

土 木 研 究 所 資 料

東京湾横断道路人工島模型振動実験

—— 側面セル式人工島の検討(その1) ——

昭和58年10月

建設省土木研究所
地震防災部振動研究室
日本道路公団東京第一建設局

Copyright © 1983 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 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、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

ま え が き

軟弱な海底地盤上に建設される海中構造物は、利用者の安全確保あるいは復旧の困難さなどから一段と耐震安定性の確保が要求されるが、大規模な盛土形式となる人工島については実績もなく、明確な耐震設計手法も十分確立されていないのが現状である。

本報告書は、東京湾横断道路に計画されている人工島を対象に、大型振動台を用いて模型実験を行い、その地震時動的変形特性を調べた結果をとりまとめたものである。

なお、本実験は、建設省土木研究所および日本道路公団東京第一建設局が共同実験として実施した「盛土の地震荷重に関する試験調査」の一部として実施したものである。

昭和58年10月

建設省土木研究所地震防災部振動研究室

室 長	荒 川 直 士
主任研究員	川 島 一 彦
国 土 庁 (元研究員)	木 全 俊 雄
研 究 員	松 本 秀 應
	近 藤 益 央

日本道路公団企画調査部東京湾横断道路調査室

室長代理	蛭 川 友 司
	西 部 剛

東京第一建設局建設部東京湾横断道路調査課

課 長	和 佐 勇次郎
課長代理	加 藤 恒 夫
	岩 井 文 明

京奈バイパス工事事務所長
(前東京湾横断道路調査課長)

長谷川 明 機

糸魚川工事事務所技術課長
(前東京湾横断道路調査課長代理)

馬 淵 浩 司

目 次

まえがき

1. 概 説	1
2. 模 型	4
2-1 模 型 諸 元	4
2-2 計 測 体 制	15
2-3 相 似 則	15
3. 加振振動実験	19
3-1 概 要	19
3-2 正弦波加振実験	19
3-3 地震波加振実験	32
4. 結 論	59
謝 辞	60
参考文献	61
付属資料 実験模型の完成時および加振振動実験終了時の状況写真	65

1. 概

説

軟弱な海底地盤上に建設される海中構造物は、利用者の安全確保あるいは地震により被災した場合の復旧の困難さなどから、一段と耐震安定性の確保が要求される。ことに大規模な盛土形式となる人工島については実績もなく、明確な耐震設計手法も確立されていないのが実状である。そこで、東京湾中央部で計画されている東京湾横断道路の人工島を対象に、地震時変形特性の把握ならびに耐震設計手法の基礎資料とする為に、大型振動台を用いて模型実験を行った。

東京湾横断道路は、川崎市浮島と木更津市盤洲とを結ぶ延長約15kmの路線であり、その湾中央部に約5kmの長大な沈埋トンネルを沈設し、その両端部に天端幅100m、長さ500mの人工島を築造し、人工島と対岸との間に川崎側、木更津側とも海上橋梁を構築しようとするものである。路線計画位置は、大半が水深30m近く、かつ、海底地盤は数10mの軟弱地盤層という自然条件下にある。

この人工島の形式の1つとして盛土周辺に護岸ならびに盛土補強を目的として鋼管矢板セル(直径20m)を支持層まで打ち込み、その周辺地盤を深層混合処理で改良する案がある(側面セル式人工島・図-1.1参照)。

本模型実験は、この案を対象に、その鋼管矢板セルおよび深層混合処理の振動・変形特性に与える影響を調査することを目的とするとともに、海中における盛土等の耐震設計手法ならびに地震時動的解析の基礎資料を得るものである。

今回の実験ではセル、改良地盤の有無による比較を行うため表-1.1に示す4ケースの模型を作成し、実験を実施した。

ケースAは地盤と盛土のみの場合、ケースBは盛土側面にセルを設置したもの、ケースCはケースBと同じであるが盛土の位置および形状を少し変化させたもの、ケースDは海底面下の軟弱層を深層混合処理工法によって地盤改良した場合を想定し、ケースCにソイルセメントによる改良ブロックを追加したものである。

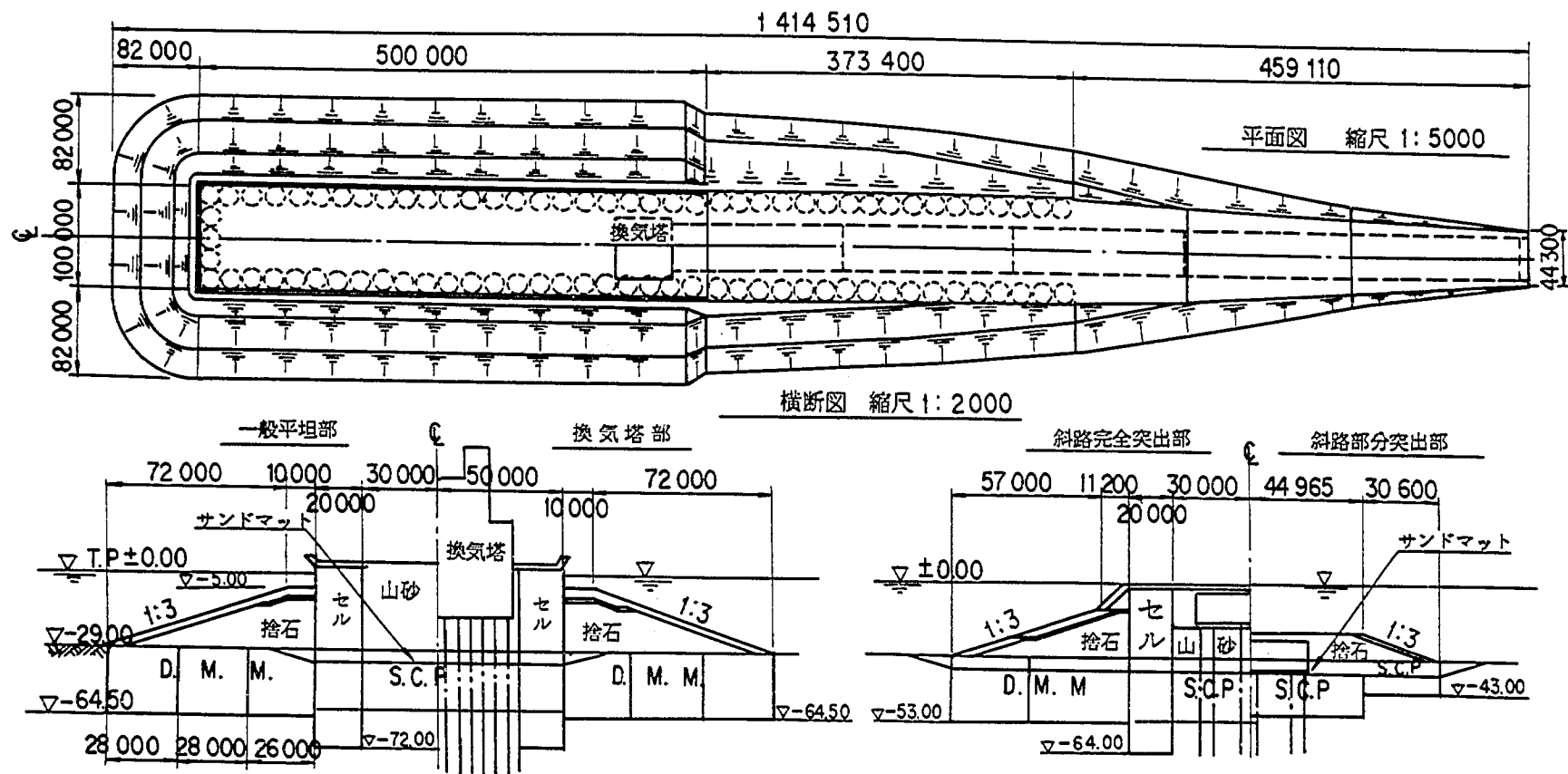
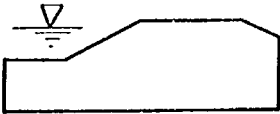
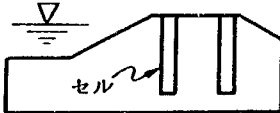
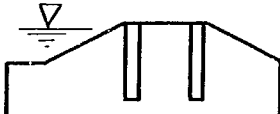
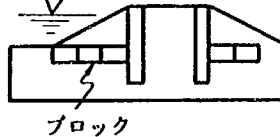


図-1.1 側面セル式人工島

表-1.1 実験ケース

	対 策 工	備 考
ケースA	な し	 盛 土 形 状 (図-2.1(a)参照)
ケースB	セ ル 有	 盛 土 形 状 (図-2.1(b)参照)
ケースC	セ ル 有	 盛 土 形 状 (図-2.1(c)参照)
ケースD	セル, 改良体有	 盛 土 形 状 (図-2.1(d)参照)

2. 模 型

2-1 模型諸元

2-1-1 模型の概要

地盤および盛土模型寸法諸元を図-2.1に示す。地盤は深さ110cmの水平地盤で作成し、その上に高さ60cm、天端幅ケースA, B: 240cm, ケースC, D: 200cm, のり勾配1:2.5の盛土模型を作成した。土槽底面より15cmは土槽内に均等に水を供給できるよう礫材を敷いた。また、海水を考慮し、水位は盛土天端位置より5cm下方の位置とした。

2-1-2 材料特性

1) 地盤・盛土模型

模型材料は、盛土・地盤ともに浅間山砂であり、その粒径加積曲線は図-2.2に示すとおりである。すなわち、浅間山砂の平均粒径 D_{50} は0.26mm、均等係数 U_c は2.0であり、一般にきれいな砂と呼ばれ液状化を起こしやすい地盤材料である。今回の地盤材料の特性がどのようなものであるかをわかりやすくするため、参考までに豊浦標準砂と比較をしたものを表-2.1に示す。また、同材料の締固め特性を求めるために締固め試験を実施した。その結果を図-2.3に示す。

図-2.4に今回の実験に使用した浅間山砂の液状化強度 $\sigma_{dp}/2\sigma'_c \sim$ 相対密度 D_r の関係を示す。また、図-2.5に浅間山砂の動的変形特性($G/G_o \sim \gamma$)の関係を示した。

2) セル模型

側面セル式人工島案では盛土の護岸として、実際には鋼管矢板セル(セル径20m, 長さ約75m, 鋼管径90cm)の使用が考えられているが、模型では硬質塩化ビニール板(厚さ1.2mm, ϕ 420mm)の円柱に作成し、これを地盤および盛土中に埋設した。セル模型の概要を図-2.6および表-2.2に示す。

3) 改良地盤模型

計画案では海底地盤を深層混合処理工法によってブロック状に改良することが考えられている。そこでケースDにおいては、セル模型の外側(のり面下)に改良地盤としてソイルブロック模型を設置した。ソイルブロックは550mm $\times$ 500mm $\times$ 450mm(L $\times$ W $\times$ H)の直方体で、浅間山砂に7%セメントを配合して作成した。ソイルブロック模型の概要を図-2.7および表-2.3に示す。

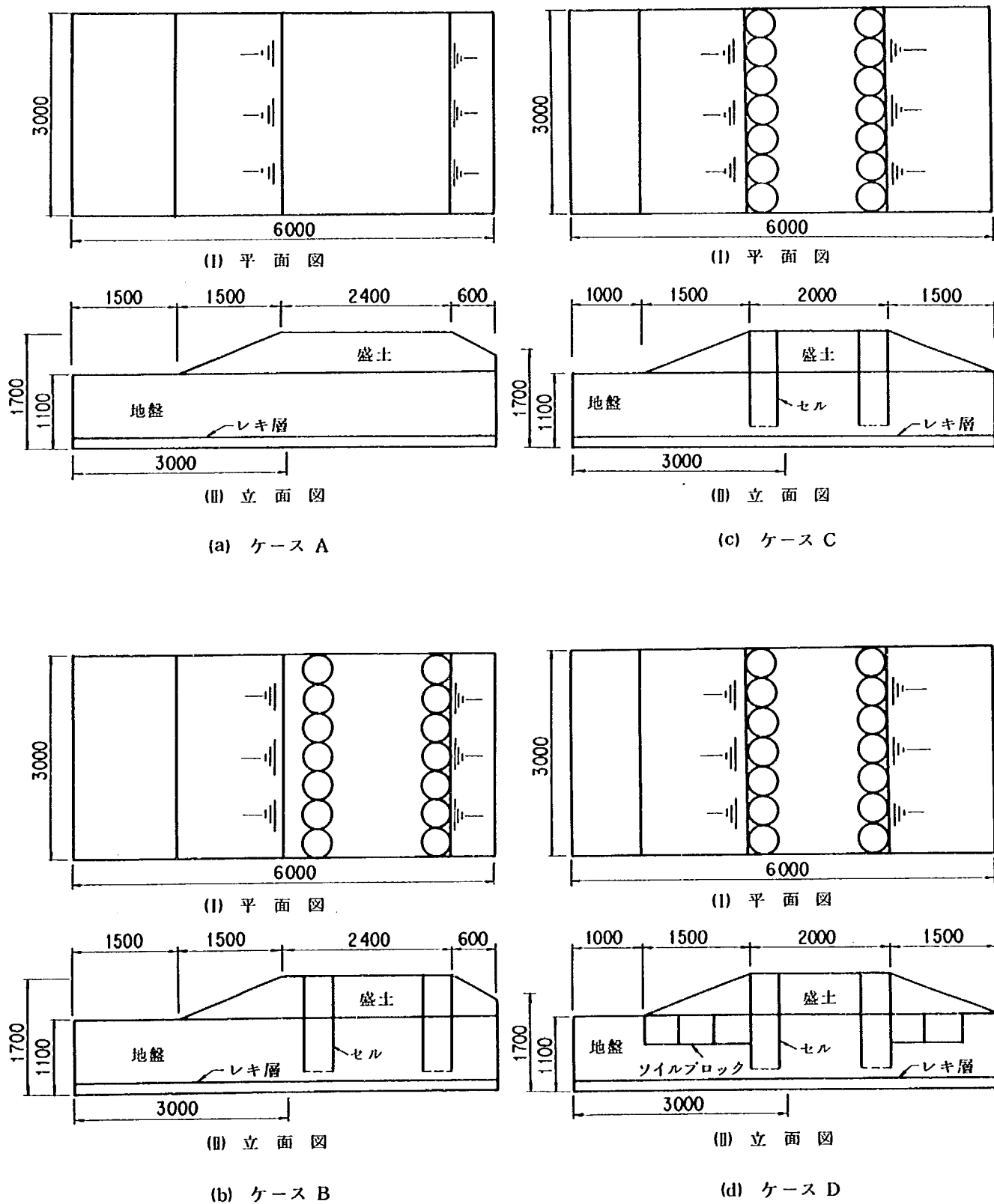
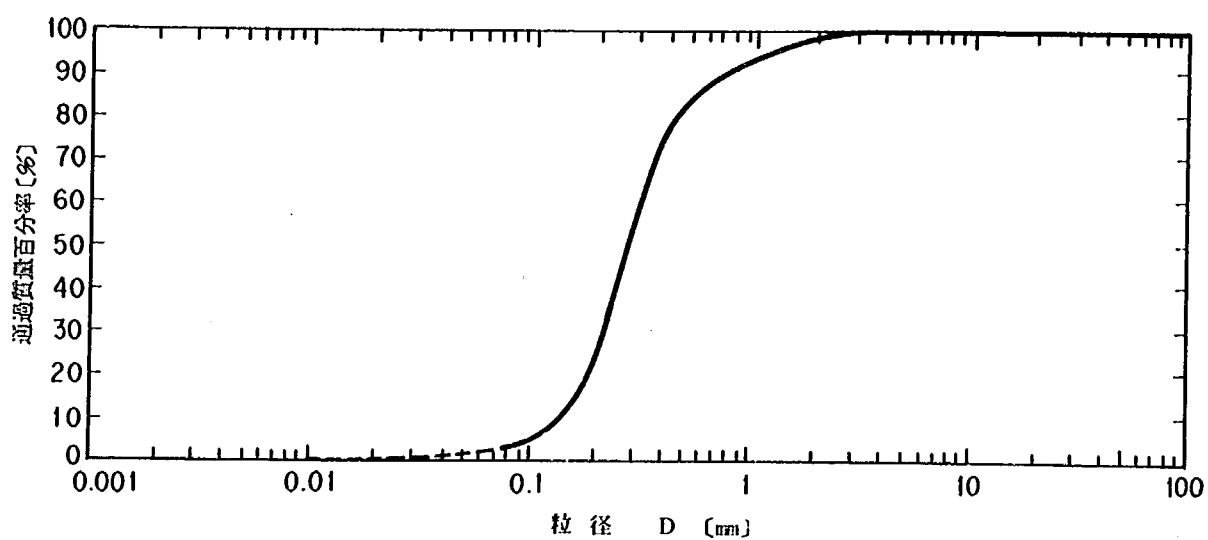


図-2.1 実験模型概要



図－2.2 浅間山砂の粒径加積曲線

表－2.1 浅間山砂の材料特性

項 目	記 号	単 位	浅間山砂	豊 浦 砂
土粒子の比重	G_s	—	2.704	2.636
最適含水比	w_{opt}	%	15.5	—
最大乾燥密度	γ_{dmax}	gf/cm ³	1.668	—
最大間ゲキ比	e_{max}	—	0.972	0.987
最小間ゲキ比	e_{min}	—	0.613	0.623
60 % 粒 径	D_{60}	mm	0.300	0.175
10 % 粒 径	D_{10}	mm	0.150	0.120
平均粒 径	D_{50}	mm	0.260	0.120
均等係数	U_c	—	2.000	1.460

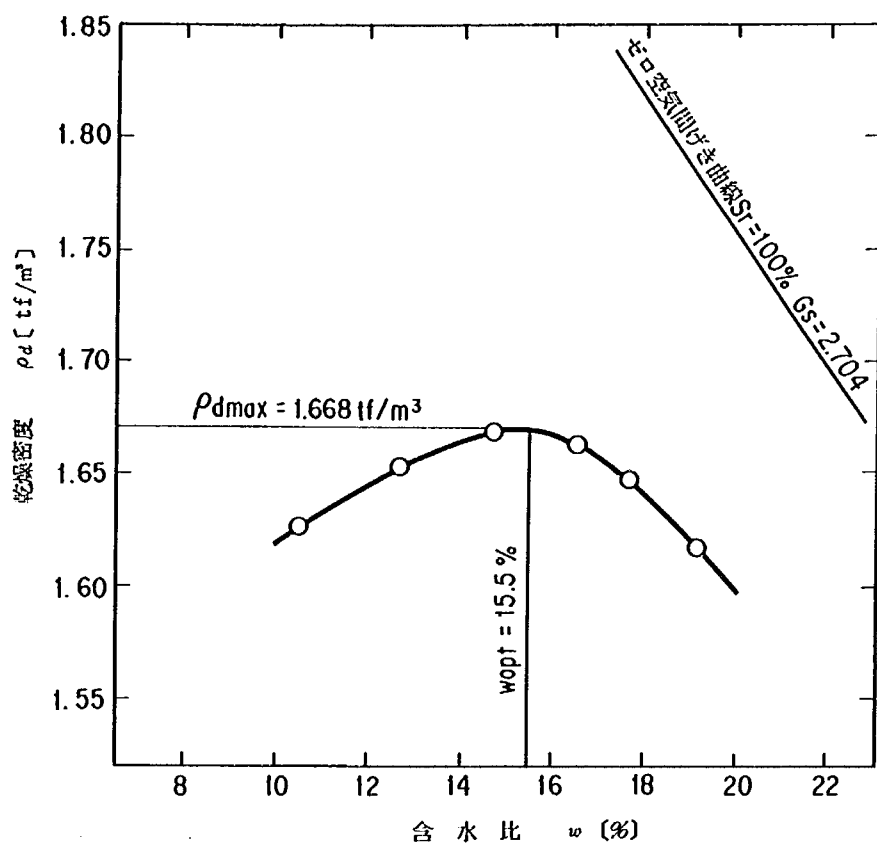


図-2.3 浅間山砂の締固め試験結果

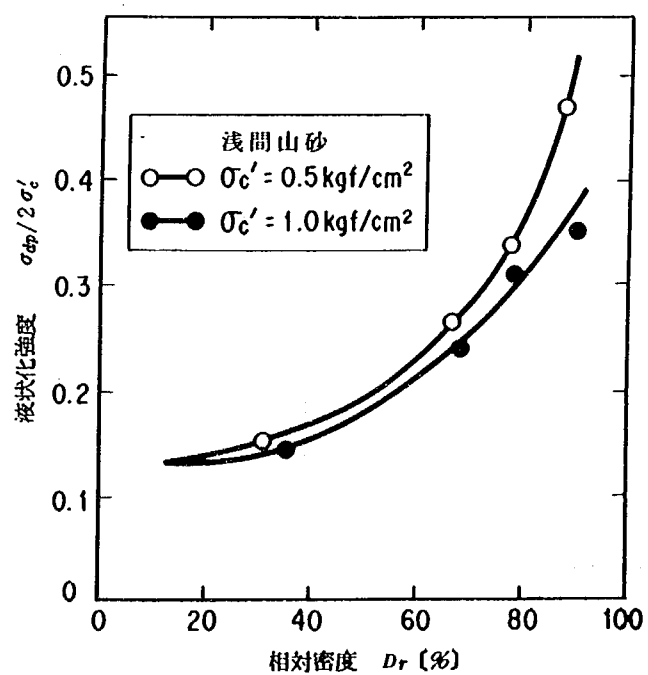


図-2.4 相対密度と液状化強度との関係

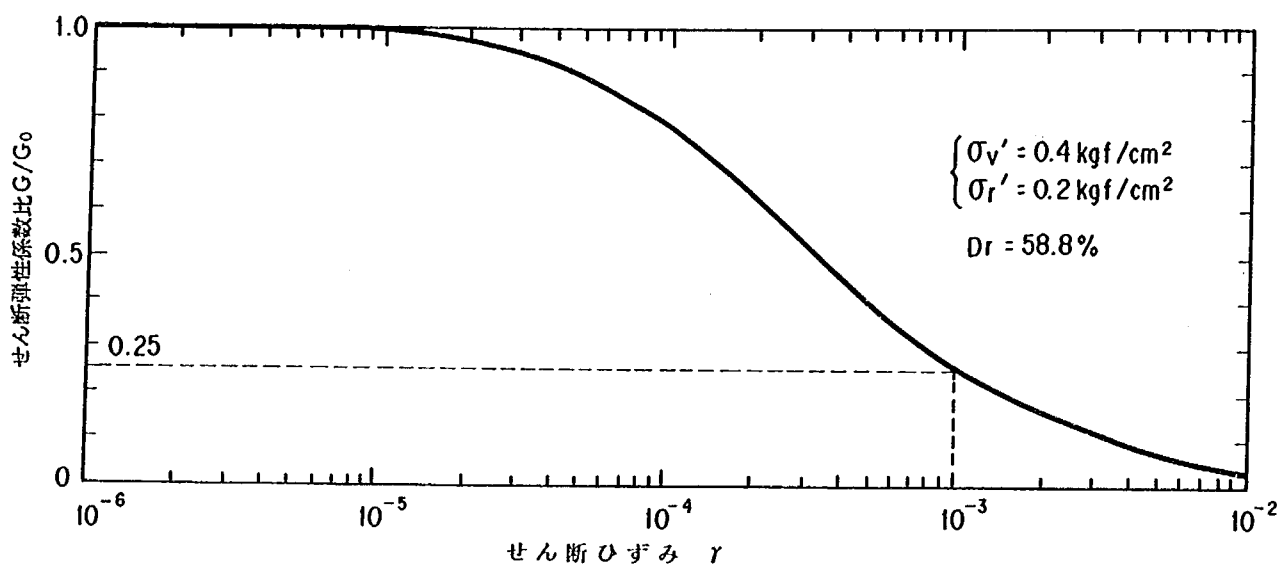


図- 2.5 浅間山砂の $G/G_0 \sim r$ 関係

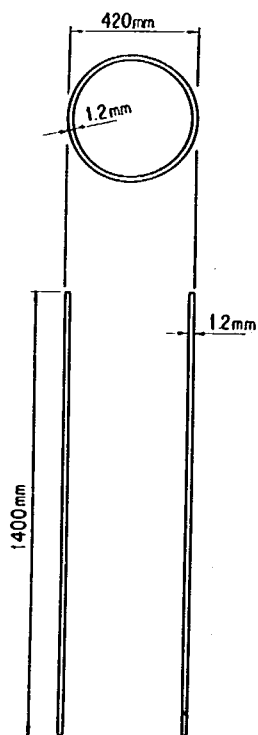


表- 2.2 セル材料の特性

項 目	特 性 値 など
材 質	硬質塩化ビニール
圧 縮 強 さ	7.7 tf/m ²
曲 げ 強 さ	8.6 tf/m ²
曲げ弾性係数	3×10^5 tf/m ² (20°C)

図- 2.6 セル模型概要図

表- 2.3 改良ブロック諸元

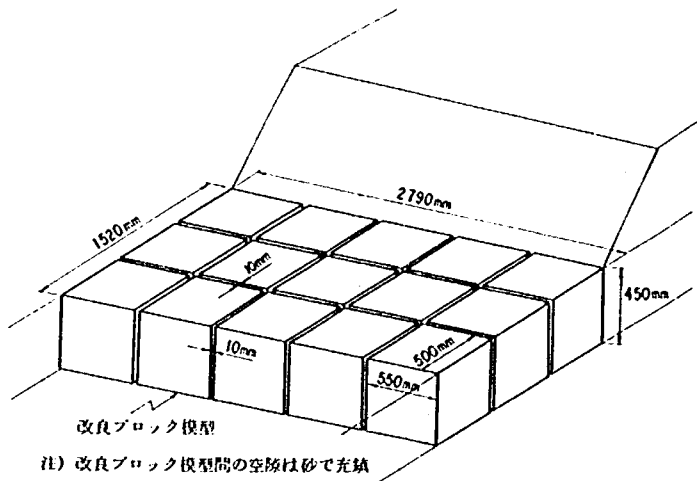


図- 2.7 改良ブロック模型概要図

項 目	諸 元
寸 法	$L \times W \times H$ $= 550 \text{ mm} \times 500 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}$
重 量	平均 310 kg/個
材 質	ソイルセメント
配 合 比	乾燥浅間山砂：セメント $= 100 : 7$ (重量比)
E_{50}	2,000 kgf/cm ² (7日間養生)

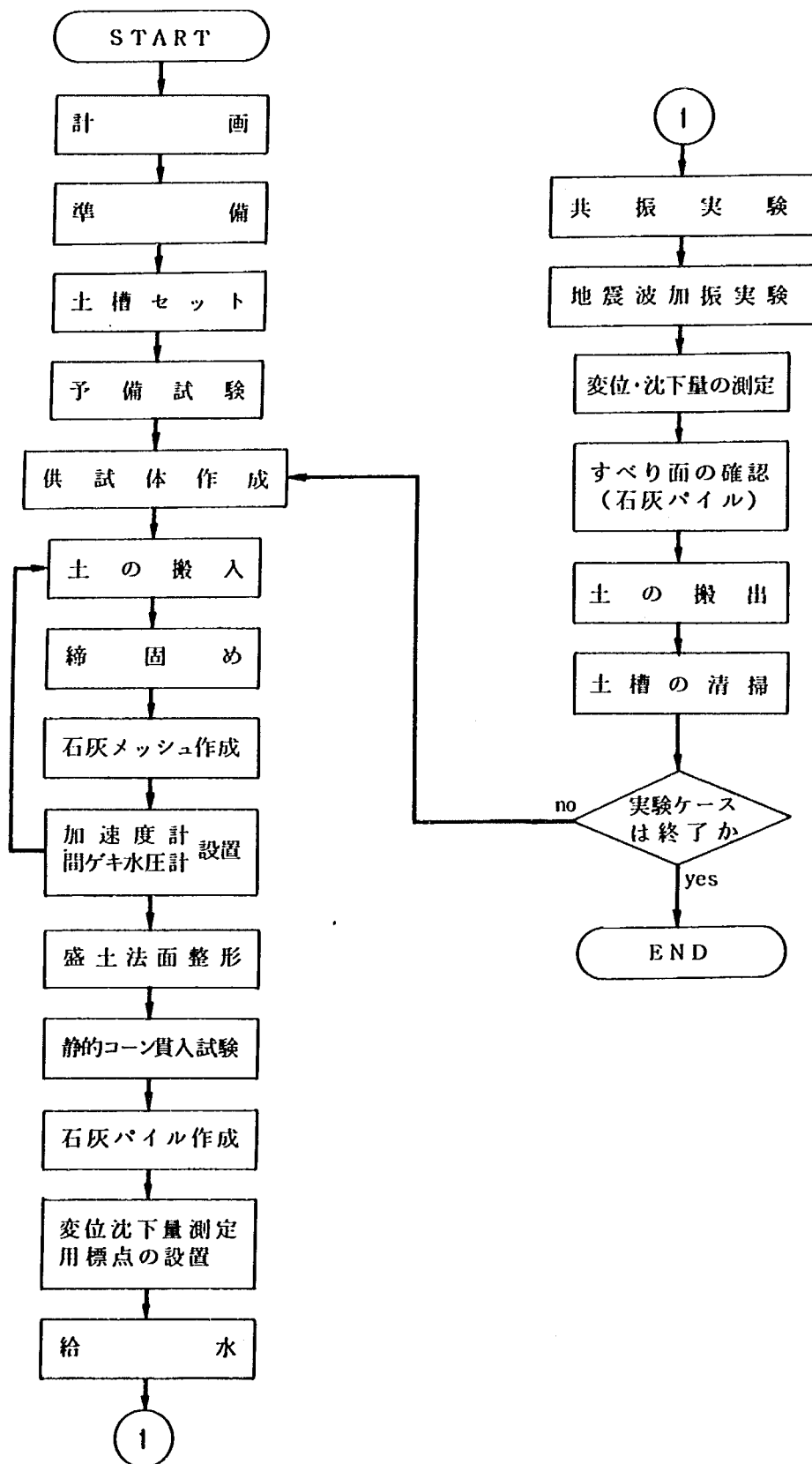
2-1-3 地盤および盛土模型の作製方法

本実験の地盤、盛土模型作成に先立ち、土槽内において転圧の方法、転圧回数、まき出し厚を変えて予備試験を行った。転圧方法は足踏みにより行い、それぞれまき出し厚を15cm、20cm、30cm、足踏み回数を1, 2, 3, 5回と変えて、各組み合わせにおいてそれぞれハンドサンプリングにより単位体積重量を求めた。予備試験の結果は図- 2.9 に示すとおりである。これより本実験の模型は厚さ20cmでまき出し、地盤は2回、盛土は5回とそれぞれ足踏みして作成することとした。

