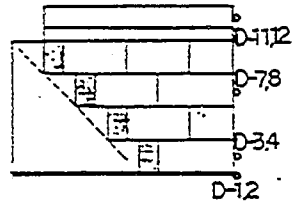
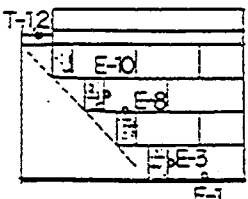
各ケースの応答特性（代表的ポイントでの最大値リスト） Case 1-3

測定項目		測定 ポイント	ステップ 2 (基準加速度) 5.4 Hz				ステップ 3 (基準加速度) 5.4 Hz					測定モデル図
			50 gal	100 gal	150 gal	200 gal	Hz 200 gal	300 gal	500 gal	750 gal	1000 gal	
応答 加 速 度 (gal)	水平	A-7	59	84	113	160		225	350	2941	2962	
	鉛直	A-8	10	18	46	33		65	174	1289	1039	
	水平	A-15	76	118	143	182		329	855	2036	2979	
	鉛直	A-16	22	51	75	106		175	371	1746	1959	
	水平	A-19	112	196	350	265		374	819	1340	1792	
	鉛直	A-20	26	75	122	200		305	617	1983	2076	
	水平	A-21	131	222	245	287		336	432	1523	1344	
	鉛直	A-22	27	93	133	200		355	724	3190	3190	
			()	()	()	()	()	()	()	()	()	
			()	()	()	()	()	()	()	()	()	
応答 変 位 量 (mm)	鉛直	D-1	0.9	1.5	1.1	1.5		1.3	2.5	7.5	8.6	
	水平	D-2	0	0.0	0.0	0.7		0.1	0.1	0.2	0.0	
	鉛直	D-5	1.2	2.1	3.0	1.8		2.1	5.1	17.5	20.6	
	水平	D-6	0.6	1.3	1.5	2.0		2.9	5.2			
	鉛直	D-9	1.5	2.3	3.6	2.3		3.3	19.1	18.6		
	水平	D-10	0.4	1.1	1.4	1.9		2.8	5.3			
	鉛直	D-11	0.6	1.6	1.5	1.5		1.3	2.7	18.8	18.1	
	水平	D-12	0.3	0.6	0.8	1.2		2.0	4.1			
			()	()	()	()	()	()	()	()	()	
			()	()	()	()	()	()	()	()	()	
動土 圧 N/cm ²	水平	E-3										
		E-10										
	鉛直	E-1										
		E-8										
アンカー張力 (kg)		T-1										
		T-2										

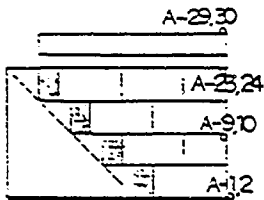
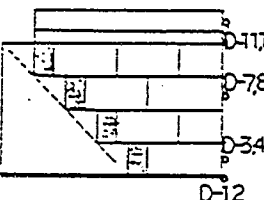
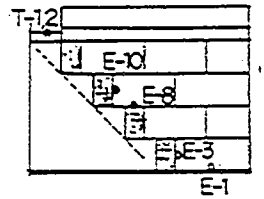
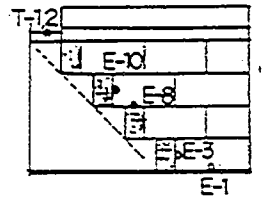
各ケースの応答特性 (代表的ポイントでの最大値リスト) Case 1-4

測定項目	測定 ポイント	ステップ 2 (基準加速度) 4.5 Hz				ステップ 3 (基準加速度) 4.5 Hz					測定モデル図
		50 gal	100 gal	150 gal	200 gal	Hz 200 gal	300 gal	500 gal	750 gal	1000 gal	
応答 加速度 (gal)	水平 A-7	31	91	140	172		371	1507	1516	1515	
	鉛直 A-8	9	16	21	39		166	1361	1452	1445	
	水平 A-15	52	114	149	258		300	1288	1489	1489	
	鉛直 A-16	15	60	90	136		261	1579	1602	1513	
	水平 A-19	94	225	273	302		416	993	1141	1521	
	鉛直 A-20	16	75	157	252		464	1489	1489	1489	
	水平 A-21	108	260	303	330		373	1142	1513	1513	
	鉛直 A-22	80	240	311	383		662	1590	1590	1576	
		()	()	()	()	()	()	()	()	()	
応答 変位 量 (mm)	鉛直 D-1	0.6	0.7	1.0	1.3						
	水平 D-2	0.4	0.1	0.1	0.1						
	鉛直 D-5	1.0	1.8	2.3	1.9						
	水平 D-6	0.4	1.1	1.5	1.8						
	鉛直 D-9	1.4	4.2	4.6	3.8						
	水平 D-10	0.5	1.5	2.3	3.3						
	鉛直 D-11	0.5	0.8	1.2	1.3						
	水平 D-12	0	0.9	1.2	2.5						
		()	()	()	()	()	()	()	()	()	
動土 圧 g/cm ²	水平 E-3										
	E-10										
	鉛直 E-1										
	E-8										
アンカー張力 (kg)	T-1										
	T-2										

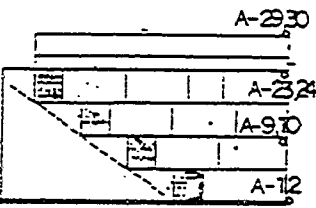
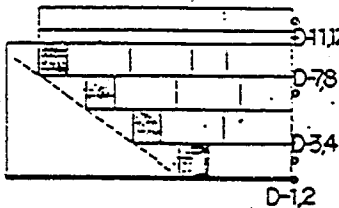
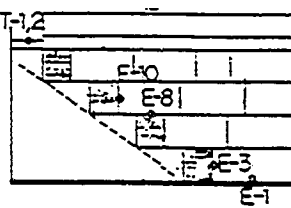
各ケースの応答特性（代表的ポイントでの最大値リスト） Case 2-1

