

土 木 研 究 所 資 料

土石流衝撃力に対する緩衝材に関する 実験および解析報告書

昭和60年3月

建設省土木研究所
砂防部砂防研究室

Copyright © 1985 年 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、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土石流衝撃力に対する緩衝材に関する実験および解析報告書

砂防部砂防研究室

研究室長 瀬 尾 克 美

主任研究員 水 山 高 久

下 東 久 巳

要 旨

土石流中の巨礫が砂防ダムの袖部を破壊することがあり、巨礫のコンクリート構造物に対する衝撃力を研究することが必要となった。本研究では、巨礫の衝撃力を、木材、ゴム、砂によってどの程度緩衝できるかその可能性を調べた。まず、実験を行ないその結果に動的応答モデルを適用して解析した。その結果砂では緩衝材の無い場合の荷重の 9～33%，ゴムでは 24～83%，木材では 67～125%にまで減少することがわかった。解析モデルによって砂防ダムを実際に設計するのに用いることのできる、土石流の衝突条件と緩衝材の条件について関係図を作成した。また、鉄筋による補強、衝突角度による衝撃力の緩衝についても検討した。

キーワード：土石流，衝撃力，緩衝材，動的応答解析，砂防ダム

**Experiments and Analyses on Buffer Materials
for Impact Force of Debris Flows**

by
**Katsumi Senoo
Takahisa Mizuyama
Hisami Shimohigashi**

Typical of the measures to prevent debris flow disasters is the sabo dam (check dam). But reports on several cases where the wings of concrete sabo dam were destroyed by large gravels in debris flows have made it necessary to study the impulsive force of debris flows and countermeasures. In our previous studies, we devised a way to calculate this impulsive force, determined the necessary thickness of mass concrete and, as the result, discovered that if the velocity is high, the concrete must be very thick to avoid destruction.

A likely way to prevent destruction of the crest and wings of a concrete sabo dam is to use a buffer material. Our present study consists of experimentally testing the buffer effects of wood, rubber and sand and analyzing them by dynamic models. We first analyzed, using a two-material-point system response model incorporating inertia and spring force as elements, and found that a modified coefficient had to be introduced to make calculated and experimental values agree.

Therefore, we further analyzed by a model additionally incorporating the item of viscosity attenuating force and determined a constant for each buffer material. We also studied other countermeasures against the impulsive force, such as reinforcement by steel bars, as well as definite cases of designing buffer materials.

Key words ; Debris flow, Impact force, Buffer materials Dynamic response analysis, Sabo dam

はじめに

土石流対策コンクリート製砂防ダムの土石流衝撃力を考慮した設計マニュアルを作成するため、先に衝撃力に関する実験を行い力学モデルをあてはめて、土石流中の巨礫の礫径と流速に対して必要なコンクリート厚さを与える図を求めた。その結果は従来経験的に採用されていた値をほぼ支持するものであったが、高速の土石流の発生が予想される溪流や、直径数メートル以上の極端に大きい礫が流出する溪流では、非常にコンクリートを厚くしないと破壊されることも分かった。そこで考えられるのが緩衝材の採用と鉄筋等による補強である。

本報告は、上高地や浦川など土石流の発生頻度の高い溪流を管内に持つ北陸地方建設局松本砂防工事事務所の依頼によって実施した土石流衝撃力に対する緩衝材に関する実験とその解析結果をとりまとめたものである。

木材、ゴム、砂について実験を行い、まず、先の緩衝材の無い実験の解析に用いた慣性力とバネ力の2要素だけを考えた2質点系動的応答モデルを適用した。しかし、このモデルでは、計算値と実験値が大巾に異なり修正係数を導入する必要があった。そこで、さらに粘性減衰力の項を追加したモデルによって解析した。その結果、壁体の定数を緩衝材の種類によって変化させなければならないが、実験結果の変化傾向を良く説明することができた。これを用いて、実際の砂防ダムに適用するための図を求めた。また、先の研究成果を基礎として、鉄筋による補強など他の衝撃力対策についても検討し設計例を示した。なお、本実験は八千代エンジニアリング(株)に委託して実施された。

昭和60年3月

目 次

はじめに

1. 実験の目的	1
2. 実験の種類とケース	1
3. 材料実験	1
3.1 モルタルの圧縮試験	1
3.2 緩衝材に対する鋼球のめりこみ試験	4
3.3 材料実験結果のまとめ	8
4. 緩衝材の衝撃応答実験	8
4.1 実験目的と方法	8
4.2 実験ケース	9
4.3 実験結果	9
4.4 緩衝材の効果	10
4.5 緩衝材の必要厚に関する考察	14
5. 緩衝材を用いたモルタル構造物の衝撃力実験	17
5.1 試験体	17
5.2 実験装置	17
5.3 実験ケース	20
5.4 実験結果	20
6. 緩衝材の効果の検討	30
6.1 衝撃応力の発生機構と緩衝材	30
6.2 計算モデル	31
6.3 計算定数の決定	32
6.4 モデル計算の結果	35

6.5 計算および実験結果の比較	38
6.6 減衰を考慮したモデル計算	40
7. 対策工の設計	52
7.1 土石流衝撃荷重対策の考え方	52
7.2 土石流対策工の設計条件	52
7.3 衝撃対策工の設計	57
7.4 衝撃対策工の提案	73
8. まとめ	74
参考文献	75
資料集	77

1. 研究の目的

土石流が砂防ダム袖部に与える衝撃荷重に対して、各種緩衝材を提案し効果を理論的に解析する一方、実験によってその効果の検証を行う。又、これらの結果を総合して衝撃荷重対策工の設計の提案を行う。

2. 実験の種類とケース

緩衝材を取り付けた片持梁に対する鋼球の衝突実験、緩衝材の衝撃応答実験およびモルタル、緩衝材の材料実験を行った。片持梁に対する鋼球の衝突実験および緩衝材の衝撃応答実験は速度および緩衝材の種類（緩衝材のない場合も含む）、厚さを変えて実験を行った。実験ケースは表-2.1に示す通りである。

表-2.1 実験ケース

実験項目	緩 衝 材		衝突速度 (m/s)	測 定 項 目	実験個数
	名 称	厚さ(cm)			
片持梁に対する鋼球の衝突実験	モルタル	—	4, 7, 10	球速, コンクリートの表面歪	3
	木 材	1, 2, 3	〃	〃	13
	砂	〃	〃	〃	9
	ゴ ム	〃	〃	〃	9
緩衝材の 応答実験	モルタル	1, 2, 3	4, 7, 10	球速, 衝撃荷重	9 (28)
	木 材	〃	〃	〃	9 (30)
	砂	〃	〃	〃	9
	ゴ ム	〃	〃	〃	9
材 料 実 験	モルタルの圧縮試験			荷重, 縦・横ひずみ	2
	モルタルに対する鋼球のめり込み実験			荷重, めり込み量	2
	木 材	〃		〃	2
	砂	〃		〃	3
	ゴ ム	〃			2

()内は補足実験数

3. 材料実験

3.1 モルタルの圧縮試験

試験体 ($\phi 50 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$) を標準養生し、材令 40 日で圧縮試験を実施した。ひずみは縦ひずみ、横ひずみを図-3.1に示すようにそれぞれ 2 箇所測定し平均値をとった。応力-ひずみ ($\sigma - \epsilon$) 曲線は、図-3.2~3.3に示すとおりであり、圧縮強度、割線弾性係数等を表-3.1に示す。

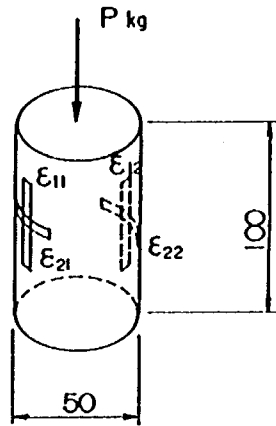


図-3.1 モルタルの圧縮試験

縦ひずみ

$$\epsilon_1 = \frac{\epsilon_{11} + \epsilon_{12}}{2}$$

横ひずみ

$$\epsilon_2 = \frac{\epsilon_{21} + \epsilon_{22}}{2}$$

応力

$$\sigma = 0.05096 \times P \text{ kg/cm}^2$$

$\frac{1}{2}$ 強度ポアソン比

$$\nu_{\frac{1}{2}} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$$

$\frac{1}{2}$ 強度割線弾性係数

$$E_{\frac{1}{2}} = \frac{\sigma_{\frac{1}{2}}}{\epsilon_{\frac{1}{2}}}$$

荷重 P 、縦ひずみ ϵ_1 、および横ひずみ ϵ_2 の測定データは資料-1 に示している。

3.2 緩衝材に対する鋼球のめり込み実験

(1) 実験目的

緩衝材の動的応答を検討するに際して、先ず、緩衝材に対する鋼球のめり込み時の荷重 P とめり込み量 α の関係を知る必要がある。この $P-\alpha$ の関係を求めるために緩衝材に対する鋼球の静的なめり込み実験を行った。

表-3.1 モルタルの圧縮試験結果

試験体 No.	養生 日数	圧縮強度 (kgf/cm ²)	$\frac{1}{2}$ 強度割線 弾性係数 $E_{\frac{1}{2}}$ (kgf/cm ²)	終局強度割線 弾性係数 E' (kgf/cm ²)	$\frac{1}{2}$ 強度 ポアソン比 $\nu_{\frac{1}{2}}$
C-1	40	296	1.5×10^5	7.6×10^4	$\frac{1}{5.1}$
C-2	"	298	1.5×10^5	6.6×10^4	$\frac{1}{5.5}$
C-3	"	303	1.4×10^5	7.3×10^4	$\frac{1}{4.5}$
平均		299	1.5×10^5	7.17×10^4	$\frac{1}{5.0}$

荷重 P 、縦ひずみ ϵ_1 、および横ひずみ ϵ_2 の測定データは資料-1 に示している。

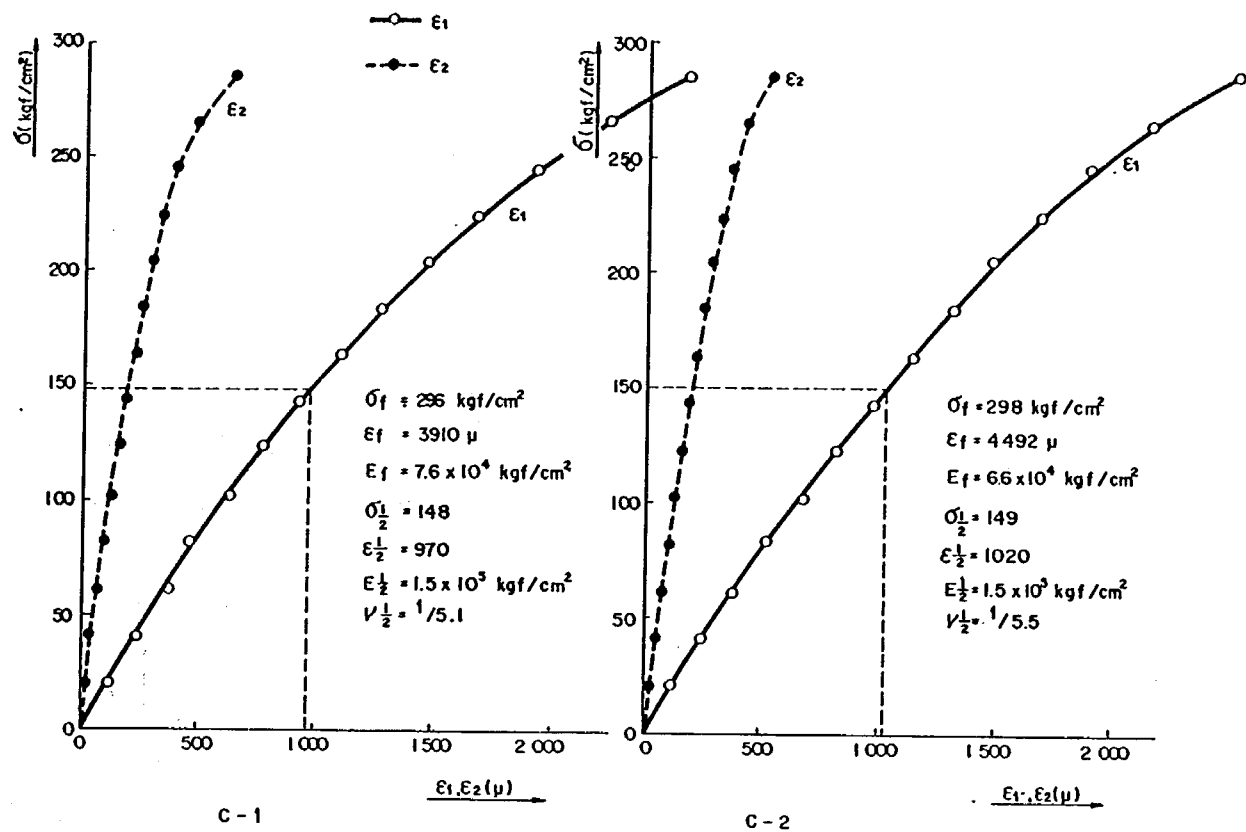


図-3.2 応力-ひずみ曲線

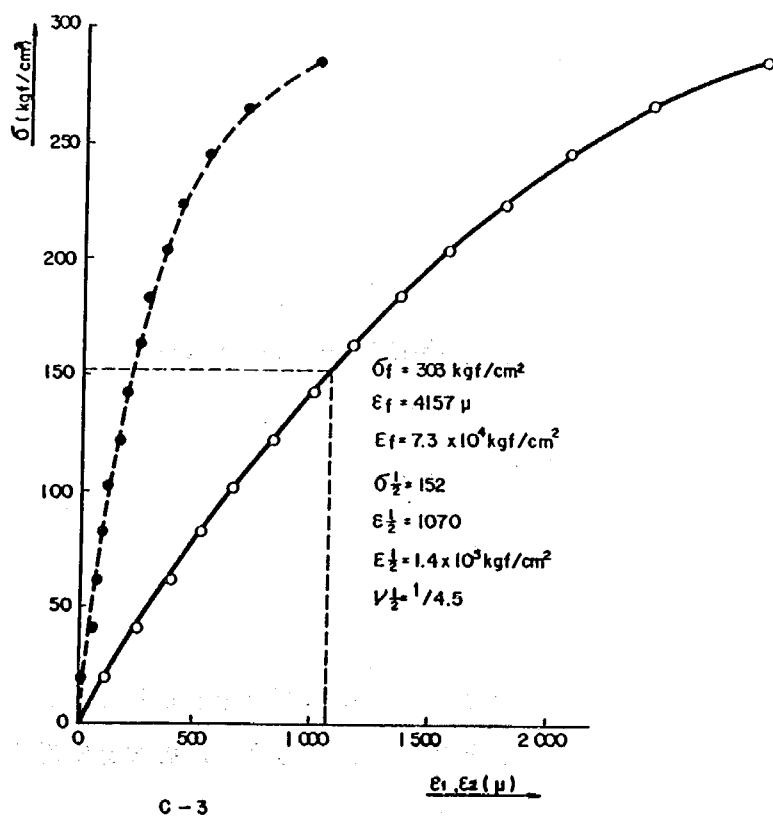


図-3.3 応力-ひずみ曲線

3.2 緩衝材に対する鋼球のめり込み実験

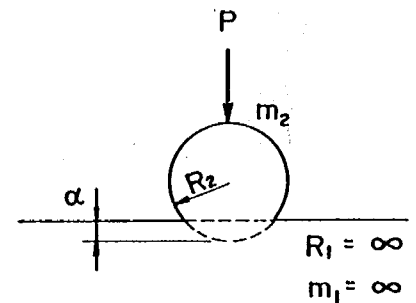
(1) 実験目的

緩衝材の動的応答を検討するに際して、先ず、緩衝材に対する鋼球のめり込み時の荷重 P とめり込み量 α の関係を知る必要がある。この $P-\alpha$ の関係を求めるために緩衝材に対する鋼球の静的なめり込み実験を行った。

(2) 実験方法

鋼球が緩衝材およびモルタルにめり込む時の荷重 P とめり込み α の関係は図-3.4に示すように鋼球を緩衝材に直接めり込ませて P , α を測定することにより求めた。平面に鋼球がめり込む理論式は(3・1)式で表わされるので、測定値 $P-\alpha$ の関係がこの式に従うものとして、めり込み点の緩衝材の見かけ弾性係数 E_1' を求めることができる。

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{4 R_2^{\frac{1}{2}}}{3 \pi (K_1 + K_2)} \alpha^{\frac{3}{2}} \\ K_1 &= \frac{1 - \nu_1^2}{\pi E_1} \\ K_2 &= \frac{1 - \nu_2^2}{\pi E_2} \end{aligned} \right\} \quad (3 \cdot 1)$$



ここに、 P : 荷重 (kgf/cm^2) ν_1 : 緩衝材のポアソン比

ν_2 : 鋼球のポアソン比 ($\nu_2 = 0.28$)

E_2 : 鋼の弾性係数 ($E_2 = 2.0 \times 10^{10} \text{kg/cm}^2$)

E_1' : 緩衝材のめり込み点の見かけの弾性係数 (kgf/cm^2)

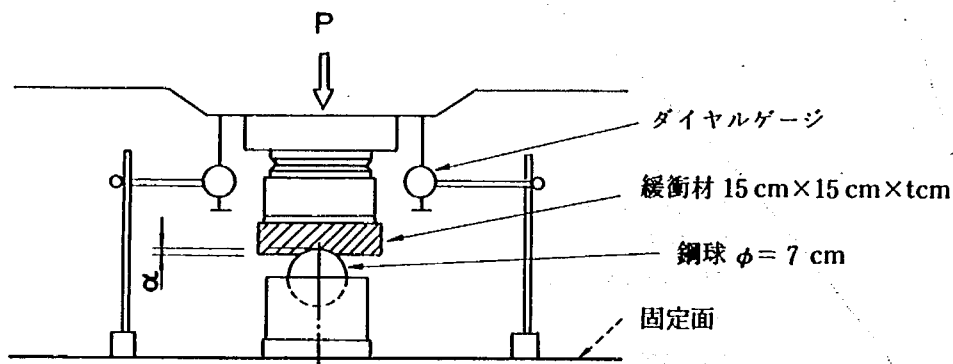


図-3.4 緩衝材に対する鋼球のめり込み実験

図-3.4の実験で緩衝材を除去した状態でアムスラーの両載荷板の相対変位を測定したところ、荷重 P に比例する変位 α_0 が測定された。 α_0 をアムスラーの機械的な変位と考えて、緩衝材に対する実験では、ダイヤルゲージの読みから α_0 を差し引いてめり込み量 α とした。

測定データは、資料-2に示している。

(3) 木材の実験

木材に対する鋼球のめり込み実験は緩衝材の厚さ $t=1\text{ cm}$, 2 cm の2種類について行った。実験結果は図-3.5に示すとおりである。 $t=1\text{ cm}$ の場合、鋼球のめり込みによって木板は約 $P=1000\text{ kg}$ で破壊した。

$t=2\text{ cm}$ の実験結果から $P-\alpha$ の関係、さらにこの値を (3・1) 式に代入して E'_i を求めるとそれぞれ下記のようになる。資料-3 参照。

$$P=1.677 \times 10^7 \alpha^{1.5}$$

$$E'_i=6.676 \times 10^7 \text{ kgf/m}^2$$

但し $\nu_1=1/10$ と仮定した。

木材のポアソン比の測定されたデータを収集することができなかったので、コンクリート ($\nu_1=0.2$) と砂 ($\nu_1=0$) の中間値とした。

(4) 砂の実験

緩衝材として用いた砂はゆる詰めめの砂をビニール袋に詰め $15\text{ cm} \times 15\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ の砂板を作成して実験を行った。

砂に対するめり込み実験結果は、図-3.6に示す通りである。図-3.6から $P-\alpha$ の関係を求め E'_i を (3・1) 式から求めると E'_i は次の通りとなる。実験に用いた砂の粒度分布は資料-7に示した。

砂 $\nu_1=0$

$$P=3.810 \times 10^5 \times \alpha^{1.5}$$

$$E'_i=1.528 \times 10^6 \text{ kgf/m}^2$$

(5) ゴムの実験

ゴムに対するめり込み実験は $t=2\text{ cm}$, 3 cm について行った。実験結果は図-3.7に示すとおりであり、厚さの影響がみられる。図-3.7から $t=3\text{ cm}$ の実験結果から $P-\alpha$ の関係および (3・1) 式を用いて E'_i を求めると次のとおりである。

$\nu_1=0.47$ (理科年表より)

$$P=6.236 \times 10^5 \alpha^{1.5}$$

$$E'_i=1.948 \times 10^6 \text{ kgf/m}^2$$

(6) モルタルの実験

モルタルについても緩衝材と同様に図-3.4に示しためり込み実験を実施して、荷重 P 、めり込み量 α を測定し (3・1) 式から E'_i を求めた。供試体は、衝撃力実験に用いた試験体を用いた。

モルタルに対するめり込み実験結果は、図-3.8に示す通りであり、 $P-\alpha$ の関係から E'_i を求めると次の通りとなる。

$\nu_1=\frac{1}{5}$ (圧縮試験結果)

$$P=3.981 \times 10^7 \alpha^{1.5}$$

$$E'_i=1.546 \times 10^8 \text{ kgf/m}^2$$

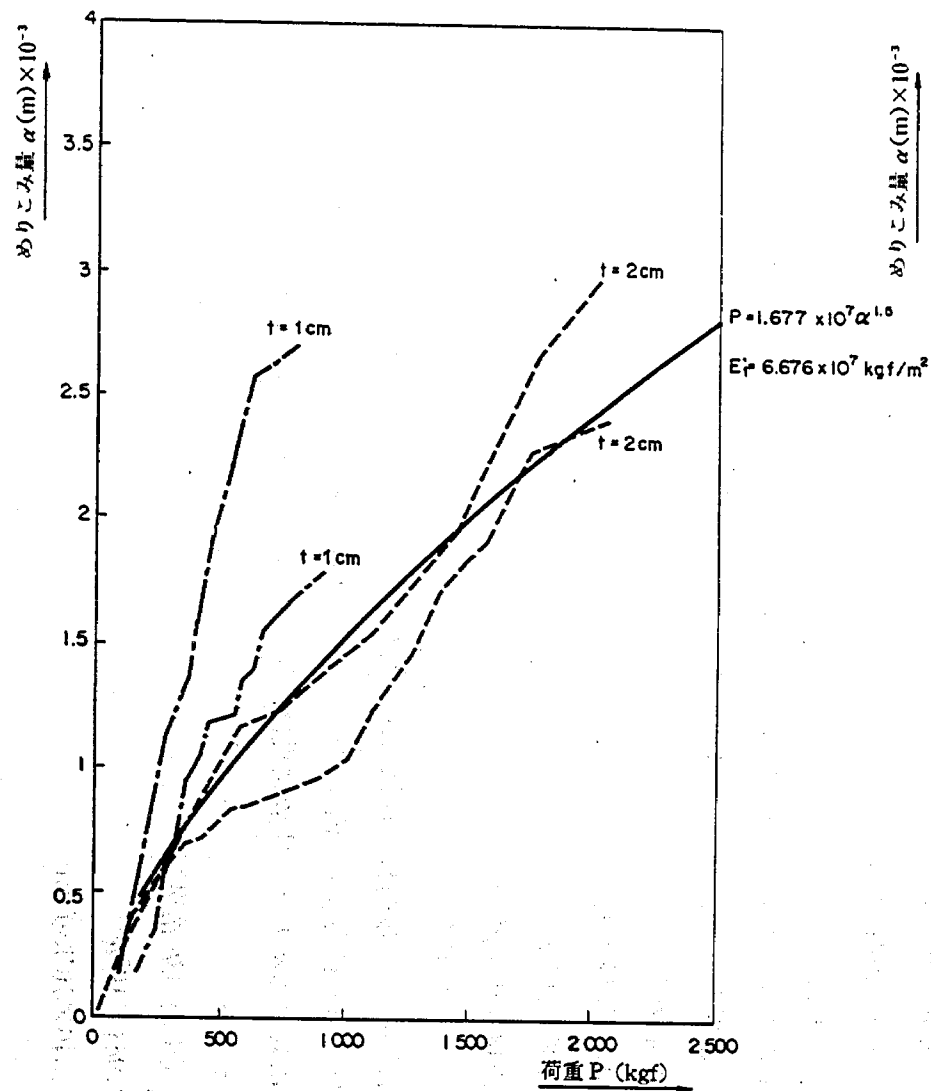


図-3.5 木材に対する鋼球のめり込み

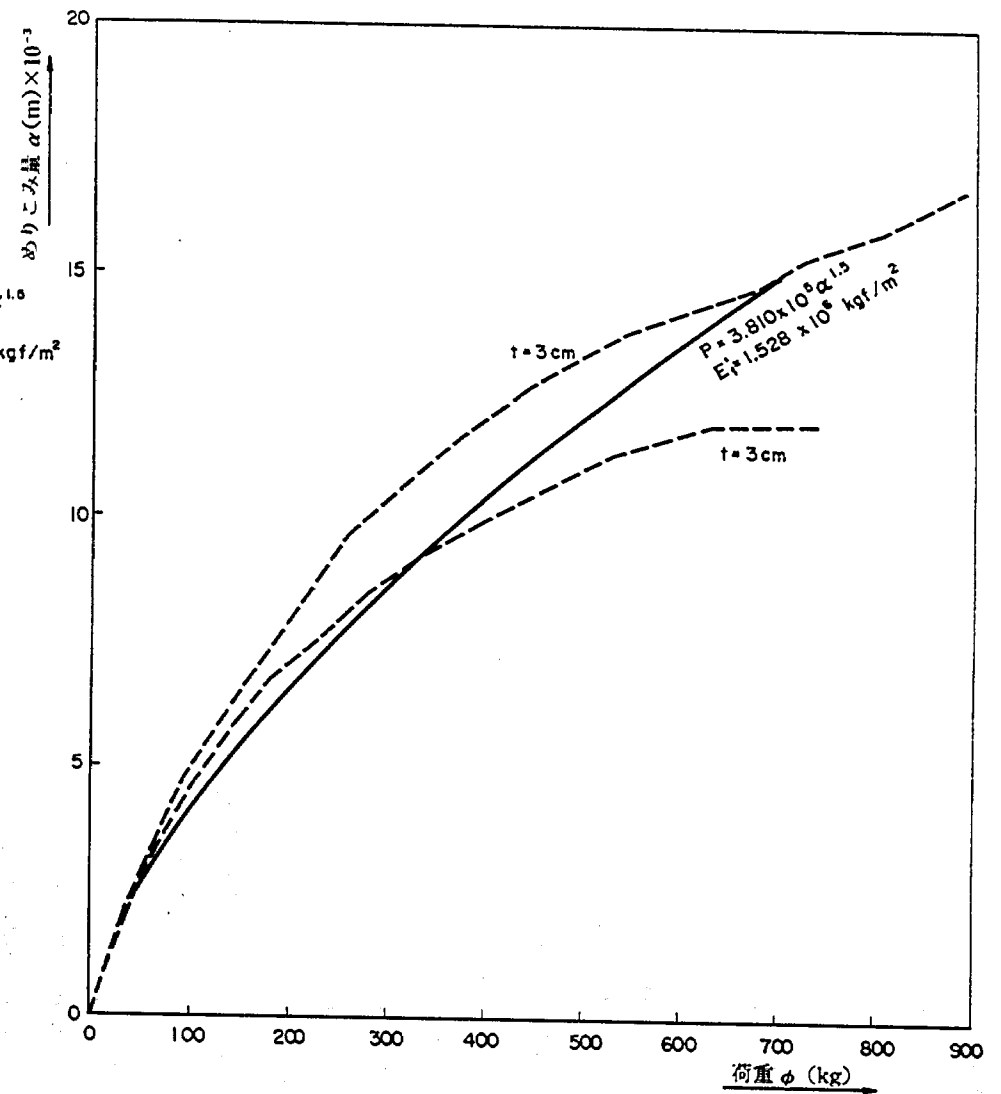


図-3.6 砂に対する鋼球のめり込み

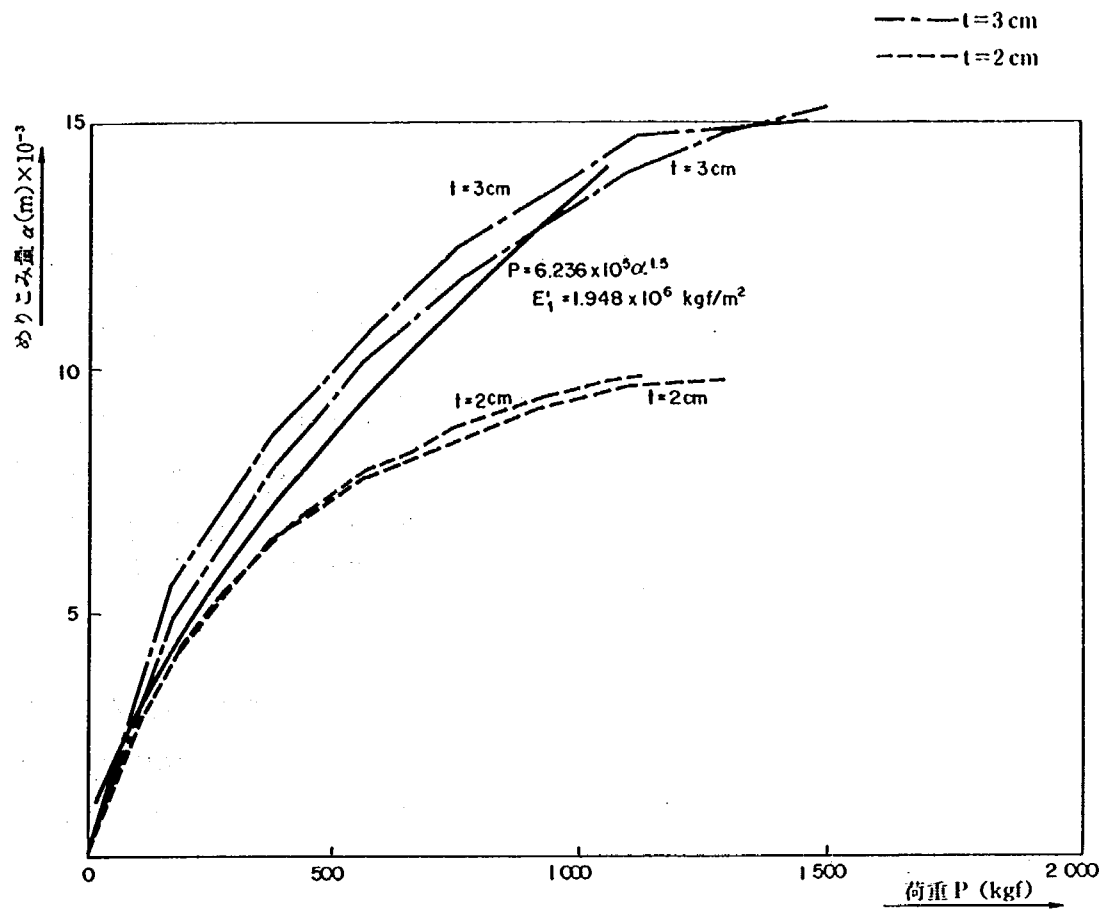


図-3.7 ゴムに対する鋼球のめり込み

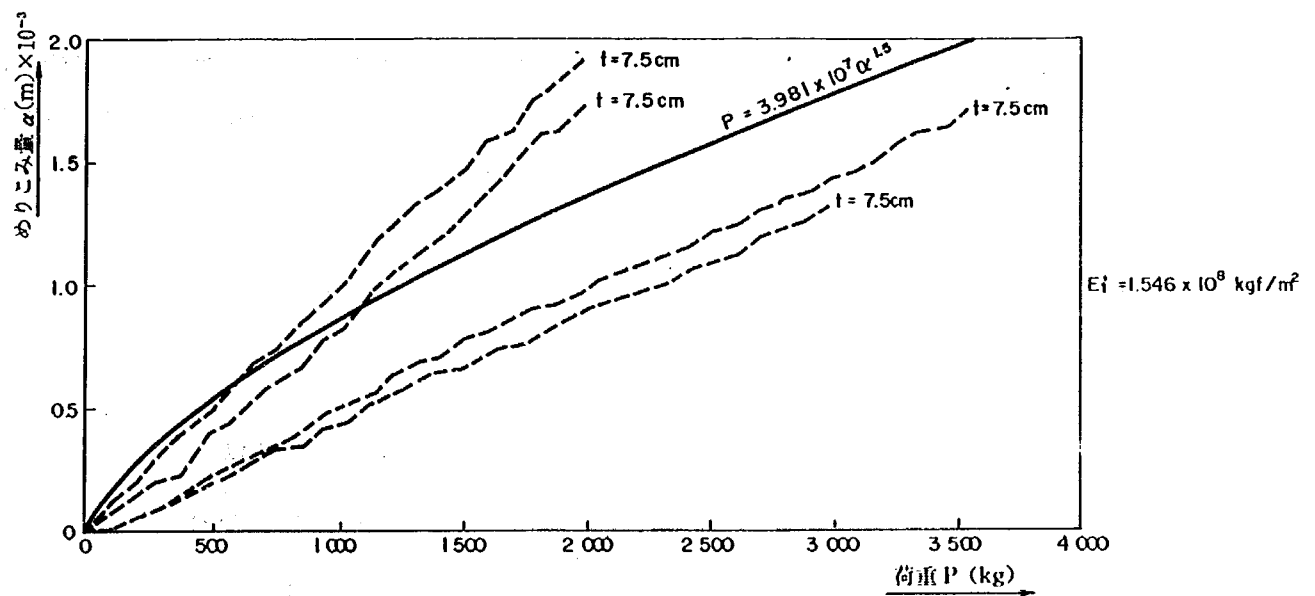


図-3.8 コンクリートに対する鋼球のめり込み

3.3 材料実験結果のまとめ

材料実験結果をまとめると表-3.2 に示すとおりである。

表-3.2 材料実験の結果

材 料	1/2強度割線 弾性係数 E (kgf/cm ²)	ポアソン比	終局強度割線 弾性係数 E' (kgf/cm ²)	$P-\alpha$ の関係 (P : 荷重(kg) α : めりこみ(m))	$P-\alpha$ の関係から 求めた E' (kgf/cm ²)
鋼	(2.0×10^6)	(0.28)	—	—	—
モルタル	1.5×10^5	0.20	7.17×10^4	$P = 3.981 \times 10^7 \alpha^{1.5}$	1.546×10^4
木 材	—	(0.10)	—	$P = 1.677 \times 10^7 \alpha^{1.5}$	6.676×10^3
ゴ ム	—	(0.47)	—	$P = 6.236 \times 10^5 \alpha^{1.5}$	1.948×10^2
砂	—	(0)	—	$P = 3.810 \times 10^5 \alpha^{1.5}$	1.528×10^2

注) ()内は一般的な値

表-3.2 において、モルタルの E' を標準圧縮試験から求めたものと、鋼球のめり込み実験から推定したものを比較すると、前者が後者の約 4.6 倍と大きくことなる。したがって、鋼球のモルタル壁等に対する衝突現象を解析するためには、実際に鋼球のめり込み実験を行って求めた。 $P-\alpha$ の関係又は E' を用いるのが適切と判断される。

4. 緩衝材の衝撃応答実験

4.1 実験目的と方法

緩衝材の衝突面のめり込みによる緩衝効果と、緩衝材としての適切な厚さを検討するために図-4.1 に示すように荷重計の上に緩衝材を乗せ、鋼球を落下させて衝撃応力を測定した。測定装置は、2 章に示したコンクリート構造物の衝撃力実験に用いたものと同一のものとした。

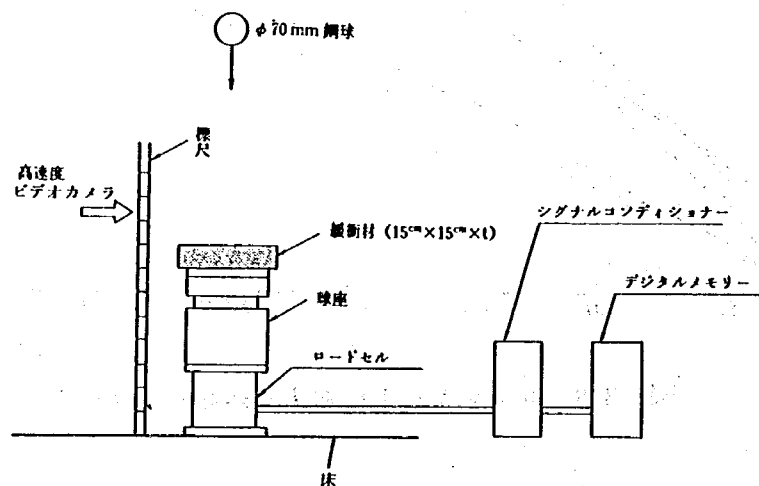


図-4.1 緩衝材の応答実験

4.2 実験ケース

実験ケースは、表-4.1に示す通りである。

表-4.1 実験ケース

無衝材	速度(m/sec)	緩衝材の重さ (cm)	実験 個 数
モルタル	4. 7. 10	1. 2. 3	9
木 材	"	"	9
砂	"	"	9
ゴ ム	"	"	9
計			36

4.3 実験結果

(1) 時間-応力曲線

緩衝材の衝撃応答実験の時間-応力曲線の一例を図-4.2に示す。図から緩衝材が柔いほど、鋼球衝突時の荷重応答時間が長く、最大応力は小さくなる。すなわち柔い緩衝材ほど最大応力を小さくする効果大きい。全ケースの時間-応力曲線は巻末資料-4に示してある。

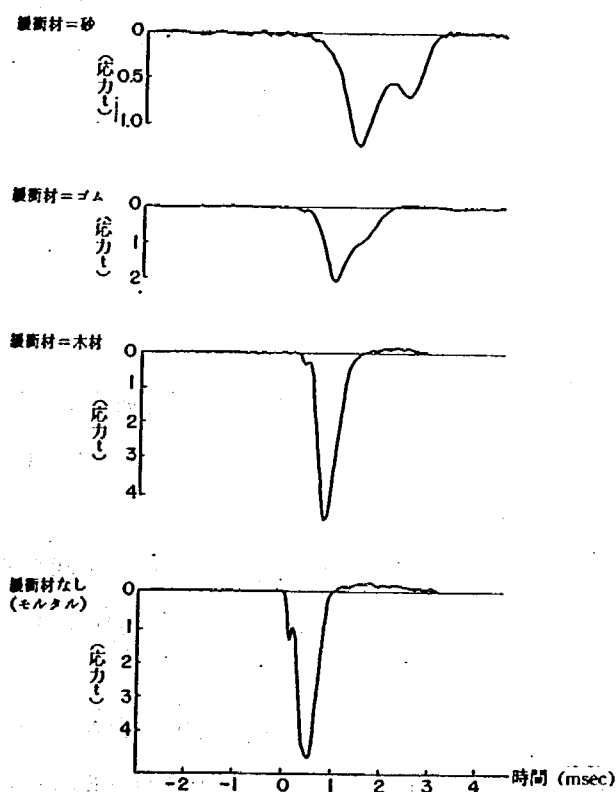


図-4.2 時間-応力曲線 (緩衝材厚 2 cm, 落高 5.1 m)

(2) 最大応力

鋼球の衝突時に発生する最大応力（ロードセルによって測定された圧縮力）を表-4.2 に示した。

表-4.2 緩衝材の実験結果

ケース No.	緩 衝 材		落 下 高 (m)	球 速 (m/s)	最 大 応 力 (t)	ケース No.	緩 衝 材		落 下 高 (m)	球 速 (m/s)	最 大 応 力 (t)
	種 類	厚さ(cm)					種 類	厚さ(cm)			
1	モルタル	1	0.82	4	2.58	19	砂	1	0.82	4	0.22
2	"	"	2.5	7	3.94	20	"	"	2.5	7	0.94
3	"	"	5.1	10	6.66	21	"	"	5.1	10	2.18
4	"	2	0.82	4	1.63	22	"	2	0.82	4	0.24
5	"	"	2.5	7	3.54	23	"	"	2.5	7	0.72
6	"	"	5.1	10	4.62	24	"	"	5.1	10	1.25
7	"	3	0.82	4	2.86	25	"	3	0.82	4	0.26
8	"	"	2.5	7	4.49	26	"	"	2.5	7	0.80
9	"	"	5.1	10	7.34	27	"	"	5.1	10	0.82
10	木 材	1	0.82	4	1.74	28	ゴ ム	1	0.82	4	1.50
11	"	"	2.5	7	3.26	29	"	"	2.5	7	3.26
12	"	"	5.1	10	6.12	30	"	"	5.1	10	5.03
13	"	2	0.82	4	2.04	31	"	2	0.82	4	0.68
14	"	"	2.5	7	2.99	32	"	"	2.5	7	1.50
15	"	"	5.1	10	4.76	33	"	"	5.1	10	2.04
16	"	3	0.82	4	2.18	34	"	3	0.82	4	0.68
17	"	"	2.5	7	3.40	35	"	"	2.5	7	1.22
18	"	"	5.1	10	6.39	36	"	"	5.1	10	2.04

4.4 緩衝材の効果

(1) 実験結果の考察

材料による緩衝効果のちがいを見るために、3.2 節で求めた緩衝材の E_1' （めり込み点の見かけの弾性係数）と発生応力の関係を図化すると図-4.3 のようになる。図-4.3 は鋼球の速度毎に 1 つのグラフにまとめたものである。

図-4.3 から緩衝材の材料特性と緩衝効果の関係について下記の傾向がみられる。

- ① 緩衝材の弾性係数が小さいほど（柔いほど）、発生応力の最大値を小さくする効果大きい。
- ② 緩衝材の効果はその厚さによって異なる。
- ③ 緩衝材の厚さ $t = 1 \sim 3$ cm の範囲では、モルタルに対する衝撃応力に比較して各緩衝材に対する衝撃応力の大きさは下記のとおりである。詳細は巻末資料-6 に示している。

砂 9~33% (9~18%)

ゴム 24~83% (24~44%)

木材 67~125%

()内に4.5節で検討するように、砂の $t \leq 2$ cm, ゴムの $t \leq 1$ cmは安定した緩衝効果が得られない厚さと考えてデータとして除外した場合の値である。

上記の砂の緩衝効果は布袋詰め鉛玉の衝撃に対する標準砂のクッション効果に関する実験²⁾より大きい値となっている。ここで行ったような衝撃荷重に対するクッション材の効果に関する研究としては、杭打機のクッション材に関するものがある。³⁾そこでは、ホースターレン樹脂が使用され、クッション効果として約60% (衝突速度 10 m/sec) が得られており、³⁾上記のゴムの効果に近い値となっている。

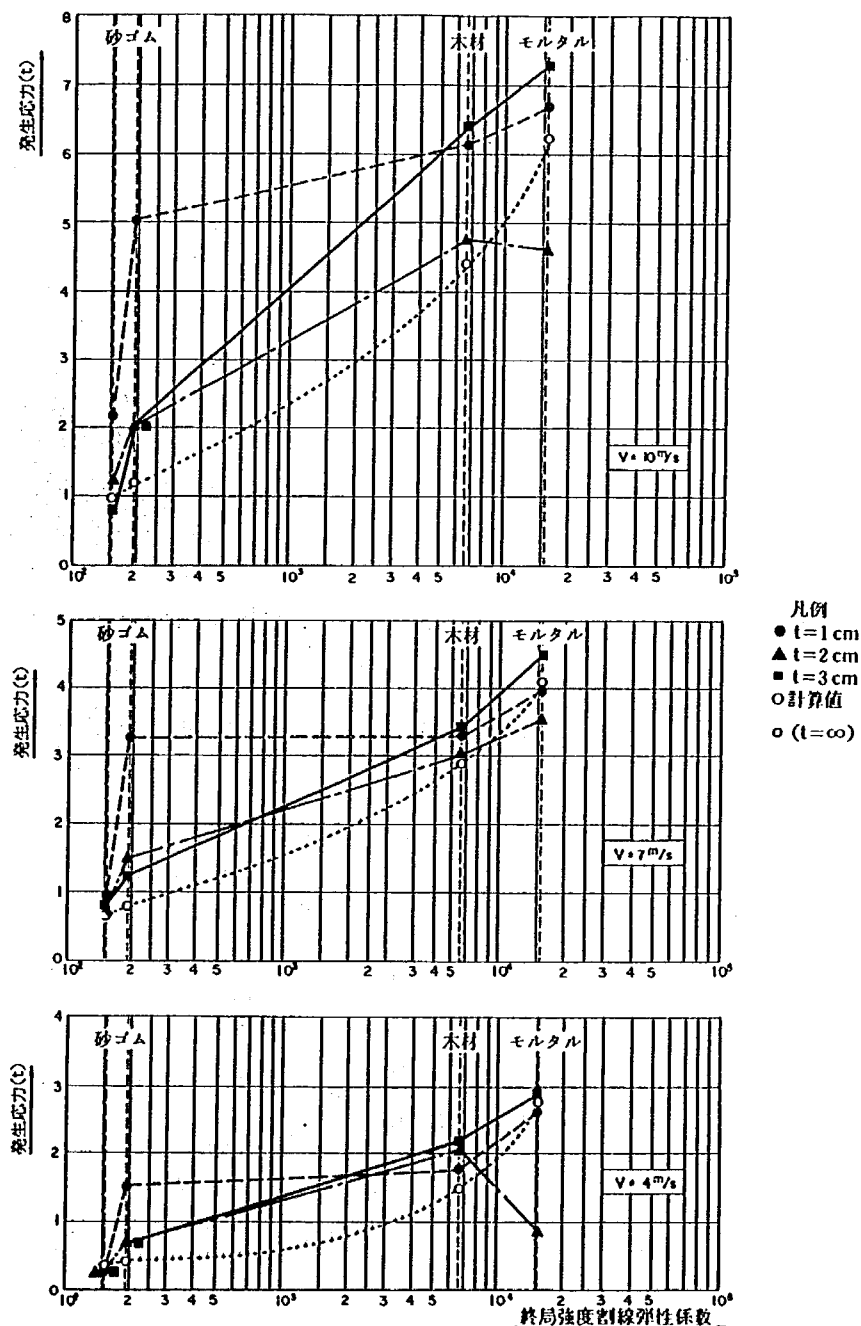


図-4.3 緩衝材の弾性係数と発生応力の関係

(2) 理論式と実験結果の比較

固定床上に緩衝材を設置して球体を落下させた場合、応力を求める式は(4・1)式となる。¹⁾この式では緩衝材厚は半無限としている。

$$\begin{aligned}
 P &= n \alpha^{\frac{3}{2}} \\
 n &= \sqrt{\frac{16 R_2}{9 \pi^2 (K_1 + K_2)^2}} \\
 K_1 &= \frac{1 - \nu_1^2}{\pi E_1}, \quad K_2 = \frac{1 - \nu_2^2}{\pi E_2} \\
 \alpha &= \left(\frac{5 v^2}{4 n_1 n} \right)^{\frac{2}{5}} \\
 n_1 &= \frac{1}{m^2}
 \end{aligned} \tag{4・1}$$

E：弾性係数 kgf/m²

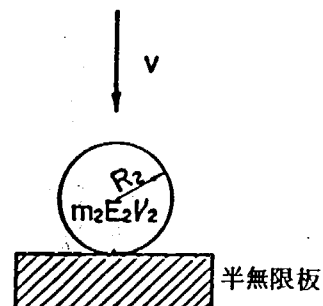
ν ：ポアソン比

m：質量 kgf/m³/sec²

R：半径 m

v ：球速 m/sec

サフィクス：1は緩衝体、2は球体を表わす。



計算は高さ $h=0.82$ m, $h=2.5$ m, $h=5.1$ m の3ヵ所から球体を自由落下させた時の落下地点に発生する応力を、砂、ゴム、木材モルタルについて求めた。

各緩衝材の弾性係数およびポアソン比は材料試験結果に基づき表-4.3の値を用いた。

表-4.3 弾性係数とポアソン比

	弾性係数 (kgf/m ²)	ポアソン比
モルタル	1.546×10^8	0.20
木材	6.676×10^7	0.10
砂	1.523×10^6	0
ゴム	1.943×10^6	0.47

鋼球の諸元は次の通りである。

半径 $R_2 = \frac{0.070}{2} = 0.035$ m

質量 $M_2 = 1.391/9.8 = 0.142$ (MSK)
(質量 1.391 kg は実測値)

弾性係数 $E_2 = 2 \times 10^{10}$ kgf/m²

ポアソン比 $\nu^2 = 0.28$

球速は自由落下運動と考え、 $v = \sqrt{2gH}$ で求めた。(4・2)

式による緩衝材の発生応力の計算結果は表-4.4 に示すとおりである。詳細は参考資料-5 に示してある。

表-4.4 緩衝材の発生応力 (理論値)

		落 高		
		衝突速度	0.82 m	2.50 m
緩衝材	式(kg)	4 m/s	7 m/s	10 m/s
モルタル	$P=513 \text{ } v^{1.2}$	2.07 t	4.05 t	6.22 t
木 材	$P=277 \text{ } v^{1.2}$	1.46 t	2.86 t	4.40 t
ゴ ム	$P=74.3 \text{ } v^{1.2}$	0.39 t	0.77 t	1.18 t
砂	$P=61.0 \text{ } v^{1.2}$	0.32 t	0.63 t	0.97 t

上記の計算結果を図-4.3 にプロットした。図-4.3 において計算値と実験値はほぼ近い値を示しており、計算式および定数の設定がほぼ適切であると判断される。しかし、どの緩衝材に対しても実験値の方が計算値を上まわっているが、これは衝撃荷重のように高速载荷の時は载荷速度効果により、材料が見かけ上硬くなる、すなわち弾性係数が大きくなるためと考えられる。コンクリートの弾性係数の増加率は本実験の範囲 $1 \sim 5 \times 10^4 \mu/\text{sec}$ で 20% 程度と報告されている。¹⁹⁾ モルタルの実験結果は、その値を用いるとよく表される。木材、ゴムの弾性係数についても载荷速度効果の影響があるものと思われるが、その増加率に関するデータがないので、確かめることができない。そこで、計算値を実験値に合わせるようにして E_1 を逆算すると木材で $9.346 \times 10^7 \text{ kg/m}^2$ (40% 増)、ゴムで $6.82 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$ (250% 増) となる。ゴムの増加率はかなり大きい値を示しており他の因子が影響していることも考えられるが、今のところ明らかとなっていない。図-4.4 に衝撃応答モデルを示した。

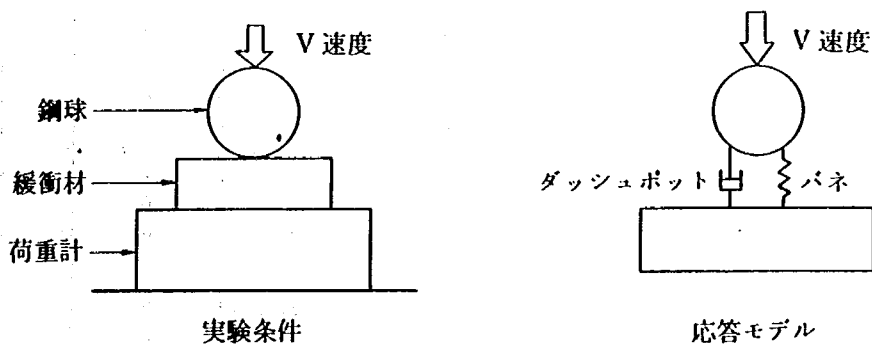


図-4.4 緩衝材の衝撃応答

4.5 緩衝材の必要厚^{*1}に関する考察

構造物に対する衝撃力を緩和するための緩衝材厚とその効果の関係は、図-4.5に示すように、「緩衝材厚が厚くなるほど発生応力を小さくする効果があるが、ある厚さ以上になっても効果は増大しない。」ことが既往の研究から想像される。²⁾

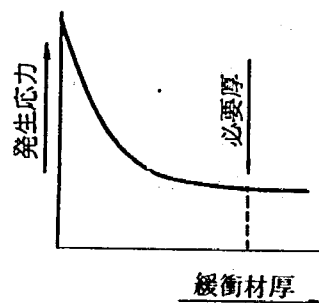


図-4.5 緩衝材厚－発生荷重

実験結果より各緩衝材厚と発生応力関係をプロットすると図-4.6に示すようになる。図-4.6は鋼球の衝突速度をパラメーターとして示しているが、発生応力は鋼球の衝突速度および緩衝材厚により大きく変化している。図-4.6において木材とモルタルは本実験において、緩衝材が厚いほど緩衝効果が小さくなるという、図-4.5と逆の傾向がみられたので、多くの補足実験を行なった。^{*2}その結果実験値のバラツキは多いものの上記の傾向は変わらない。図中では補足実験を含めて平均値を求め——で示したが、詳細に傾向をみると下記のとおりである。

- ① 木材の緩衝効果は厚さ $d=1, 2\text{ cm}$ は同じで、 $d=3\text{ cm}$ では効果が低下する。
- ② モルタルの緩衝効果は $d=1\text{ cm}$ と $d=3\text{ cm}$ では同程度であり、 $d=2\text{ cm}$ の場合はこれらより効果が大きい。

上記のように、木材とモルタルは緩衝材の効果が逆の傾向を示すが、これは、実験における観察の結果、緩衝材の破壊エネルギーと関係があると想像される。実験における緩衝材の破損状況は下記のとおりであった。

表-4.5 緩衝材実験における緩衝材の破壊状況

実 験 条 件			実 験 個 数	緩 衝 材 の 状 況		
材 料	厚 さ(cm)	球 速(m/s)		破 壊	クラック	めりこみだけ
木 材	1.0	4	3	0	0	3
		7	3	3	0	0
		10	3	3	0	0
	2.0	4	4	0	0	4
		7	3	0	3	0
		10	3	3	0	0
	3.0	4	4	0	0	4
		7	3	0	0	3
		10	4	1	0	3
モルタル	1.0	4	3	3	0	0
		7	3	3	0	0
		10	3	3	0	0
	2.0	4	3	2	1	0
		7	3	3	0	0
		10	3	3	0	0
	3.0	4	4	2	0	2
		7	3	2	0	1
		10	3	3	0	0

※.1 必要厚とは、あらゆる衝突条件に対しても安定した緩衝効果が得られるようになる厚さの意味である。

※.2 補足実験のデータは、資料-6に示している。

表-4.5から木材の $d=1\text{ cm}$, 2 cm では $V=4\text{ m/s}$ のケースを除いて緩衝材（木材）は破壊あるいはクラックが発生しており、この時に大量のエネルギーが吸収される。したがって緩衝効果が大きくなって発生応力は小さくなるものと想像される。モルタルの場合 $d=1\text{ cm}$, 2 cm ではすべてモルタルは破壊し、 $d=3\text{ cm}$ の場合も $V=4, 7\text{ m/s}$ の一部を除いて破壊しており、木材と同様に破壊エネルギーとして鋼球のエネルギーが吸収されていると想像される。

土石流がくり返し発生することを考えると、緩衝材は少なくとも一度の衝撃で破壊するのは好ましくないで、この実験条件では木材は $d=3\text{ cm}$ 以上の厚さが必要となる。

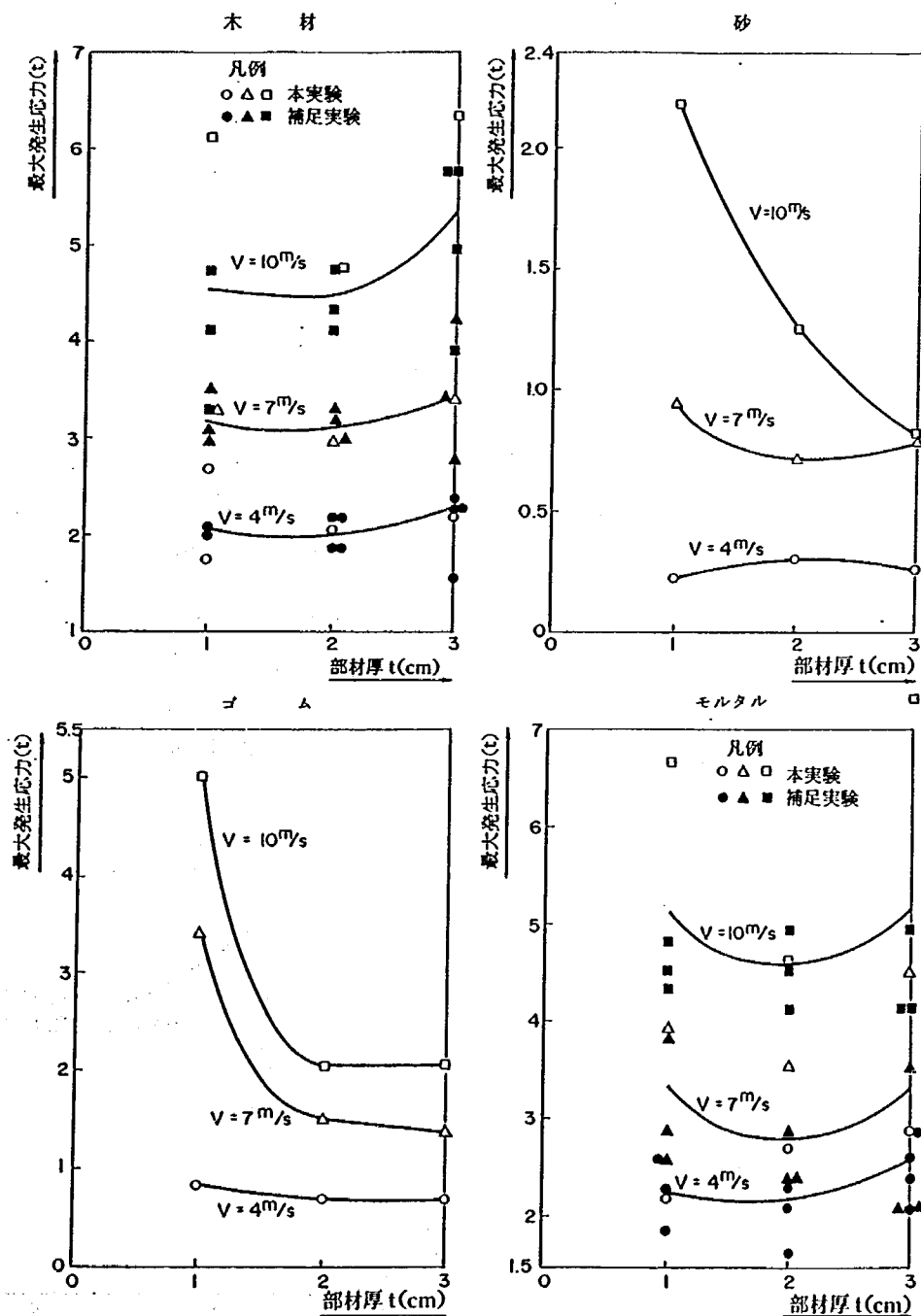


図-4.6 緩衝材厚と最大発生応力の関係

図-4.7は同一速度のモルタルの発生応力に対する緩衝材の発生応力の比(α)を示したものである。ここでモルタルに対する発生応力はモルタル版の厚さによって相異があるが、実験個々のバラツキと考えられるので平均値を用いた。

図-4.7ではゴムの場合緩衝材の必要厚が明確に表われている。砂の場合、 $v=4, 7 \text{ m/sec}$ では明確でないが、 $v=10 \text{ m/sec}$ では $t=3 \text{ cm}$ (あるいはそれ以上)が必要な厚さと判断される。木材の場合は緩衝材の効果そのものが小さく、緩衝材としての必要厚は明確に現われていない。しかし、前述のように1回の衝撃荷重で破壊しないためには 3 cm が必要である。

以上のように、模型実験の条件における緩衝材の必要厚は下記のようにになる。

木材	本実験における必要緩衝材厚	3 cm
ゴム	〃	2 cm
砂	〃	3 cm

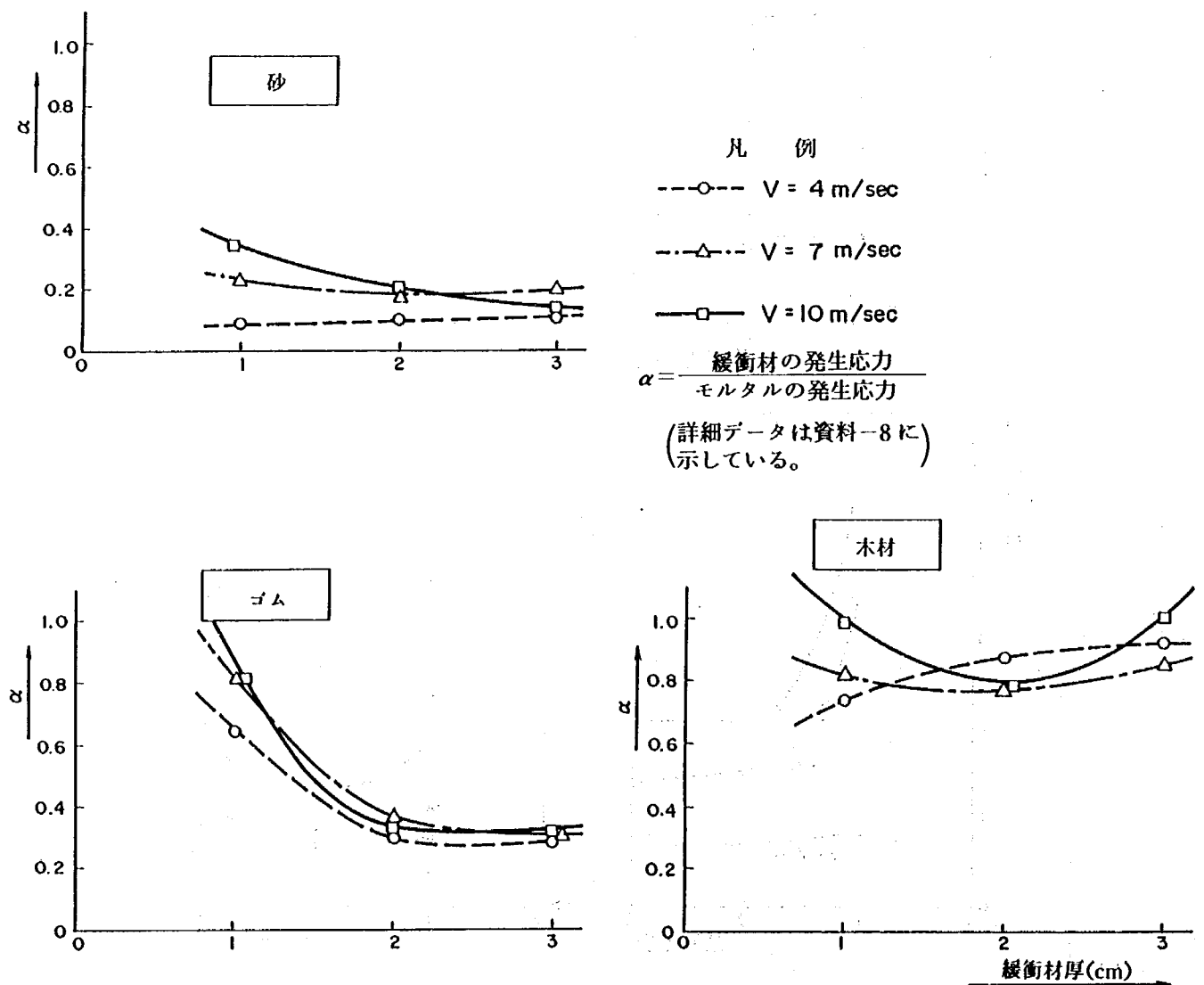


図-4.7 緩衝材厚と緩衝材の効果の関係

5.1 試験体

モルタル表面のひずみの測定はポリエステル・ストレンゲージ (PL-30) を貼りつけて行った。ストレンゲージの特性を表-5.2 に示す。



$\frac{\omega}{c}$	単位配合重量 (kg/m³)		
	水	セメント	砂
55%	254	461	1310

ゲージ名称	製 造 元	寸 法 (mm)			抵 抗 値
		ゲージ長	ゲージ幅	ゲージベース	
PL-30	東京測器 研 究 所	30	2	43×8	120 Ω

載荷装置は、図-5.2に示すように、鋼管パイプで足場を組み中央に2本の塩ビ管 ($\phi 48 \text{ mm}$) を

3 cm のすきまをあけて並べて鋼球のガイドとした。ガイドの塩ビ管の直前方に供試体を設置し、ガイド上を $\phi 70$ mm の鋼球を転がし、供試体に鋼球を衝突させて衝撃力を発生させる。

供試体の固定方法は、図-5.3 に示すように鉄筋コンクリート構造の締め付け台（L字型）の上に逆T型の供試体を乗せて横方向に締め付け台をスライドして供試体を固定し締め付け棒2本で固定台と供試体を一体化した。

固定台をコンクリート床板に固定する方法は、鉄板（1200×900×9）の四角をホールインアンカーによって固定した。鉄板と固定台の固定は、鉄板にアングル（L-50×50）を溶接し、このアングルト固定台をボルトで締めつける方法をとった。