地盤および盛土模型の作成は以下に示す手順により行った。

- ① 土槽内にレキ材を厚さ15cmに敷いて、給水層を作成する。
- ② レキ層の上に、給水による砂とレキの混合を防ぐためと水まわりの均一性の確保のため、砂と同程度の透水性をもつ布製のシートを敷く。
- ③ ベルトコンベヤーにより土槽内へ湿潤状態（含水比9～10%）の砂を搬入し、所定のまき出し厚になったら搬入を止め、締固めを行う。
- ④ 盛土は、所定のまき出し厚ごとに締固めを行い、階段状に盛土を60cmの高さに作成した後に、所定の勾配になるよう、法面の整形を行う。
- ⑤ 地盤・盛土模型作成後に地盤を水で飽和させるため、土槽底面にある2箇所の給排水口よりレキ層を通して給水を行う。給水の際は、給水口に太径のホースをつなぎ、ホース内の水位が地盤内の水位より少し高くなるようにホース内へ連続的に給水を行い、盛土面付近まで時間をかけてゆっくりと水位を上昇させた。
- ⑥ セルを有するケースB, C, Dでは、地盤及び盛土材料投入前にセルを設置した。また、改良ブロックについても同様とした。

なお、地盤、盛土模型作成中には、後述する所定の位置において加速度計、間隙水圧計を埋設し、また、変形量計測用の石灰パイル、石灰メッシュを設置した。また、地盤作成後に同じく地表面に変位及び沈下量測定用の標点を設置した。



図－2.8 実験手順のフローチャート

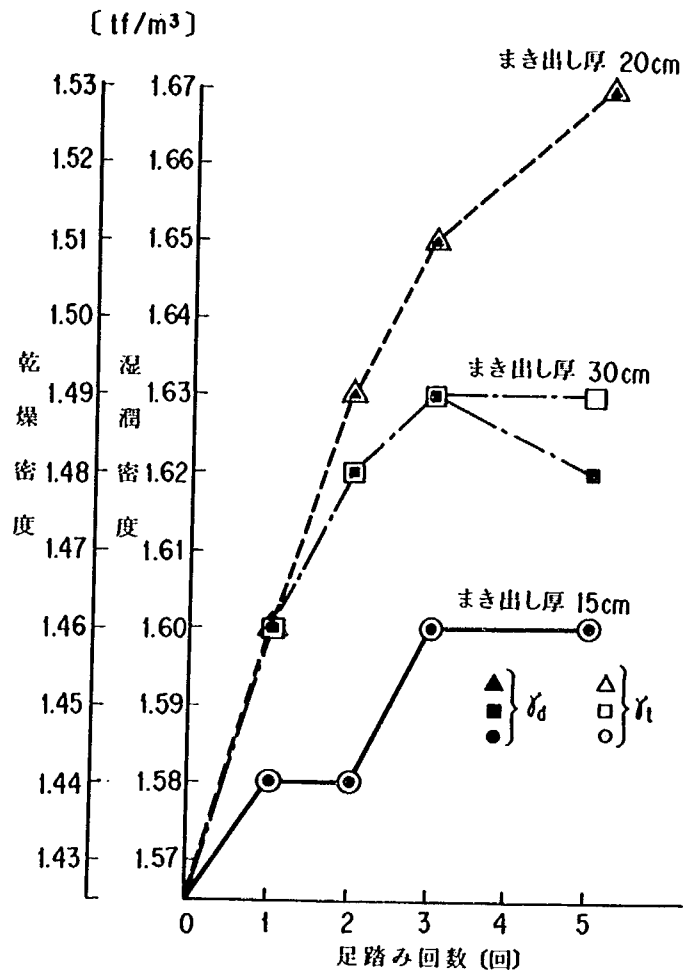


図-2.9 締固め予備試験（足踏みによる）

2-1-4 地盤特性の調査

1) 密度および単位体積重量

地盤および盛土の密度と単位体積重量の測定には、地盤、盛土模型作成時にコアカッター法により求める方法と、地盤、盛土模型作成後にシンウォールサンプラーにより採取した試料により求める方法の2通りの方法で行った。コアカッターによる方法は、各まき出し厚での転圧後に行っているのので、地盤では5深度、盛土では3深度の計8深度においてそれぞれ3回ずつ行った。また、シンウォールチューブによるサンプリングは、各ケースごとに3ヶ所で行い、人力による押し込みによった。

2) セン断弾性波速度 V_s

せん断弾性波速度 V_s は、地盤、盛土模型作成後、地震探査（屈折法）によって測定した。探査は、盛土部と地盤部の2ヶ所で行った。

3) 静的コーン貫入抵抗 q_c

模型地盤および盛土の強度を調べるために静的コーン貫入試験を行った。試験は、3ヶ所で行い、ロッドの押し込みは人力で行った。

以上1)～3)で得られた結果を表-2.4および図-2.10にまとめて示す。

表-2.4 盛土および地盤の物理特性

ケース		A		B		C		D	
		実測値	平 均	実測値	平 均	実測値	平 均	実測値	平 均
湿潤密度 r_t [tf/m ³]	盛 土	1.72	1.72	1.81	1.77	1.78	1.77	1.75	1.76
		1.74		1.78		1.74		1.77	
		1.69		1.73		1.78		1.77	
	地 盤	1.68	1.67	1.76	1.75	1.83	1.80	1.76	1.77
		1.66		1.76		1.78		1.75	
		1.69		1.74		1.80		1.80	
		1.66		1.76		1.80		1.73	
1.64		1.73		1.78		1.80			
乾燥密度 r_d [tf/m ³]	盛 土	1.51	1.51	1.57	1.54	1.57	1.57	1.56	1.56
		1.53		1.54		1.56		1.56	
		1.50		1.52		1.57		1.57	
	地 盤	1.49	1.48	1.53	1.53	1.58	1.56	1.57	1.56
		1.48		1.53		1.55		1.56	
		1.50		1.53		1.57		1.58	
		1.47		1.53		1.56		1.54	
1.46		1.51		1.54		1.57			
含 水 比 w [%]	盛 土	13.5	13.4	15.5	14.9	13.4	12.8	11.8	12.9
		14.0		15.3		11.5		13.6	
		12.6		13.8		13.4		13.3	
	地 盤	12.7	12.3	15.5	15.0	15.8	15.3	12.2	13.0
		12.0		15.3		14.7		12.3	
		12.5		14.0		14.9		13.8	
		12.6		15.0		15.4		12.1	
12.2		15.2		15.6		14.7			
間ゲキ比 e	盛 土	0.767		0.756		0.722		0.733	
	地 盤	0.827		0.767		0.733		0.733	
飽和密度 r_{sat} [tf/m ³]	盛 土	1.964		1.970		1.990		1.983	
	地 盤	1.933		1.964		1.983		1.983	
相対密度 D_r [%]	盛 土	57.1		60.2		69.6		66.6	
	地 盤	40.4		57.1		66.6		66.6	
S波速度 V_s [m/sec]	盛 土	60		57		63		75	
	地 盤	57		57		68		61	

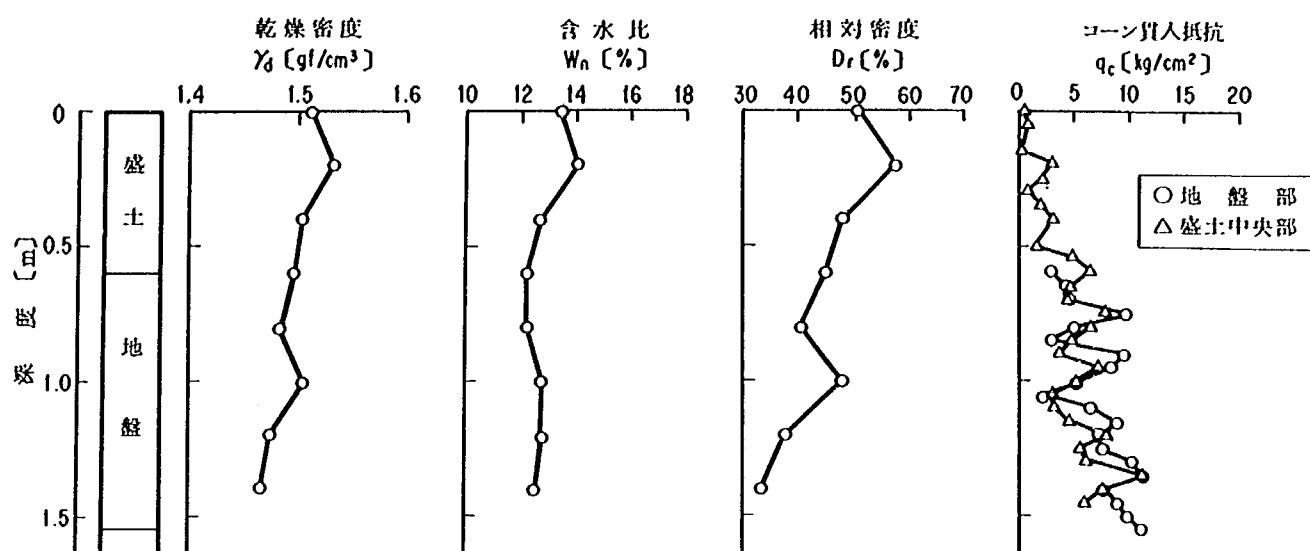


図- 2.10 地盤調査結果- (1) (ケース A)

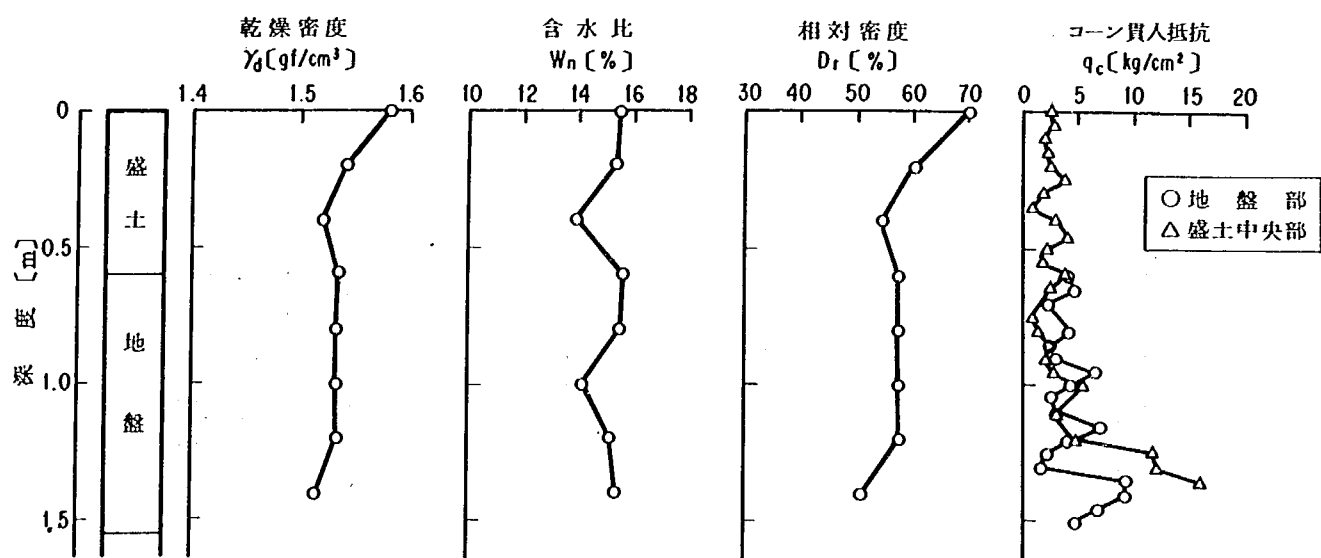


図- 2.10 地盤調査結果- (2) (ケース B)

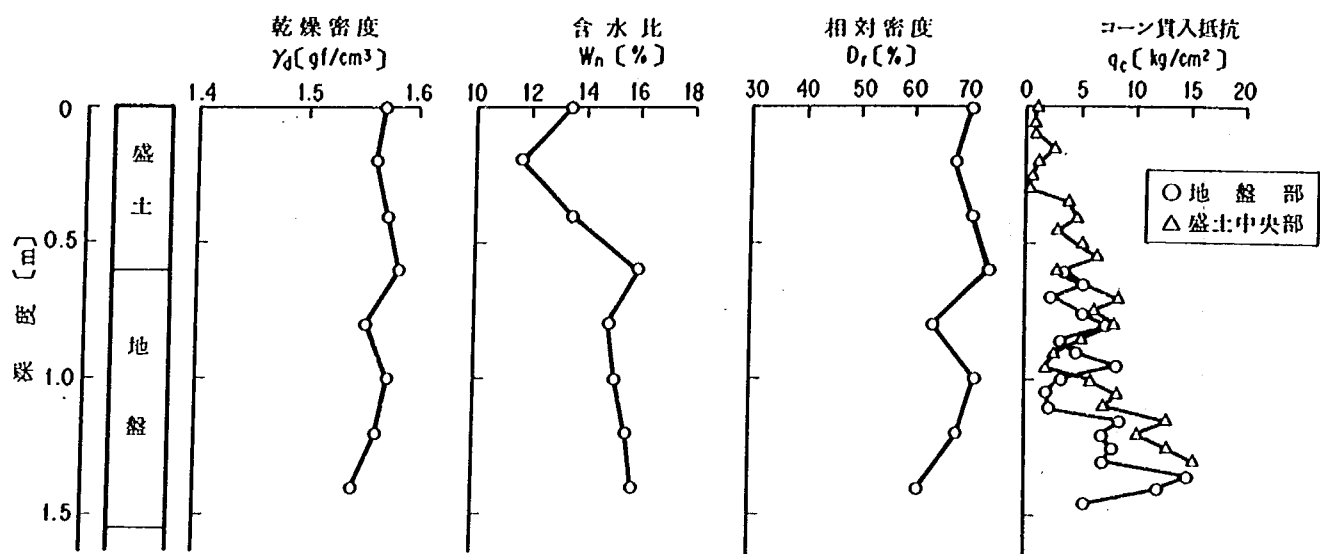


図- 2.10 地盤調査結果-(3) (ケースC)

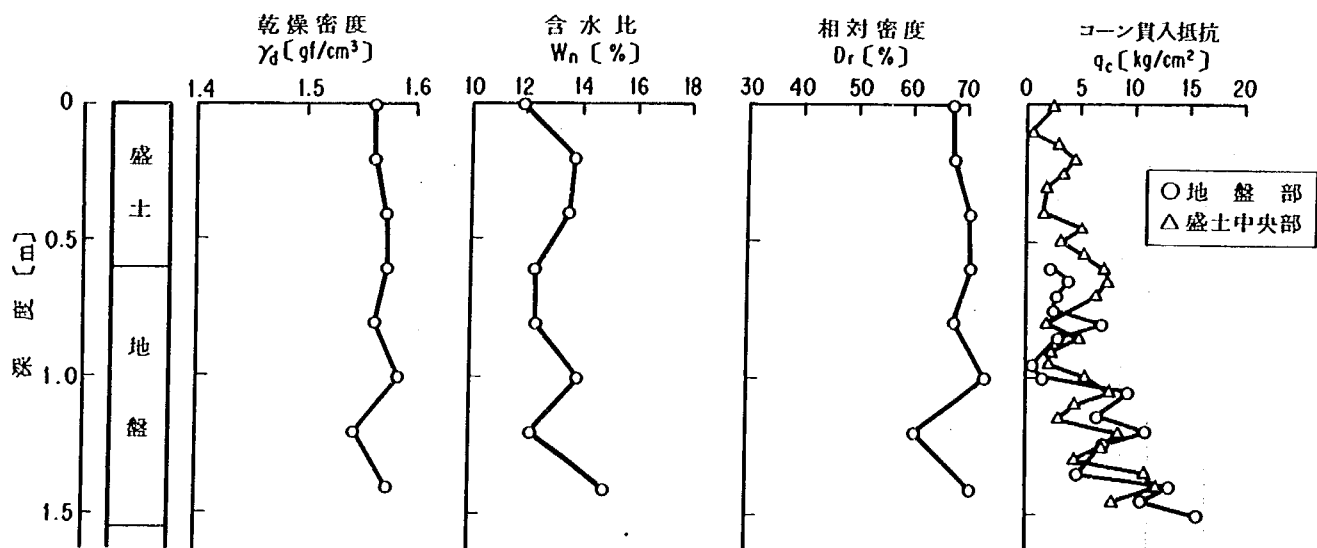


図- 2.10 地盤調査結果-(4) (ケースD)

2-2 計測体制

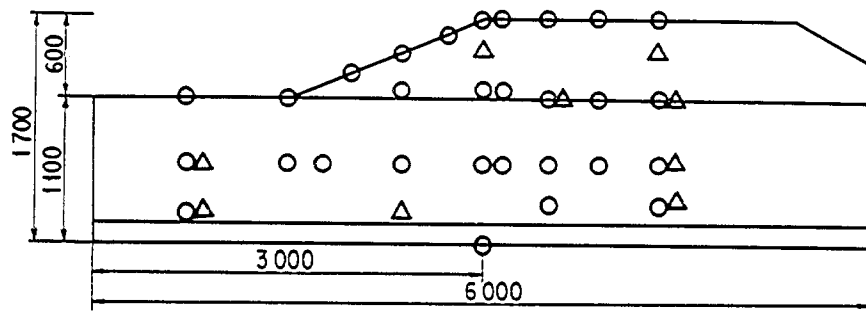
各ケースの計器配置図を図-2.11に、また、計測項目を表-2.5に示す。

計測は盛土や地盤の加速度の計測を中心としたが、セルの有る場合はセルの加速度の他にセル表面の土圧も計測した。また、改良ブロックのある場合は、これの加速度も計測している。間隙水圧の計測は、模型の振動特性に対する影響が大きいと思われる盛土や地盤の液状化の程度を確認するためのものである。

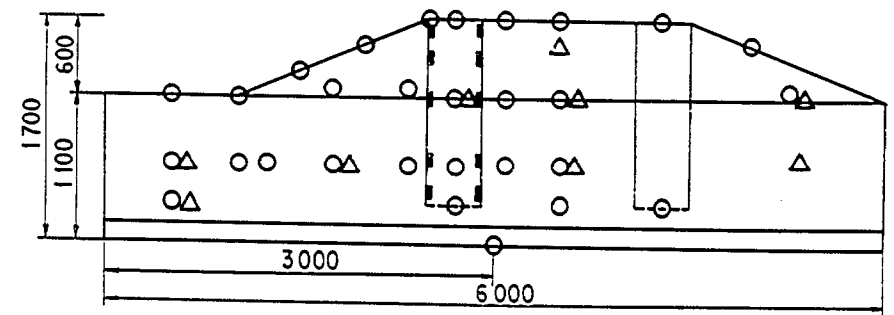
計測に使用した測定器類を表-2.6に、また、計測系統図を図-2.12に示す。

2-3 相似則

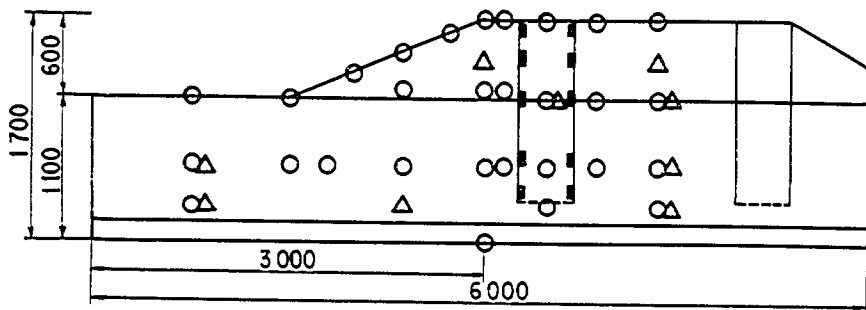
振動台の特性および土槽の大きさを検討し、質量、長さおよび時間の縮尺率 λ_p , λ_l , λ_t をそれぞれ1, $1/50$ および $\sqrt{1/50}$ ($\approx 1/7$) とした。このようにすると、相似率からは模型の諸元は表-2.7のようになる。しかし、この場合は地盤模型で必要とされるS波速度が小さくなりすぎ、そのような条件で模型を作るとはむずかしい。このため最終的には同じ表に示すように模型の諸元を定めた。



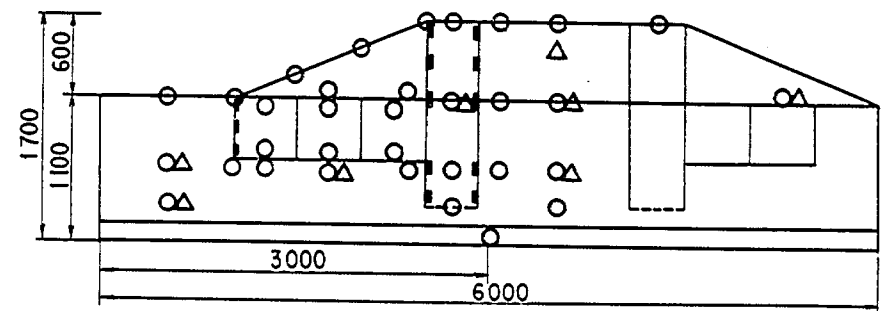
(a) ケース A



(c) ケース C



(b) ケース B



(d) ケース D

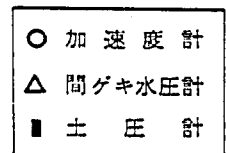


図-2.11 計器配置図

表-2.5 計測項目の一覧表(箇所数)

計測項目 \ 位置	ケース	A	B	C	D
加 速 度	盛 土	15	13	12	11
	地 盤	15	13	12	11
	セ ル	—	4	6	5
	ブ ロ ッ ク	—	—	—	6
間ゲキ水圧	盛 土	4	4	4	4
	地 盤	5	5	5	5
土 圧	セ ル	—	10	10	10

表-2.6 計測器一覧

計測器名	メーカー名	型 式	能 力	数 量	備 考
デジタル データレコーダ	ティアック	DR-2000	最大入力 ch 64 ch	一式	附属にターミナルボックス(64ch)有り
電磁 オシログラフ	三栄測器	5L32	最大入力 ch 12 ch	1台	共振、破壊とも10ch使用
歪 ア ン プ	三栄測器	6M57A	オートバランス 10×10^{-6} 入力で0.5V	35台	主に加速度計に使用
	共和電業	DPM-3108	オートバランス 10×10^{-6} 入力で0.2V	9台	主に間ゲキ水圧計に使用
	共和電業	DPM-220A	オートバランス 10×10^{-6} 入力で0.2V	15台	間ゲキ水圧、土圧などに使用
加 速 度 計	新興通信	BA-2L	容量 2 G	37ヶ	完全防水加工
間 隙 水 圧 計	共和電業	BP-2KB	容量 2 kg/cm ²	9ヶ	フィルタ付
土 圧 計	共和電業	PS-2KA	容量 2 kg/cm ²	10ヶ	セルに使用、超小型
	東京測器	KD-2F	容量 2 kg/cm ²	3ヶ	ソイルブロックに使用、小型

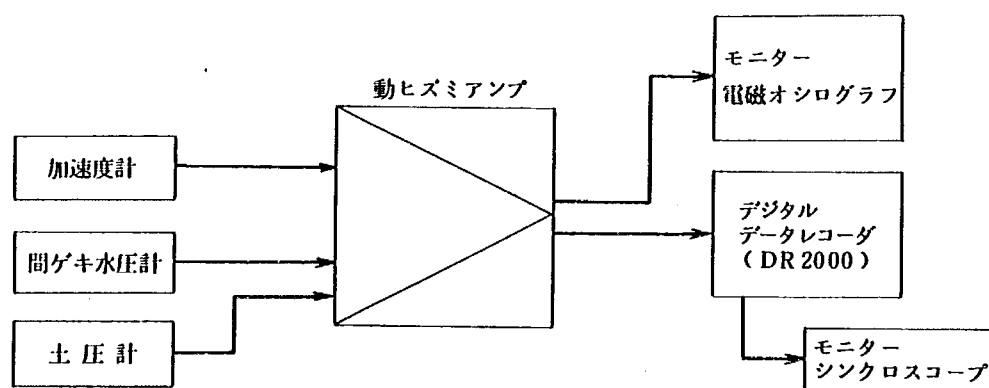


図-2.12 計測系統図

表-2.7 模型の相似則

パラメータ		縮 尺 ¹⁾	相似則から決まる諸元 ²⁾	実験に用いた諸元
長 さ		λ_l		
単位体積重量	支 持 層	λ_ρ	1.7 t/m ³	1.7 t/m ³
	粘 土 層	λ_ρ	1.33 t/m ³	1.6 t/m ³
	盛 土	λ_ρ	1.7 t/m ³	1.7 t/m ³
S 波速度	支 持 層	$\sqrt{\lambda_\rho \lambda_l^2 \lambda_T^{-2}}$	35 m/sec	150 m/sec
	粘 土 層	$\sqrt{\lambda_\rho \lambda_l^2 \lambda_T^{-2}}$	14 m/sec	50 m/sec
	盛 土	$\sqrt{\lambda_\rho \lambda_l^2 \lambda_T^{-2}}$	21 m/sec	80 m/sec
セルの曲げ剛性 EI		$\lambda_\rho \lambda_l^3 \lambda_T^{-2}$	0.51 t・m ² /セル	9.6 t・m ² /セル
加 振 振 動 数		λ_T^{-1}	3.5 Hz ³⁾	4 Hz (浮島公園記録)
入 力 加 速 度		$\lambda_l \lambda_T^{-2}$	150 gal ³⁾	最大 1,000 gal
地 盤 ヒ ズ ミ		1		

1) λ_ρ , λ_l , λ_T は各々質量, 長さ, 時間の縮尺率を示す。

2) $\lambda_\rho = 1$, $\lambda_l = 1/50$, $\lambda_T = \sqrt{1/50}$ とした。

3) 実物に対して入力地震波動の卓越振動数を 0.5 Hz, 最大加速度を 150 gal 程度と想定した。

3. 加振振動実験

3-1 概要

振動台（主要諸元・表-3.1 参照）上に両端に可動壁を有する鋼製の土槽（長さ 6 m，幅 3 m，高さ 2 m）を設置し，その中に人工島模型（縮尺 1/50）を作成して，一定加速度による正法波加振実験を実施した。その後，時間スケールを 1/7 とした開北橋記録（宮城沖地震 1978），浮島公園記録（1972 八丈島東方沖の地震）の入力レベルを変化させた波形を用いた地震波加振を行った。なお，加振時間は前者が 7 秒，後者が 12 秒である。

表-3.1 振動台の諸元

項 目	諸 元
振 動 台 寸 法	6 m × 8 m
最 大 載 荷 重 量	100 ton
最大転倒モーメント	150 ton-m
最 大 加 振 力	100 ton (25 ton × 4 台)
最 大 変 位 振 幅	± 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)
駆 動 方 式	電気油圧サーボ方式
加 振 波 形	正弦波，三角波，矩形波，ランダム波，地震波
周 波 数 範 囲	DC ~ 30 Hz

3-2 正弦波加振実験

正弦波加振実験では，振動数 3 ~ 40 Hz の範囲を加速度 10 gal 一定で，0.2 Hz 間隔で加振した。本加振実験時には入力加速度が小さく，また，過剰間隔水圧も小さいため，この範囲では模型は，基本的には線型応答すると考えられる。