測定項目		測定 ポイント	ステップ 2 (基準加速度) 8.8 Hz				ステップ 3 (基準加速度) 5 Hz					測定モデル図
			50 gal	100 gal	150 gal	200 gal	Hz 200 gal	300 gal	500 gal	750 gal	1000 gal	
応答 加速度 (gal)	水平	A-1	44	87	150	197		243	521	797	1002	
	鉛直	A-2	20	57	116	156		116	344	343	327	
	水平	A-9	62	194	243	292		367	1105	1142	1371	
	鉛直	A-10	56	200	319	352		286	1059	770	1600	
	水平	A-23	116	297	437	603		466	1516	1537	1538	
	鉛直	A-24	90	320	624	648		317	1131	1330	1579	
	水平	A-29	122	358	544	675		528	1334	1482	1481	
	鉛直	A-30	160	443	889	1056		502	1503	1356	1504	
			()	()	()	()	()	()	()	()	()	
応答 変位 量 (mm)	鉛直	D-1	0.67	1.73	0.3	0.5		2.5	6.2	7.2	14.9	
	水平	D-2	0.06	0.06	0.1	0.1		0.1	0.2	0.3	0.3	
	鉛直	D-5	0.69	1.81	0.7	0.9		2.4	21.9			
	水平	D-6	0.15	0.92	1.3	1.5						
	鉛直	D-9	0.67	1.92	2.0	1.3		3.8	20.8			
	水平	D-10	0.27	1.18	1.9	2.3						
	鉛直	D-11	0.75	2.00	1.3	1.6		3.4	7.4	9.2		
	水平	D-12	0.07	0.35	0.7	1.1						
			()	()	()	()	()	()	()	()	()	
動土 圧 (g/cm^2)	水平	E-3	4	10	14	16		9	13			
		E-10	12	50	55	63		53	15			
	鉛直	E-1	3	10	13	15		17	50	322	299	
		E-8	24	60	72	74		94				
アンカー張力 (kg)		T-1										
		T-2										

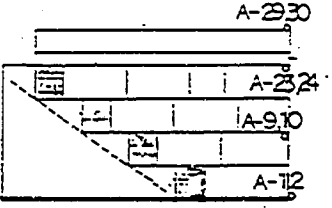
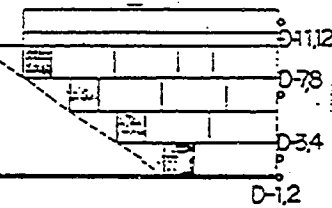
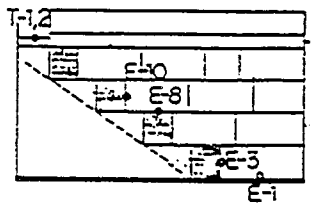
各ケースの応答特性（代表的ポイントでの最大値リスト） Case 2-2

測定項目	測定 ポイント	ステップ 2 (基準加速度) 6.5 Hz				ステップ 3 (基準加速度) 5 Hz					測定モデル図
		50 gal	100 gal	150 gal	200 gal	5Hz 200 gal	300 gal	500 gal	750 gal	1000 gal	
応答 加速度 (gal)	水平	A-1	59	99	161	194	213	262	638		
	鉛直	A-2	24	43	76	86	91	91	526		
	水平	A-9	62	181	217	283	364	578	1190		
	鉛直	A-10	85	232	352	426	537	676	1234		
	水平	A-23	135	293	372	410	641	948	1610		
	鉛直	A-24	192	526	796	1004	1352	1683	1701		
	水平	A-29	181	445	691	743	323	754	741		
	鉛直	A-30	253	593	951	1137	1487	1487	1487		
			()	()	()	()	()	()	()	()	
			()	()	()	()	()	()	()	()	
応答 変位 量 (mm)	鉛直	D-1	0.2	0.3	0.5	0.7	3.0	4.3	4.8		
	水平	D-2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.4		
	鉛直	D-5	0.3	0.4	0.6	0.9	3.3	3.5	5.6		
	水平	D-6	0.2	0.7	1.4	1.7	2.1	3.1			
	鉛直	D-9					4.0	5.8			
	水平	D-10	0.6	1.5	2.4	2.8	3.2	4.7			
	鉛直	D-11	1.2	1.7	2.2	2.6	4.4	3.1			
	水平	D-12	0.3	1.1	1.4	1.7	2.8	3.5			
			()	()	()	()	()	()	()	()	
			()	()	()	()	()	()	()	()	
動土 圧 E/cm²	水平	E-3	7	13	16	19	24	5	7		
		E-10	6	14	16	13	169	162	233		
	鉛直	E-1	299	701	1015	1179	1772	1919	2570		
		E-8	128	239	279	342	370	851			
アンカー張力 (kg)		T-1									
		T-2									

各ケースの応答特性 (代表的ポイントでの最大値リスト) Case 3-1

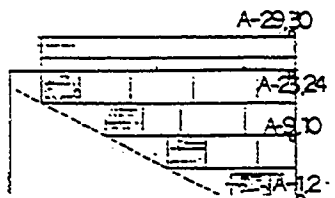
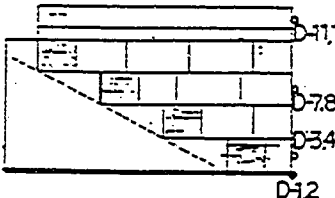
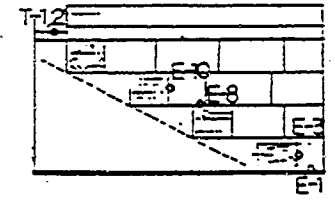
測定項目	測 定		ステップ 2 (基準加速度) 7.70 Hz				ステップ 3 (基準加速度)				測定モデル図	
		ポイント	50 gal	100 gal	150 gal	200 gal	5Hz 200 gal	300 gal	500 gal	750 gal		1000 gal
応答 加速度 (gal)	水平	A- 1	52	82	145	177	213					
	鉛直	A- 2	30	46	89	69	81					
	水平	A- 9	95	145	206	239	337					
	鉛直	A-10	107	165	251	297	296					
	水平	A-23	180	258	447	551	500					
	鉛直	A-24	130	208	327	372	295					
	水平	A-29	203	280	400	450	410					
	鉛直	A-30	192	260	440	510	397					
			()	()	()	()	()	()	()	()	()	
応答 変位 量 (mm)	鉛直	D- 1	0.8	1.2	0.7	0.8	2.1					
	水平	D- 2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2					
	鉛直	D- 5	1.0	0.5	0.7	0.8	2.9					
	水平	D- 6	0.4	0.8	0.9	1.2	1.4					
	鉛直	D- 9	1.1	1.2	1.2	2.0	4.0					
	水平	D-10	0.4	0.7	1.2	1.4	2.0					
	鉛直	D-11	1.2	1.2	1.6	2.0	4.0					
	水平	D-12	0.3	0.4	0.6	0.7	1.0					
			()	()	()	()	()	()	()	()	()	
動土 圧 (t/cm²)	水平	E- 3	7	10	7	10	13					
		E-10	13	22	60	123	103					
	鉛直	E- 1	40	61	126	156	201					
		E- 8	66	84	94	107	111					
アンカー張力 (kg)		T- 1										
		T- 2										