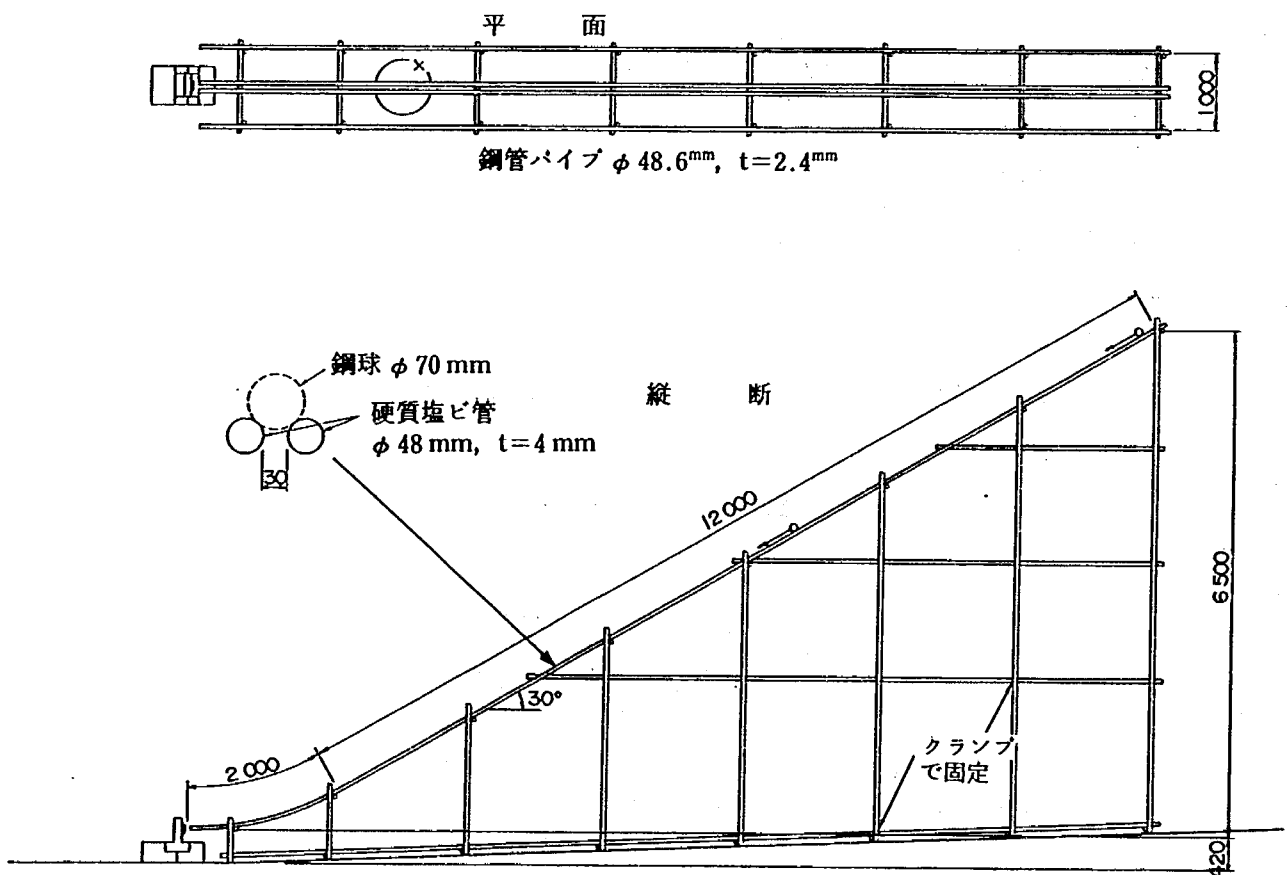


図-5.2 実験装置

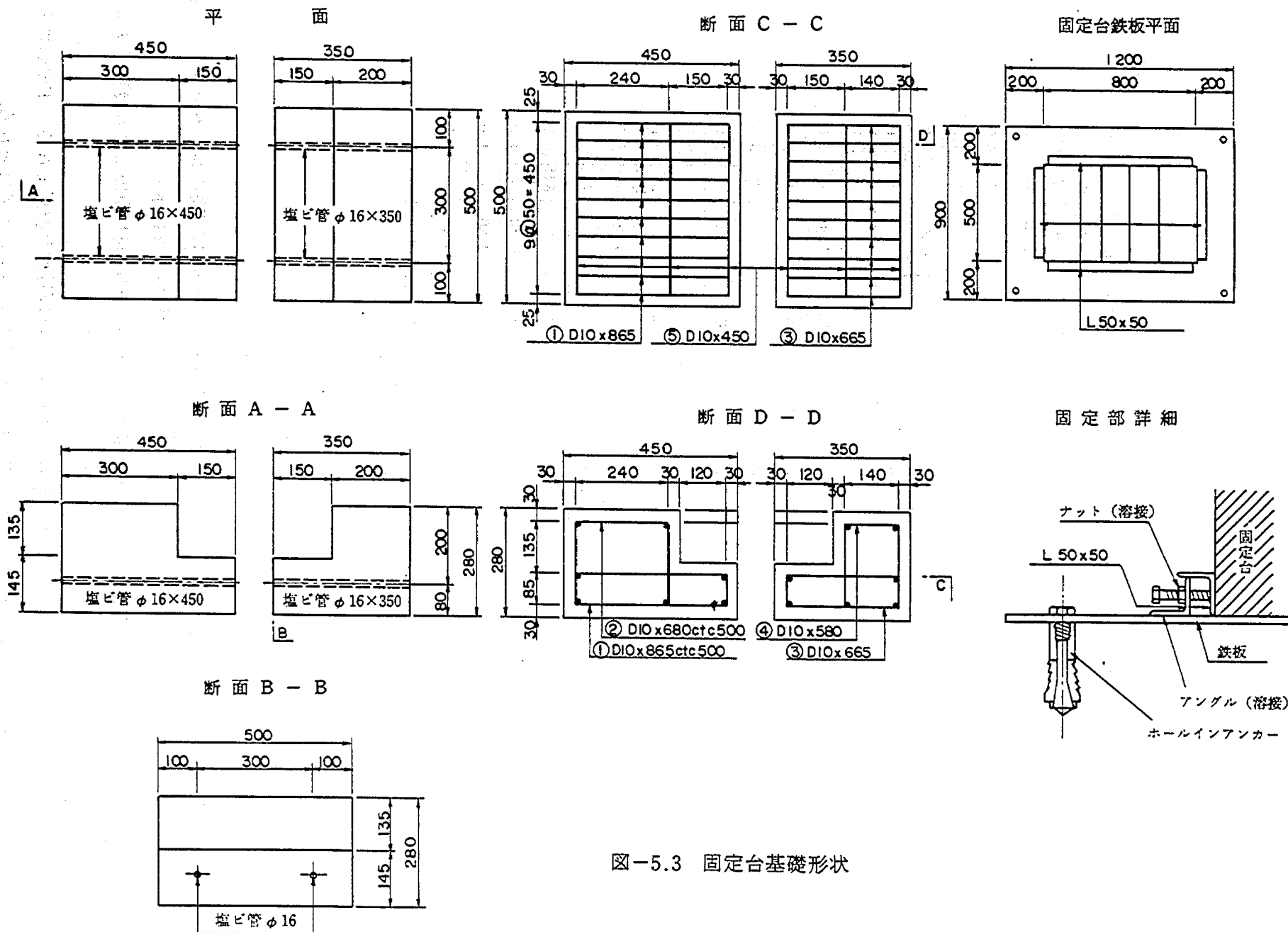


図-5.3 固定台基礎形状

5.3 実験ケース

モルタル供試体に対する衝撃力実験は表-5.3に示す36ケースについて行った。

表-5.3 実験ケース

ケース No.	衝突速度 v (m/s)	落 高 Δh (m)	緩 衝 材	厚 さ (cm)	ケース No.	衝突速度 v (m/s)	落 高 * h (m)	緩 衝 材	厚 さ (cm)
1	4.0	0.82	なし		19	10.0	5.10	砂	1.0
2	7.0	2.50	"		20	"	"	"	2.0
3	10.0	5.10	"		21	"	"	"	3.0
4	4.0	0.82	木材	1.0	22	4.0	0.82	ゴム	1.0
5	"	"	"	2.0	23	"	"	"	2.0
6	"	"	"	3.0	24	"	"	"	3.0
7	7.0	2.50	"	1.0	25	7.0	2.50	"	1.0
8	"	"	"	2.0	26	"	"	"	2.0
9	"	"	"	3.0	27	"	"	"	3.0
10	10.0	5.10	"	1.0	28	10.0	5.10	"	1.0
11	"	"	"	2.0	29	"	"	"	2.0
12	"	"	"	3.0	30	"	"	"	3.0
13	4.0	0.82	砂	1.0	31	11.1	6.26	"	3.0
14	"	"	"	2.0	32	"	"	砂	3.0
15	"	"	"	3.0	33	"	"	木材	3.0
16	7.0	2.50	"	1.0	34	4.0	0.82	"	1.0
17	"	"	"	2.0	35	7.0	2.50	"	1.0
18	"	"	"	3.0	36	10.0	5.10	"	1.0

注) ここで示す衝突速度の同様値であり、実験ではこの目標値に対し $\Delta h=v^2/2g$ の式で落高を求めて、この落高より鋼球を落下させた。

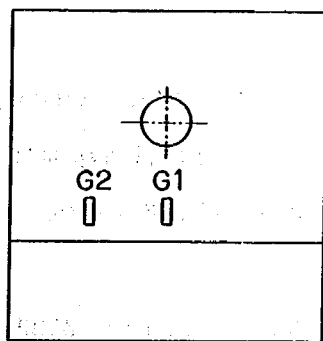
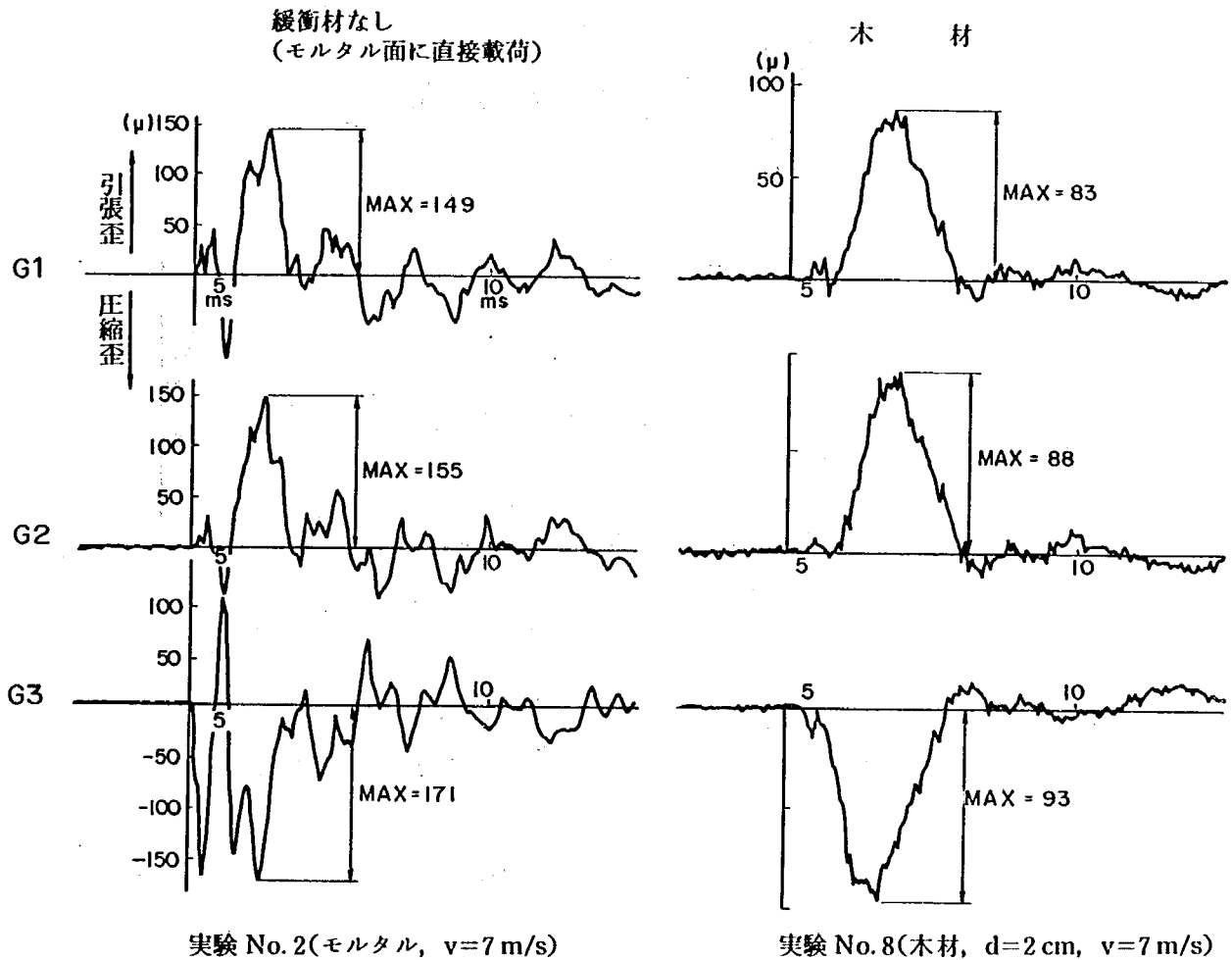
5.4 実験結果

(1) 時間-ひずみ ($t-\epsilon$) 曲線

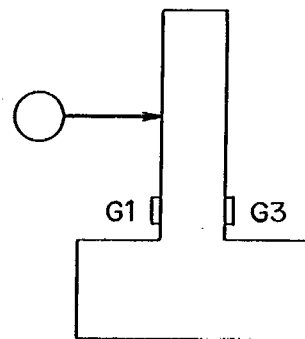
図-5.4に $t-\epsilon$ カーブの一例を示したが、この図に代表されるように本実験におけるモルタル表面の $t-\epsilon$ カーブは下記の特性を示す。なお全ケースの $t-\epsilon$ カーブは資料-9に示した。

- ① 打撃面の歪G1, G2は引張歪となり、打撃面から片持梁方向に同じ距離であれば同じ大きさを示し、波形はほぼ同一形となる。
- ② 打撃面の裏の歪G3は圧縮歪となり、表裏をなすG1とはほぼ対称な波形となる。①の特性と合せて考えるとモルタル壁は片持梁として全巾一様に変形しているものと考えられる。

- ③ 鋼球衝突の第1波がきわめて大きいピーク値を示し第2波以降は急激に減衰する。これは耐衝設計においては、第1波だけを考慮すればよいと判断される。
- ④ 打撃面に木材、ゴム、砂等の緩衝材を設置しても上記の特徴はみられる。



試験体正面



試験体側面

図-5.4 $t-\epsilon$ カーブの一例

図-5.5には各緩衝材を用いた場合のG1の t - ϵ カーブを示したが、緩衝材のちがいにより下記のように t - ϵ カーブの変化がみられる。

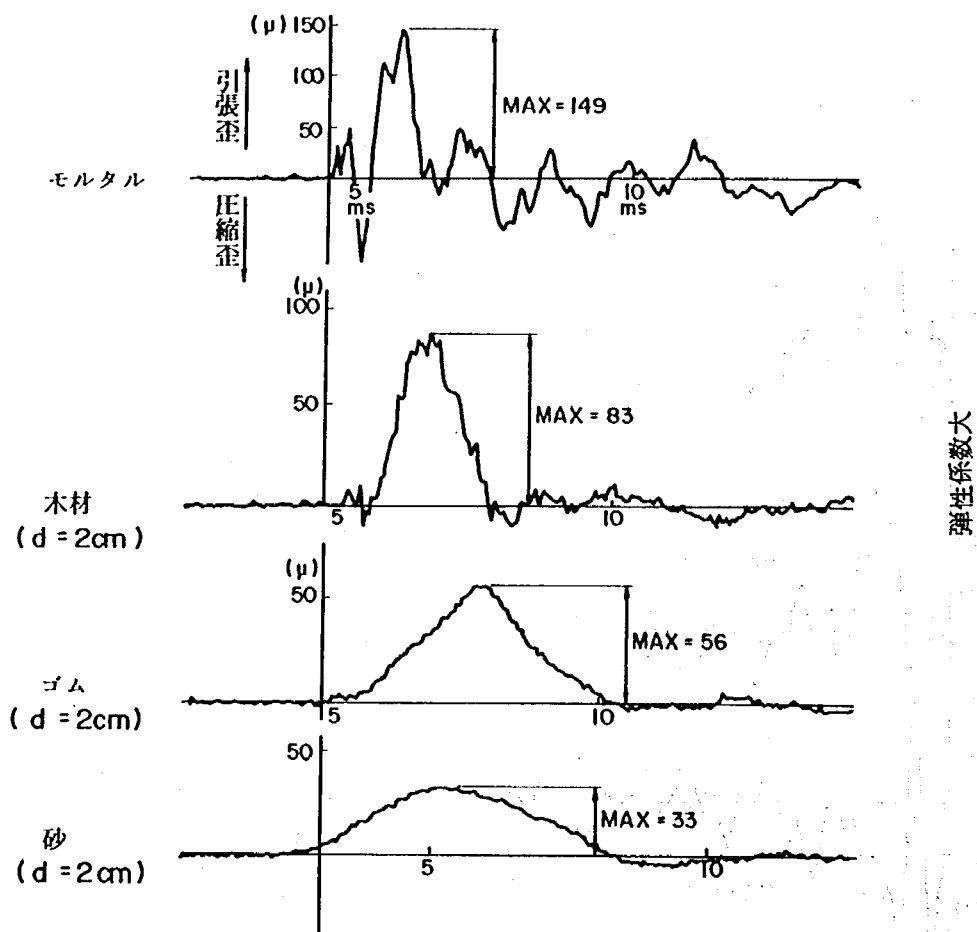


図-5.5 緩衝材による時間-歪カーブの相異
($v=7$ m/s, G1)

- ① t - ϵ カーブの立上りからピークに達し0にもどるまでの時間 (T_p) は弾性係数の小さいほど長くなる。 T_p は鋼球の衝突速度による相異は少ない。表-5.4には各緩衝材の効果が十分にみられる $d=3$ cmの各材料の T_p 平均値 (G1~G4, $V=3.3, 5.7, 8.1$ m/s) を示した。

表-5.4 t - ϵ カーブの立上りからピークに達し0にもどるまでの時間 (T_p)

緩衝材	緩衝材なし (モルタル)	木 材	ゴ ム	砂
T_p	2.1 ms	3.0 ms	6.2 ms	7.6 ms

(緩衝材厚 $d=3$ cm のケース)

- ② ピーク歪は緩衝材の弾性係数が小さくなるまで小さくなる。
- ③ $t-\epsilon$ カーブの第2波以降の波は緩衝材の弾性係数が小さい木材、ゴム、砂ではほとんどみられなくなる。

この現象は衝撃波の継続時間 t_0 が、片持梁の固有周期 T に対して $t_0/T > 1.0$ の場合に表われる過渡振動の特徴である。本実験の衝撃波と同様の波形であるパーサイン波が作用した時の過渡振動の例を図-5.6に示した。⁴⁾本実験では片持梁の固有周期 $T = 2.77$ msec, 衝撃波の継続時間は

モルタル	$t_0 = 2.4$ msec	木材	$t_0 = 3.0$ msec
ゴム	$t_0 = 8.4$ "	砂	$t_0 = 15$ "

となり (6.6 (3) を参照), 木材, 砂, ゴムは図-5.6 の (3), (2), (5/2) に区分され当然このような第2波以降の波形は第1波とは異なった小さいものとなる。

6.4 節で実施した質点モデル計算でも図-5.7 に示すように, この現象が再現されている。

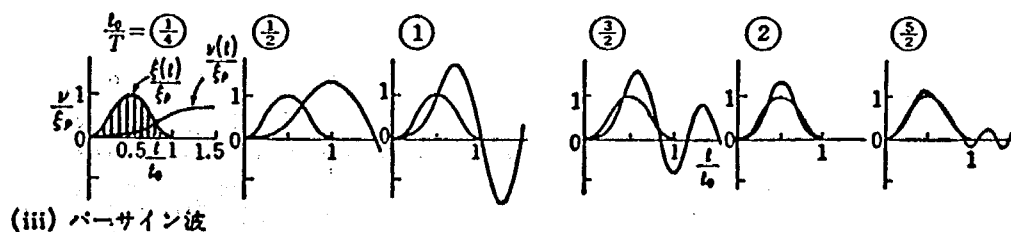


図-5.6 過渡振動

- ①②③は木材, 砂, ゴムに衝撃力と緩和する効果 (緩衝効果) があることを示しているが, その効果は弾性係数が小さいほど大きいことを示している。
- ④ モルタルの場合は $t-\epsilon$ カーブに高い振動数の波が低い振動数の波に重複するように現われているが, ゴム, 砂の場合はこれが消えており, 木材の場合は現われるケースと現われないケースがある。

高い振動数の波は図-5.8 に示すように⁴⁾減衰の小さい構造系に構造系の固有周期 T に対して作用時間 t_0 が $t_0/T > 1$ のときに発生する過渡振動の特徴である。本実験では鋼球の衝突面に発生する衝撃力が外力となる。物理定数から求めると $t_0/T = 0.87$ (6.6 (3) 参照) となるが, 実際の実験ではこの値が若干大きくて, この影響が現われているものと推測される。

6.6 節で示すように, 緩衝材を用いた場合には減衰比 $h(=s) > 0.9$ となるのでこの波が現われないものと推測される。

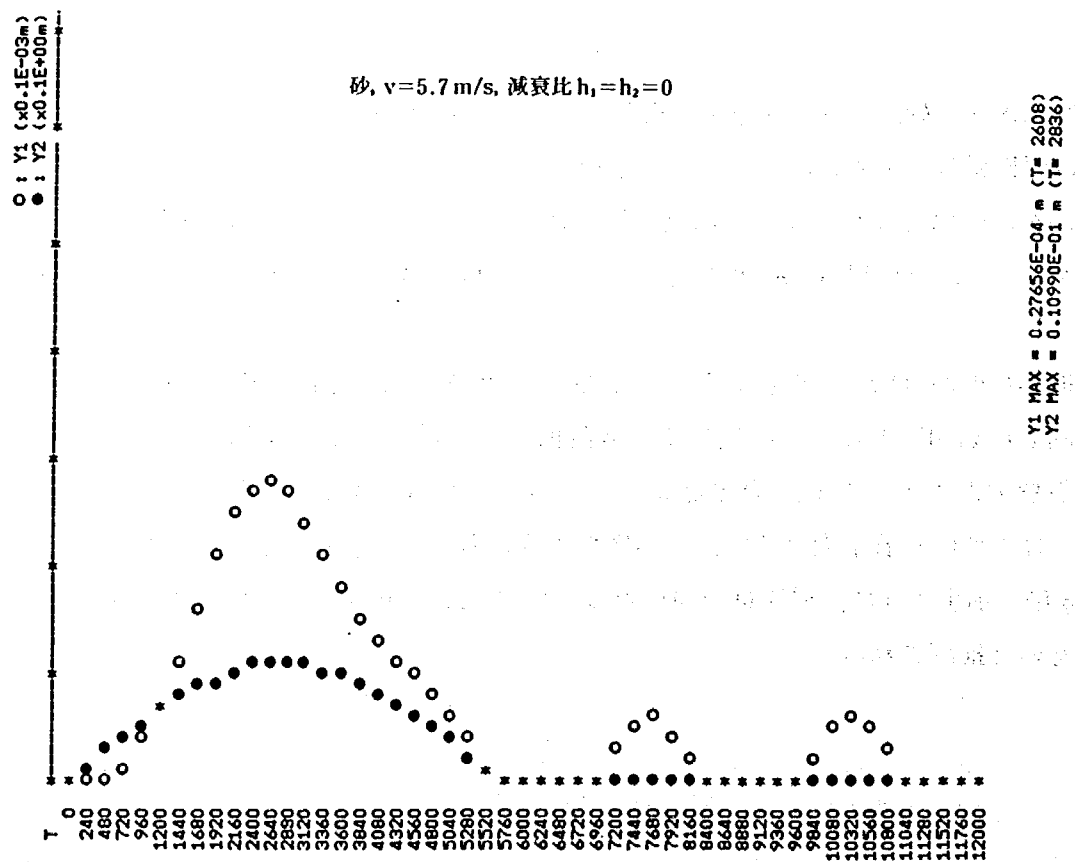
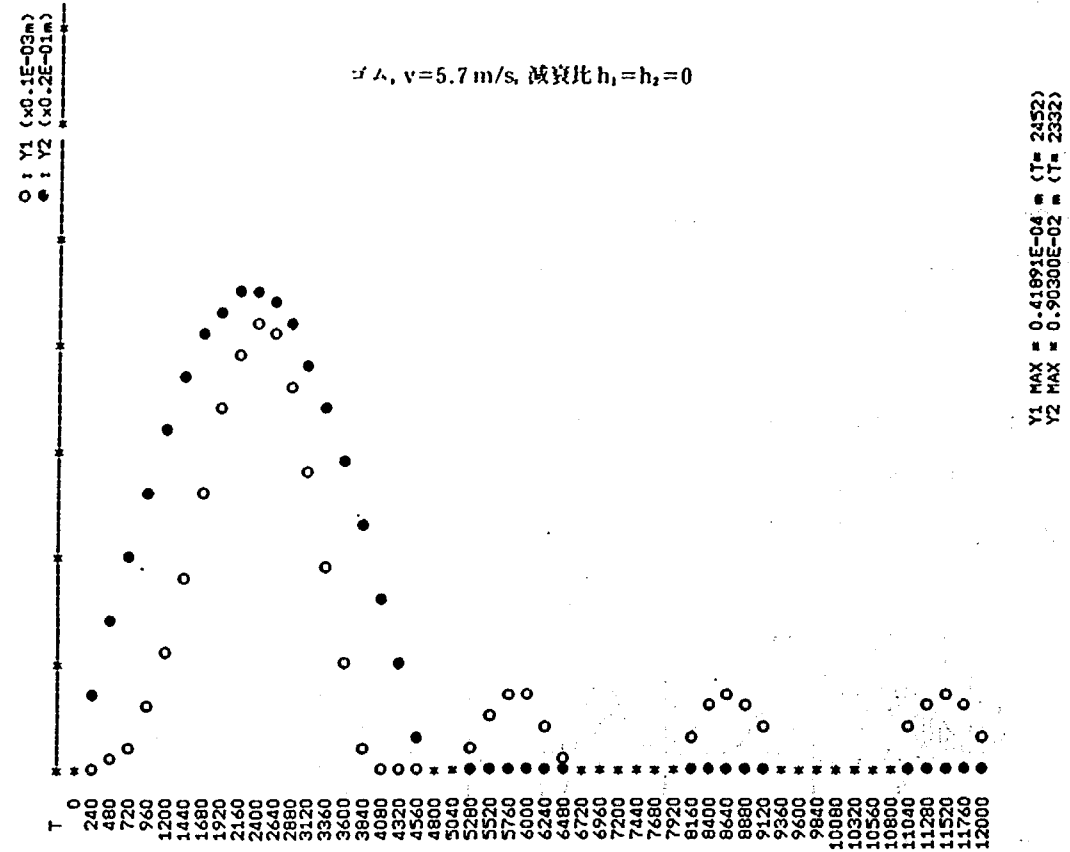


図-5.7 質点モデル計算結果にみられる第2波以降の変化

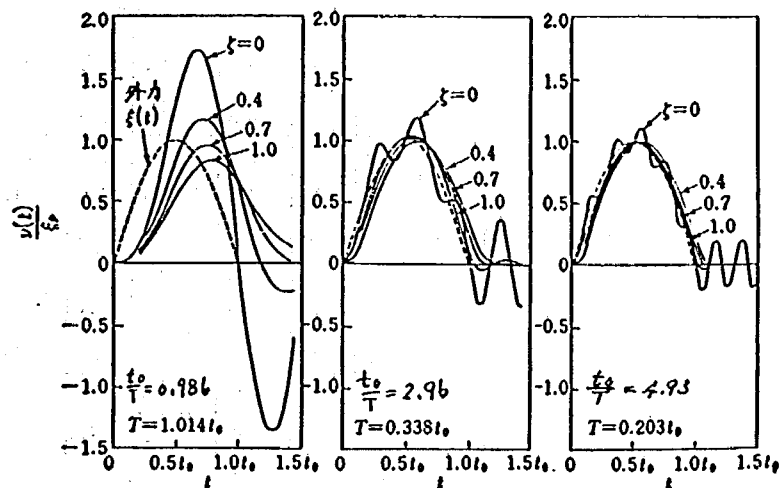


図-5.8 過渡振動における特徴

(2) 最大ひずみ ($\epsilon_{\max}$)

名実験ケースの $G_1 \sim G_5$ の最大ひずみを表-5.5, 5.6 に示してある。

表-5.5, 5.6 の鋼球の衝突速度は高速ビデオカメラの映像から求めたものである。球速の測定結果には個々のケースで測定値のバラツキ（同一落高に対する球速の差）はみられたが、高速ビデオカメラによる測定方法の精度が高くないので、同一落高に対する球速は一定とし、測定値の平均的な値を用いた。巻末資料-10 参照。

表-5.6 のケース No.31~33 は実験装置の最大可能な速度について実験を実施したもので、No. 34~36 は No.4, No.7, No.10 ($t=1$ cm) の木板が板目板となっていたので、まさ目板 ($t=2.3$ cm と同一条件) として実験を追加したものである。この板目板とまさ目板を比較すると大巾に緩衝効果が異なるので、以降の解析では $t=2, 3$ cm の板（まさ板）と条件を統一する意味でケース No.4, No.7, No.10 のかわりに No.34, 35, 36 を用いることとする。

しかし、木材を緩衝材として取扱う場合には、その材質および板の条件（板目，まさ目）によっても、その効果が大きくことなることを考慮する必要がある。

表-5.5 最大ひずみ (その1)

ケース No.	鋼球の 衝突速度 $v(\text{m/s})$	緩衝材		最大ひずみ $\text{Emex}(\mu)$					
		種類	厚さ (cm)	G_1	G_2	G_3	G_4	平均	G_s
1	3.3	なし		96	96	-115	-91	100	
2	5.7	"		149	155	-171	-155	158	-138
3	8.1	"		165	176	-283	(+277)	208	-44
4	3.3	木材	1.0	61	56	-61	-53	58	-43
5	"	"	2.0	53	53	-53	-59	55	-33
6	"	"	3.0	80	80	-80	-95	84	-64
7	5.7	"	1.0	88	83	-81	-90	86	-44
8	"	"	2.0	83	88	-93	-80	86	97
9	"	"	3.0	77	75	-80	-75	77	-82
10	8.1	"	1.0	80	85	-80	-75	80	-54
11	"	"	2.0	160	157	-155	-155	157	-107
12	"	"	3.0	123	128	-128	-128	127	-129
13	3.3	砂	1.0	27	27	-31	-28	28	0
14	"	"	2.0	12	12	-13	-12	12	0
15	"	"	3.0	11	11	-11	-9	11	0
16	5.7	"	1.0	71	71	-69	-71	71	-55
17	"	"	2.0	33	33	-36	-32	34	-13
18	"	"	3.0	29	27	-29	-27	28	-13
19	8.1	"	1.0	123	123	-123	-123	123	-86
20	"	"	2.0	43	37	-49	-36	41	-21
21	"	"	3.0	40	37	-41	-37	39	-45

表-5.6 最大ひずみ (その2)

ケース No.	鋼球の 衝突速度 $v(\text{m/s})$	緩衝材		最大ひずみ $\text{Emex}(\mu)$					
		種類	厚さ (cm)	G_1	G_2	G_3	G_4	平均	G_s
22	3.3	ゴム	1.0	37	37	-41	-36	38	-45
23	"	"	2.0	27	24	-31	-24	27	-45
24	"	"	3.0	24	19	-25	-21	22	-20
25	5.7	"	1.0	53	48	-59	-43	51	-80
26	"	"	2.0	56	53	-61	-56	57	-124
27	"	"	3.0	47	45	-56	-51	50	-32
28	8.1	"	1.0	141	139	-163	-141	146	-180
29	"	"	2.0	99	96	-112	-104	103	-105
30	"	"	3.0	48	38	-56	-44	47	-30
31	9	"	3.0	85	91	-80	-70	82	-66
32	"	砂	3.0	49	40	-48	-40	44	-43
33	"	木材	3.0	179	160	-168	-148	164	-289
34	3.3	"	1.0	54	48	-51	-46	50	-63
35	5.7	"	"	118	102	-118	-102	110	-139
36	8.1	"	"	163	219	-235	-188	201	-253

(3) 測定結果に基づく緩衝材の効果に関する考察

モルタル壁の前面に緩衝材を設置した時の衝撃荷重に対する緩衝効果を見るために、横軸に緩衝材の弾性係数、縦軸にモルタル壁に発生するひずみ ($G_1 \sim G_4$ の平均値) をプロットすると図-5.9, 5.10 に示すとおりである。

図-5.9, 5.10 から緩衝材単独の衝撃応等に関して見られた (4.4 節参照) ような下記の特性がみられる。

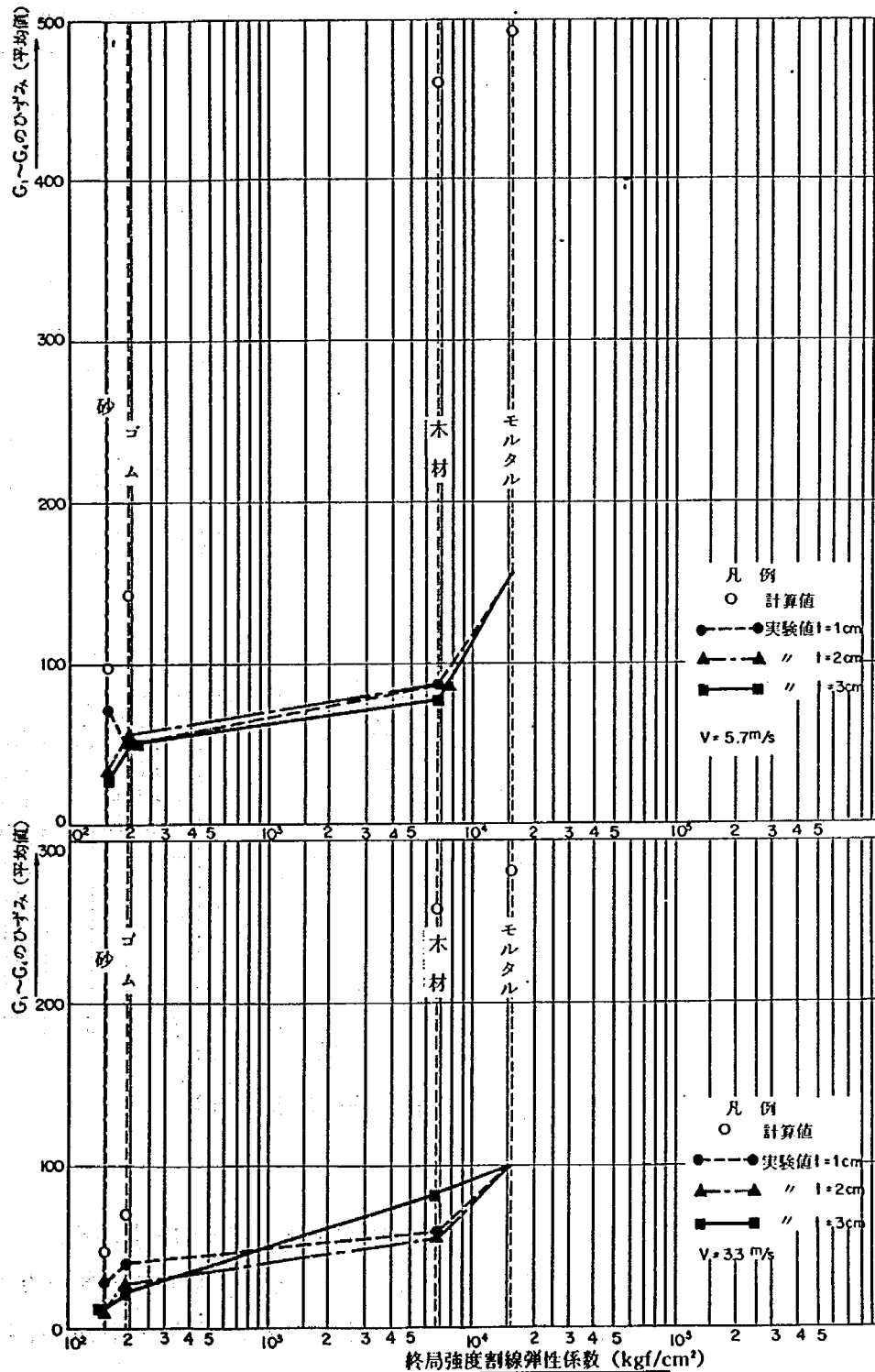


図-5.9 緩衝材の弾性係数と効果(1)

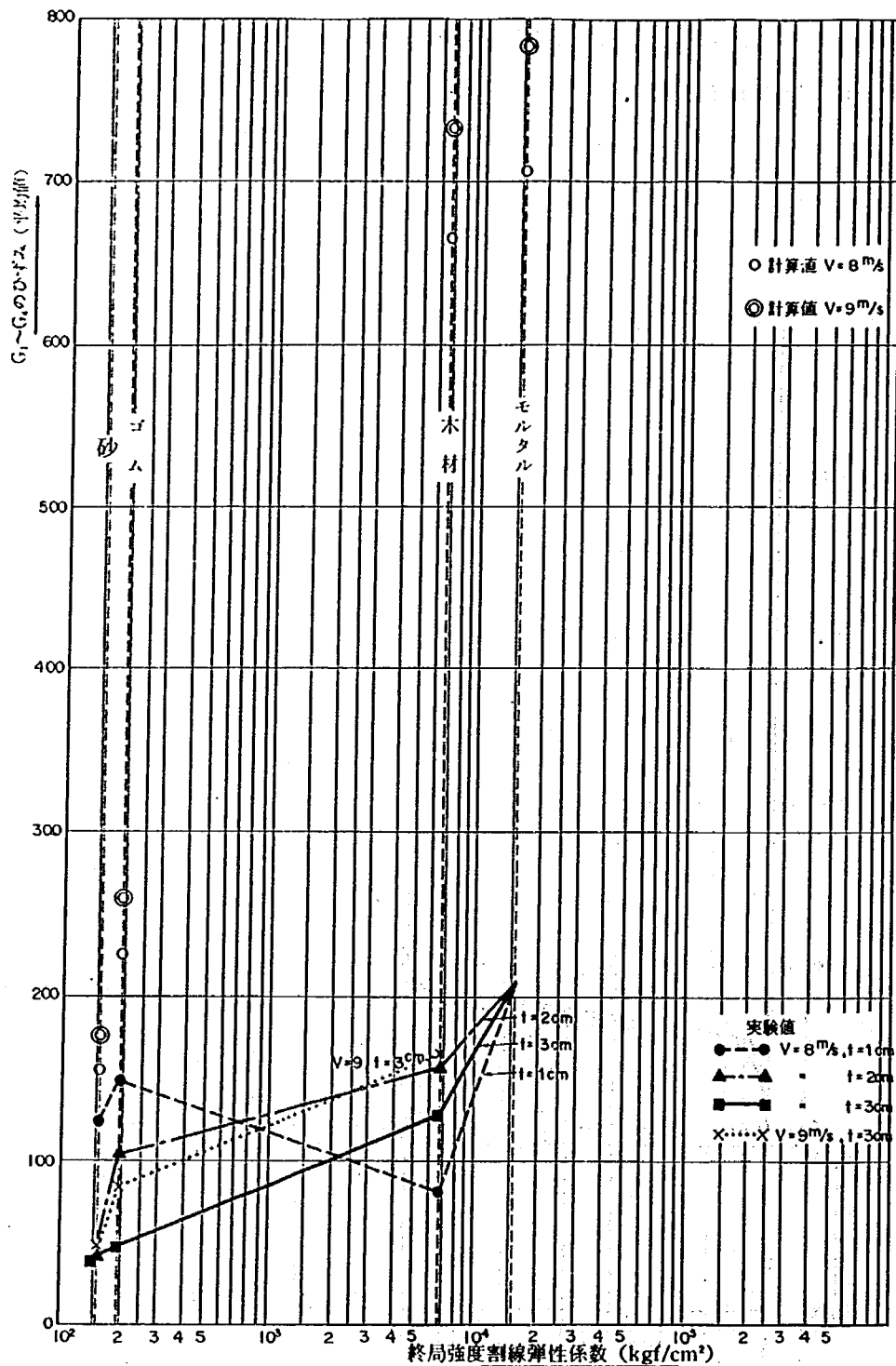


図-5.10 緩衝材の弾性係数と効果

- ① 緩衝材の弾性係数が小さいほど発生応力の最大値を小さくする効果がある。
- ② 緩衝材の効果はその厚さによって異なる。砂，ゴムの場合は厚みの大きい方が効果が大きい
が，木材の $V=3.3 \text{ m/s}$ の場合，逆転している。これは木材に低速の鋼球が衝突した場合， $t=$
 $1\sim 3 \text{ cm}$ で効果が大差ないことと，実験上のバラツキと考えられる。
- ③ 緩衝材の効果は緩衝材を設置した場合としない場合の最大ひずみ ($G1\sim G4$ の平均) の比で

表わすと下記のとおりである。木材の効果が約20%と大きいのを除くと4.4節に示した緩衝材単独の場合の効果はほぼ同じである。詳細は券末資料-12に示している。

砂 11~59% (11~19%)

ゴム 22~70% (23~50%)

木材 49~97%

() 内は4.5節の検討結果に従って安定した緩衝効果が得られない厚さと判断されるゴムの $t \leq 1$ cm, 砂の $t \leq 2$ cm のデータを除外した場合である。

次に緩衝材の適切な厚さを求める目的で、緩衝材厚と最大発生ひずみの関係をプロットして図-5.11に示した。4.5節の緩衝材単独の衝撃応答と同様に緩衝材の厚さが厚くなると最大発生ひずみが小

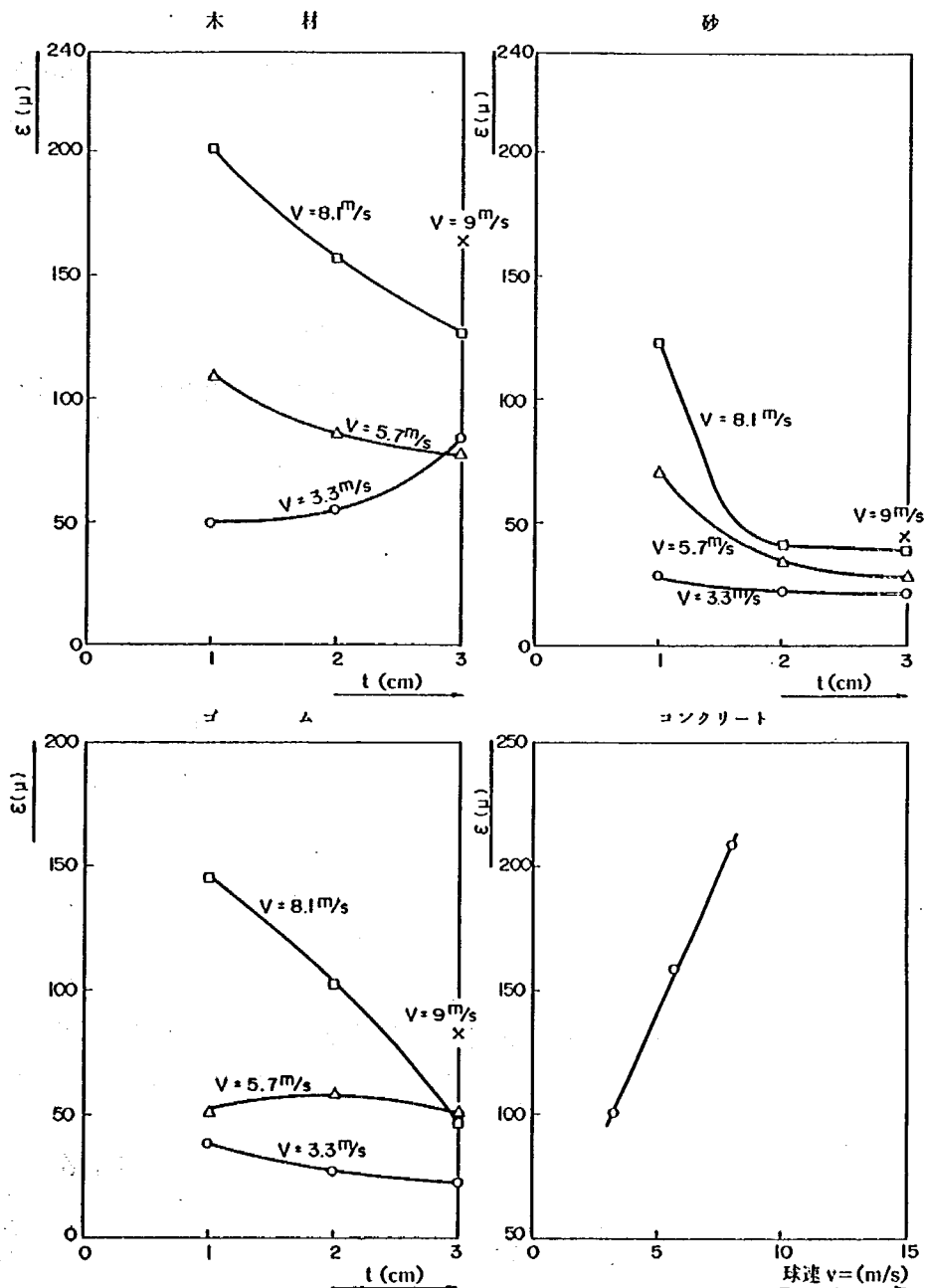


図-5.11 緩衝材厚と最大発生ひずみ ($G_1 \sim G_4$ の平均値)

さくなる、すなわち緩衝効果が大きくなる現象がみられる。しかし、緩衝材単独の場合に比較して下記の点がことになっている。

- ① 木材の場合も緩衝材厚が大きくなると効果が大きくなる。
- ② 緩衝効果の増加がほとんどみられなくなる限界厚が、砂で2 cm, ゴムで3 cm となり、緩衝材単独と反対である。

6. 緩衝材の効果の検討

モルタル（又はコンクリート）壁に対する鋼球の衝突現象は、2 質点系動的応答モデルによる数値計算と実験修正係数を用いて再現できるとされてきた。⁵⁾ここでは緩衝材を用いた場合の衝突現象を上記の方法で検討する。

さらに、これまでの2 質点系動的応答モデルでは慣性力とバネ力だけを考慮して、実験値との差を実験修正係数として取扱って来た。しかし、6.6 項では上記2 つの力の外に減衰力の考えを取り入れて実験値を再現できるような減衰定数を求めた。

6.1 衝撃応力の発生機構と緩衝材

衝撃荷重に対する緩衝材の効果を説明するために、構造系を単純にして考える。すなわち、片持梁の変形が全くないものとする、鋼球がモルタル壁に衝突した時の最大発生応力は(6・1) 式で表わされる。¹⁾

$$\begin{aligned}
 P &= n \alpha^{\frac{3}{2}} \\
 n &= \sqrt{\frac{16 R_2}{9 \pi^2 (K_1 + K_2)^2}} \\
 K_1 &= \frac{1 - \nu_1^2}{\pi E_1'} \quad K_2 = \frac{1 - \nu_2^2}{\pi E_2} \\
 \alpha &= \left(\frac{5 v^2}{4 n_1 n} \right)^{\frac{2}{5}} \\
 n_1 &= \frac{1}{m_2}
 \end{aligned} \tag{6・1}$$

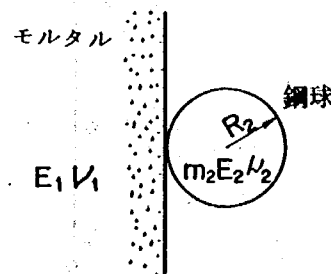
E_1' : 衝突面のモルタルの弾性係数, E_2 : 鋼球の弾性係数

ν : ポアソン比

m : 質量 kgf/m/sec²

R : 半径 m

サフィクス : 1 はコンクリート体, 2 は球体



(6.1)式において、発生応力 P は E , R , ν , v , m の関数として表わされる。

$$P = F(E_1, \nu_1, E_2, R_2, \nu_2, v, m_2) \tag{6・2}$$

(6.2)式において球に関する条件 E_2 , R_2 , ν_2 , ν_1 , m_2 は自然条件として与えられるものであるが、コンクリート掘削体 E_1 , ν_1 は変えることが可能である。 E_1 , ν_1 と P の関係は (6・1)式から

$$\left. \begin{array}{ll} E_1 \rightarrow \text{小となれば} & P \rightarrow \text{小} \\ \nu_1 \rightarrow \text{小となれば} & P \rightarrow \text{小} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (6 \cdot 3)$$

となる。したがって、(6・3) の関係から、 E_1 , ν_1 の小さい緩衝材を用いた場合、最大発生応力が小さくなるということが計算式において求めることができる。

6.2 計算モデル

モルタル壁前面に緩衝材を設置した場合の動的応答計算における衝撃応答解析モデルは図-6.1に示すような2質点系とし、運動の基本式は (6・5)～(6・13) に示すとおりである。

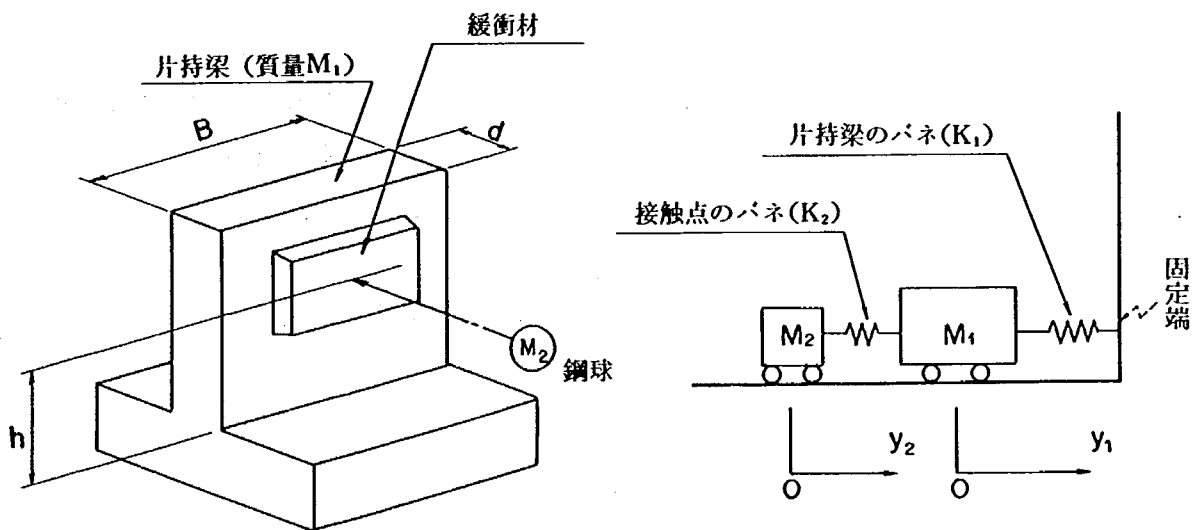


図-6.1 質点モデル

モルタル (又はコンクリート) 壁の衝撃応答計算と異なる点は、 E_1 および ν_1 が緩衝材の物理定数となる点だけである。

質点モデルの計算式は (6・5)～(6・13) のとおりとなる。

$$\ddot{y}_2 = -\frac{k_2}{M_2} (y_2 - y_1) \dots\dots\dots (6 \cdot 5)$$

$$\ddot{y}_1 = \frac{k_2}{M_1} (y_2 - y_1) - \frac{k_1}{M_1} y_1 \dots\dots (y_2 - y_1 > 0 \text{ の時}) \dots\dots\dots (6 \cdot 6)$$

$$\ddot{y}_1 = -\frac{k_1}{M_1} y_1 \dots\dots\dots (y_2 - y_1 \leq 0 \text{ の時}) \dots\dots\dots (6 \cdot 7)$$

$$\dot{Y}_s + 1 = \dot{Y}_s + \dot{Y}_s \Delta t \dots\dots\dots (6 \cdot 8)$$

$$Y_s + 1 = Y_s + \frac{\dot{Y}_s + \dot{Y}_s + 1}{2} \Delta t \dots\dots\dots (6 \cdot 9)$$

$$J_1 = \frac{1-\nu_1^2}{\pi E_1'} , \quad J_2 = \frac{1-\nu_2^2}{\pi E_2}$$

$$k_1 = \left(\frac{h^3}{3 E_1 I} + \frac{\alpha h}{GA} \right)^{-1}, \quad G = \frac{E_1}{2(1+\nu_1)} \quad \dots\dots\dots (6 \cdot 11)$$

$$M_2 = \frac{4}{3} \pi R_2^3 \frac{\sigma}{g} \quad \dots\dots\dots (6 \cdot 12)$$

$$M_1 = \beta M_1' \quad \dots\dots\dots (6 \cdot 13)$$

M_2 : 鋼球の質量 (kg/m/sec²)

M_1 : 梁の等価質量

M_1' : 梁の質量

α : 係数

$Y_m, \dot{Y}_m, \ddot{Y}_n$: 変位(m), 速度 (m/s), 加速度 (m/s²)

R_2 : 鋼球の半径

サフィックス $n=1$ は梁, $n=2$ は鋼球

R_2 : 鋼球の半径 (m)

E_1 : コンクリートのヤング率 (kg/m²)

E_1' : 緩衝材のヤング率 (kg/m²)

E_2 : 鋼のヤング率 (kg/m²)

ν_1 : 緩衝材のポアソン比

ν_2 : 鋼のポアソン比

G : せん断弾性係数 (kg/m²)

I : 梁の断面 2 次モーメント (m⁴)

$\alpha=1.2$ (形状係数)

σ : 鋼の単重 (kg/m³)

6.3 計算定数の決定

(1) モルタル

モルタルの物理定数は, 3.1 節の試験結果から

1/2 強度割線弾性係数

$$E_{\frac{1}{2}} = 1.50 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$$

終局強度割線弾性係数

$$E' = 1.546 \times 10^4 \text{ } //$$

ポアソン比

$$\nu = \frac{1}{5.0}$$

解析モデルのモルタルのヤング率 (E_1) として上記の $E_{\frac{1}{2}}$, 衝突面のモルタルのヤング率 (E_1') として上記の E' , モルタルのポアソン比 (ν_1) として上記の ν を用いるものとする。ただし, 弾性係数についてはひずみ速度による増加を 20% 程度見込み下記の値を用いた。

$$E_1 = 1.8 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2 = 1.8 \times 10^9 \text{ kgf/m}^2$$

$$E_1' = 1.546 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2 = 1.855 \times 10^8 \text{ kgf/m}^2$$

$$\nu_1 = 0.2$$

E_1, ν_1 は緩衝材を設置しない場合の衝撃面の定数として用いる。

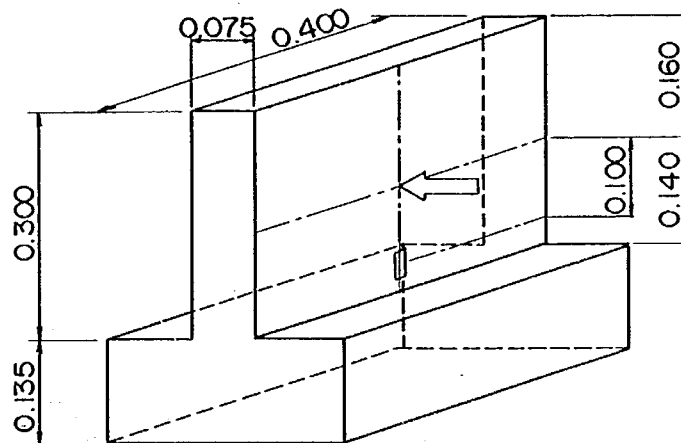
(2) 緩衝材

緩衝材の物理定数を 3.2 節の材料試験で求められた E_1', ν_1 を用いる。ただし, E_1' はモルタルと同様にひずみ速度効果による増加を 20% 見込むものとする。緩衝材の物理定数を表-6.1 に示す。

表-6.1 緩衝材の物理定数

緩衝材	ポアソン比 ν	変形係数 E_i (kgf/m ²)
木 材	0.10	8.011×10^7
砂	0	1.834×10^6
ゴ ム	0.47	2.338×10^6

(3) 梁の力学特性



i) 断面 2 次モーメント

$$I = \frac{Bd^3}{12} = \frac{0.40 \times 0.075^3}{12} = 1.406 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

ii) せん断断面積

$$A = Bd = 0.40 \times 0.075 = 0.03 \text{ m}^2$$

iii) 質量

$$M_i' = 0.075 \times 0.40 \times 0.30 \times 2350 / 9.8 = 2.158 \text{ kg/m/sec}^2$$

(4) 梁の等価質量

コンクリート壁の動的解析を行うためには、変形特性を考えた等価質量が必要である。本解析では、コンクリート壁を図-6.2に示すような片持梁として等価質量を求めると (6・13) 式は (6・14) 式となる。⁵⁾

$$M = 2.063 M' \quad (6 \cdot 14)$$

ここで、 M = 片持梁の等価質量

M' : 片持梁の真の質量

(5) 鋼球の物理定数

実験に用いた鋼球の諸元は、4.4 節と同じ下記の値を用いる。

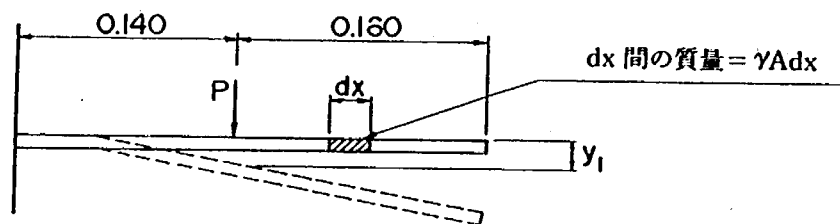


図-6.2 片持梁の変形特性

半 径 $R_2 = \frac{0.070}{2} = 0.035 \text{ m}$
 質 量 $M_2 = 0.142 \text{ (MSK) (鋼球の重量を直接測定した)}$
 弾性係数 $E_2 = 2.0 \times 10^{10} \text{ kgf/m}^2$
 ポアソン比 $\nu_2 = 0.28$

(6) 定数のまとめ

解析モデルに関する定数をまとめると表-6.2の通りである。

表-6.2 モデル解析の定数

項 目		記 号	数 値
モルタルの $\frac{1}{2}$ 強度割線弾性係数		E_1	$1.8 \times 10^9 \text{ kg/m}^2$
モルタルの終局強度割線弾性係数		E_1'	$1.855 \times 10^8 \text{ //}$
緩衝材の 終局強度割線弾性係数	木 材		$8.011 \times 10^7 \text{ //}$
	砂		$1.834 \times 10^6 \text{ //}$
	ゴ ム		$2.338 \times 10^6 \text{ //}$
モルタルのポアソン比		ν_1	0.20
緩衝材のポアソン比	木 材		0.10
	砂		0
	ゴ ム		0.47
梁の断面二次モーメント		I	$1.406 \times 10^{-5} \text{ m}^4$
荷重の作用点		h	0.14 m
梁のせん断断面積		A	0.03 m ²
形状係数		α	1.2 (長方形)
梁の等価質量		M_1	4.452 kg/m/sec^2
鋼球の質量		M_2	0.142 kg/m/sec^2
鋼の弾性係数		E_2	$2 \times 10^{10} \text{ kgf/m}^2$
鋼のポアソン比		ν_2	0.280
鋼球の半径		R_2	0.035 m
計算時間		$\Sigma \Delta t$	$\times 10^{-6} \text{ sec}$
初 期 条 件	変 位	$y_1 \ y_2$	0
	加 速 度	$\ddot{y}_1 \ \ddot{y}_2$	0
	速 度	$\dot{y}_1 \ \dot{y}_2$	$\dot{y}_1 = 0, \ \dot{y}_2 = 1, 2, 4, 7, 10, 12$

6.4 モデル計算の結果

6.2 節に示したモデルに従い $y_{1\max}$ を算出し、さらにこれを次の手順で $G_1 \sim G_4$ のひずみ $\varepsilon_1 (= \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon_4)$ を算出した。

① $y_{1\max}$: モデル計算結果

② $P_1 = K_1 y_{1\max}$ (6・15)

$$K_1 = \left(\frac{h^3}{3E_1I} + \frac{\alpha h}{GA} \right)^{-1}$$

③ $\varepsilon = \frac{M}{ZE_1} = \frac{P_1 h'}{ZE_1}$ (6・16)

ここに、

K_1 : 片持梁のバネ定数

h : 球の衝突点と片持梁固定点の距離 (0.14 m)

I : 片持梁の断面二次モーメント ($1.406 \times 10^{-5} \text{m}^4$)

E_1 : コンクリートの弾性係数 ($1.8 \times 10^9 \text{kgf/cm}^2$)

A : 片持梁の断面積 (0.03 m²)

Z : 片持梁の断面係数 $\frac{bd^2}{6}$ ($3.75 \times 10^{-4} \text{m}^3$)

h' : 球の衝突点とゲージの中心間の距離 $h' = 0.1 \text{m}$

G : モルタルのせん断変形係数 $G = \frac{E_1}{2(1+\nu_1)} = 7.5 \times 10^8 (\text{kgf/cm}^2)$

上記の値を代入すると

$$P_1 = 2.293 \times 10^7 y_{1\max} \quad (4 \cdot 17)$$

$$\varepsilon = 0.1481 \times 10^{-6} P_1 = 3.396 y_{1\max} \quad (4 \cdot 18)$$

$y_{1\max}$: m

モデル計算より求めた $y_{1\max}$, およびこれを (4・17), (4・18) 式に代入して求めた $p_1 \varepsilon$ を表-6.3, 図-6.3 図-6.4 に示した。モデル計算の詳細は、巻末資料-16 に示している。

緩衝材が最大応力を低減させる効果を計算結果の平均値で示すと下記のとおりである。

木材 93%

ゴム 30%

砂 20%

y_1 の立上りからピーク値に達し、次に減少し 0 になるまでの時間 (半周期) T_p の計算結果は表-6.4 に示すとおり。

表-6.4 から速度による T_p の変化は小さく、緩衝材のちがいによる T_p の相異が大きいことがわかる。これは緩衝材の弾性係数によって T_p が支配されることを示している。

表-6.3 緩衝材の効果に関するモデル計算結果

緩衝材	緩衝材の変形係数 (kgf/m ²)	球速 (m/s)	y_{1max} (10 ⁻³ m)	P_1 (10 ³ kg)	ϵ ($\times 10^{-6}$)	緩衝材のない場合に対する比
モルタル	1.855×10^8	3.3	0.0824	1.889	280	—
		5.7	0.1449	3.323	492	—
		8.1	0.2078	4.765	706	—
		9.0	0.2315	5.301	785	—
木 材	8.011×10^7	3.3	0.0755	1.731	256	0.91
		5.7	0.1352	3.100	459	0.93
		8.1	0.1959	4.492	665	0.94
		9.0	0.2162	4.957	734	0.94
砂	1.834×10^6	3.3	0.0136	0.312	46	0.16
		5.7	0.0284	0.651	96	0.20
		8.1	0.0455	1.043	154	0.22
		9.0	0.0511	1.172	174	0.22
ゴ ム	2.338×10^5	3.3	0.0203	0.465	69	0.25
		5.7	0.0419	0.961	142	0.29
		8.1	0.0663	1.520	225	0.32
		9.0	0.0760	1.743	258	0.33

表-6.4 y_1 の半周期 T_p
msec (計算値)

緩衝材 \ 鋼球速度	3.3 m/s	5.7 m/s	8.1 m/s
緩衝材なし (モルタル)	1.86	1.80	1.74
木 材	2.04	1.98	1.92
ゴ ム	4.56	3.84	3.60
砂	5.76	5.52	5.28

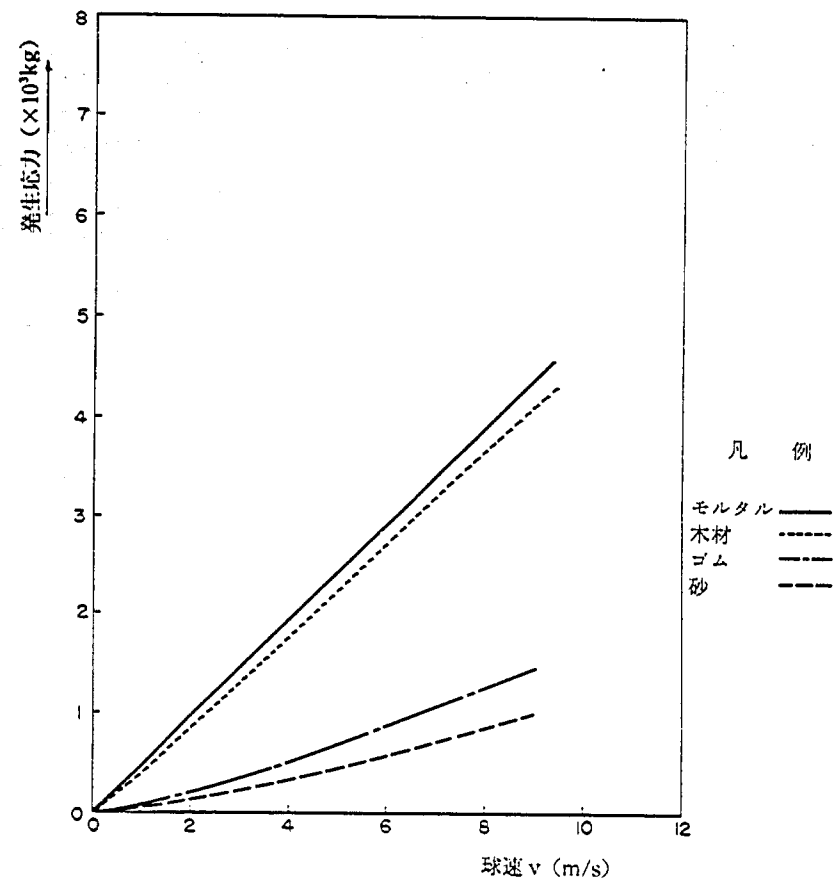


図-6.3 緩衝材を用いた場合の発生応力 (計算値)

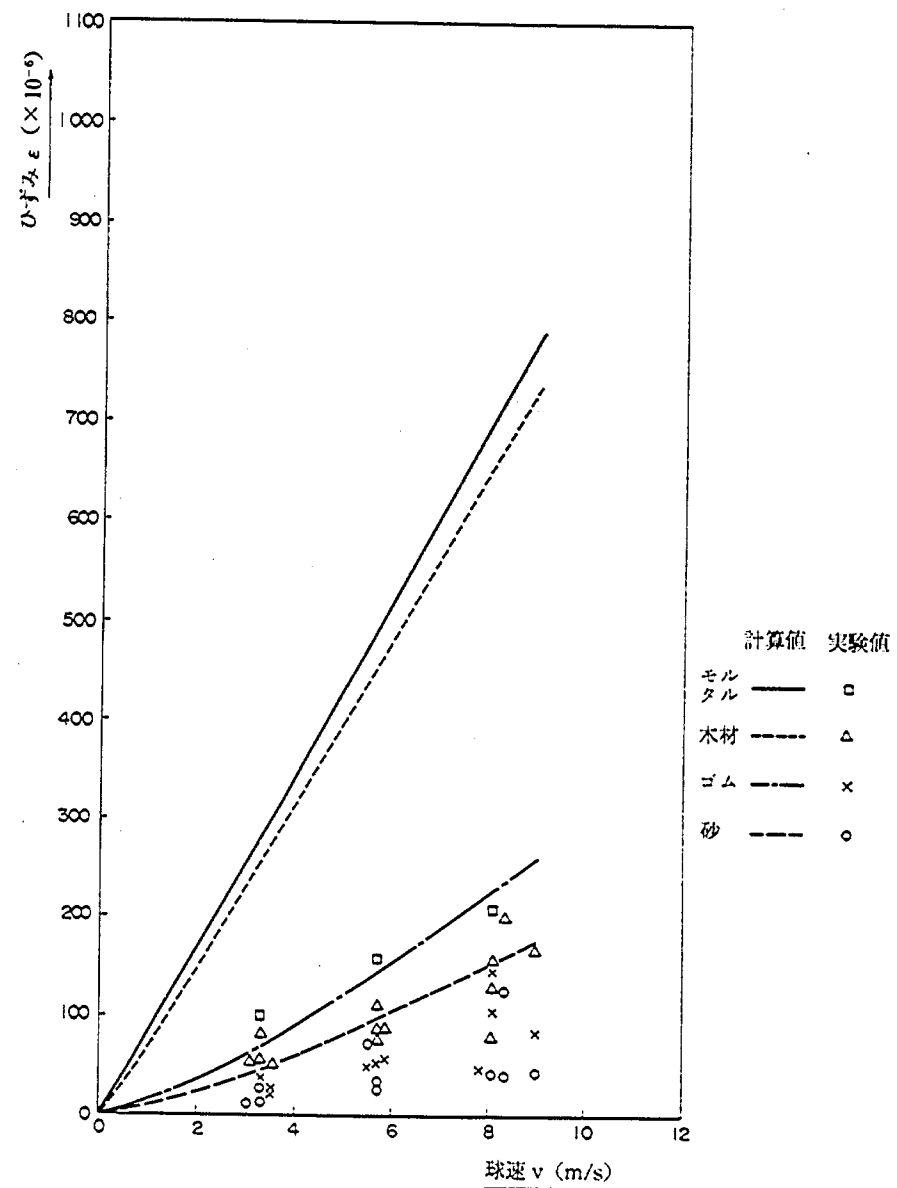


図-6.4 緩衝材を用いた場合のひずみ (計算値)

6.5 計算および実験結果の比較

(1) 計算値と実験値の比較 (歪)