図-3.1-(1)~(4)は，各々ケース A，B，C，D に対する地盤および盛土の表面各部における加速度共振曲線の比較を示している。これらによれば，いずれのケースにおいても地盤の表面では比較的応答倍率（増幅率）は小さく，また，加振振動数領域における増幅率の変化も少ない。これに対して，盛土の表面においては，盛土の法面部から法肩，盛土天端中央部へと移るにつれて応答のピークがはっきり現われ，振動数 11 Hz 附近と 13~18 Hz 附近において応答が卓越している。ただし，詳細にみると，振動数 11 Hz 附近で卓越した振動では，いずれのケースにおいても盛土法面から盛土天端中央部へと移るにつれて徐々に応答が大きくなるだけで，卓越振動数自身は変化しないが，振動数 13~18 Hz で卓越した振動では各々のケース，場所により最も卓越する振動数および振動数領域における応答倍率の形状が異なっている。

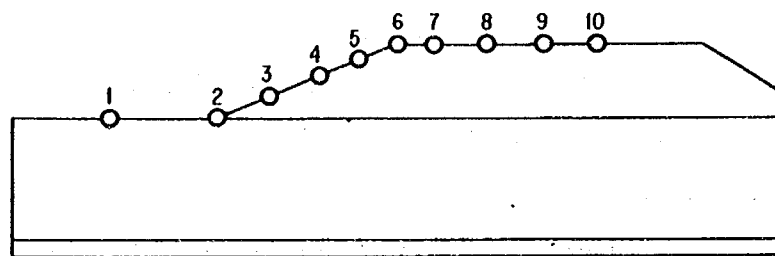
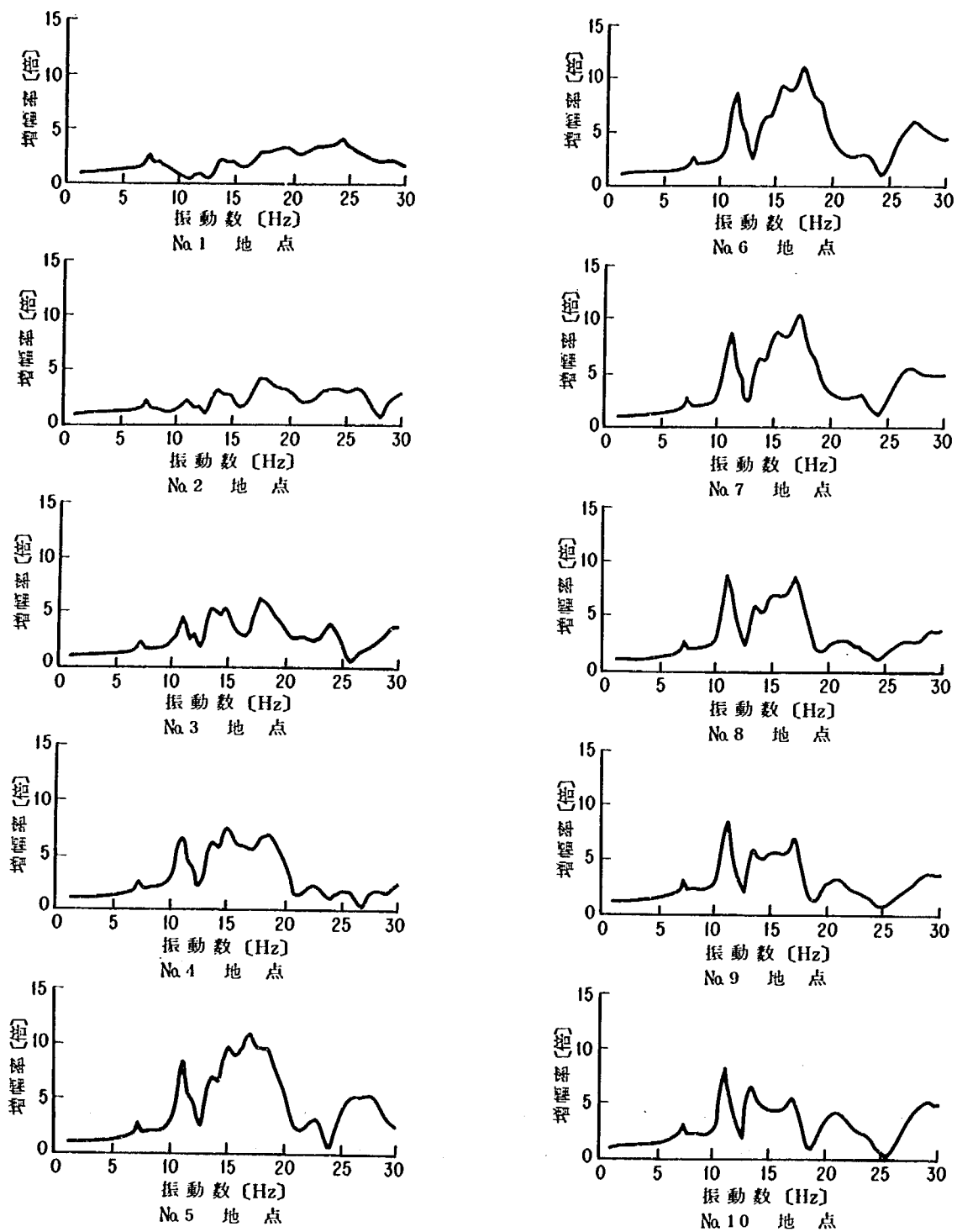


図-3.1 地表面における箇所別共振曲線の比較-(1) (ケースA)

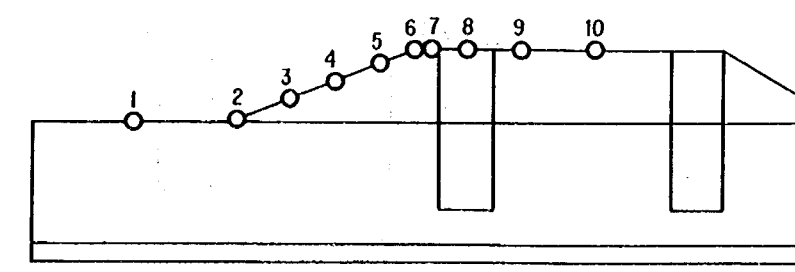
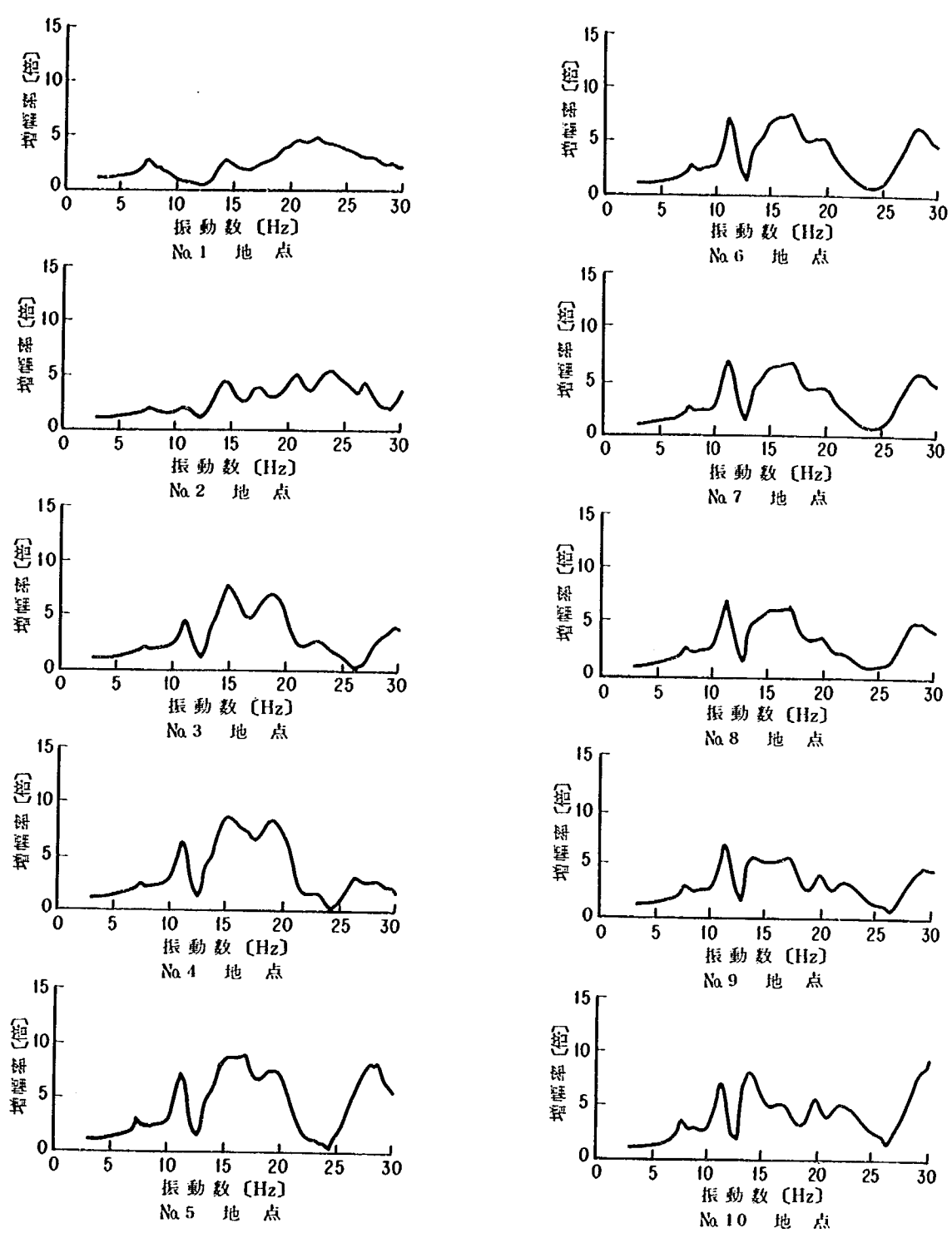


図- 3.1 地表面における箇所別共振曲線の比較-(2) (ケース B)

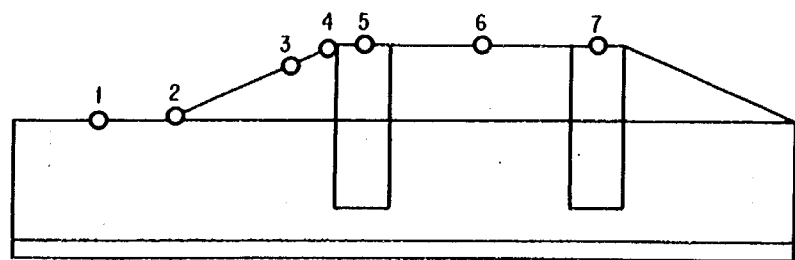
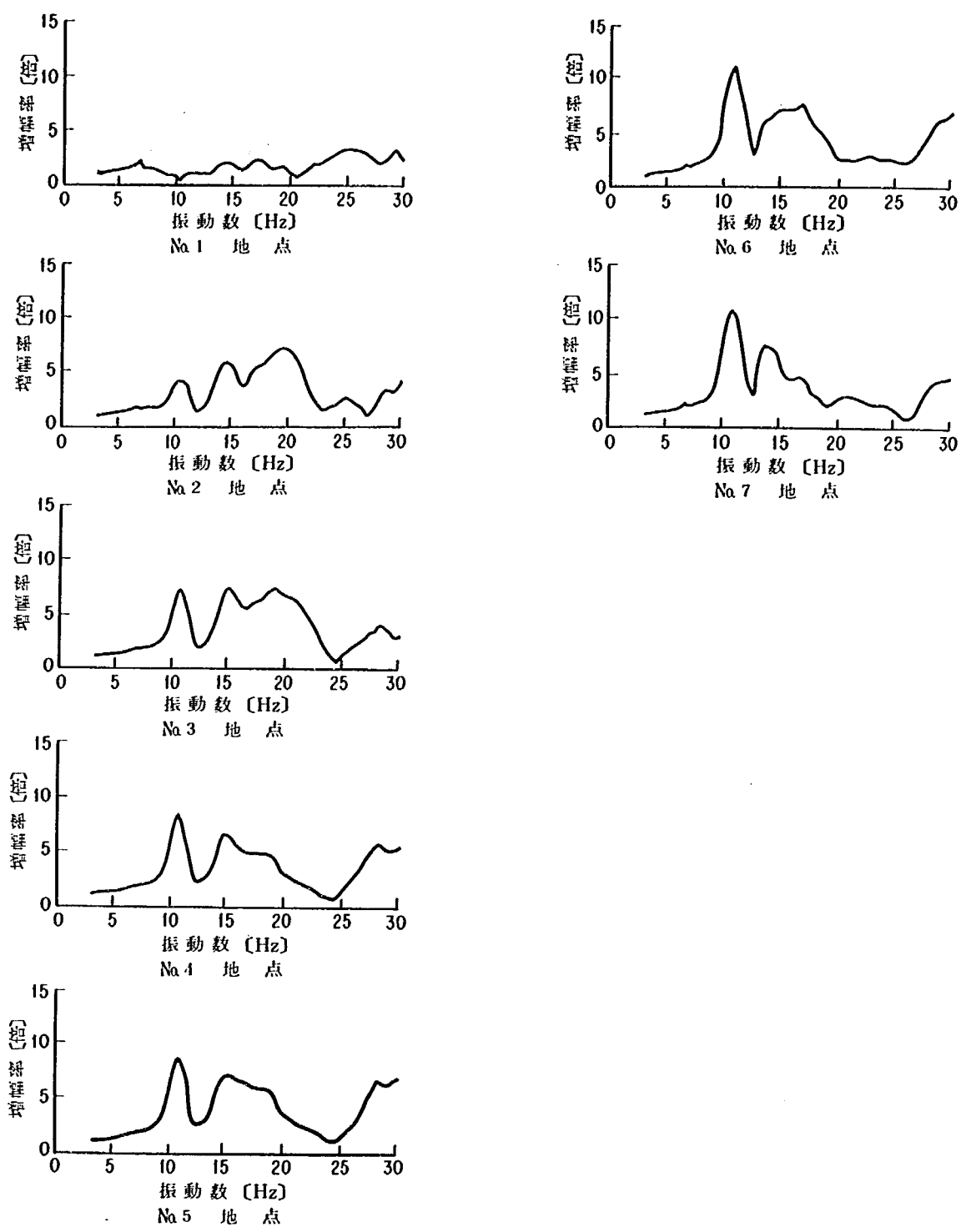


図-3.1 地表面における箇所別共振曲線の比較-(3) (ケースC)

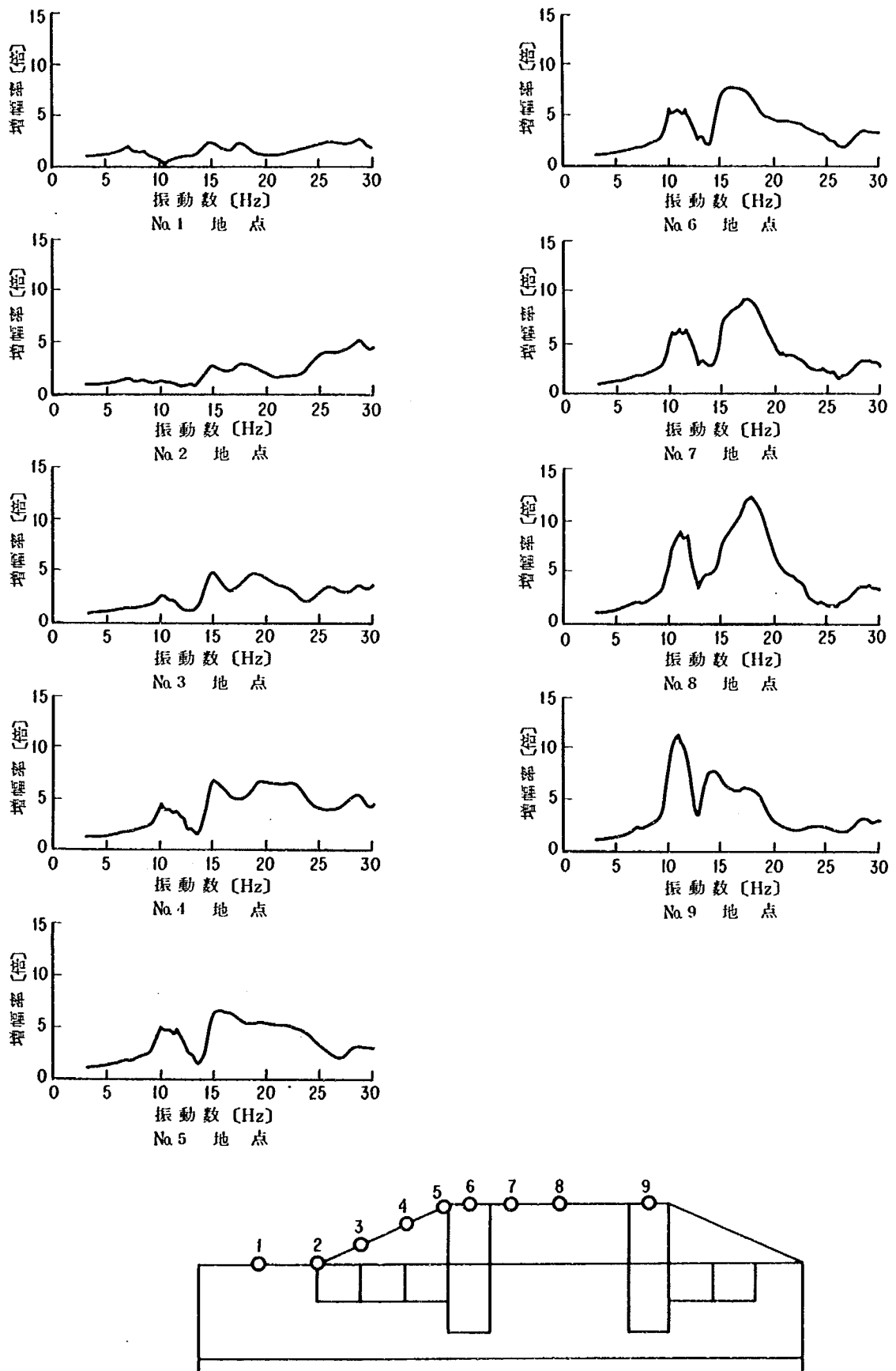


図-3.1 地表面における箇所別共振曲線の比較-(4) (ケースD)

次に図－ 3.2 は地盤および盛土の深さ方向の加速度共振曲線を比較したものである。地盤および盛土のいずれにおいても、深部においては応答倍率は約 1.0 と小さいのに対し、地表面に近づくにつれて特定の振動数において応答倍率が大きくなり、地盤および盛土の振動特性が顕著に現われてくることを示している。

いま、このような共振曲線を盛土天端中央、盛土法肩部および地盤表面の 3 箇所において、ケース A（セル無し）およびケース B（セルあり）、ケース C（セルあり）およびケース D（セルあり、改良ブロックあり）の間で比較した結果をそれぞれ図－ 3.3、図－ 3.4 に示す。

これより、各ケースの応答特性に関しては、以下の事項が指摘される。

1) セルの有無による応答特性の違いを検討するために、ケース A およびケース B の共振曲線を比較すると、地盤表面部、盛土天端中央部および盛土法肩部のいずれにおいても両者の共振曲線には基本的な違いはない。ただし、一般に 15 Hz 程度以上の振動数領域ではわずかながらケース B の方がケース A よりも応答倍率が大きくなる傾向が認められる。

2) 改良ブロックの有無による応答特性の違いを検討するためにケース C およびケース D の共振曲線を比較すると、この場合も地盤表面部、盛土天端中央部および法肩部のいずれにおいても両者の共振曲線には基本的な違いはない。ただし、盛土天端中央部および法肩部においては振動数 11 Hz 附近の振動ではケース D の方がケース C より応答がやや小さいのに対し、振動数 13 Hz 程度以上の振動では逆にケース D の方がケース C より応答が大きくなる傾向が認められる。

3) ケース B およびケース C は、図－ 2.1 に示したように、盛土形状が多少異なる他は基本的には同一の条件を目標に作成した模型を用いている。しかしながら、両者の共振曲線を比較すると、図－ 3.5 に示す様に全体としてよく似た特性を示すものの細部においては違いも認められる。これはケース B およびケース C の模型が基本的には同一条件を目標に作成されたとしても、両模型には表－ 2.4、図－ 2.10 に示したように締固め度、形状等にわずかな差が生じており、こうした点が影響しているためと考えられる。

4) 図－ 3.6 は先に述べた様な盛土天端中央地表面の応答が卓越する振動数における模型各部の振動加速度の分布に示したものであり、振動モードを近似したものであると考えることができる。これによれば、いずれの場合も、ある瞬間においては加速度の振動方向が盛土と地盤とで逆になることもあることがわかる。

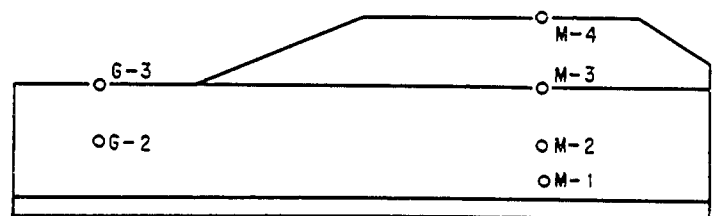
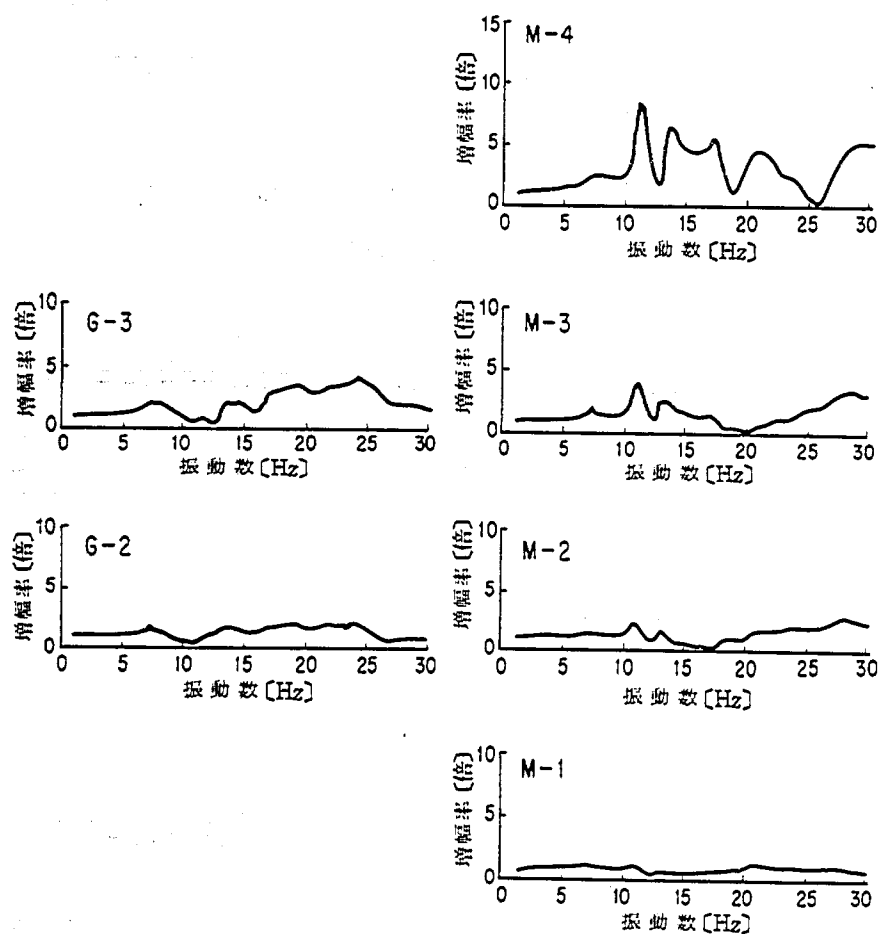


図-3.2 深さ方向による共振曲線の比較-(1) (ケース A)

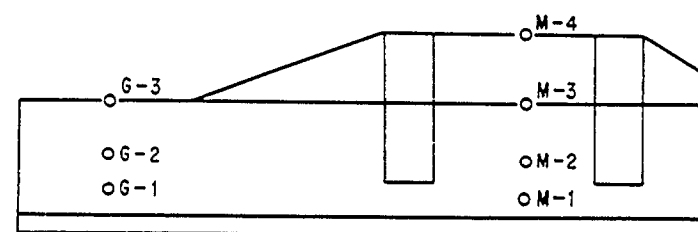
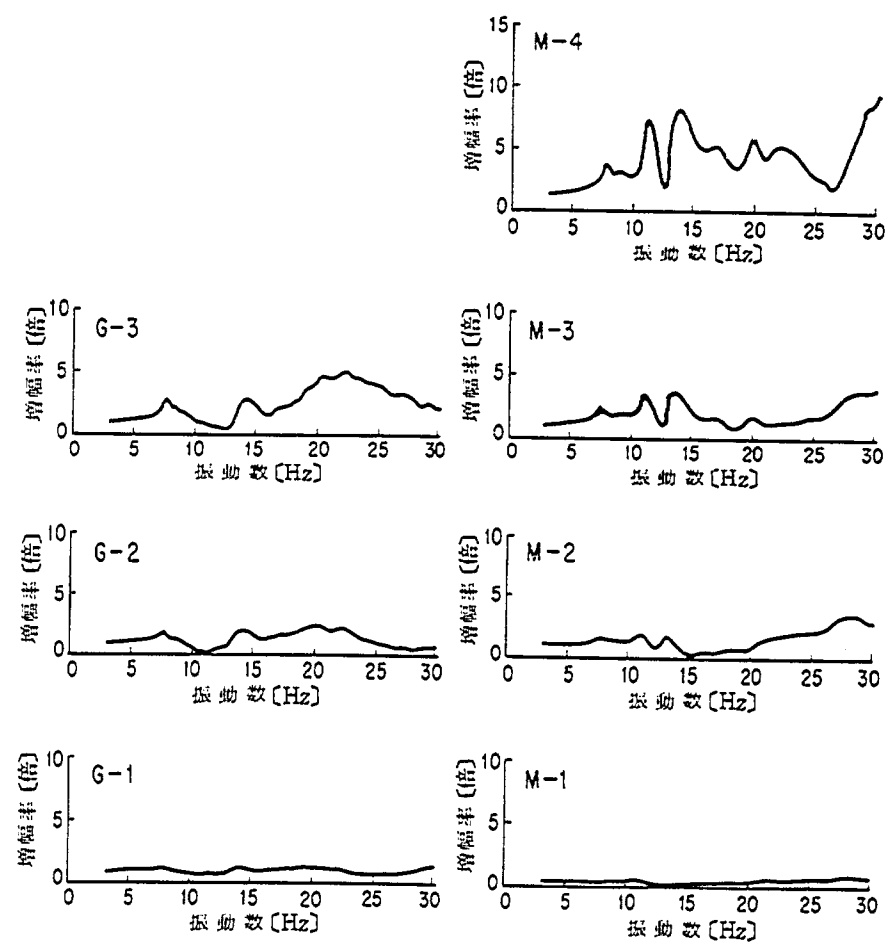


図-3.2 深さ方向による共振曲線の比較-(2) (ケース B)

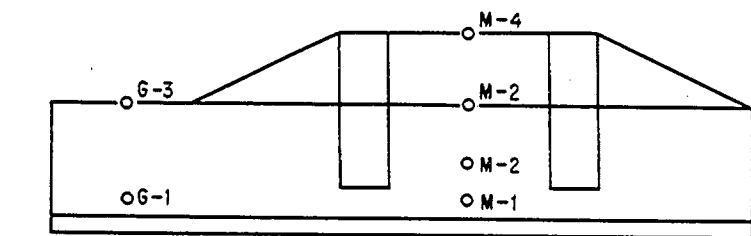
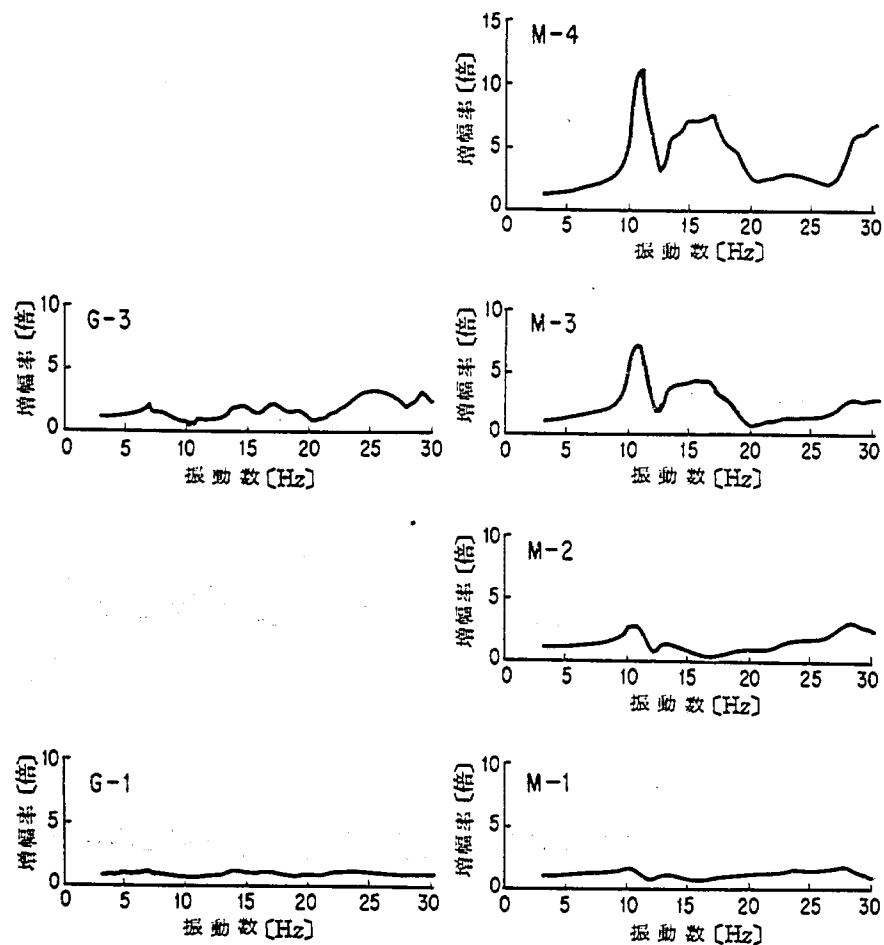