各ケースの応答特性（代表的ポイントでの最大値リスト） Case 3-2

測定項目	測定 ポイント	ステップ 2 (基準加速度) 6.50 Hz				ステップ 3 (基準加速度)					測定モデル図
		50 gal	100 gal	150 gal	200 gal	5Hz 200 gal	300 gal	500 gal	750 gal	1000 gal	
応答 加速度 (gal)	水平	A-1	66	101	139	174	211				
	鉛直	A-2	24	38	63	73	57				
	水平	A-9	90	191	224	511	527				
	鉛直	A-10	106	218	302	478	372				
	水平	A-23	152	332	525	752	960				
	鉛直	A-24	134	284	386	439	463				
	水平	A-29	188	355	428	450	478				
	鉛直	A-30	207	395	501	582	960				
			()	()	()	()	()	()	()	()	
応答 変位 量 (mm)	鉛直	D-1	0.2	0.4	0.6	1.8	1.8				
	水平	D-2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2				
	鉛直	D-5	1.1	0.8	1.0	1.4	2.9				
	水平	D-6	0.5	1.1	1.5	1.6	1.7				
	鉛直	D-9	1.6	3.0	3.5	3.5	4.5				
	水平	D-10	0.6	1.3	1.7	2.4	0.2				
	鉛直	D-11	1.4	2.9	3.4	16	25				
	水平	D-12	0.5	0.8	1.2	1.4	1.3				
			()	()	()	()	()	()	()	()	
動土 圧 (g/cm^2)	水平	E-3	5	6	6	7	10				
		E-10	148	211	212	262	231				
	鉛直	E-1	62	142	249	326	397				
		E-8	56	149	234	222	391				
アンカー張力 (kg)		T-1									
		T-2									

[illegible]

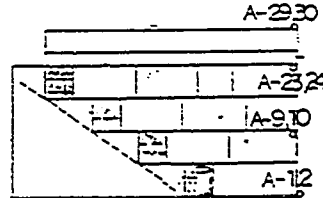
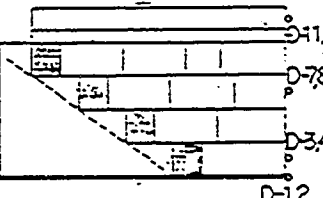
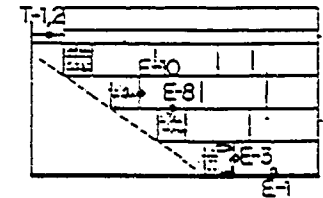
各ケースの応答特性（代表的ポイントでの最大値リスト） Case 4-2

測定項目	測定		ステップ 2 (基準加速度) 6.70 Hz				ステップ 3 (基準加速度) 5 Hz					測定モデル図
	ポイント		50 gal	100 gal	150 gal	200 gal	5Hz 200 gal	300 gal	500 gal	750 gal	1000 gal	
応答 加速度 (gal)	水平	A-1	38	95	193	263	194	298	536	764	1018	
	鉛直	A-2	43	146	249	277	114	215	433	528	383	
	水平	A-9	88	157	227	260	477	576	877	1248	1261	
	鉛直	A-10	123	240	335	405	480	587	635	972	915	
	水平	A-23	158	297	411	412	528	1420	1568	1268	1568	
	鉛直	A-24	202	405	508	574	563	728	1076	1066	1442	
	水平	A-29	184	430	737	796	563	788	949	997	1219	
	鉛直	A-30	284	914	1086	842	1036	1397	1483	1483	1502	
			()	()	()	()	()	()	()	()	()	
応答 変位 量 (mm)	鉛直	D-1	0.2	0.4	0.8	1.0	1.8	3.0	4.9	6.9	9.4	
	水平	D-2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	
	鉛直	D-5	1.0	0.5	0.5	0.6	2.8	5.3	6.4	9.9	16.2	
	水平	D-6	0.5	1.0	1.7	2.1	2.8	3.3	3.7			
	鉛直	D-9	1.1	1.0	2.5	3.5	4.5	5.7	8.5	10.5	17.3	
	水平	D-10	0.8	1.4	2.2	2.5	3.1	3.7	4.1			
	鉛直	D-11	1.2	1.6	2.4	2.8	4.6	5.0	8.9	11.1	20	
	水平	D-12	0.4	0.6	1.0	1.2	1.8	2.0	2.1			
			()	()	()	()	()	()	()	()	()	
動土 圧 (kg/cm²)	水平	E-3	1	2	2	2	4	4	86	179	184	
		E-10	131	187	217	210	203	136	190	231	222	
	鉛直	E-1	92	175	286	343	505	678	776	799	822	
		E-8	72	156	313	320	288	482	613	649	168	
アンカー張力 (kg)		T-1										
		T-2										

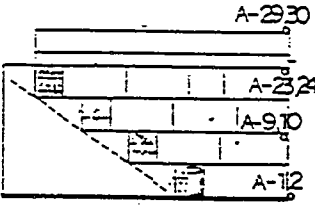
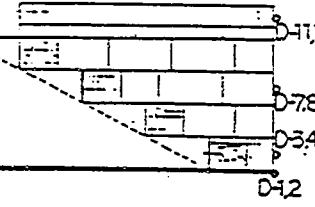
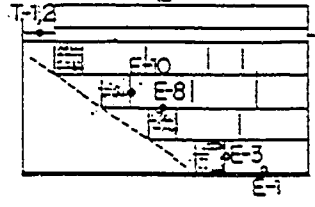
各ケースの応答特性（代表的ポイントでの最大値リスト） Case 5-1

測定項目	測定 ポイント	ステップ 2 (基準加速度) 3.75 Hz				ステップ 3 (基準加速度) 2 Hz					測定モデル図
		50 gal	100 gal	150 gal	200 gal	200 gal	300 gal	500 gal	750 gal	1000 gal	
応答 加 速 度 (gal)	水平	A-1	55	102	147	200	212	268	331		
	鉛直	A-2	12	19	31	51	26	42	183		
	水平	A-9	124	213	289	368	300	459	606		
	鉛直	A-10	110	197	266	370	73	142	439		
	水平	A-23	188	308	372	454	308	479	816		
	鉛直	A-24	164	315	530	739	109	216	764		
	水平	A-29	207	339	400	455	329	500	637		
	鉛直	A-30	167	309	604	982	146	329	868		
			()	()	()	()	()	()	()	()	
応答 変 位 量 (mm)	鉛直	D-1	0.6	1.5	2.7	3.7	13.3	17.6	20.1		
	水平	D-2	0.7	1.6	2.8	3.9					
	鉛直	D-5	2.1	2.5	4.0	5.1	38	50.1	57.7		
	水平	D-6	1.6	2.9	2.8	4.9					
	鉛直	D-9	3.1	5.6	7.8	8.4	36	47.0	55.4		
	水平	D-10	1.8	3.6	2.7	5.8					
	鉛直	D-11	3.7	6.7	9.3	9.8					
	水平	D-12	0.9	1.7	2.3	2.7					
			()	()	()	()	()	()	()	()	
動 土 圧 (N/cm²)	水平	E-3									
		E-10									
	鉛直	E-1	258	278	359	406	314	439	421		
		E-8	100	863	919	1012	315	363	386		
アンカー張力 (kg)		T-1									
		T-2									