表裏のひずみ G_1 と G_3 , G_2 と G_4 の絶対値の平均ひずみについて解析値と実験値を比較すると表-6.5, 図-6.5 に示すとおりである。図-6.6 は緩衝材の厚さが不十分と考えられるケースを除外した場合である。

表-6.5 (1) 計算値と実験値の比較

ケース No.	緩衝材	球 速 v (m/s)	M^1 M^{1v} (m^1/s^1)	(実験値)/(計算値)		
				$\frac{G_1-G_2}{2}$	$\frac{G_3-G_4}{2}$	平 均
1	なし	3.3	0.35	0.38	0.33	0.36
2	"	5.7	1.04	0.33	0.32	0.33
3	"	8.1	2.09	0.32	0.25	0.29
4*	木 材	3.3	0.35	0.24	0.21	0.23
5	"	"	"	0.21	0.22	0.22
6	"	"	"	0.31	0.34	0.33
7*	"	5.7	1.04	0.18	0.19	0.19
8	"	"	"	0.19	0.18	0.19
9	"	"	"	0.17	0.16	0.17
10*	"	8.1	2.09	0.12	0.12	0.12
11	"	"	"	0.24	0.23	0.24
12	"	"	"	0.19	0.19	0.19
13	砂	3.3	0.35	0.63	0.60	0.62
14	"	"	"	0.27	0.26	0.27
15	"	"	"	0.24	0.22	0.23
16	"	5.7	1.04	0.73	0.74	0.74
17	"	"	"	0.36	0.34	0.35
18	"	"	"	0.30	0.28	0.29

*の値は板目板の緩衝材であったため以下の検討では除外している。

表-6.5 (2) 計算値と実験値の比較

ケース No.	緩衝材	球 速 v (m/s)	M^1 M^{1v} (m^1/s^1)	(実験値)/(計算値)		
				$\frac{G_1-G_2}{2}$	$\frac{G_3-G_4}{2}$	平 均
19	砂	8.1	2.09	0.80	0.80	0.80
20	"	"	"	0.30	0.24	0.27
21	"	"	"	0.26	0.24	0.25
22	ゴム	3.3	0.35	0.57	0.53	0.55
23	"	"	"	0.42	0.35	0.39
24	"	"	"	0.36	0.29	0.33
25	"	5.7	1.04	0.39	0.32	0.36
26	"	"	"	0.41	0.38	0.40
27	"	"	"	0.36	0.34	0.35
28	"	8.1	2.09	0.68	0.62	0.65
29	"	"	"	0.47	0.44	0.46
30	"	"	"	0.23	0.18	0.21
31	"	9	2.58	0.32	0.31	0.32
32	砂	"	"	0.28	0.23	0.26
33	木材	"	"	0.24	0.21	0.23
34	"	3.3	0.35	0.21	0.18	0.20
35	"	5.7	1.04	0.26	0.22	0.24
36	"	8.1	2.09	0.30	0.31	0.31

図-6.5, 図-6.6 には昭和56年度富士山土石流衝撃力実験において実験結果より求めた $f=0.9(E+1)^{-0.8}$ を実線で示しているが, 緩衝材の効果が十分発揮されていないケースを除外すると, いずれもこの曲線より下となる。

また表-6.3 に示した計算結果を図-5.6, 5.7 および図-6.4 にもプロットして実測値との比較も行なったが, 緩衝材による緩衝効果は計算で表わされているものの, 絶対値は大巾な差があり, 図-6.5, 図-6.6 に示すように計算値を修正するための実験係数 f を導入せざるを得ない。

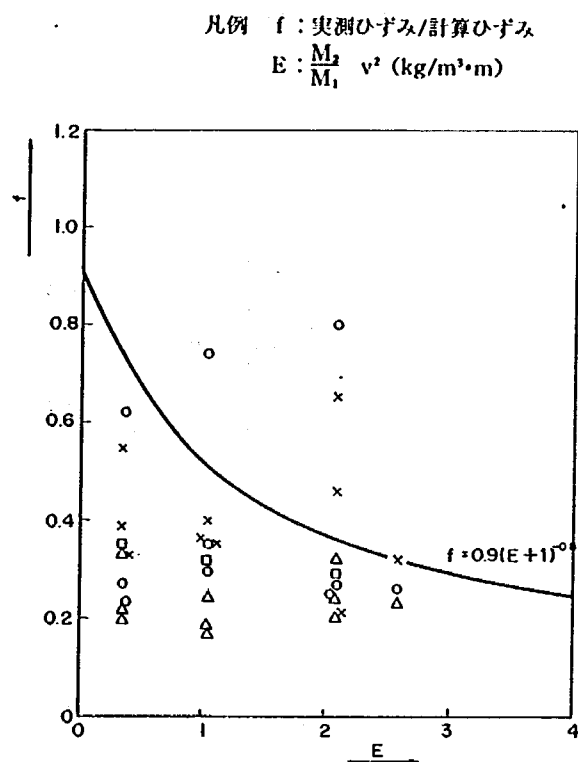


図-6.5 E-f

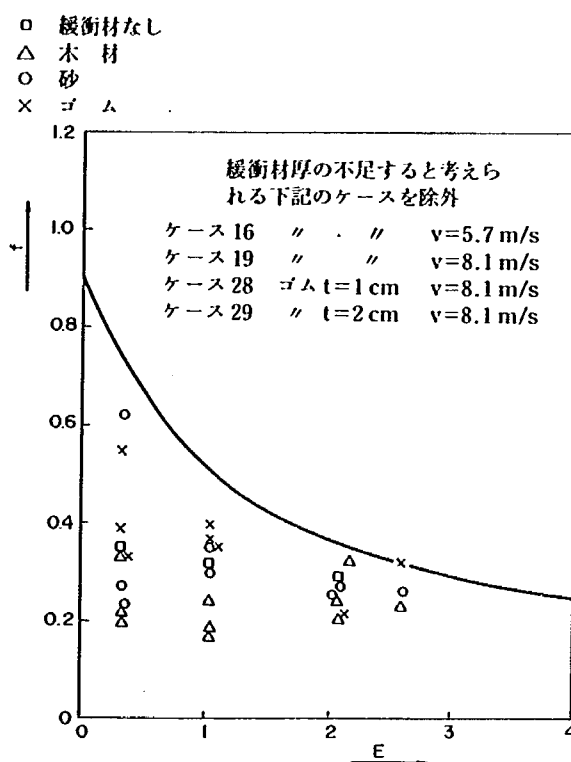


図-6.6 E-f

(2) 衝撃の応答時間に関する計算値と実験値の比較

鋼球の衝突によってモルタル表面に発生する歪の立上りから第1波の半周期について, 実測値と計算値を比較すると表-6.6 のとおりである。この表で実測値は球速による T_p の相異が明確でない

表-6.6 応答時間(T_p)に関する計算値
実測値の比較

単位:msec

緩衝材	実測値	計算値
モルタル	2.1	1.86~1.74
木材	3.0	2.04~1.92
ゴム	6.2	5.28~3.60
砂	7.6	5.76~5.28

め $v=3.3, 5.7, 8.1$ m/s を平均したものであり、計算値は $v=3.3$ m/s から $v=8.1$ m/s に対する T_p の範囲を示した。

表-6.6 から計算値の方が 15%～35% 程度実測値に対して短いことがわかる。

6.6 減衰を考慮したモデル計算

前述のように慣性力とバネ力だけを考えた 2 質点系動的応等モデルでは計算値が実測値と大巾に異なるので Γ という修正係数を用いざるを得ない。したがってここでは上記のモデルに動的応答解析でよく用いられる減衰力の考え方を取り入れてモデル計算を行う。減衰力は粘性減衰力（速度と反対方向へ速度に比例する力）として取扱い、⁶⁾構造系としてはバネと平行したダッシュポットが加えられる。図-6.7 参照。

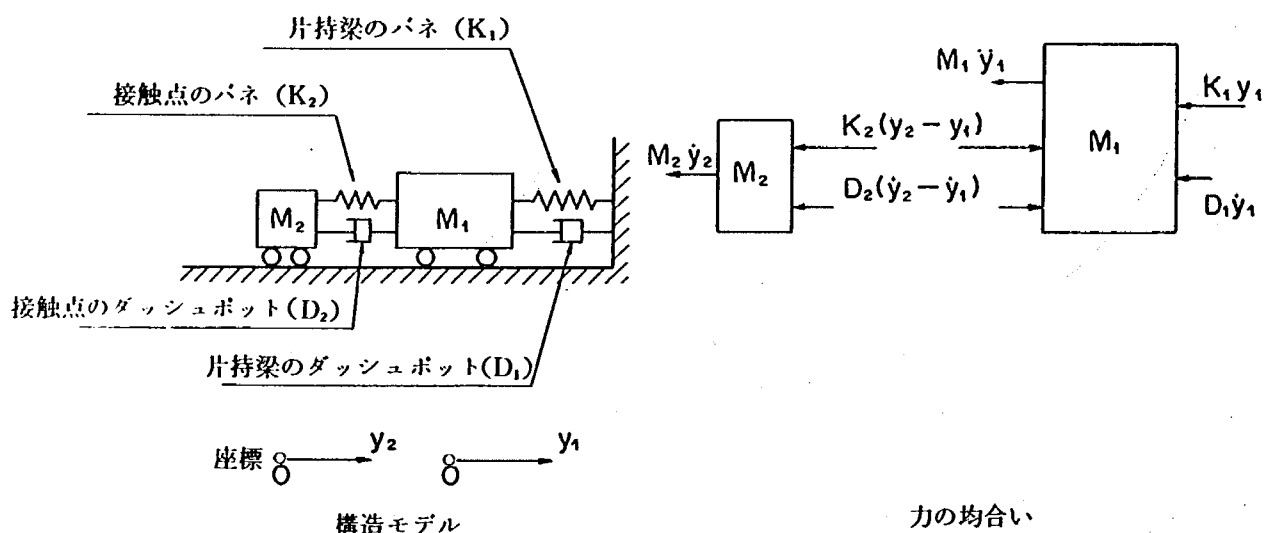


図-6.7 減衰を考慮した 2 質点系動的応答モデル

(1) 計算式

減衰を考慮したモデル計算の式は、前述の (6・6) 式～(6・13) 式のうち (6・5) 式、(6・6) 式、(6・7) 式が図-6.7 の力の均合式に従い、それぞれ (6・5)' 式、(6・6)' 式、(6・7)' 式と変わる。

$$\ddot{Y}_2 = -\frac{K_2}{M_2}(Y_2 - Y_1) - \frac{D_2}{M_2}(\dot{Y}_2 - \dot{Y}_1) \quad (6 \cdot 5)'$$

$$\ddot{Y}_1 = \frac{K_2}{M_1}(Y_2 - Y_1) - \frac{D_2}{M_1}(\dot{Y}_2 - \dot{Y}_1) - \frac{K_1}{M_1}Y_1 - \frac{D_1}{M_1}\dot{Y}_1 \quad (6 \cdot 6)'$$

($Y_2 - Y_1 > 0$ の時)

$$\ddot{Y}_1 = -\frac{K_1}{M_1}Y_1 - \frac{D_1}{M_1}\dot{Y}_1 \quad (6 \cdot 7)' \quad (Y_2 - Y_1 \leq 0 \text{ の時})$$

D_1, D_2 : 減衰定数 (kgf・s/m)

(2) 定数の決定

D_1 , D_2 以外の減衰定数以外は6.3節の値と同じ値を用いた。

減衰定数 D_1 , D_2 は計算値が測定値にあうように定めるが、未知数が D_1 , D_2 と2つあるので、一義的に決めるのはむずかしい。したがって、ここでは減衰の原因および特性を考えて決定する。

a. 減衰の原因

構造物が振動するときの減衰の原因は次のものが考えられる⁶⁾。

- ① 構造物の基礎を通した地盤中へのエネルギーの消散
- ② 空气中、水中、あるいは土の中にある構造物が媒体としての空気、水、土から受ける抵抗によるもの
- ③ 構造材料の内部摩擦、または固体粘性抵抗によるもの
- ④ 構造部材相互間、あるいは支点などにおける摩擦によるもの
- ⑤ 構造物が変形する際の構造部材の弾塑性的特性におけるひずみと応力のヒステリシス関係によるエネルギーの消散

b. 減衰特性

上記の原因のうち、解析によく取入れられているのは③固体粘性減衰 ⑤構造物の応力-ひずみヒステリシス関係によるエネルギーの消散である。このうち③はダッシュポットで表わされる粘性減衰定数として表現され、さらに⑤も応力-ひずみヒステリシスを減衰を伴う弾性応答に置きかえる等価粘性減衰定数の考え方を導入して解析することができる。^{6),7)}

固体および構造物の応力-ひずみヒステリシスと粘性減衰比の関係は図-6.8において次のように表わされる。

$$h = \frac{1}{2\pi} \frac{\text{面積 OAB}}{\triangle OAE}$$

h : 粘性減衰比又は等価粘性減衰比

図-6.8 に示すように応力レベルが $A \rightarrow A'$ と大きくなると、 h は大きくなる。例えば砂の場合の

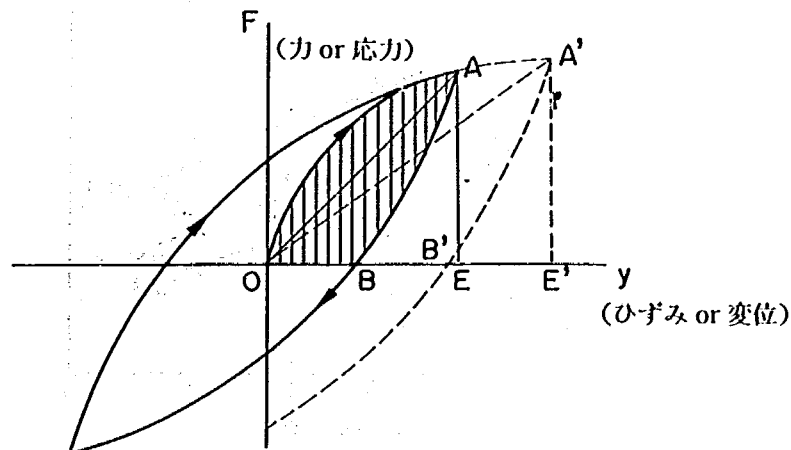


図-6.8 固体、構造物の応力-ひずみヒステリシス

せん断ひずみの大きさと h の関係は図-6.9 のようである。⁸⁾

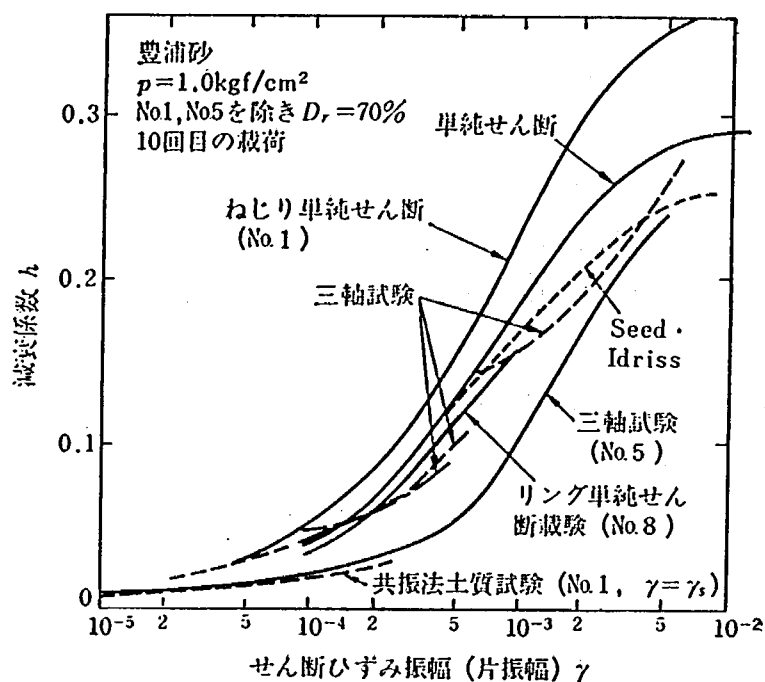


図-6.9 応力レベルと減衰比 h の関係

砂の減衰比 h は拘束圧の増加によって減少すること（図-6.10 参照）が知られている。⁹⁾ 図-6.9, 図-6.10 は砂の粘性減衰の特性であるが、これらは他の固体についても特性がみられるものと考えられる。なぜなら、図-6.8 に示す応力-ひずみヒステリシスはいかなる固体についても言える現象であるからである。さらに、表-6.7 に挙げる論文から、固有振動数と h の関係を整理すると図-6.11 のようになる。

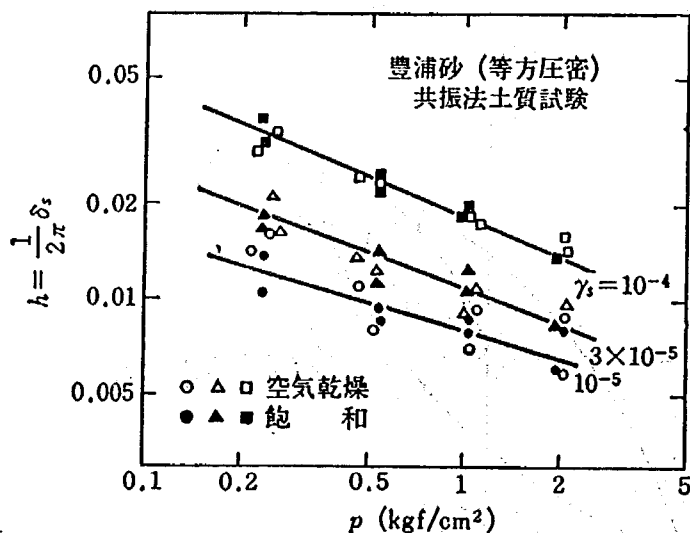


図-6.10 拘束圧(P) と減衰比(h)の関係

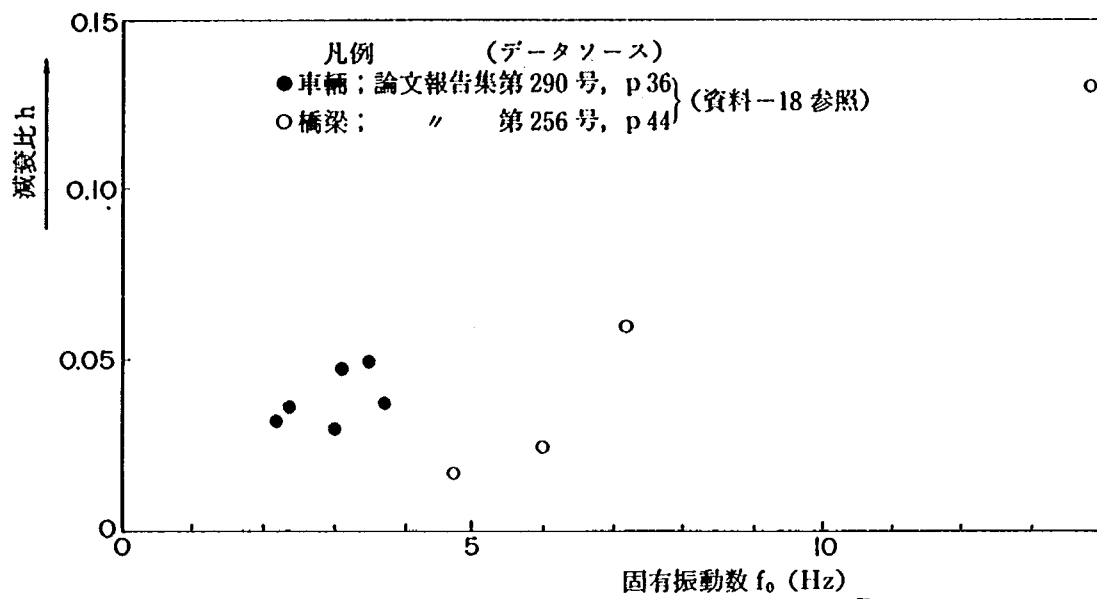


図-6.11 固定振動数と減衰比(h)

c. 減衰比 (h) の例

既存の解析における減衰比 (h) の例のいくつかを表-6.7 に示した。

表-6.7 に示したように構造物の h は $h=0.02\sim0.12$ 程度である。しかしこれらの構造物の固有振動数は次のように比較的小さいものばかりである。

橋梁の固有振動数 3~10 Hz

表-6.7 減衰比(h)の例

区 分	条 件	減 衰 比 h	参 考 文 献
構造物の 等価粘性	橋 桁 RC	0.02~0.13	土木学会論文報告集 第256号, p36 ⁹⁾
	〃 PC, 鋼	0.02~0.05	
	単純桁橋	0.02	同上 第290号, p36 ¹⁰⁾
	軌 道 フェースニング	} 0.5	同上 第240号, p65 ¹¹⁾
	(図-6.12 参照) バラスト地盤		
	構造物の基礎 大型 (岩着)	0.09~0.12	同上 第329号, p16 ¹²⁾
	〃 小型	0.04~0.09	
地下逸散 減衰	建物の振動エネルギーの地下への 逸散	0.1~0.4	建築振動学, p127 ¹³⁾
固体の粘 性減衰	豊浦砂	0.02~0.30	新体系土木工学 18, 土の力学(III), p229 ⁸⁾
	Sengenyama sands	0.15~0.46	土木学会論文報告集 第242, p113 ¹⁴⁾
	飽和粘土	0.08~0.22	〃 第149, p42 ¹⁵⁾

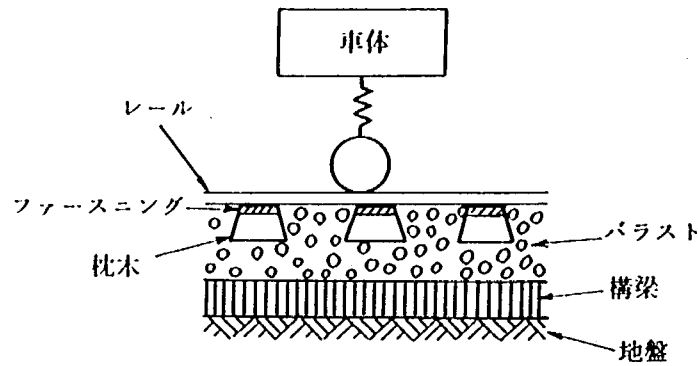


図-6.12 軌道

軌道の	〃	10 Hz
構造物基礎の	〃 (大型)	16~19 Hz
〃	〃 (小型)	17~21 Hz

上記データのうち、橋梁の固有振動数 (f_0) と減衰比 (h) の関係から h は f_0 に比例して増大する傾向がみられる。(図-6.11 参照)

表-6.7 から砂とか地盤の固体粘性モーメントは上記構造物に比較すると大きい値となっている。

d. モデル計算の減衰比の決定

モデルの減衰比を決定する前に計算モデルの固有振動数を求めると、次のとおりである。接触面の固有振動数の算出は資料-13 参照。

モルタル片持梁 $f_0 = \frac{\sqrt{K_1/M_1}}{2\pi}$

K_1 : バネ定数 f_0 : 固有振動数

M_1 : 等価質量

$$f_0 = \frac{\sqrt{2.293 \times 10^7 / 4.452}}{2\pi} = 361 \text{ Hz}$$

接触面 モルタル $f_{02} = 2922(y_2 - y_1)^{0.25} \div 520 \text{ Hz}$

木材 $f_{02} = 1898(y_2 - y_1)^{0.25} \div 385 \text{ Hz}$

ゴム $f_{02} = 366(y_2 - y_1)^{0.25} \div 104 \text{ Hz}$

砂 $f_{02} = 286(y_2 - y_1)^{0.25} \div 80 \text{ Hz}$

但し、接触面のめり込み ($y_2 - y_1$) は計算結果よりモルタル 0.001 m, 木材 0.0017 m, ゴム 0.0064 m, 砂 0.006 m としている。

減衰比 h_1 , h_2 を決めるにあたって、これらの値が片持梁の変位 ($y_{1\max}$) に与える影響を図-6.13 に示した。計算は資料-14 に示した。 $h_2 > 0.5$ 以上ではほとんど h_2 の値は $y_{1\max}$ に影響しない。一方、下記の理由から h_2 は相当大きい値を示すものと考えられるので $h_2 = 1.0$ と仮定することとした。

- ① 鋼球の打撃面はモルタル、木材、砂、ゴムともに完全にめり込み跡が残り局部破壊を発生するまでに致っており、応力レベルがきわめて高い。
- ② 接触バネの固有振動数は表-6.7 に示すケースに比較して極めて大きい (80 Hz~520 Hz) ので、図-6.11 に示す特性を考慮すると、減衰比は大きいと考えられる。

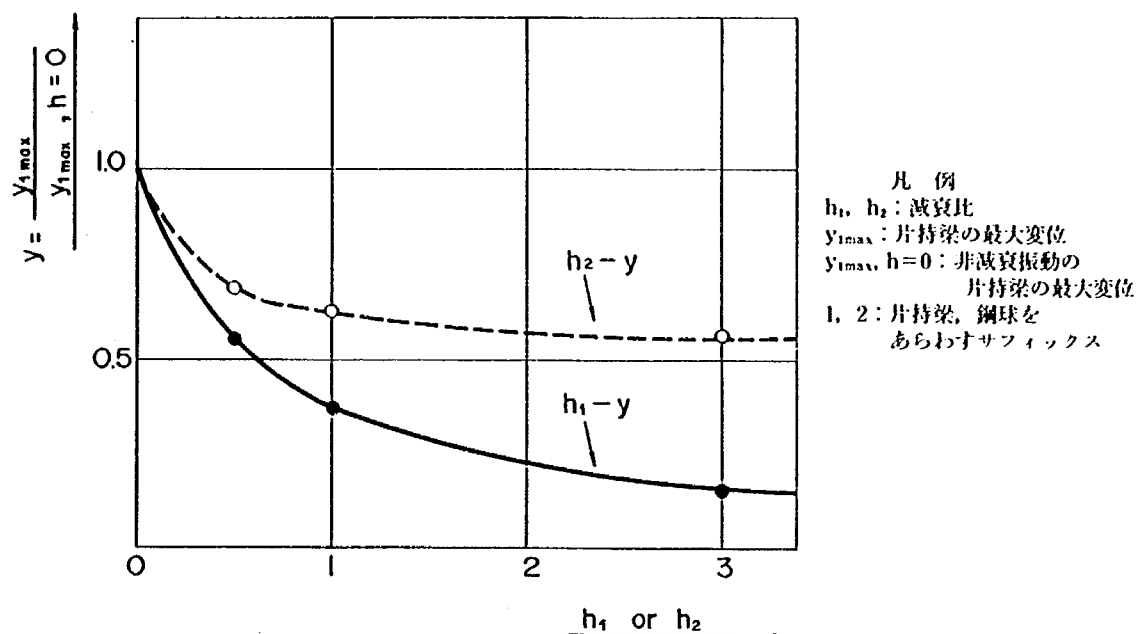


図-6.13 最大変位に対する減衰比の影響

接触バネの減衰比 $h=1$ として D_2 を (6・8) 式で求め表-6.8 の右欄に示した。細部は資料-13 に示している。この D_2 を用いて、各ケースの実測発生ひずみに計算ひずみが合うような D_1 をトライアルで求めた。トライアルで求められた D_1 を表-6.8 に示した。

$$D_2 = hD_{2c} = h \times 2 \sqrt{M_2 K_2} \dots\dots\dots (6 \cdot 8)$$

D_{2c} : 接触バネの臨界減衰定数

h : 減衰比 (今, $h=1.0$ とする。)

M_2 : 鋼球の質量

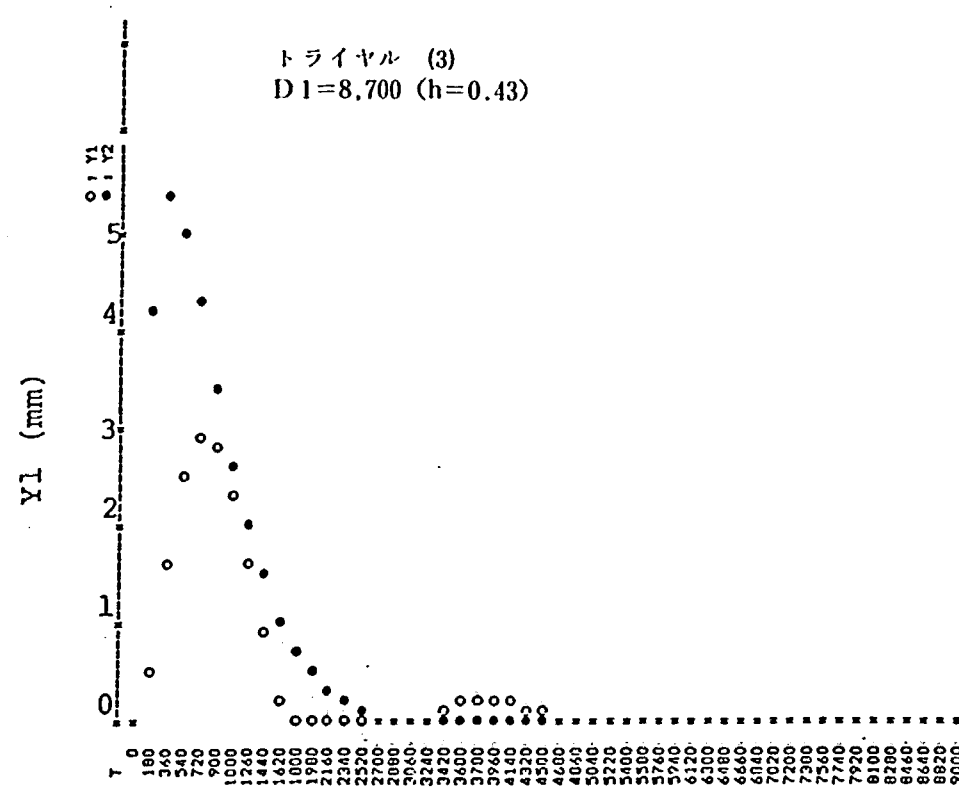
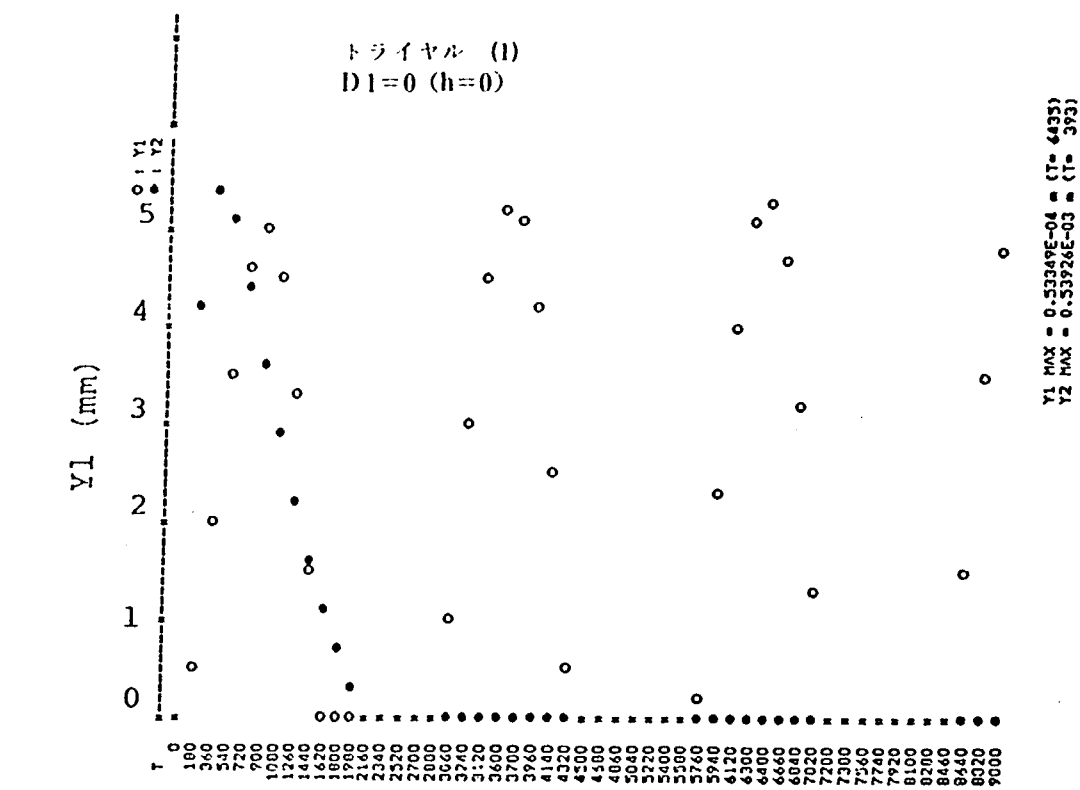
K_2 : 接触点のバネ定数

表-6.8 減衰定数採用案

緩衝材	片持梁の減衰定数 D_1	緩衝材の減衰定数 D_2
モ ル タ ル	8,700 kgf・s/m	$5210(y_2 - y_1)^{0.25}$ kgf・s/m
木 材	19,000 "	$3390(y_2 - y_1)^{0.25}$ "
ゴ ム	29,600 "	$650(y_2 - y_1)^{0.25}$ "
砂	69,000 "	$510(y_2 - y_1)^{0.25}$ "
臨界減衰定数	20,207	

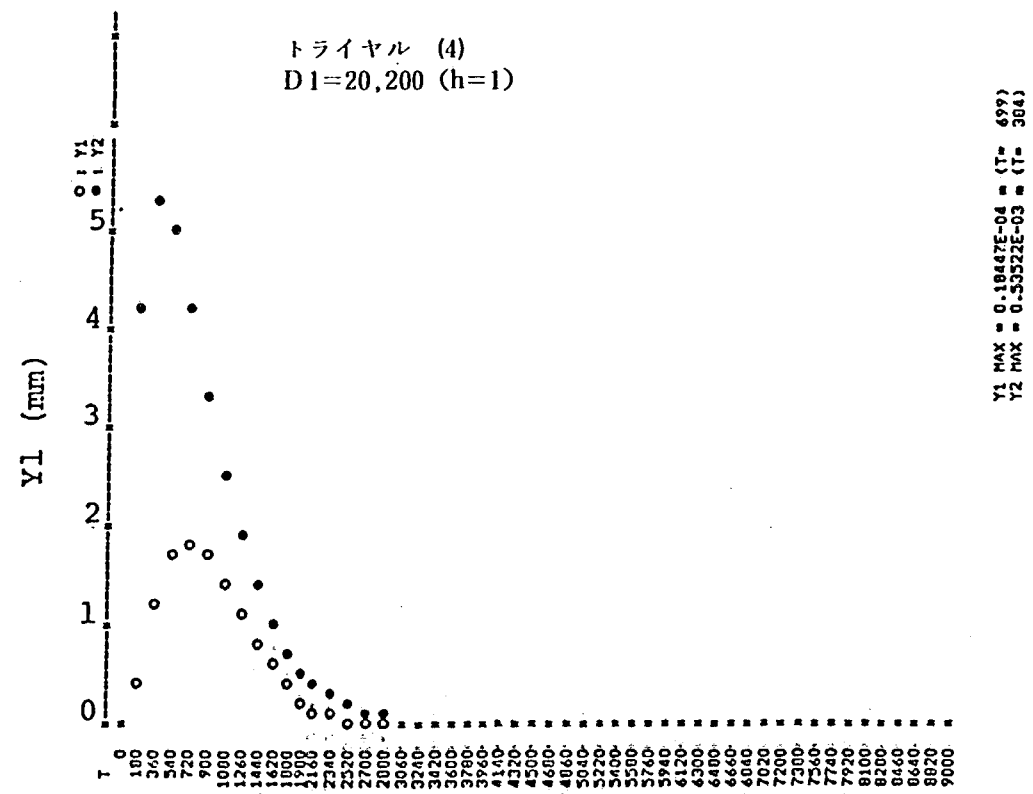
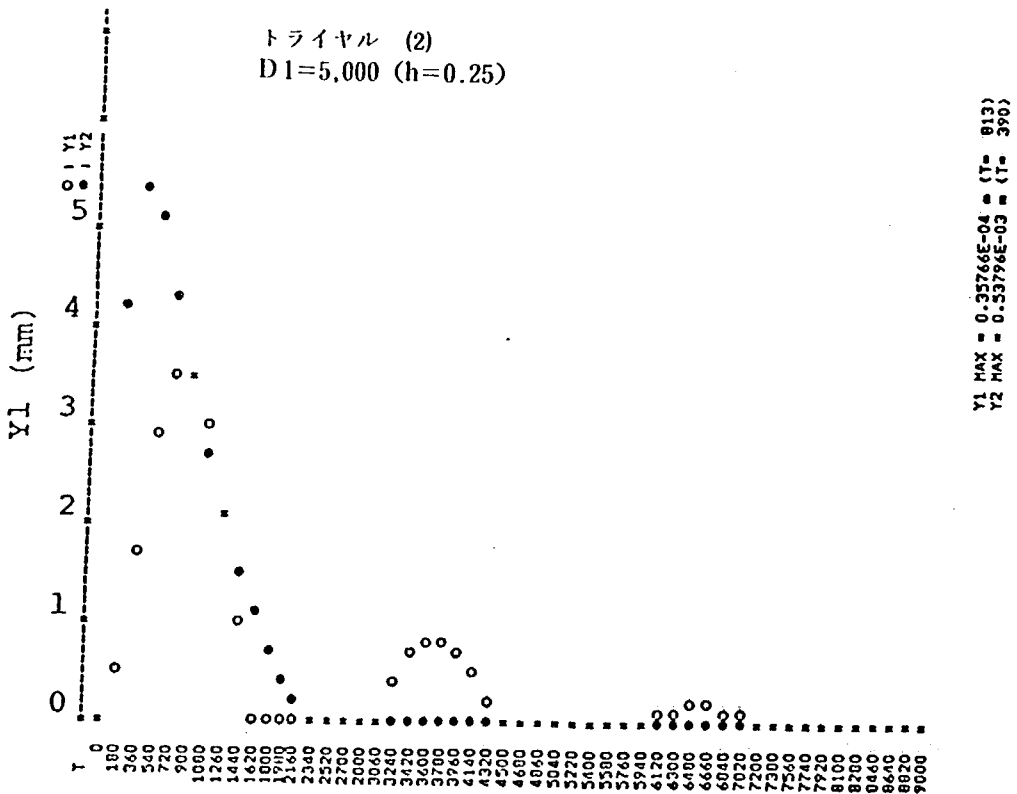
D_1 をトライアルで求める例を図-6.14 (緩衝材なし, $v=3.3$ m/s) に示している。

図-6.14 においてトライアル(1)は減衰を考慮しない場合であり、片持梁は自由振動を無限につづける。

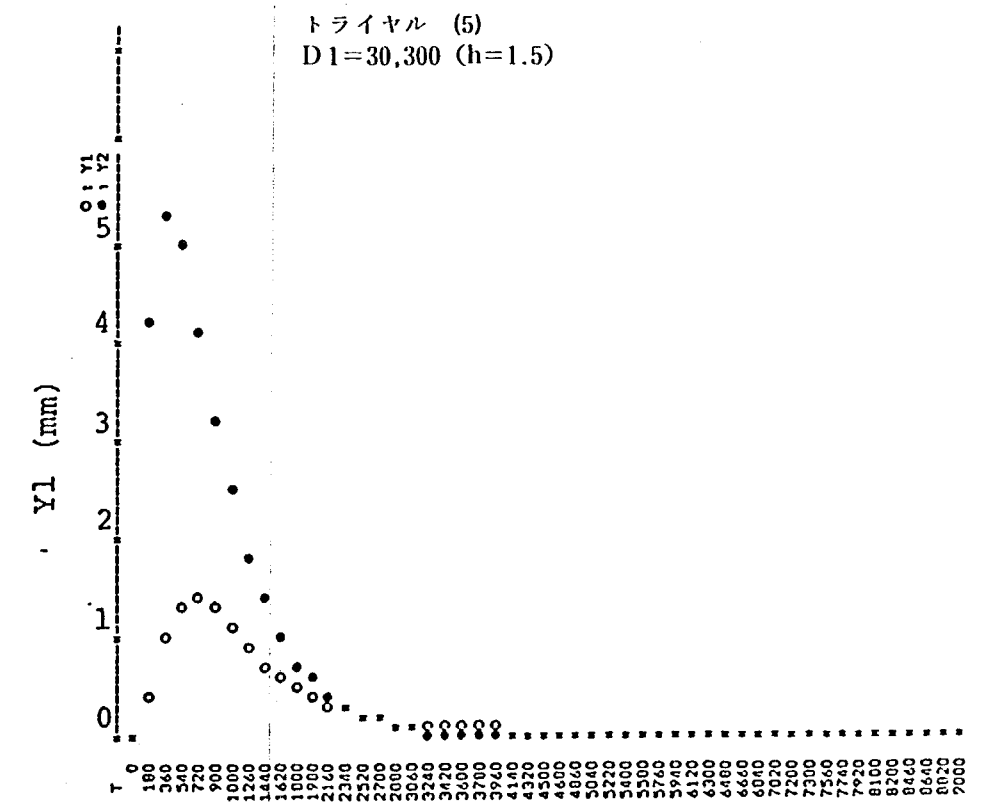


Y1 MAX = 0.29321E-04 (T= 774)
Y2 MAX = 0.53715E-03 (T= 387)

凡 例
D1: 片持梁の減衰定数(kgf・s/m)
D2: 接触点の減衰定数
 $D_2 = 5210(y_2 - y_1)^{0.25}$
Y1: 片持梁載荷点の変位(mm)
片持梁の臨界減衰定数
 $D_{1c} = 20200 \text{ kgf} \cdot \text{s/m}$



Y1 MAX = 0.18447E-04 (T= 499)
Y2 MAX = 0.53522E-03 (T= 384)



Y1 MAX = 0.13770E-04 (T= 666)
Y2 MAX = 0.53403E-03 (T= 381)

図-6.14 減衰定数 D₁のトライアル例 (緩衝材なし, v=3.3 m/s)

トライアル(2), (3)は $D_1 < D_{1c}$ (臨界減衰定数) の場合であり, トライアル(1)に対して第1波のピーク値が下り, かつ第2波以降が急激に減衰する。モルタルの衝撃実験結果の第1波と第2波ピークの比が0.10~0.36の間であるので, 波1波と第2波のピーク値の比(波形の相似性)を実験値にあわせようとする $D=5000 \text{ kgf}\cdot\text{s/m}(h=0.25)$ となる。第1波のピーク値を合わせようとする, $D_1=8700 \text{ kgf}\cdot\text{s/m}(h=0.43)$ となる。本解析の目的は, 発生ひずみのピーク値を算出モデルを作成することであるので, トライアル(3)で求められた D_1 を採用した。

トライアル(4)は臨界減衰状態であり, 第2波以降は現われず振動は発生しない。

トライアル(5)は過減衰と呼ばれ振動は生じず, 減衰効果のために応答時間は長くなる。

(3) 減衰比 (h) に対する考察

表-6.8 で決定された減衰定数 D_1 は減衰比 (h_1) で表現すると下記のようになり,

緩衝材なし	$h_1=0.43$
木 材	$h_1=0.94$
ゴ ム	$h_1=1.46$
砂	$h_1=3.41$

次の特徴が挙げられる。

- ① 表-6.7 に示した橋梁や基礎の h に比較して大きい h を示す。
- ② 使用する緩衝材の種類により, 片持梁の減衰比 (h_1) が異なる。
- ③ 弾性係数の小さい緩衝材を用いるほど h_1 は大きくなる。
- ④ ゴム, 砂では過減衰の状態となる。

上記の特性で問題なのは, 緩衝材を片持梁に取付けることにより片持梁の減衰定数が変わること, および, $h_1 > 1$ となることである。しかしこれらの特性は下記に示す実験結果からも存在し得る現象と想像される。

- ① 静止した構造系に構造物の固有周期 T に対して周期の長い正弦半波衝撃力が作用したとき図-6.15 に示すような応答が発生する。同図の減衰比 ξ (本報告書では h_1 で表示している。) が小

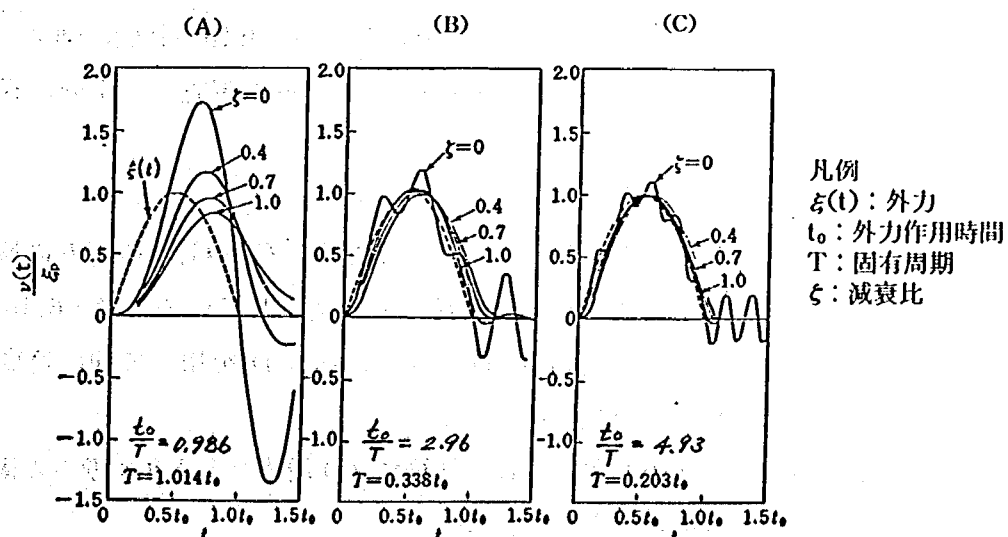


図-6.15 減衰のある系の過渡振動

さいと周期 T の波が応答振動にかぶさるようにして現われる。

本実験における t_0 は測定されていないが、応答計算の値として t_0/T を求めると下記のようになり図-6.15の(B)(C)に相当する。ただしモルタルは(A)に相当している。

緩衝材なし	$t_0=2.4 \text{ msec}$	$\frac{t_0}{T}=0.87$
木 材	$t_0=3.0 \text{ "}$	$\frac{t_0}{T}=1.08$
ゴ ム	$t_0=8.4 \text{ "}$	$\frac{t_0}{T}=3.03$
砂	$t_0=15 \text{ "}$	$\frac{t_0}{T}=5.42$

片持梁の固有周期 $T=2.77 \text{ msec}$

実験結果の t_{-e} (図-5.5 参照) においては、緩衝材のないケースで前述の小さい波が現われているのに対して、木材、砂、ゴムではこれらが全くみられない。このことから、木材、砂、ゴムを取付けた時の h_1 が変化し大きくなった事が想像できる。

② 材料実験および緩衝材の衝撃応答実験をもとに定められたバネ定数を使い振動応答計算を実施すると、計算値は実測値より大きい値を示す。この計算値を実測値に近づけるために $h_2=1.0$ として D_1 (又は h_1) を求めているが、 $h_2>1.0$ としたところで計算値は小さくならない。(図-6.13 参照) したがって、片持梁において D_1 が変化していると考えざるを得ない。

次に何故上記のように D_1 が変化するのか考えてみる。緩衝材を取付けた事により、片持梁のバネ質点 (質点 No.1) に対する主な影響は緩衝材を通して伝達される外力の変化である。特に外力の作用時間 t_0 が大幅に長くなる。したがって t_0/T は緩衝材を取付けることにより大きくなって来る。

一方、図-6.11 に示した橋梁の場合、外力は車両荷重によるものであるから t_0 は一定と考えられるので横軸は $t_0/T (=tof)$ におきかえることができる。すなわち、図-6.11 は図-6.16 のように h は t_0/T に比例して大きくなる事が想像できる。図-6.16 は一部のデーターをもとに設けた仮定の元に成立つものであるが、これが成立つとすると、本実験の緩衝材を取付けることにより t_0 が大きくなり、 h_1 が増大することも理解できる。

上記の D_1 が緩衝材を取付けることにより大きくなることに対する考察は推論である。このような過渡応答に対する理論解はあるが、測定例および測定値に基づいた h 等の評価に関する研究は少ないようで、抗打機の衝撃荷重でこのような過渡応答があるが^{3),16)}今回の調査では十分に資料収集することができなかった。

(4) モデル計算結果

表-6.8 で決定した減衰定数を用いて、各ケースの計算を行い $G_1 \sim G_4$ のひずみに換算し、表-6.9、図-6.16 に示した。モデル計算アウトプットは資料-15 に示している。図-6.16 には実測値も示しているが、 $v=3.3 \text{ m/s}$ のケースで減衰定数 D_1 を定め、その D_1 を用いて他の速度のケースも計算すると、実験値にほぼ近い計算結果が得られている。

従って質点系の振動に減衰の考え方を取り入れた計算により鋼球のモルタル壁への衝突、さらに緩衝材を用いた場合の動的応答を求めることができる。

表-6.9 減衰定数を考慮した場合の計算結果

緩衝材	緩衝材の変形係数 (kgf/m ²)	衝突速度 (m/s)	計 算 結 果			実 験 結 果 ϵ_1	$\frac{\epsilon_1}{\epsilon_{1c}}$
			$y_{1max}(10^{-3}m)$	$P_1(10^3kg)$	$\epsilon_{1c}(10^{-6})$		
モルタル	1.855×10^8	3.3	0.0294	0.674	100	100	1.0
		5.7	0.0513	1.176	174	158	0.91
		8.1	0.0732	1.678	249	208	0.84
		9.0	0.0814	1.867	277	—	—
木 材	8.011×10^7	3.3	0.0179	0.411	60	63	1.05
		5.7	0.0317	0.727	108	91	0.84
		8.1	0.0457	1.047	155	162	1.05
		9.0	0.0509	1.168	173	164	0.95
砂	1.834×10^8	3.3	0.0441	0.101	15	11	0.73
		5.7	0.0794	0.182	27	28	1.04
		8.1	0.0116	0.265	39	39	1.00
		9.0	0.1130	0.297	44	44	1.00
ゴ ム	2.338×10^6	3.3	0.0082	0.189	28	24	0.86
		5.7	0.0150	0.344	51	53	1.04
		8.1	0.0221	0.506	75	75	1.00
		9.0	0.0248	0.568	84	82	0.98

ϵ_1 の実測値は、G1~G4の平均値で、緩衝材が薄くて効果のないものは除外している。

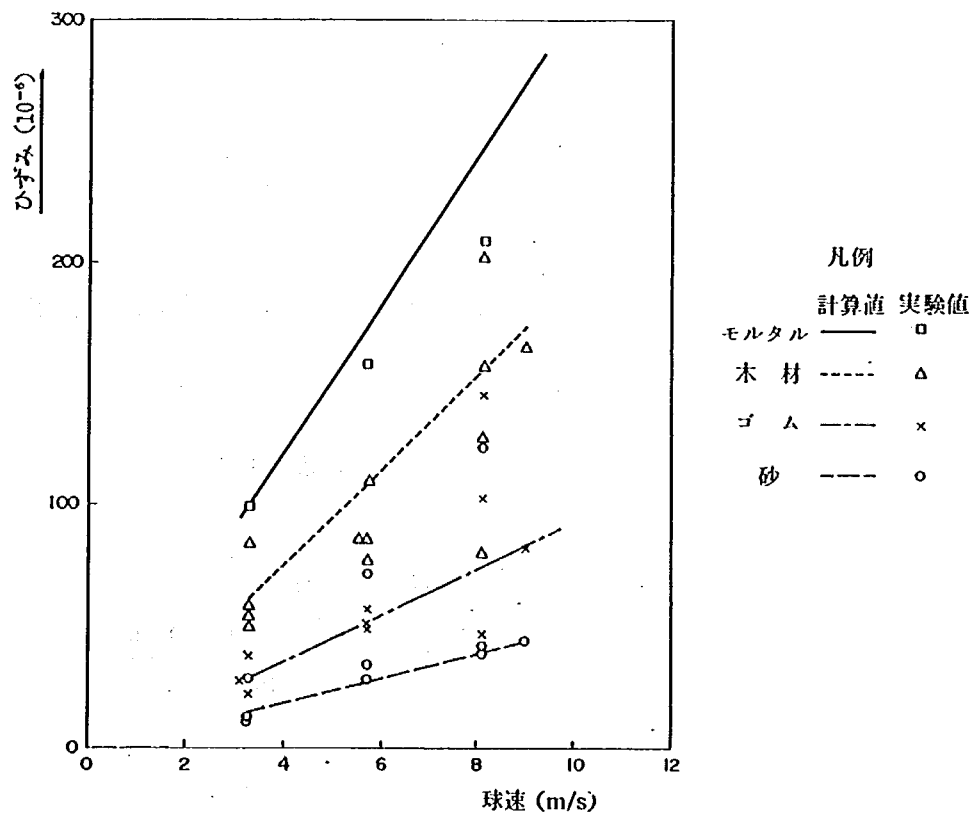


図-6.16 減衰を考慮したモデル計算結果

7. 対策工の設計

7.1 土石流衝撃荷重対策の考え方

土石流衝撃荷重による砂防ダムの破壊を防ぐには、大きく下記の2つの方法がある。

- ① 強度を強くする。
- 鉄筋による補強。
 - 断面を大きくする。
 - より安定な形状とする。

② 衝撃荷重の緩衝を行う。

衝撃応力を小さくする方法としては、衝撃波の作用時間を長くすることおよび減衰力をもたせる方法がある。このような目的をもった緩衝装置の具体的な例としては、杭打機の木製クッション材、¹⁶⁾落石覆工のサンドクッション、¹⁷⁾軌道のフェースニングとバラストと枕木¹¹⁾がある。

6章で検討したように、モルタル壁の前面に砂、ゴムを設置した場合は上記の2つの効果が確かめられ緩衝材として適切であることが認められた。

したがって、土石流の衝撃荷重対策としては、上記の考え方にもとづき下記の工法について設計および検討を行う。

- ① 鉄筋による補強
- ② 袖天端中を変えた場合
- ③ 砂、ゴムの緩衝材
- ④ 砂防ダム袖の下流面の法勾配の緩和
- ⑤ 土石流荷重の衝突面を傾斜させた場合

7.2 土石流対策工の設計条件

土石流が砂防ダムの袖部に衝突した場合の衝撃応力は、2質点系の等価質点減衰振動モデルで計算を行う。計算条件は下記のとおり。

(1) 土石流条件

土石流の礫の大きさと衝突速度の組み合わせは表-7.1に示す通りとする。

表-7.1 土石流の礫径と衝突速度

礫の径(m)	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
衝突速度(m/s)	3	7	10	15	20

(2) 砂防ダムの天端幅

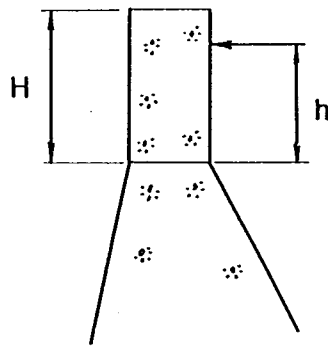
土石流が発生するような地形の場所に建設される砂防ダムの天端幅は基準¹⁸⁾によると、3.0~4.0 mとなっており、3, 4 mとする。

(3) 袖の高さ

袖の高さは基準¹⁰⁾によると、水通し部の越流水深と余裕高を加えた値以上となっている。一般的に越流水深は下流の水褥池の洗掘の問題があるので4 m以下に押えられている。余裕高は対象流量により変るが $h'=0.6\sim 1.0$ mである。袖高さは最大で4 m+1 mの5 mとし、最小で2 mとする。高さの種類は $H=2, 3, 4, 5$ mの4種類とする。

(4) 土石流の作用位置

土石流の作用位置は、袖部の上部、中部、下部の3地点に作用するものとし袖高を H とし、作用位置を h とすると $h/H=0.3, 0.5, 0.8$ の3地点とする。



(5) 砂防ダムブロック幅

コンクリートダムは温度応力の軽減と打設能力の関係からダム軸方向に直交する方向に横継目と呼ばれる継目が設けられ、この継目に囲まれたブロックで外力に対して抵抗する。砂防ダムのブロック幅は一般的に6 mが多いので6 mとする。

(6) 石礫の物理定数

礫は花崗岩とし、単重、弾性係数、ポアソン比は次の通りとする。

単位体積重量 $\rho=2,600 \text{ kgf/m}^3$,

弾性係数 $E=5.0 \times 10^9 \text{ kg/m}^2$

ポアソン比 $\nu=0.23$

(7) 片持梁の等価質量

片持梁を質点系にモデル化するために、作用点の変位 y_1 で梁の質量 M_1 が一様に運動するものとして式をたてている。しかし片持梁の変位および変位速度は位置によりことなるので、エネルギーを取り扱う場合に $1/2 \dot{M}_1 y_1^2$ (M_1 : 片持梁の真の質量)とは異なってくる。 y_1 の変位を使って運動方程式を作る場合、運動エネルギーが等しくなるように等価質量 M の考え方をとっている。

等価質量は次式で表わされる。

$$M = \beta M'$$

ことに、 M : 等価質量

β ：梁の長さ H と固定端から荷重の作用点までの距離 h の比によってきまる係数（図-7.1）

M' ：梁の真の質量

今、 $h/H=0.3, 0.5, 0.8$ の3ケースについて図-7.1 より β を求めると $\beta=4.7, 1.7, 0.44$ となる。

梁の幅を 3 m, 4 m とし、梁の長さを 2, 3, 4, 5 とした場合の梁の等価質量を求めると表-7.2 に示す通りである。

梁の幅を B とし、梁の長さを H とするとブロック幅が 6 m であるので梁の質量は $M=B \cdot H \cdot 6 \times 2,350/9.8 = 1439 B \cdot H$ となる。

梁の力学特性

(8) 断面二次モーメント $I = \frac{dB^3}{12}$

ここに、 d ：ブロック幅 (m)

B ：天端幅 (m)

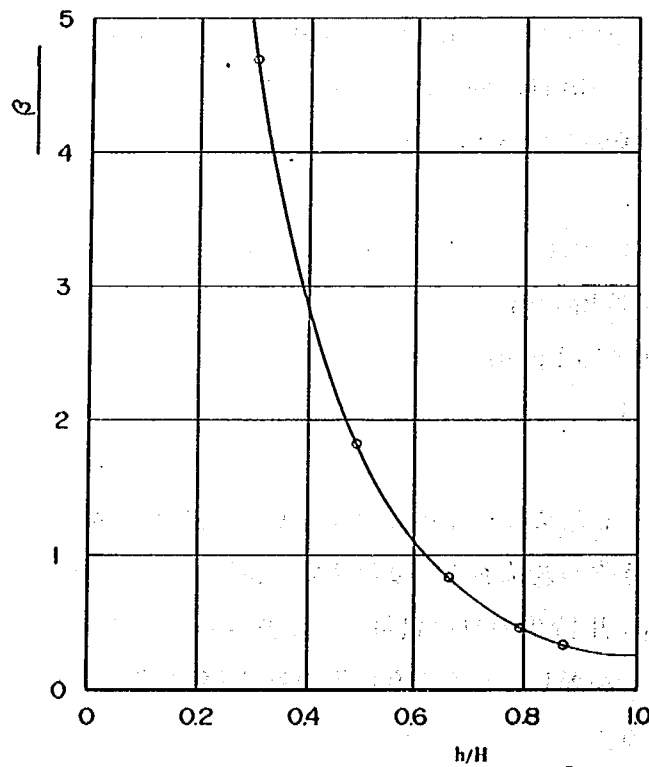
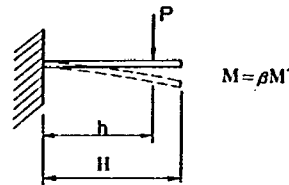


図-7.1 等価質量（等厚、等幅の片持梁）

表-7.2 梁の等価質量

H^m	$\frac{h}{H}$	h^m	$B=3^m$	$B=4^m$
2	0.3	0.6	40,580	54,106
	0.5	1.0	14,678	19,570
	0.8	1.6	3,799	5,065
3	0.3	0.9	60,870	81,160
	0.5	1.5	22,017	29,356
	0.8	2.4	5,698	7,598
4	0.3	1.2	81,160	108,213
	0.5	2.0	29,356	39,141
	0.8	3.2	7,598	10,131
5	0.3	1.5	101,450	135,266
	0.5	2.5	36,695	48,926
	0.8	4.0	9,497	12,663

せん断断面積 $A=Bd$ (m^2)

天端幅 $B=3.4m$ の I, A は表-7.3 に示すとおりである。

表-7.3 梁の断面二次モーメントせん断断面積

	$B=3^m$	$B=4^m$
断面二次モーメント(m^4)	13.5	32.0
せん断断面積(m^2)	18.0	24.0

(9) 礫の質量 M_2

$$M_2 = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho = \frac{4}{3} \times \pi r^3 \times \frac{2600}{9.8} = 1,111 r^3 \text{ (kg/m/s}^2\text{)}$$

表-7.4 礫の質量

礫の径(m)	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
礫の質量(kg/m ³ /sec)	17.4	138.9	1,111	17,359	138,875

※) r : 礫の半径

(10) 減衰定数

袖部を片持梁と考えた場合片持梁の減衰定数 D_1 と接触点の減衰定数 D_2 がある。

減衰定数は次式で示される。

$$D = h \times 2 \times \sqrt{MK} \dots\dots\dots (6 \cdot 8)$$

ここで、D：減衰定数 kgf・s/m

h：減衰比

M：質量

K：バネ定数

片持梁の減衰定数は(6・8・1)式で示される。

$$D_1 = h_1 \times 2 \times \sqrt{M_1 K_1} \quad \dots\dots\dots (6 \cdot 8 \cdot 1)$$

減衰比 h_1 は 6.6 節で示されるように、緩衝材の種類によって表-7.5 に示す通りである。設計でもこの h_1 の値を用いる。

表-7.5 減衰定数 D_1 の減衰比 h_1

緩衝材 h_1	モルタル	木 材	ゴ ム	砂
減衰比 h_1	0.43	0.94	1.46	3.41

接触点の減衰定数は(6・8・2)式で示される。

$$D_2 = h_2 \times 2 \times \sqrt{M_2 \cdot K_2} \quad \dots\dots\dots (6 \cdot 8 \cdot 2)$$

減衰比 h_2 は 6.6 節の理由から $h_2 = 1.0$ とする。

(II) コンクリートの物理定数

コンクリートの弾性係数およびポアソン比は大型模型実験の値を用いた。接触点の弾性係数は、今回の実験で行った球のめり込み試験の値を参考にして決めた。

コンクリートの弾性係数 $E_1 = 2.6 \times 10^9 \text{ kgf/m}^2$

コンクリートの終局強度割線弾性係数 $E'_1 = 0.1 \times 2.6 \times 10^9 \text{ kgf/m}^2$

$$\left[\begin{array}{ll} \text{めり込み実験の結果} & E'_1 = 1.855 \times 10^8 \text{ kgf/m}^2 \\ 1/2 \text{強度割線弾性係数} & E_1 = 1.80 \times 10^9 \text{ kgf/m}^2 \\ & \frac{E'_1}{E_1} = 0.10 \end{array} \right]$$

(12) 緩衝材の物理定数

緩衝材は実験の結果、緩衝効果の大きい砂とゴムについて行ない、弾性係数およびポアソン比は 6.3 節と同じ値とする。

表-7.6 緩衝材の物理定数

	終局強度割線弾性係数 E'_1 (kgf/m ²)	ポアソン比 ν_1
砂	1.834×10^8	0
ゴ ム	2.338×10^8	0.47

(13) 相似則

本設計では実験的に検証した計算モデルを用いて設計を行うので相似率が問題になる。本解析で用いた計算モデルは、減衰比を除きすべて物理定数、物理法則を用いたものである。相似率が問題となるのは減衰比だけである。しかし、この減衰比は図-6.8に示したように物理的に求められる。砂防ダムの袖の場合は構造が単純であり構造的な応力-ひずみヒステリシス自体も材料特性から定まるので、実験的に検討した値を用いてよいと考える。

さらに、これを確かめるために、S.56年度実施された大型片持梁実験の結果をモデル計算と比較したところ、Type I ($B=0.5\text{ m}$, $H=2\text{ m}$) の場合は実測値と差があるが、より大型の Type II ($B=1.0\text{ m}$, $H=3\text{ m}$) では比較の実測に近い値が得られた。資料-17参照。この結果からも実験的に検証された減衰比 h を用いて実物においても衝撃荷重を求めることができると考える。

7.3 衝撃対策工の設計

(1) 鉄筋による補強

土石流が袖部に衝突した場合に生ずる衝撃力を1ブロックで受けるものとして安定検討を行い、引張力が生じた場合その引張力を鉄筋に受けもたせるものとする。安定検討および鉄筋量の算定は次のように行う。

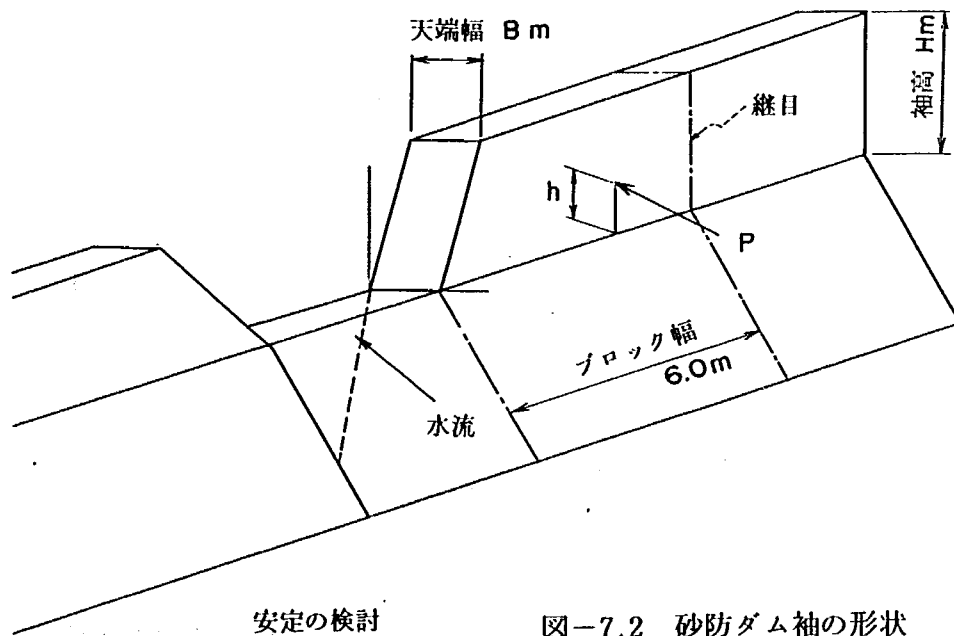
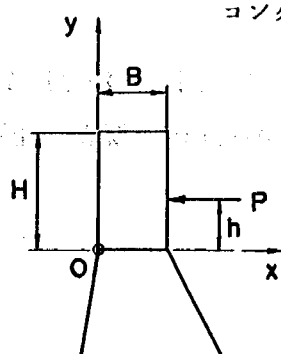