図-3.2 深さ方向による共振曲線の比較-(3) (ケースC)

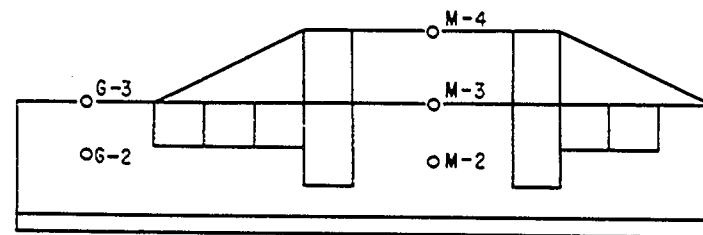
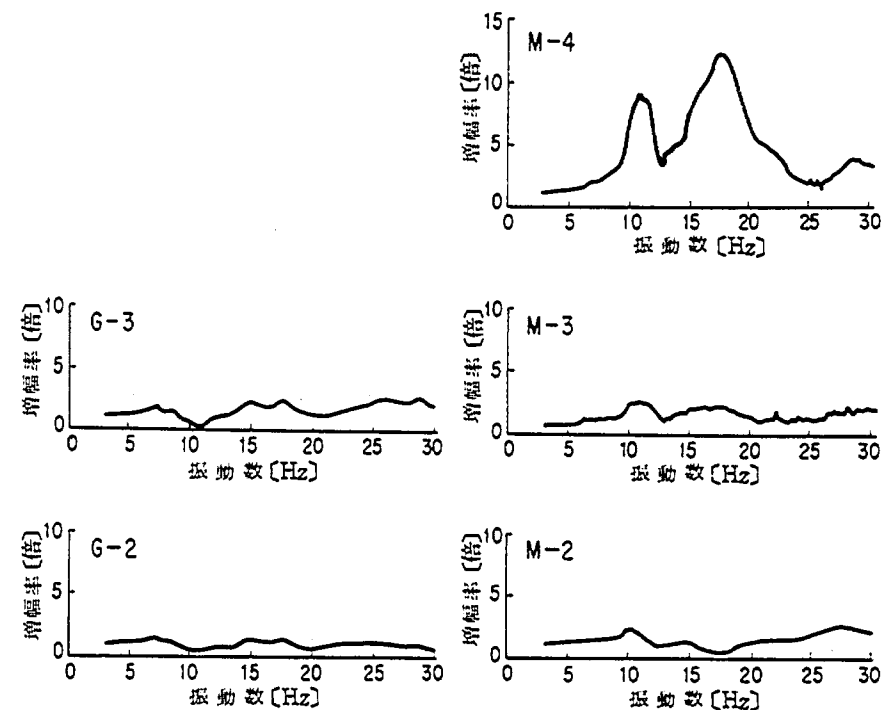
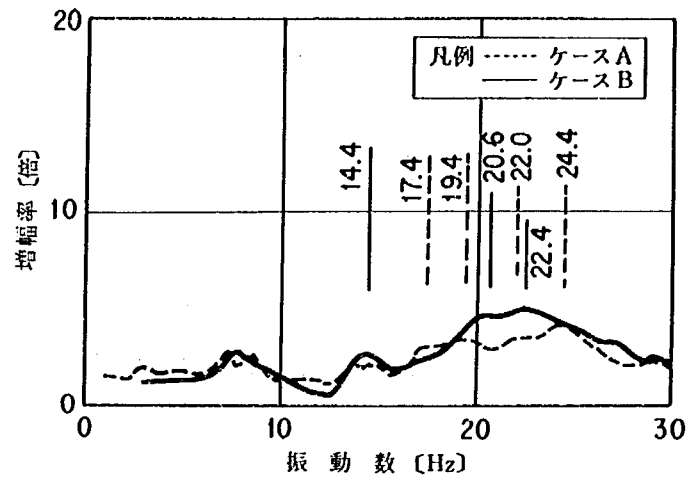
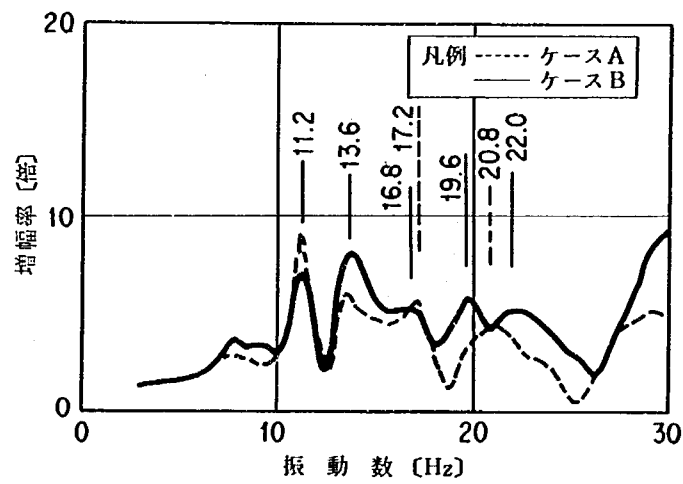


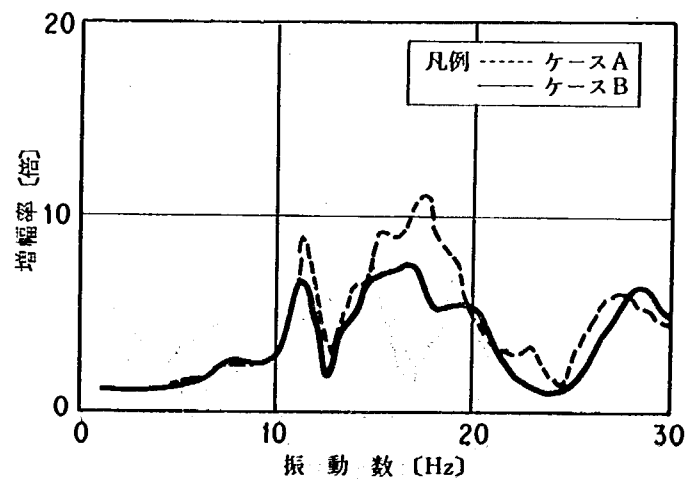
図-3.2 深さ方向による共振曲線の比較-(4) (ケースD)



(a) 地盤面

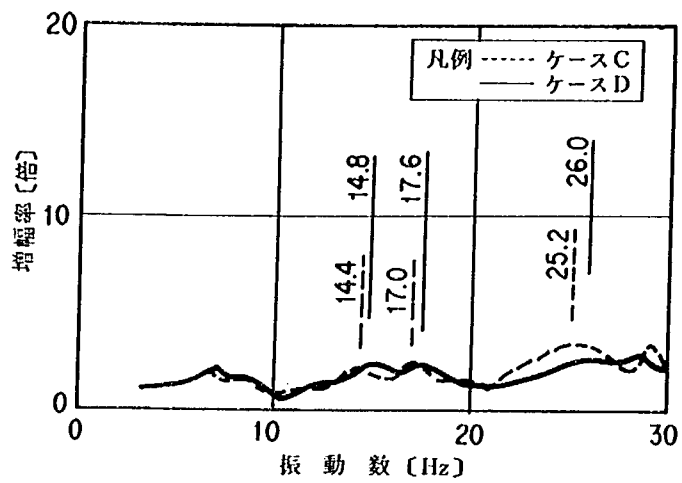


(b) 盛土天端

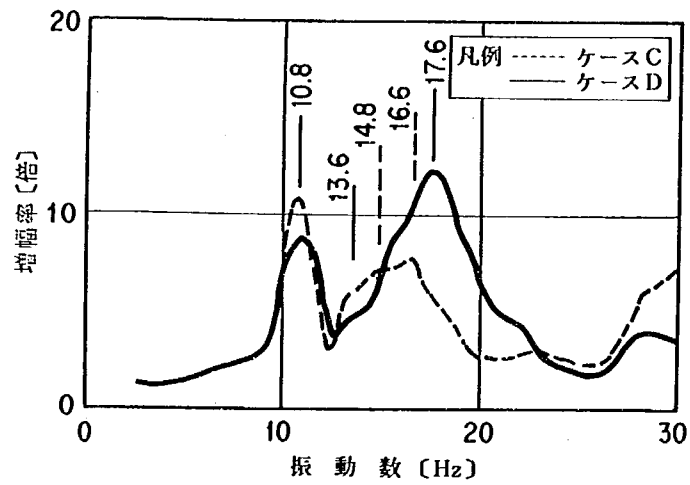


(c) 法 肩

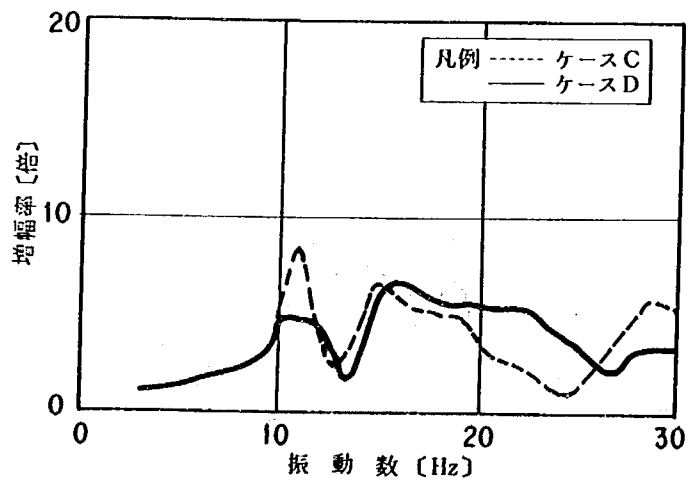
図-3.3 ケースAおよびケースBの共振曲線の比較



(a) 地盤面

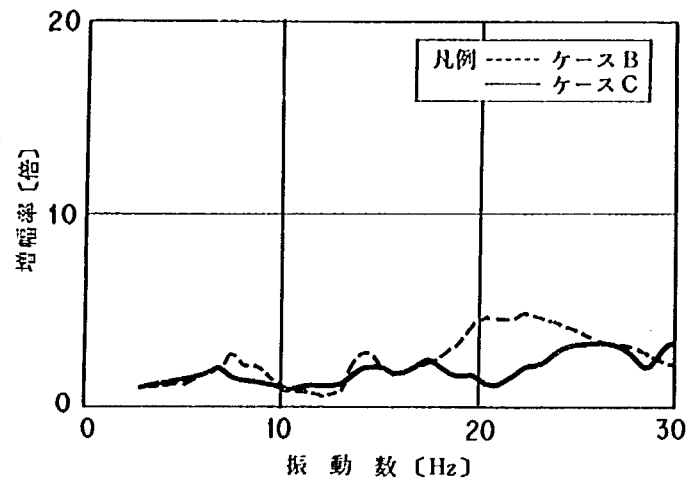


(b) 盛土天端

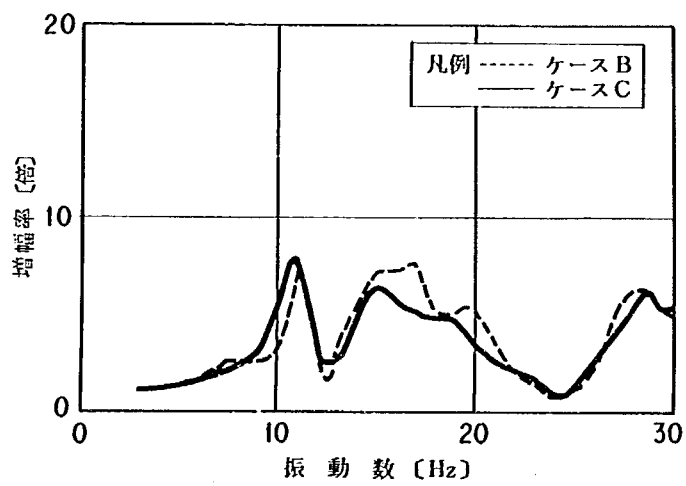


(c) 法 肩

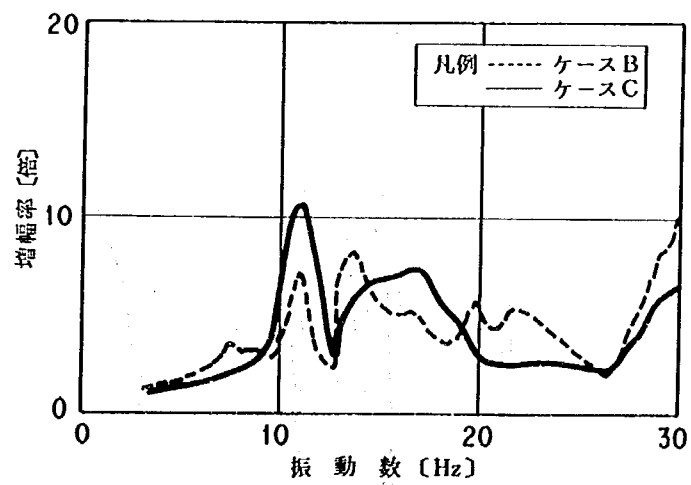
図-3.4 ケースCおよびケースDの共振曲線の比較



(a) 地 盤 面

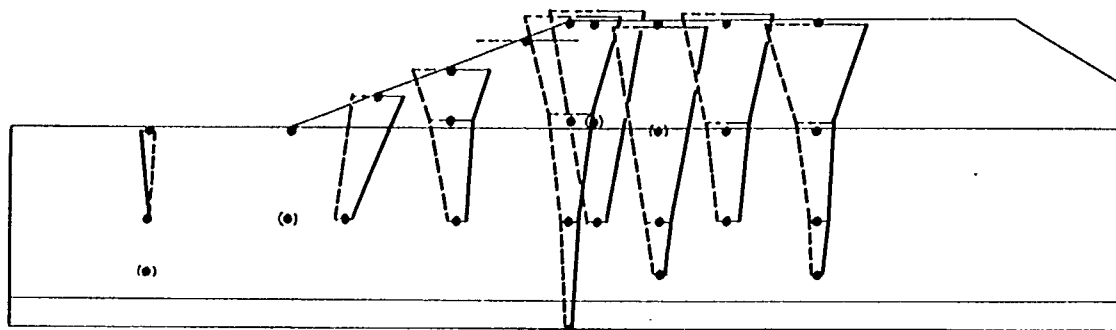


(b) 盛土天端

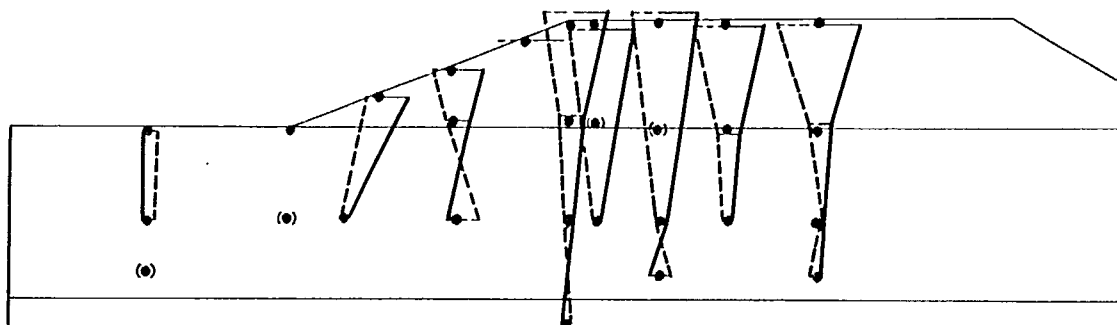


(c) 法 肩

図-3.5 ケースBとケースCの共振曲線の比較 (地表面)



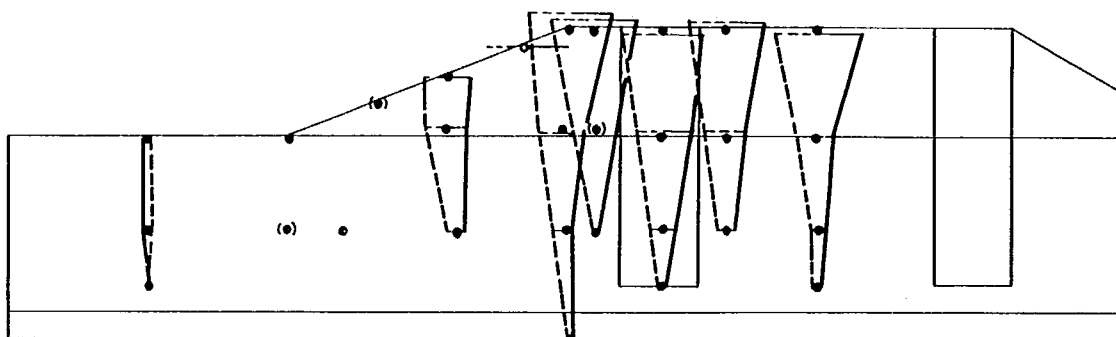
(a) 盛土天端中央の振動が最も卓越する振動数 (11.2 Hz)



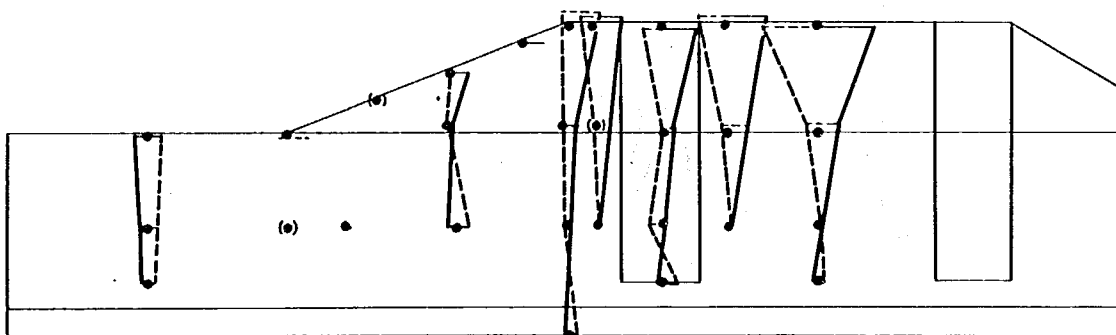
(b) 盛土天端中央の振動が2番目に卓越する振動数 (13.6 Hz)

注) (e)は欠測を示す。

図-3.6 振動モード図 - (1) (ケース A)



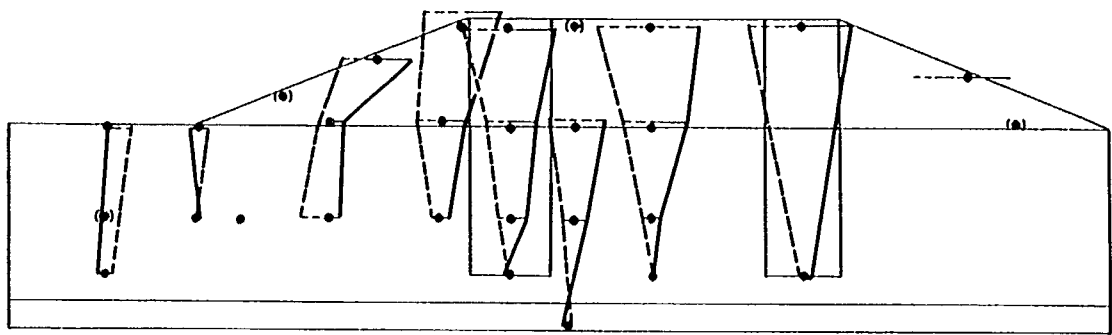
(a) 盛土天端中央の振動が最も卓越する振動数 (11.2 Hz)



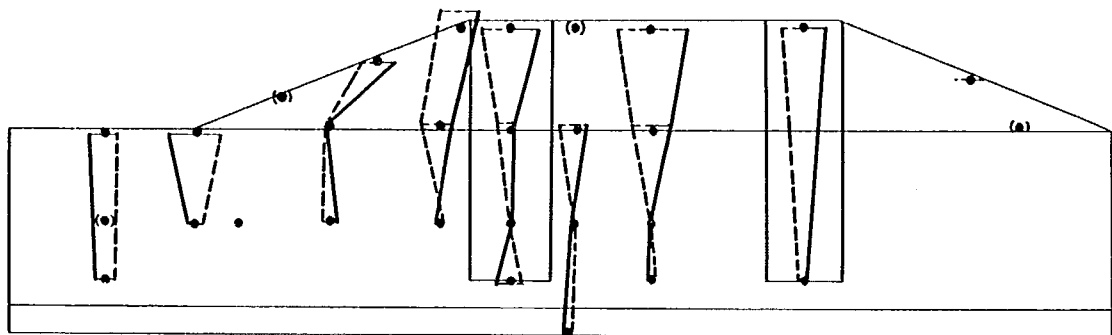
(b) 盛土天端中央の振動が2番目に卓越する振動数 (13.8 Hz)

注) (e)は欠測を示す。

図-3.6 振動モード図 - (2) (ケース B)



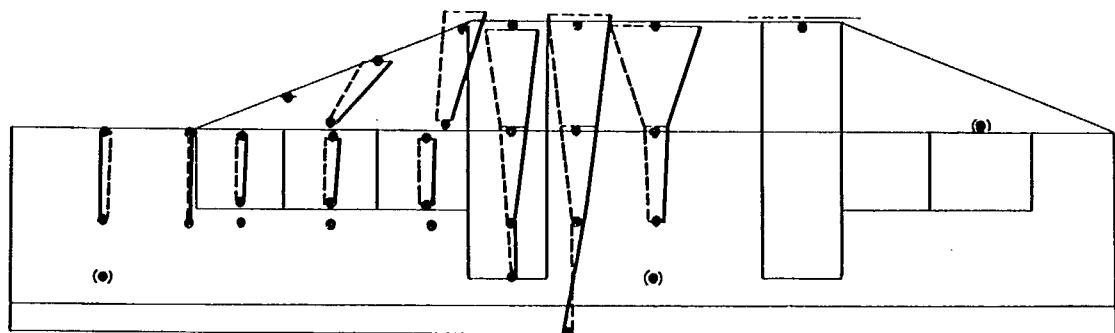
(a) 盛土天端中央の振動が最も卓越する振動数 (10.8 Hz)



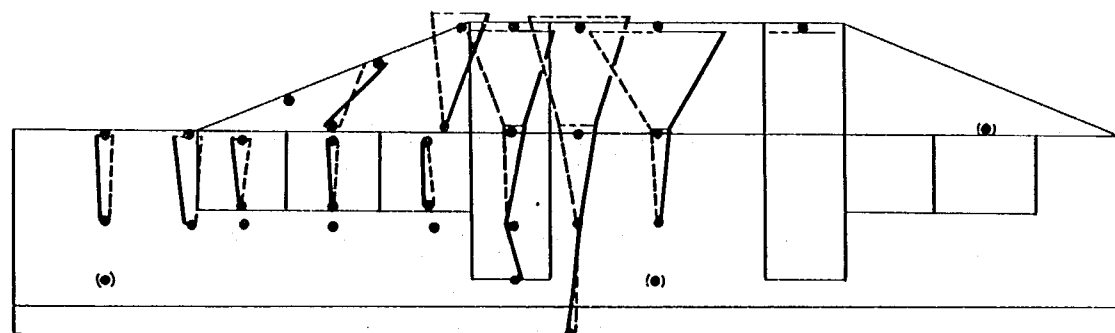
(b) 盛土天端中央の振動が2番目に卓越する振動数 (16.6 Hz)

注) (●)は欠測を示す。

図- 3. 6 振動モード図 - (3) (ケース C)



(a) 盛土天端中央の振動が最も卓越する振動数 (10.8 Hz)



(b) 盛土天端中央の振動が2番目に卓越する振動数 (17.6 Hz)

注) (●)は欠測を示す。

図- 3. 6 振動モード図 - (4) (ケース D)

3-3 地震波加振実験

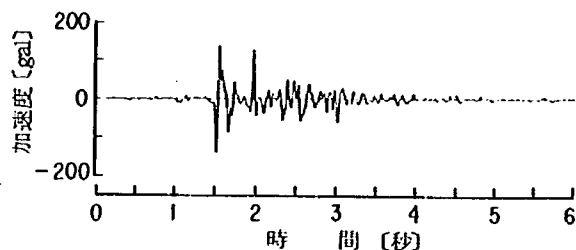
3-3-1 加振条件

正弦波加振実験に続いて、実地震波による加振実験を行った。加振に用いた入力地震波は1976年6月2日宮城県沖地震において開北橋で観測された記録（橋軸直角方向，地表面。以下開北橋記録という）と1972年12月4日八丈島東方沖地震において浮島公園で観測された記録（EW方向，地表面。以下浮島公園記録という）の2種の実地震波である。

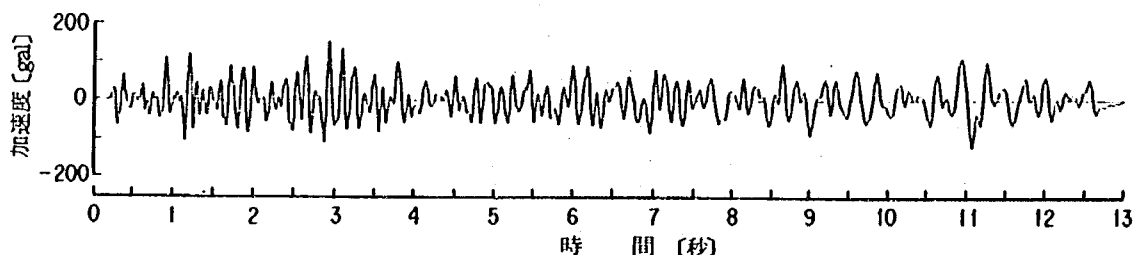
これらにもとづいた入力地震波の波形を図-3.7に、また、応答スペクトルを図-3.8に示す。なお、入力波形は実際のものの時間軸を1/7に縮めたものである。これらの図より、開北橋記録には短周期成分が、また、浮島公園記録には長周期成分が比較的多く含まれていることがわかる。

加振時においては、ケースA、B、C、Dいずれの場合にも、表-3.2に示すように、開北橋記録を用いた加振を先行して行い、最大加速度を150 gal、300 gal、500 galと順次上げて行った。ここで、入力地震動の最大加速度を150 galとして加振した場合には過剰間隙水圧はほとんど生じていないが、入力地震動の最大加速度を300 gal以上とした場合には、過剰間隙水圧の上昇が認められた、したがって、一回加振した後では、過剰間隙水圧の消散を待って次の加振を行うこととした。このようにして、入力地震動の最大加速度を680～950 gal程度まで上げた加振をそれぞれ行ったが、この間には、盛土模型には大きな変状は生じなかった。

開北橋記録を用いた一連の加振実験の後に、浮島公園記録を用いた加振実験を行った。実験の方式は基本的には開北橋記録を用いた実験と同じであるが、この場合には、入力地震動の最大加速度を150 galと



(a) 開北橋記録にもとづく入力波形



(b) 浮島公園記録にもとづく入力波形

図-3.7 入力波形

した場合にも過剰間隙水圧が有効上載圧との比（過剰間隙水圧比）で 0.4 程度にまで上昇し、盛土模型に残留変形が生じた。なお、入力地震動の最大加速度を 300 gal 以上とした場合には、過剰間隙水圧比が 1.0 近くになり、液状化に伴う盛土模型の変状が認められた。

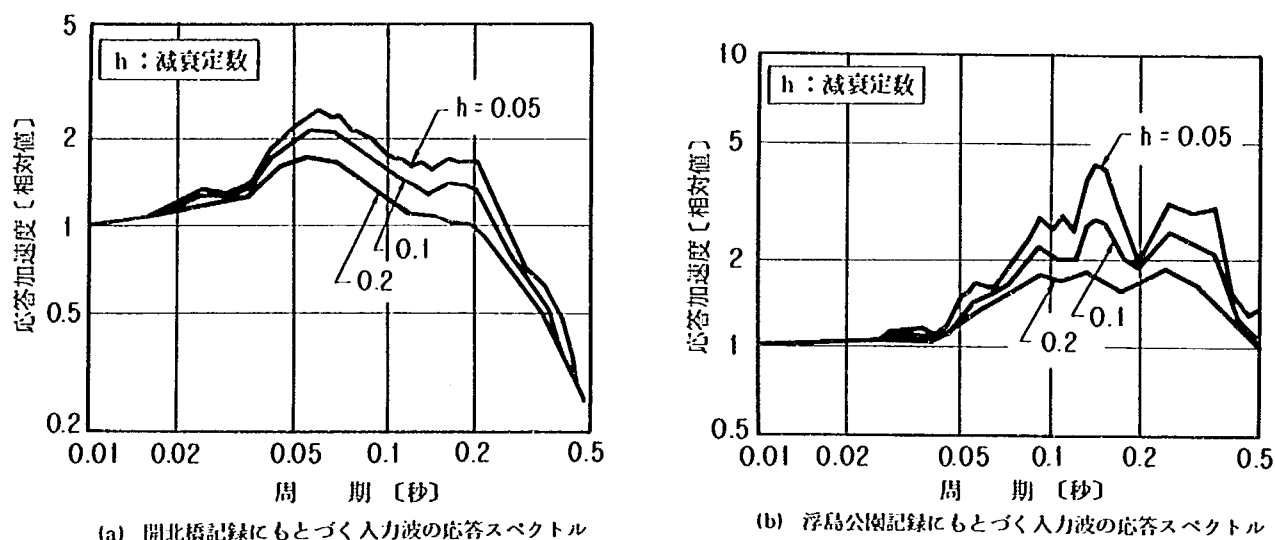


図-3.8 入力波の応答スペクトル

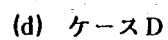
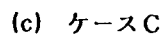
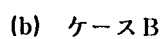
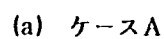
表-3.2 入力地震波の最大加速度（振動台加速度）地震波加振実験