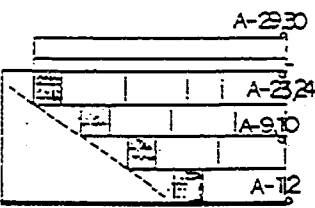
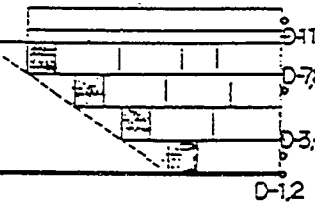
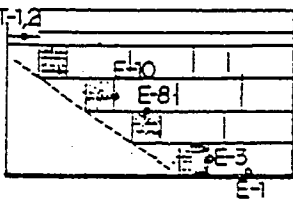
各ケースの応答特性 (代表的ポイントでの最大値リスト) Case 5-2

測定項目		測 定 ポイント	ステップ 2 (基準加速度) 4.5 Hz				ステップ 3 (基準加速度) 2 Hz				測定モデル図
			50 gal	100 gal	150 gal	200 gal	5Hz 200 gal	300 gal	500 gal	750 gal	
応答 加 速 度 (gal)	水平	A- 1	54	98	141	252	209	359	809		
	鉛直	A- 2	23	47	76	264	28	38	517		
	水平	A- 9	126	223	366	422	242	418	1114		
	鉛直	A-10	161	348	582	661	45	119	1046		
	水平	A-23	223	419	585	646	239	472	1530		
	鉛直	A-24	264	640	1213	1456	74	185	1575		
	水平	A-29	257	484	691	760	254	495	927		
	鉛直	A-30	265	661	1045	1295	52	194	1505		
			()	()	()	()	()	()	()	()	
応答 変 位 量 (mm)	鉛直	D- 1	0.6	0.9	1.4	2.2	13.0	22.0	32.6		
	水平	D- 2	0.7	1.0	1.7	2.4					
	鉛直	D- 5	1.0	2.0	3.0	3.4	13.7	24.0	35.1		
	水平	D- 6	1.5	3.0	4.2	5.1	1.2				
	鉛直	D- 9	2.3	4.3	6.2	6.8	15.6	26.9	40.9		
	水平	D-10	1.8	3.6	5.3	6.3	1.4				
	鉛直	D-11	2.9	5.5	7.8	8.7	16.1	27.0	40.7		
	水平	D-12	0.8	1.6	2.9	3.2	0.8	1.7	4.6		
			()	()	()	()	()	()	()	()	
動 土 圧 g/cm²	水平	E- 3									
		E-10									
	鉛直	E- 1	253	464	618	658	327	468	676		
		E- 8	40	109	568	689	32	328	735		
アンカー張力 (kg)	T- 1		447	855	1109	1450	497	1029	1643		
	T- 2		463	864	1014	1381	337	890	2015		

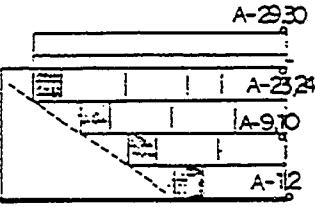
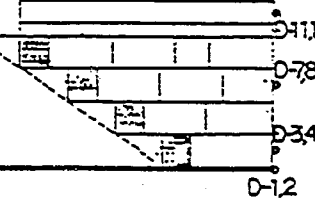
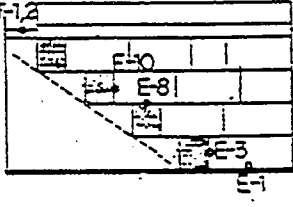
各ケースの応答特性 (代表的ポイントでの最大値リスト) Case 6-1

測定項目	測定 ポイント	ステップ 2 (基準加速度) 3.5 Hz				ステップ 3 (基準加速度) 2 Hz					測定モデル図
		50 gal	100 gal	150 gal	200 gal	5Hz 200 gal	300 gal	500 gal	750 gal	1000 gal	
応答 加 速 度 (gal)	水平	A-1	59	101	167	224	191	318			
	鉛直	A-2	17	26	34	61	22	56			
	水平	A-9	141	273	396	589	258	564			
	鉛直	A-10	102	210	357	489	102	274			
	水平	A-23	189	307	357	965	319	991			
	鉛直	A-24	182	331	592	862	191	473			
	水平	A-29	213	328	403	510	338	564			
	鉛直	A-30	188	361	622	795	226	548			
			()	()	()	()	()	()	()	()	
応答 変 位 量 (mm)	鉛直	D-1	0.7	1.7	3.2	4.5	12.0	17.5			
	水平	D-2									
	鉛直	D-5	2.2	2.4	4.8	6.5	13.9	21.1			
	水平	D-6	1.7	3.9	5.3	6.1	3.0				
	鉛直	D-9	3.5	5.7	7.6	10.6	16.8	25.3			
	水平	D-10	1.4	3.9	5.2	5.6					
	鉛直	D-11	4.0	6.5	8.9	12.3	17.1				
	水平	D-12	1.3	2.1	2.6	2.9	1.6				
			()	()	()	()	()	()	()	()	
動土 圧 (g/cm^2)	水平	E-3	6	16	25	32	13	12			
		E-10	38	119	98	100	46	50			
	鉛直	E-1	112	304	525	457	252	202			
		E-8									
アンカー張力 (kg)		T-1									
		T-2									