図-7.2 砂防ダム袖の形状



$$V_c = B \times H \times 6.0 \text{ (ブロック幅)} \times \gamma_c$$

$$\gamma_c = \text{コンクリートの単位体積重量 } 2.35 \text{ t/m}^3 \text{ (18)}$$

$$x_c = 1/2 \times B$$

表-7.7 外力の総括

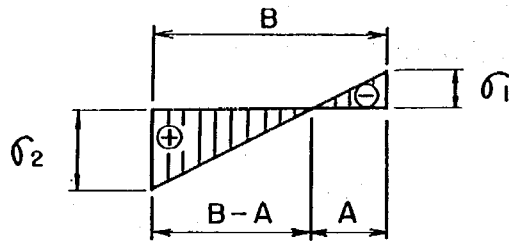
	鉛直力	水平力	距 離		モーメント M
			x	y	
コンクリート自重	Vc		xc		M ₁
衝撃力		P		y	⊖M ₂
計	Vc	P			ΣM=M ₁ -M ₂

$$\text{偏心距離 } e = \frac{\Sigma M}{V_c} - \frac{B}{2}$$

$e > \frac{B}{6}$ 引張力が生じない。

$e < \frac{B}{6}$ 引張力が生じる。

引張力が生じる場合の応力分布は次のとおりである。



縁応力は次式で求まる。

$$\sigma = \frac{V_c}{B \times 6} \left(1 \pm \frac{6 \times e}{B} \right)$$

*ブロック幅：6 m

引張力を全て鉄筋で受け持つものとする。

$$\text{全引張力 } T = \frac{1}{2} \times A \times \sigma_2$$

必要鉄筋量 A_s は全引張力を鉄筋の許容引力で除して求まる。

$$A_s = \frac{T(\text{kg})}{\sigma_{sa}(\text{kg/cm}^2)} = T/2700$$

σ_{sa} ：土石流が発生するのは異常時であるので常時の許容応力の 5 割増しとする。 $\sigma_{sa} = 1800 \times 1.5 = 2700 \text{ kg/cm}^2$ (SD 30)

計算結果は、図-7.4～7.11 および巻末資料-19 に示している。図-7.4～図-7.11 は土石流荷重に対する必要鉄筋量を求めるグラフであり、横軸必要鉄筋量 $A_s(\text{cm}^2)$ 、縦軸に土石流の流速 $V(\text{m/s})$ をとり、土石流の礫の大きさをパラメータとして示してある。

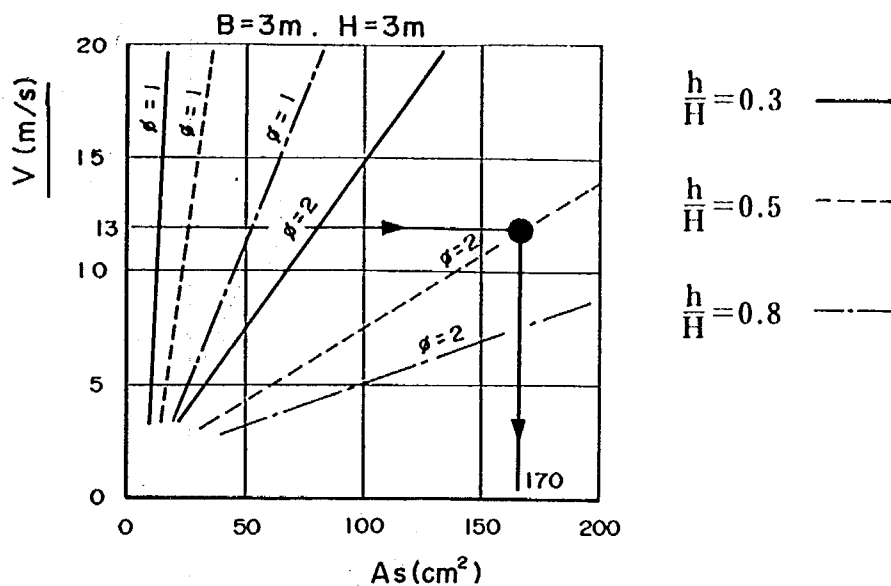


図-7.3 V-Asの一例

図-7.3にこれらのグラフの読み方を示している。たとえば、天端幅 3 m、袖高 $H=3\text{ m}$ に $\phi 2\text{ m}$ の礫が袖の中心部 ($h/H=0.5$) に速度 13 m/s で衝突した場合の鉄筋量は図-7.3 では $As=170\text{ cm}^2$ となる。

図-7.4～図-7.11 で $As=170\text{ cm}^2/\text{m}$ を限度としているのは、 $As>170\text{ cm}^2/\text{m}$ においては鉄筋の配列が困難になるからである。すなわち、鉄筋間隔がコンクリート標準示方書による粗骨材の最大寸法の 4/3 倍以上、鉄筋直径以上の条件を D 29 mm で満足できなくなる。

一般に砂防ダムの粗骨材の最大寸法は 40 mm であり、示方書を満足する鉄筋のあきは 54 mm 以上となる。また通常用いられる鉄筋の最大径は D 29 mm であり、鉄筋径による最小あきは 29 mm となる。したがって上記鉄筋のあきに、鉄筋径を加えると最小鉄筋間隔は約 80 mm となり、D 29 mm をダブルで配置するものをすれば単位長さ 1 m 当りの鉄筋量 $As=12.5^{\#} \times 2 \text{ 列} \times 6.424\text{ cm}^2=160.6\text{ cm}^2$ となる。

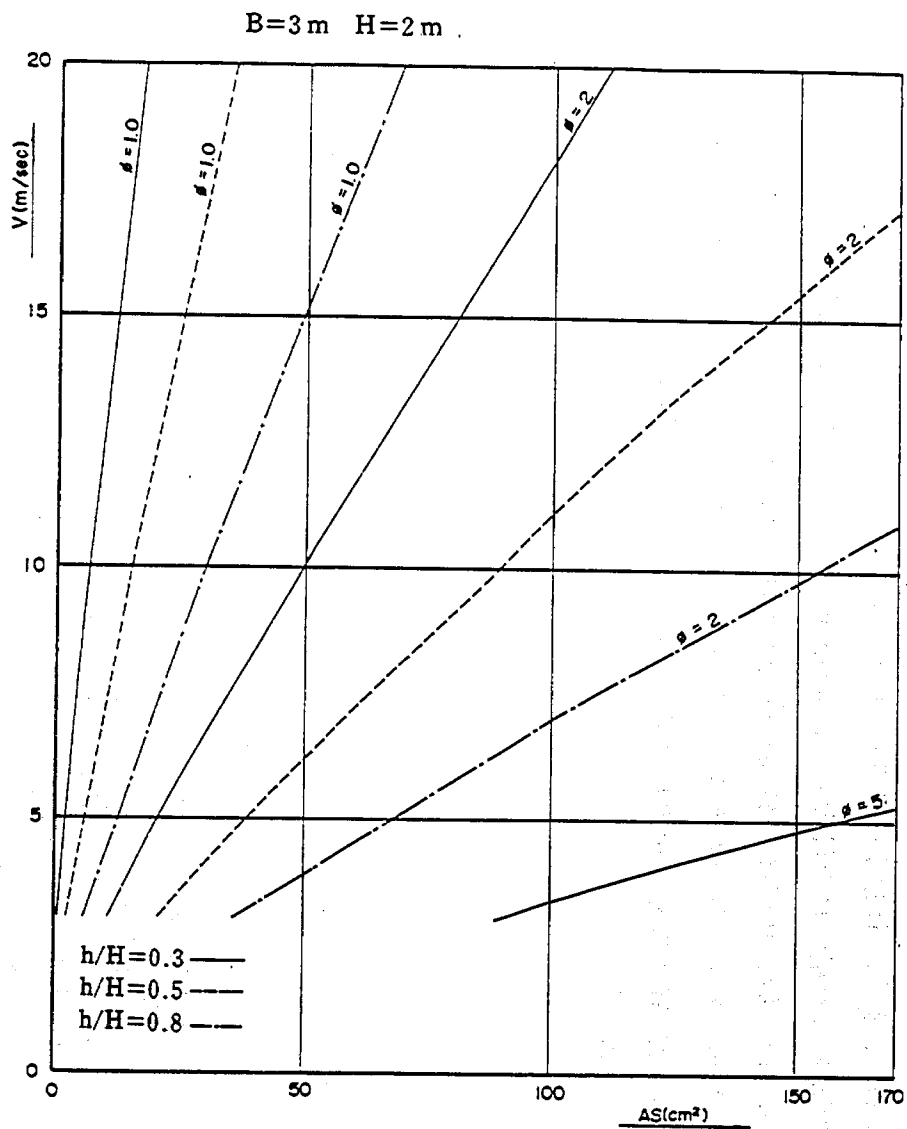


図-7.4 土石流の流速と鉄筋量の関係図

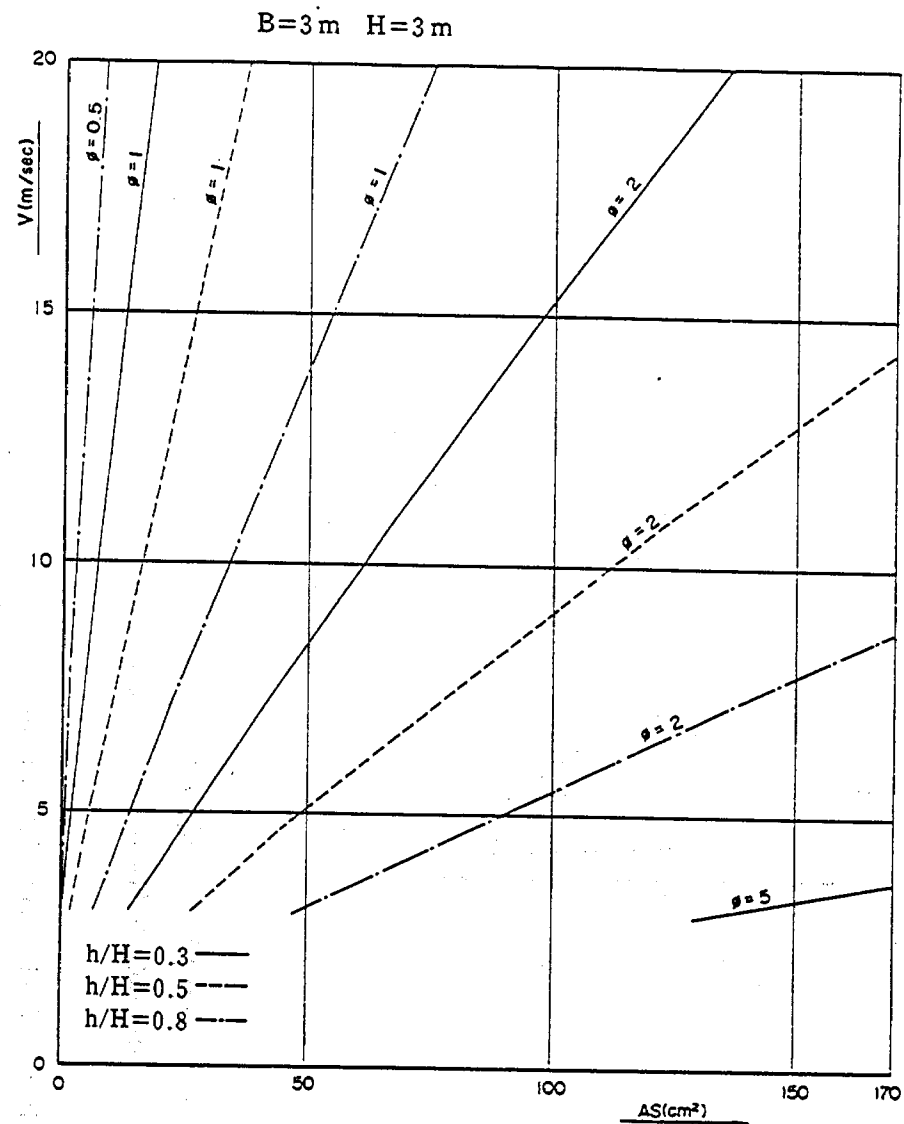


図-7.5 土石流の流速と鉄筋量の関係図

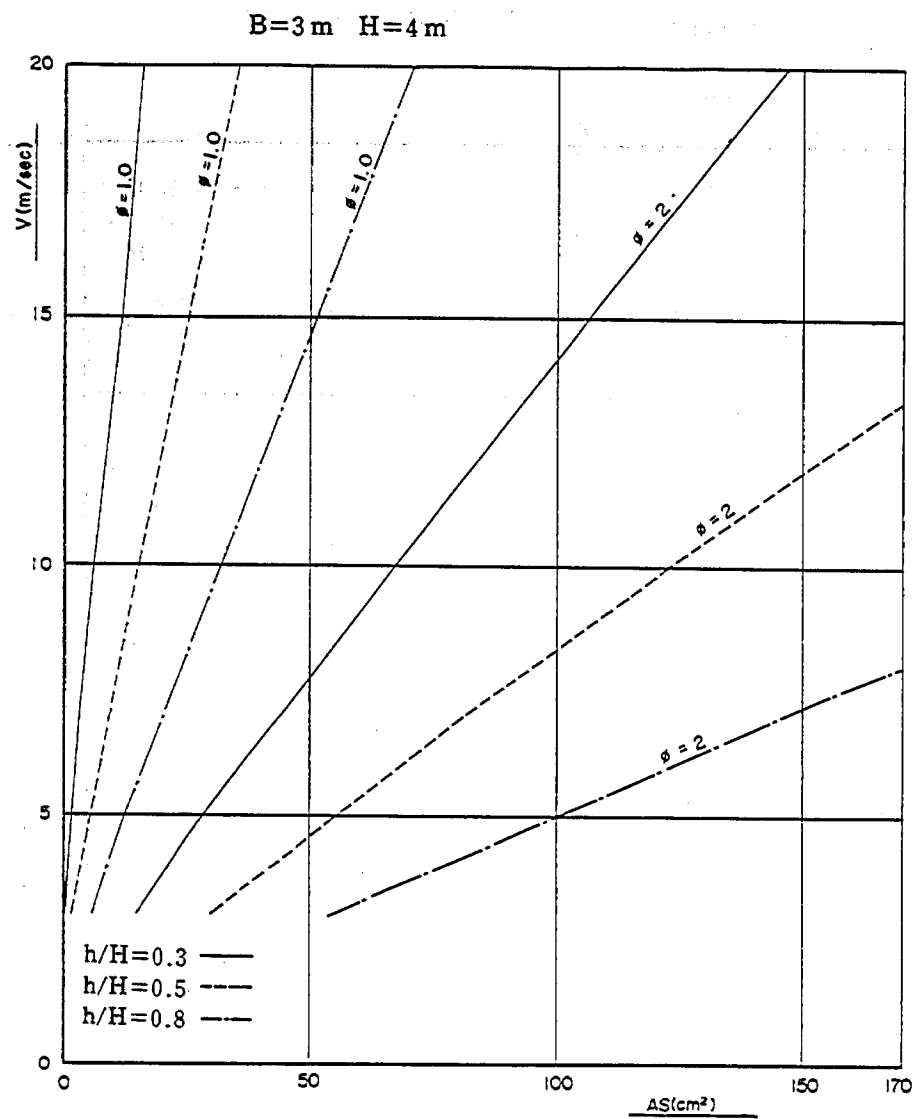


図-7.6 土石流の流速と鉄筋量の関係図

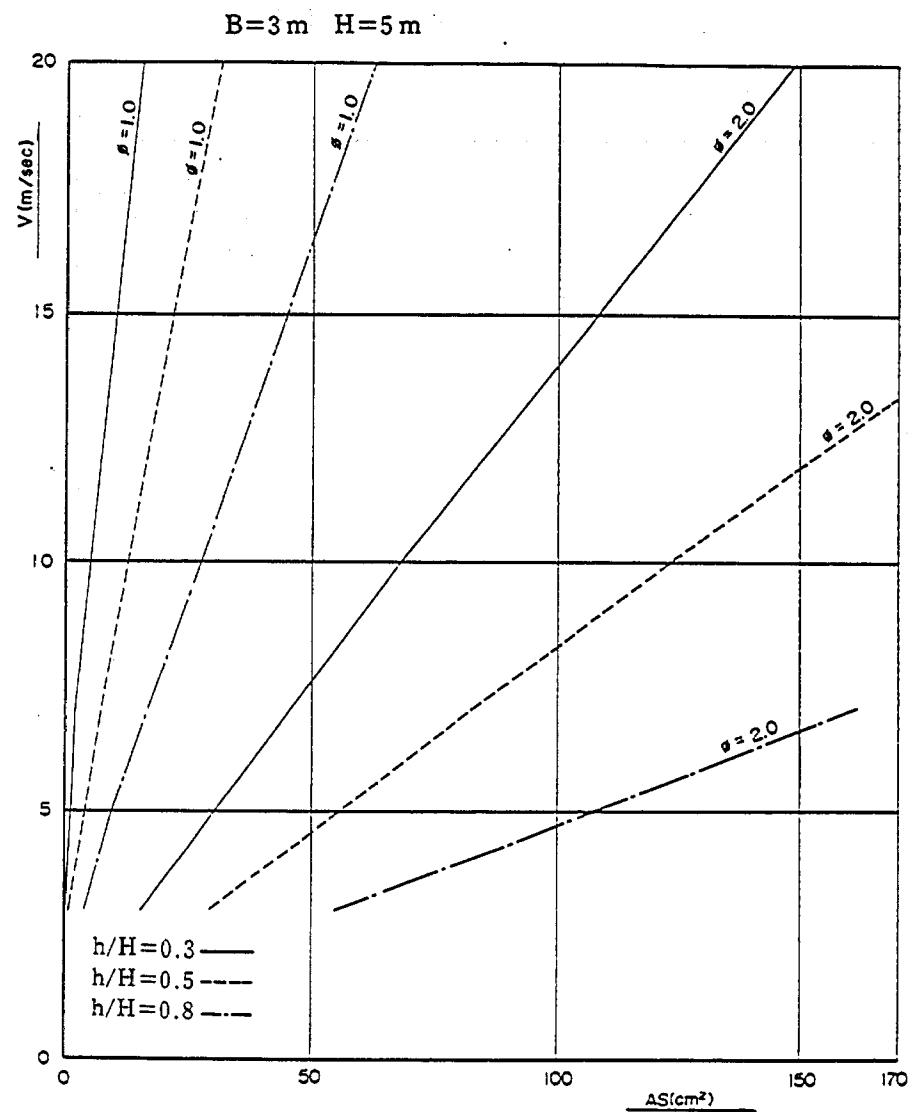


図-7.7 土石流の流速と鉄筋量の関係図

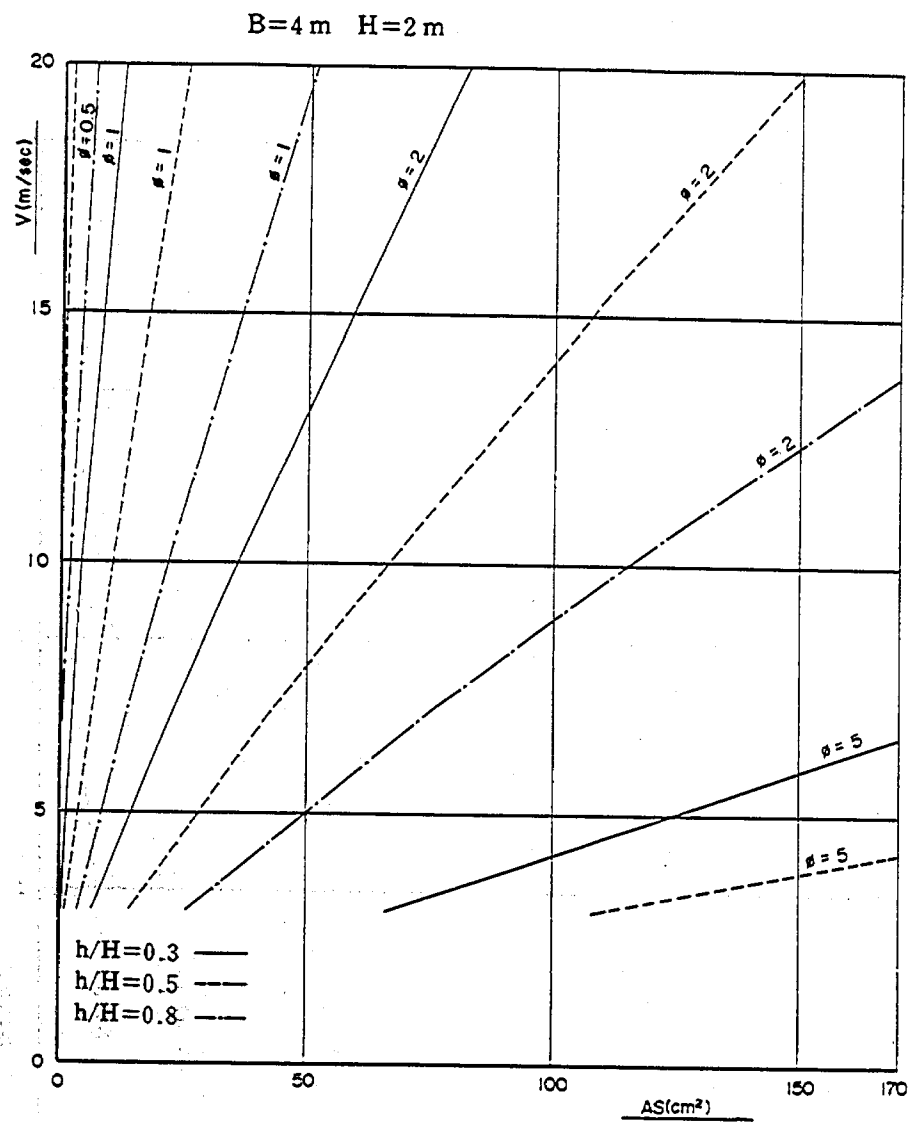


図-7.8 土石流の流速と鉄筋量の関係図

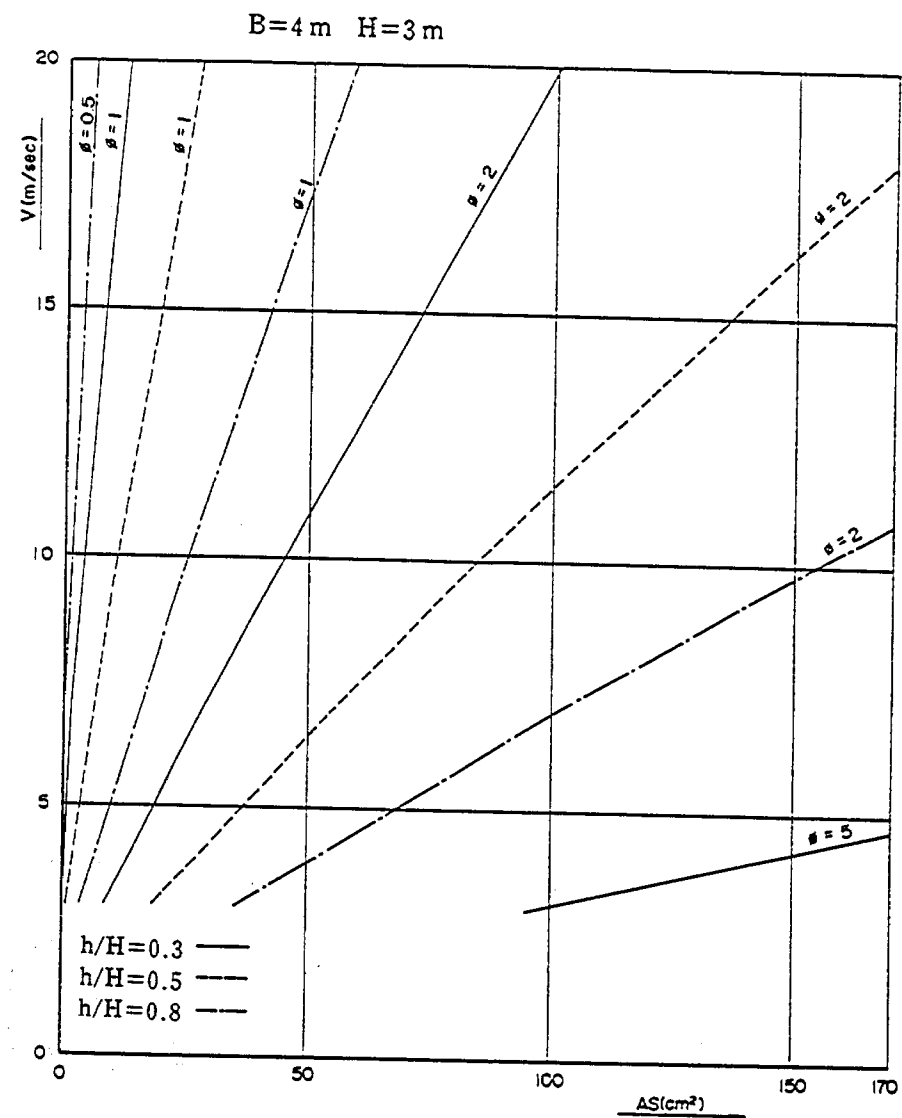


図-7.9 土石流の流速と鉄筋量の関係図

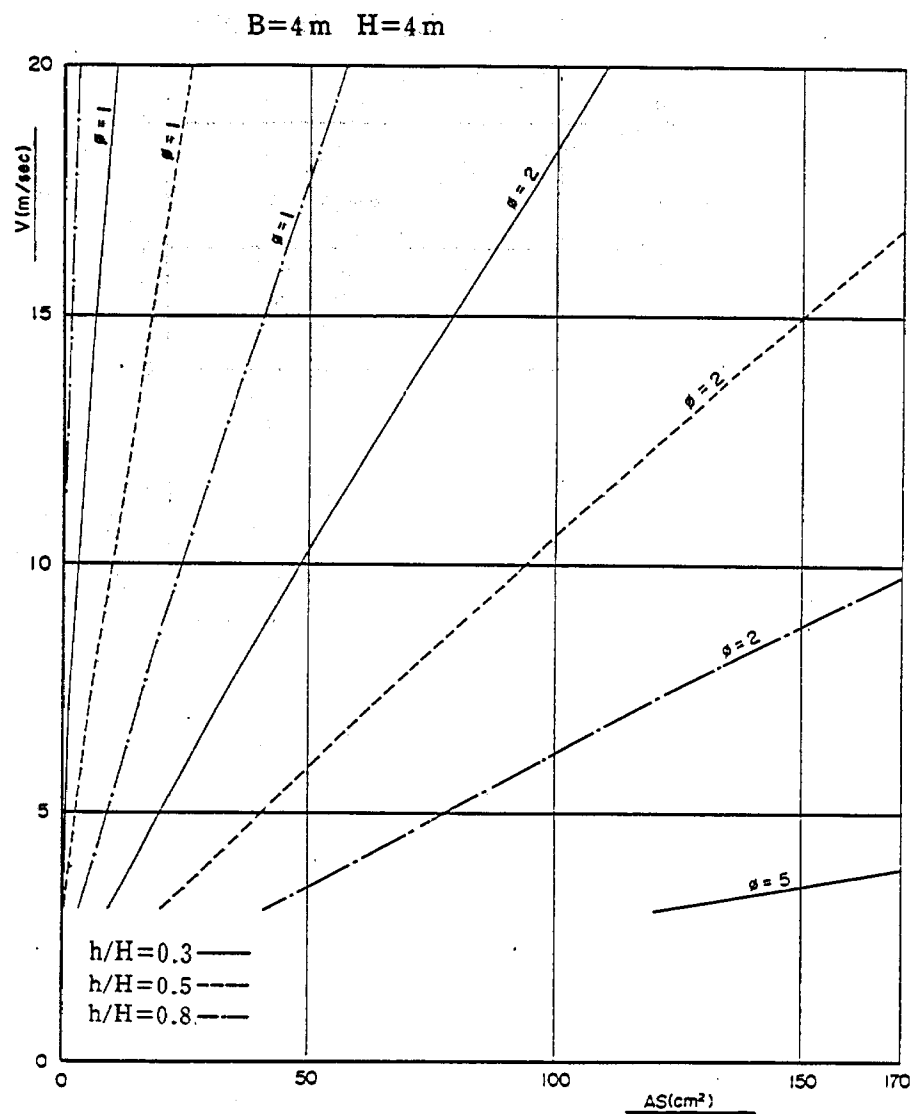


図-7.10 土石流の流速と鉄筋量の関係図

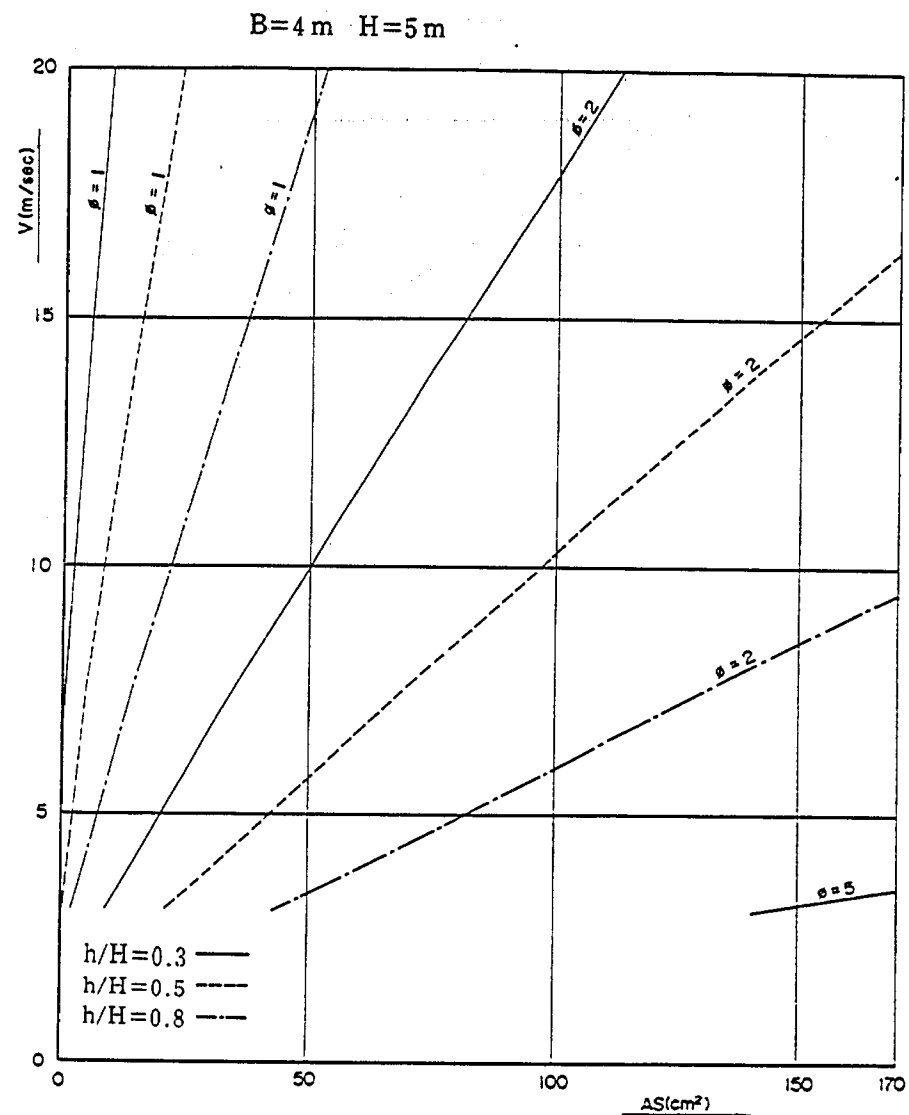


図-7.11 土石流の流速と鉄筋量の関係図

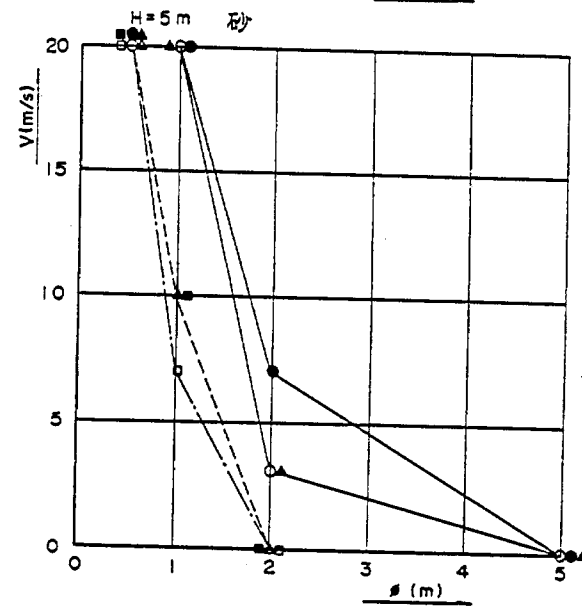
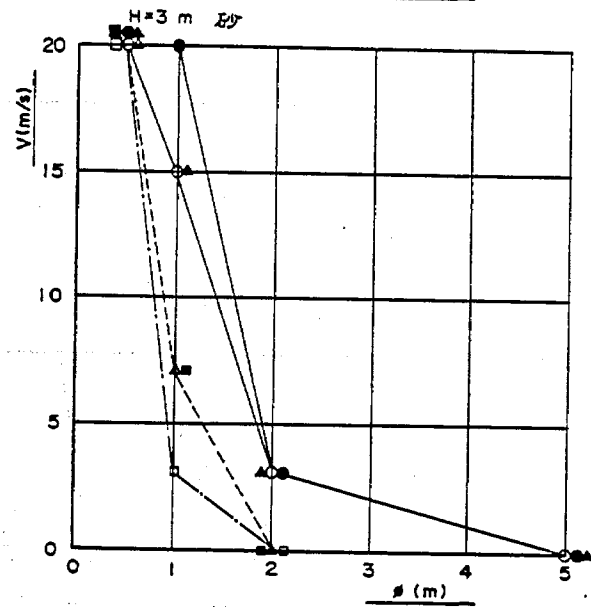
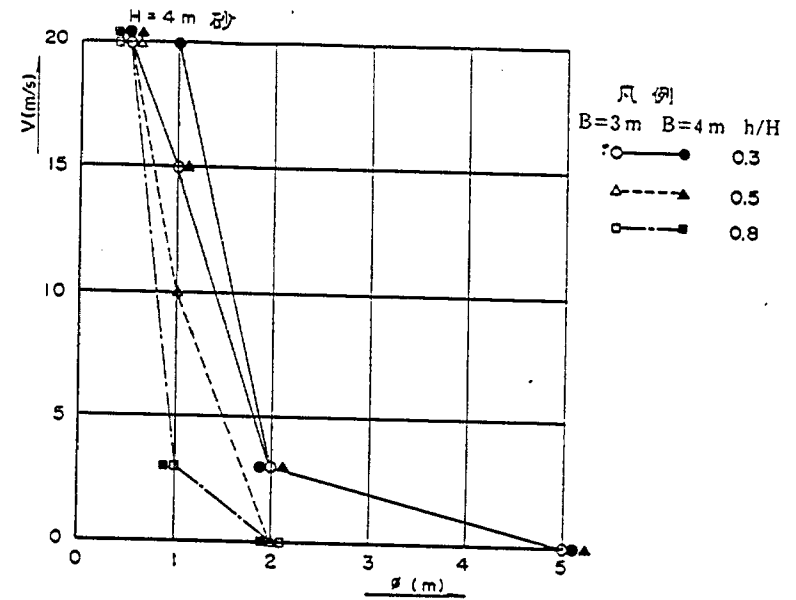
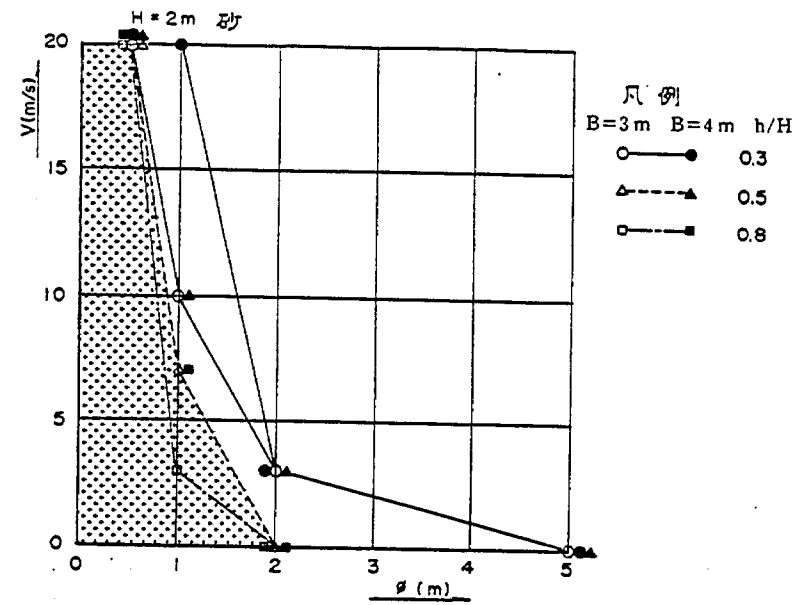


図-7.12 緩衝材の効果 (砂)

図-7.13 緩衝材の効果 (砂)

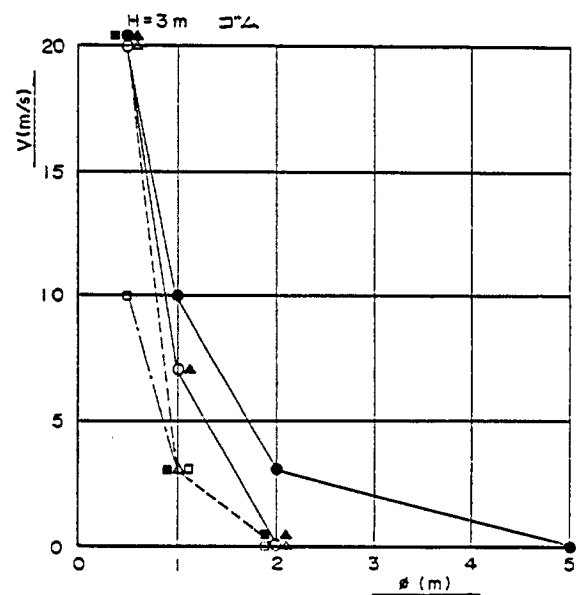
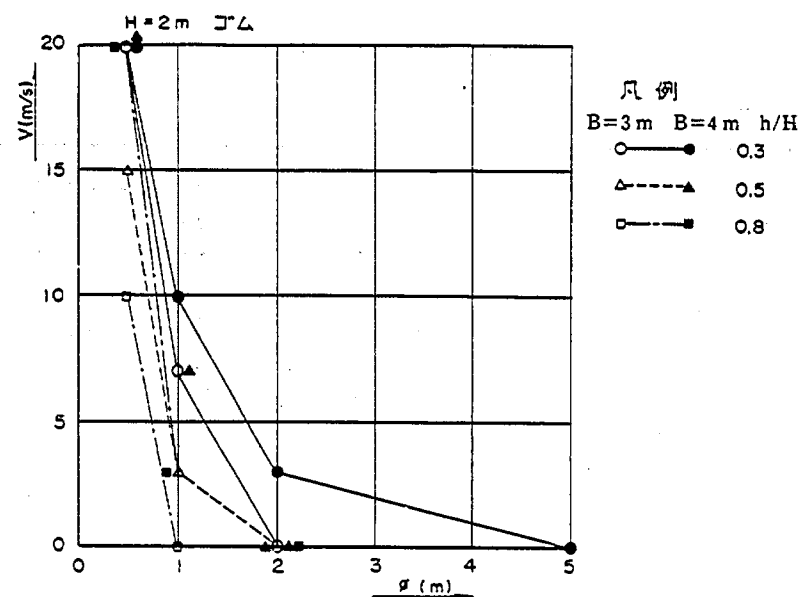


図-7.14 緩衝材の効果 (砂)

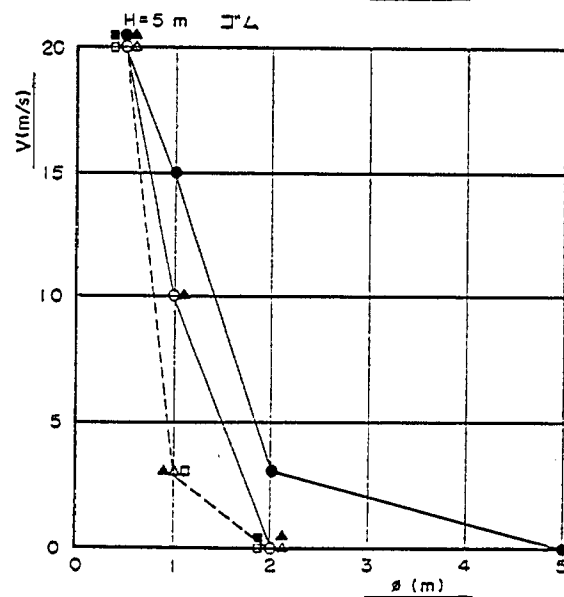
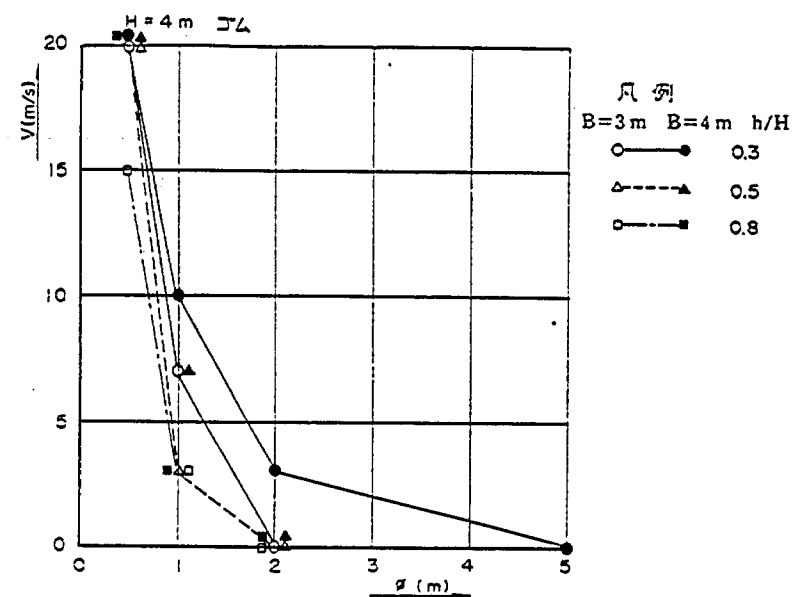


図-7.15 緩衝材の効果 (砂)

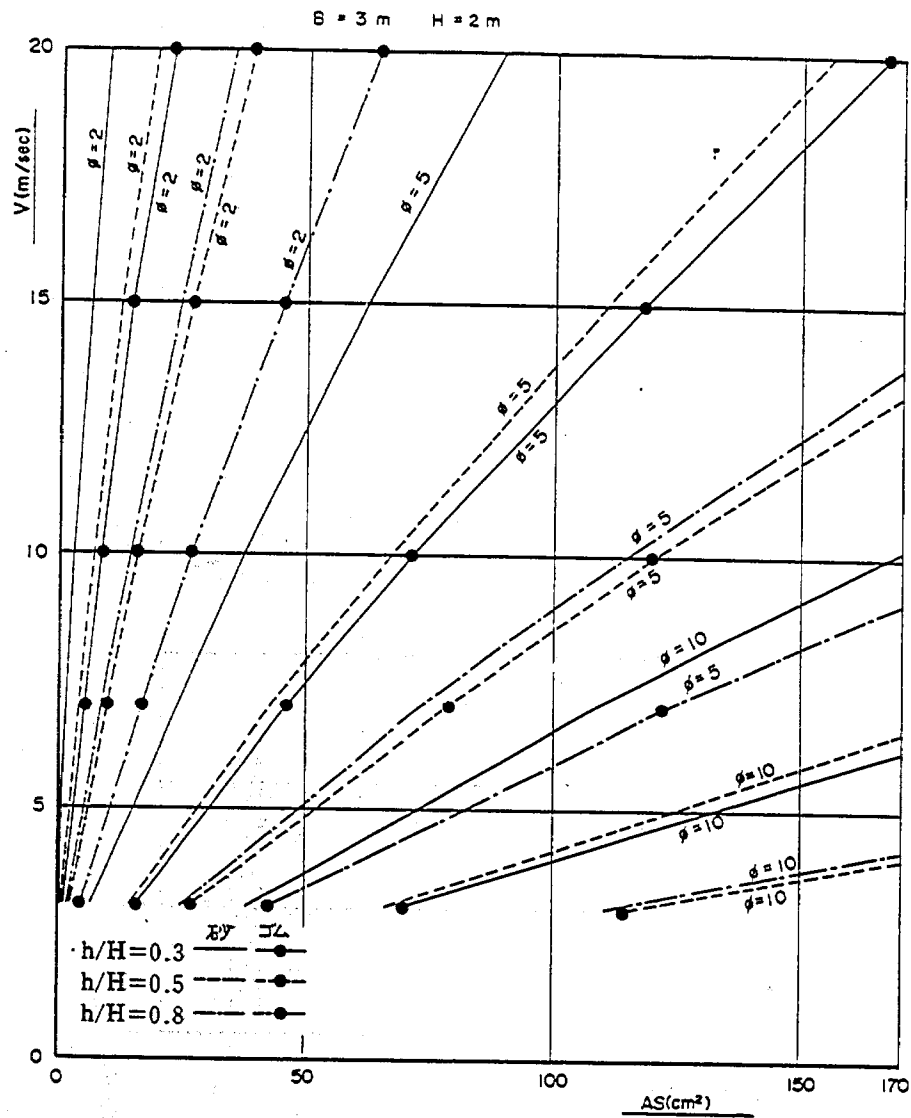


図-7.16 土石流の流速と鉄筋量の関係図

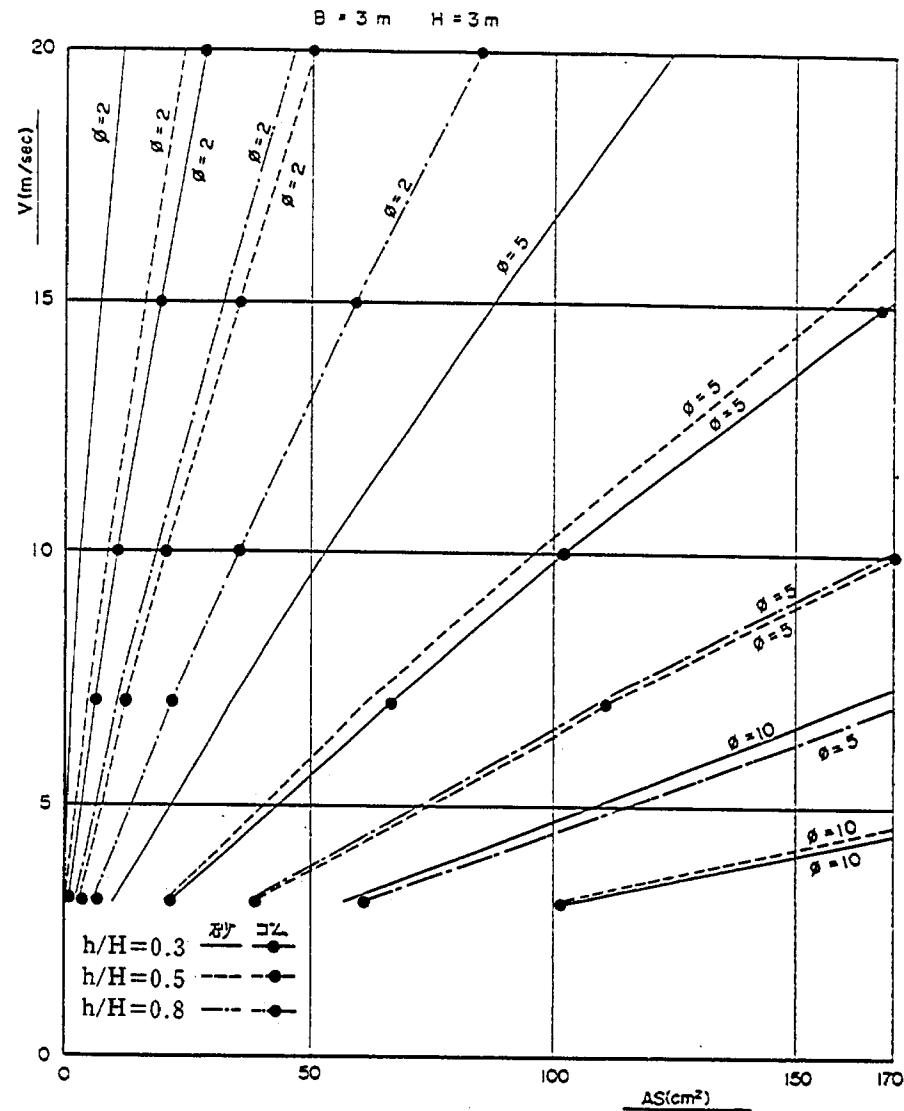


図-7.17 土石流の流速と鉄筋量の関係図

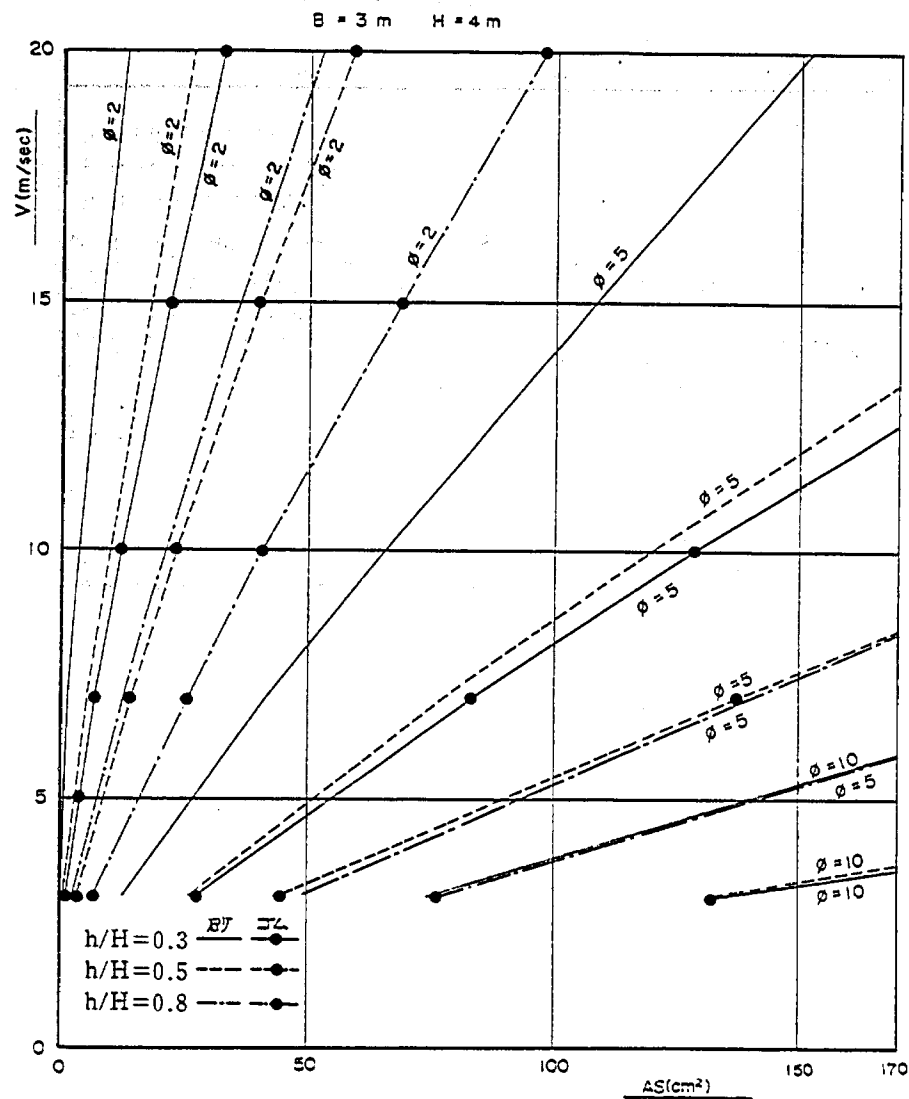


図-7.18 土石流の流速と鉄筋量の関係図

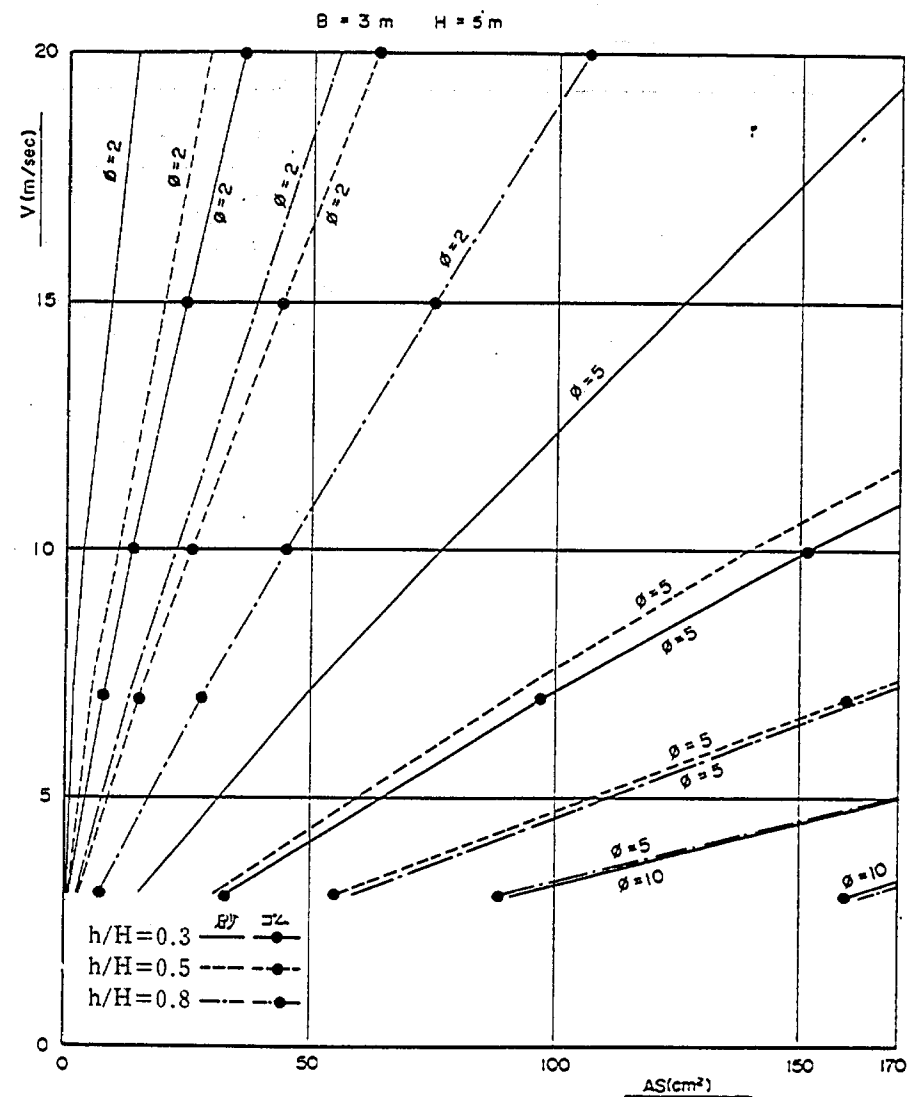


図-7.19 土石流の流速と鉄筋量の関係図

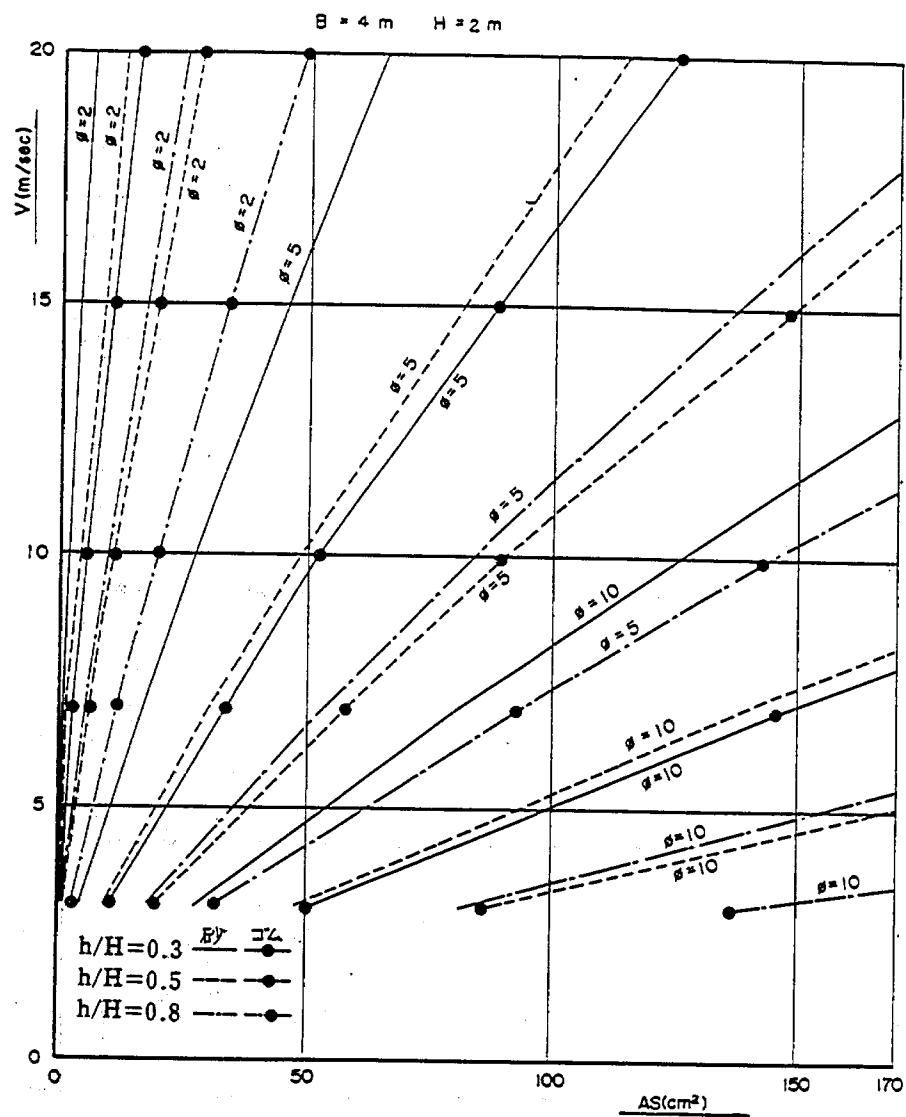


図-7.20 土石流の流速と鉄筋量の関係図

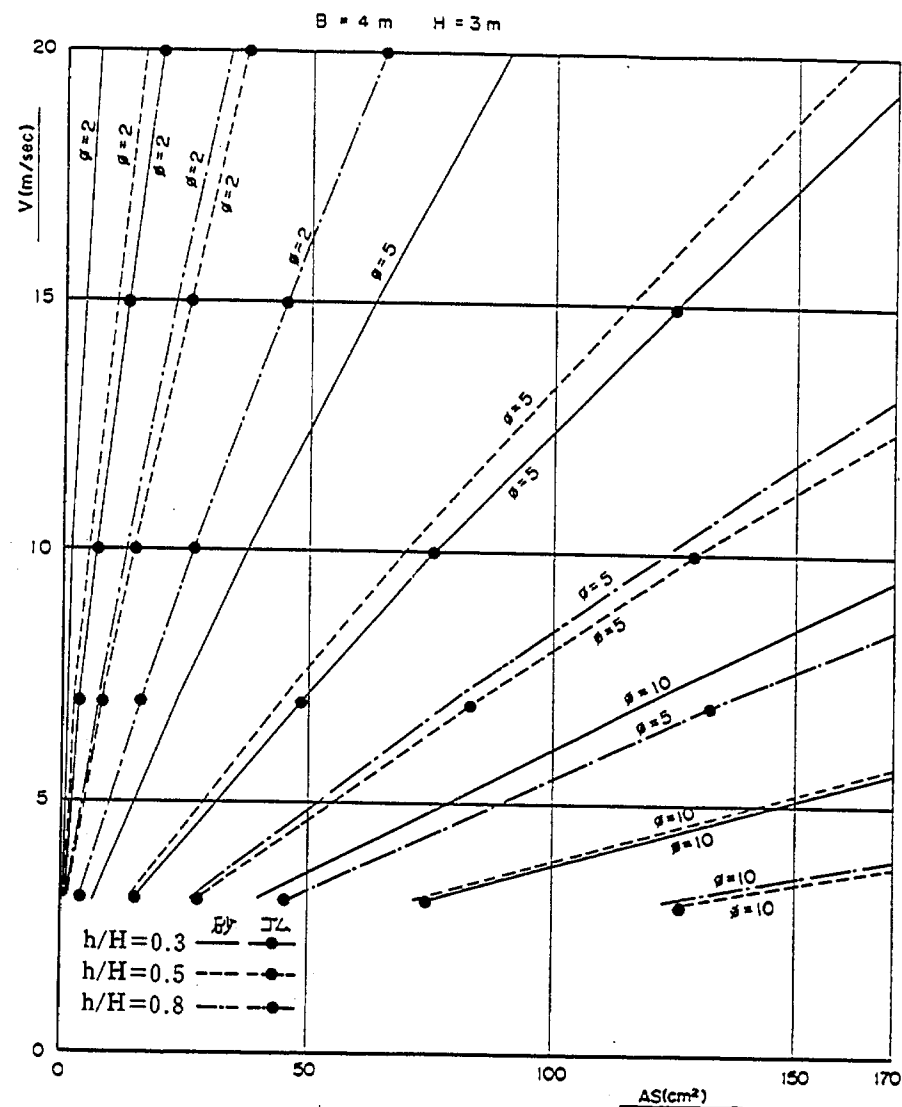


図-7.21 土石流の流速と鉄筋量の関係図

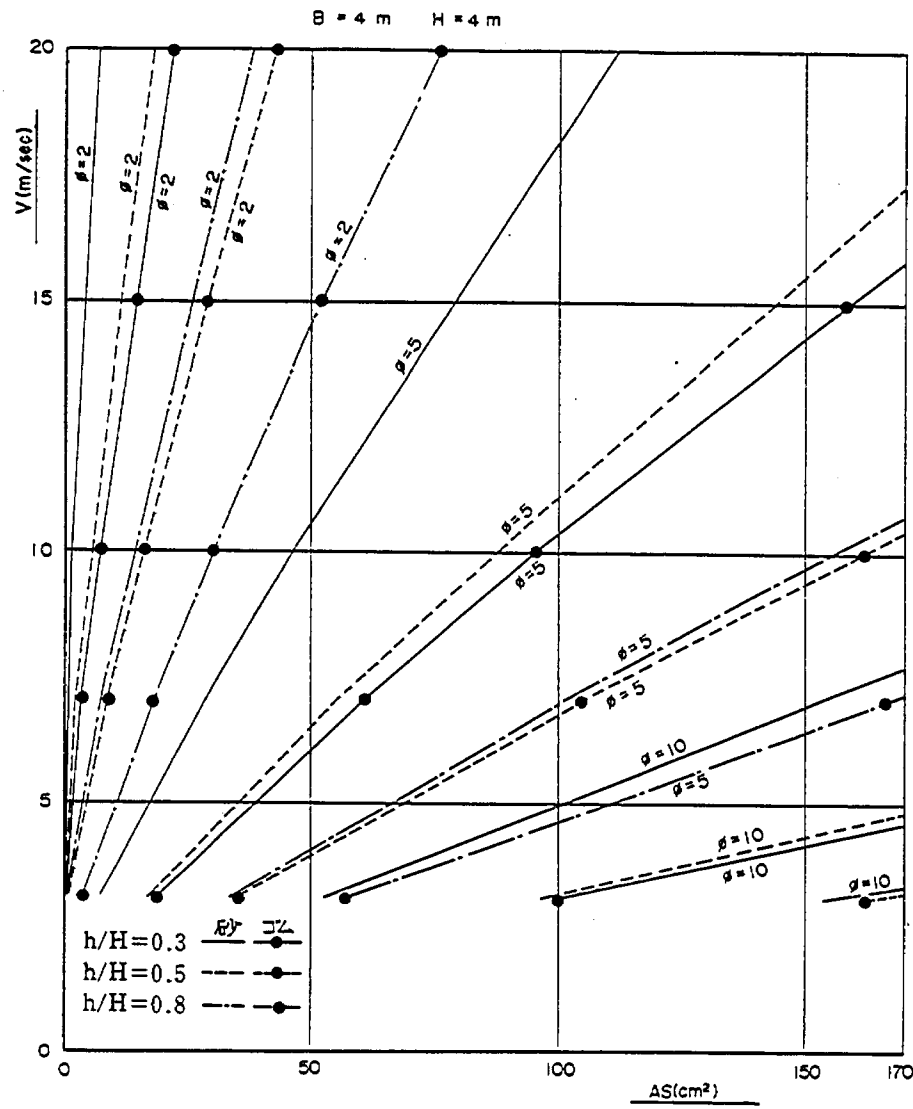


図-7.22 土石流の流速と鉄筋量の関係図

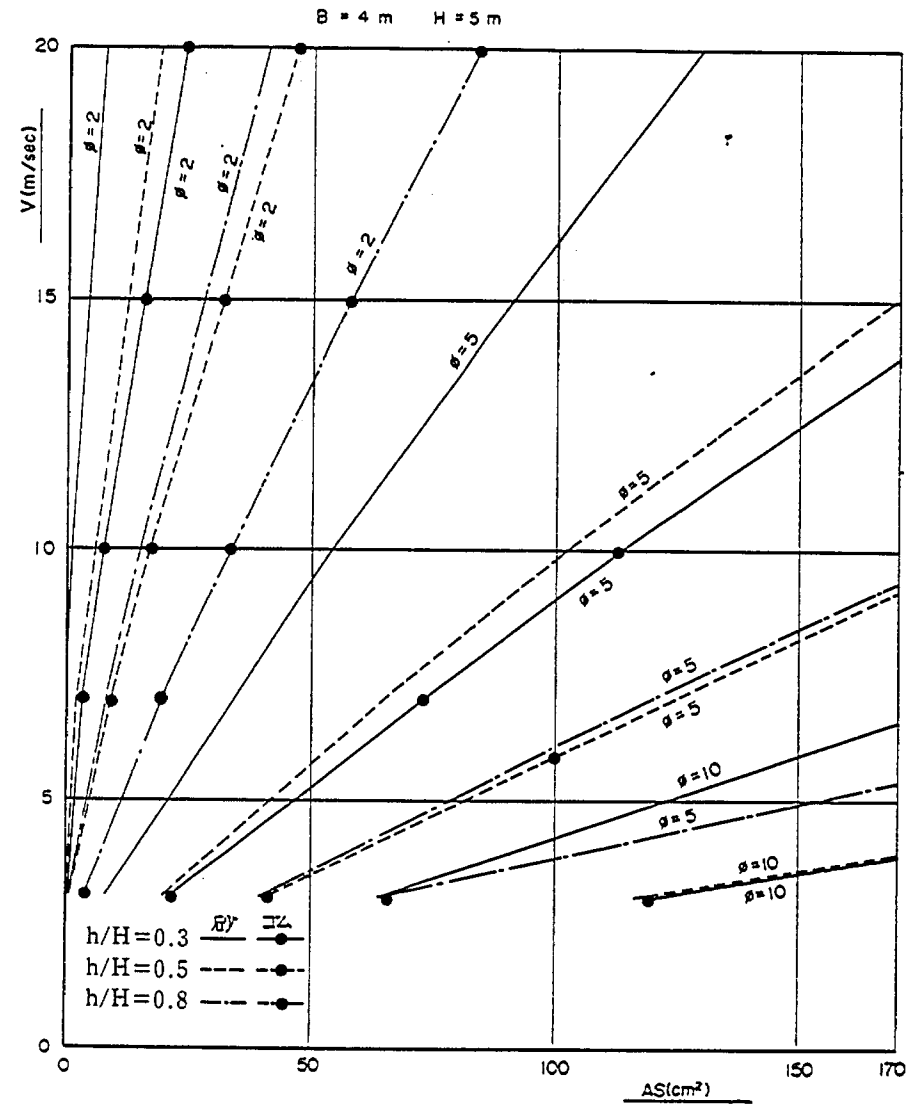


図-7.23 土石流の流速と鉄筋量の関係図

(2) 緩衝材を設置した場合

実験の結果衝突面に緩衝材を設置した場合、発生ひずみの値は設置しない場合に比べてかなり小さくなり効果があることがわかった。

衝突面に緩衝材としてゴムと砂を設置した場合の計算結果は巻末資料-20に示すとおりである。計算結果をみると、緩衝材を設置しなかった場合に発生していた引張力が設置すると同じ条件で礫が衝突しても発生していないことがわかる。