〔単位：gal〕

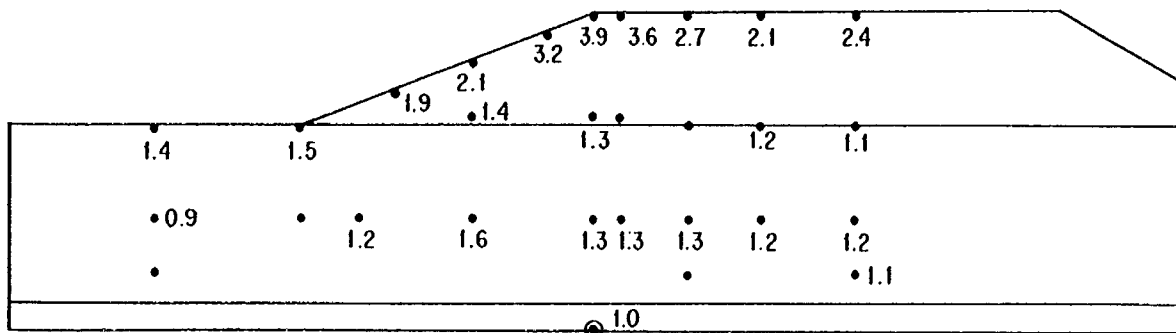
入力地震波 モデル	加振段階	開北橋記録にもとづく波形						浮島公園記録にもとづく波形			
		K-1	K-2	K-3	K-4	K-5	K-6	U-1	U-2	U-3	U-4
ケース A		157	317	115	324	643	951	117	164	354	1,076
ケース B		150	315	601	916	—	—	171	363	—	—
ケース C		171	383	692	—	—	—	191	407	698	—
ケース D		139	337	559	682	—	—	161	357	672	—

3-3-2 最大加速度分布にもとづく振動特性

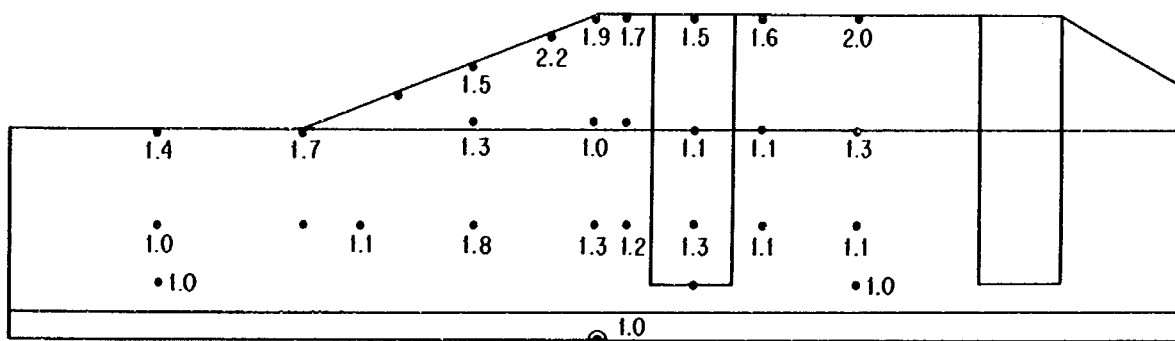
最大入力加速度を 150 gal 程度とした開北橋記録と浮島公園記録を作用させた場合（各々加振段階 K-1 および U-1。表-3.2 参照）の模型各部の最大加速度分布を図-3.9 に示す。ここでは各部の最大加速度を最大入力加速度（土槽底面における最大加速度）に対する増幅率の形で示している。なお、加振実験時には過剰間隙水圧比 $\Delta U_{\max}/\sigma_v'$ （ここに $\Delta U_{\max}$ ：過剰間隙水圧， σ_v' ：有効上載圧）は加振段階 U-



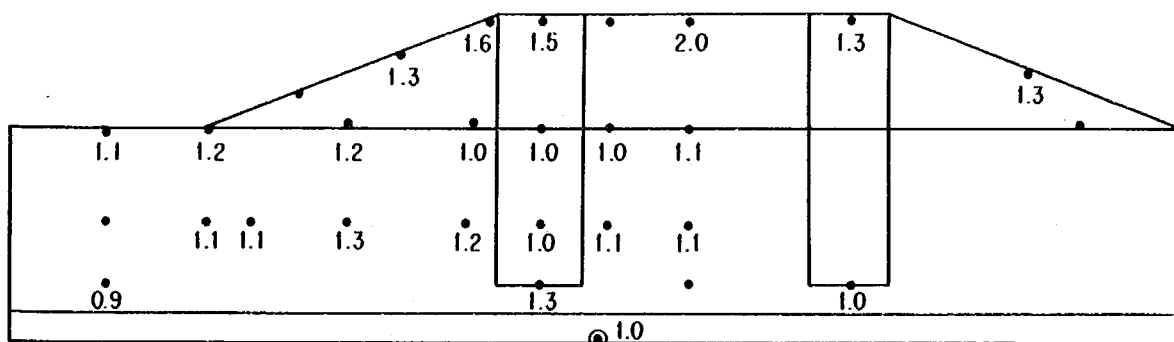
— 34 —



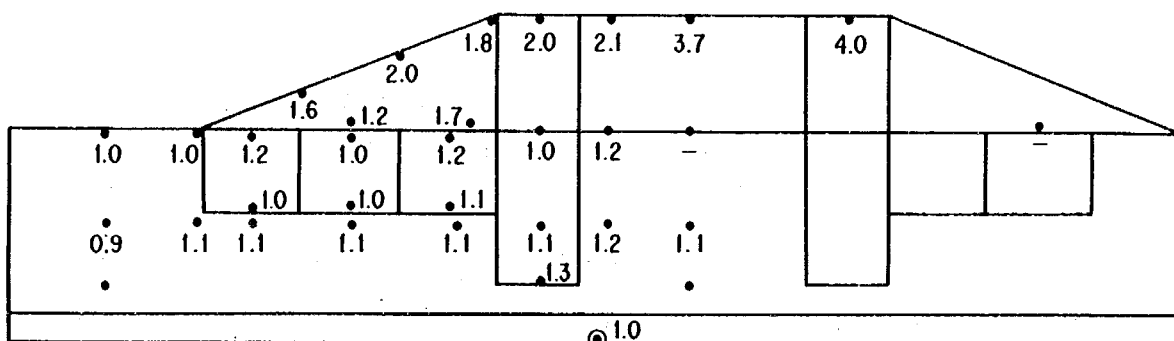
(a) ケース A



(b) ケース B



(c) ケース C



(d) ケース D

図-3.9 加速度応答倍率の分布-(2) (加振段階U-1。ケースAはU-2)

1 が局部的に大きな値となつてはいるが殆んど筒所においては 0.1 以下であり、液状化の影響はほとんど無いと考えることができる。

これより以下の事項が指摘される。

1) ケース A の場合、盛土天端中央における加速度応答倍率は 1.6 (K-1) ~ 2.4 (U-2) 程度であるが、法肩部においては 2.0 (K-1) ~ 3.9 (U-2) 程度となっている。加速度応答倍率の等高線も法肩付近で密になる傾向があり、この付近で応答加速度が大きくなることを示している。

2) ケース B の場合には盛土天端中央における加速度応答倍率は 1.7 (K-1) ~ 2.0 (U-1) 程度である。一方、法肩部においては開北橋記録の場合も浮島公園記録の場合もともに 2.0 程度であり、盛土天端中央部の増幅率と大差がない。これはセルの存在により、その付近の応答が押えられ、増幅率が高くないためと考えられる。

また、セル内土砂の加速度応答倍率をみると、セル上端部では 1.8 (K-1) ~ 1.5 (U-1) 程度、セル下端部では 1.1 (K-1) ~ 1.2 (U-1) 程度となっており、地盤、盛土と同様に上部ほど増幅率が大きくなっている。

また、同一深度におけるセル内の土砂と周辺の盛土および地盤の波形を比較すると図-3.10 のようになり、セル内土砂の加速度波形は同一深度における盛土および地盤の加速度波形と非常によく似ている。さらに、加速度応答倍率で両者を比較しても図-3.9 に示したようによく一致している。以上の点よりセルと盛土および地盤とは大略一体となって振動しており、セルが盛土および地盤内で独立して振動してはいないことを示している。

3) ケース C の場合には基本的にはケース B の場合と同様な振動特性を有しているが、細部においては違いも認められる。これは正弦波加振実験の場合にも述べたように、同一条件を目指して作成した模型ではあるが、形状、締固め程度などが異なっていることによると考えられる。

4) ケース D の場合には、盛土天端中央における加速度応答倍率は 2.6 (K-1) ~ 3.7 (U-1) 程度であり、上記ケース A ~ C に比較するとこの筒所における応答倍率が高くなっている。法肩部においては、加速度応答倍率は K-1, U-1 のいずれの場合にも 1.8 ~ 1.9 程度となっており、これはケース B およびケース C とあまり変わっていない。このように盛土天端中央部が大きくなる傾向は、正弦波加振実験結果にもあらわれている。

なお、改良ブロック各部の加速度応答波形とその直近の盛土および地盤の加速度応答波形を比較すると図-3.11 のようになり、両者は非常によく一致している。また、加速度の応答倍率自身も改良ブロックとその周辺地盤では同程度となっており、改良ブロックはセル同様、地盤および盛土斜面と大略一体となって振動していることを示している。

なお、改良ブロックの加速度はブロックの上端の方が下端よりやや大きいものの並進運動が優位な運動であり、入力加速度に対する加速度応答倍率は、改良ブロック上端および下端の値を平均すると、K-1, U-1 のいずれの場合も 1.1 程度となっている。

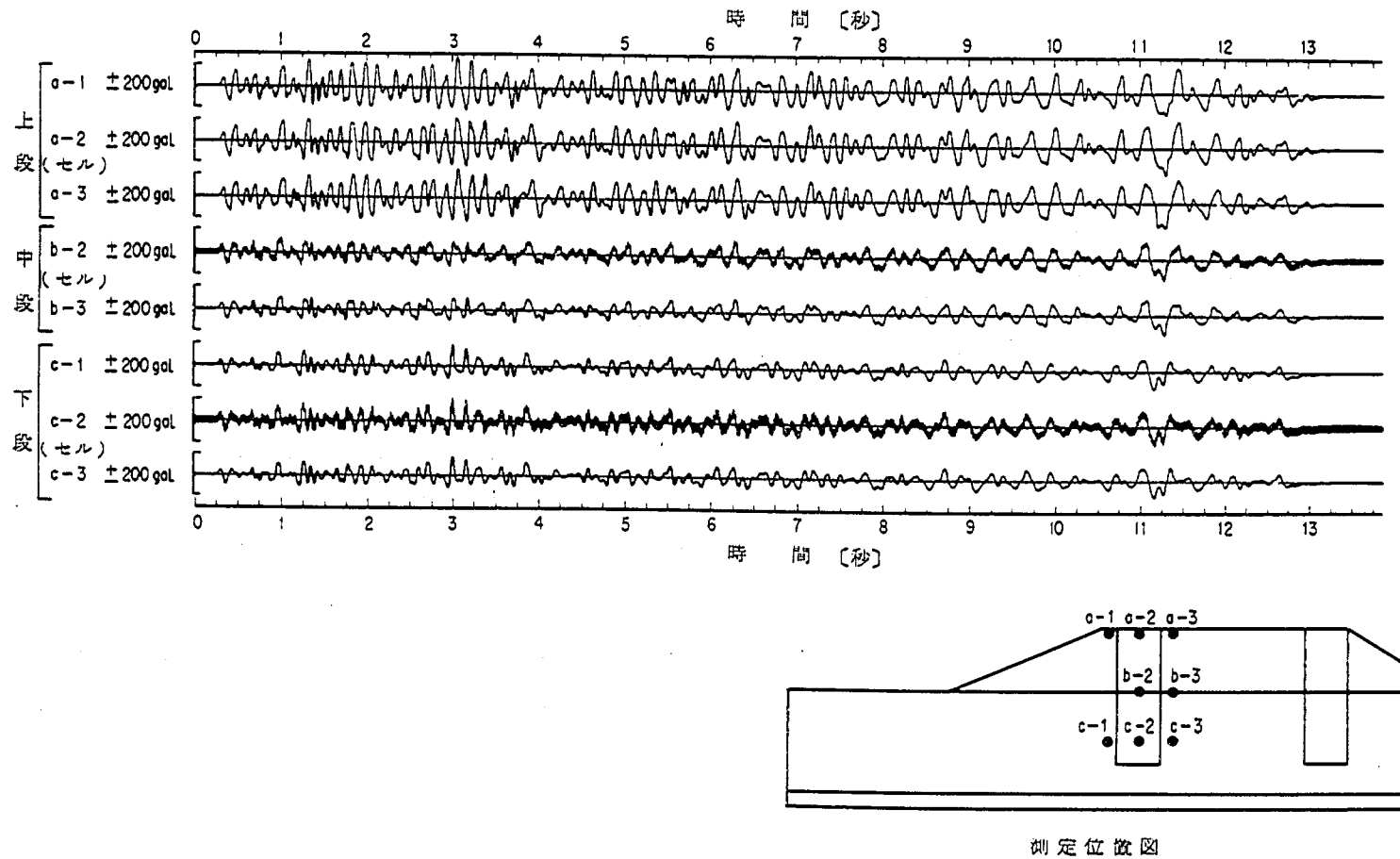


図- 3.10 セルおよびセル周辺地盤の応答加速度波形の比較-(1) (ケース B : 加振段階 U-1)

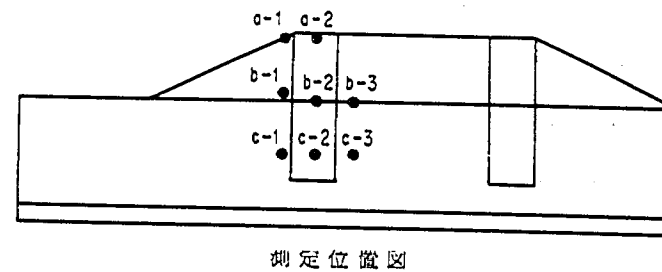
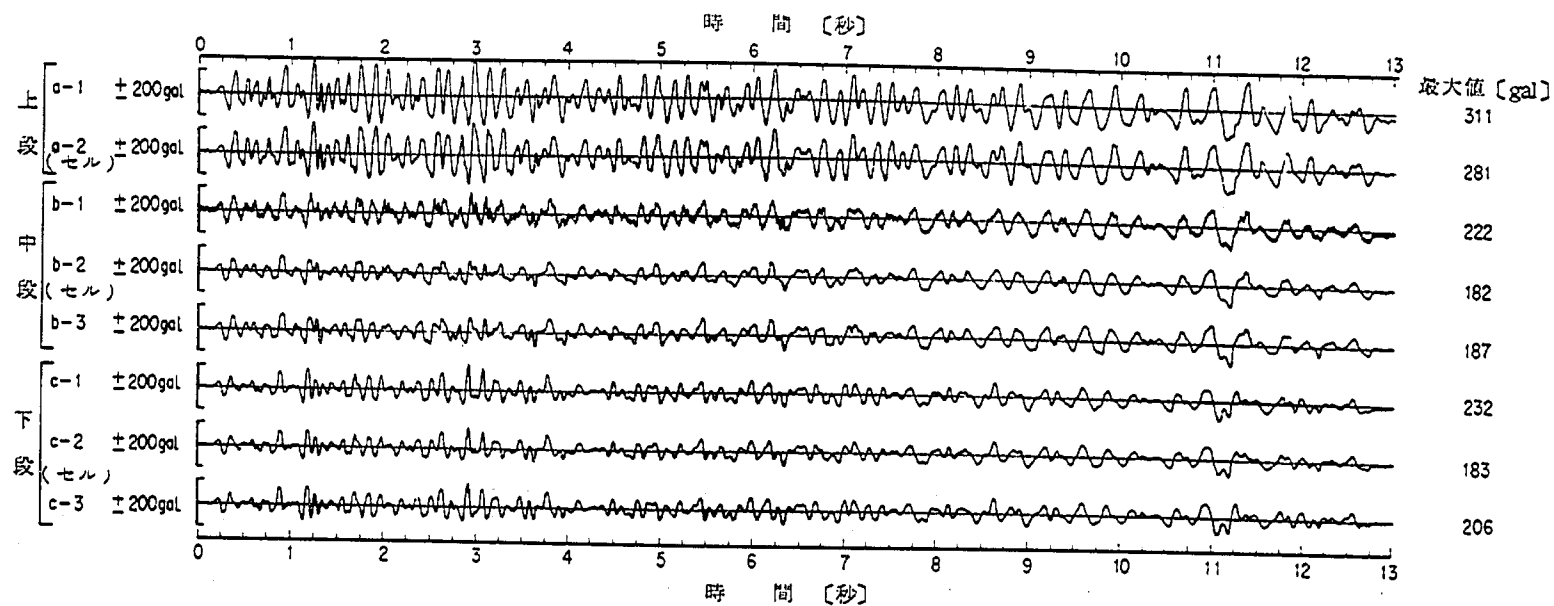


図-3.10 セルおよびセル周辺地盤の応答加速度波形の比較-(2) (ケースC: 加振段階U-1)

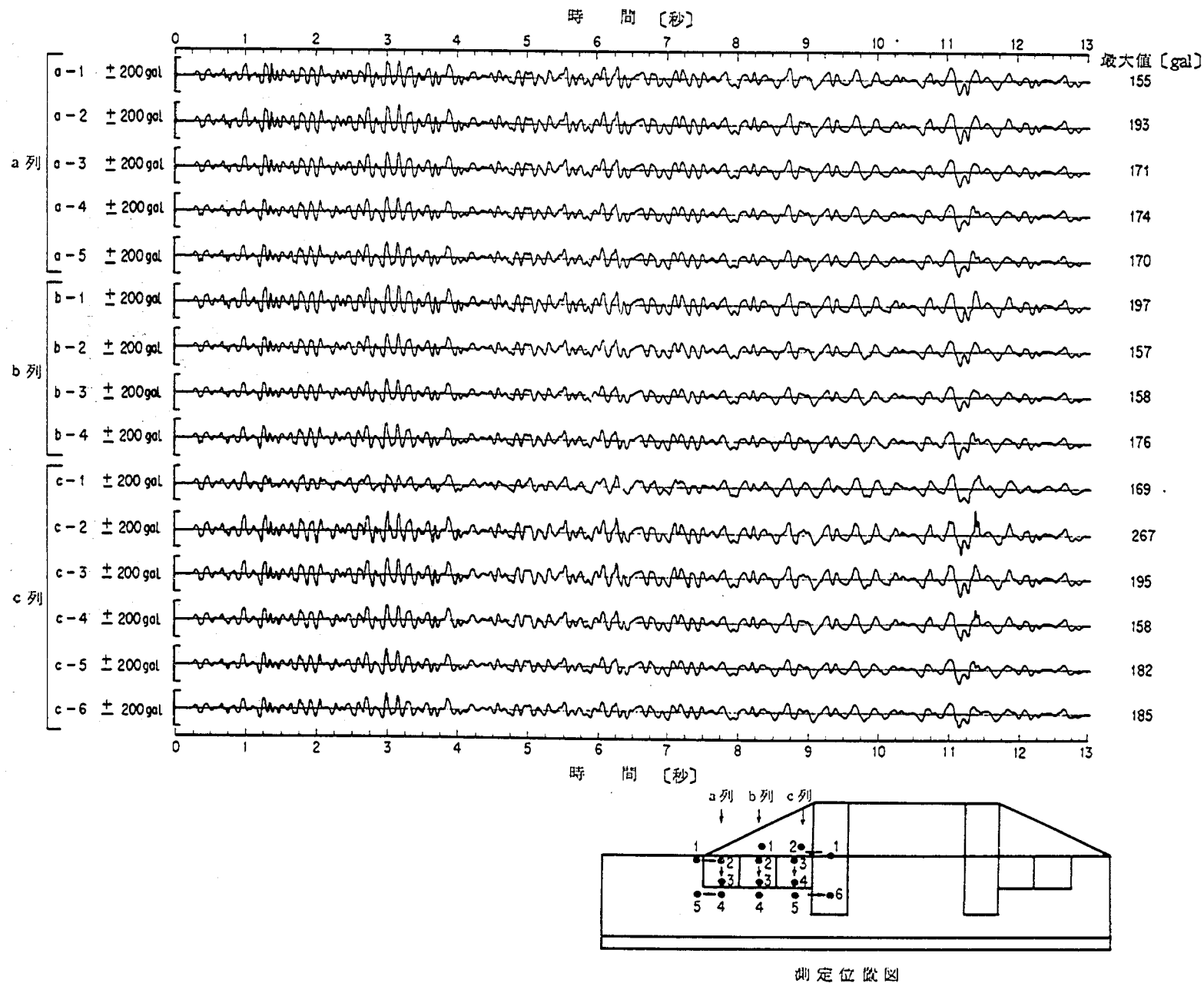


図-3.11 ソイルブロックと周辺地盤の応答加速度波形の比較 (ケースD: 加振段階U-1)

3-3-3 過剰間隙水圧上昇時の振動特性

東京湾横断道路の地質構造は軟弱粘性土が主体であり、液状化を起こす可能性は少ないと考えられる。しかし、今回の実験ではこの部分を浅間山砂で製作しているため加振レベルを上げると過剰間隙水圧が上昇し完全液状化に至る。東京湾横断道路の人工島を対象とした場合には、過剰間隙水圧が発生した状態の加振実験は重視していなかった。液状化発生時の盛土の振動応答および破壊形態を検討する目的で表-3.2に示した様な高い加振レベルにおける加振実験も行っている。

この様な実験で得られた記録の一例として、ケースDのU-1およびU-3の加速度波形および過剰間隙水圧の時刻歴の例を図-3.12に示す。この図において、入力加速度レベルの比較的低い図-3.12-(1)の場合は入力加速度波形と応答加速度波形は比較的に類似している。一方、入力加速度レベルの比較的高い図-3.12-(2)の場合は、時間の経過とともに波形の類似度が下がる傾向が認められる。過剰間隙水圧は時間の経過とともに徐々に上昇していく傾向が見られ、入力加速度レベルが高いほど加振開始早期のうちに上昇する傾向が見られる。

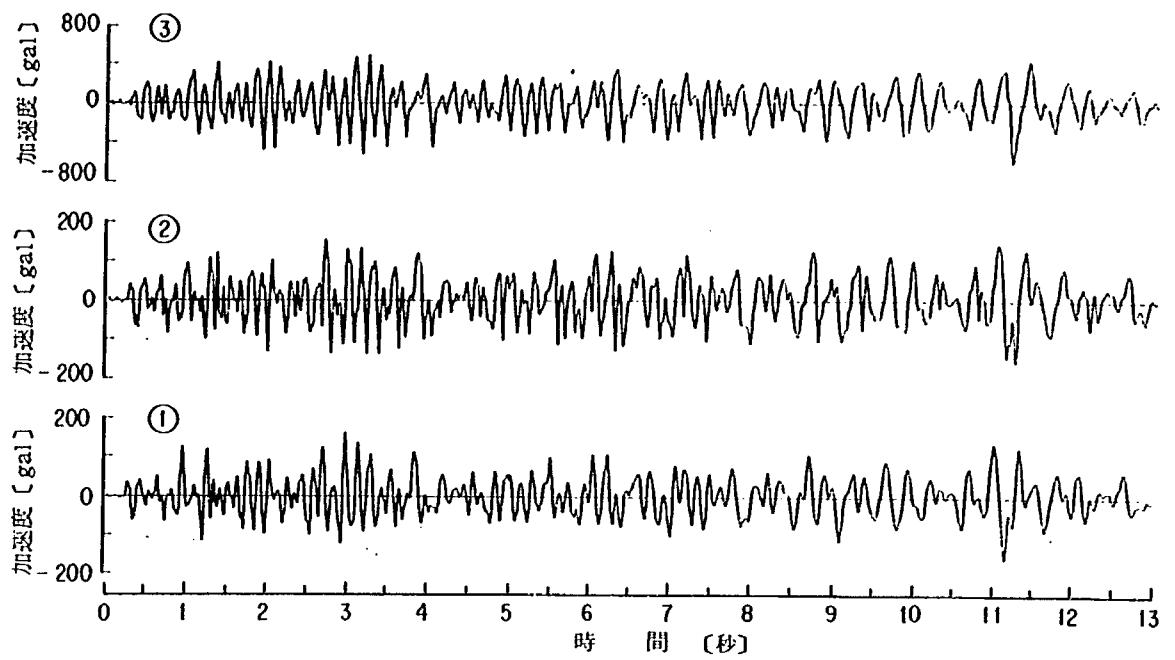
この様な記録をもとに、過剰間隙水圧がほぼ一定の状態となる加振開始後11秒付近での加速度および過剰間隙水圧に着目し、土槽底部における加速度に対する模型各部の応答倍率ならびに過剰間隙水圧比 $4U_{max}/\sigma_v'$ を求めた。その例を図-3.13および図-3.14に示す。なお、この図は前出の図-3.9とは対象とする時期が異なっていることに注意する必要がある。入力加速度レベルが比較的低い図-3.13の場合には、加速度応答倍率の値も大きく、盛土部において加速度が急激に増幅されている。それに対し、入力加速度レベルが比較的高い図-3.14の場合には応答倍率の値が小さく、いずれのケースでも応答倍率は1以下の領域が多い。

なお、ここで改良ブロックおよびセルの振動応答に着目すると以下の様になる。

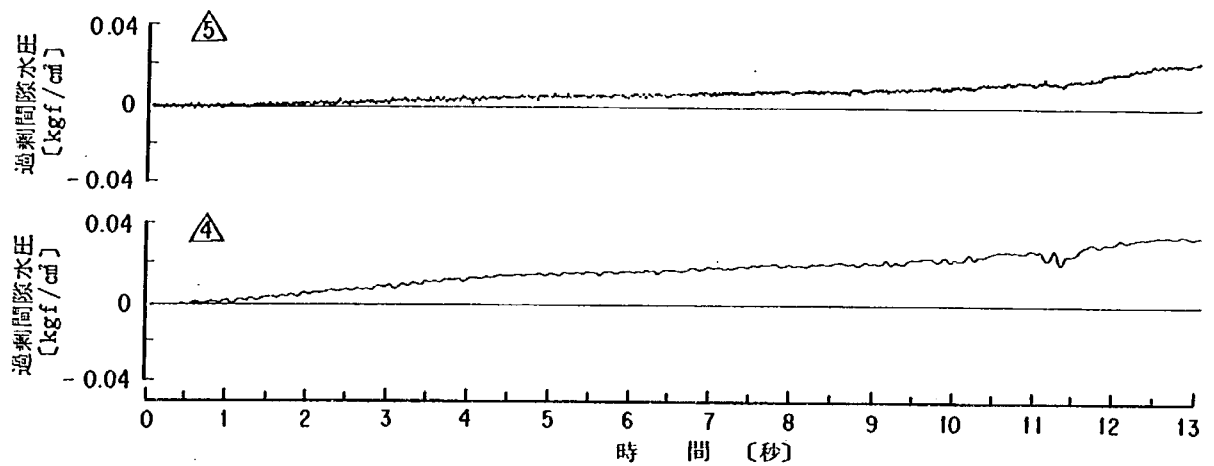
図-3.15は改良ブロックの加速度応答波形を周辺の盛土および地盤の加速度応答波形と比較したものである。これによれば、改良ブロックの最大加速度値は、周辺の盛土や地盤の振動よりもかなり小さくなっている。しかしながら、加速度波形を細かく見ると、この差は地盤の加速度に液状化に特有なスパイク状のピークが乗っているためであり、今これを除くと両者の波形は振幅、振動数特性とも比較的に似ている。そこで、このスパイク状のピークの影響が小さくなる様、これら加速度応答波形を数値積分して変位応答波形を求めると図-3.16のようになり、改良ブロックとこれに隣接する盛土および地盤の変位はよく一致していることがわかる。したがって、地盤が或る程度液状化した状態でも、地盤が液状化していない状態と同様に、改良ブロックと周辺の地盤とはほぼ一体となって振動しているということが言える。