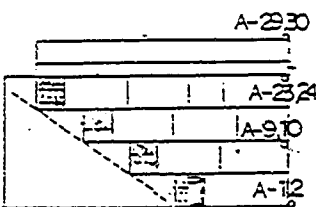
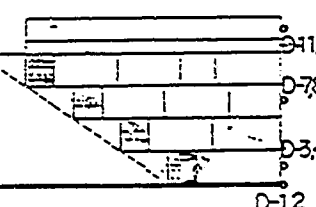
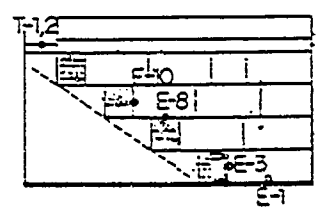
各ケースの応答特性 (代表的ポイントでの最大値リスト) Case 6-2

測定項目	測定 ポイント	ステップ 2 (基準加速度) 4.5 Hz				ステップ 3 (基準加速度) 2 Hz					測定モデル図
		50 gal	100 gal	150 gal	200 gal	2Hz 200 gal	300 gal	500 gal	750 gal	1000 gal	
応答 加速度 (gal)	水平	A-1	53	92	146	212	214	287			
	鉛直	A-2	25	41	68	76	20	30			
	水平	A-9	164	274	316	373	248	328			
	鉛直	A-10	192	312	508	574	76	132			
	水平	A-23	226	366	483	575	279	392			
	鉛直	A-24	383	575	916	1076	160	234			
	水平	A-29	313	519	708	789	300	419			
	鉛直	A-30	336	581	869	1117	154	273			
			()	()	()	()	()	()	()	()	
応答 変位 量 (mm)	鉛直	D-1	0.5	0.8	1.7	2.3	14	18.2			
	水平	D-2									
	鉛直	D-5	1.8	2.0	2.5	3.0	15	19.7			
	水平	D-6	1.6	2.8	4.0	5.0					
	鉛直	D-9	2.0	4.0	5.4	6.9	17.4	22.1			
	水平	D-10	1.8	3.4	5.0	6.2					
	鉛直	D-11	3.3	5.1	7.1	8.7	17.7	22.9			
	水平	D-12	1.3	1.9	2.6	3.0		1.8			
			()	()	()	()	()	()	()	()	
動土 圧 (kg/cm²)	水平	E-3	5	8	20	33	5	9			
		E-10	16	22	37	59	28	33			
	鉛直	E-1	278	471	623	699	169	247			
		E-8	41	67	60	51	10	16			
アンカー張力 (kg)		T-1	336	533	787	1015	384	581			
		T-2	398	666	933	1132	521	743			

各ケースの応答特性（代表的ポイントでの最大値リスト） Case 7-1

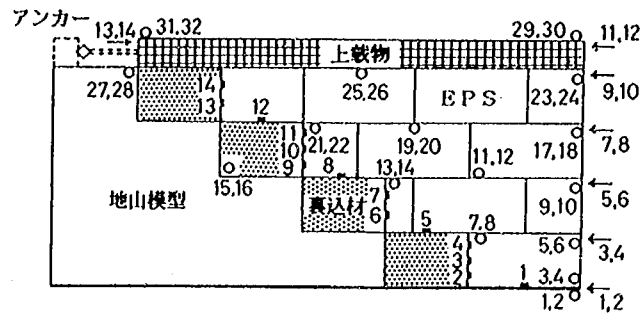
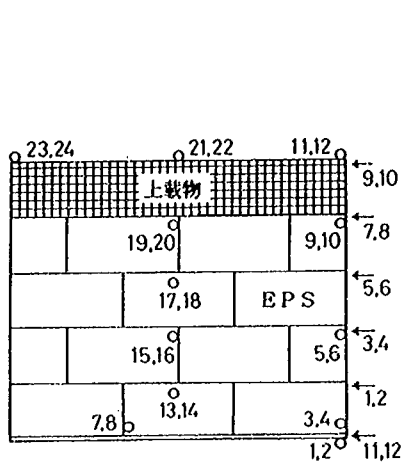
測定項目		測定 ポイント	ステップ 2 (基準加速度) 4.75 Hz				ステップ 3 (基準加速度) 2 Hz					測定モデル図
			50 mm	100 mm	150 mm	200 mm	2Hz 200 mm	300 mm	500 mm	750 mm	1000 mm	
応答 加速度 (gal)	水平	A-1	38	93	162	251	183	299				
	鉛直	A-2	23	28	54	63	23	32				
	水平	A-9	110	231	347	378	228	438				
	鉛直	A-10	131	293	399	557	114	173				
	水平	A-23	166	281	353	418	294	496				
	鉛直	A-24	163	406	577	699	127	291				
	水平	A-29	180	302	377	432	307	501				
	鉛直	A-30	212	503	681	806	159	389				
			()	()	()	()	()	()	()	()	()	
応答 変位 量 (mm)	鉛直	D-1	0.4	0.8	1.4	2.0	12.2	17.9				
	水平	D-2										
	鉛直	D-5	1.0	1.7	2.4	2.8	13.0	19.3				
	水平	D-6	0.8	1.4	2.0	2.4	1.7					
	鉛直	D-9	2.1	3.3	4.9	5.6	15.0	20.9				
	水平	D-10	1.5	2.9	4.0	4.6	1.7					
	鉛直	D-11	2.3	3.9	5.8	6.7	15.1	20.1				
	水平	D-12	0.8	1.5	1.8	1.9	1.2	2.4				
			()	()	()	()	()	()	()	()	()	
動土 圧 s/cm²	水平	E-3	8	23	39	41	16	24				
		E-10	26	33	45	65	36	53				
	鉛直	E-1	66	116	140	151	95	136				
		E-8	155	384	487	490	247	408				
アンカー張力 (kg)		T-1										
		T-2										

各ケースの応答特性（代表的ポイントでの最大値リスト） Case 7-2

測定項目	測定 ポイント	ステップ 2 (基準加速度) 4.75 Hz				ステップ 3 (基準加速度) 2 Hz					測定モデル図
		50 gal	100 gal	150 gal	200 gal	2Hz 200 gal	300 gal	500 gal	750 gal	1000 gal	
応答 加 速 度 (gal)	水平	A-1	61	91	152	213	198	277			
	鉛直	A-2	23	39	46	60	16	27			
	水平	A-9	128	241	342	405	227	354			
	鉛直	A-10	151	310	407	499	80	150			
	水平	A-23	207	361	470	572	268	401			
	鉛直	A-24	194	428	578	711	84	186			
	水平	A-29	220	383	483	509	285	423			
	鉛直	A-30	250	531	720	859	122	258			
			()	()	()	()	()	()	()	()	
応答 変 位 量 (mm)	鉛直	D-1	0.4	0.8	1.5	2.0	13.2	18.0			
	水平	D-2									
	鉛直	D-5	1.0	1.8	4.4	3.0	13.9	19.4			
	水平	D-6	1.0	1.7	2.3	2.9					
	鉛直	D-9	2.4	4.0	5.2	6.5	16.2	18.9			
	水平	D-10	1.7	3.3	4.6	5.6					
	鉛直	D-11	2.6	4.5	6.7	7.7	16.4	22.6			
	水平	D-12	0.9	1.7	1.9	2.2	1.0	1.7			
			()	()	()	()	()	()	()	()	
動土 圧 (kg/cm²)	水平	E-3	10	19	30	51	18	36			
		E-10	27	80	92	66	50	54			
	鉛直	E-1	136	227	302	327	162	233			
		E-8	168	369	539	446	186	282			
アンカー張力 (kg)		T-1	207	384	579	709	309	492			
		T-2	243	498	736	902	415	661			