図-7.12～7.15に引張力が生じない条件を示してある。この図は、各袖高毎に、横軸に礫の大きさ ϕ (m)、縦軸に衝突速度 V (m/s) をとり、パラメーターとして、土石流の作用位置をとっている。

図-7.12 を例にとると、天端幅が 3 m、緩衝材は砂、袖高 2 m、作用位位置 $h/H=0.5$ の場合、コンクリート内に引張力が発生しない条件を $\cdots\cdots\cdots$ で示している。したがって、この範囲では緩衝材を用いると配筋は不必要となる。

図-7.16～図-7.23 には、緩衝材を設置しても引張応力が発生する場合の必要配筋量を示した。

(3) 袖下流勾配の緩和

土石流荷重を緩衝材を設置しなかった値を用いて、袖の下流側に法勾配を付けた場合に対して安定検討を行った。袖勾配は $1:m$ とすると $m=0.1, 0.2, 0.3$ の3種類、天端幅は $B=3\text{ m}$ 、袖高は $H=5\text{ m}$ 、作用点の位置は袖天端より 1 m 下がりについて行った。計算結果は、図-7.24、巻末資料-21に示す通りである。

図-7.24に示すように袖の下流法勾配をつけることにより、引張応力の発生を抑える効果は小さいと考えられる。

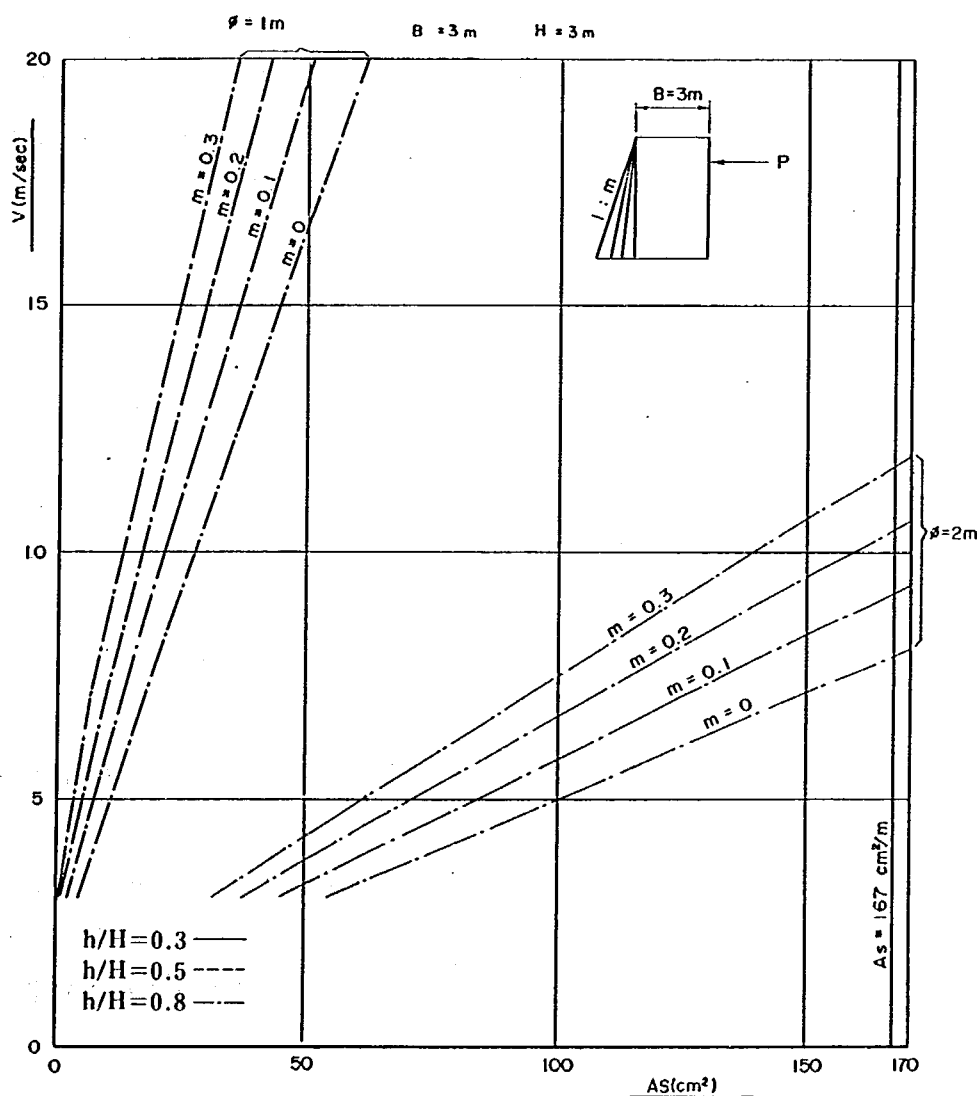


図-7.24 下流面法勾配の効果

(4) 袖の河道中心に対する取付け角度

土石流衝撃荷重が図-7.25に示すように袖に対して直角に作用した場合と斜めに作用した場合について考察すると、斜めに作用した場合は作用荷重 P が P_v と P_H に分解され、袖部に直角に作用した場合の P と比較すると発生応力は小さくなる。今、 $\theta=9^\circ$ とすると、土石流荷重が直角に作用した場合に対して98%（2%減）となることが推定される。

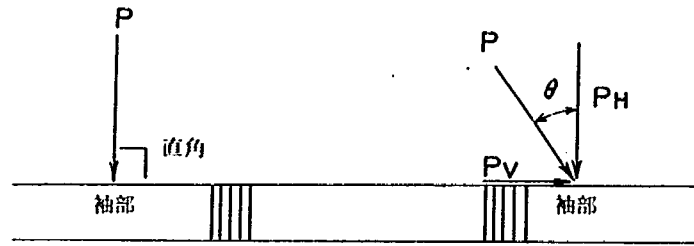


図-7.25 土石流衝撃荷重の方向

袖部に対して斜めに土石流衝撃荷重が作用した場合に発生応力がどの程度小さくなるのか実験を行った。実験は、衝撃応答実験と同じ方法で鋼球を速度 $V = 4 \text{ m/s}$ で自由落下させた。衝突面は水平に対して約 9° の角度を持つように傾け鋼球を衝突させて発生応力を測定した。衝突面にはモルタル板 $t = 3 \text{ cm}$ 、木材 $t = 3 \text{ cm}$ の2種類を設置した。(図-7.26 参照)

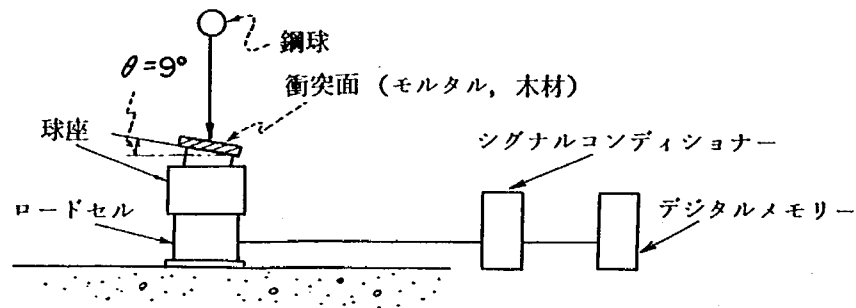


図-7.26 衝突面を傾斜させた場合の衝撃応答

実験結果は表-7.8に示すように衝突面を水平にした場合に対して発生応力が約65%程度になる。実験は、モルタル、木材共5ケース行い、その平均値を用いている。

以上のように土石流の方向に対して衝突面を傾斜させると直角に土石流が衝突するときの発生応力の垂直分力として単純に求めた値より、大幅に小さい発生応力となる。したがって土石流の流下方向に対して直角にならないように構造物のレイアウトをすることも土石流の荷重対策としては有効である。

表-7.8 衝突面の角度の違いによる発生応力

	発生応力(kg)		傾斜 水平
	水 平	傾斜($\theta = 9^\circ$)	
モルタル	2550	1670	0.65
木 材	2270	1410	0.62

7.4 衝撃対策工の提案

土石流の衝撃荷重対策として①鉄筋による補強②袖天端幅を変えた場合③砂、ゴムの緩衝材④袖の下流面勾配の緩和⑤衝突面の傾斜等について検討を行った。結果は下記の通りである。

① 鉄筋による補強

配筋で対処可能な土石流荷重の組み合わせは、土石流荷重の作用位置を $h/l=0.8$ とすると天端巾 $B=3\text{ m}$ 、袖高 $H=5\text{ m}$ の時は $\phi=2\text{ m}$ の巨石が流下してくるとすると $V=7\text{ m/s}$ まで、 $\phi=1.0\text{ m}$ を想定すると $V=20\text{ m/s}$ までとなる。

② 袖天端幅を変えた場合

上記の条件で天端幅 $B=3\text{ m}$ から $B=4\text{ m}$ とかえると $\phi=2\text{ m}$ の巨石を想定した場合、対処できる範囲は $V=9.5\text{ m/s}$ まで可能となる。

③ 砂やゴムの緩衝材を用いた場合

砂やゴムの緩衝材を設置しただけで砂防ダム袖の安全を保てる範囲は限定される。例えば天端幅 $B=3\text{ m}$ 、袖高 $H=5\text{ m}$ 、緩衝材砂のとき $\phi=1\text{ m}$ なら $V=10\text{ m/s}$ まで、 $\phi=2\text{ m}$ なら $V=0\text{ m/s}$ となる。しかし、発生応力を減少させる効果は大きい。すなわち、緩衝材がない場合に対してゴムの場合約 22%、砂の場合約 13% の発生応力となる。したがって、緩衝材を用いて配筋量を減少させたり、対処可能な範囲を広げることができる。天端幅 $B=3\text{ m}$ 、袖高 $H=5\text{ m}$ で緩衝材に砂を用いると、配筋で対処できるのは $\phi=2\text{ m}$ で $V>20\text{ m/s}$ 、 $\phi=5\text{ m}$ で $V=7.5\text{ m/s}$ までとなる。

④ 袖下流面の法勾配の緩和については、引張応力の発生を抑えることはできないが、鉄筋量を減らすことはできるが効果は少ない。

⑤ 衝突面の傾斜については、効果はみられるが今回の検討では設計に反映するまでの結果は得ることはできなかった。

上記の検討結果に基づき土石流衝撃力対策を提案すると、緩衝材+鉄筋による補強が最も有効であると判断される。緩衝材としては砂の方がゴム、木材より効果が大であり、かつ経済的であるため、砂が使われるべきである。緩衝材厚は実験結果から幾可学的に拡大して求められる。したがって、砂防ダムの土石流衝撃力対策として次のものが提案される。

緩衝材 砂又は砂礫

緩衝材の保護 砂、砂礫の流出防止のために表面を蛇かご（吸出し防止用シートを設置）で保護する。

緩衝材厚 最小限 1.5 m

配筋 土石流の流速、予想される巨石の直径に応じて図-7.16~7.23 に示す配筋とする。

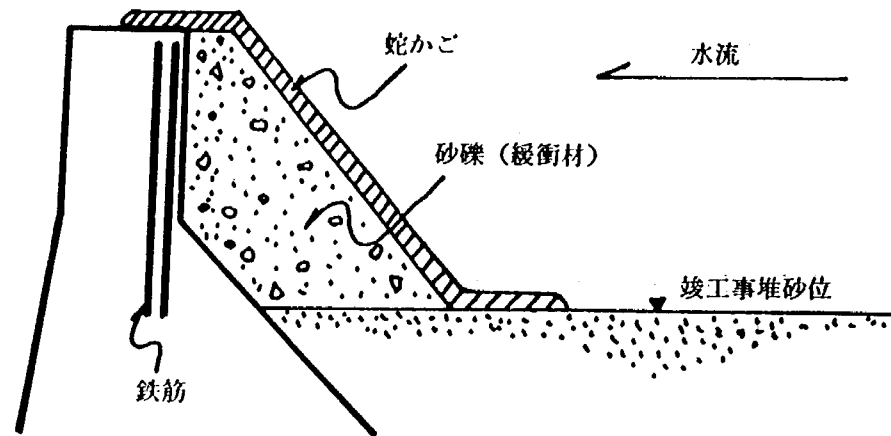


図-7.27 砂防ダムの土石流衝撃力対策

8. まとめ

土石流の衝撃力に対する緩衝材の実験および解析を行った結果次のことが明らかとなった。

- (1) 緩衝材を用いたモルタル片持壁に対する鋼球の衝撃応答は等価質点減衰振動モデルによりシュミレーションができる。
- (2) 上記モデルにおいて、緩衝材の種類により減衰比 h_i が変化することが実験的に得られた。
- (3) 砂、ゴムは土石流衝撃力に対する緩衝効果が大きいことが実験的に確められた。その効果は緩衝材がない場合に比較して、発生応力を砂、ゴムによりそれぞれ 11~19%, 23~50%に押えることができる。
- (4) 実物砂防ダム袖部の耐土石流衝撃荷重設計は上記のモデルを用いて行うことができる。
- (5) 砂防ダムの土石流衝撃力対策としては、最小厚 1.5 m 厚の砂による緩衝材（蛇カゴにより保護）と鉄筋による補強が提案される。

参 考 文 献

- 1) 水山高久；砂防ダムに対する土石流衝撃力算定とその問題点，新砂防 112，昭和54年8月，p 40.
- 2) 中堤治朗・谷 敬；崩落土の衝撃力に関する実験的研究，土木学会論文報告集，第325号，1982年9月，p 119.
- 3) 岡田 清・久良喜代彦・児島孝之；コンクリート棒を伝播する高歪圧縮波の減衰について，土木学会第26回
年次講演会概要集，V-25，昭和46年10月，p 71.
- 4) 坂田 勝；過渡応答，振動工学ハンドブック，第7章，養賢堂，昭和56年6月，p 331.
- 5) 渡辺正幸・水山高久・伊巻幹雄；富士山土石流衝撃力実験報告書（II），昭和56年3月，土研資料第1662号
等.
- 6) 片山恒雄・富田利雄・国井隆弘；新体系土木工学10・構造物の振動解析，技報堂，1979年11月，p 21.
- 7) 金井 清・田治見宏・大沢 胖・小林啓美；建築構造学大系：地震工学，彰国社，1945年12月，p 145.
- 8) 足立紀尚・龍岡文夫；新体系土木工学18・土の力学(III)，技報堂，1981年8月，p 229.
- 9) 松浦章夫；高速鉄道における橋桁の動的挙動に関する研究，土木学会論文報告集，第256号，1976年12月，
p 35.
- 10) 彦坂ひろし・吉村虎蔵・内谷 保；連行自動車荷重による単純桁橋の非定常ランダム応答と衝撃係数，土木学
会論文報告集，第290号，1979年10月，p 36.
- 11) 佐藤 裕；軌道構造の構築振動におよぼす影響，土木学会論文報告集，第240号，1975年8月，p 63.
- 12) 上島照幸・平田和太・塩見 哲・渡辺啓行；基礎起振実験による岩盤の弾性および減衰特性の評価，土木学会
論文報告集，第329号，1983年1月，p 13.
- 13) 多治見 宏；建築振動学，コロナ社，昭和47年4月，p 127.
- 14) Eiichi Kuribayashi, Toshio Iwasaki, Fumio Tatsuoka ; Effects of Stress-strain Conditions on Dynamic
Properties of Sand, 土木学会論文報告集，第242号，1975年10月，p 113.
- 15) 赤井浩一・山内勇喜男；衝撃的荷重に対する飽和粘土の応答特性，土木学会論文報告集，第149号，昭和43
年1月，p 38.
- 16) 岡田 清・久良喜代彦；コンクリート杭の打撃応力について，土木学会論文報告集，第252号，1976年8月，
p 117.
- 17) 落石対策便覧（S.58.7），日本道路協会，p 178.
- 18) 河川砂防技術基準 設計編 第3章，建設省河川局.
- 19) 竹田仁一・立川博之；直接引張法によるコンクリートの高速引張実験，日本建築学会大会学術講演梗概集（関
東），昭和45年9月，p 1037.

資 料 集

資 料 目 次

1. モルタルの圧縮試験	81
2. 緩衝材に対する鋼球のめり込み実験	84
3. $p-\alpha$ 関係より E'_1 の算定	92
4. 緩衝材の衝撃応答実験	94
5. 緩衝材に対する鋼球の衝突荷重の計算	98
6. 緩衝材の衝撃応答補足実験	100
7. 緩衝材に用いた砂の粒度試験	102
8. 緩衝材の応答荷重のモルタル応答荷重に対する比	105
9. $t-\varepsilon$ カーブ	106
10. 落高と球速の関係	142
11. 最大変位からひずみへの変換の考え方	144
12. 緩衝材の効果の整理	145
13. 接触バネの臨界減衰定数と固有振動数の計算	147
14. D_1, D_2 が $y_{1\max}$ に及ぼす影響	152
15. 減衰を考えたモデル計算の結果	153
16. 減衰を考えないモデル計算の結果	161
17. 大型実験 (S.55 年度) の減衰を用いたモデル計算	169
18. 減衰定数の測定例	175
19. 鉄筋量の算出	176
20. 緩衝材を設けた場合の鉄筋量の計算	181
21. 下流勾配を緩和した場合の鉄筋量の計算	189

1. モルタルの圧縮試験

[illegible]

[illegible]

2. 緩衝材に対する鋼球のめり込み実験

2.1 木材に対する鋼球のめり込み試験

(1) $t = 1 \text{ cm}$

荷 重 (kgf)	変位量 (1/100 mm)	修正係数 (1/100 mm)	修正変位量 (1/100 mm)	荷 重 (kgf)	変位量 (1/100 mm)	修正係数 (1/100 mm)	修正変位量 (1/100 mm)
0	0	0	0	1418	429	299	130
55	3	12	0	1545	426	326	100
91	1	19	0	1673	426	353	73
145	32	31	1	1764	428	372	56
182	59	38	21	1827	425	385	40
236	87	50	37	1973	421	416	5
273	114	58	56				
336	150	71	79	0	0	0	0
364	173	77	96	91	36	19	17
427	198	90	108	191	104	40	64
464	217	98	119	282	173	60	113
518	222	109	113	373	215	79	136
555	239	117	122	455	285	96	189
600	263	127	136	545	335	115	220
636	275	134	141	645	393	136	257
682	299	144	155	736	418	155	263
727	313	153	160	827	444	174	270
782	331	165	166	936	467	197	270
827	347	174	173	1055	480	223	257
918	372	194	178	1145	489	242	247
990	388	209	179	1218	496	257	239
1027	394	217	177	1291	501	272	229
1109	405	234	171	1382	503	292	211
1209	416	255	161	1473	502	311	191
1300	424	274	150				

(2) $t = 2 \text{ cm}$

荷 重 (kgf)	变位量 (1/100 mm)	修正係数 (1/100 mm)	修正变位量 (1/100 mm)	荷 重 (kgf)	变位量 (1/100 mm)	修正係数 (1/100 mm)	修正变位量 (1/100 mm)
0	0	0	0	618	215	130	85
109	52	23	29	664	209	139	70
373	158	78	80	691	220	145	75
582	238	122	116	745	237	156	81
754	282	158	124	836	262	175	87
936	337	196	141	918	289	192	97
1118	389	234	155	1018	317	213	104
1290	446	270	176	1118	358	234	124
1473	506	309	197	1200	388	252	136
1700	604	356	248	1291	419	271	148
1809	648	379	269	1391	463	292	171
2027	722	425	297	1473	489	309	180
1791	769	375	394	1582	523	332	191
				1663	558	349	209
0	0	0	0	1754	594	368	226
55	26	12	14	1845	610	387	223
100	49	21	28	1927	640	404	236
155	75	32	43	2054	671	431	240
191	86	40	46				
236	104	49	55				
282	120	59	61				
373	148	78	70				
427	162	90	72				
473	175	99	76				
554	200	116	84				

2.2 砂に対する鋼球のめり込み試験

(1) $t = 3 \text{ cm}$

荷 重 (kgf)	変位量 (1/100 mm)	修正係数 (1/100 mm)	修正変位量 (1/100 mm)	荷 重 (kgf)	変位量 (1/100 mm)	修正係数 (1/100 mm)	修正変位量 (1/100 mm)
0	0	0	0	0	0	0	0
45	253	9	244	36	220	8	212
100	467	21	446	91	480	19	461
145	607	31	576	145	658	31	627
182	709	38	671	200	815	42	773
236	810	50	760	264	1019	56	963
273	885	58	827	364	1210	77	1133
327	975	69	906	455	1371	96	1275
391	1057	82	975	545	1487	115	1372
436	1114	92	1022	682	1612	144	1468
482	1171	102	1069	727	1676	153	1523
527	1227	111	1116	818	1765	173	1592
636	1320	134	1186	891	1852	188	1664
745	1347	157	1190				

2.3 ゴムに対する鋼球のめり込み試験

(1) $t = 2 \text{ cm}$

荷 重 (kgf)	変位量 (1/100 mm)	修正係数 (1/100 mm)	修正変位量 (1/100 mm)	荷 重 (kgf)	変位量 (1/100 mm)	修正係数 (1/100 mm)	修正変位量 (1/100 mm)
0	0	0	0	2755	1303	578	725
100	257	21	236				
191	459	40	419	0	0	0	0
282	598	59	539	191	450	40	410
373	710	78	632	373	716	79	637
464	817	97	720	573	896	121	775
555	899	116	783	782	1027	165	862
655	964	137	827	936	1116	197	919
736	1032	154	878	1100	1194	232	962
836	1083	175	908	1291	1245	272	973
918	1133	192	941	1464	1286	309	977
1009	1173	212	961	1655	1318	349	969
1100	1209	231	978	1845	1333	389	944
1200	1232	252	980	2036	1337	430	907
1309	1248	274	974	2182	1340	460	880
1373	1264	288	976				
1491	1280	313	967				
1591	1291	334	957				
1664	1300	349	951				
1764	1304	370	934				
1845	1308	387	921				
2045	1310	429	881				
2200	1315	461	854				
2373	1318	498	820				
2555	1311	536	775				

(2) $t = 3 \text{ cm}$

荷 重 (kgf)	変位量 (1/100 mm)	修正係数 (1/100 mm)	修正変位量 (1/100 mm)	荷 重 (kgf)	変位量 (1/100 mm)	修正係数 (1/100 mm)	修正変位量 (1/100 mm)
0	0	0	0	0	0	0	0
182	590	38	552	182	525	38	487
373	933	79	854	382	874	81	793
564	1191	119	1072	555	1128	117	1011
745	1399	157	1242	745	1332	157	1175
936	1556	197	1359	918	1484	194	1290
1109	1709	234	1415	1100	1637	232	1405
1309	1780	276	1504	1291	1755	272	1483
1455	1814	307	1507	1491	1844	315	1529
1673	1819	353	1466	1700	1889	359	1530
1864	1797	393	1404	1818	1900	384	1516
				2055	1875	434	1449
				2191	1863	462	1401

2.4 モルタルに対する鋼球のめり込み試験

(1) ケース 1, 2

荷 重 (kgf)	変位量 (1/100 mm)	修正係数 (1/100 mm)	修正変位量 (1/100 mm)	荷 重 (kgf)	変位量 (1/100 mm)	修正係数 (1/100 mm)	修正変位量 (1/100 mm)
0	0	0	0	0	0	0	0
88	26	19	7	97	33	20	13
222	63	47	16	199	63	42	21
292	83	62	21	273	88	58	30
384	104	81	23	370	118	78	40
477	140	101	39	468	147	99	48
579	167	122	45	565	177	119	58
653	191	138	53	657	208	139	69
741	216	156	60	750	233	158	75
838	243	177	66	843	263	178	85
926	273	195	78	935	291	197	94
1023	299	216	83	1028	320	217	103
1111	329	234	95	1125	353	237	116
1204	358	254	104	1208	380	255	125
1301	387	275	112	1301	408	275	133
1398	415	295	120	1394	433	294	139
1486	442	314	128	1500	464	316	148
1574	468	332	136	1574	490	332	158
1676	500	354	146	1676	517	354	163
1801	541	380	161	1755	545	370	175
1871	557	395	162	1847	572	390	182
1968	587	415	172	1963	605	414	191

(2) ケース 3

荷 重 (kgf)	変位量 (1/100 mm)	修正係数 (1/100 mm)	修正変位量 (1/100 mm)	荷 重 (kgf)	変位量 (1/100 mm)	修正係数 (1/100 mm)	修正変位量 (1/100 mm)
0	0	0	0	2320	602	490	112
102	23	22	1	2417	626	510	116
204	50	43	7	2500	648	527	121
292	72	62	10	2597	672	548	124
384	96	81	15	2685	697	567	130
472	121	100	21	2773	719	585	134
569	147	120	27	2884	746	609	137
662	171	140	31	2977	771	628	143
759	196	160	36	3065	793	647	146
852	221	180	41	3158	817	666	151
935	245	197	48	3241	841	684	157
1028	269	217	52	3343	867	705	162
1125	293	237	56	3435	889	725	164
1199	315	253	62	3510	911	741	170
1296	341	273	68				
1398	366	295	71				
1491	393	315	78				
1583	415	334	81				
1667	437	352	85				
1759	461	371	90				
1866	486	394	92				
1963	510	414	96				
2037	532	430	102				
2130	554	449	105				
2236	581	472	109				

(3) ケース 4

荷 重 (kgf)	変位量 (1/100 mm)	修正係数 (1/100 mm)	修正変位量 (1/100 mm)	荷 重 (kgf)	変位量 (1/100 mm)	修正係数 (1/100 mm)	修正変位量 (1/100 mm)
0	0	0	0	2222	566	469	97
60	13	13	0	2320	590	490	100
106	25	22	3	2403	612	507	105
190	45	40	5	2491	634	526	108
273	67	58	9	2602	660	549	111
380	94	80	14	2685	684	567	117
468	118	99	19	2773	706	585	121
565	142	119	23	2866	729	605	124
653	166	138	28	2963	754	625	129
745	190	157	33				
852	215	180	35				
931	237	196	41				
1032	262	218	44				
1111	285	234	51				
1208	310	255	55				
1310	337	276	61				
1370	353	289	64				
1505	384	318	66				
1574	403	332	71				
1662	426	351	75				
1773	450	374	76				
1847	472	390	82				
1940	496	409	87				
2033	520	429	91				
2125	543	448	95				

3. p- α 関係よりの E_1' の算定

3.1 木材に対する鋼球のめり込み

鋼 $E_2=2.0 \times 10^{10} \text{ kgf/m}^2$, $\nu_2=0.28$, $R_2=0.035 \text{ m}$

木材 $\nu_1=0.1$ (モルタル $\nu_1=0.20$ と砂 $\nu_1=0$ の中間値と仮定)

$$K_1 = \frac{1-0.10^2}{\pi E_1'} = 0.3151 \cdot \frac{1}{E_1'}$$

$$K_2 = \frac{1-0.28^2}{\pi \times 2.0 \times 10^{10}} = 1.467 \times 10^{-11}$$

めり込み時の荷重 P とめりこみ量の関係が (2・1) 式に従うものとする、試験結果は $P=1.677 \times 10^7 \alpha^{1.5}$ となる。

$$\frac{4 \times 0.035^{\frac{1}{2}}}{3 \times \pi (0.3151 E_1'^{-1} + 1.467 \times 10^{-11})} = 1.677 \times 10^7$$

$$0.7438 = 1.677 \times 10^7 \cdot 3 \pi (0.3151 E_1'^{-1} + 1.467 \times 10^{-11})$$

$$4.734 \times 10^{-9} = 0.3151 E_1'^{-1} + 1.467 \times 10^{-11}$$

$$E_1' = 6.676 \times 10^7 \text{ kgf/m}^2$$

3.2 砂に対する鋼球のめりこみ

鋼 $E_2=2.0 \times 10^{10} \text{ kgf/m}^2$, $\nu_2=0.28$, $R_2=0.035 \text{ m}$

砂 $\nu_1=0$

$$K_1 = \frac{1-0^2}{\pi E_1'} = 0.3183 E_1'^{-1}$$

$$K_2 = 1.467 \times 10^{-11}$$

$$P = 3.810 \times 10^5 \alpha^{1.5}$$

$$\frac{4 \times 0.035^{\frac{1}{2}}}{3 \times \pi (0.3183 E_1'^{-1} + 1.467 \times 10^{-11})} = 3.810 \times 10^5$$

$$0.7483 = 3.810 \times 10^5 \cdot 3 \pi (0.3183 E_1'^{-1} + 1.467 \times 10^{-11})$$

$$2.084 \times 10^{-7} = 0.3183 E_1'^{-1} + 1.467 \times 10^{-11}$$

$$E_1' = 1.528 \times 10^6 \text{ kgf/m}^2$$

3.3 ゴムに対する鋼球のめりこみ

鋼 $E_2=2.0 \times 10^{10} \text{ kgf/m}^2$, $\nu_2=0.28$, $R_2=0.035 \text{ m}$

ゴムの $\nu_1=0.47$

$$K_1 = 0.2480 E_1'^{-1}, K_2 = 1.467 \times 10^{-11}$$

$$P = \frac{6.236 \times 10^5 \alpha^{1.5}}{4 \times 0.035^{\frac{1}{2}}} = 6.236 \times 10^5$$

$$3 \cdot \pi (0.2480 E_1'^{-1} + 1.467 \times 10^{-11})$$

$$E_1' = 1.948 \times 10^6 \text{ kgf/m}^2$$

3.4 モルタルに対する鋼球のめりこみ

$$E_2 = 2.0 \times 10^{10} \text{ kgf/m}^2, \nu_2 = 0.28, R_2 = 0.035 \text{ m}$$

$$\text{モルタル } \nu_1 = 0.20$$

$$K_1 = 0.306 E_1'^{-1}, K_2 = 1.467 \times 10^{-11}$$

$$P = \frac{3.981 \times 10^7 \alpha^{1.5}}{4 \times 0.035^{\frac{1}{2}}} = 3.981 \times 10^7$$

$$3 \cdot \pi (0.306 E_1'^{-1} + 1.467 \times 10^{-11})$$

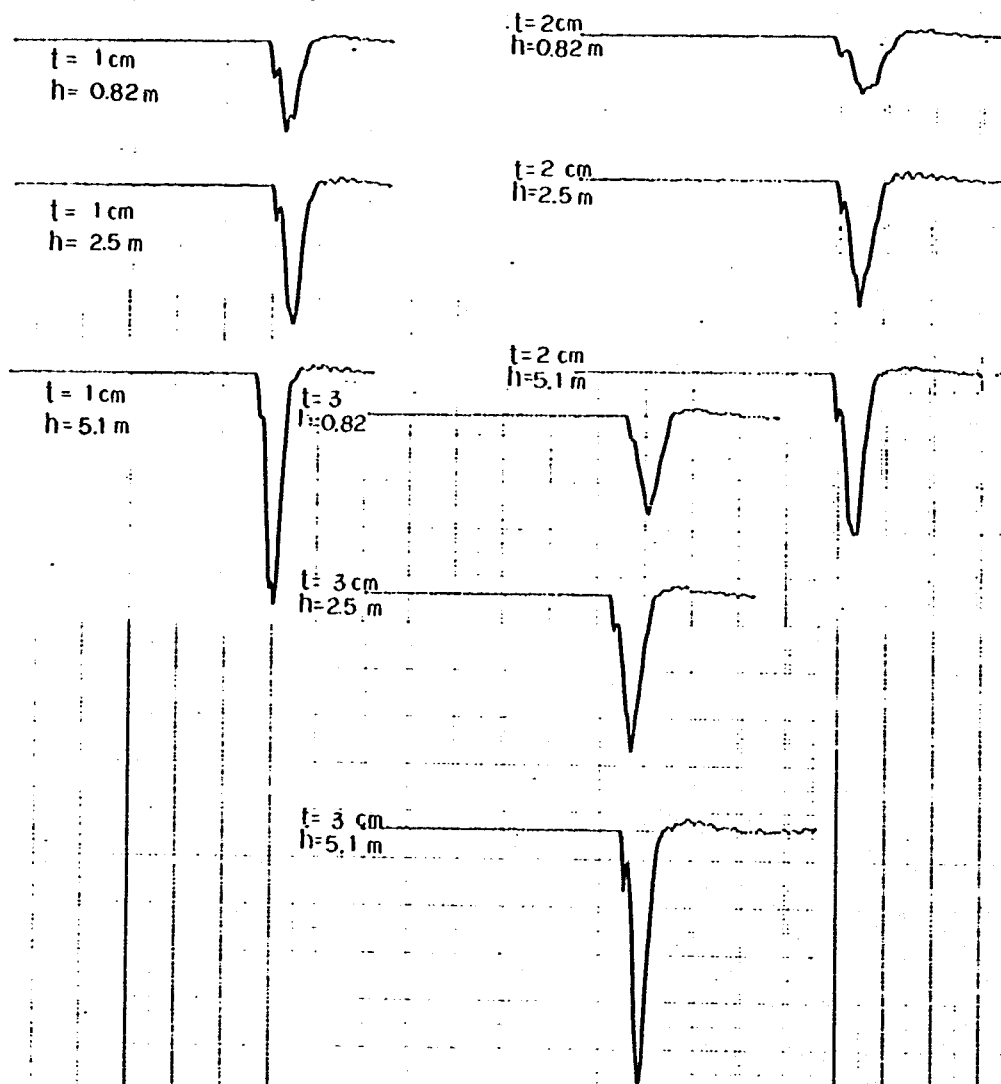
$$E_1' = 1.546 \times 10^8 \text{ kgf/m}^2$$

4. 緩衝材の衝撃応答実験

4.1 緩衝材実験

実験No.	モルタル			実験日時						
球の落高	0.82 m	2.5 m	5.1 m	球速 (ビデオカメラによる)			4 m/sec, 7 m/sec, 10 m/sec			
DM 7100 の デレロード	-1300 wosds			緩衝材			緩衝材なし			
緩衝材 の重さ	落下高 m	球速 m/sec	CDV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crock Rate	DM 7100 の VFS	XYレコーダーの感度		Yの読みの最大値	最大荷重(t)
							Time	Y		
1 cm	0.82 m		3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsc	2 UFS	0.2 cm/sec	500 mv/cm	1.9 cm	2.58
"	2.5 m		"	"	"	"	"	500 "	2.9 cm	3.94
"	5.1 m		"	"	"	"	"	500 "	4.9 cm	6.66
2 cm	0.82 m		"	"	"	"	"	500 "	1.2 cm	1.63
"	2.5 m		"	"	"	"	"	500 "	2.6 cm	3.54
"	5.1 m		"	"	"	"	"	500 "	3.4 cm	4.62
3 cm	0.82 m		"	"	"	"	"	500 "	2.1 cm	2.86
"	2.5 m		"	"	"	"	"	500 "	3.3 cm	4.49
"	5.1 m		"	"	"	"	"	500 "	5.4 cm	7.34
荷重計算式	$\frac{\text{VFS} \times \text{Y感度 (V/cm)}}{5} \times \frac{\epsilon}{V} (\text{CDV 230 の校正値}) \times 0.0102 \times \text{Yの読み}$									

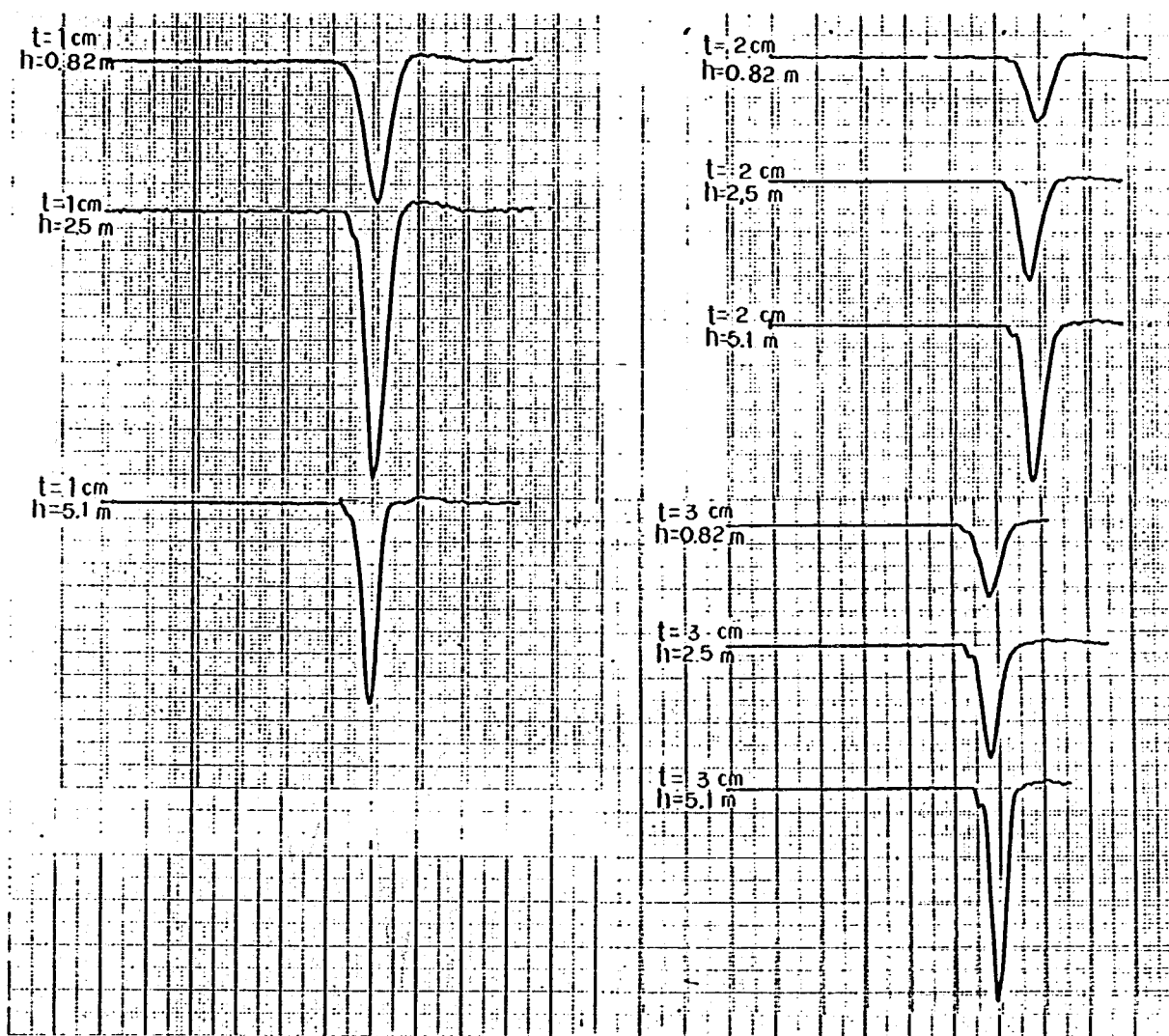
緩衝材：なし (コンクリート)



4.2 緩衝材実験

実験No.		木 材			実 験 日 時		10月24日			
球の落高		0.82 m, 2.5 m, 5.1 m			球速 (ビデオカメラによる)		4 m/sec, 7 m/sec, 10 m/sec			
DM 7100 の デレワード		-1300 words			緩 衝 材		木 材			
緩衝材 の重さ	落下高 m	球 速 m/sec	CDV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crock Rate	DM 7100 の VFS	XYレコーダーの感度		Yの読みの最大値	最大荷重(t)
							Time	Y		
1 cm	0.82 m		3 V 2000 μ t	10 kHz	20 μ sc	2 UFS	0.2 cm/sec	200 mv/cm	3.2 cm	1.74
"	2.5 m		"	"	"	"	"	200 "	6.0 cm	3.26
"	5.1 m		"	"	"	"	"	500 "	4.5 cm	6.12
2 cm	0.82 m		"	"	"	"	"	500 "	1.5 cm	2.04
"	2.5 m		"	"	"	"	"	500 "	2.2 cm	2.99
"	5.1 m		"	"	"	"	"	500 "	3.5 cm	4.76
3 cm	0.82 m		"	"	"	"	"	500 "	1.6 cm	2.18
"	2.5 m		"	"	"	"	"	500 "	2.5 cm	3.40
"	5.1 m		"	"	"	"	"	500 "	4.7 cm	6.39
荷重計算式		$\frac{\text{VFS} \times \text{Y速度 (V/cm)}}{5} \times \frac{e}{V} \left(\text{CDV 230 の校正値} \right) \times 0.0102 \times \text{Yの読み}$								

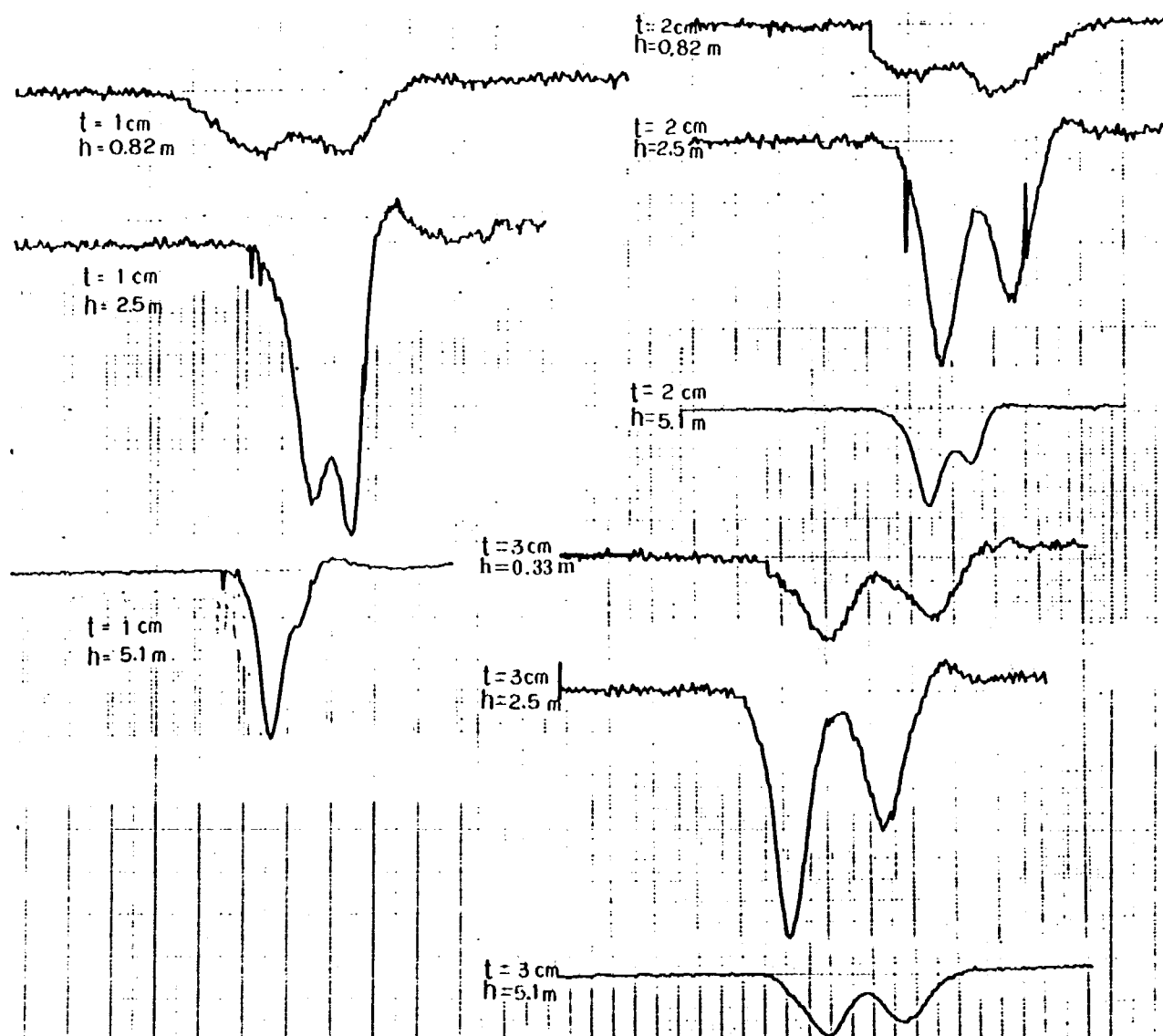
緩衝材：木材



4.3 緩衝材実験

実験No.		砂			実験日時		10月24日			
球の落高		0.82 m, 2.5 m, 5.1 m			球速(ビデオカメラによる)		4 m/sec, 7 m/sec, 10 m/sec			
DM 7100 のデレロード		-1300 words			緩衝材		砂			
緩衝材の重さ	落下高 m	球速 m/sec	CDV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crock Rate	DM 7100 の VFS	XYレコーダーの感度		Yの読みの最大値	最大荷重(t)
							Time	Y		
1 cm	0.82 m		3 V 2000 C	10 kHz	20 sc	2 UFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	1.6 cm	0.22
"	2.5 m		"	"	"	"	"	50 "	6.9 cm	0.94
"	5.1 m		"	"	"	"	"	200 "	4.0 cm	2.18
2 cm	0.82 m		"	"	"	"	"	50 "	1.8 cm	0.24
"	2.5 m		"	"	"	"	"	50 "	5.3 cm	0.72
"	5.1 m		"	"	"	"	"	200 "	2.3 cm	1.25
3 cm	0.82 m		"	"	"	"	"	50 "	1.9 cm	0.26
"	2.5 m		"	"	"	"	"	50 "	5.9 cm	0.80
"	5.1 m		"	"	"	"	"	200 "	1.5 cm	0.82
荷重計算式		$\frac{\text{VFS} \times \text{Y感度(V/cm)}}{5} \times \frac{C}{V} (\text{CDV 230 の校正値}) \times 0.0102 \times \text{Yの読み}$								

緩衝材：砂



4.4 緩衝材実験

実験No.		ゴ ム			実 験 日 時		10 月 24 日			
球の落高		0.82 m, 2.5 m, 5.1 m			球速 (ビデオカメラによる)		4 m/sec, 7 m/sec, 10 m/sec			
DM 7100 の デレワード		-1300 words			緩 衝 材		ゴ ム			
緩衝材 の重さ	落下高 m	球 速 m/sec	CDV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crock Rate	DM 7100 の VFS	XYレコーダーの感度		Yの読みの最大値	最大荷重(l)
							Time	Y		
1 cm	0.82 m		3 V 2000 C	10 kHz	20 sc	2 UFS	0.2 cm/sec	500 mv/cm	1.1 cm	1.50
"	2.5 m		"	"	"	"	"	500 "	2.4 cm	3.26
"	5.1 m		"	"	"	"	"	500 "	3.7 cm	5.03
2 cm	0.82 m		"	"	"	"	"	500 "	0.5 cm	0.68
"	2.5 m		"	"	"	"	"	500 "	1.1 cm	1.50
"	5.1 m		"	"	"	"	"	500 "	1.5 cm	2.04
3 cm	0.82 m		"	"	"	"	"	500 "	0.5 cm	0.68
"	2.5 m		"	"	"	"	"	500 "	0.9 cm	1.22
"	5.1 m		"	"	"	"	"	500 "	1.5 cm	2.04
荷重計算式		$\frac{\text{VFS} \times \text{Y感度 (V/cm)}}{5} \times \frac{C}{V} \left(\text{CDV 230 の校正値} \right) \times 0.0102 \times \text{Yの読み}$								

緩衝材；ゴム

t = 1 cm
h = 0.82 m

t = 1 cm
h = 2.5 m

t = 1 cm
h = 5.1 m

t = 2 cm
h = 0.82 m

t = 2 cm
h = 2.5 m

t = 2 cm
h = 5.1 m

t = 3 cm
h = 0.82 m

t = 3 cm
h = 2.5 m

t = 3 cm
h = 5.1 m

5. 緩衝材に対する鋼球の衝突荷重の計算

$$\text{鋼の諸元 } K_2 = \frac{1-0.28}{\pi \times 2 \times 10^{10}} = 0.147 \times 10^{-10}$$

$$n_1 = \frac{1}{0.144} = 6.94$$

$$5.1 \quad \text{モルタル} \quad K_1 = \frac{1-0.2^2}{\pi \times 1.07 \times 10^9} = 2.86 \times 10^{-10}$$

$$n = \sqrt{\frac{16 \times 0.035}{9 \pi^2 (0.147 + 2.86)^2 \times 10^{-20}}} = 2.642 \times 10^8$$

$$\alpha = \left(\frac{5 v^2}{4 \times 2.642 \times 10^8 \times 6.94} \right)^{\frac{2}{5}} = 2.155 \times 10^{-4} v^{\frac{4}{5}}$$

$$p = 2.642 \times 10^8 (2.155 \times 10^{-4} v^{\frac{4}{5}})^{\frac{3}{2}} = 8.36 \times 10^2 v^{1.2}$$

$$5.2 \quad \text{木材} \quad K_1 = \frac{1-0.1^2}{\pi \times 1.5 \times 10^7} = 2.102 \times 10^{-8} = 210 \times 10^{-10}$$

$$n = \sqrt{\frac{16 \times 0.035}{9 \pi^2 (0.147 + 210)^2 \times 10^{-20}}} = 3.78 \times 10^6$$

$$\alpha = \left(\frac{5 v^2}{4 \times 6.94 \times 3.78 \times 10^6} \right)^{\frac{2}{5}} = 1.18 \times 10^{-3} v^{\frac{4}{5}}$$

$$p = 3.78 \times 10^6 (1.18 \times 10^{-3} v^{\frac{4}{5}})^{\frac{3}{2}} = 153.2 v^{1.2}$$

$$5.3 \quad \text{ゴム} \quad K_1 = \frac{1-0.47^2}{\pi \times 0.819 \times 10^6} = 3.030 \times 10^{-7} = 3030 \times 10^{-10}$$

$$n = \sqrt{\frac{16 \times 0.035}{9 \pi^2 (0.147 + 3030)^2 \times 10^{-20}}} = 2.62 \times 10^5$$

$$\alpha = \left(\frac{5 v^2}{4 \times 6.94 \times 2.62 \times 10^5} \right)^{\frac{2}{5}} = 3.427 \times 10^{-3} v^{\frac{4}{5}}$$

$$p = 2.62 \times 10^5 \cdot (3.426 \times 10^{-3} v^{\frac{4}{5}})^{\frac{3}{2}} = 52.6 v^{1.2}$$

$$5.4 \quad \text{砂} \quad K_1 = \frac{1}{\pi \times 1.96 \times 10^5} = 1.624 \times 10^{-6} = 16240 \times 10^{-10}$$

$$n = \sqrt{\frac{16 \times 0.035}{9 \pi^2 (0.147 + 16240)^2 \times 10^{-20}}} = 4.892 \times 10^4$$

$$\alpha = \left(\frac{5 \nu^2}{4 \times 6.94 \times 4.892 \times 10^4} \right)^{\frac{2}{5}} = 6.705 \times 10^{-3} \nu^{\frac{4}{5}}$$

$$p = 4.892 \times 10^4 (6.705 \times 10^{-3} \nu^{\frac{4}{5}})^{\frac{3}{2}} = 26.9 \nu^{1.2}$$

6. 緩衝材の衝撃応答補足実験
緩衝材の衝撃応答実験の補足 (1)

緩 衝 材	厚さ d cm	速度 V m/s	V/D	シンクロの読み Division	荷重 P kg
木	1	4			(1740)
	"	"	0.1	2.0	2060
	"	"	"	1.9	1957
	"	"	"	2.6	2678
	"	7			(3260)
	"	"	0.1	3.4	3502
	"	"	"	2.9	2987
	"	"	"	3.0	3090
	"	10			(6120)
	"	"	0.2	2.0	4120
	"	"	"	1.6	3296
	"	"	"	2.3	4738
	2	4			(2040)
	"	"	0.1	1.8	1854
	"	"	"	"	1854
	"	"	"	2.1	2163
	"	"	"	"	2163
	"	7			(2990)
	"	"	0.1	2.9	2987
	"	"	"	3.1	3193
	"	"	"	3.2	3296
	"	10			(4760)
	"	"	0.2	2.1	4326
	"	"	"	2.0	4120
	"	"	"	2.3	4738
	3	4			(2180)
	"	"	0.1	1.5	1545
	"	"	"	2.2	2266
	"	"	"	2.2	2266
	"	"	"	2.3	2369
	"	7			(3400)
	"	"	0.1	2.7	2781
	"	"	"	4.1	4223
	"	"	"	3.3	3399
	"	10			(6390)
	"	"	0.2	2.8	5768
	"	"	"	2.4	4944
	"	"	"	1.9	3914
	"	"	"	2.8	5768

() は本実験

緩衝材の衝撃応答実験の補足 (2)

緩 衝 材	厚さ d cm	速度 V m/s	V/D	シンクロの読み Division	荷重 P kg
モルタル	1	4			(2580)
	"	"	0.1	2.2	2266
	"	"	"	2.1	2163
	"	"	"	1.8	1854
	"	7			(3940)
	"	"	0.1	3.7	3811
	"	"	"	2.8	2884
	"	"	"	2.5	2575
	"	10			(6660)
	"	"	0.2	2.1	4326
	"	"	"	2.3	4738
	"	"	"	2.2	4532
	2	4			(1630)
	"	"	0.1	2.6	2678
	"	"	"	2.2	2266
	"	"	"	2.0	2060
	"	7			(3540)
	"	"	0.1	2.3	2369
	"	"	"	2.3	2369
	"	"	"	2.8	2884
	"	10			(4620)
	"	"	0.2	2.0	4120
	"	"	"	2.4	4944
	"	"	"	2.2	4532
	3	4			(2860)
	"	"	0.1	2.5	2575
	"	"	"	2.8	2884
	"	"	"	2.0	2060
	"	"	"	2.3	2369
	"	7			(4490)
	"	"	0.1	3.4	3502
	"	"	"	2.0	2060
	"	"	"	2.0	2060
	"	10			(7340)
	"	"	0.2	2.0	4120
	"	"	"	2.0	4120
	"	"	"	2.3	4944

() は本実験

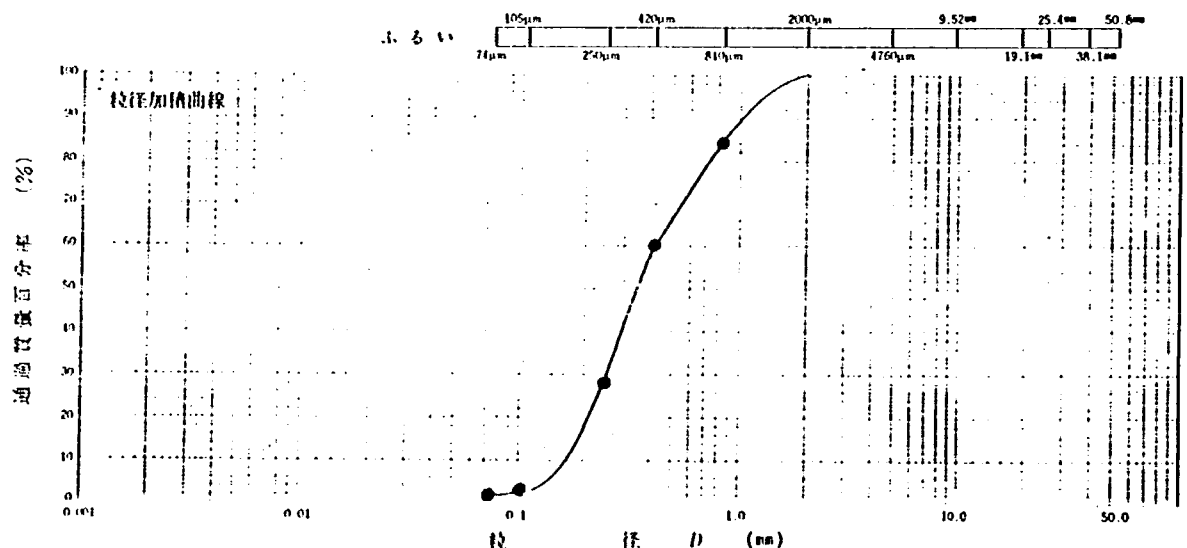
7. 緩衝材に用いた砂の粒度試験

JIS A 1204	土の粒度試験結果	報告用紙
------------	----------	------

調査名・調査地点.....試験年月日.....年.....月.....日

試験者.....

試料番号 ほ さ	No. 1 (.....m ~ m)		No. 2 (.....m ~ m)		試料番号 ほ さ	No. 1 (.....m ~ m)		No. 2 (.....m ~ m)	
	粒 径 mm	質量百分率 %	粒 径 mm	質量百分率 %		4.75mm以上の粒子 %	0	0	
ふるい分け	50.8		50.8		細砂分 (4.75 ~ 2mm) %	0	0		
	38.1		38.1		粗砂分 (2 ~ 0.425mm) %	40	98		
	25.4		25.4		細砂分 (0.425 ~ 0.075mm) %	58			
	19.1		19.1		シルト分 (0.075 ~ 0.0075mm) %		2		
	9.52		9.52		粘土分 (0.0075mm以下) %				
	4.76		4.76		コロイド分 (0.001 ~ 0.0001μ) %				
	2.00	100	2.00		2000μm以下の過剰質量百分率 %	100			
	0.84	84.3	0.84		420μm以下の過剰質量百分率 %	60			
	0.42	59.9	0.42		75μm以下の過剰質量百分率 %	2			
	0.25	28.1	0.25						
比重測定	0.105	3.2	0.105		最大粒径 mm	2.00			
	0.074	2.4	0.074		60 % 粒径 mm	0.42			
					30 % 粒径 mm	0.25			
					10 % 粒径 mm	0.17			
					均等係数 U_c	2.5			
					曲率係数 U_s	0.9			
					土粒子の比重 G_s	2.793			
					使用した分散剤				



コロイド	粘土	シルト	細砂	粗砂	細礫	礫	粗礫
0.001	0.005	0.025	0.12	0.25	2.0	4.75	75

備考

注) コロイド分を含む

JIS A 1202	土 粒 子 の 比 重 試 験	記 録 用 紙
------------	-----------------	---------

調査名・調査地点..... 試験年月日..... 年 月 日

試 験 者.....

試 料 番 号 ・ 深 さ	No 1 (m ~ m)			No (m ~ m)		
測 定 番 号	1	2	3	1	2	3
比 重 び ん の 番 号	226	227	228			
(乾燥土(又は湿潤土) + 蒸留水 + 比重びん) の質量 m_1 g	161.29	161.22	161.48			
m_1 をはかったときの内容物の温度 T °C	14	14	14			
比重びんに入れた 乾燥土質量 m_2 g	容器番号	226	227	228		
	(乾燥土 + 容器) の質量 g	57.42	57.70	57.70		
	容器質量 g	35.33	34.40	36.19		
	m_2 g	22.09	23.30	21.52		
T °C における (蒸留水 + 比重びん) の換算質量 m_3 g	147.10	146.27	147.67			
$m_1 + (m_2 - m_3)$ g	7.91	8.35	7.70			
T °C における $G_s(T°C/T°C) = \frac{m_2}{m_1 + (m_2 - m_3)}$	2.794	2.791	2.793			
補 正 係 数 K ^{注2)}	1.0001	1.0001	1.0001			
15°C における土粒子の比重 $G_s(T°C/15°C) = K \cdot G_s(T°C/T°C)$	2.794	2.791	2.793			
平 均 値	比 重 (T°C/15°C) = 2.793			比 重 (T°C/15°C) =		
T °C における水の比重 G_r ^{注2)}	0.99927	0.99927	0.99927			
4 °C における土粒子の比重 $G_s(T°C/4°C) = G_r \cdot G_s(T°C/T°C)$	2.792	2.789	2.791			
平 均 値	比 重 (T°C/4°C) = 2.790			比 重 (T°C/4°C) =		
備 考						

試 料 番 号 ・ 深 さ	No (m ~ m)			No (m ~ m)		
測 定 番 号	1	2	3	1	2	3
比 重 び ん の 番 号						
(乾燥土(又は湿潤土) + 蒸留水 + 比重びん) の質量 m_1 g						
m_1 をはかったときの内容物の温度 T °C						
比重びんに入れた 乾燥土質量 m_2 g	容器番号					
	(乾燥土 + 容器) の質量 g					
	容器質量 g					
	m_2 g					
T °C における (蒸留水 + 比重びん) の換算質量 m_3 g						
$m_1 + (m_2 - m_3)$ g						
T °C における $G_s(T°C/T°C) = \frac{m_2}{m_1 + (m_2 - m_3)}$						
補 正 係 数 K ^{注2)}						
15°C における土粒子の比重 $G_s(T°C/15°C) = K \cdot G_s(T°C/T°C)$						
平 均 値	比 重 (T°C/15°C) =			比 重 (T°C/15°C) =		
T °C における水の比重 G_r ^{注2)}						
4 °C における土粒子の比重 $G_s(T°C/4°C) = G_r \cdot G_s(T°C/T°C)$						
平 均 値	比 重 (T°C/4°C) =			比 重 (T°C/4°C) =		
備 考						

注1) 備え付けの比重びんの検定表より求める。注2) JISの表より求める。

JIS A 1203	土の含水量試験	記録用紙
------------	---------	------

調査名・調査地点..... 試験年月日..... 年..... 月..... 日.....

試験者.....