同様に、セルと周辺の地盤の加速度波形および変位波形を比較すると各々図-3.17および図-3.18となる。この場合も改良ブロックと同様、セルと周辺の盛土および地盤とはほぼ一体となって振動していることができる。

なお、前出図-3.13によれば、入力加速度レベルが低い場合には、セル下端、中央、上端における加速度応答倍率はそれぞれ1.1, 1.2, 2.1程度であり、セル上部になるほど倍率が大きくなることがわかる。これに対して、入力加速度レベルが大きい図-3.14の場合には、セル下端および上端の加速度応答倍率がそれぞれ1.0, 0.5であるのに対して、セル中央部の倍率は0.2と非常に小さい。この様になるためには



(a) 加 速 度



(b) 過剰間隙水圧

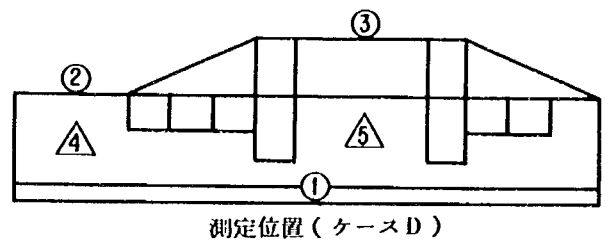
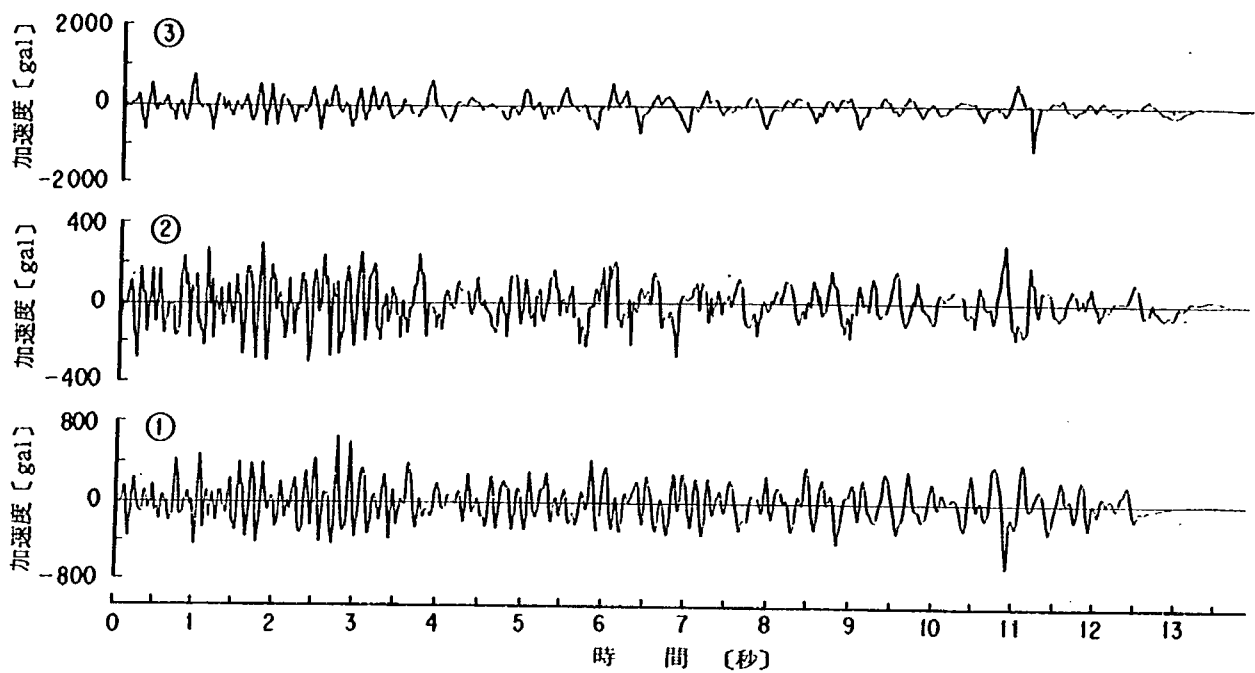
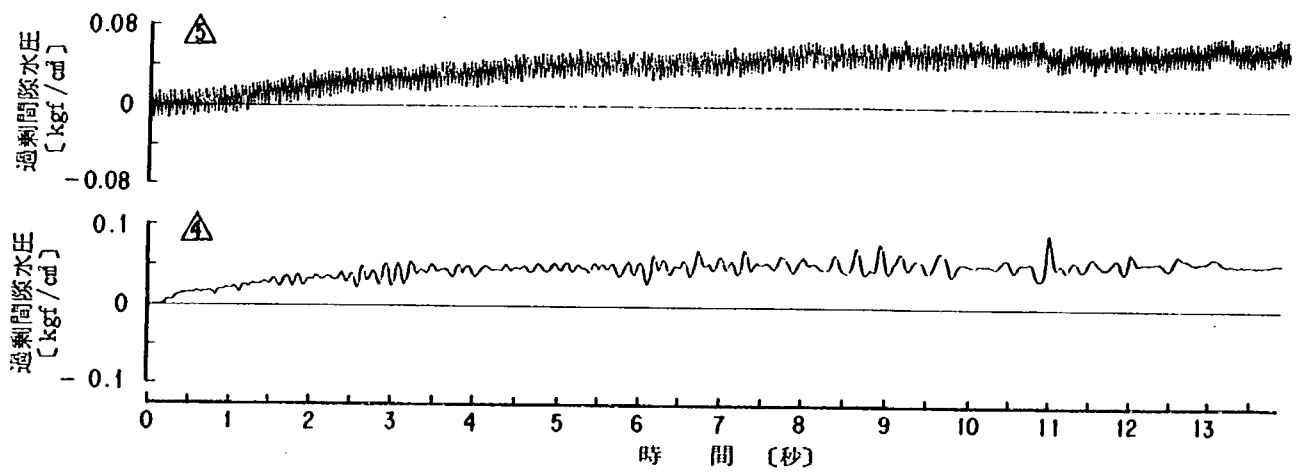


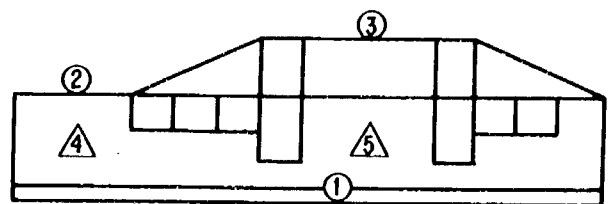
図- 3.12 主要地点の加速度波形および過剰間隙水圧の時刻歴の例-(1) (ケース D : 加振段階 U-1)



(a) 加 速 度

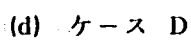
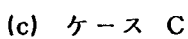
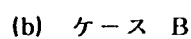
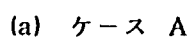


(b) 過剰間隙水圧

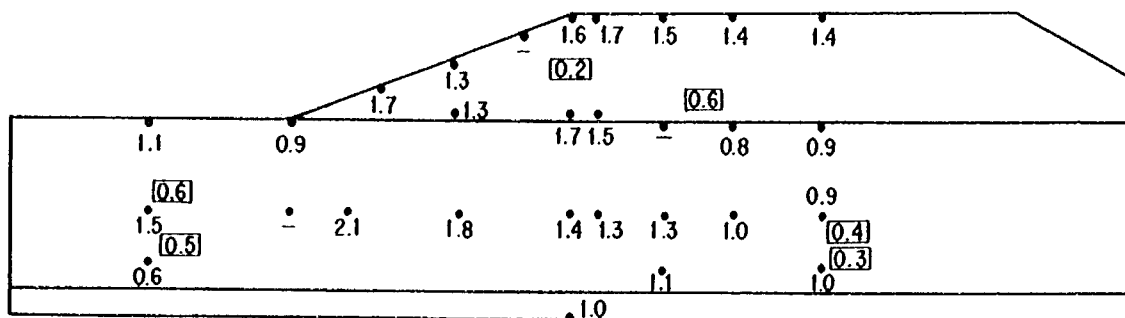


測定位置 (ケース D)

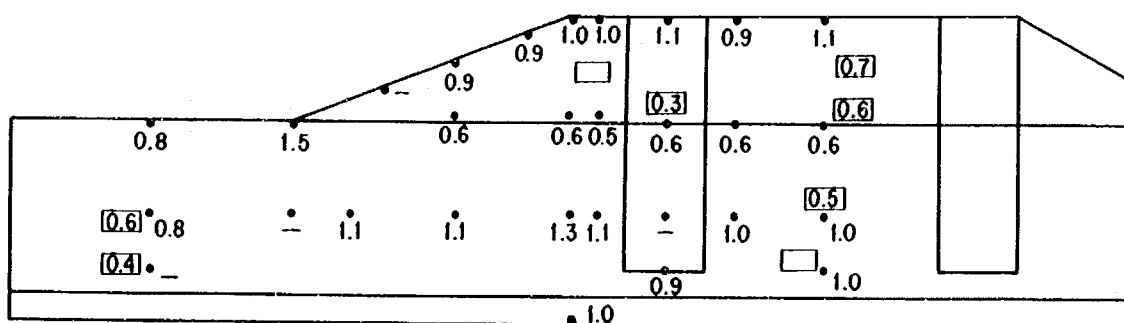
図- 3.12 主要地点の加速度波形および過剰間隙水圧の時刻歴の例-(2) (ケース D : 加振段階 U-3)



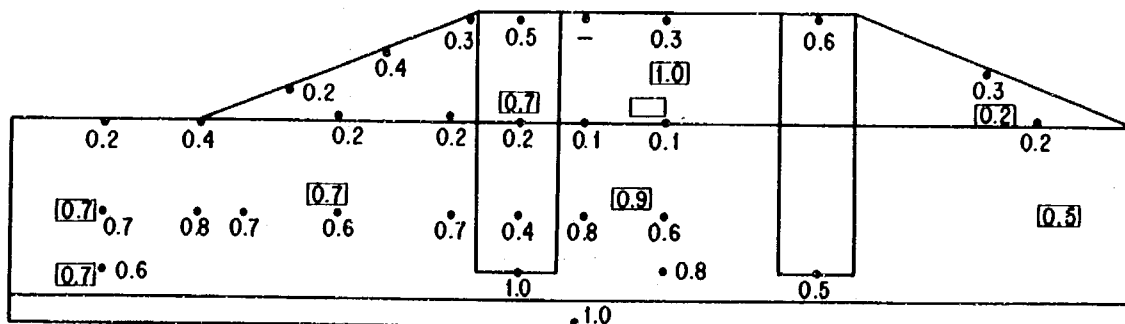
— 43 —



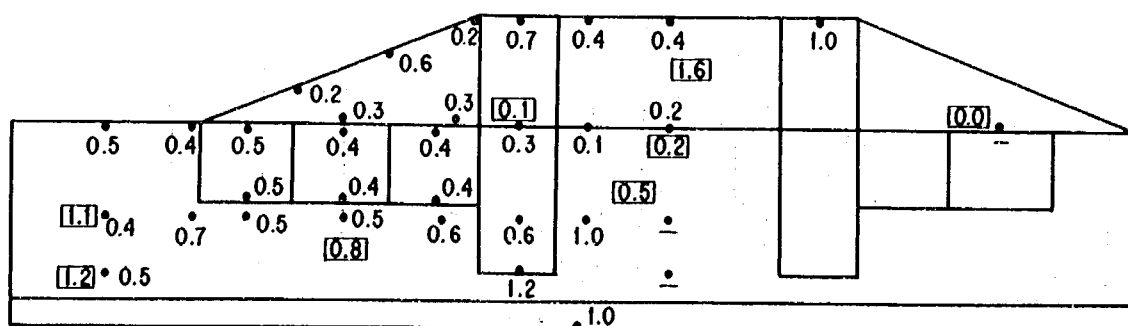
(a) ケース A (U = 4)



(b) ケース B (U = 2)



(c) ケース C (U = 3)



(d) ケース D (U = 3)

□内：最大過剰間ゲキ水圧比 ($\bar{u}_{max}/\sigma_v'$)

図-3.14 加速度応答倍率および過剰間ゲキ水圧比の分布 (加振段階 U = 2 ~ 4)

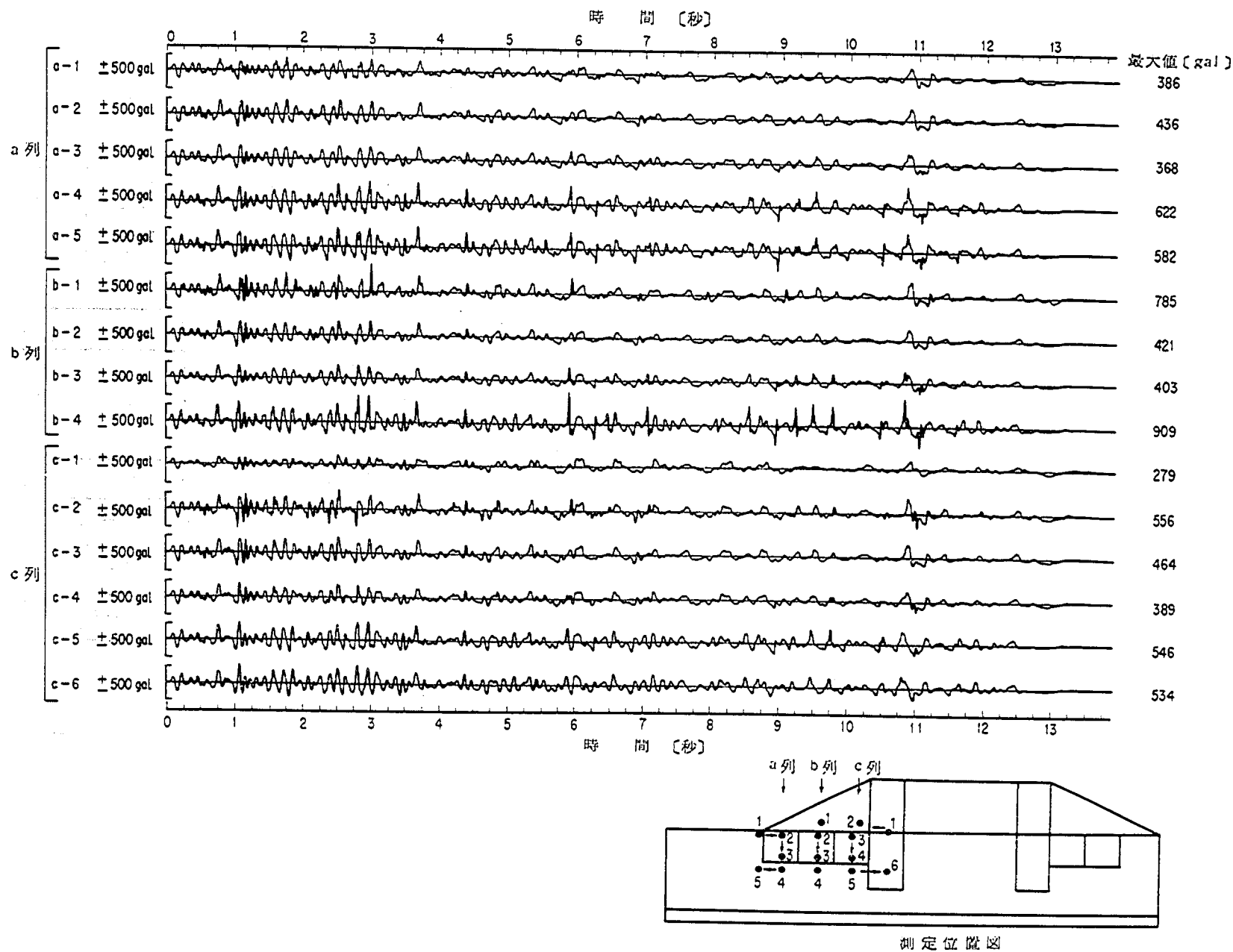


図-3.15 改良ブロックと周辺地盤の加速度波形の比較（ケースD，加振段階U-3）

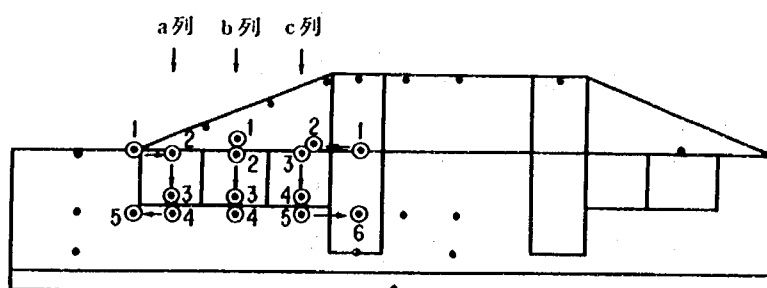
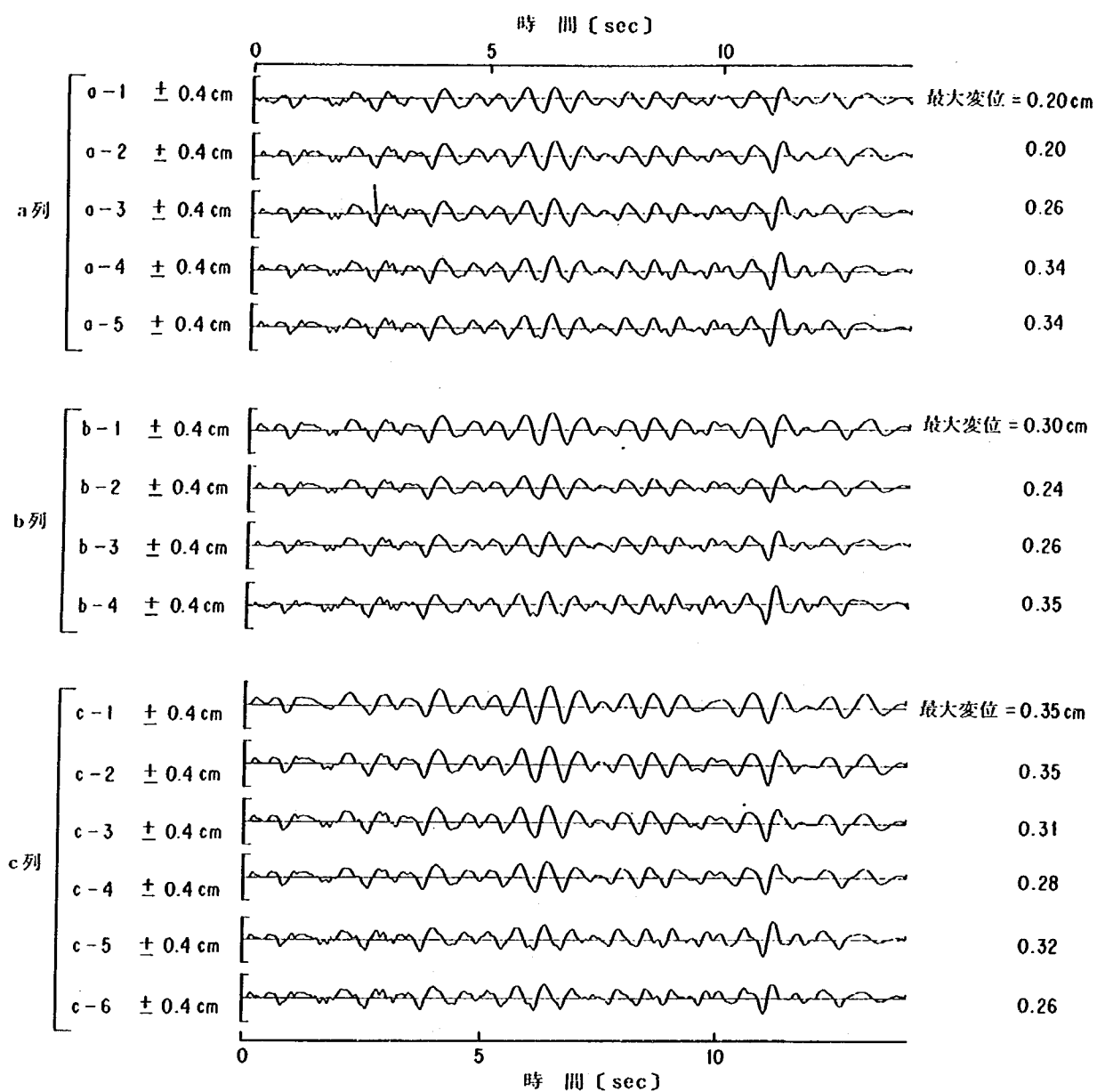


図-3.16 改良ブロックと周辺地盤の変位応答波形の比較 (ケースD, 加振段階U-3)

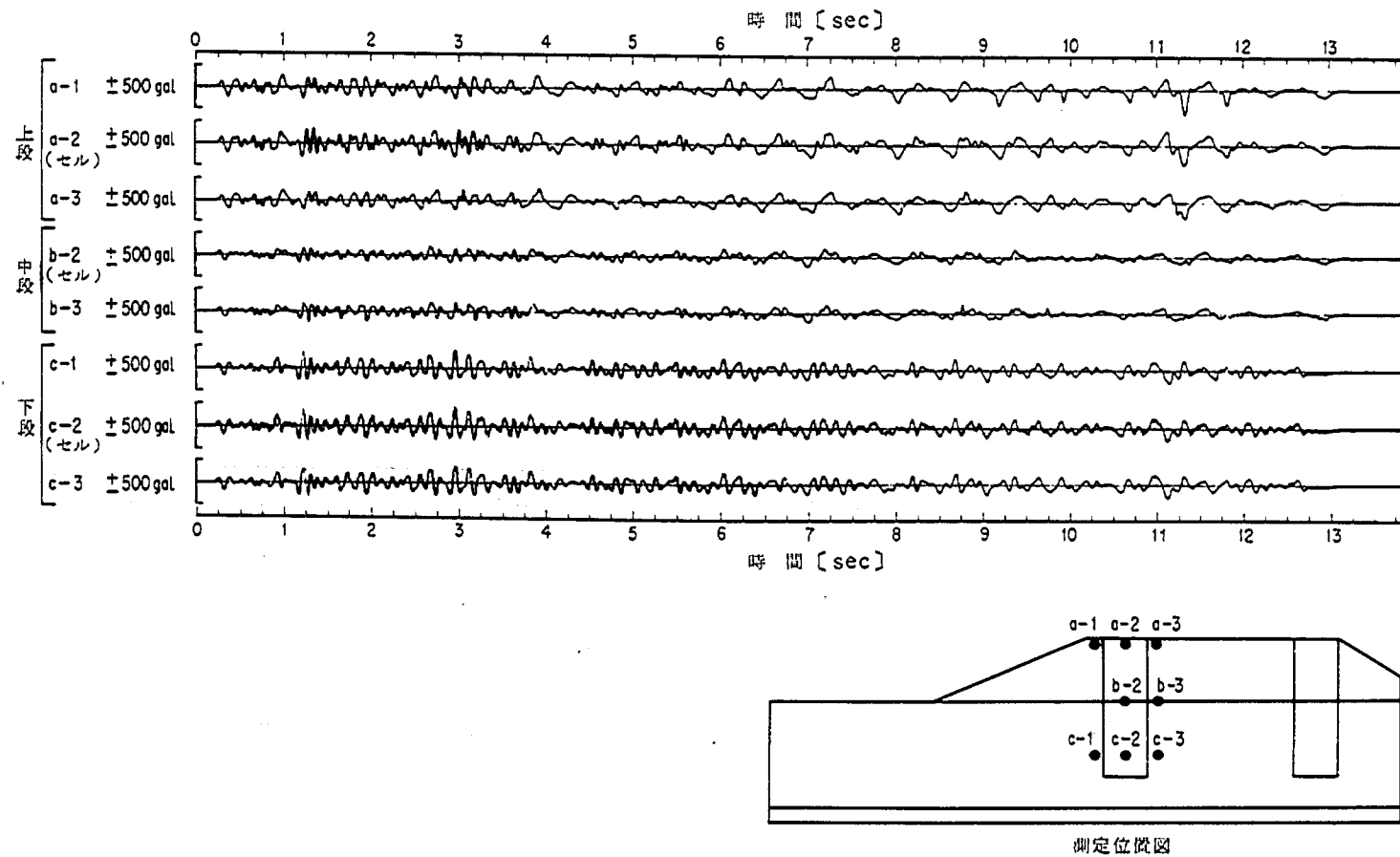


図-3.17 セルおよびセル周辺地盤の加速度応答波形の比較-(1) (ケースB, 加振段階U-2)

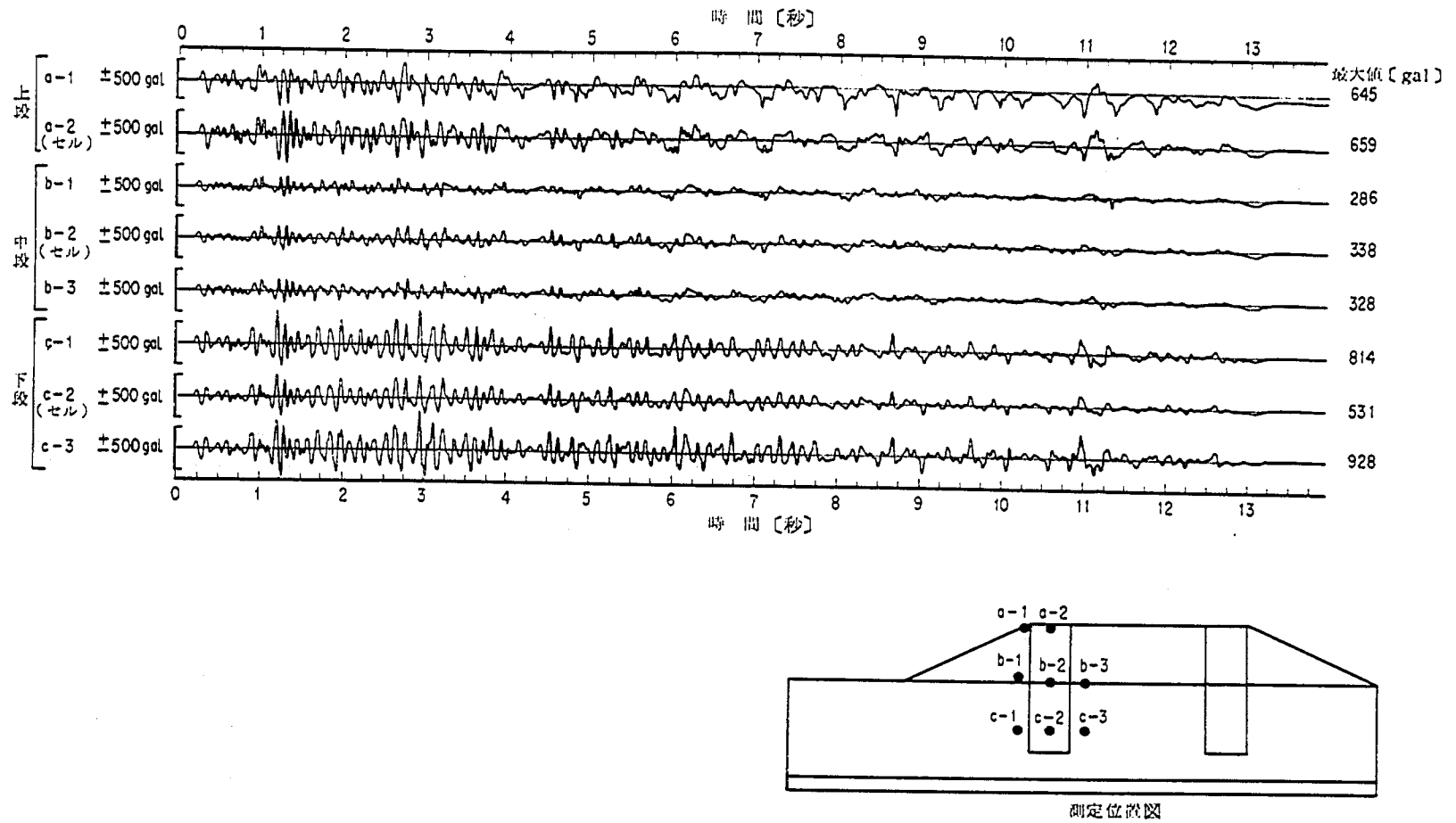


図-3.17 セルおよびセル周辺地盤の加速度応答波形の比較-(2) (ケースC, 加振段階U-3)