*各モデルのステップ2及び3における最大応答値をケース毎にまとめて示している。
 (モデル2～4のアンカーのあるケースを除く。)

注) モデル2～7のD13及びD14は振動台に対する相対変位。その他は絶対変位。アンカー張力T1及びT2は,奥行き方向に2本取り付けたアンカーのそれぞれの張力。



計測器	記号	計測器	記号
変位計	←	土圧計	■
加速度計	○	張力計	◇

変位計及び加速度計の方向	
奇数番号	偶数番号
変位計	鉛直方向
加速度計	水平方向

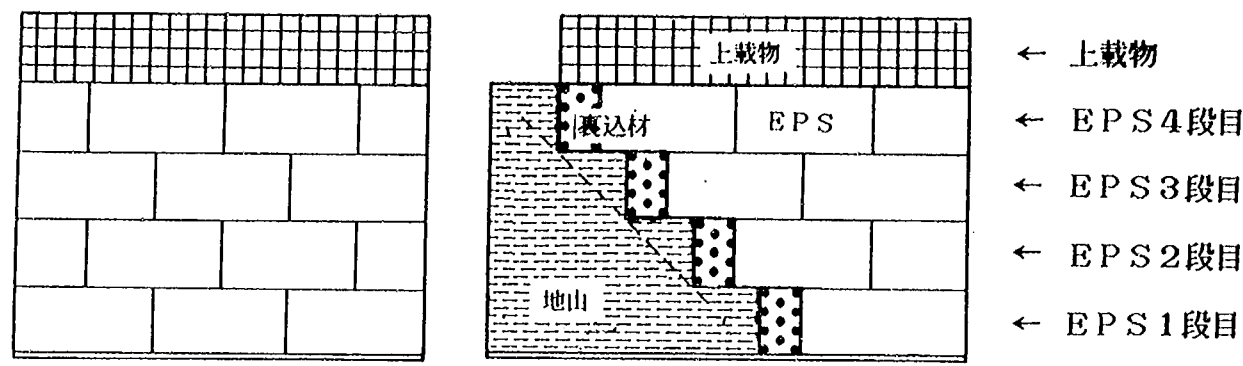
付図2.1 モデル1の計測器配置

付図2.2 モデル2～7の計測器配置

卷末資料 3 ステップ 2 及び 3 における 残留変位

＊以下のケースのステップ2及び3における残留変位を順に示している。

ケース1－1，1－2，1－3，1－4，2－1，2－2，3－1，3－2，4－1，4－2



付図3.1 残留変位の測定位置

付表 3.1 モデル1の残留変位

ケース	加振 加速度 レベル	EPS 1 段目		EPS 2 段目		EPS 3 段目		EPS 4 段目	
		D (mm)	α (gal)	D (mm)	α (gal)	D (mm)	α (gal)	D (mm)	α (gal)
1-1	200	1.4	162	1.2	211	1.2	212	1.6	212
	300	2.0	205	2.6	231	2.6	237	2.4	242
	500	7.0	370	7.4	651	7.6	736	10.0	821
	750	23.6	482	21.6	1435	30.4	1006	30.1	1193
	980	29.8	690	30.4	1572	28.0	1516	38.0	1461
1-2	100	0	225	0.4	275	1.2	308	1.4	340
	200	14.0	365	13.6	681	7.6	583	7.6	484
	300	50.0	537	50	1089	19.6	862	22.0	635
	500		1033		1278	46.0	1257	47.0	1237
1-3	200	1.2	160	1.2	201	1.2	224	1.2	247
	300	2.4	228	2.4	298	1.8	296	3.2	294
	500	6.4	349	6.2	753	6.8	861	7.2	969
	750	3.4	795	3.4	1778	2.6	1655	2.6	1531
	980	-6.2	993	-0.6	2230	-6.2	2099	-5.2	1967
1-4	200	0	183	0.8	387	0.8	412	0.6	437
	300	1.0	269	1.4	501	1.6	482	1.4	463
	500	-22.0	550	-24.0	1454	-23.4	1290	-24.4	1125
	750	-46.0	776	-49.0	1571	-55.4	1433	-56.4	1294

(gal)

D : 残留水平変位 (累積値)

α : 加振中の最大水平応答加速度

付表 3. 2 モデル 2 の残留変位

ケース	ステップ	加 振 加速度 レベル	EPS 1 段目		EPS 2 段目		EPS 3 段目		EPS 4 段目		上載物	
			D (mm)	α (gal)	D (mm)	α (gal)	D (mm)	α (gal)	D (mm)	α (gal)	D (mm)	α (gal)
2-1	2	50	0	45	0	62	0	96	0	116	0	122
		100	0	111	0	194	0	244	0	297	0	358
		150	0.3	159	0.4	243	0.4	367	0.4	437	0.5	544
		200	0.8	194	0.7	292	0.8	456	0.6	603	0.5	675
	3	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		300	2	303	2	367	2	455	2.2	466	0.3	528
		500	20.4	655	21.9	1105	22	1536	30.8	1516	4	1334
		750	42	950	76	1142	85	1533	81	1537	3	1482
		980	58	1088	118	1371	130	1538	130	1538	-1	1481
		2-2	2	50	0	58	0	62	0.3	109	0.2	135
100	0			119	0	181	0.3	240	0.2	293	0	445
150	0			169	0	217	0.3	297	0.2	372	0	691
200	0			196	0	283	0.3	330	0.2	410	-0.2	743
3	200		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	300		0.5	346	0.5	578	0.3	719	-0.2	948	-2.0	754
	500		1.8	576	2.0	1190	1.6	1556	-0.3	1610	-30.8	741
	750											
	980											

(gal)

D : 残留水平変位 (累積値)