試料番号 深さ m	含 水 比 測 定			平均含水比
No. 1	No. 245	No. 249	No. 242	
..... m	m_a 380.2 m_b 360.6	m_a 329.7 m_b 314.1	m_a 372.2 m_b 353.3	
..... m	m_b 360.6 m_c 110.5	m_b 314.1 m_c 113.8	m_b 353.3 m_c 110.9	
..... m	m_w 19.6 m_s 250.1	m_w 15.6 m_s 200.3	m_w 18.9 m_s 242.4	$w = 7.8\%$
..... m	$w = 7.8\%$	$w = 7.8\%$	$w = 7.8\%$	
No.	No.	No.	No.	
..... m	m_a m_b	m_a m_b	m_a m_b	
..... m	m_b m_c	m_b m_c	m_b m_c	
..... m	m_w m_s	m_w m_s	m_w m_s	$w = ...\%$
..... m	$w = ...\%$	$w = ...\%$	$w = ...\%$	
No.	No.	No.	No.	
..... m	m_a m_b	m_a m_b	m_a m_b	
..... m	m_b m_c	m_b m_c	m_b m_c	
..... m	m_w m_s	m_w m_s	m_w m_s	$w = ...\%$
..... m	$w = ...\%$	$w = ...\%$	$w = ...\%$	
No.	No.	No.	No.	
..... m	m_a m_b	m_a m_b	m_a m_b	
..... m	m_b m_c	m_b m_c	m_b m_c	
..... m	m_w m_s	m_w m_s	m_w m_s	$w = ...\%$
..... m	$w = ...\%$	$w = ...\%$	$w = ...\%$	
No.	No.	No.	No.	
..... m	m_a m_b	m_a m_b	m_a m_b	
..... m	m_b m_c	m_b m_c	m_b m_c	
..... m	m_w m_s	m_w m_s	m_w m_s	$w = ...\%$
..... m	$w = ...\%$	$w = ...\%$	$w = ...\%$	
No.	No.	No.	No.	
..... m	m_a m_b	m_a m_b	m_a m_b	
..... m	m_b m_c	m_b m_c	m_b m_c	
..... m	m_w m_s	m_w m_s	m_w m_s	$w = ...\%$
..... m	$w = ...\%$	$w = ...\%$	$w = ...\%$	
No.	No.	No.	No.	
..... m	m_a m_b	m_a m_b	m_a m_b	
..... m	m_b m_c	m_b m_c	m_b m_c	
..... m	m_w m_s	m_w m_s	m_w m_s	$w = ...\%$
..... m	$w = ...\%$	$w = ...\%$	$w = ...\%$	

備考

$$\text{含水比 } w = \frac{m_a - m_b}{m_b - m_c} \times 100$$

$$= \frac{m_w}{m_s} \times 100 \quad \%$$

m_a : (湿潤土+容器)質量 g
 m_b : (乾燥土+容器)質量 g
 m_c : 容器の質量 g
 m_w : 湿潤土中の水の質量 g
 m_s : 乾燥土質量 g

8. 緩衝材の応答荷重に対する比

(モルタルの応答荷重は厚さによる差はないとして平均した値を用いた場合)

ケース No.	緩 衝 材		落 下 高 さ (m)	モルタル に対する 荷重の比	最 大 荷 重 (t)	ケース No.	緩 衝 材		落 下 高 さ (m)	モルタル に対する 荷重の比	最 大 荷 重 (t)
	種 類	厚さ(cm)					種 類	厚さ(cm)			
1	コンクリート	1	0.82		2.58	19	砂	1	0.82	0.093	0.22
2	"	"	2.5		3.94	20	"	"	2.5	0.236	0.94
3	"	"	5.1		6.66	21	"	"	5.1	0.351	2.18
4	"	2	0.82		1.63	22	"	2	0.82	0.102	0.24
5	"	"	2.5		3.54	23	"	"	2.5	0.180	0.72
6	"	"	5.1		4.62	24	"	"	5.1	0.201	1.25
7	"	3	0.82		2.86	25	"	3	0.82	0.110	0.26
8	"	"	2.5		4.49	26	"	"	2.5	0.201	0.80
9	"	"	5.1		7.34	27	"	"	5.1	0.132	0.82
10	木 材	1	0.82	0.738	1.74	28	ゴ ム	1	0.82	0.636	1.50
11	"	"	2.5	0.817	3.26	29	"	"	2.5	0.817	3.26
12	"	"	5.1	0.986	6.12	30	"	"	5.1	0.810	5.03
13	"	2	0.82	0.866	2.04	31	"	2	0.82	0.289	0.68
14	"	"	2.5	0.749	2.99	32	"	"	2.5	0.376	1.50
15	"	"	5.1	0.767	4.76	33	"	"	5.1	0.329	2.04
16	"	3	0.82	0.924	2.18	34	"	3	0.82	0.289	0.68
17	"	"	2.5	0.852	3.40	35	"	"	2.5	0.306	1.22
18	"	"	5.1	1.029	6.39	36	"	"	5.1	0.329	2.04

t=1, 2, 3 cmの差のないものとしてモルタル応答荷重を平均した場合の平均荷重

v = 4 m/s 2.357 t

v = 7 3.990 t

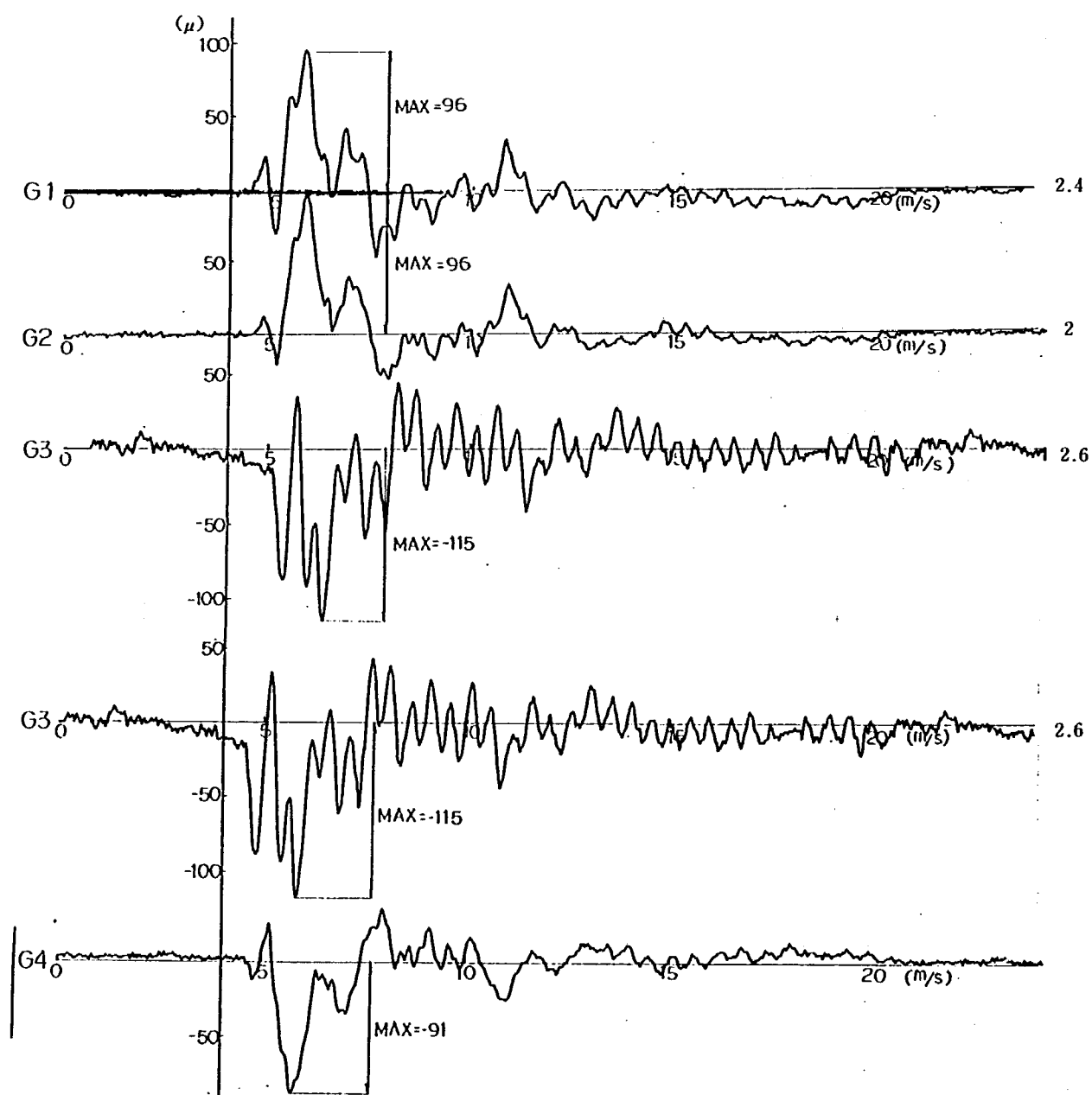
v = 10 6.207 t

9. t - ϵ カーブ

土石流衝撃力実験

実験 No.	1		実験日時		10月19日			
球の落高	0.82 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレイワード	-1300		緩衝材					
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	27 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	+96
G2	"	"	"	"	"	"	"	+96
G3	"	"	"	"	"	"	"	-115
G4	"	"	"	"	"	"	"	-91
G5	"	"	"	"	0.2 msec/		0.2 volt/div	
(トリガー) G6	3 V 200	1 kHz	"	"				

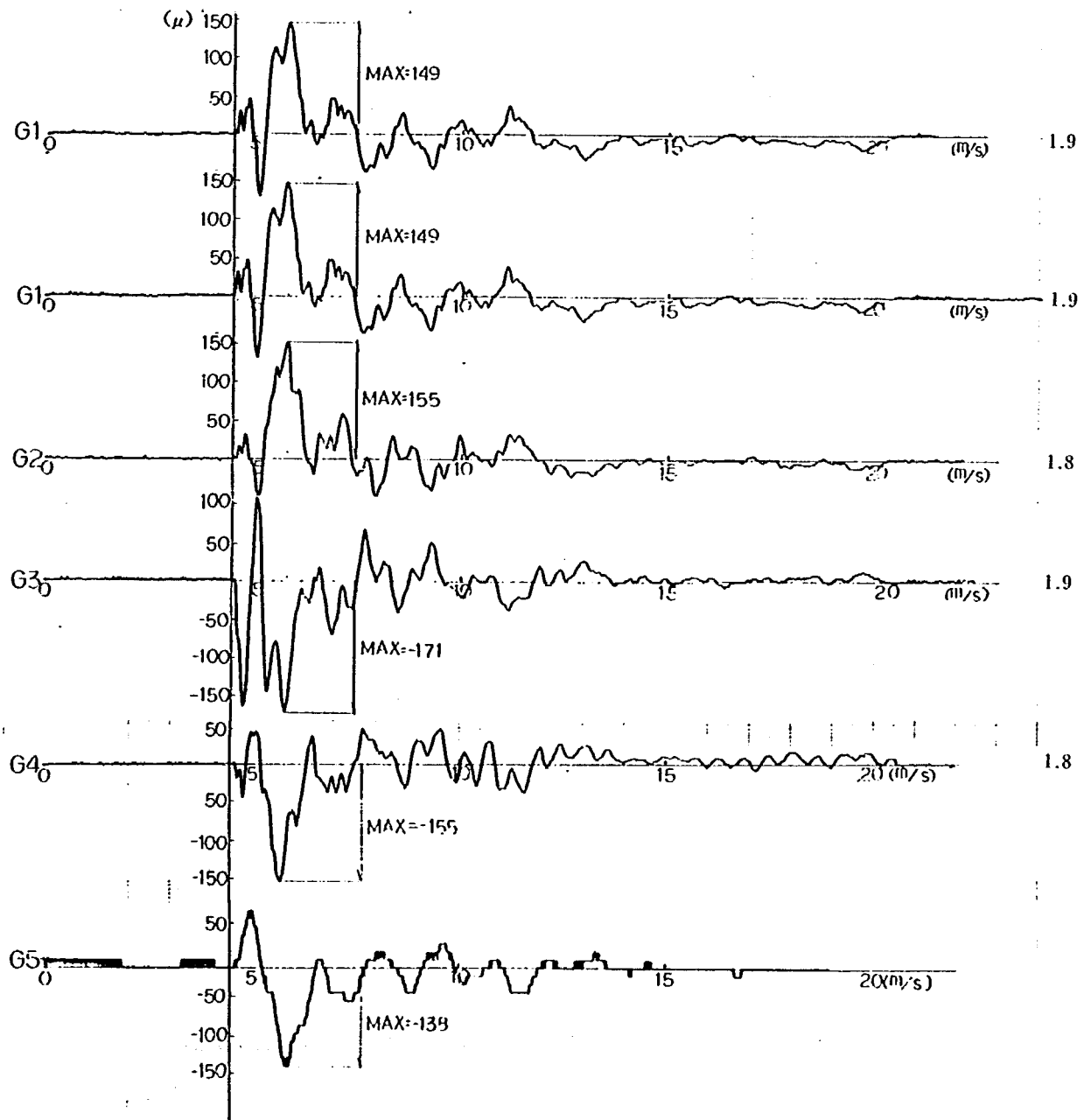
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	2		実験日時		10月22日10:20			
球の落高	2.5 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材					
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	200 mv/cm	+149
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+155
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-171(-107)
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-155
G 5	"	1 kHz	"	"	"	"	"	-138
(トリガー) G 6	3 V 200 $\mu\epsilon$	"	"	"	"	"	"	

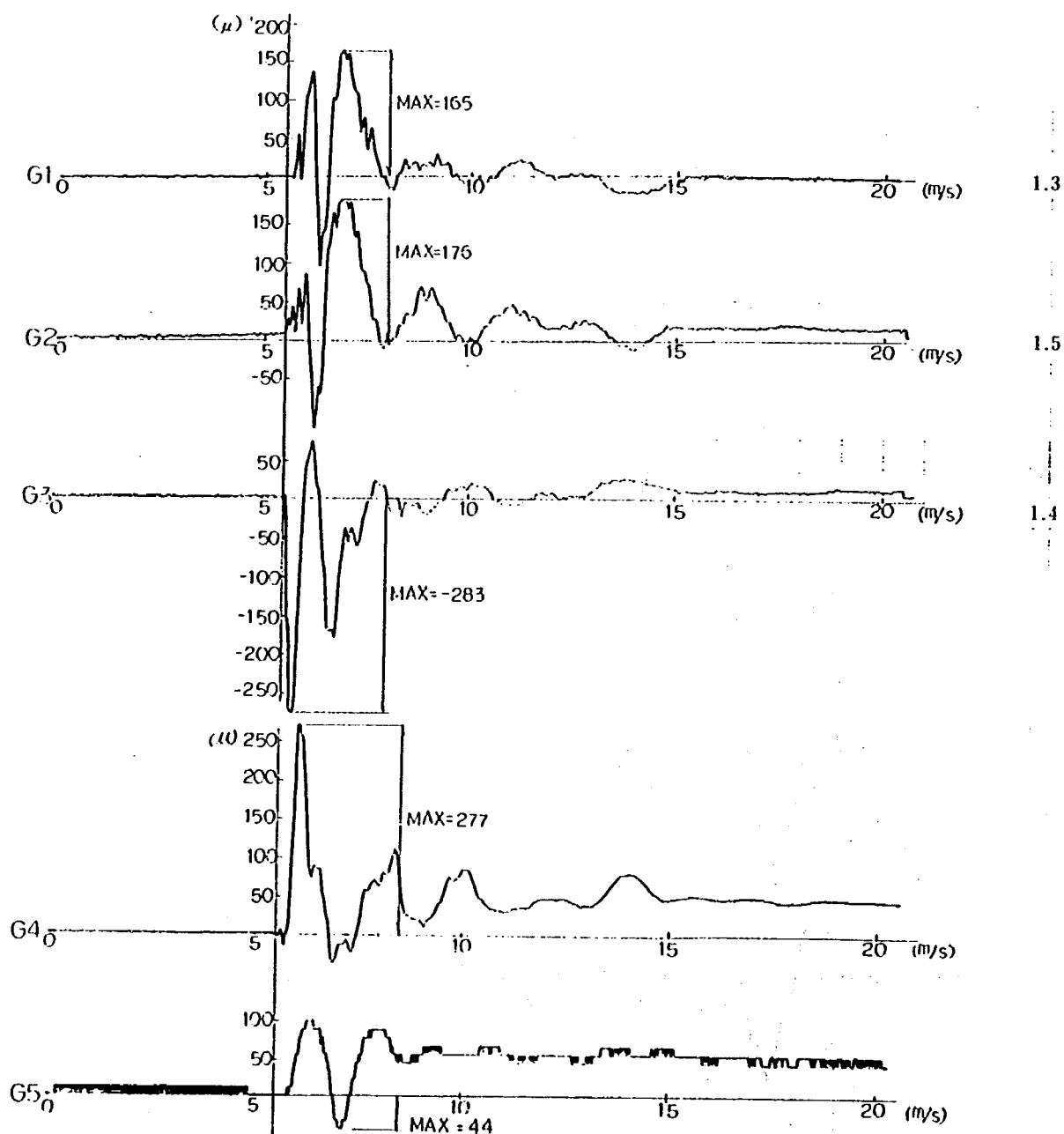
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	3		実験日時		10月22日			
球の落高	5.10 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材					
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	200 mv/cm	-165
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+176
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-283(-18)
G 4	"	"	"	"	"	"	500 mv/cm	+277
G 5	"	1 kHz	"	"	"	"	200 mv/cm	-44
(トリガー) G 6	3 V 200 $\mu\epsilon$	"						

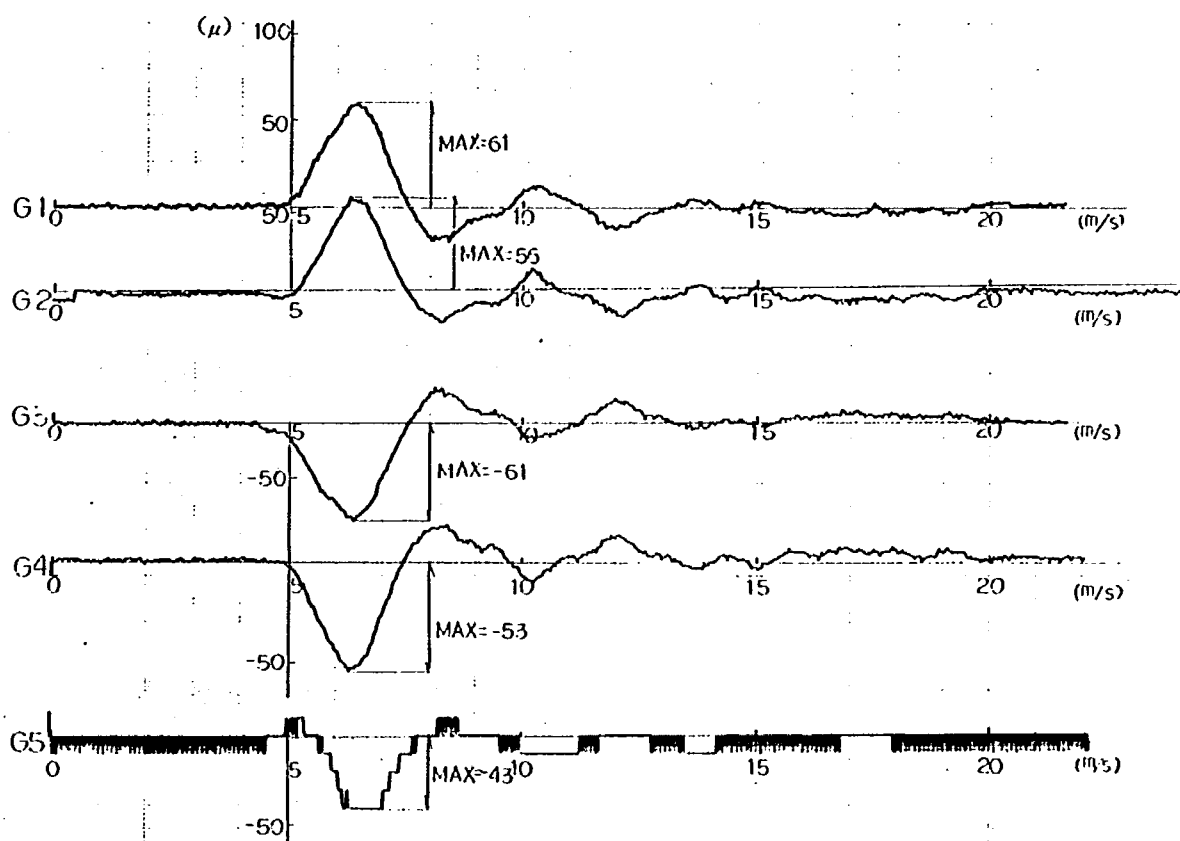
破壊状況 格元にクラック発生
打撃音がひどくなった



土石流衝撃力実験

実験 No.	4		実験日時		10月22日			
球の落高	0.81 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		木材 1 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	-61
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+56
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-61
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-53
G 5	"	1 kHz	"	"	"	"	"	
(トリガー) G 6	3 V 200 $\mu\epsilon$	"						

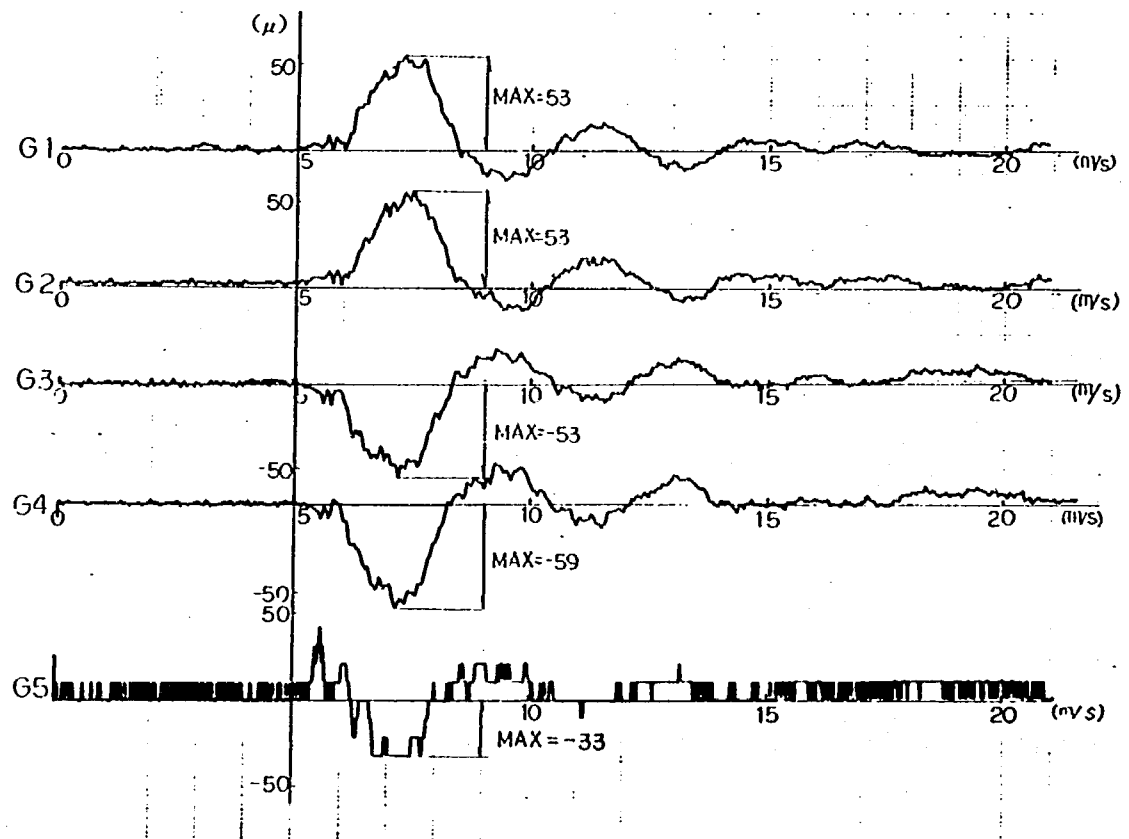
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	5		実験日時		10月22日			
球の落高	0.82 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		木材 2 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	+53
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+53
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-53
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-59
G 5	"	"	"	"	"	"	"	-33
(トリガー) G 6	3 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz						

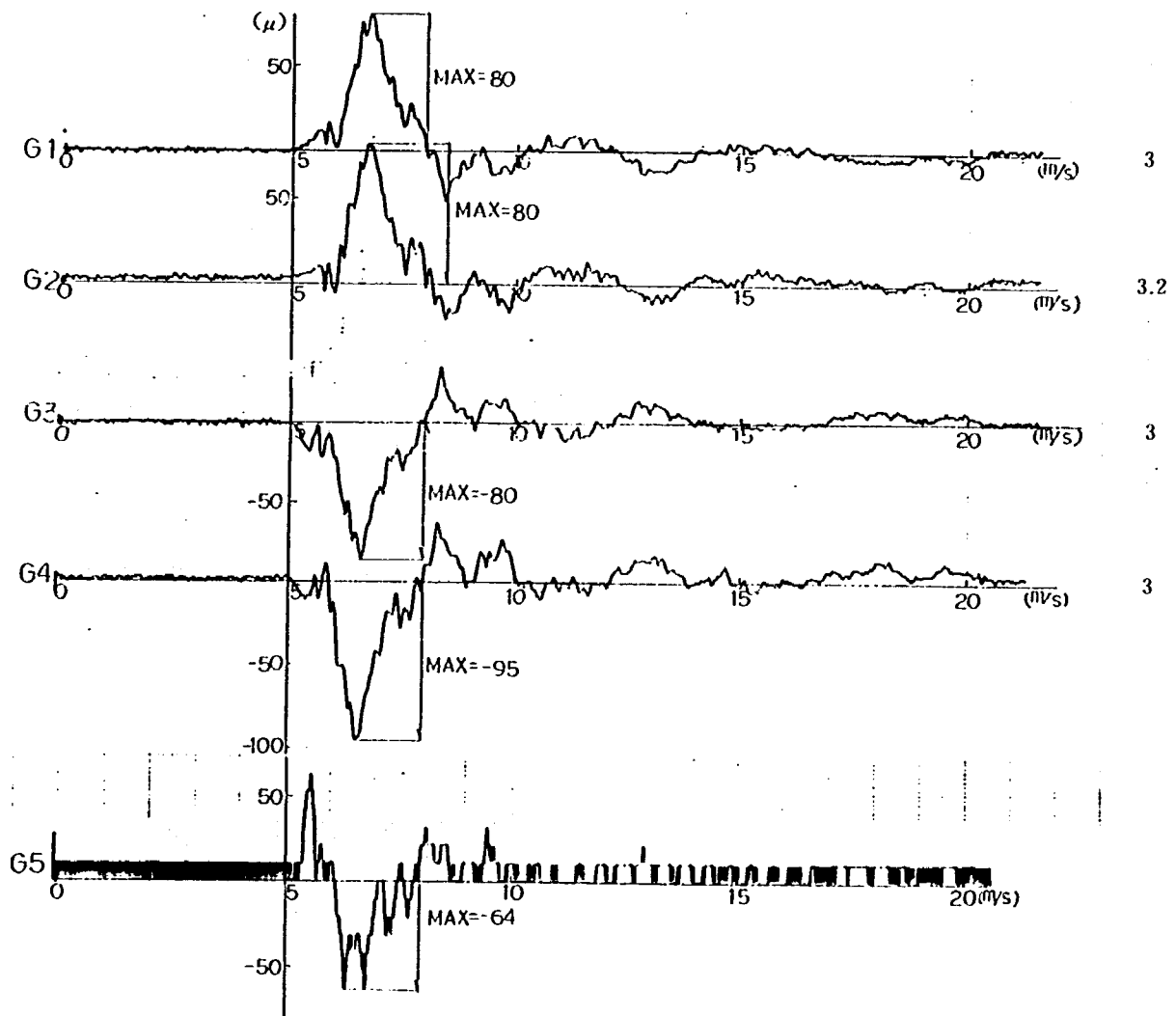
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	6		実験日時		10月22日			
球の落高	0.82 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		木材 3 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	+80
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+80
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-80
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-95
G 5	"	"	"	"	"	"	"	-64
(トリガー) G 6	3 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz						

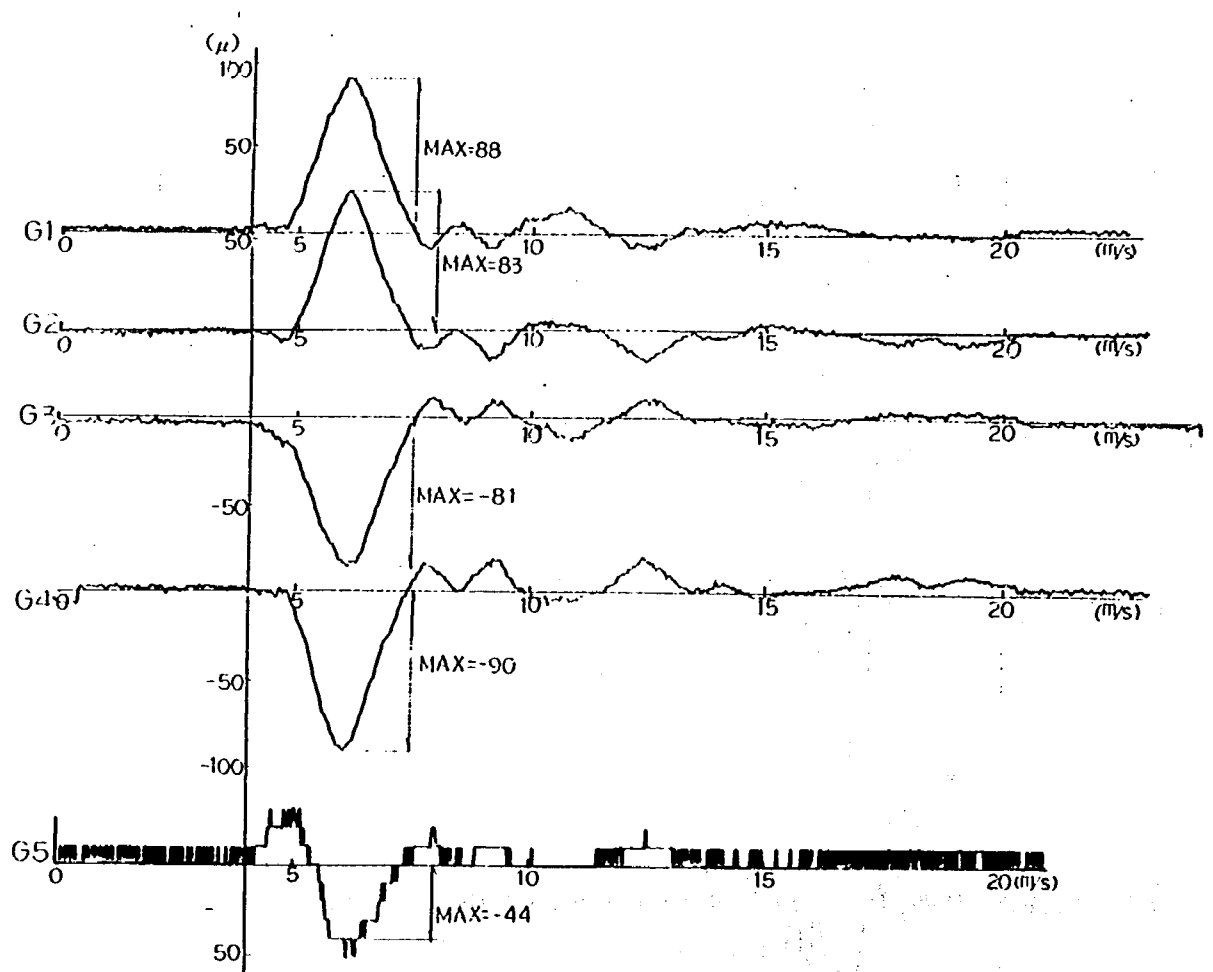
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	7		実験日時		10月22日			
球の落高	2.50 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		木材 1 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	+88
G2	"	"	"	"	"	"	"	+88
G3	"	"	"	"	"	"	"	-81
G4	"	"	"	"	"	"	"	-90
G5	"	"	"	"	"	"	"	-44
(トリガー) G6	3 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz						

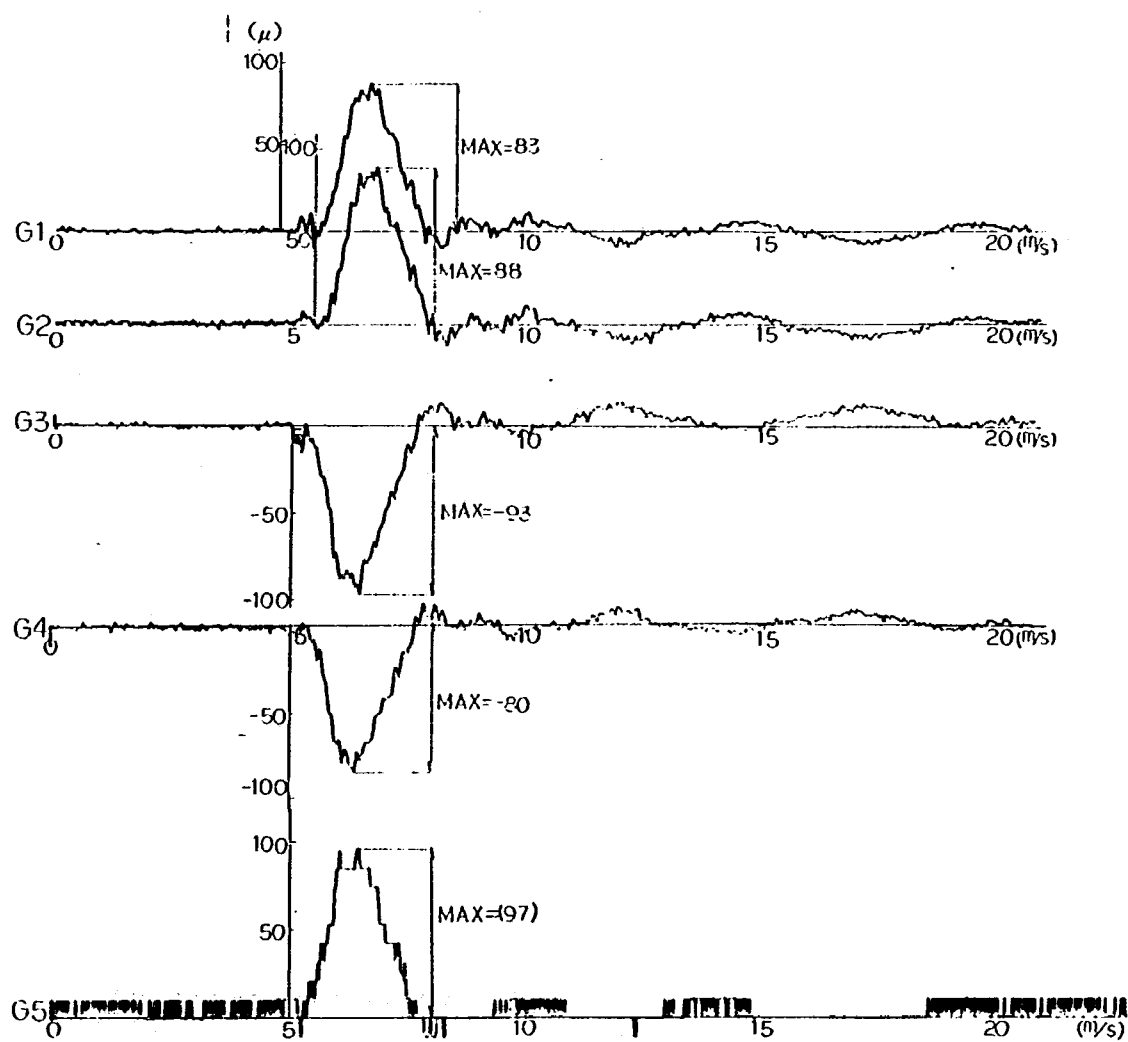
破壊状況 木材の破壊せんい除いて



土石流衝撃力実験

実験 No.	8		実 験 日 時		10 月 22 日			
球の落高	2.5 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレイワード	-1300		緩 衝 材		木材 2 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	+83
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+88
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-93
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-80
G 5	"	"	"	"	"	"	"	(+97)
(トリガー) G 6	3 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz						

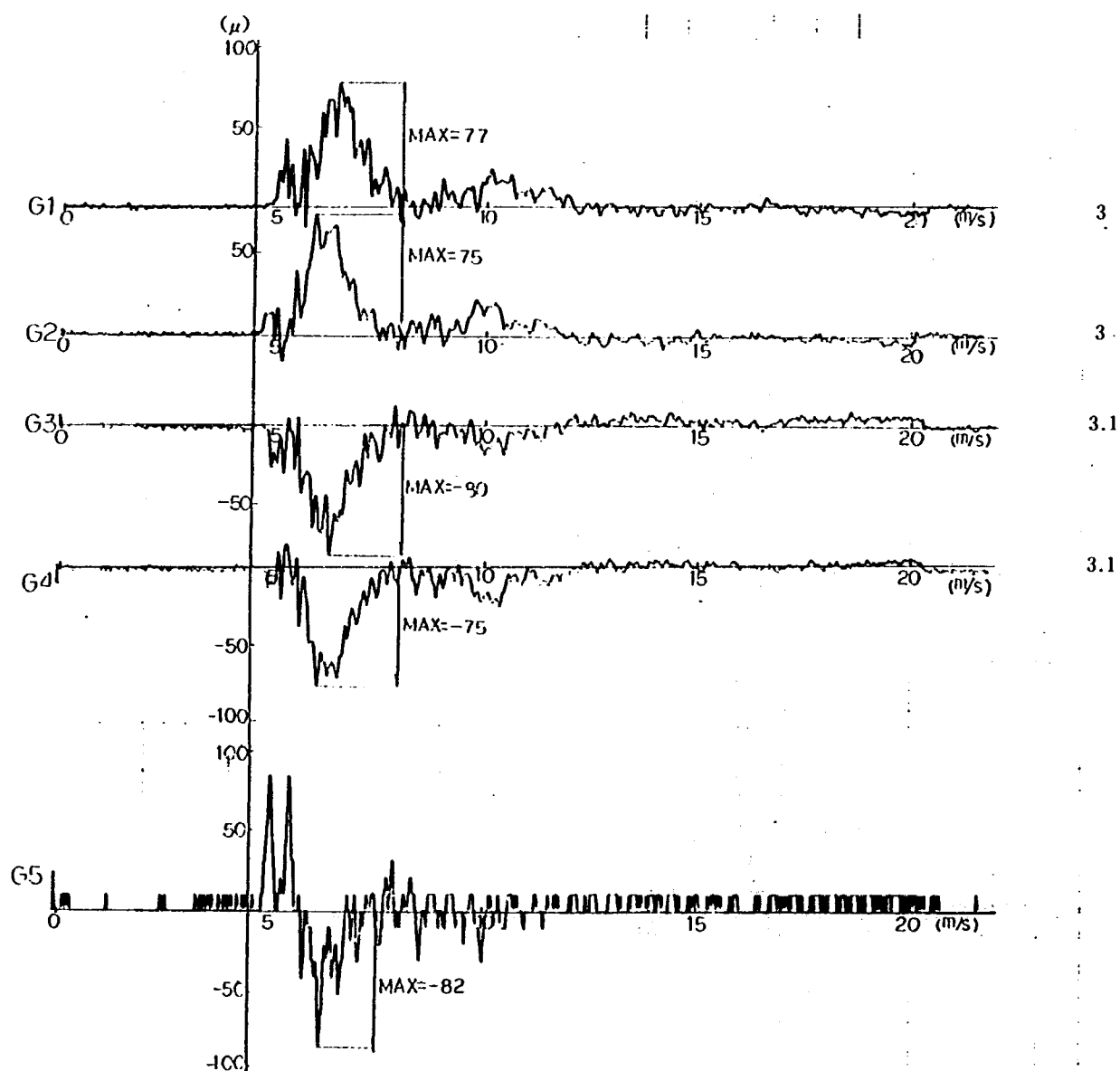
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	9		実 験 日 時		10 月 22 日			
球の落高	2.5 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩 衝 材		木材 3 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	-77
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+75
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-80
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-75
G 5	"	"	"	"	"	"	"	-82
(トリガー) G 6	3 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

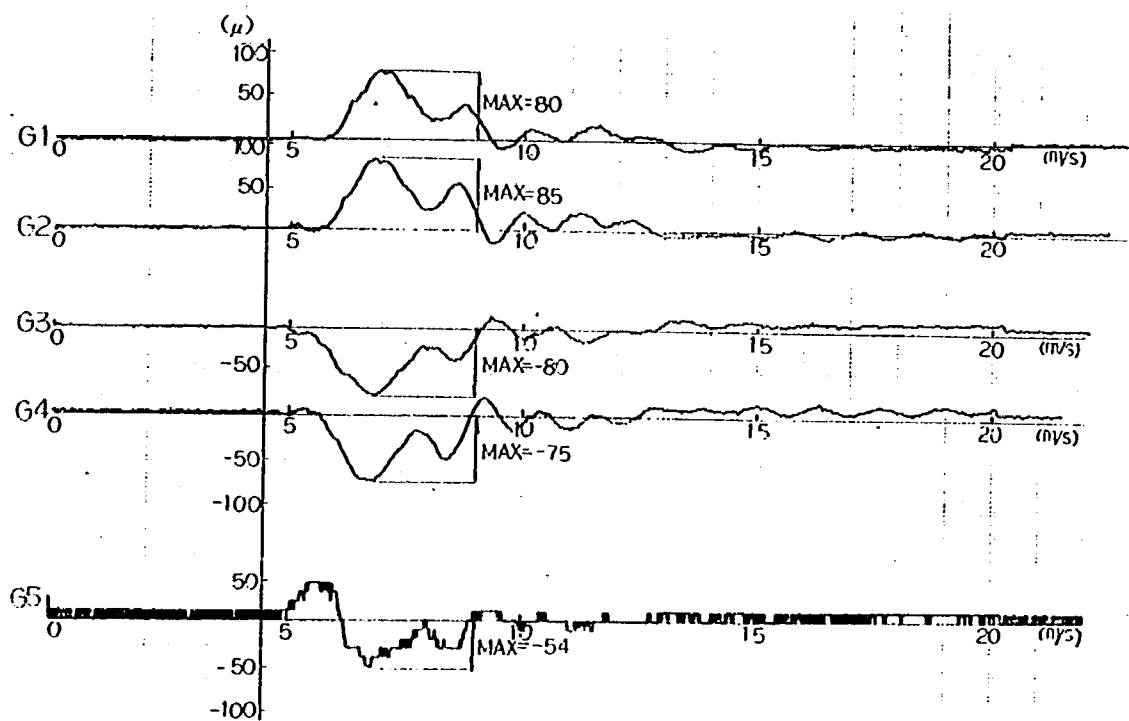
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	10		実験日時		10月22日			
球の落高	5.10 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		被衝材		木材 1 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	200 mv/cm	+80
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+85
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-80
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-75
G 5	"	"	"	"	"	"	"	-54
(トリガー) G 6	3 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

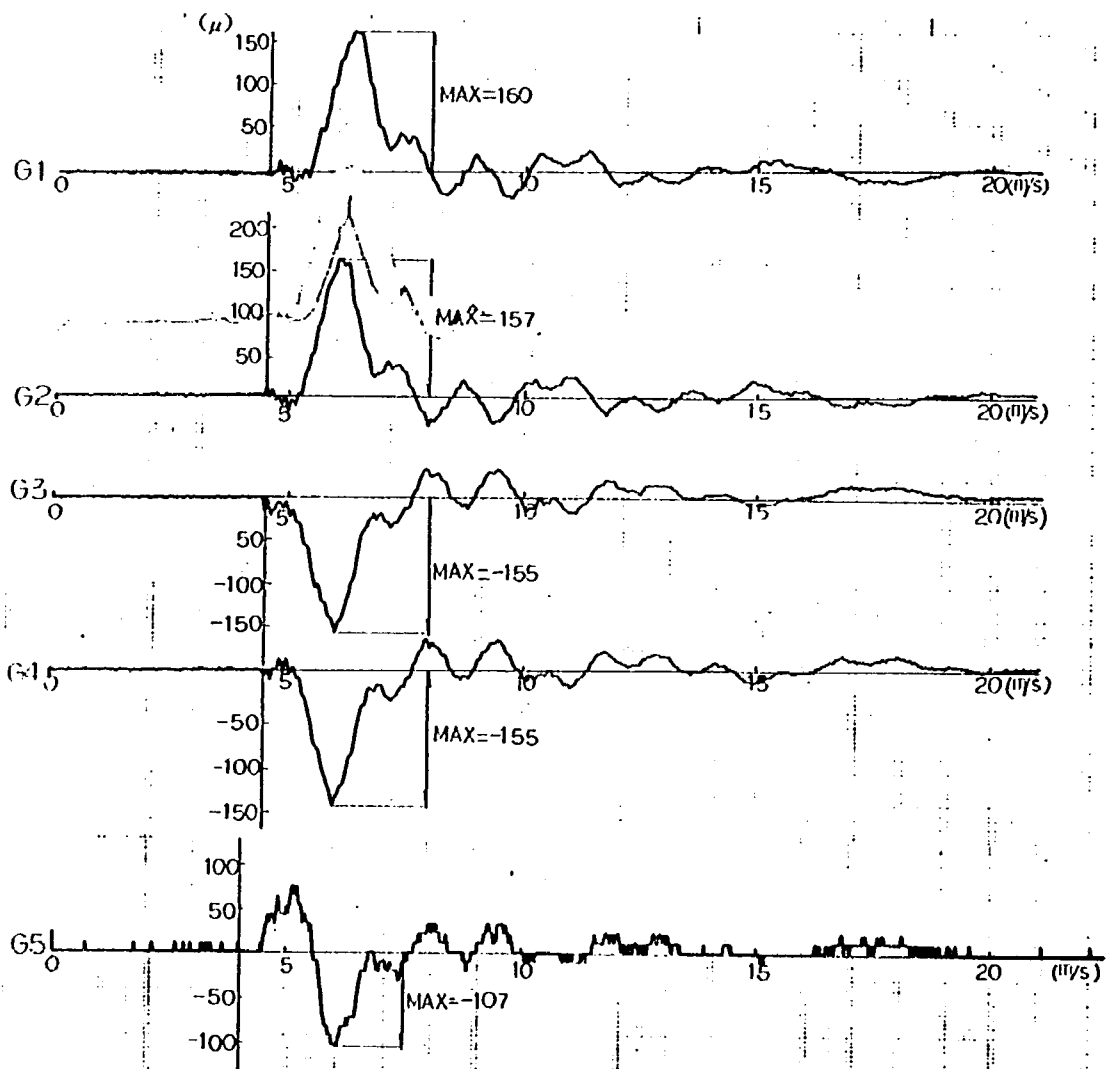
破壊状況 板が破損



土石流衝撃力実験

実験 No.	11		実験日時		10月22日			
球の落高	5.20 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		木材 2 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	200 mv/cm	-160
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+157
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-155
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-155
G 5	"	"	"	"	"	"	"	-107
(トリガー) G 6	2 V 500 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

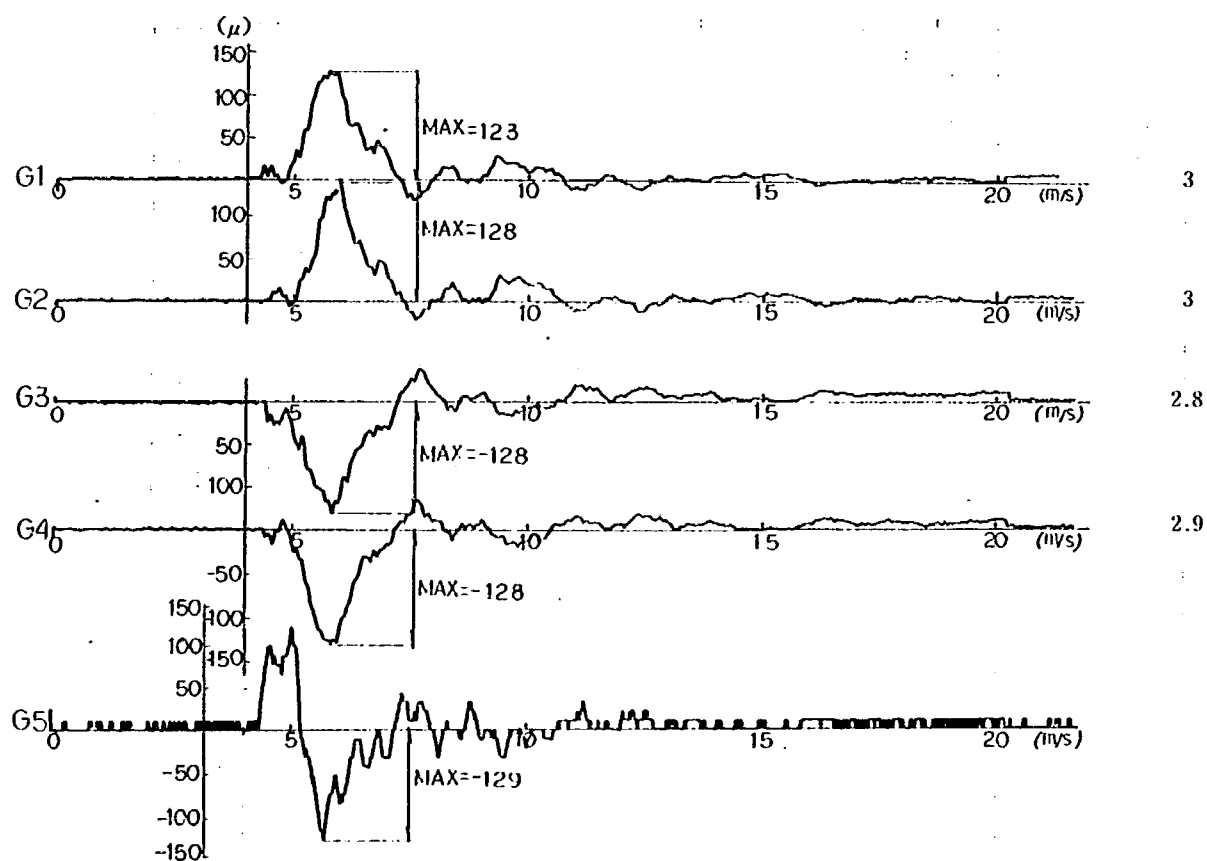
破壊状況 コンクリート壁の打撃音がにぶくなった



土石流衝撃力実験

実験 No.	12		実 験 日 時		10 月 22 日			
球の落高	5.10 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩 衝 材		木材 3 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 較正值	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	200 mv/cm	+123
G2	"	"	"	"	"	"	"	-123
G3	"	"	"	"	"	"	"	-128
G4	"	"	"	"	"	"	"	-128
G5	"	"	"	"	"	"	"	-129
(トリガー) G6	2 V 500 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

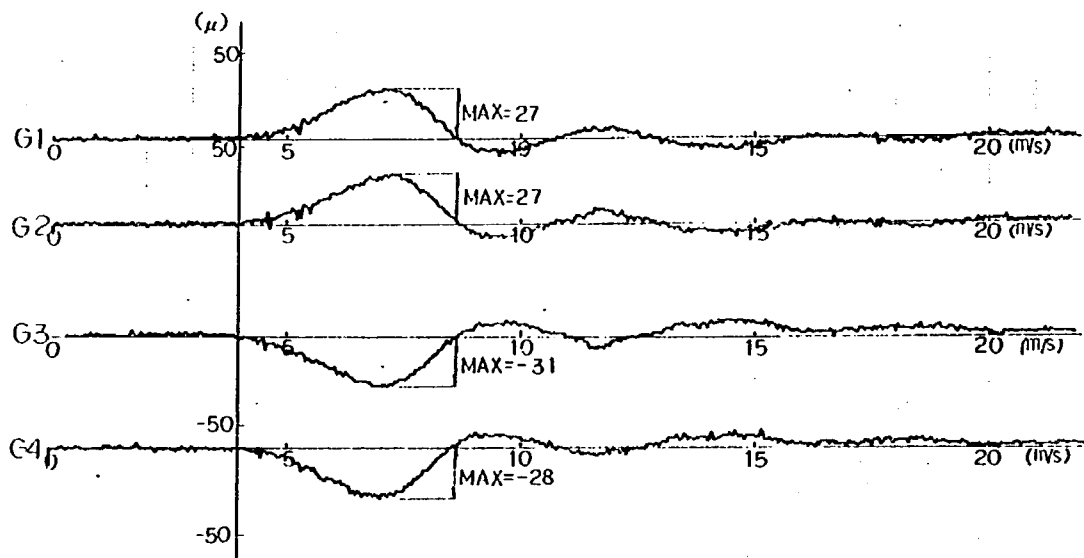
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	13	実験日時		10月23日				
球の落高	0.81 m	球速 (ビデオカメラによる)		m/sec				
DM 7100 の ディレワード	-1300	緩衝材		砂 1 cm				
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	+27
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+27
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-31
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-28
G 5	"	"	"	"	"	"	"	
(トリガー) G 6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

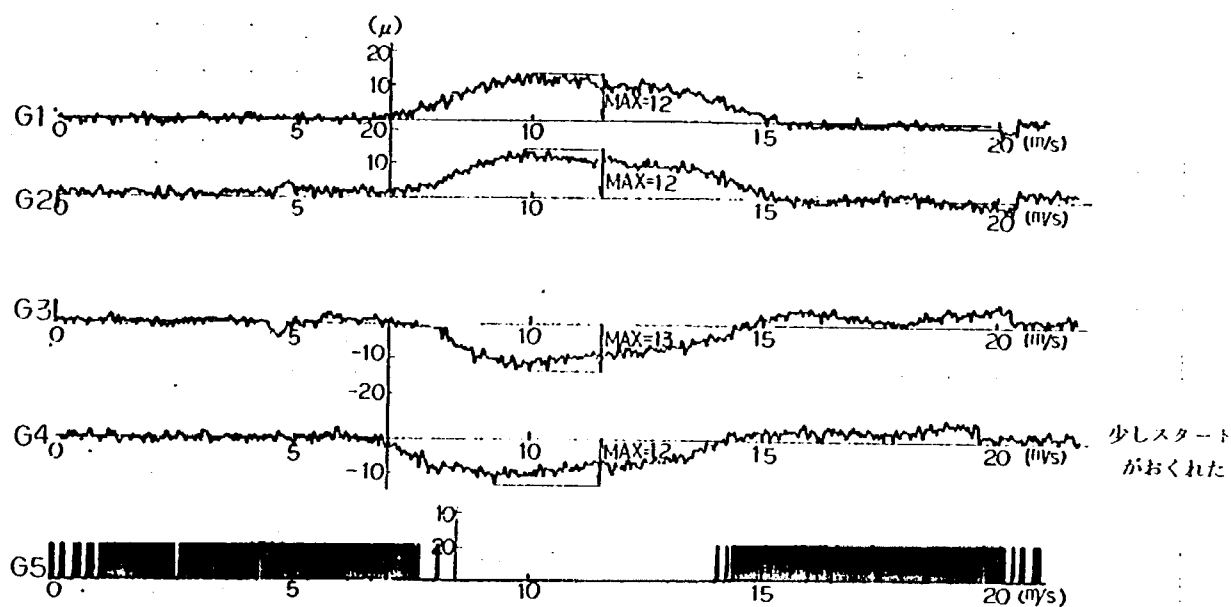
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	14		実験日時		10月23日			
球の落高	0.92 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		砂 2 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 較正值	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	50 mv/cm	+12
G 2	"	"	"	"	"	"	"	-12
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-13
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-12
G 5	"	"	"	"	"	"	"	0
(トリガー) G 6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

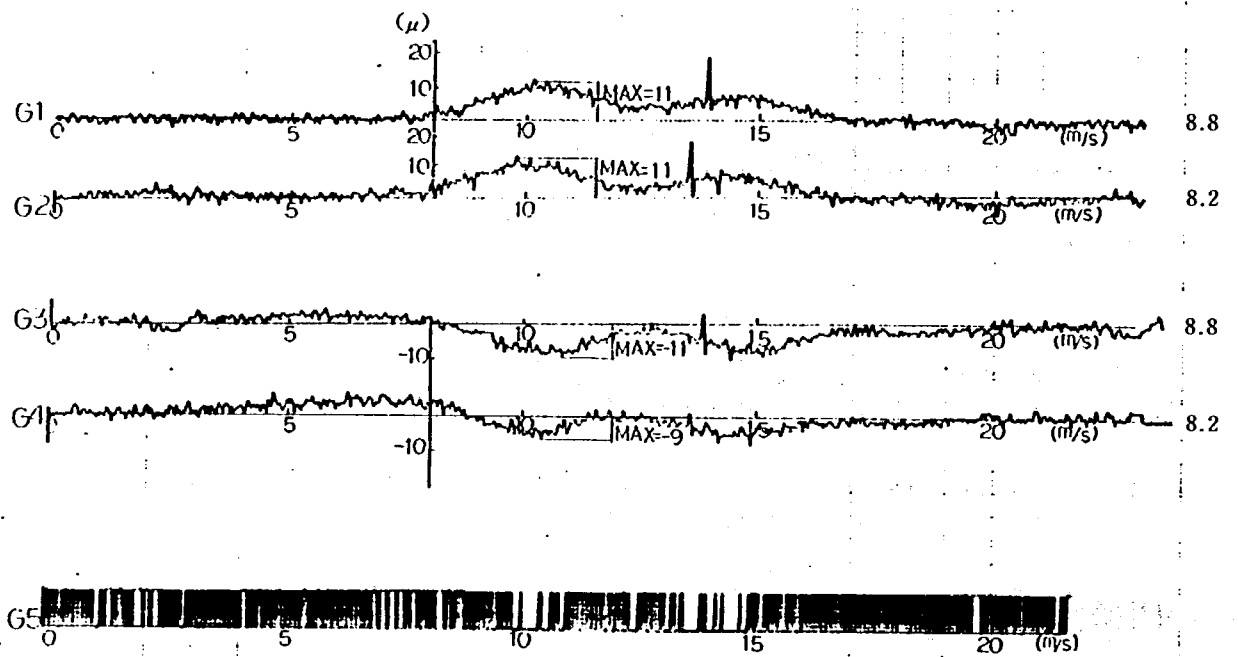
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	15		実験日時		10月22日			
球の落高	0.82 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		砂 3 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	50 mv/cm	-11
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+11
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-11
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-9
G 5	"	"	"	"	"	"	"	0
(トリガー) G 6	2 V 200 $\mu\epsilon$	"	"	"				

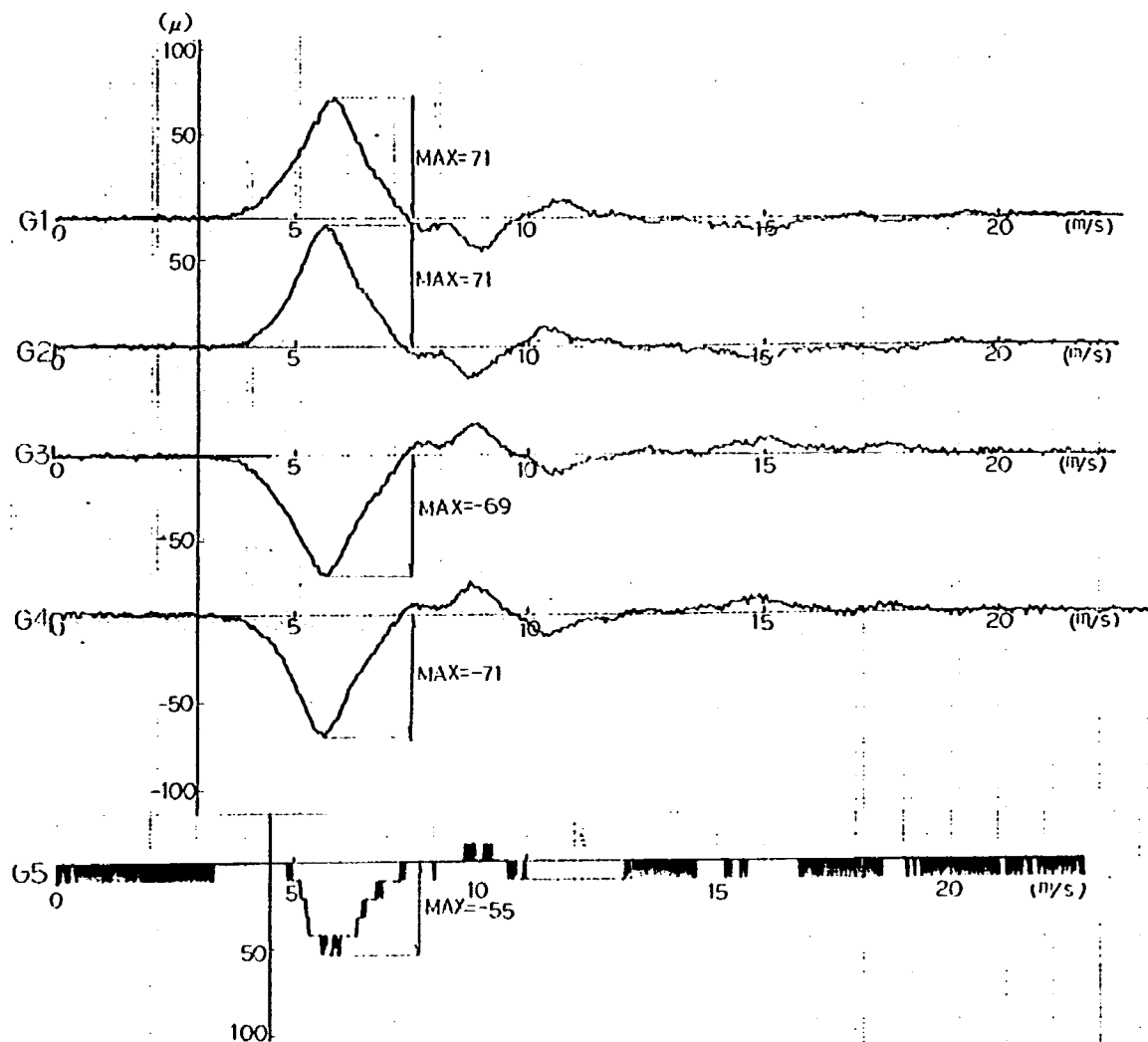
破壊状況



土流衝撃力実験

実験 No.	16		実験日時		10月22日			
球の落高	2.50 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		砂 1 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	+71
G2	"	"	"	"	"	"	"	+71
G3	"	"	"	"	"	"	"	-69
G4	"	"	"	"	"	"	"	-71
G5	"	"	"	"	"	"	"	-55
(トリガー) G6	2 V 200 $\mu\epsilon$	"	"	"				

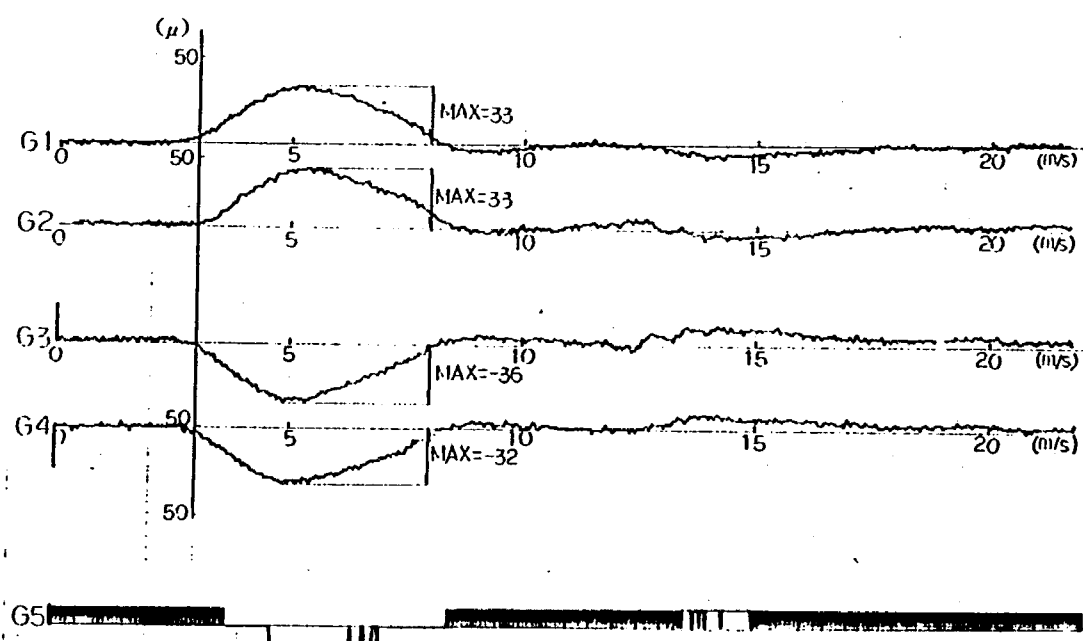
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	17		実験日時		10月23日			
球の落高	2.50 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレイワード	-1300		緩衝材		砂 2 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	-33
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+33
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-36
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-32
G 5	"	1 kHz	"	"	"	"	"	-13
(トリガー) G 6	2 V 200 $\mu\epsilon$	"	"	"				

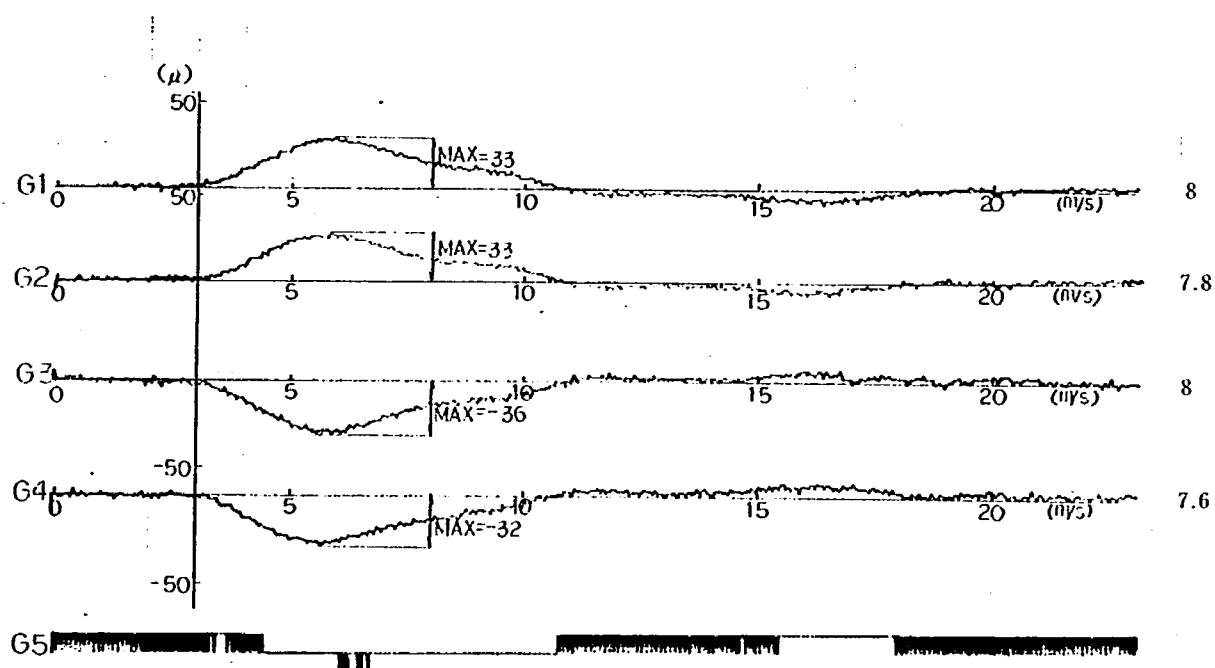
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	18	実験日時	10月23日					
球の落高	2.5 m	球速 (ビデオカメラによる)	m/sec					
DM 7100 の ディレワード	-1300	緩衝材	砂 3 cm					
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	+27
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+27
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-29
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-27
G 5	"	1 kHz	"	"	"	"	"	-13
(トリガー) G 6	2 V 200 $\mu\epsilon$	"	"	"				

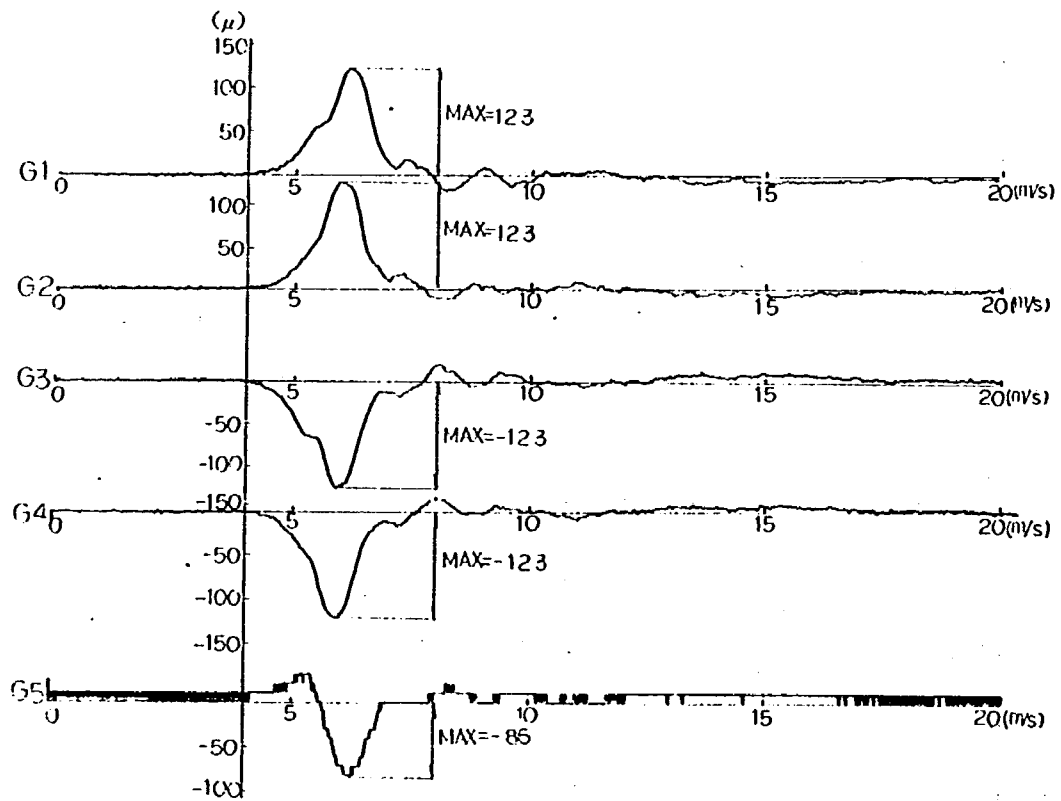
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	19		実験日時		10月23日			
球の高さ	5.10 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		砂 1 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	200 mv/cm	-123
G 2	"	"	"	"	"	"	"	-123
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-123
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-123
G 5	"	"	"	"	"	"	"	-86
(トリガー) G 6	2 V 200 $\mu\epsilon$	"	"	"				

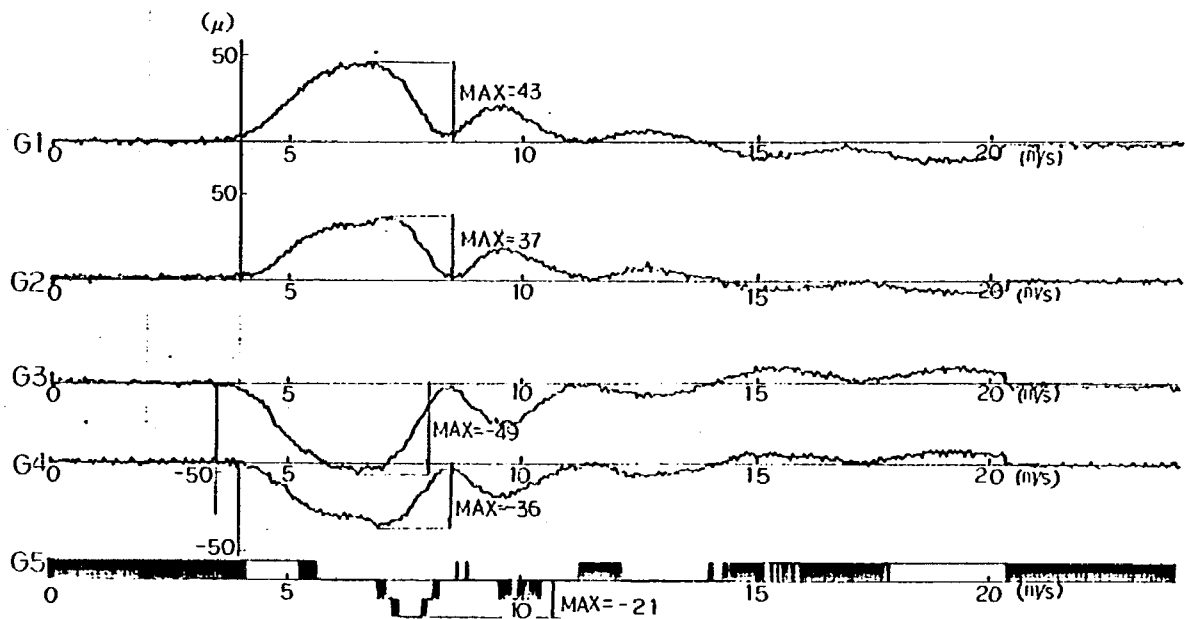
破壊状況 コンクリートの破壊なし (打撃音かわらず)