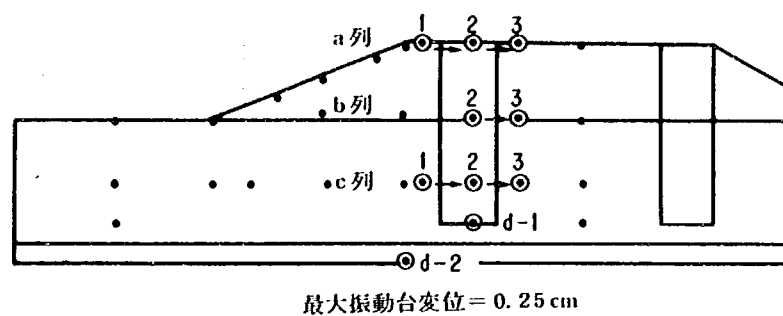
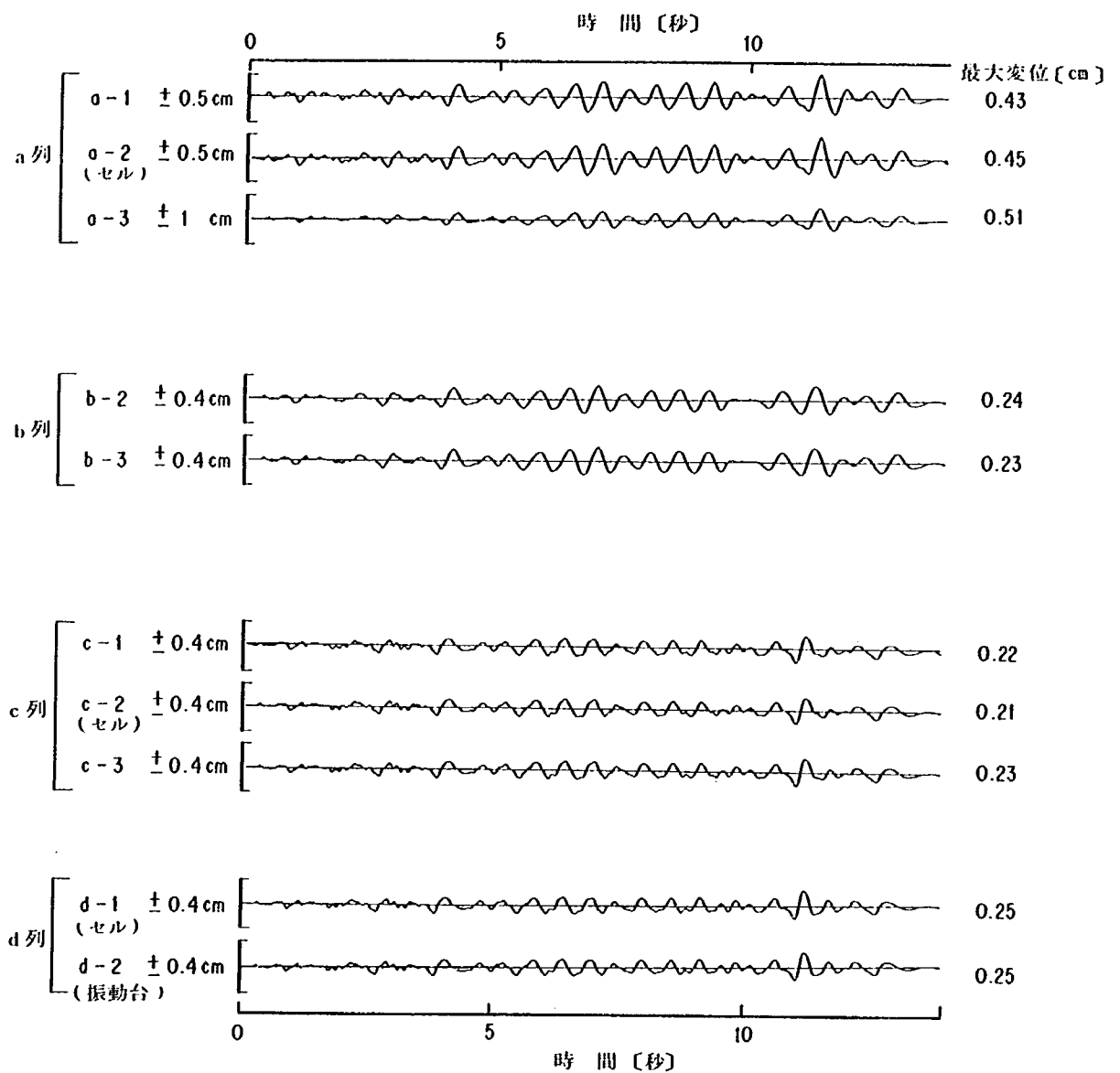


図-3.18 セルおよびセル周辺地盤の変位応答波形の比較-(1)
(ケースB, 加振段階U-2)

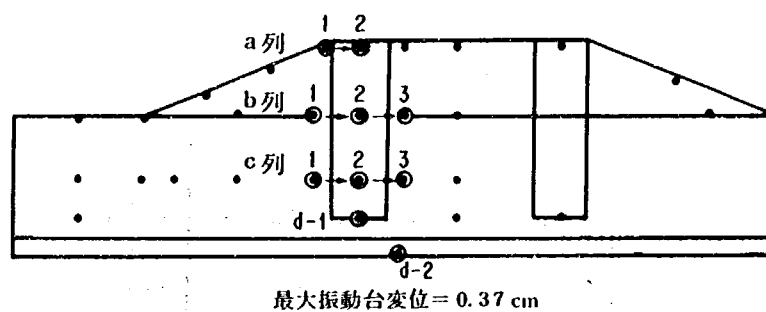
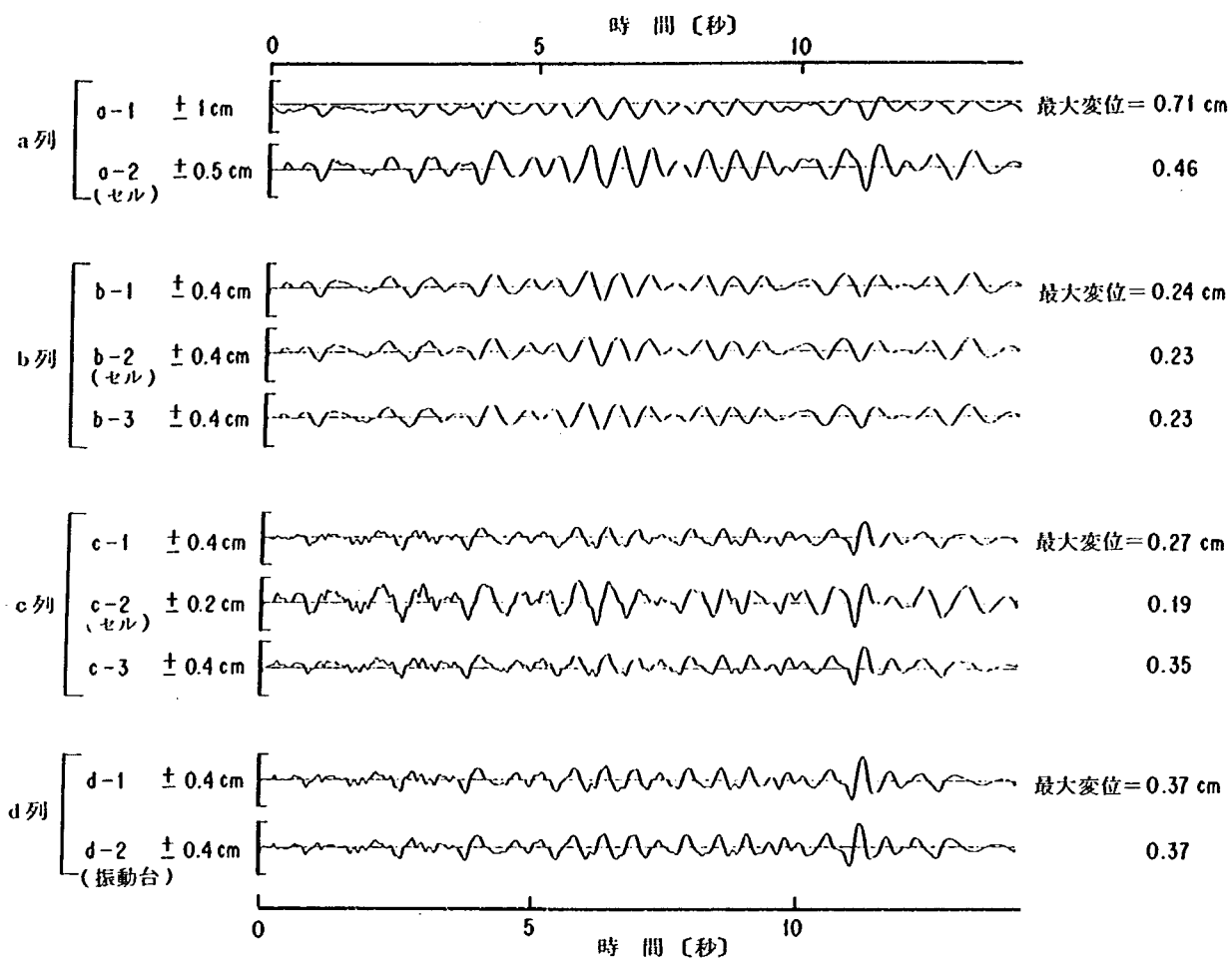


図-3.18 セルおよびセル周辺地盤の変位応答波形の比較-(2)
(ケースC, 加振段階U-3)

セルは中央部付近を中心とするロッキング運動をするか、若しくは中央付近で折れ曲っているかのいずれかと考えられる。この様な点を検討するために、セル上端および下端の応答変位をもとに、リサーチを描いた結果が図- 3.19 (ケース B), 図- 3.20 (ケース C) である。これらの図によれば、ケース B, C ともに入力加速度レベルが小さい場合には、リサーチが第一および第三象限で卓越した形状となり、セルの上端および下端は大略同位相で振動していることを示している。これに対して入力加速度が大きい場合にはリサーチは全象限にわたって長円形状に分布しており、セルの上端および下端は $\pi/2$ 程度の位相を持って振動する傾向にあることを示している。

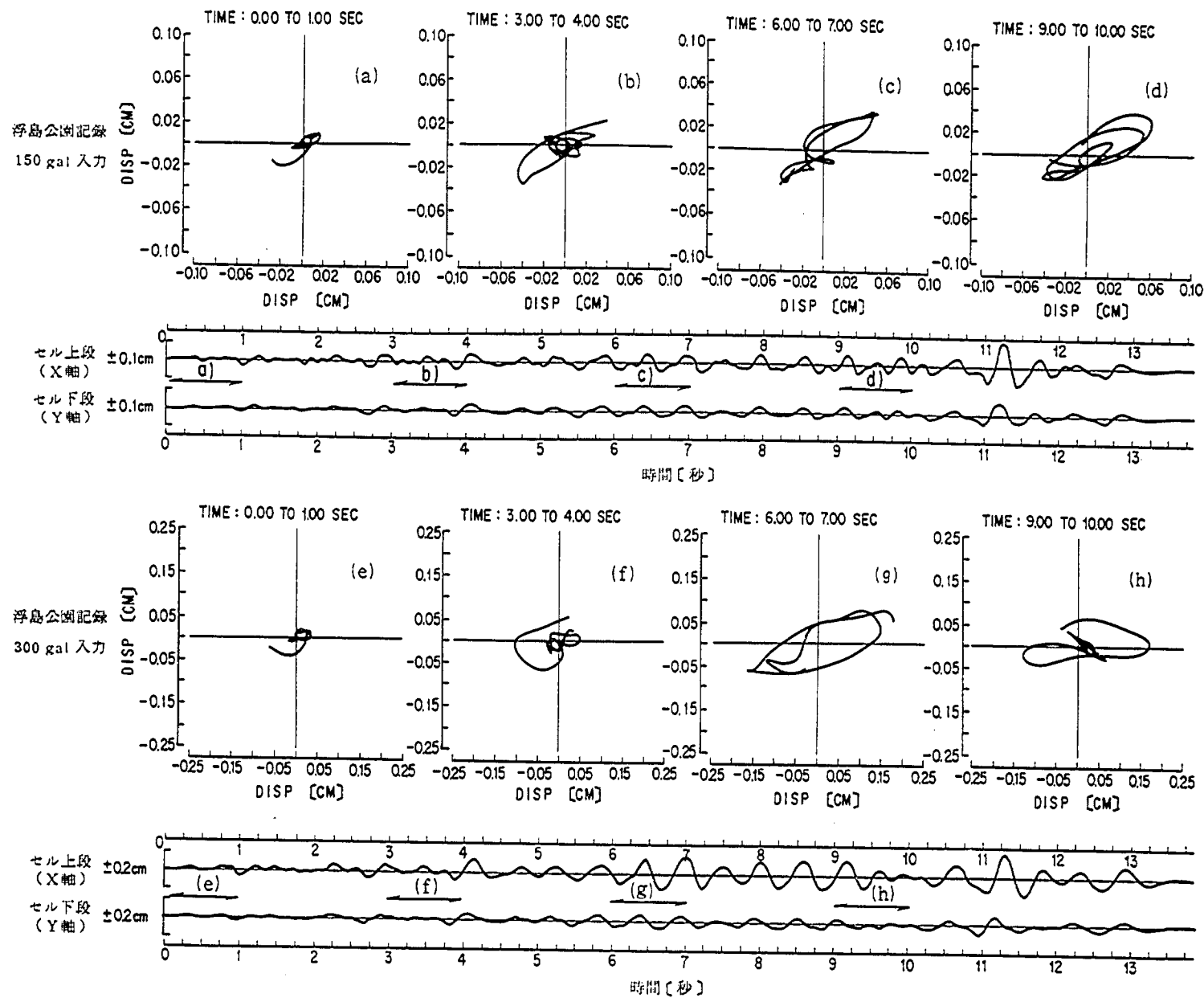


図- 3.19 変位波形によるセル上段，セル下段の位相の比較（ケース B）

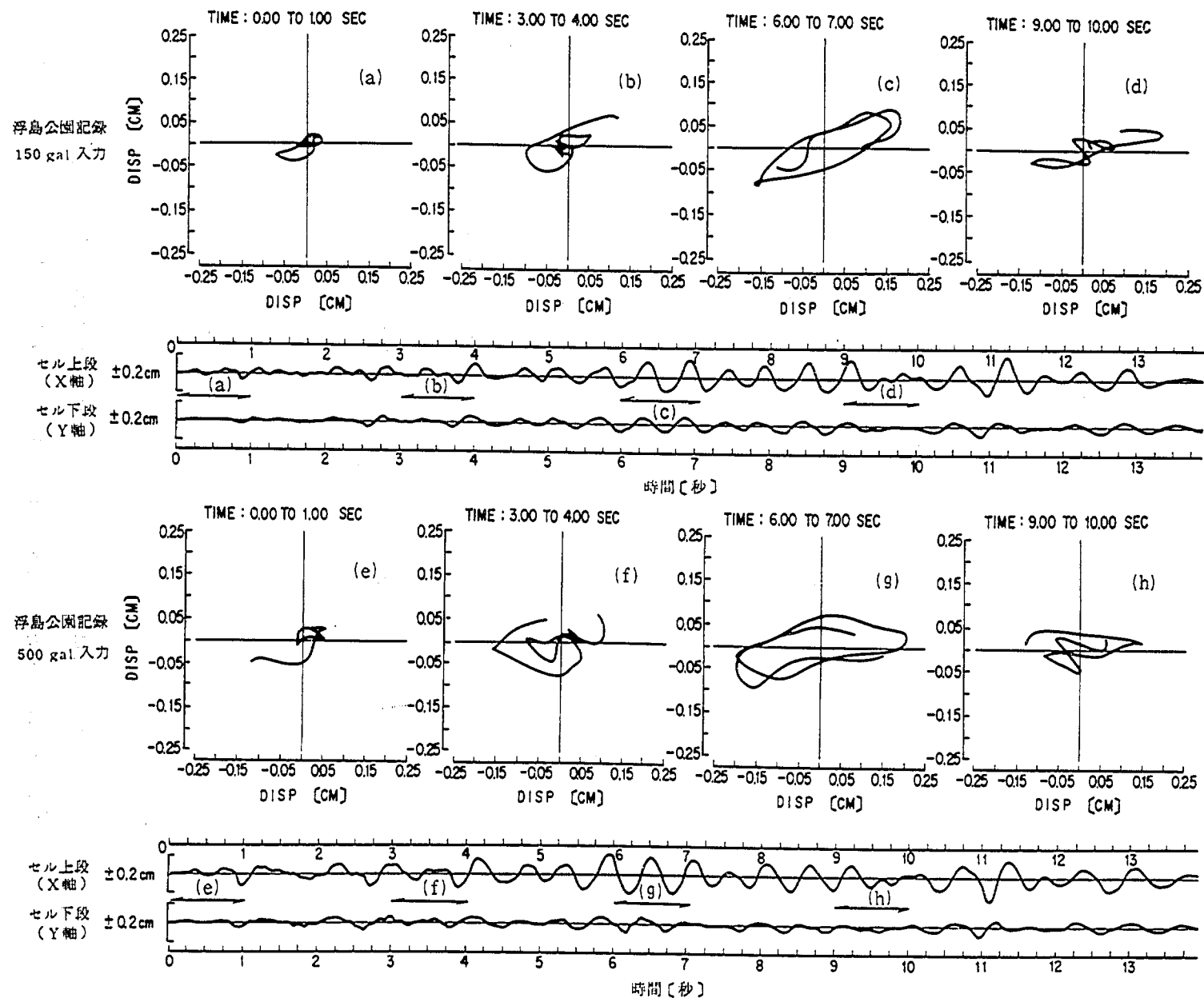


図-3.20 変位波形によるセル上段, セル下段の位相の比較 (ケースC)

3-3-4 模型の残留変形

全加振実験終了後の模型の残留変形を図-3.21に示す。残留変形のパターンとしては、改良ブロックの有無にかかわらず、盛土側面に設置したセルが外側に傾斜し、セル間の盛土が沈下するものとなっている。

次に各加振段階終了時の盛土天端中央部における沈下量と最大入力加速度との関係を図-3.22に示す。この図においては、浮島公園記録の結果はすべて開北橋記録による加振実験終了状態を初期状態として残留沈下量を算出したものである。図-3.22より指摘できる事項は以下の通りである。

1) 開北橋記録および浮島公園記録による各々の加振実験の結果、盛土天端の残留沈下量は入力加速度レベルの増大とともに大きくなる傾向がある。ただし、残留沈下量の増加の割合は、開北橋記録による場合、実験ケースによって異なる。その理由は明確でないが、計測の精度（土槽の上端よりスチールテープにより計測した）による所が大きいものと考えられる。

2) 開北橋記録と浮島公園記録とでは、入力加速度レベルに対する残留沈下量の増加割合が異なっている。その理由は、これらの入力地震動記録の振動数特性、振動継続時間が大きく異なるためと考えられる。

3-3-5 盛土天端の沈下量

地震波加振実験においては、先にも述べた様に、盛土側面に設置したセルが外側に傾斜し、相対するセルの上端の間隔が増加する一方、セル間の盛土は沈下した。

このセル上端の間隔の増加量をセルの開き量と呼び、これとセル間の盛土の沈下量との関係を求めると図-3.23となった。ここに、セルの開き量は相対する7組のセルの上端部の間隔の増加量の平均値、セル間の盛土の沈下量はセル間の盛土表面に正方形に配置した15測点における盛土の沈下量の平均値で、いずれも加振前からの累積値である。また、この図で理論値としたのは、セル下端（盛土内側）を中心にセルが剛体として傾き、その際にセル間の盛土と地盤とが等体積のまま変形して盛土が均等に沈下するとして導いたセルの開き量と盛土の沈下量との理論的な関係で、近似的に次式で表わされる関係である。

$$dy = \frac{l \cdot dx}{h - dx}$$

ここに dy : セルの開き量

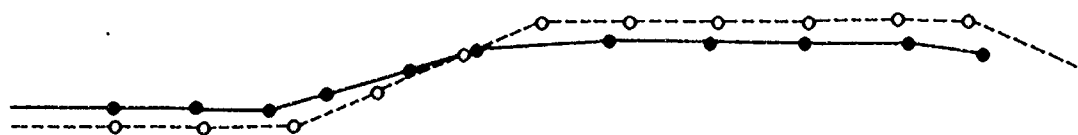
dx : 盛土の平均沈下量

l : 相対するセルの間隔

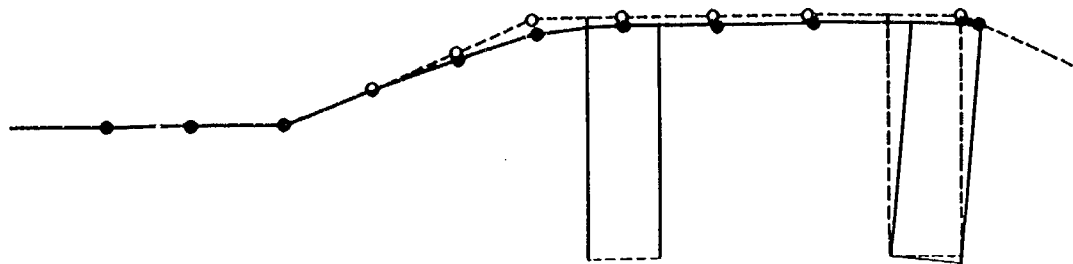
h : セルの長さ

この図によると、セルの開き量とセル間の盛土の沈下量とはほぼこの理論的な関係に沿っている。従って、セル間の盛土の沈下では加振による盛土や地盤の体積収縮による沈下よりむしろセルの傾斜に伴う幾何学的な形状変化による沈下が支配的と考えられる。

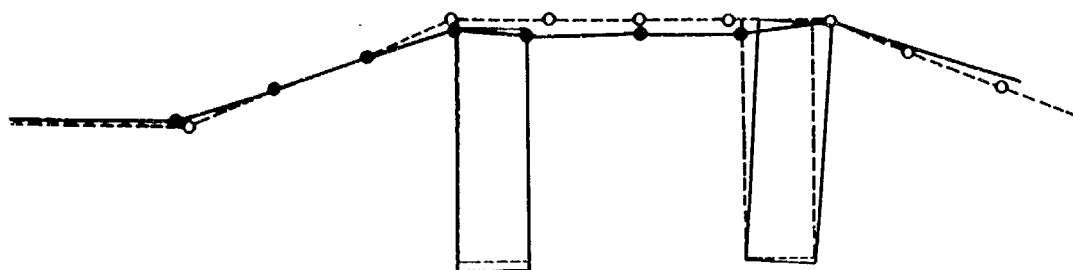
表-3.3は加振によってセルに囲まれた盛土と地盤に生じた体積変化および平均体積ひずみをセルの残留位置量の深度分布と盛土の沈下量とから求めた結果である。セルの残留変位量は、実験終了後の土砂搬出時に各セルの上、中および下端が空中に露出する度毎にその平面位置を測定し、これとセル設置時の平面位置との差から求めた。また、体積変化と平均体積ひずみは次式によって求めた。



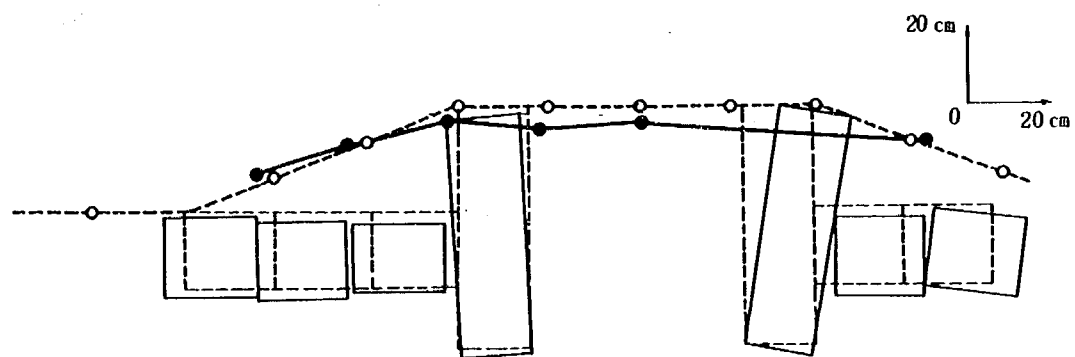
(a) ケース A



(b) ケース B



(c) ケース C



(d) ケース D

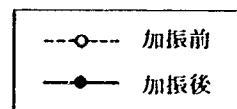
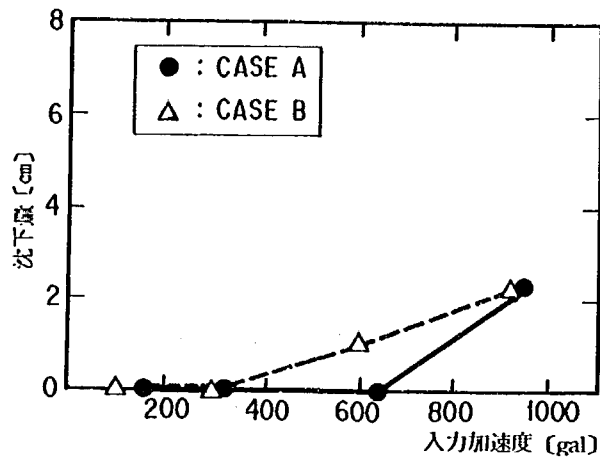
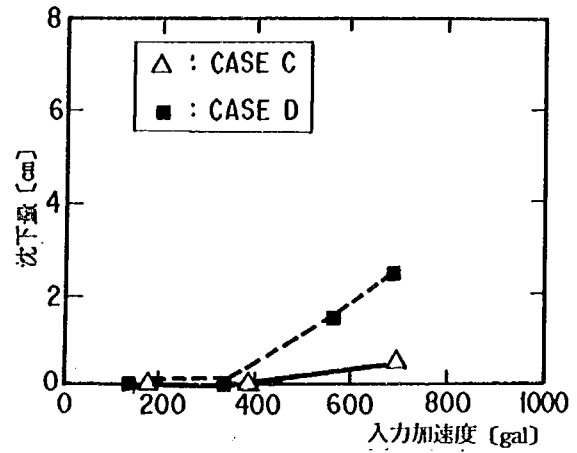


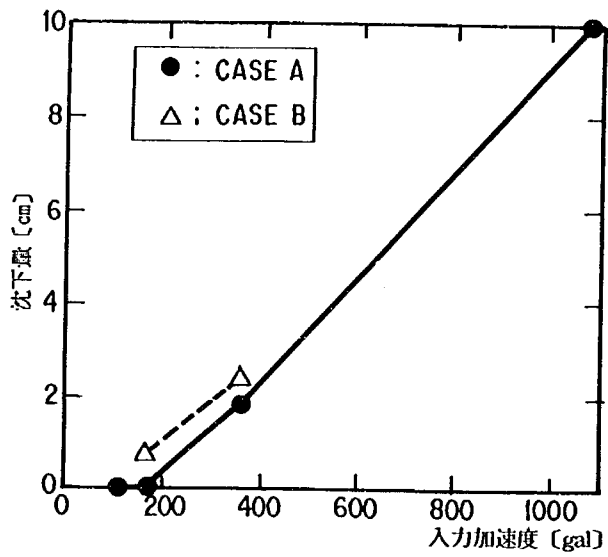
図- 3.21 全加振段階終了後の残留変形



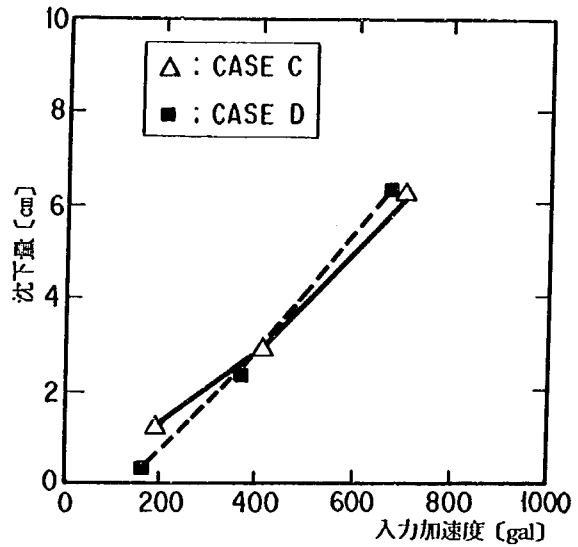
(a) ケース A, B
(開北橋記録の場合)



(c) ケース C, D
(開北橋記録の場合)



(b) ケース A, B
(浮島公園記録の場合)



(d) ケース C, D
(浮島公園記録の場合)

図- 3.22 入力加速度と盛土天端沈下量との関係

$$\Delta v = w \cdot l \cdot x - w \cdot h (y_N + y_S)$$

$$\epsilon_v = \Delta v / v \times 100$$

ここに Δv : 体積変化 (減少が正)
 ϵ_v : 平均体積ひずみ (収縮が正) (%)
 w : 土槽の奥行き
 l : 相対するセルの間隔
 h : セルの長さ
 x : 盛土の平均沈下量
 y_N, y_S : 北側および南側のセルの平均水平変位

この表によると体積ひずみは、各実験ケースで $-1.8 \sim 4.1\%$ の範囲の値となっている。この程度の値は、既存の砂の繰返し三軸試験結果に較べると、考えられない値ではない。しかし、盛土や地盤の締め固め程度が似かよっているのに各実験ケースで体積ひずみが正となったり負となったりするのは不自然である。セルの残留変位などの測定誤差が原因と考えられる。