α : 加振中の最大水平応答加速度

付表 3.3 モデル 3 の残留変位

ケース	ステップ	加 振 加速度 レベル	EPS 1 段目		EPS 2 段目		EPS 3 段目		EPS 4 段目		上載物	
			D (mm)	α (gal)	D (mm)	α (gal)	D (mm)	α (gal)	D (mm)	α (gal)	D (mm)	α (gal)
3-1	2	50	0	65	0	95	0	134	0	180	0	203
		100	0	111	0	145	0	205	0	258	-0.3	280
		150	0	146	0	206	0	305	0	447	-0.7	400
		200	0	182	0	239	0	343	0	551	-3.0	450
	3	200	0	251	1.0	337	0	409	1.0	500	-17.0	410
		300										
		500										
		750										
		980										
3-2	2	50	0	71	0	90	0	103	0	152	0	188
		100	0	129	0	191	0	235	1.0	232	0	355
		150	0	169	0	224	0	346	1.0	525	-1.0	428
		200	0	211	0	511	0	420	1.0	752	-15.0	450
	3	200	1.0	291	1.0	527	0	716	1.0	960	-51	478
		300										
		500										
		750										
		980										

(gal)

D : 残留水平変位 (累積値)

α : 加振中の最大水平応答加速度

付表 3.4 モデル 4 の残留変位

ケース	ステップ	加 振 加速度 レベル	EPS 1 段目		EPS 2 段目		EPS 3 段目		EPS 4 段目		上載物	
			D (mm)	α (gal)	D (mm)	α (gal)	D (mm)	α (gal)	D (mm)	α (gal)	D (mm)	α (gal)
4-1	2	50	0	48	0	82	0	110	0	150	0	178
		100	0	112	0	177	0	230	0	288	0	329
		150	0	192	0	244	0.5	314	0	334	0	424
		200	1.0	236	0	341	0.5	367	0	380	-0.5	472
	3	200	1.0	213	0	236	0.5	258	0	284	-0.5	
		300	2.0	381	2	460	3.5	670	4	911	-0.5	460
		500	4.0	763	4	751	7	1181	8	1619	-7	642
		750	14.0	1235	29	1311	34.5	1560	83	1592	-13	929
		980										
4-2	2	50	0	58	0	88	0	119	0	158	0	184
		100	0	120	0.5	157	0.5	216	0	297	0	430
		150	0	197	0.5	227	0.5	297	0	411	0	737
		200	0	220	0.5	260	0.5	271	0	412	0	796
	3	200	0	292	0.5	477	0.5	585	0.5	528	0	563
		300	0.5	440	1.0	576	1.5	989	1.0	1420	0	788
		500	1.0	671	2.0	876	2.5	1045	2.0	1568	0.5	949
		750	2.5	1109	4.5	1248	5.0	1274	4.5	1268	1.5	997
		980	8.5	1132	18.0	1261	19.5	1450	20.5	1568	-15.0	1219

(gal)

D : 残留水平変位 (累積値)

α : 加振中の最大水平応答加速度

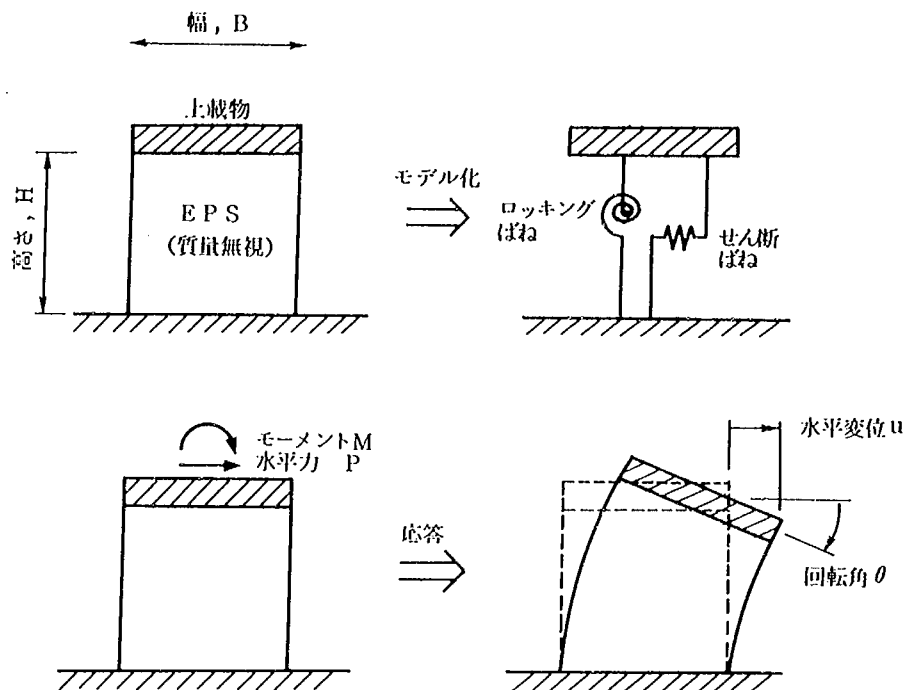
卷末資料 4 ロッキングとせん断の連成を 考慮した共振周波数の計算方法

1. モデル化

付図4.1のように上載物に静的な水平力 P とモーメント M が作用したときの水平変位を u 、回転角を θ として、連成を考慮したばね定数 $K_{11} \sim K_{22}$ を次式のように定義する。

$$P = K_{11} \cdot u + K_{12} \cdot \theta \quad \cdots \cdots (\text{参} 4.1)$$

$$M = K_{21} \cdot u + K_{22} \cdot \theta \quad \cdots \cdots (\text{参} 4.2)$$



付図4.1 簡易法におけるモデル化

2. ばね定数の算定

水平力のみが作用する場合、及びモーメントのみが作用する場合のそれぞれの変位からばね定数を逆算する。

2.1 水平力のみが作用する場合

$P = P_1$ 、 $M = 0$ の場合の水平変位 u_1 と回転角 θ_1 は弾性体の公式より次式として表される。各式の第1項は曲げ変形に起因する成分、第2項はせん断変形に起因する成分である。

$$u_1 = \frac{P_1 \cdot H^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{P_1 \cdot H}{G \cdot k \cdot A} \quad \cdots \cdots (\text{参} 4.3)$$

$$\theta_1 = \frac{P_1 \cdot H^2}{2 \cdot E \cdot I} + \frac{P_1}{G \cdot k \cdot A} \quad \dots\dots\dots (\text{参} 4.4)$$