土石流衝撃力実験

実験 No.	20		実験日時		10月23日			
球の落高	5.2m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		砂 2 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	+43
G2	"	"	"	"	"	"	"	+37
G3	"	"	"	"	"	"	"	-49
G4	"	"	"	"	"	"	"	-36
G5	"	"	"	"	"	"	"	-21
(トリガー) G6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

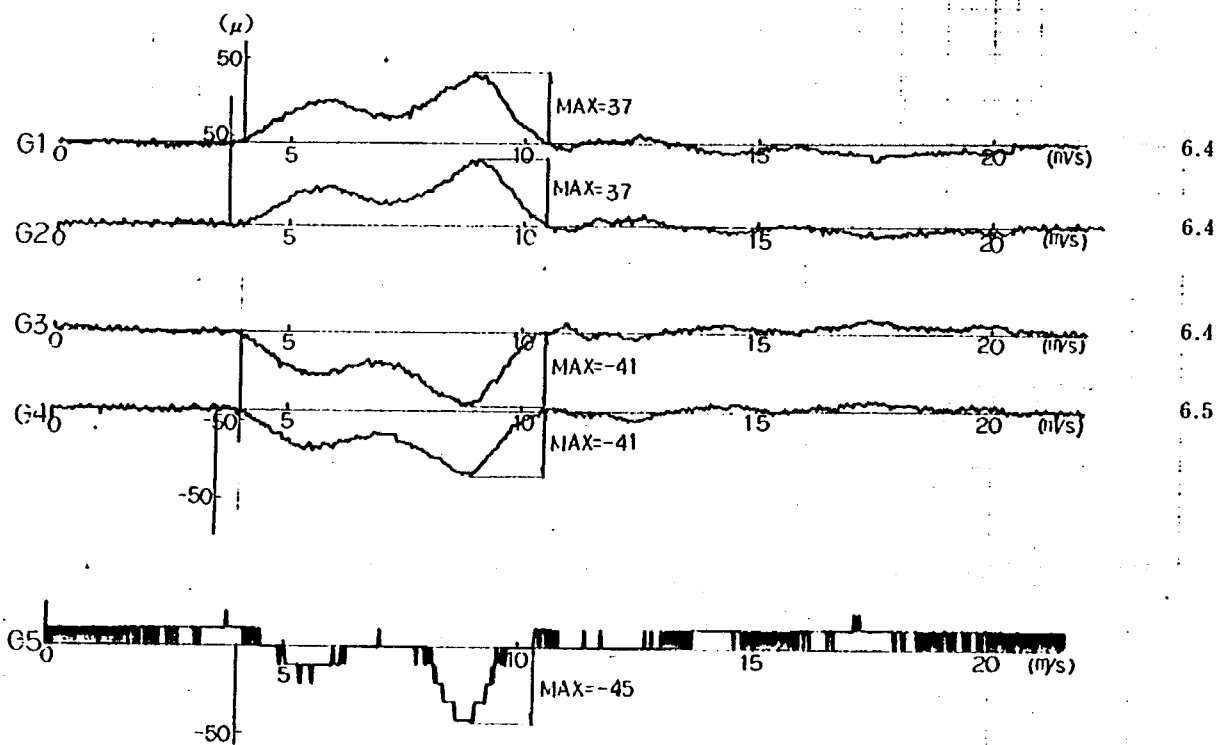
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	21		実験日時		10月23日			
球の落高	5.10 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		砂 3 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	+47
G2	"	"	"	"	"	"	"	+37
G3	"	"	"	"	"	"	"	-4
G4	"	"	"	"	"	"	"	-37
G5	3 V 100 $\mu\epsilon$	"	"	"	"	"	"	-45
(トリガー) G6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

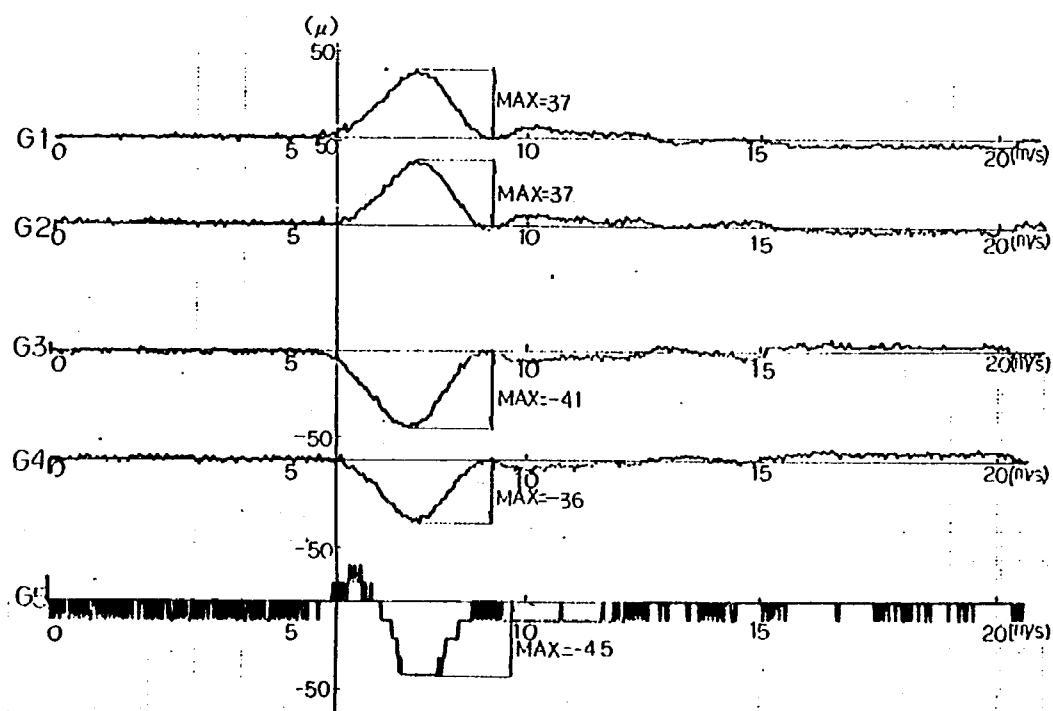
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	22		実験日時		10月23日			
球の落高	0.82 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		ゴム 1 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	+37
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+37
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-41
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-36
G 5	3 V 1000 $\mu\epsilon$	"	"	"	"	"	"	-45
(トリガー) G 6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

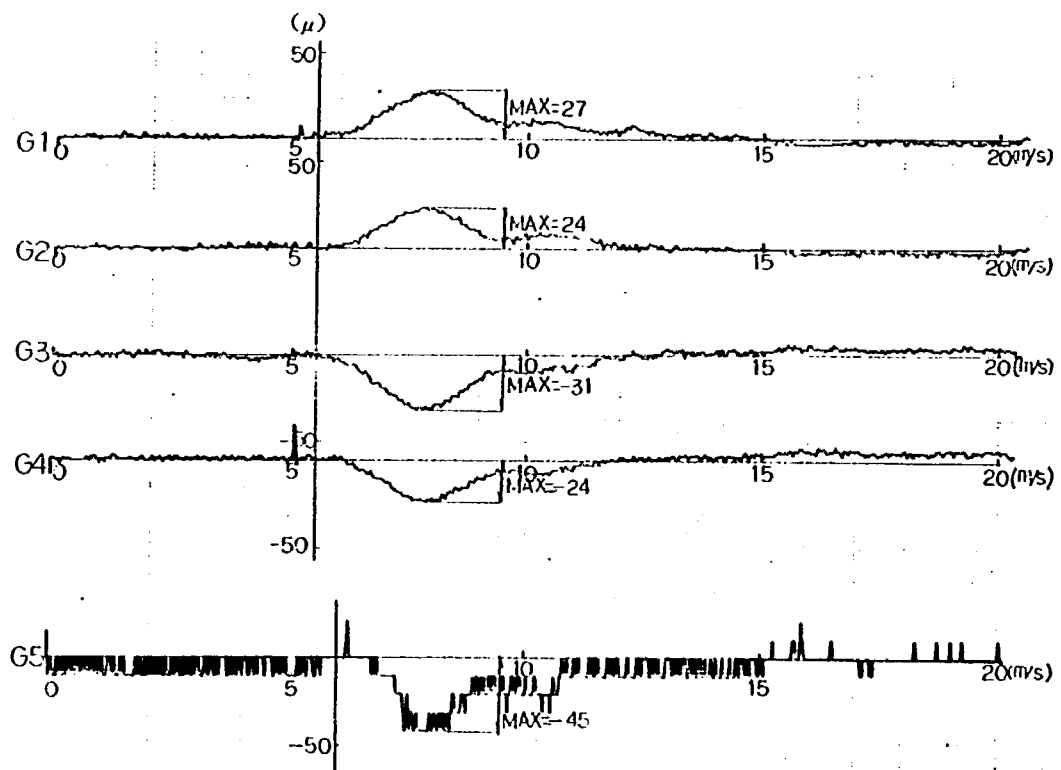
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	23		実験日時		10月23日			
球の落高	0.82 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレイワード	-1300		緩衝材		ゴム 2 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	+27
G2	"	"	"	"	"	"	"	+24
G3	"	"	"	"	"	"	"	-31
G4	"	"	"	"	"	"	"	-24
G5	2.5 V 500 $\mu\epsilon$	"	"	"	"	"	"	-45
(トリガー) G6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

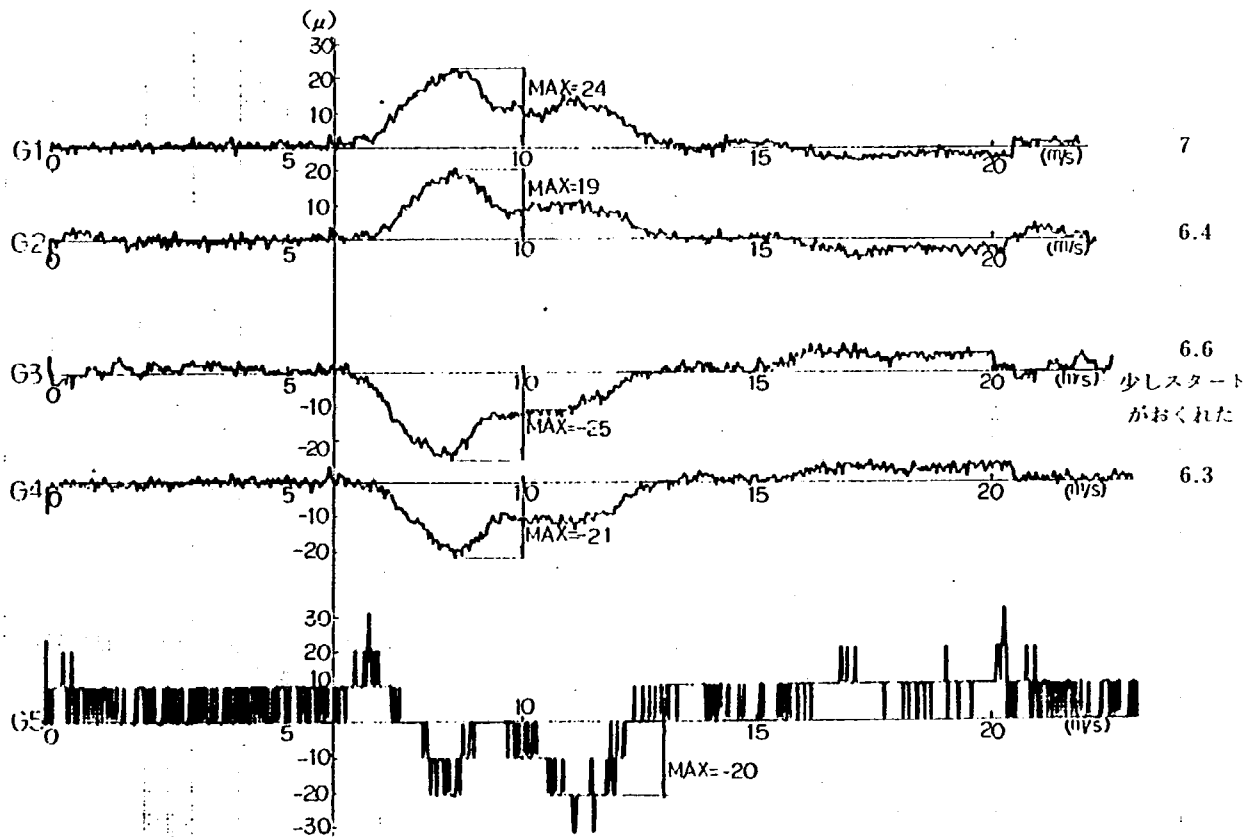
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	24		実験日時		10月23日			
球の落高	0.82 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		ゴム 3 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 較正值	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	1.2 cm/sec	50 mv/cm	50 mv/cm	+24
G2	"	"	"	"	"	"	"	+19
G3	"	"	"	"	"	"	"	-25
G4	"	"	"	"	"	"	"	-21
G5	2.5 V 500 $\mu\epsilon$	"	"	"	"	"	"	-20
(トリガー) G6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

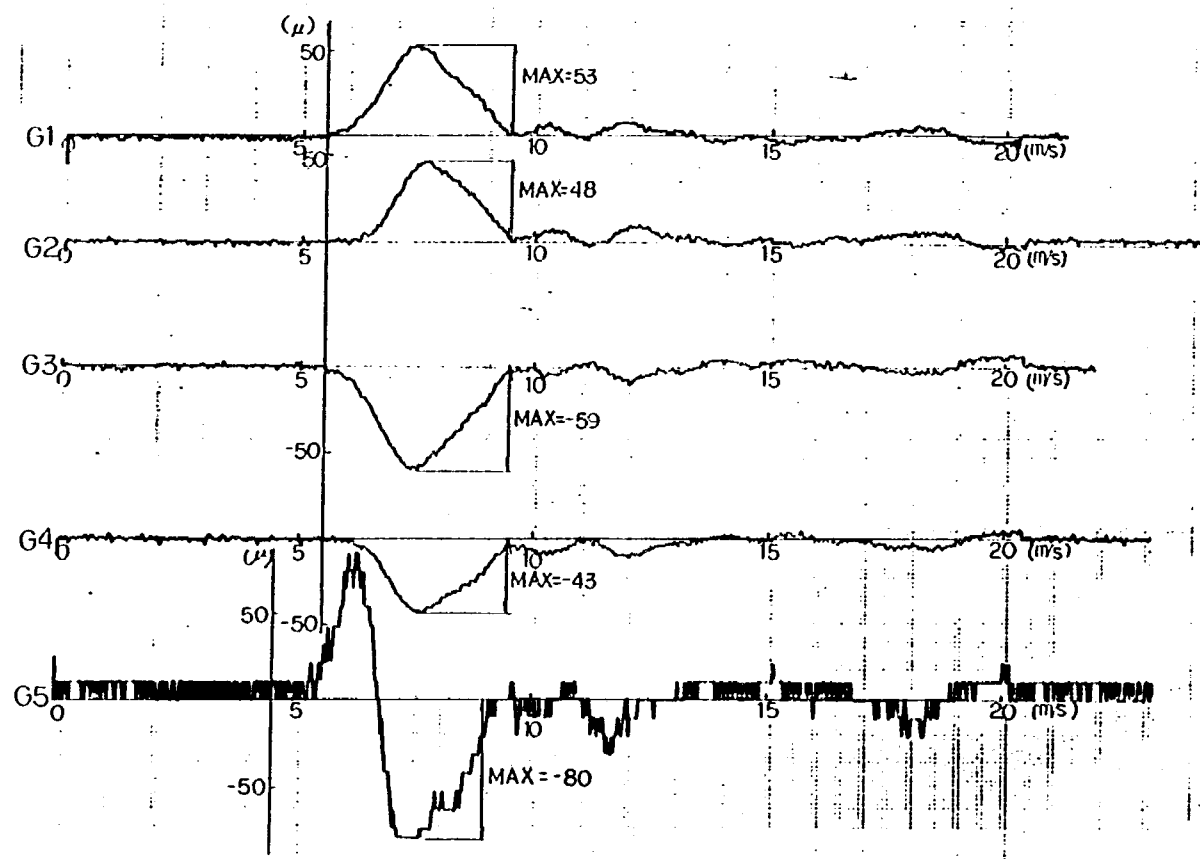
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	25		実験日時		10月23日			
球の落高	2.50 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		ゴム 1 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	+58
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+48
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-59
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-43
G 5	2.5 V 500 $\mu\epsilon$	"	"	"	"	"	"	-80
(トリガー) G 6	2 V 2000 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

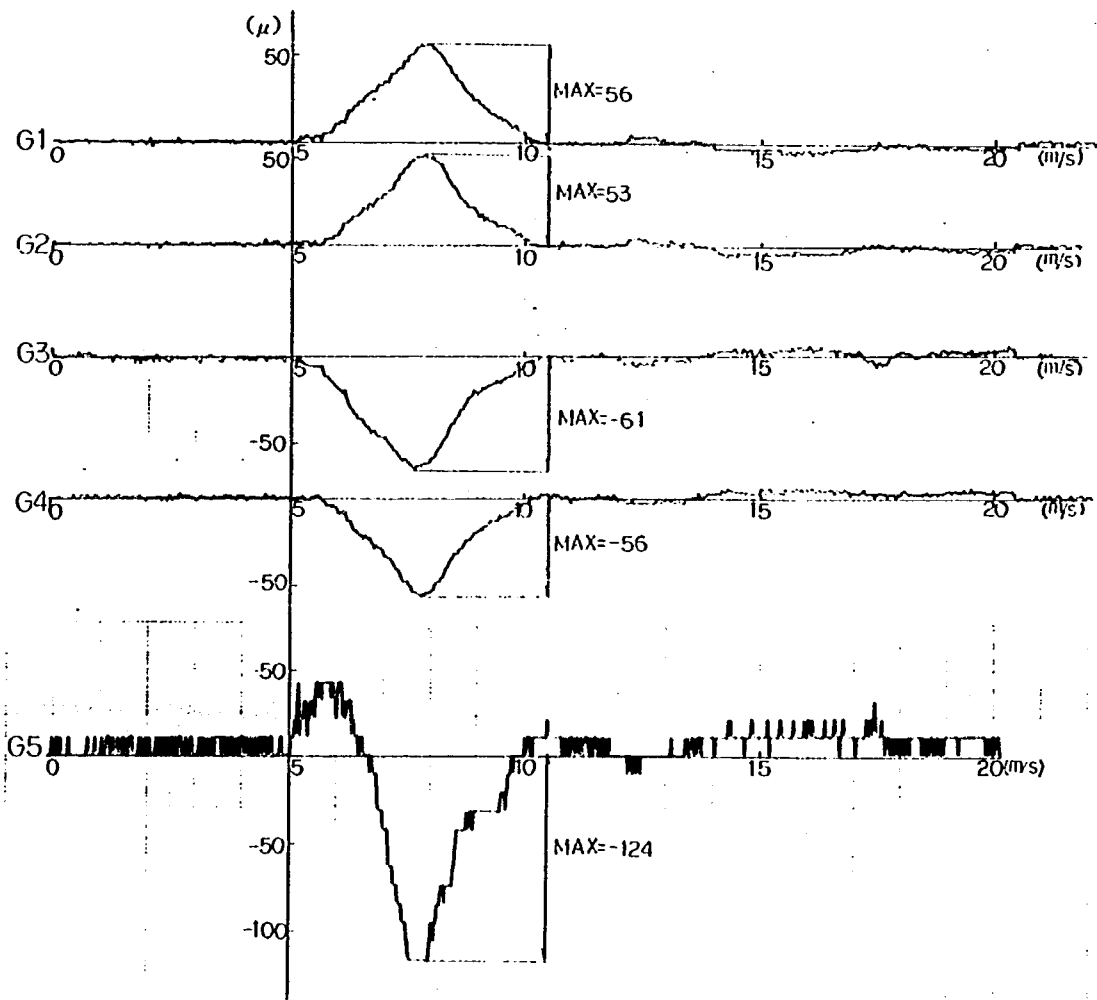
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	26		実験日時		10月23日			
球の落高	2.5 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		ゴム 2 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	- 56
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+ 53
G 3	"	"	"	"	"	"	"	- 61
G 4	"	"	"	"	"	"	"	- 56
G 5	2.5 V 500 $\mu\epsilon$	"	"	"	"	"	"	-124
(トリガー) G 6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

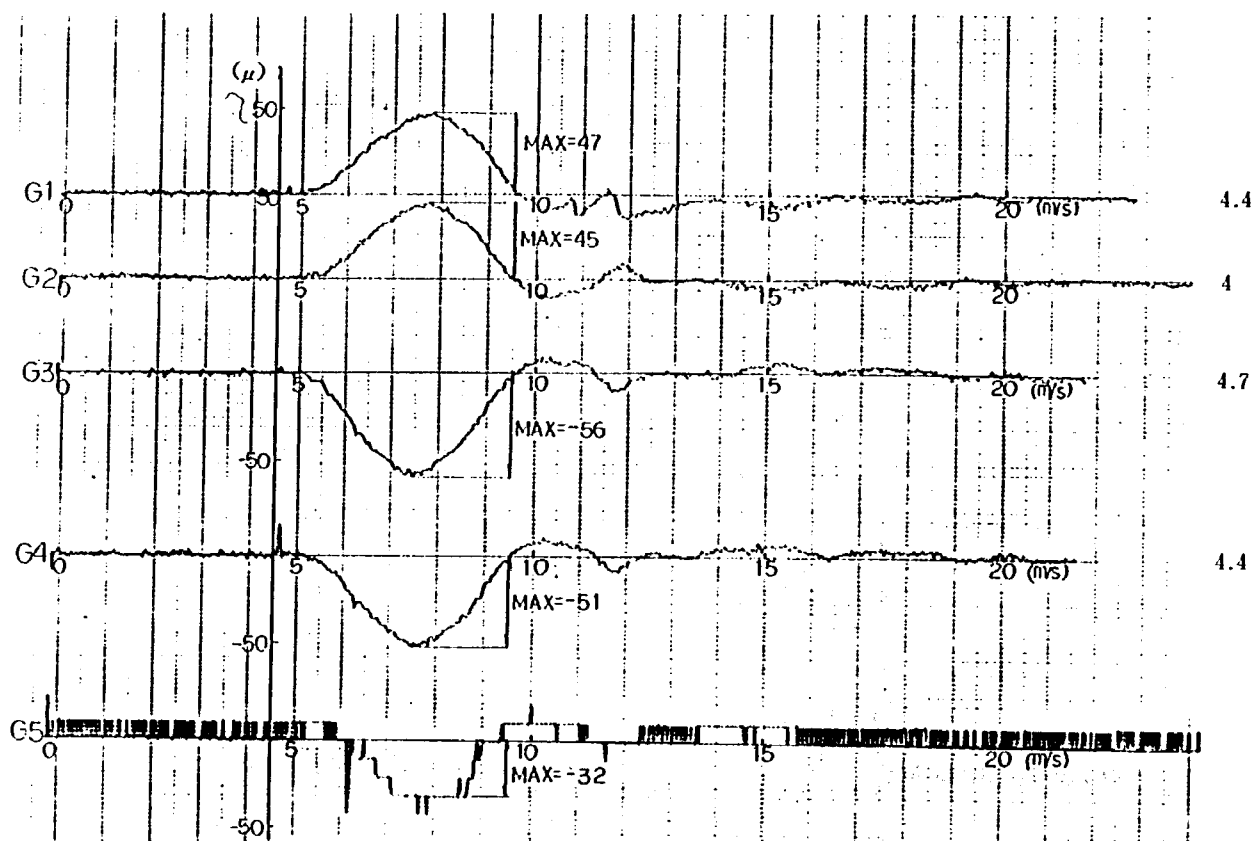
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	27		実験日時		10月23日			
球の落高	2.5 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		ゴム 3 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	+47
G2	"	"	"	"	"	"	"	+45
G3	"	"	"	"	"	"	"	-56
G4	"	"	"	"	"	"	"	-51
G5	3 V 1000 $\mu\epsilon$	"	"	"	"	"	"	-32
(トリガー) G6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

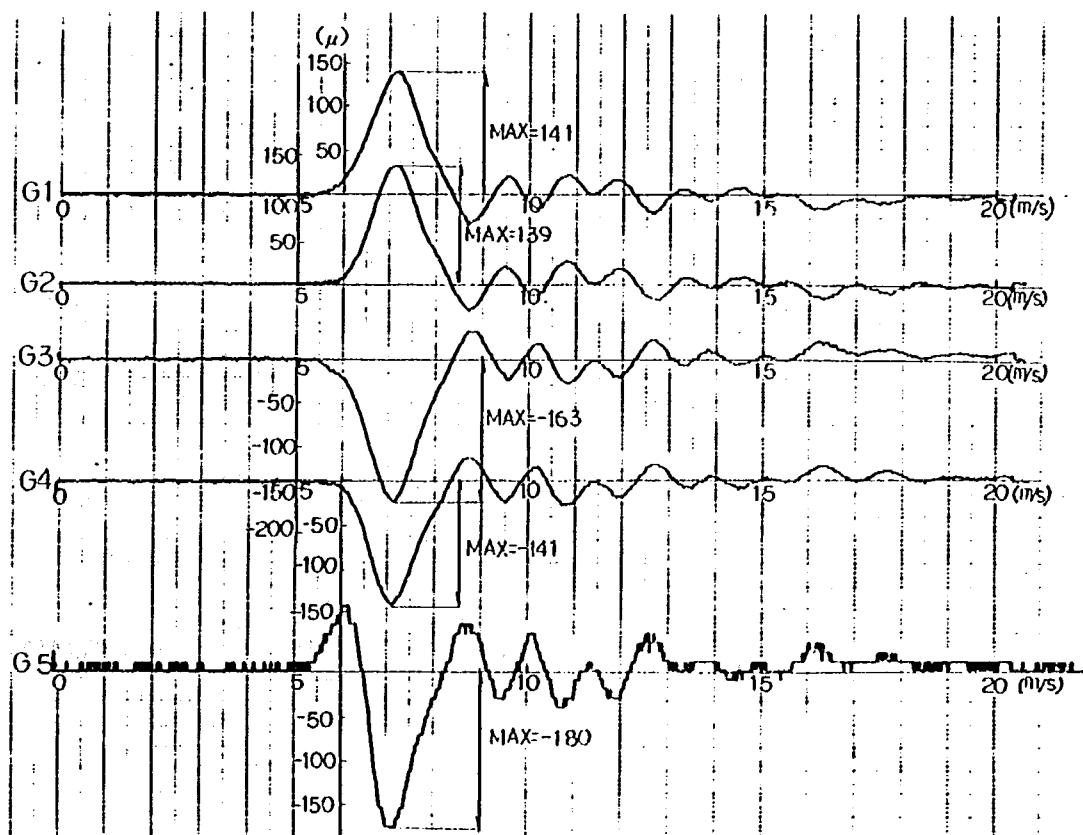
破壊状況



土流衝撃力実験

実験 No.	28		実験日時		10月23日			
球の落高	5.10 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		ゴム 1 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 較正值	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	200 mv/cm	+141
G2	"	"	"	"	"	"	"	+130
G3	"	"	"	"	"	"	"	-163
G4	"	"	"	"	"	"	"	-141
G5	3 V 1000 $\mu\epsilon$	"	"	"	"	"	"	-180
(トリガー) G6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

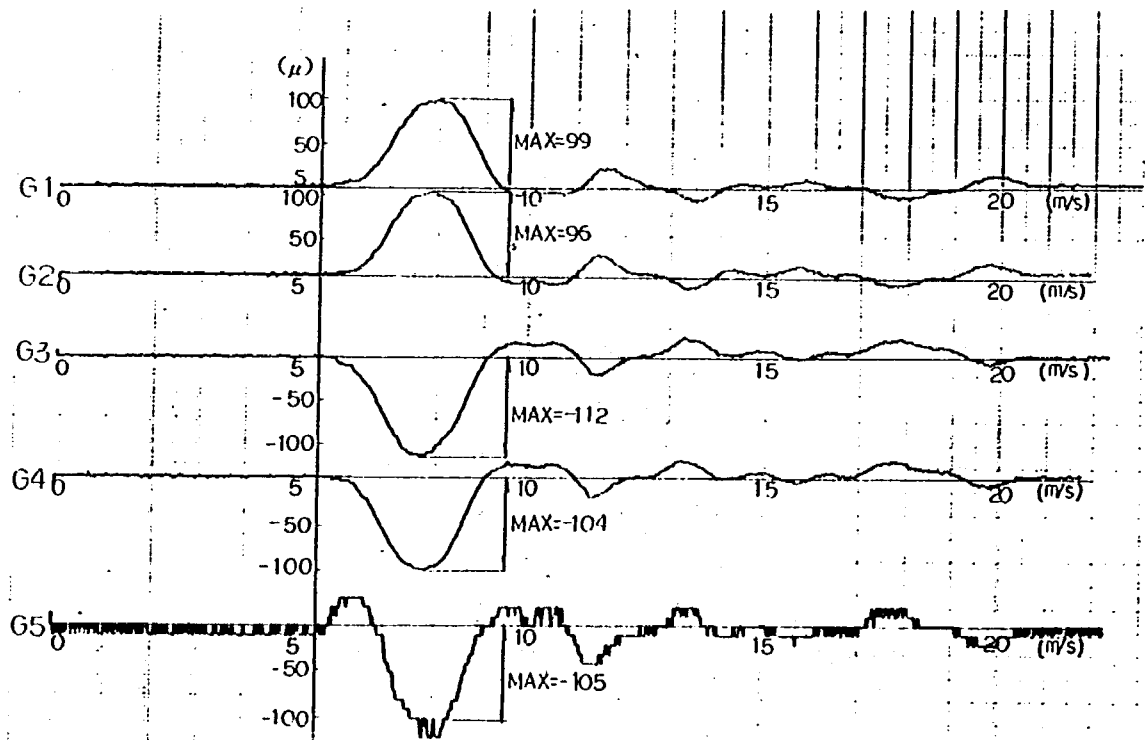
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	29		実験日時		10月23日			
球の落高	5.10 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		ゴム 2 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	200 mv/cm	-99
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+96
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-112
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-104
G 5	3 V 1000 $\mu\epsilon$	"	"	"	"	"	"	-105
(トリガー) G 6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

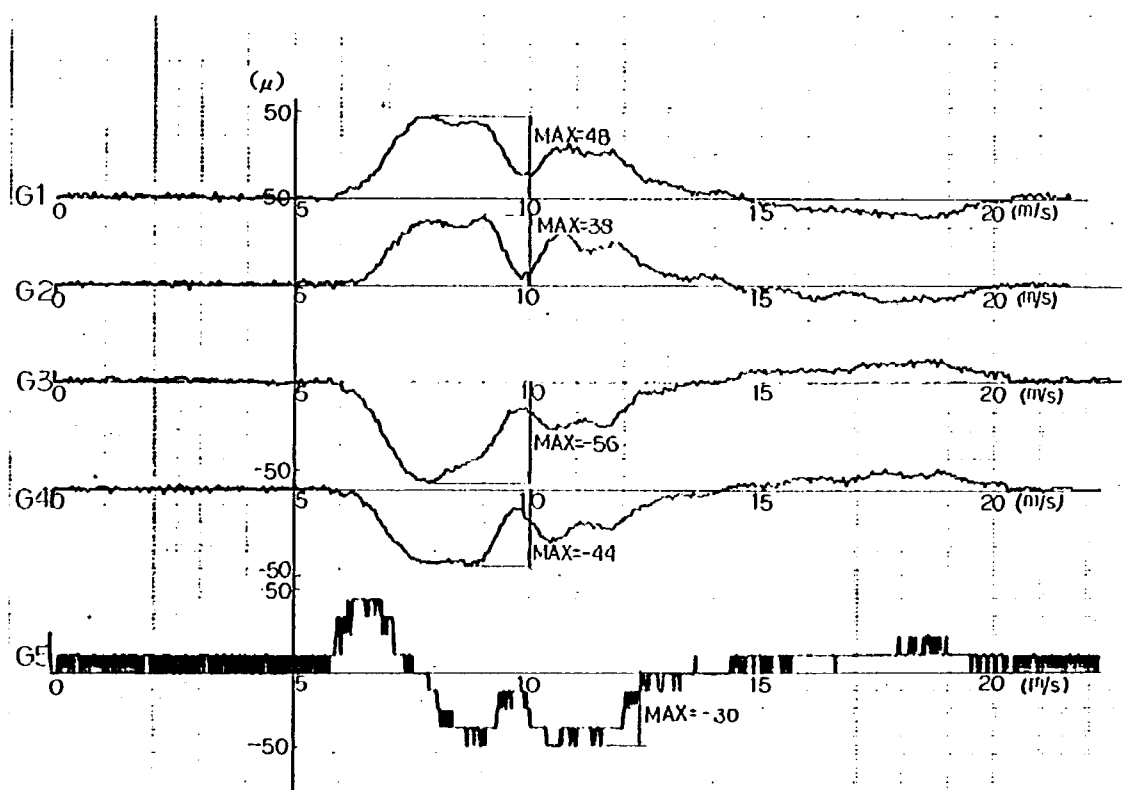
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	30		実験日時		10月23日			
球の落高	5.10 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレイワード	-1300		緩衝材		ゴム 3 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	+48
G 2	"	"	"	"	"	"	"	-38
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-56
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-44
G 5	3 V 1000 $\mu\epsilon$	"	"	"	"	"	"	-30
(トリガー) G 6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

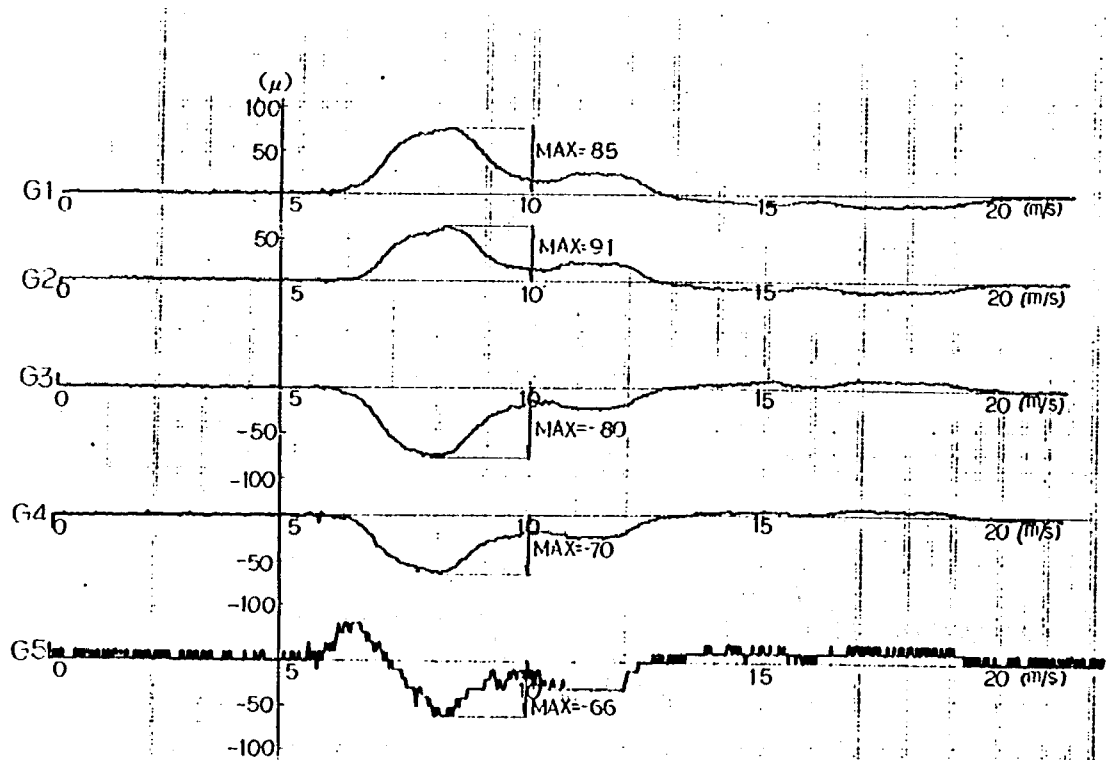
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	31		実験日時		10月24日			
球の落高	6.26 m	敷土段	球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		ゴム 3 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	200 mv/cm	+85
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+91
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-85
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-70
G 5	3 V 1000 $\mu\epsilon$	"	"	"	"	"	"	-66
(トリガー) G 6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

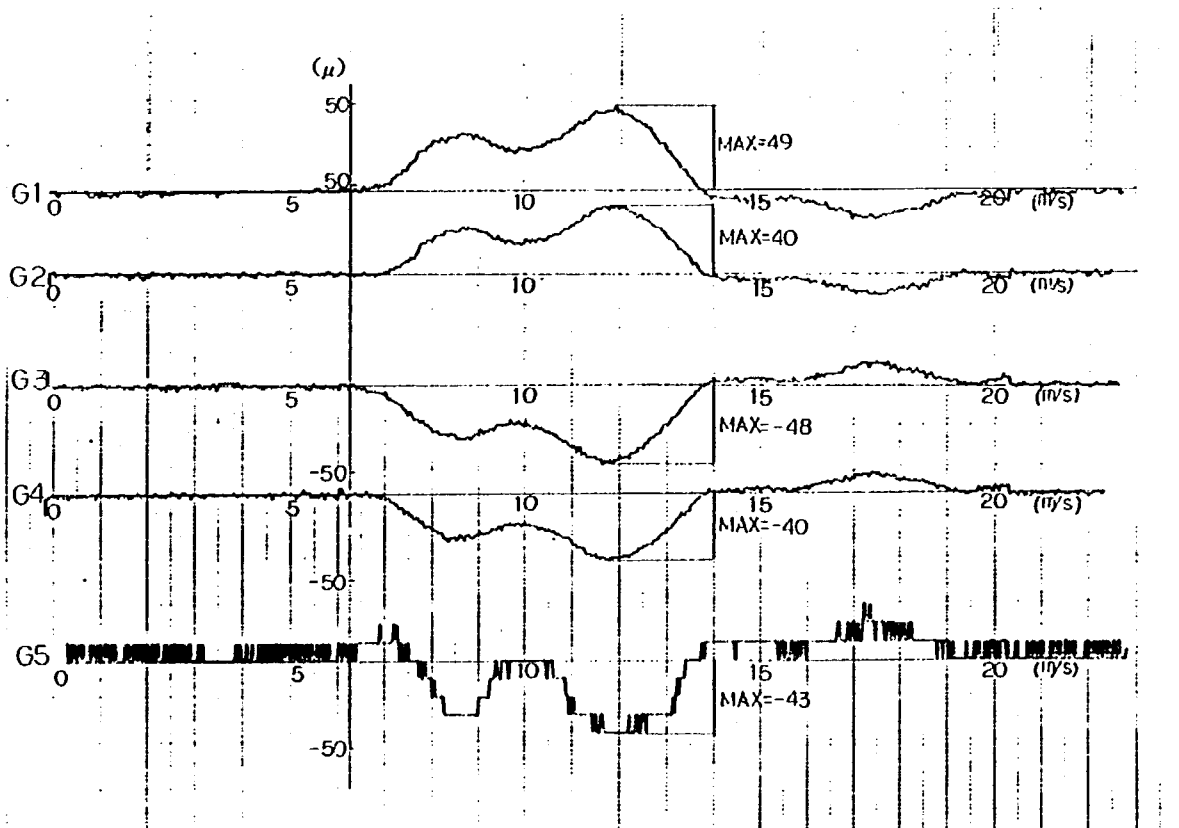
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	32		実験日時		10月24日			
球の落高	6.26 m	最高長	球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		砂 3 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	+49
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+40
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-48
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-43
G 5	3 V 1000 $\mu\epsilon$	"	"	"	"	"	"	-43
(トリガー) G 6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

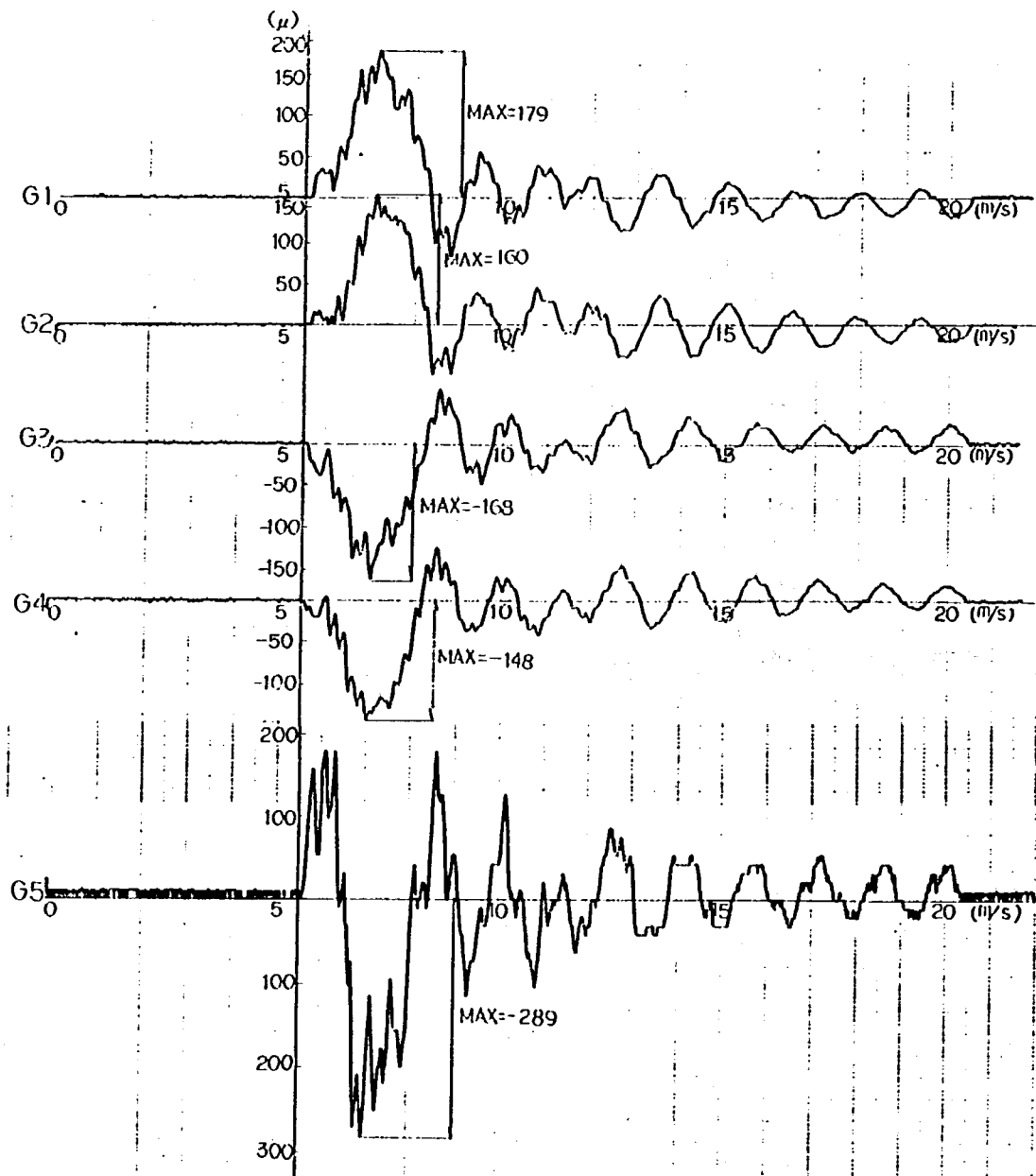
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	33		実験日時		10月24日			
球の落高	6.26 m	最高長	球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		板 3 cm			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	200 mv/cm	+179
G 2	"	"	"	"	"	"	"	+160
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-168
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-148
G 5	3 V 1000 $\mu\epsilon$	"	"	"	"	"	"	-289
(トリガー) G 6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

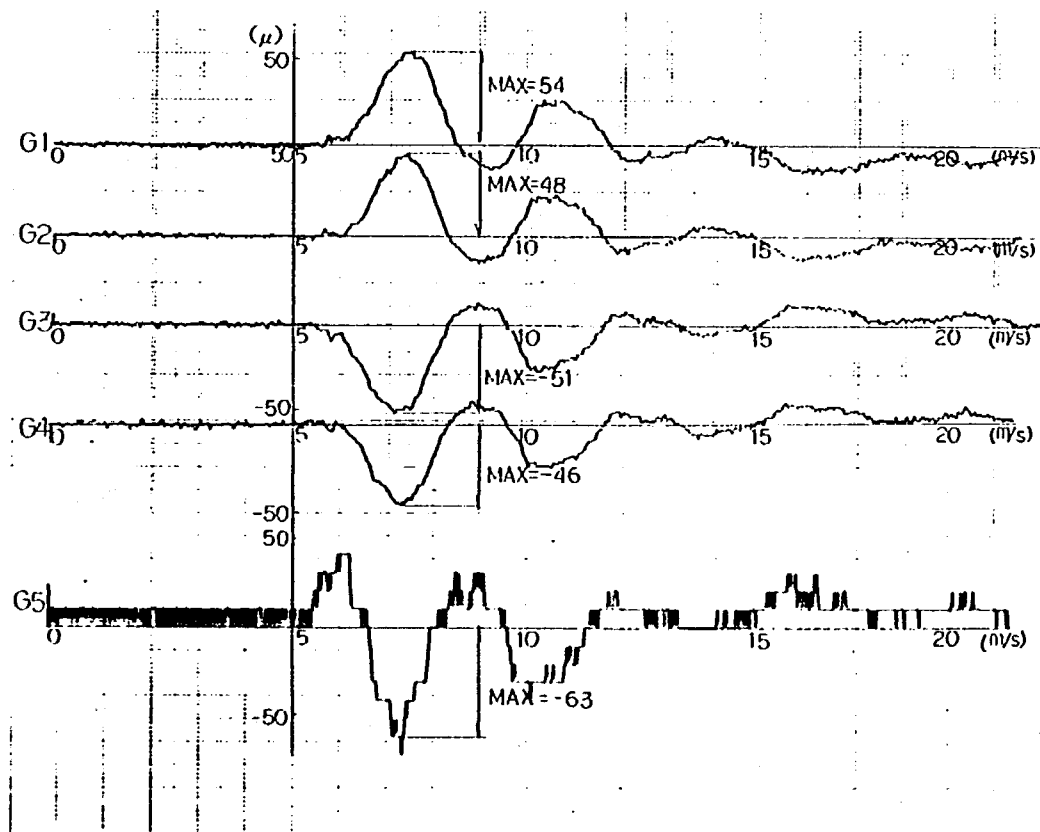
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	34		実験日時		10月24日			
球の落高	0.82 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		木材 1 cm (まさめ板をやりなおし)			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	100 mv/cm	+54
G2	"	"	"	"	"	"	"	-28
G3	"	"	"	"	"	"	"	-51
G4	"	"	"	"	"	"	"	-46
G5	3 V 1000 $\mu\epsilon$	"	"	"	"	"	"	-63
(トリガー) G6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

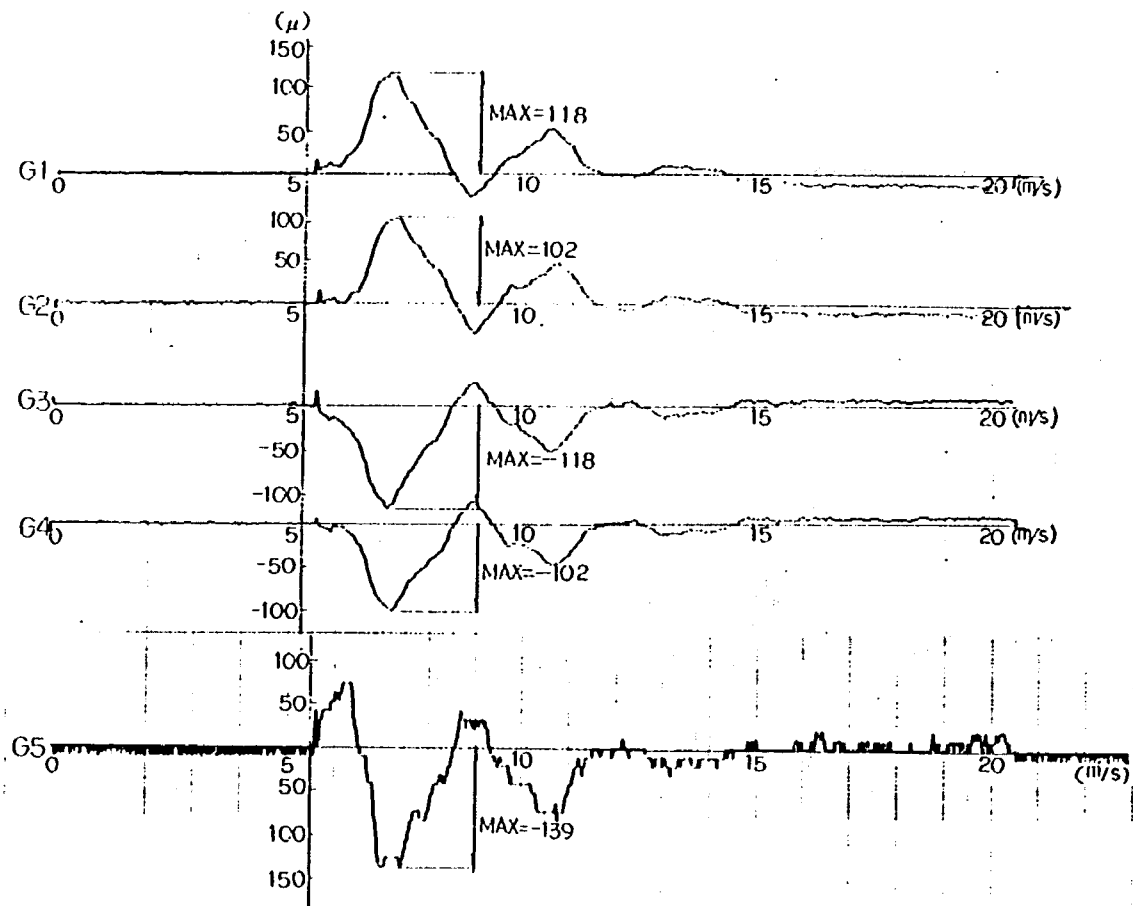
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	35		実験日時		10月24日			
球の落高	5.10 m		球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		木板 1 cm (まさ目板)			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G 1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	200 mv/cm	+1
G 2	"	"	"	"	"	"	"	-102
G 3	"	"	"	"	"	"	"	-118
G 4	"	"	"	"	"	"	"	-102
G 5	3 V 1000 $\mu\epsilon$	"	"	"	"	"	"	-139
(トリガー) G 6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

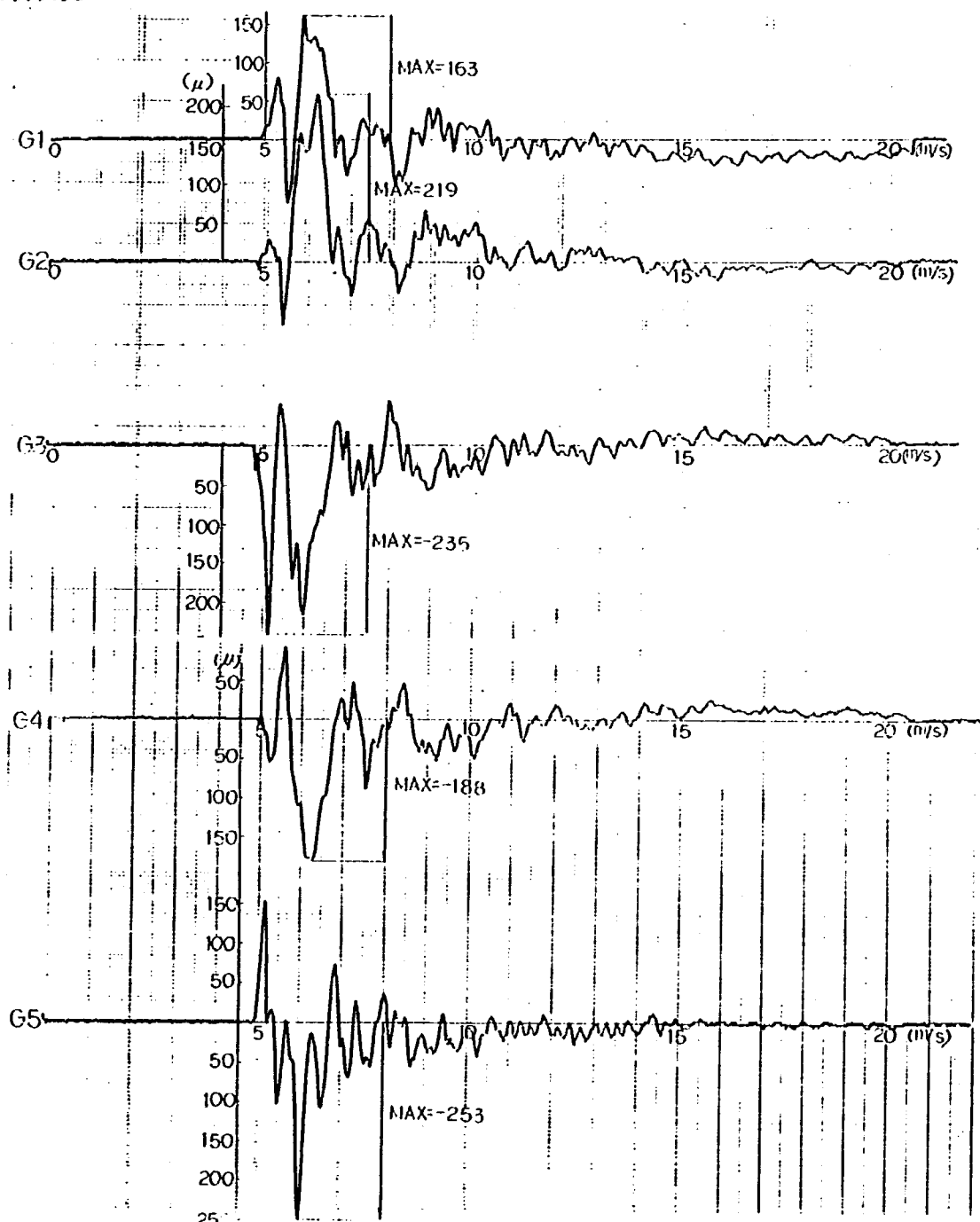
破壊状況



土石流衝撃力実験

実験 No.	36		実験日時		10月24日			
球の落高	6.26 m	最高長	球速 (ビデオカメラによる)		m/sec			
DM 7100 の ディレワード	-1300		緩衝材		なし			
ゲージ No.	COV 230 の 校正値	CDV 230 の Cut off Freq	DM 7100 の Crnk Rate	DM 7100 の VFS	XY レコーダーの感度			MAX STRAIN
					Time	X	Y	
G1	3 V 2000 $\mu\epsilon$	10 kHz	20 μsec	2 VFS	0.2 cm/sec	50 mv/cm	200 mv/cm	+163
G2	"	"	"	"	"	"	"	+219
G3	"	"	"	"	"	"	"	-235
G4	"	"	"	"	"	"	"	-188
G5	3 V 1000 $\mu\epsilon$	"	"	"	"	"	500 mv/cm	-253
(トリガー) G6	2 V 200 $\mu\epsilon$	1 kHz	"	"				

破壊状況



10. 落高と球速の関係

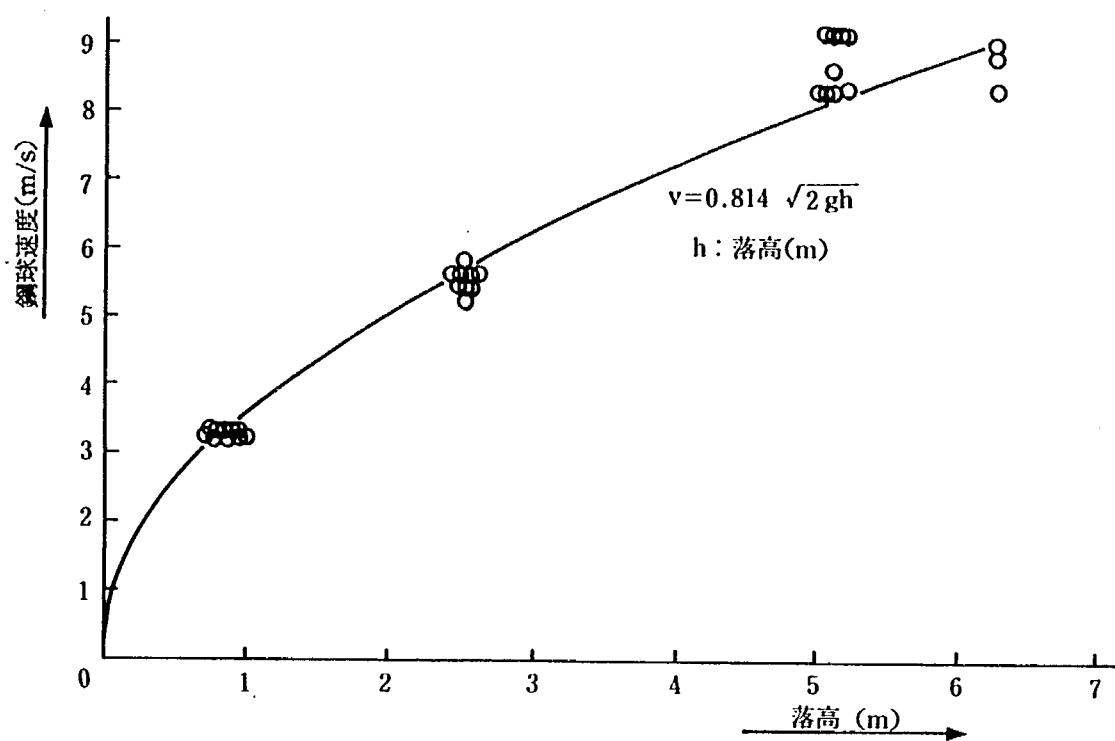
球速の測定結果

ケース	長さ (cm)	コマ数 (3/100)	時間 (sec)	落 高 (m)	速度v (m/sec)	$\frac{v}{v_0}$
1						
2						
3						
4	80	8	0.24	0.82	3.3	0.825
5	60	6	0.18	"	"	"
6	60	"	"	"	"	"
7	65	4	0.12	2.50	5.4	0.771
8	"	"	"	"	"	"
9	70	"	"	"	5.8	0.829
10	55	2	0.06	5.10	9.2	0.920
11	"	"	"	"	"	"
12	"	"	"	"	"	"
13	50	5	0.15	0.82	3.3	0.825
14	40	4	0.12	"	"	"
15	50	5	0.15	"	"	"
16	"	3	0.09	2.50	5.6	0.800
17	"	"	"	"	"	"
18	"	"	"	"	"	"
19	"	2	0.06	5.10	8.3	0.830
20	"	"	"	"	"	"
21	"	"	"	"	"	"
22	"	5	0.15	0.82	3.3	0.825
23	"	"	"	"	"	"
24	40	4	0.12	"	"	"
25	50	3	0.09	2.50	5.6	0.800
26	"	"	"	"	"	"
27	65	4	0.12	"	5.4	0.771
28	75	3	0.09	5.10	8.3	0.830
29	77	"	"	"	8.6	0.860
30	75	"	"	"	8.3	0.830
31	50	2	0.06	6.26	"	0.755
32	53	"	"	"	8.8	0.800
33	54	"	"	"	9.0	0.818
34	40	4	0.12	0.82	3.3	0.825
35	47	3	0.09	2.50	5.2	0.746
36	55	2	0.06	5.10	9.2	0.836

落高から球速vを算出する理論式 $v_0 = \sqrt{2gh}$ と実測の関係を求めると

$$v = \alpha v_0$$

$$\alpha = 0.814 \quad (\text{次項のグラフ参照})$$



11. 最大変位からひずみへの変換の考え方

① y_1 : モデル計算の結果

② y_{1M} : モデル計算の結果求められた y_1 は曲げ変位とせん断変位の合計であるのに対して実測のひずみはこのうち曲げ変位によって発生する曲げひずみである。したがって, y_1 から曲げ変位 y_{1M} を下記の式で分離する。

$$y_1 = y_{1M} + y_{1S}$$

$$y_{1M} = \frac{h^3}{3 E_1 I} p_1$$

$$y_{1S} = \left(\frac{\alpha h}{GA} \right) p_1$$

$$\begin{aligned} y_{1M} &= y_1 \times \frac{y_{1M}}{y_{1M} + y_{1S}} \\ &= y_1 \times \frac{\frac{h^3}{3 E_1 I}}{\frac{h^3}{3 E_1 I} + \frac{\alpha h}{GA}} \end{aligned}$$

③ p_{1M} :

$$p_{1M} = \frac{1}{\frac{h^3}{3 E_1 I}} y_{1M} = \frac{1}{\frac{h^3}{3 E_1 I} + \frac{\alpha h}{GA}} y_1$$

④ ε_M :

$$\varepsilon_M = \frac{M}{Z} = \frac{p_{1M} \cdot h'}{Z} = \frac{1}{\frac{h^3}{3 E_1 I} + \frac{\alpha h}{GA}} \times \frac{h'}{Z} \times y_1$$

12. 緩衝材の効果の整理

モルタルの最大発生ひずみに対する同一速度の緩衝材を用いた場合の最大発生ひずみの比を計算すると下記のとおり。

ケース No.	鋼球の 衝突速度 $v(\text{m/s})$	緩 衝 材		最 大 ひ ず み $E_{\text{max}}(\mu)$						コンクリート に対する比
		種類	厚さ (cm)	G_1	G_2	G_3	G_4	平均	G_5	
1	4.0	なし		96	96	-115	-91	100		
2	7.0	"		149	155	-171	-155	158	-138	
3	10.0	"		165	176	-283	(+277)	208	-44	
4	4.0	木材	1.0	61	56	-61	-53	58	-43	0.58
5	"	"	2.0	53	53	-53	-59	55	-33	0.55
6	"	"	3.0	80	80	-80	-95	84	-64	0.84
7	7.0	"	1.0	88	83	-81	-90	86	-44	0.54
8	"	"	2.0	83	88	-93	-80	86	97	0.54
9	"	"	3.0	77	75	-80	-75	77	-82	0.49
10	10.0	"	1.0	80	85	-80	-75	80	-54	0.38
11	"	"	2.0	160	157	-155	-155	157	-107	0.75
12	"	"	3.0	123	128	-128	-128	127	-129	0.61
13	4.0	砂	1.0	27	27	-31	-28	28	0	0.28
14	"	"	2.0	12	12	-13	-12	12	0	0.12
15	"	"	3.0	11	11	-11	-9	11	0	0.11
16	7.0	"	1.0	71	71	-69	-71	71	-55	0.45
17	"	"	2.0	33	33	-36	-32	34	-13	0.22
18	"	"	3.0	29	27	-29	-27	28	-13	0.18
19	10.0	"	1.0	123	123	-123	-123	123	-86	0.59
20	"	"	2.0	43	37	-49	-36	41	-21	0.20
21	"	"	3.0	40	37	-41	-37	39	-45	0.19

ケース No.	鋼球の 衝突速度 v(m/s)	緩衝材		最大ひずみ Emax(μ)						コンクリート に対する比
		種類	厚さ (cm)	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	平均	G ₅	
22	4.0	ゴム	1.0	37	37	-41	-36	38	-45	0.38
23	"	"	2.0	27	24	-31	-24	27	-45	0.27
24	"	"	3.0	24	19	-25	-21	22	-20	0.22
25	7.0	"	1.0	53	48	-59	-43	51	-80	0.32
26	"	"	2.0	56	53	-61	-56	57	-124	0.36
27	"	"	3.0	47	45	-56	-51	50	-32	0.32
28	10.0	"	1.0	141	139	-163	-141	146	-180	0.70
29	"	"	2.0	99	96	-112	-104	103	-105	0.50
30	"	"	3.0	48	38	-56	-44	47	-30	0.23
31	11.1	"	3.0	85	91	-80	-70	82	-66	
32	"	砂	3.0	49	40	-48	-40	44	-43	
33	"	木材	3.0	179	160	-168	-148	164	-289	
34	4.0	"	1.0	54	48	-51	-46	50	-63	0.50
35	7.0	"	"	118	102	-118	-102	110	-139	0.88
36	10.0	"	"	163	219	-235	-188	201	-253	0.97

13. 接触バネの臨界減衰定数と固有振動数の計算

(1) 計算式

$$D_2 = 2 \sqrt{M_2 K_2}$$

$$K_2 = \sqrt{\frac{16 R_2}{9 \pi^2 (J_1 + J_2)^2}} (y_2 - y_1)^{0.5}$$

$$J_1 = \frac{1 - \nu_1^2}{\pi E_1'}, \quad J_2 = \frac{1 - \nu_2^2}{\pi E_2}$$

$$f_{02} = \sqrt{\frac{K_2}{M_2}} / 2 \pi, \quad M_2 = 0.142$$

(2) 緩衝材なしの場合

$$E_1' = 1.855 \times 10^8 \text{ kgf/m}^2, \quad \nu_1 = 0.20$$

$$J_1 = 1.647 \times 10^{-9}$$

$$E_2 = 2.0 \times 10^{10} \text{ kgf/m}^2, \quad \nu_2 = 0.28$$

$$J_2 = 1.467 \times 10^{-11}$$

$$K_2 = \sqrt{\frac{16 \times 0.035}{9 \cdot \pi^2 \cdot (1.647 \times 10^{-9} + 1.467 \times 10^{-11})^2}} (y_1 - y_2)^{0.5} \\ = 4.78 \times 10^7 (y_2 - y_1)^{0.5}$$

$$D_2 = 5210 (y_2 - y_1)^{0.25}$$

$$f_{02} = \sqrt{\frac{K}{M}} / 2 \pi = 2922 (y_2 - y_1)^{0.25},$$

$$\text{応答計算より } y_2 - y_1 \doteq 0.001 \text{ m} \quad f_{02} = 520 \text{ Hz}$$

(3) 木材の場合

$$E_1' = 8.011 \times 10^7 \text{ kgf/m}^2, \quad \nu_1 = 0.10$$

$$J_1 = 3.936 \times 10^{-9}, \quad J_2 = 1.467 \times 10^{-11}$$

$$K_2 = 2.018 \times 10^7 (y_2 - y_1)^{0.25}$$

$$D_2 = 3385 (y_2 - y_1)^{0.25}$$

$$f_{02} = 1898 (y_2 - y_1)^{0.25}$$

$$\text{応答計算により } y_2 - y_1 \doteq 0.0017 \text{ m} \quad f_{02} = 385 \text{ Hz}$$