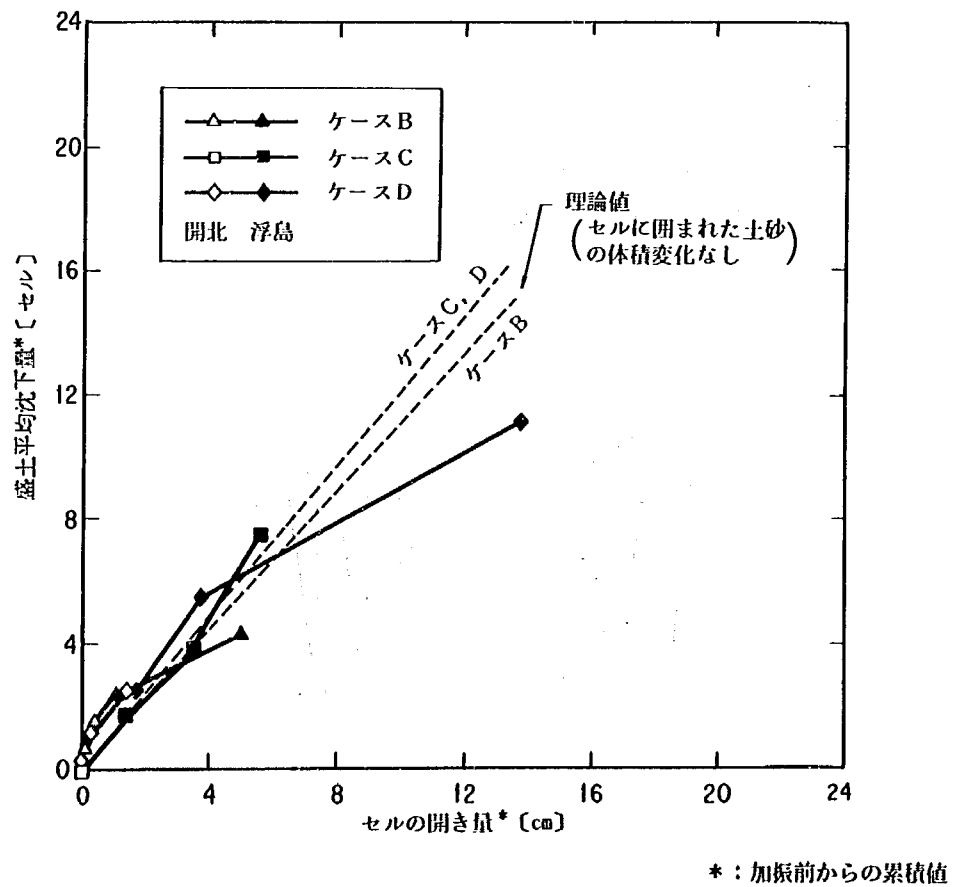


図-3.23 セルの開き量と盛土沈下量の関係

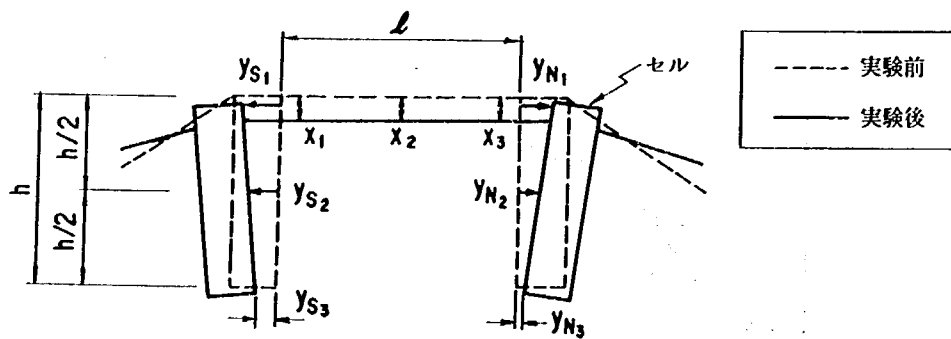
表- 3.3 セルに囲まれた土の体積ひずみ

		ケ ー ス B	ケ ー ス C	ケ ー ス D
セル内面間隔 l [cm]		126	116	116
セル長さ h [cm]		140	140	140
地表面沈下量 [cm]	x_1	1.4	9.2	13.0
	x_2	5.0	7.4	9.3
	x_3	5.4	9.7	12.5
	平均値 $\bar{x}$	3.9	8.8	11.6
北側セル水平変位量 [cm]	y_{N1}	10.1	8.2	20.9
	y_{N2}	5.6	4.7	12.0
	y_{N3}	0.6	0.4	0
	平均値 $\bar{y}_N$	5.4	4.4	11.0
南側セル水平変位量 [cm]	y_{S1}	0.4	2.1	6.6
	y_{S2}	0.3	1.2	3.6
	y_{S3}	0.6	0.1	0
	平均値 $\bar{y}_S$	0.4	1.1	3.4
体積変化 $\Delta v = w l \bar{x} - w h (\bar{y}_N + \bar{y}_S)$ [m ³]		- 0.096	+ 0.075	- 0.201
体積ひずみ $\epsilon_v = \Delta v / v \times 100$ [%]		- 1.8	1.5	4.1

w : 土槽の奥行き (= 300 cm)

v : セルに囲まれた土の初期体積 (= $w \cdot l \cdot h$)

ϵ_v : 圧縮が正



4. 結 論

東京湾横断道路側面セル式人工島の振動特性を検討することを目的に、浅間山砂を用いた長さのスケール1/50の人工島および周辺地盤模型を振動台上に作成し、各種の加振実験を行った。

また、上記振動特性の検討を終えた模型を用いて、周辺地盤が液状化した場合の人工島模型の最終的な残留変形の形態についても付加的に検討を試みた。本実験に用いた模型は、相似則を満たした縮小モデルではないため、実験の結果得られた模型の振動応答を相似則を介して直接実物の振動応答に変換することはできないが、今後人工島の耐震性を検討する上で有益となる種々の特性を明らかにすることができた。主要な事項につき、これらをまとめると以下ようになる。

- 1) 人工島盛土部および周辺地盤の地震応答に及ぼすセルおよび改良ブロックの影響は全体として著しいものではない。
- 2) セルを設置しない場合には、盛土法肩部分において加速応答が大きくなる傾向にある。しかし、セルを設置すると、セルがこのような箇所の振動を抑制する結果、法肩部における加速度応答を小さくすることができる。
- 3) セルおよび改良ブロックは、基本的に盛土および周辺の地盤と一体となって振動し、これらが盛土および地盤とは独立に大きく振動するような現象は見られない。なお、セルおよび改良ブロックは盛土および周辺地盤とおおむね一体に振動する結果、これらの振動応答は上部になるほど下部よりも大きくなる。
- 4) 盛土に生じる加速度応答は一般に周辺地盤よりも大きく、また、盛土内においては盛土上部ほど大きい。また、セルの下部および改良ブロックは上記3)に示したように周辺の盛土および地盤と同じように振動する結果、盛土表面に比較して加速度応答はかなり小さい。このようなことを考慮すると、セルおよび改良ブロックの耐震設計においてはこれらの部分に作用する地震力を盛土の上部に作用させる地震力よりも小さくすることが考えられる。

また、周辺地盤が液状化を生じる可能性の少ない東京湾横断道路人工島とは直接の関連はないが、入力加速度を大きくして盛土周辺の模型地盤（浅間山砂で作製）を液状化させた砂壤特性実験から、周辺に液状化が生じた場合の盛土の最終的な残留変形に関して以下の特徴のあることがわかった。

- 1) 液状化に伴うセル間の盛土の沈下量は入力地震波の特性、とくに振動数特性および継続時間によって大きく影響を受ける。
- 2) 最終的な加振終了後の残留変形は、改良ブロックの有無にかかわらず盛土側面に設置したセルが外側に傾斜し、セル間の盛土が沈下する形となる。盛土天端の沈下量はセルが外側に傾斜することによるセル間の体積の増加分と大略バランスしている。なお、今回の実験の範囲では、セルの有無および改良ブロックの有無による沈下量の差異は顕著ではなかった。

謝

辞

本模型振動実験の実施に当っては、基礎地盤コンサルタンツ株式会社の土谷尚氏、梅内勝彦氏その他各位の協力を得た。御関係の皆様には厚くお礼申し上げます。

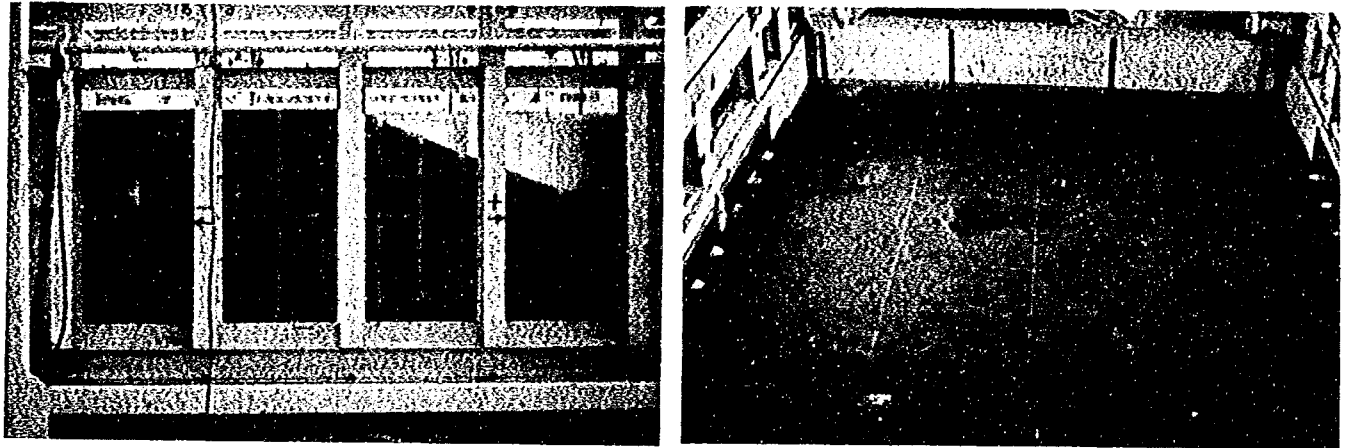
参 考 文 献

- 1) 建設省土木研究所：土の動的変形特性 — 共振法土質試験機による測定 — ，土木研究所資料第 912 号，昭和 49 年 5 月。
- 2) 建設省土木研究所：道路盛土の地震被害事例およびその破壊形態に関する調査，土木研究所資料第 2000 号，昭和 58 年 3 月。
- 3) 建設省土木研究所：地震時における道路盛土の振動特性に関する研究 — （その 1）飽和砂質地盤上の道路盛土模型の加振振動実験 — ，土木研究所資料第 1999 号，昭和 58 年 5 月。
- 4) 荒川直士，木全俊雄，近藤益央，長谷川明機，林博明：大規模盛土模型の振動特性に関する実験的研究，第 18 回土質工学研究発表会，昭和 58 年 6 月。
- 5) 荒川直士，木全俊雄，近藤益央，長谷川明機：人工島の地震時動的変形特性に関する模型振動実験，土木学会第 38 回年次学術講演会講演概要集，第 3 部会，昭和 58 年 9 月。
- 6) 建設省土木研究所：東京湾横断道路人工島（盛土）の地震時における安定性の解析，土木研究所資料第 955 号，昭和 49 年 9 月。

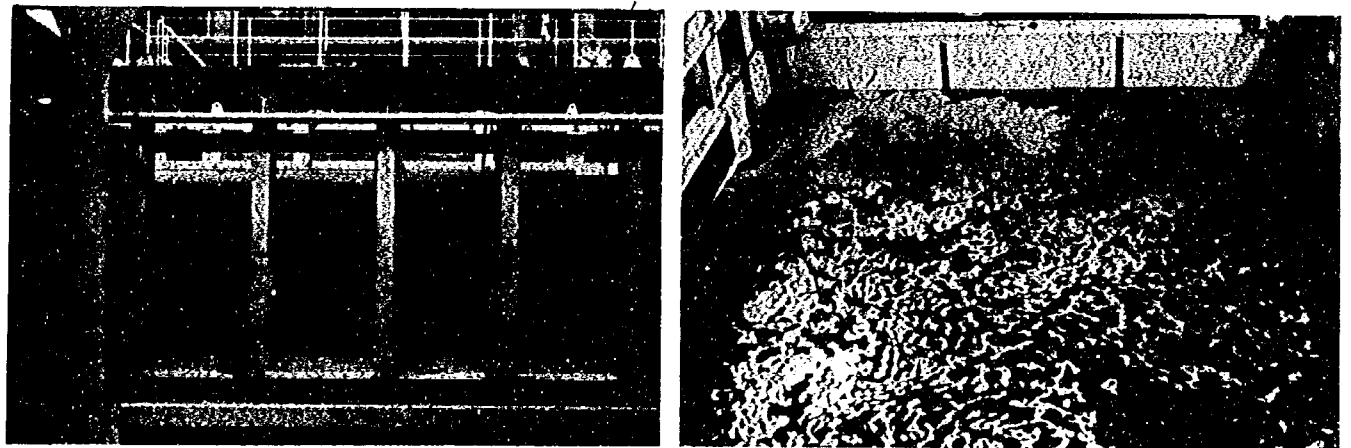
付 属 資 料

付属資料 実験模型の完成時および加振振動実験終了時の状況写真

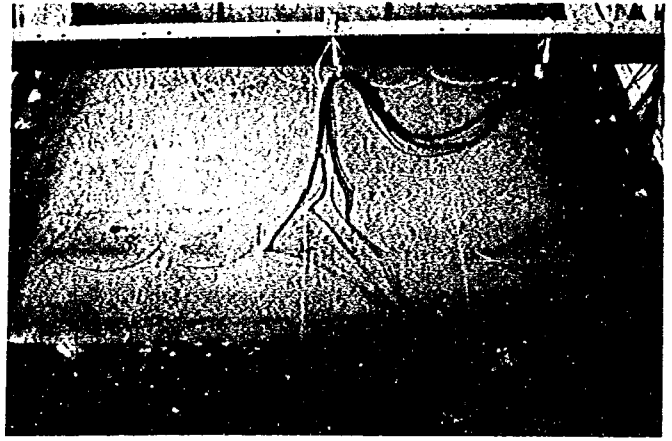
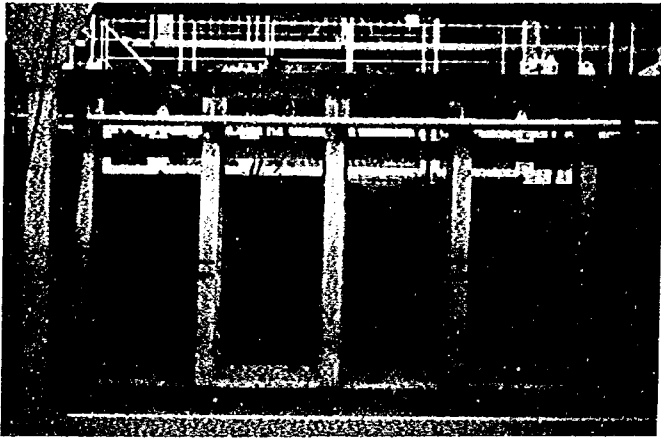
各ケースについて実験模型完成時の状況を写真－1，3，6，8に，加振振動実験終了時の状況を写真－2，4，7，9に示す。また，セル，ソイルブロックの設置状況を写真－5，10に示す。



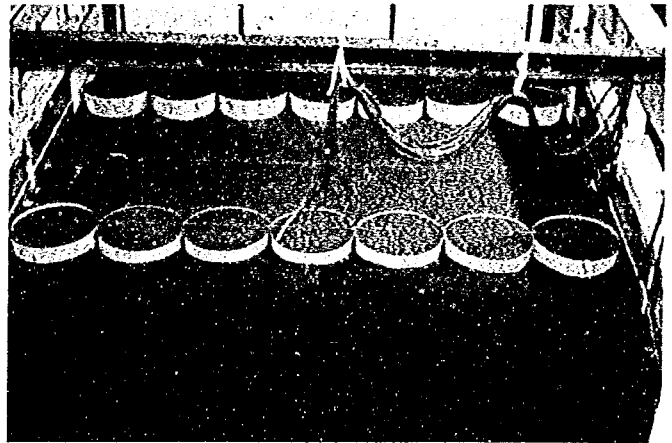
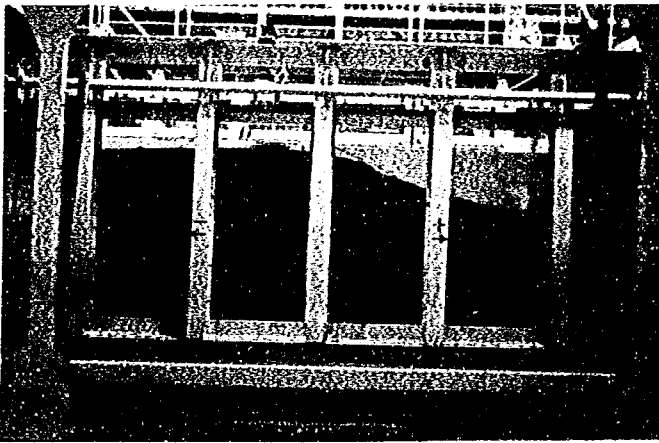
写真－1 地震波加振実験前の状態（ケースA）



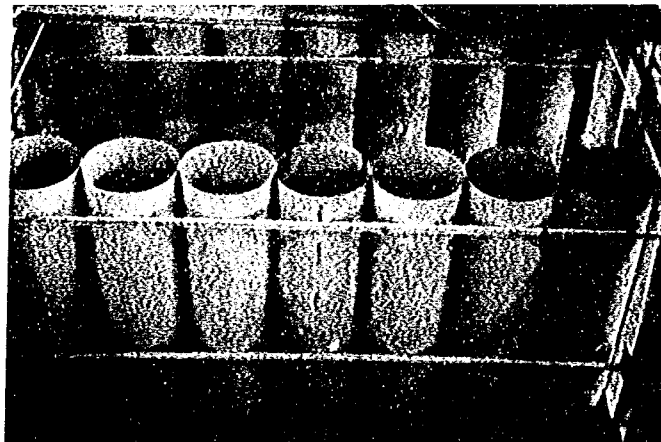
写真－2 地震波加振実験後の状態（ケースA）



写真－ 3 地震波加振実験前の状態（ ケース B ）



写真－ 4 地震波加振実験後の状態（ ケース B ）



写真－ 5 セルの設置状況（ ケース B ）

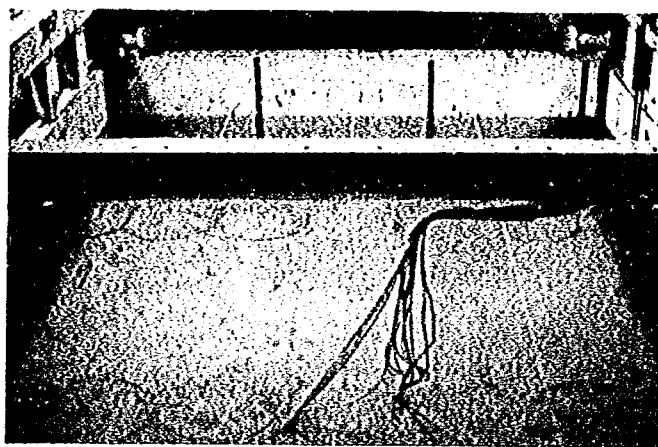
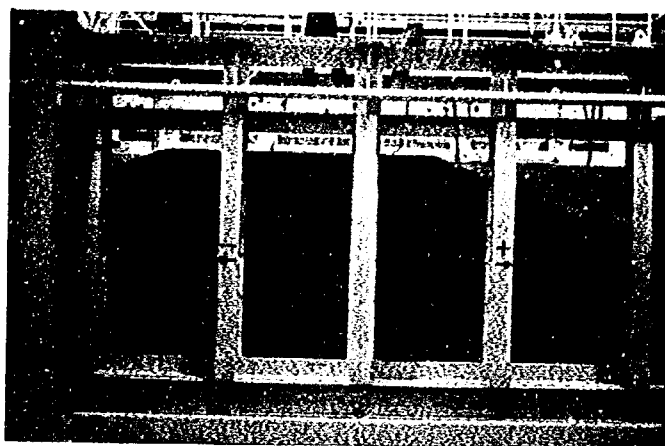


写真-6 地震波加振実験前の状態(ケースC)

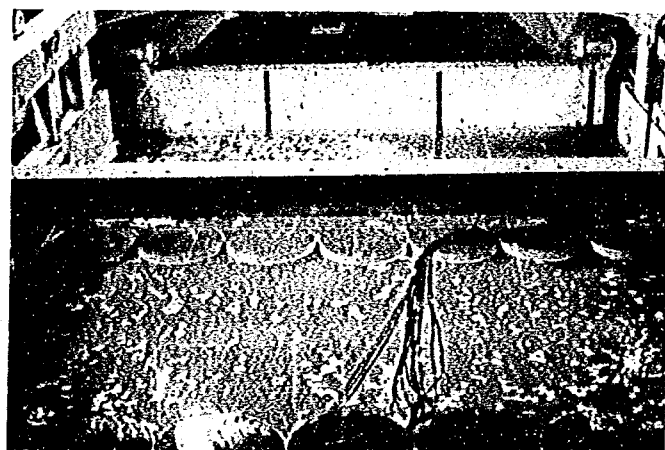
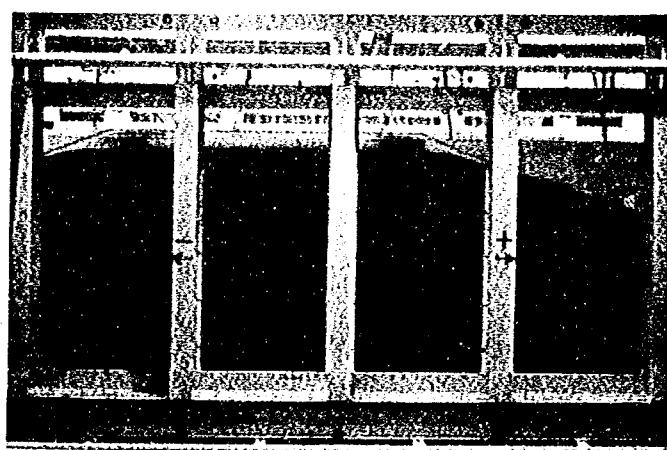
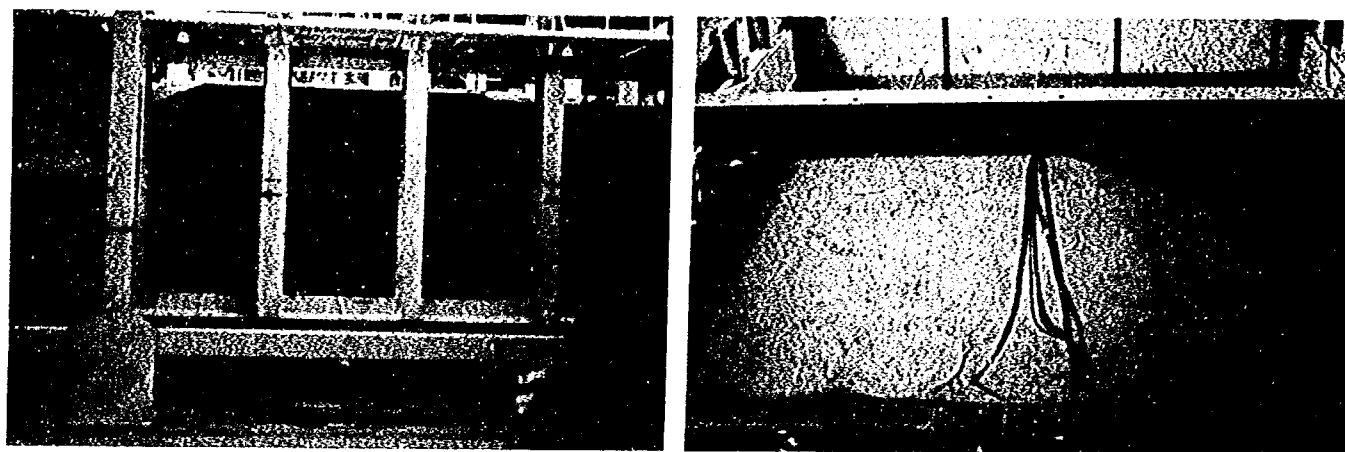
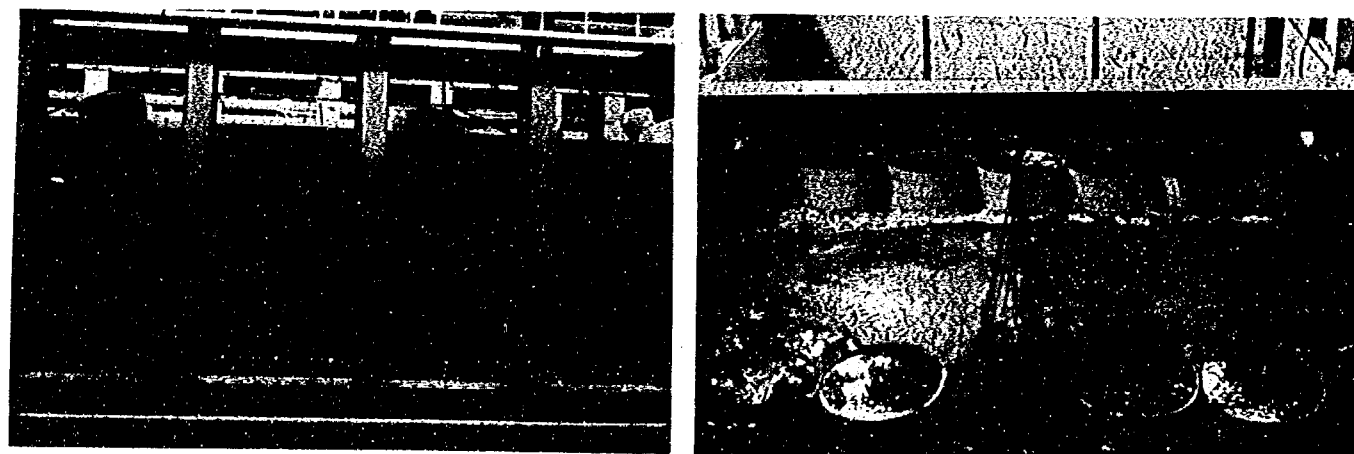


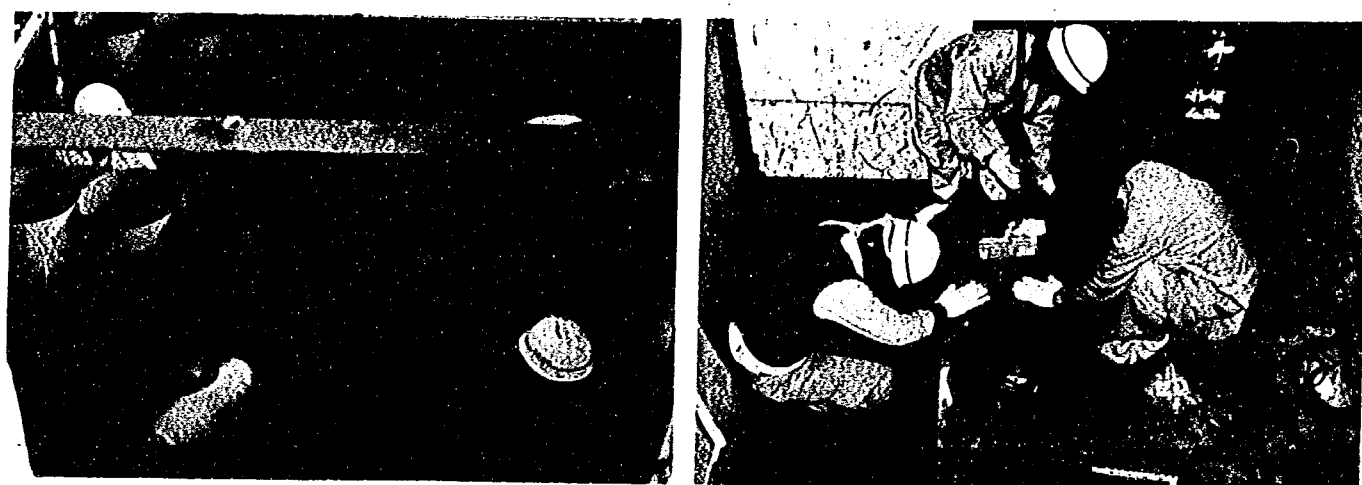
写真-7 地震波加振実験後の状態(ケースC)



写真－8 地震波加振実験前の状態（ケースD）



写真－9 地震波加振実験後の状態（ケースD）



写真－10 セルおよびソイルブロックの設置状況（ケースD）

東京湾横断道路人工島模型振動実験 ISSN 0386-5878
一側面セル式人工島の検討(その1)ー 土研資料 第2037号
昭和58年10月(1983年)

振動研究室 荒川直士, 川島一彦, 木全俊雄, 松本秀應, 近藤益央
日本道路公団 蛭川友司, 西部 剛, 和佐勇次郎, 加藤恒夫, 長谷川明機
馬淵浩司, 岩井文明

キーワード 道路, 盛土, 模型実験, 耐震, 液化状

要 旨

本報告は東京湾横断道路の人工島を対象に, 鋼管矢板セルおよび深層混合処理が人工島の振動, 変形特性に与える影響について模型振動実験により調査した結果についてとりまとめたものである。



郵便はがき

3 0 5 - □ □

を40
下は円
さいっ
いて手

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所
振動研究室
行

No.186

No.186

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第 2037号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

土木研究所資料 2037号



東京湾横断道路人工島模型振動実験

－側面セル式人工島の検討(その1)－