ここに、E：EPSのヤング率

I：EPS部分の断面2次モーメント（単位奥行き当りとするとき $I = B^3/12$ ）

G：EPSのせん断弾性係数

k：形状係数（長方形断面であるため $k = 5/6$ ）

A：EPS部分の断面積（単位奥行き当りとするとき $A = B$ ）

2.2 モーメントのみが作用する場合

$P = 0$ ， $M = M_2$ の場合の水平変位 u_2 と回転角 θ_2 は弾性体の公式より次式として表される。

$$u_2 = \frac{M_2 \cdot H^2}{2 \cdot E \cdot I} + \frac{M_2}{G \cdot k \cdot A} \quad \dots\dots\dots (\text{参} 4.5)$$

$$\theta_2 = \frac{M_2 \cdot H}{E \cdot I} \quad \dots\dots\dots (\text{参} 4.6)$$

2.3 ばね定数の逆算

2.1 及び 2.2 のそれぞれの場合において、 $P_1 = M_2 = 1$ とすると式（参 4.1）及び（参 4.2）は次式となる。

$$1 = K_{11} \cdot u_1 + K_{12} \cdot \theta_1 \quad \dots\dots\dots (\text{参} 4.7)$$

$$0 = K_{21} \cdot u_1 + K_{22} \cdot \theta_1 \quad \dots\dots\dots (\text{参} 4.8)$$

$$0 = K_{11} \cdot u_2 + K_{12} \cdot \theta_2 \quad \dots\dots\dots (\text{参} 4.9)$$

$$1 = K_{21} \cdot u_2 + K_{22} \cdot \theta_2 \quad \dots\dots\dots (\text{参} 4.10)$$

これを行列形式にして、ばね定数を逆算すると以下ようになる。ただし、 u_1 ， θ_1 ， u_2 ， θ_2 はそれぞれ式（参 4.3）～（参 4.6）において、 $P_1 = M_2 = 1$ としたときの値である。

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{12} & K_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_1 & u_2 \\ \theta_1 & \theta_2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{pmatrix} = \frac{1}{D} \begin{pmatrix} \theta_2 & -u_2 \\ -\theta_1 & u_1 \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (\text{参} 4.11)$$

ここに、 $D = u_1 \cdot \theta_2 - u_2 \cdot \theta_1$

3. 固有振動数及びロッキング率の算定

運動方程式の固有値から固有振動数を求め、共振周波数とする。また、共振時の水平変位と回転角よりロッキングの程度を求める。

3.1 運動方程式

式(参4.1)及び(参4.2)の静的な水平力 H とモーメント M を動的な慣性力及び慣性モーメントに置き換えると、運動方程式として次式が得られる。

$$-m \cdot \frac{d^2 u}{dt^2} = K_{11} \cdot u + K_{12} \cdot \theta \quad \dots\dots\dots (\text{参4.12})$$

$$-I_m \cdot \frac{d^2 \theta}{dt^2} = K_{21} \cdot u + K_{22} \cdot \theta \quad \dots\dots\dots (\text{参4.13})$$

ここに、 m : 上載物の質量 (単位奥行き当り)

I_m : 上載物の慣性モーメント

$$(\quad = m \cdot B^2 / 12)$$

3.2 固有振動数の算定

共振時の変位が次式で表されるものと仮定する。

$$u = U \cdot \exp(i \cdot \omega \cdot t) \quad \dots\dots\dots (\text{参4.14})$$

$$\theta = \Theta \cdot \exp(i \cdot \omega \cdot t) \quad \dots\dots\dots (\text{参4.15})$$

ここに、 ω : 角固有振動数

t : 時間

これらを式(参4.12)、式(参4.13)に代入すると次式が得られる。

$$(\omega^2 \cdot m - K_{11}) \cdot U = K_{12} \cdot \Theta \quad \dots\dots\dots (\text{参4.16})$$

$$(\omega^2 \cdot I_m - K_{22}) \cdot \Theta = K_{21} \cdot U \quad \dots\dots\dots (\text{参4.17})$$

式(参4.16)、式(参4.17)が同時に成立する条件から、 ω は次式の解として求められる。

$$(\omega^2 \cdot m - K_{11}) \cdot (\omega^2 \cdot I_m - K_{22}) = K_{12} \cdot K_{21}$$

展開すると

$$m \cdot I_m \cdot \omega^4 - (K_{11} \cdot I_m + K_{22} \cdot m) \cdot \omega^2 + (K_{11} \cdot K_{22} - K_{12} \cdot K_{21}) = 0$$

..... (参 4.18)

上式は4次方程式であるから4種類の解が得られるが、そのうちの正の最小値を用いて、ロッキングとせん断の連成を考慮した共振周波数 f を次式により求めることができる。

$$f = \frac{w}{2 \cdot \pi}$$

..... (参 4.19)

3.3 ロッキング率の算定

ここでは、共振時の上載物端面の水平変位振幅 U に対する鉛直変位振幅 V の比としてロッキング率 R を定義する。

$$R = \frac{V}{U}$$

..... (参 4.20)

鉛直変位振幅 V は次式で表されるため、これを上式に代入し、さらに式(参 4.16)を用いると式(参 4.22)によりロッキング率を求めることができる。

$$V = \frac{B}{2} \cdot \Theta$$

..... (参 4.21)

$$R = \frac{B}{2} \cdot \frac{\Theta}{U} = \frac{B}{2} \cdot \frac{(w^2 \cdot m - K_{11})}{K_{12}} \quad \dots \quad (参 4.22)$$

E P S盛土の耐震性に関する検討

ISSN 0386-5878

土研資料 第2946号

平成3年3月(1991)

機械施工部動土質研究室 室長 古賀 泰之
研究員 古関 潤一
島津多賀夫

要 旨

地盤条件の不良な所での既設道路の拡幅工事等のために、発泡スチロール(EPS)による軽量盛土の利用が計画されている。本工法は、我国ではまだ施工実績が少なく、地震動に対する挙動はよく知られていない。そこで、斜面上の盛土にEPSを用いた場合の地震時の応答特性と安定性を調べるために、模型振動実験と有限要素応答解析を行った。その結果、強振時の破壊モードとこれに対する安定計算法、アンカー張力と裏込材からの土圧の算定法、及び応答特性の評価手法としての有限要素応答解析の適用性を明らかにした。

キーワード: 軽量盛土, 発泡スチロール, 耐震性, 模型実験, 有限要素解析

郵便はがき

3 0 5 - □ □

四十一円切
手をはって
下さい。

建設省土木研究所

動土質研究室 行

茨城県つくば市旭一番地

No. _____

No. _____

配布先住所

配布先氏名

○

土木研究所資料 第2946号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印

○