(4) 砂の場合

$$E_1' = 1.834 \times 10^6 \text{ kgf/m}^2, \quad \nu_1 = 0$$

$$J_1 = 1.736 \times 10^{-7}, \quad J_2 = 1.467 \times 10^{-11}$$

$$K_2 = 4.572 \times 10^5 (y_2 - y_1)^{0.25}$$

$$D_2 = 510 (y_2 - y_1)^{0.25}$$

$$f_{02} = 286 (y_2 - y_1)^{0.25}$$

応答計算より $(y_2 - y_1) \approx 0.0060$ $f_{o2} = 104$ Hz

(5) ゴムの場合

$$E_1' = 2.338 \times 10^6 \text{ kgf/m}^2, \quad \nu_1 = 0.47$$

$$J_1 = \frac{1 - 0.47^2}{\pi \times 2338 \times 10^6} = 1.061 \times 10^{-7}$$

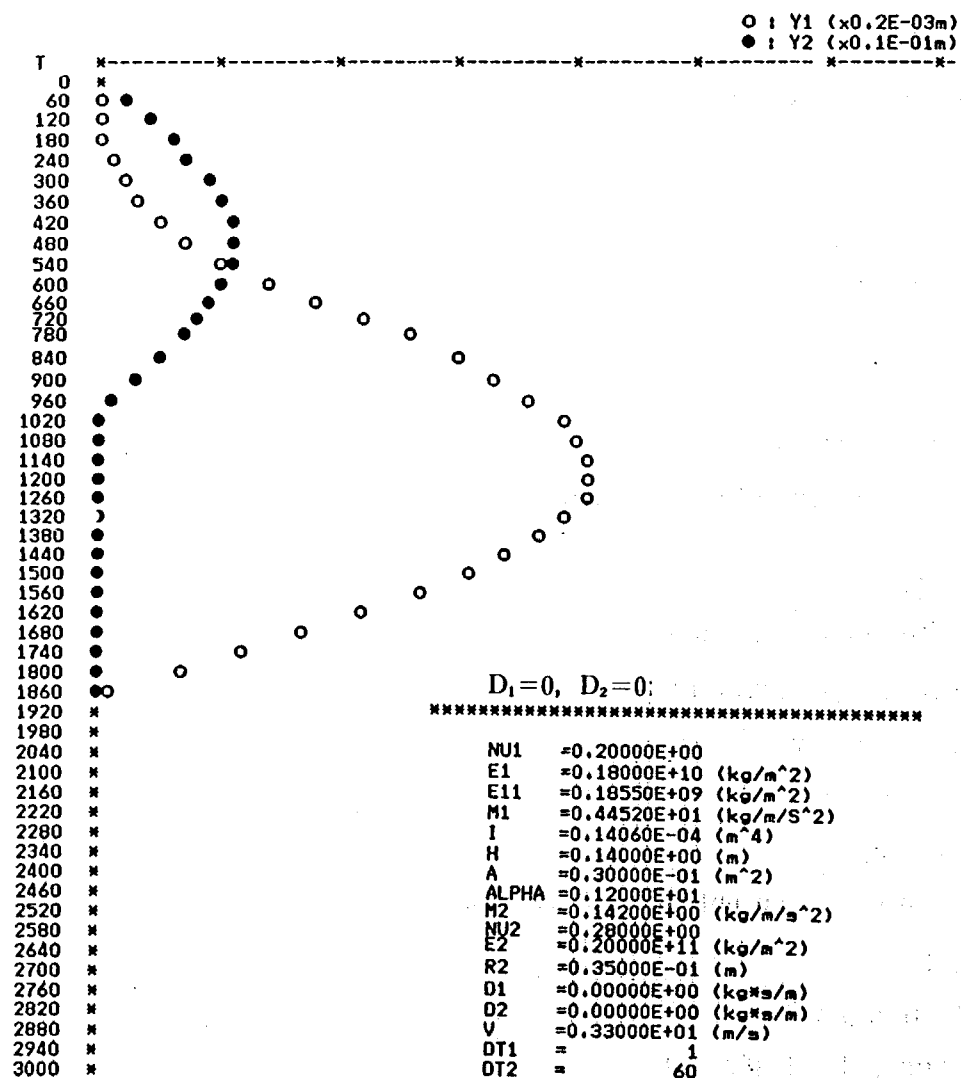
$$J_2 = 1.467 \times 10^{-11}$$

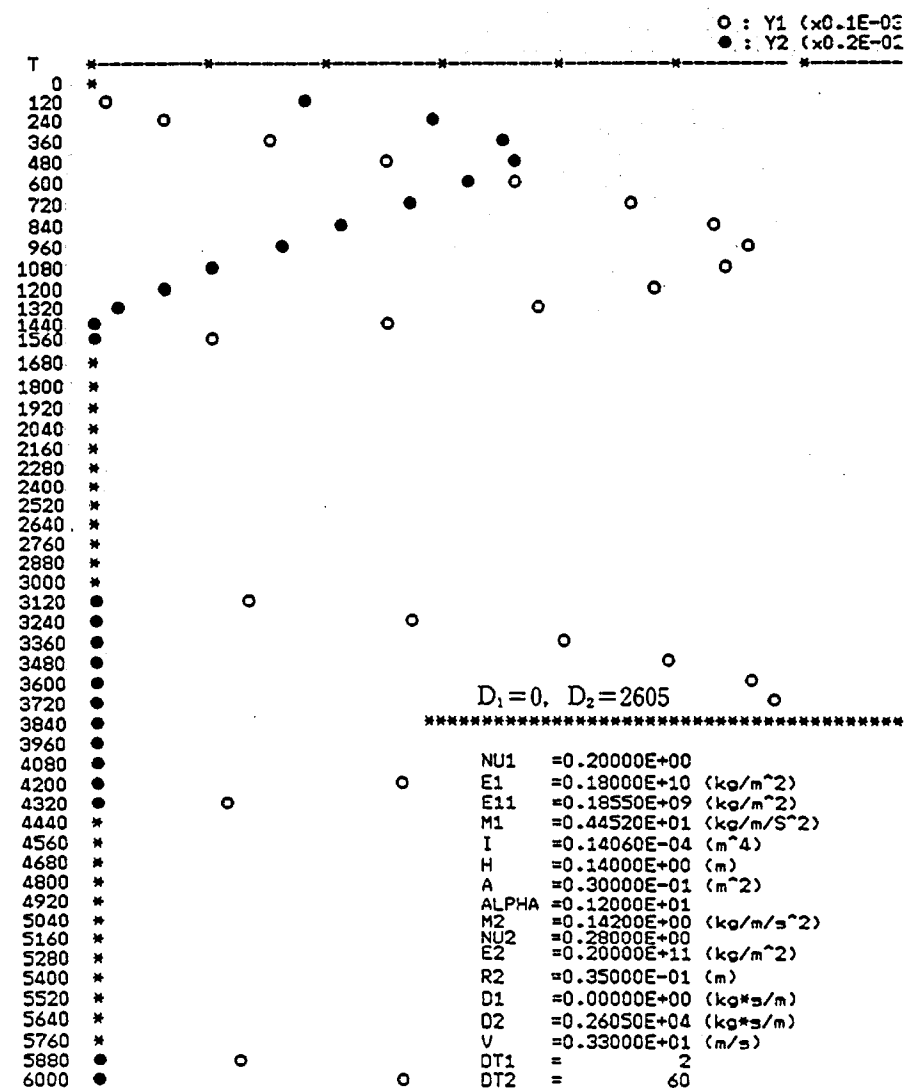
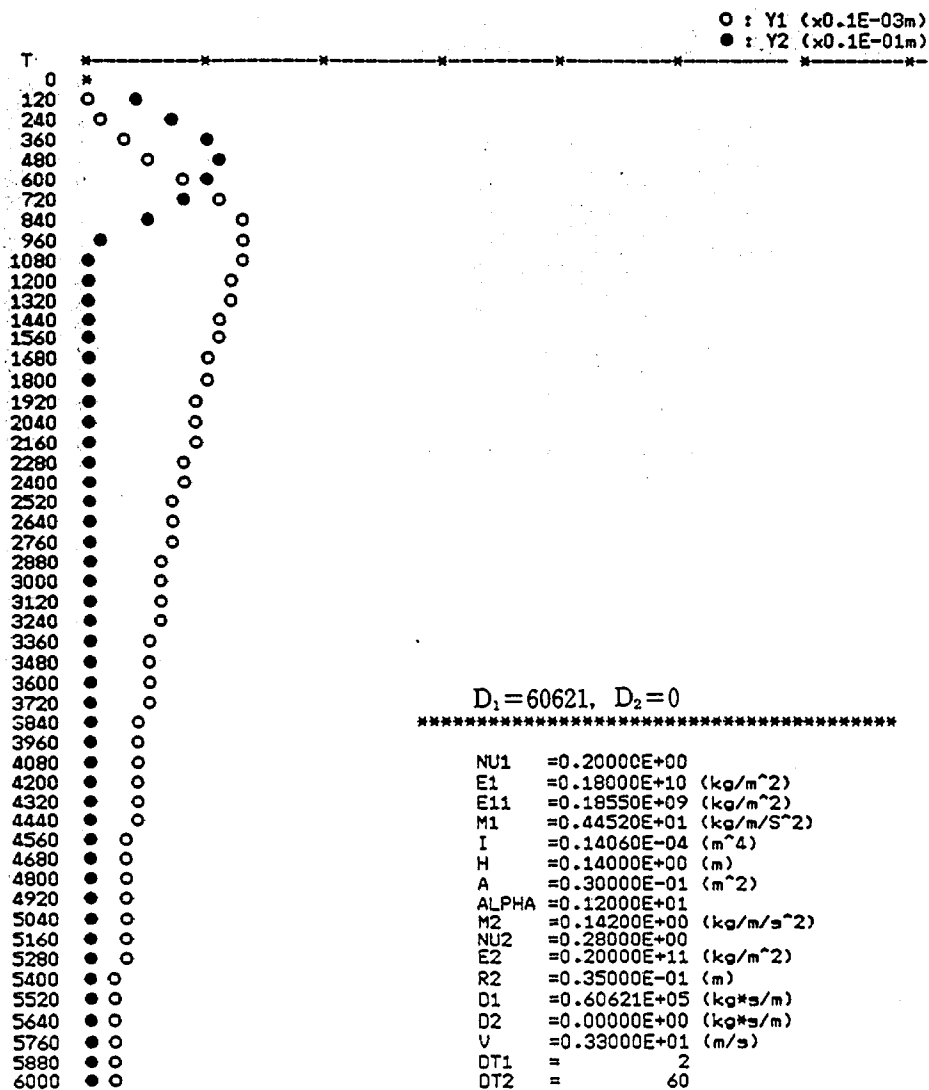
$$K_2 = 7.487 \times 10^5 (y_2 - y_1)^{0.25}$$

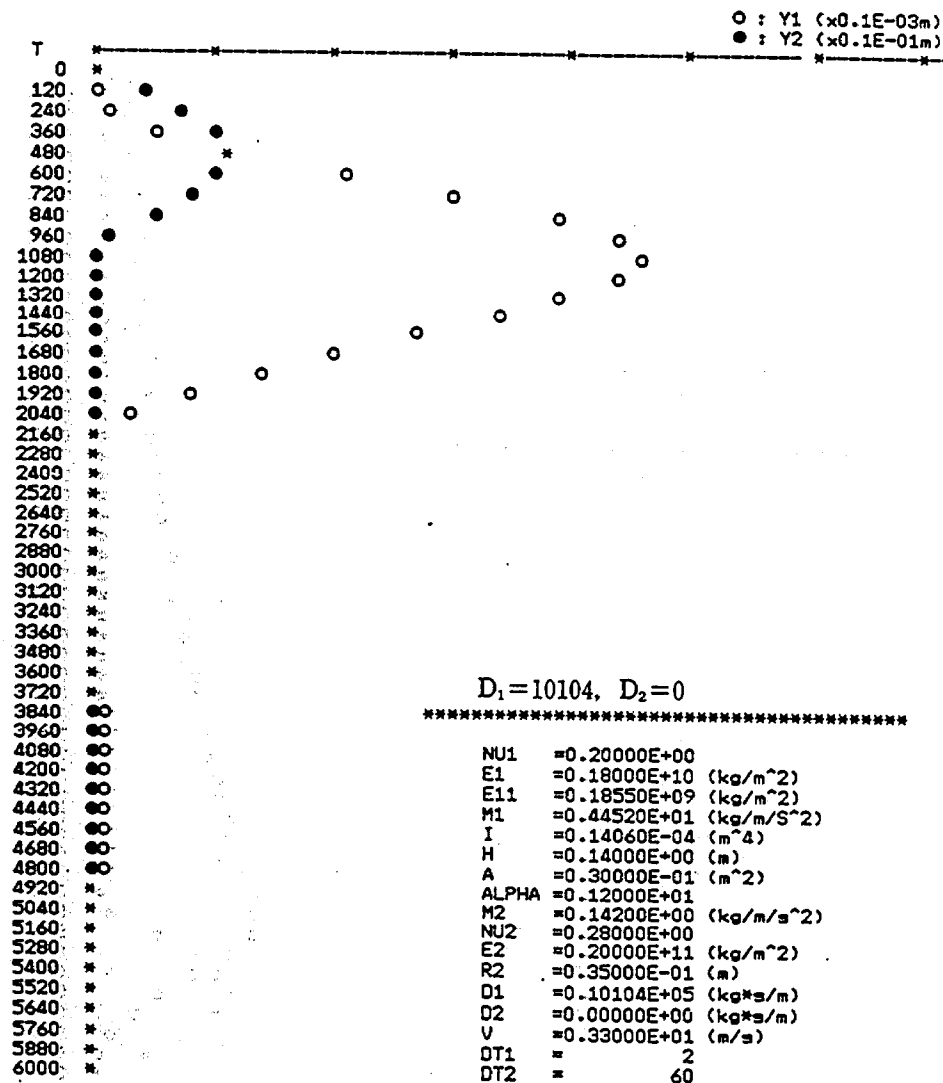
$$D_2 = 652 (y_2 - y_1)^{0.25}$$

$$f_{o2} = 366 (y_2 - y_1)^{0.25}$$

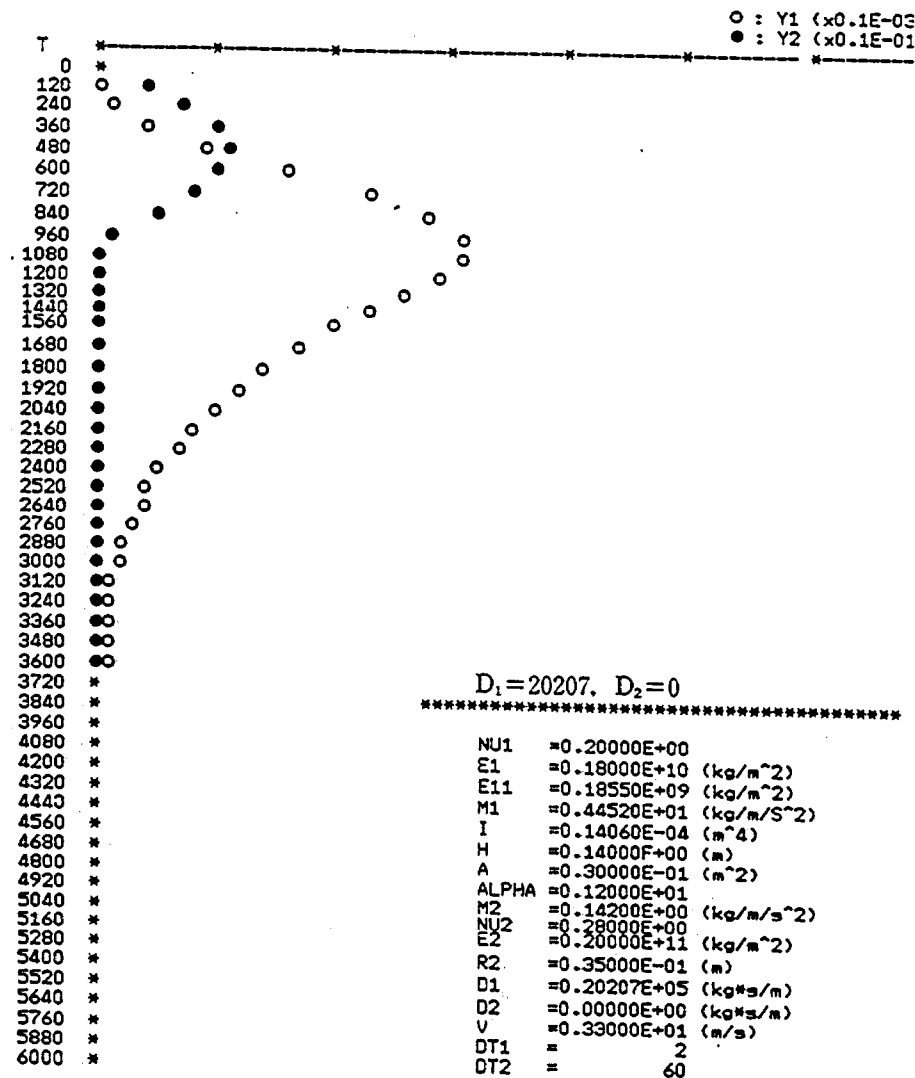
応答計算より $y_2 - y_1 \approx 0.0064$ $f_{o2} = 80$ Hz



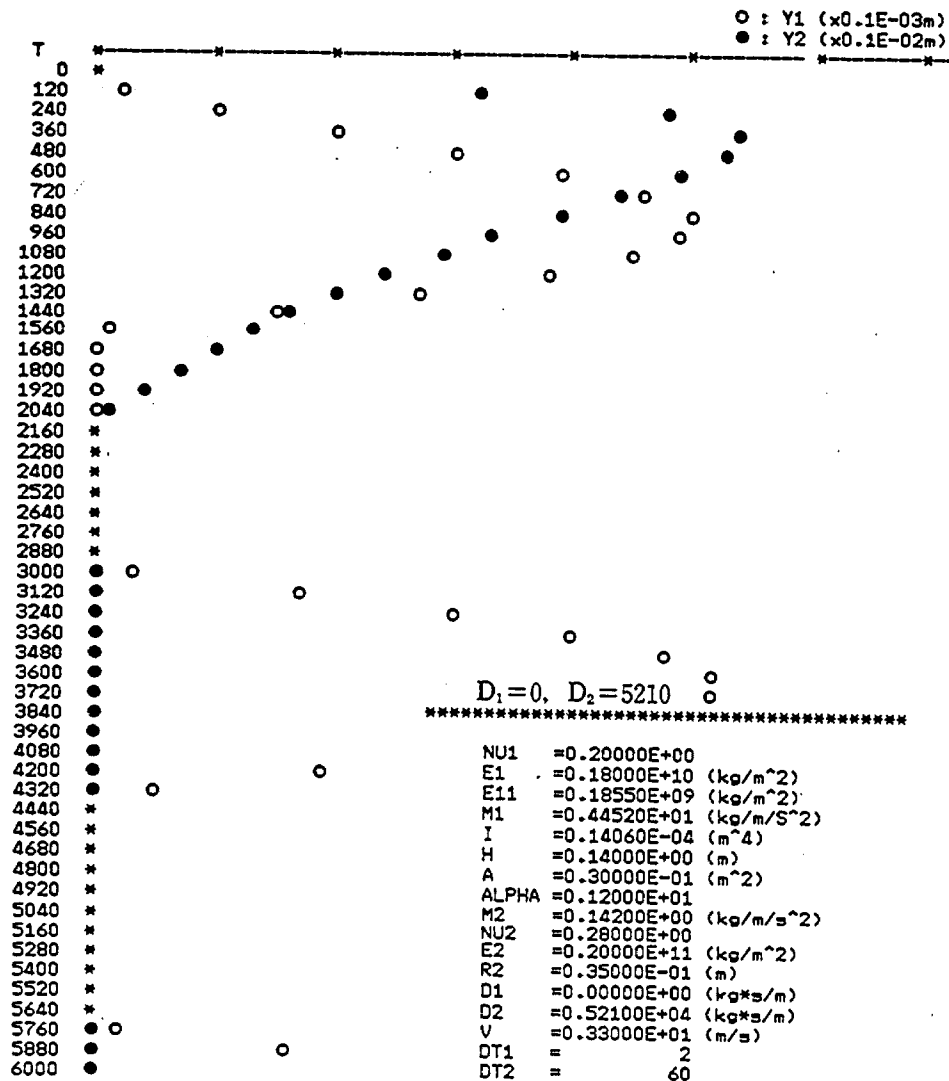




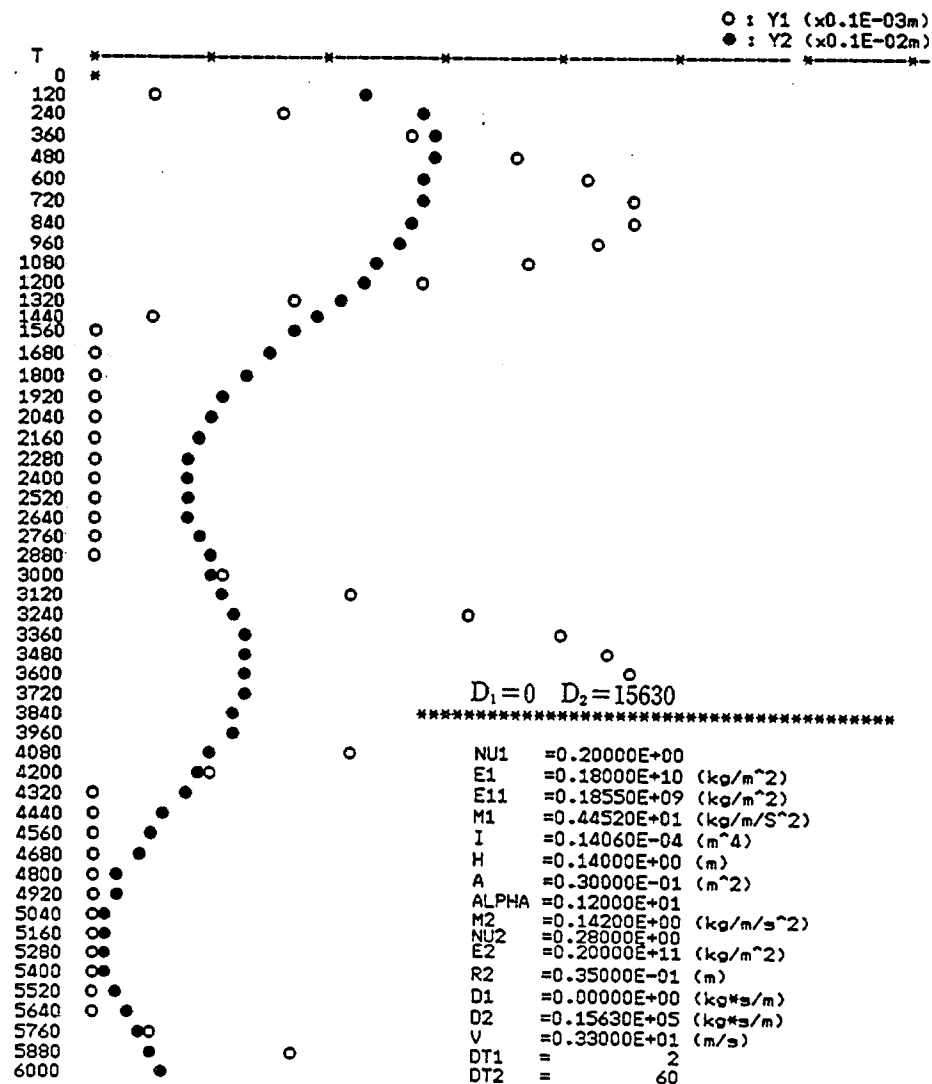
Y1 MAX = 0.45553E-04 m (T= 1064)
Y2 MAX = 0.11082E-02 m (T= 494)



Y1 MAX = 0.30885E-04 m (T= 1012)
Y2 MAX = 0.11079E-02 m (T= 494)



Y1 MAX = 0.52522E-04 m (T= 3666)
Y2 MAX = 0.53858E-03 m (T= 394)



Y1 MAX = 0.46268E-04 m (T= 788)
Y2 MAX = 0.28599E-03 m (T= 404)

14. D_1 , D_2 が $y_{1\max}$ に及ぼす影響

(1) 計算結果

D_1 による計算結果への影響 ($D_2=0$)

D_1 kg·s/m	h_1	$y_1 \max$ (m)	$\frac{y_1 \max}{y_1 \max, h=0}$
0	0	0.828×10^{-4}	1.0
10104	0.50	0.4555×10^{-4}	0.55
20207	1.0	0.3087×10^{-4}	0.37
60621	3.0	0.1325×10^{-4}	0.16

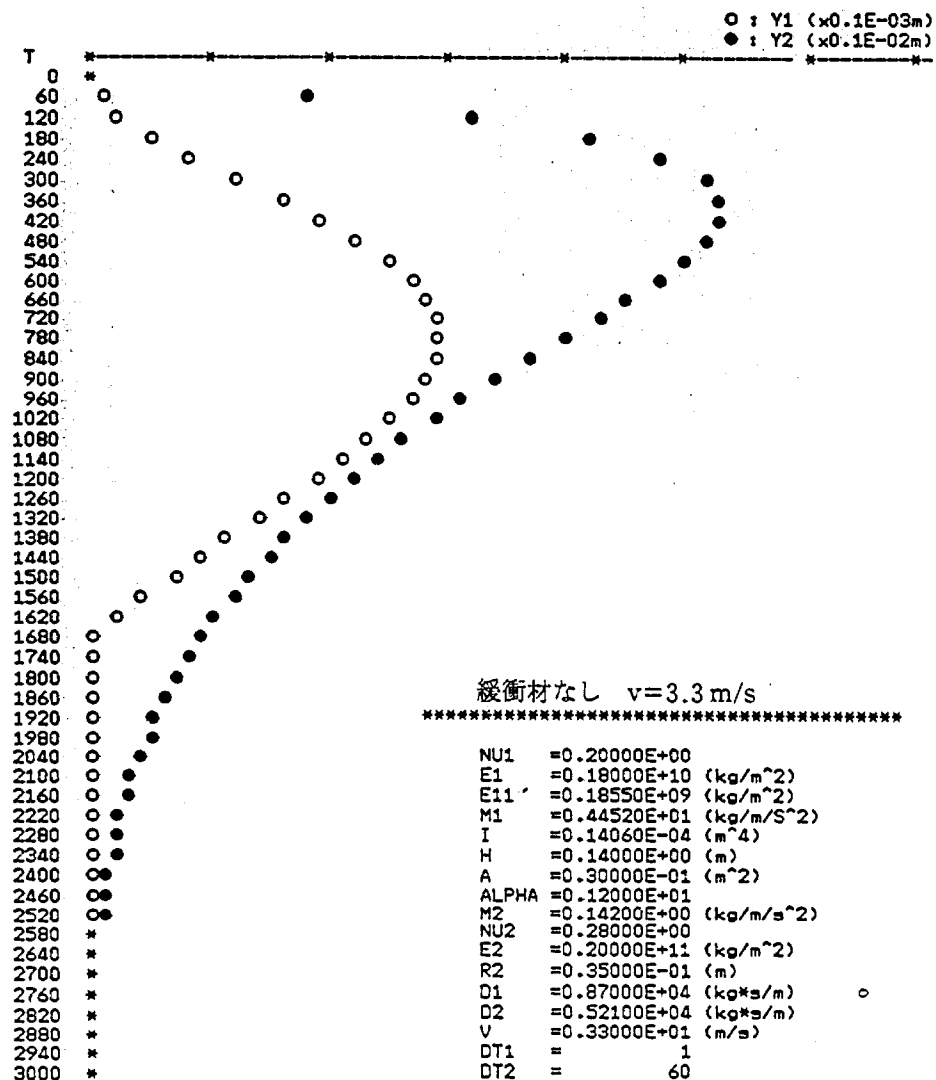
D_2 による計算結果への影響 ($D_1=0$)

D_2 kg·s/m	h_2	$y_1 \max$ (m)	$\frac{y_1 \max}{y_1 \max, h=0}$
0	0	0.8328×10^{-4}	1.0
2605	0.5	0.5751×10^{-4}	0.69
5210	1.0	0.5252×10^{-4}	0.63
15630	3.0	0.4627×10^{-4}	0.56

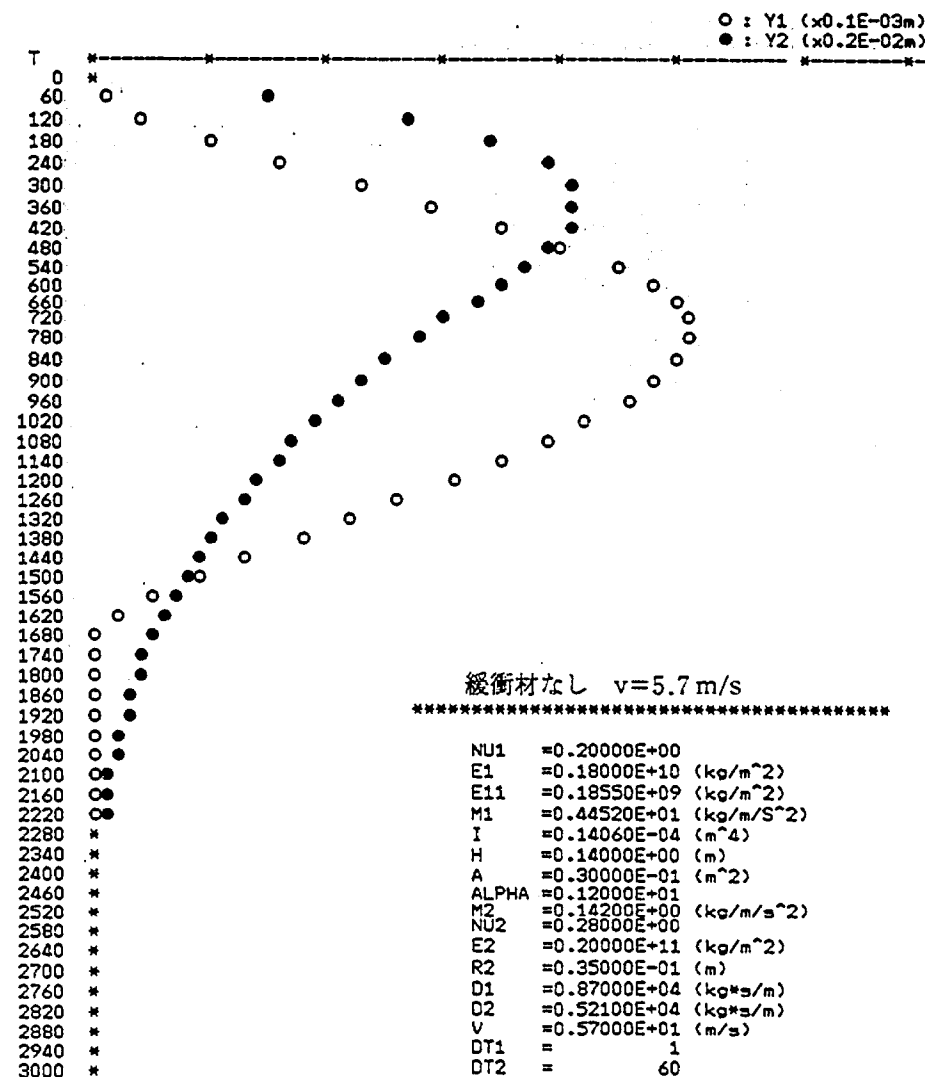
(2) 計算のアウトプットを次に示す。

15. 減衰を考慮したモデル計算の結果

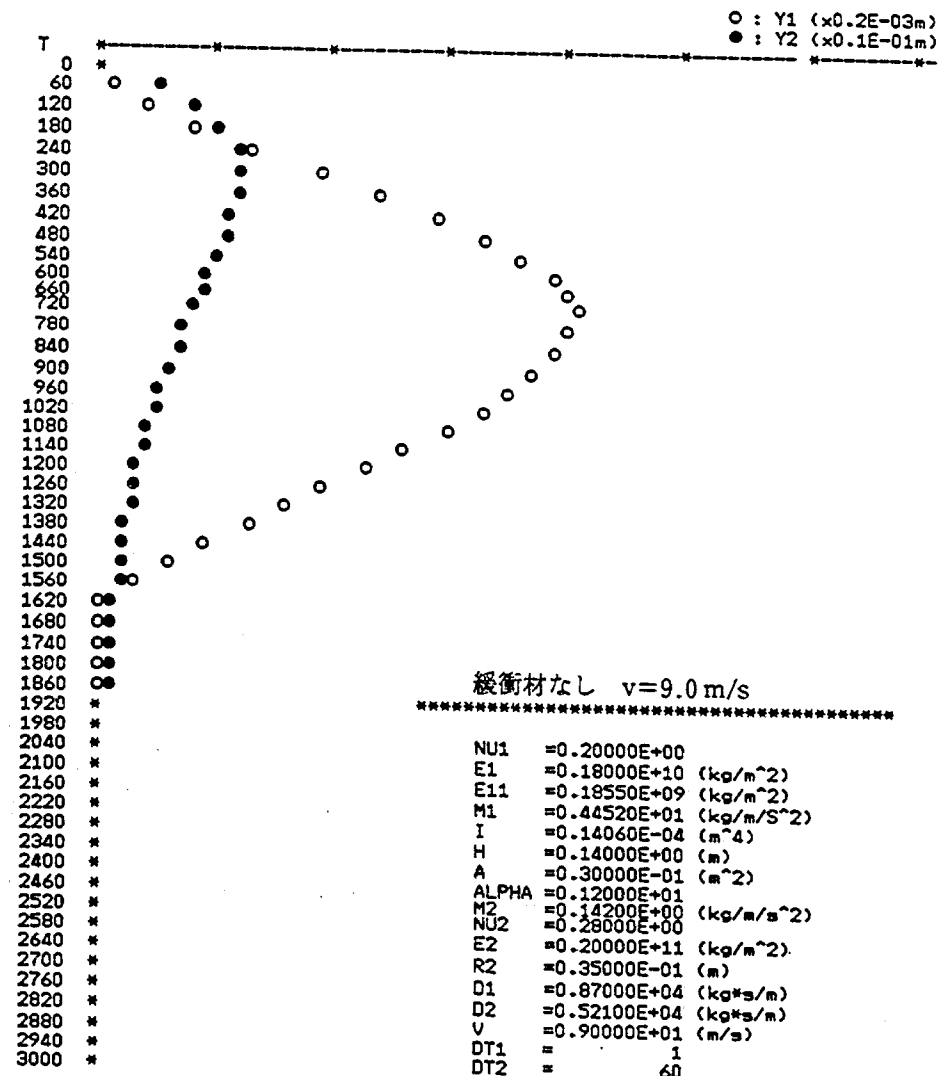
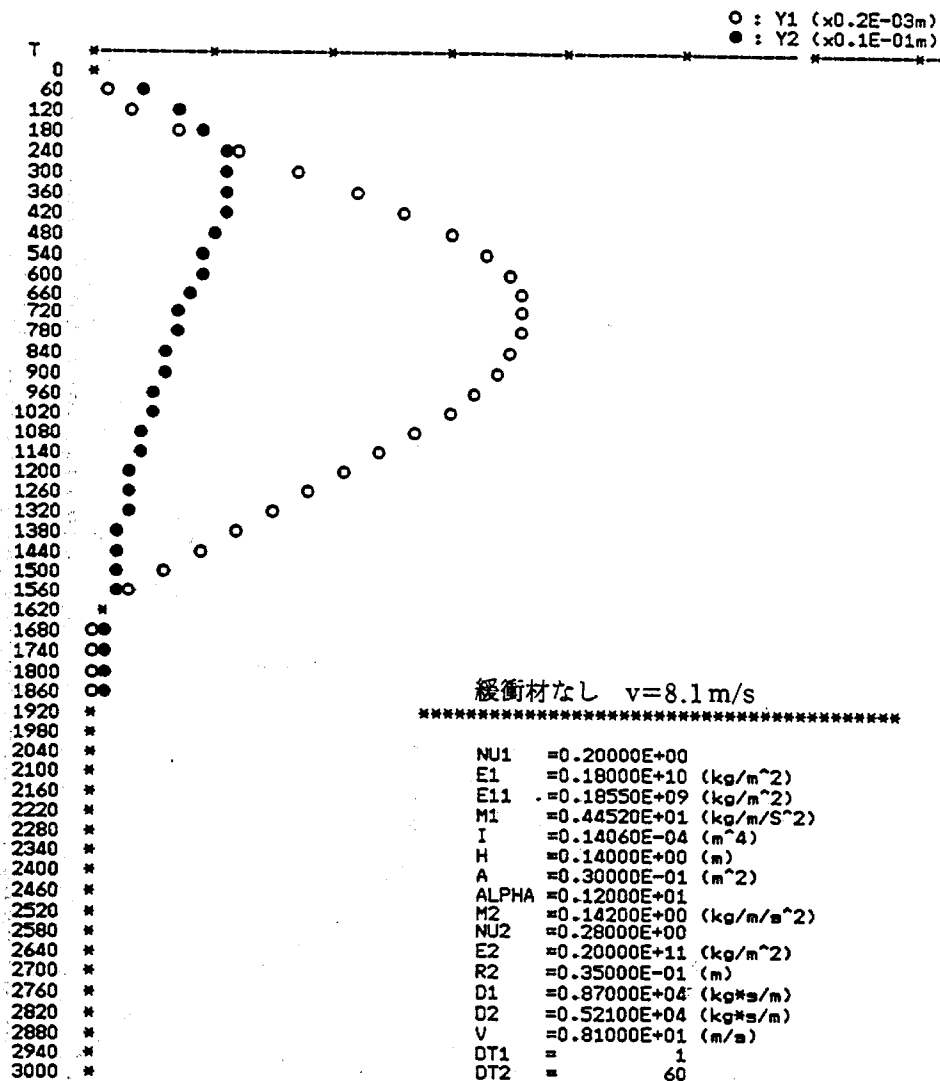
—153—

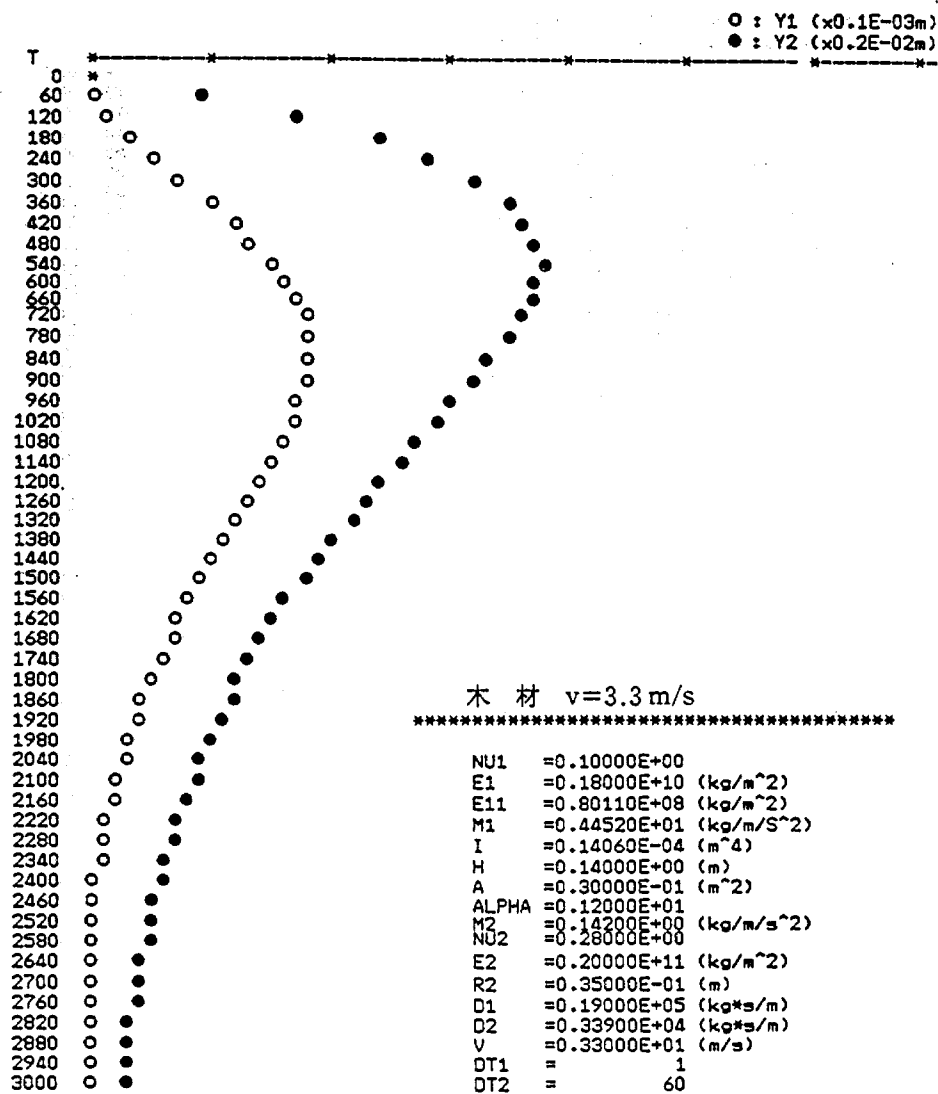


Y1 MAX = 0.29236E-04 m (T= 774)
Y2 MAX = 0.53576E-03 m (T= 389)

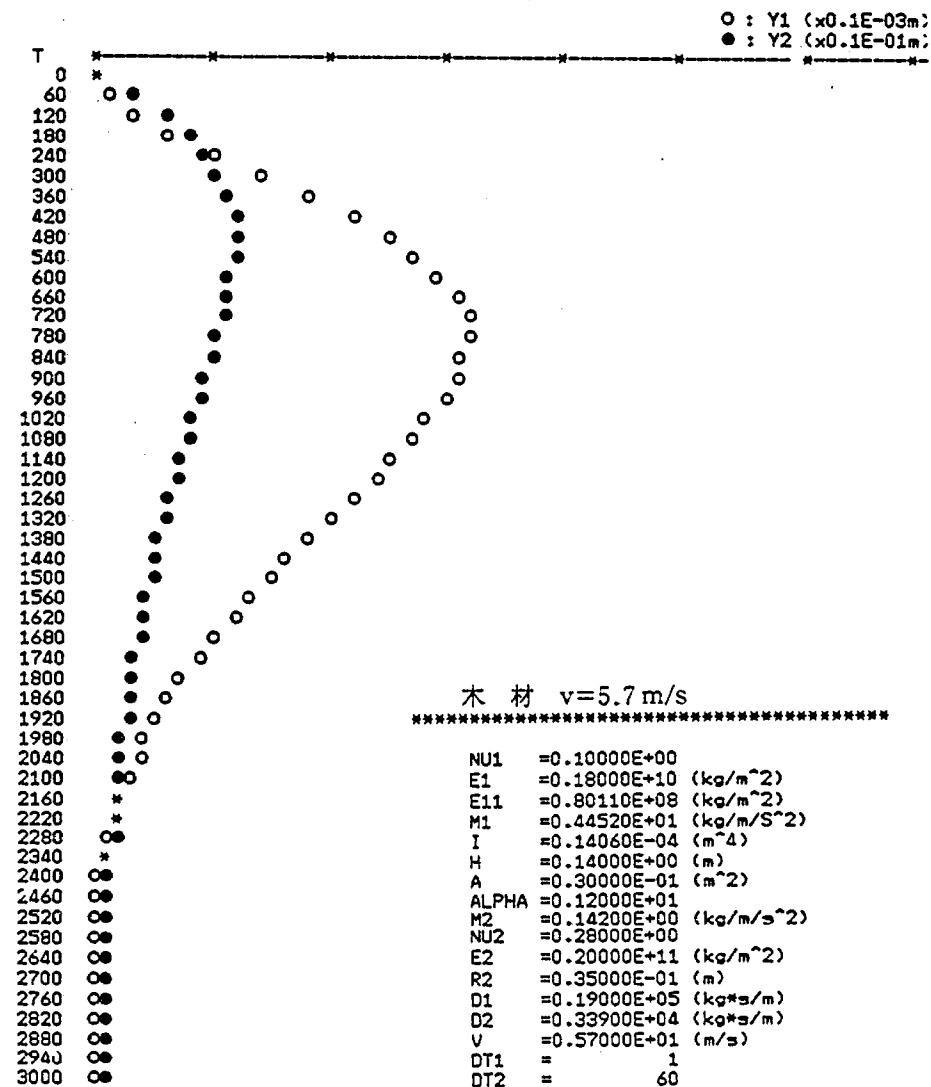


Y1 MAX = 0.51033E-04 m (T= 747)
Y2 MAX = 0.83013E-03 m (T= 350)

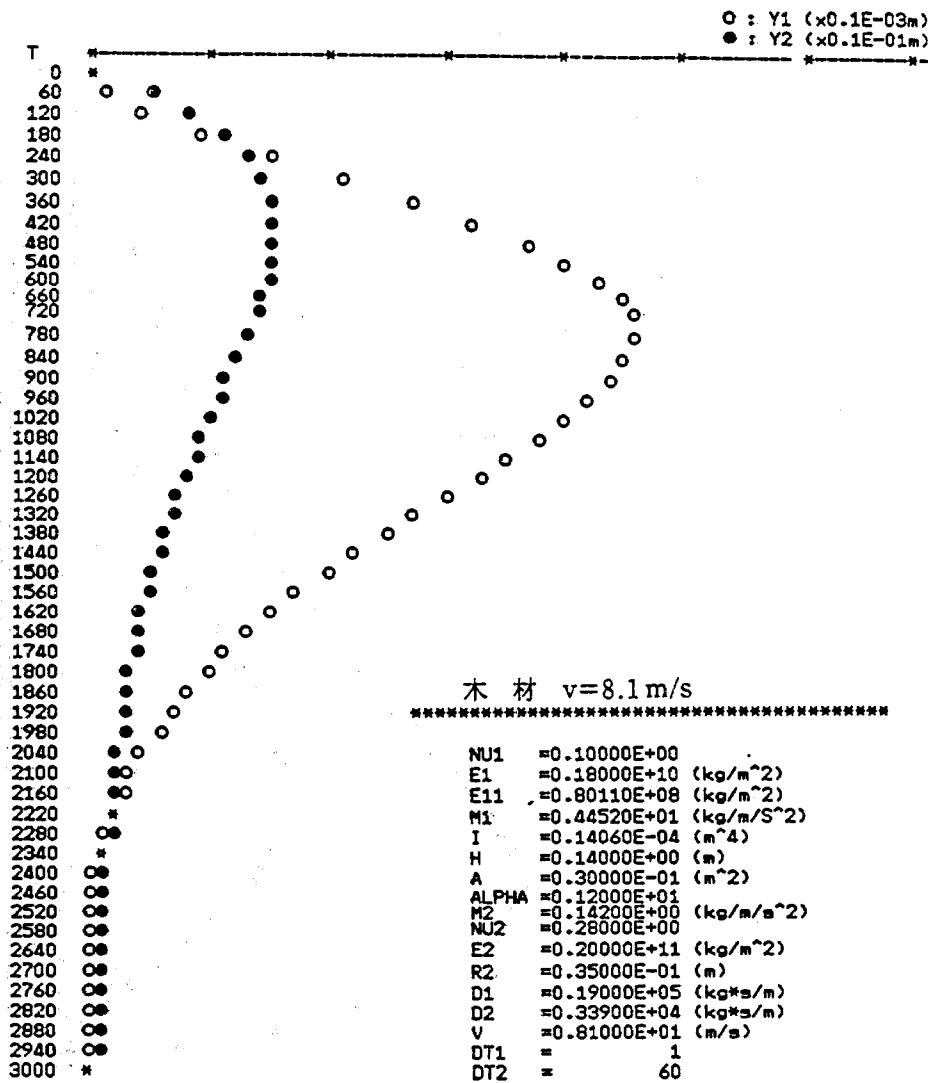




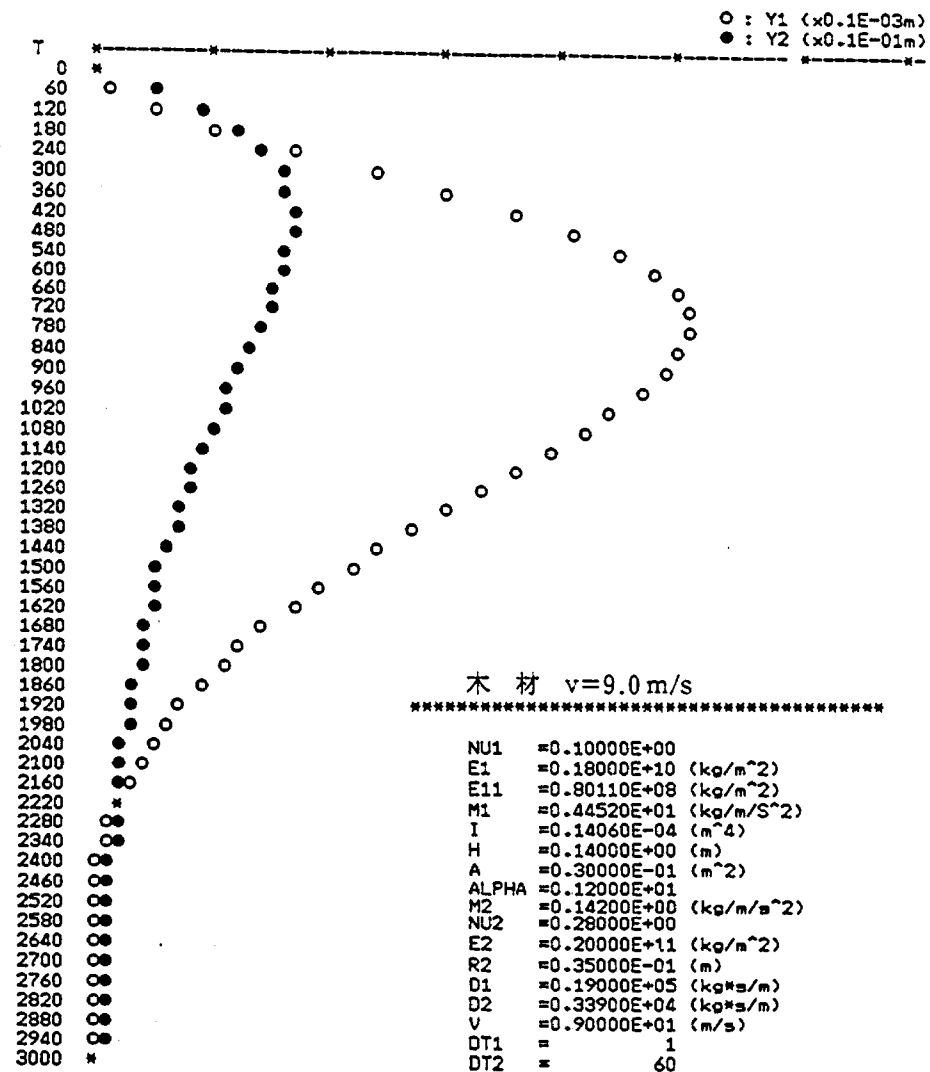
Y1 MAX = 0.17942E-04 m (T= 813)
Y2 MAX = 0.75164E-03 m (T= 541)



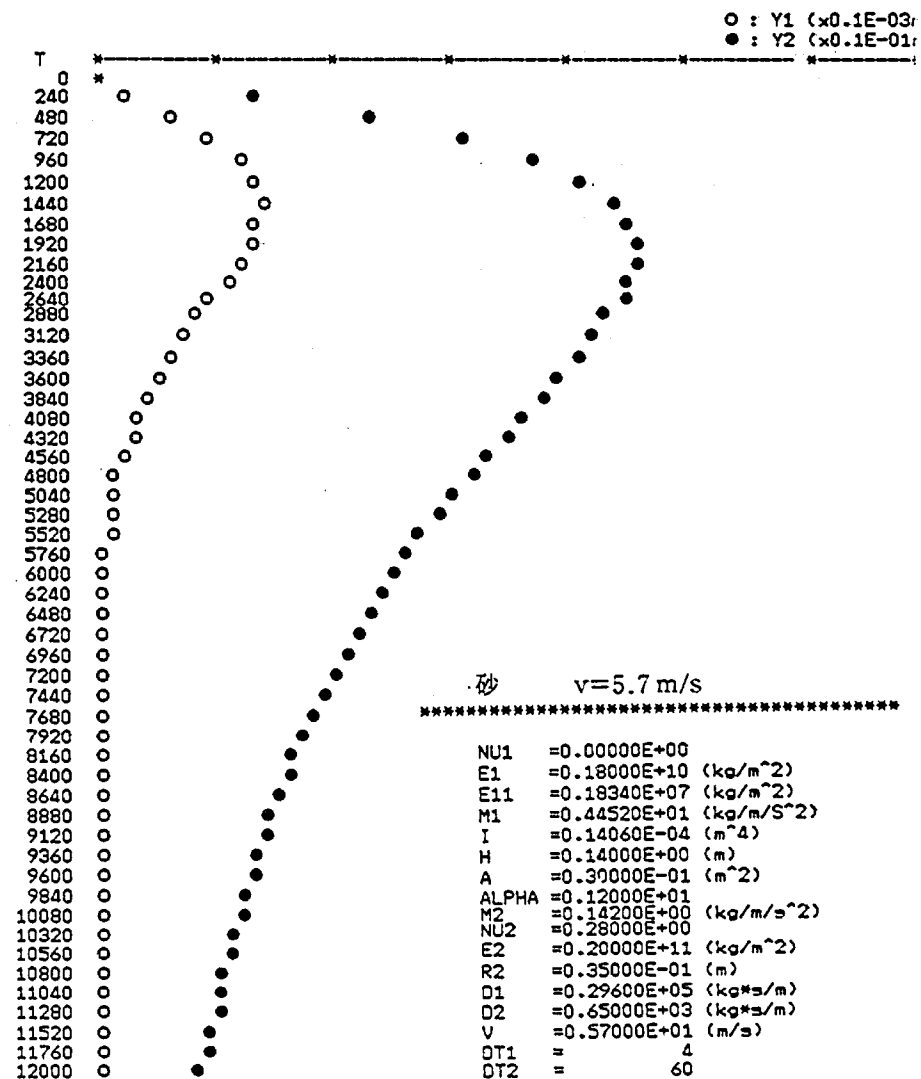
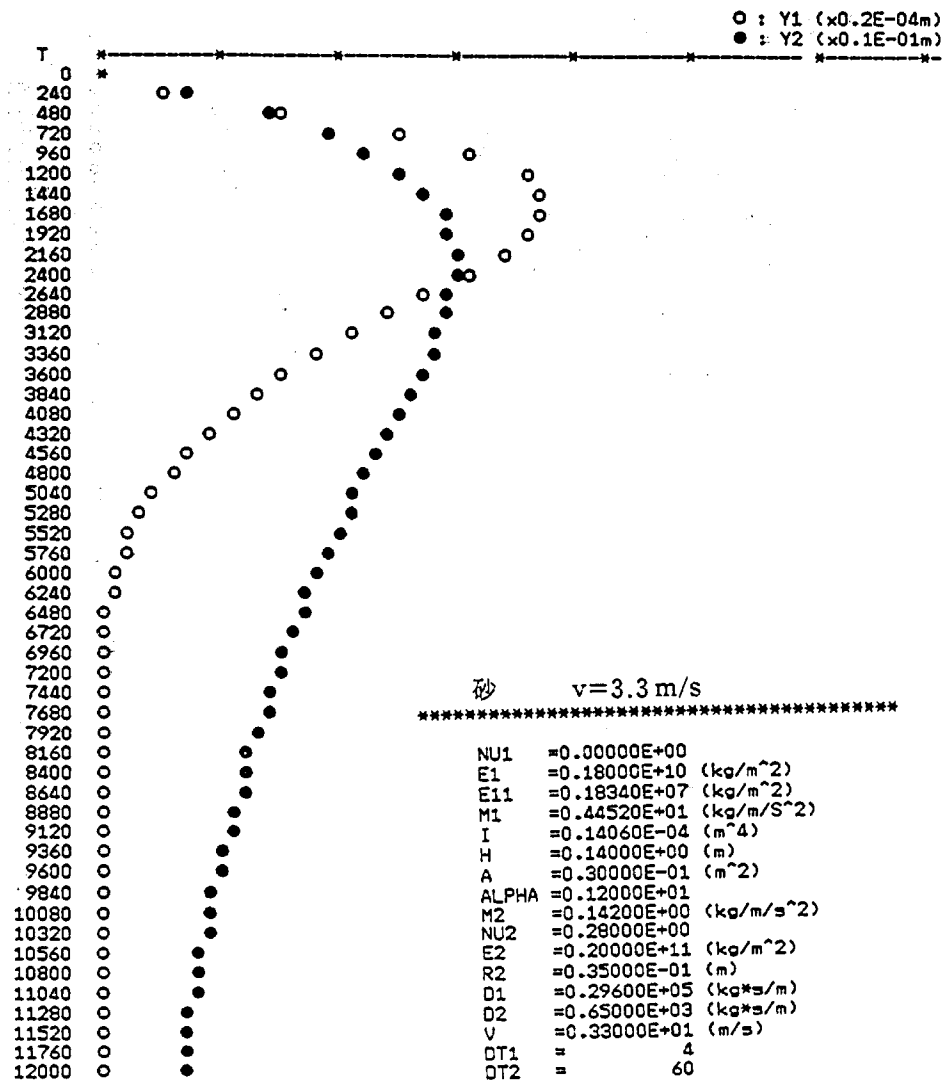
Y1 MAX = 0.31717E-04 m (T= 776)
Y2 MAX = 0.11649E-02 m (T= 486)

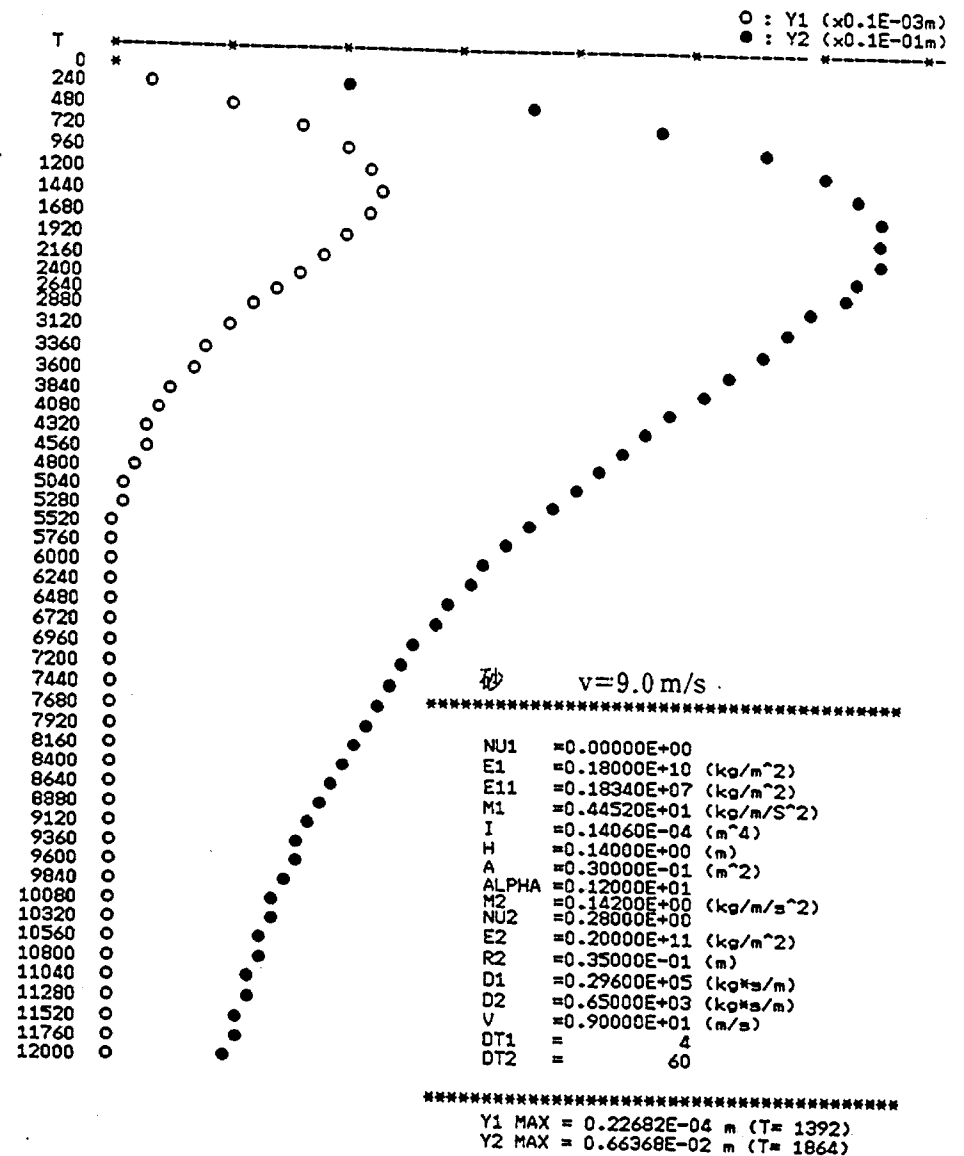
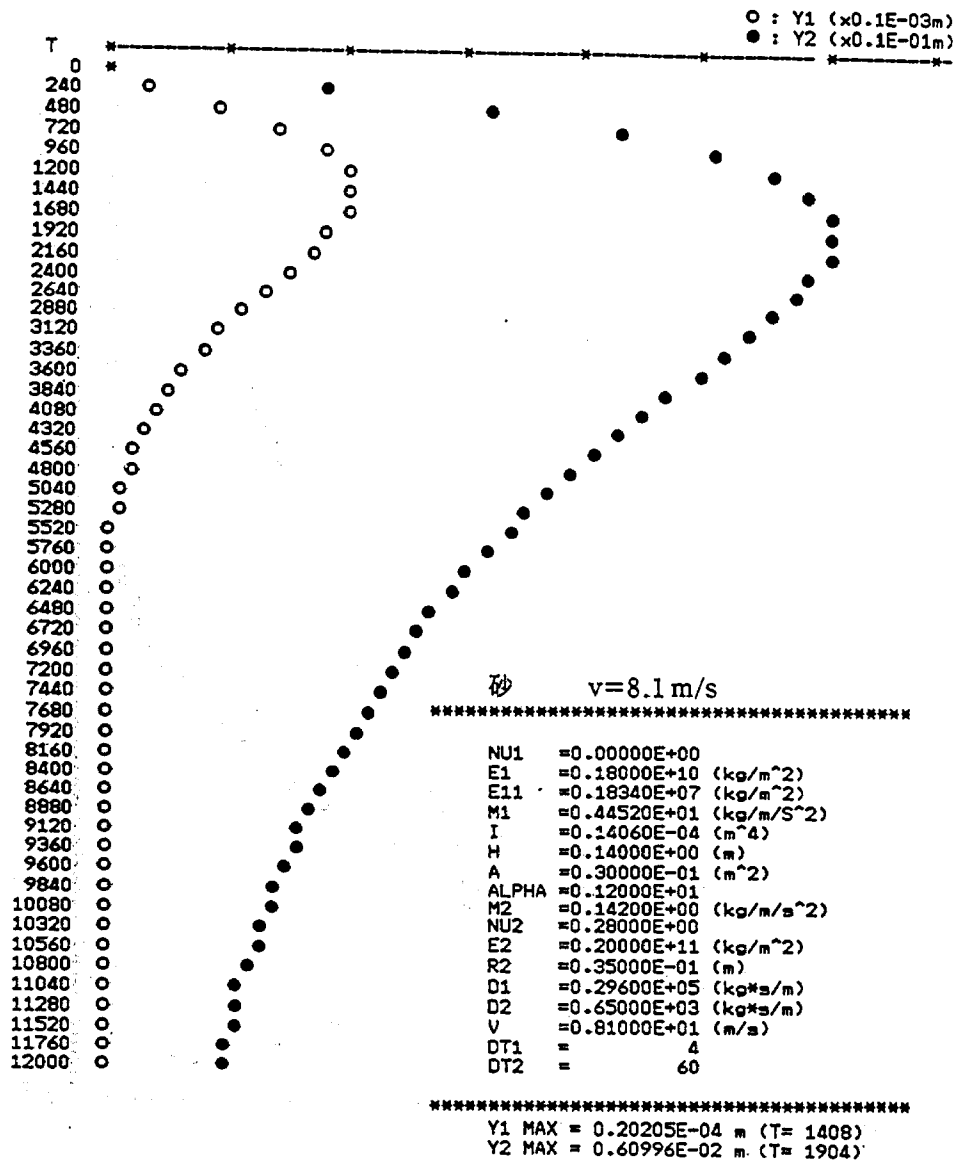


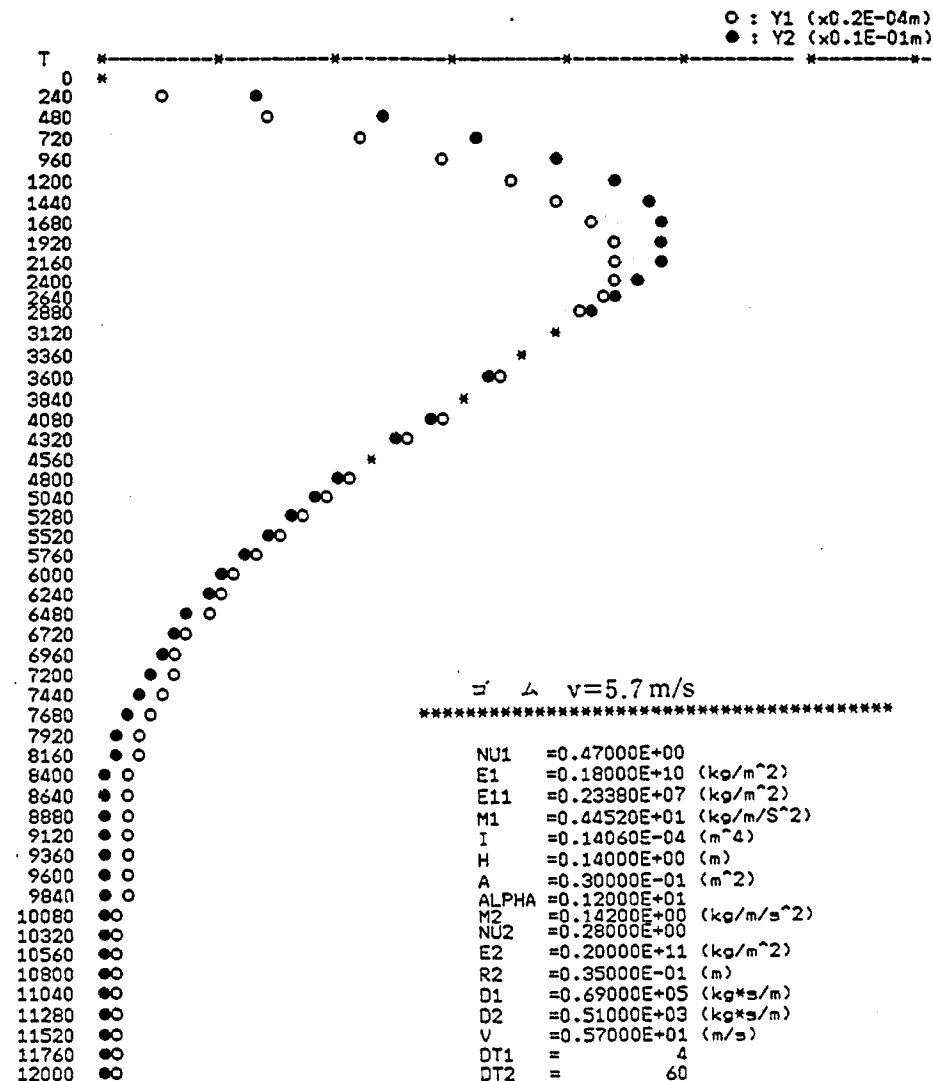
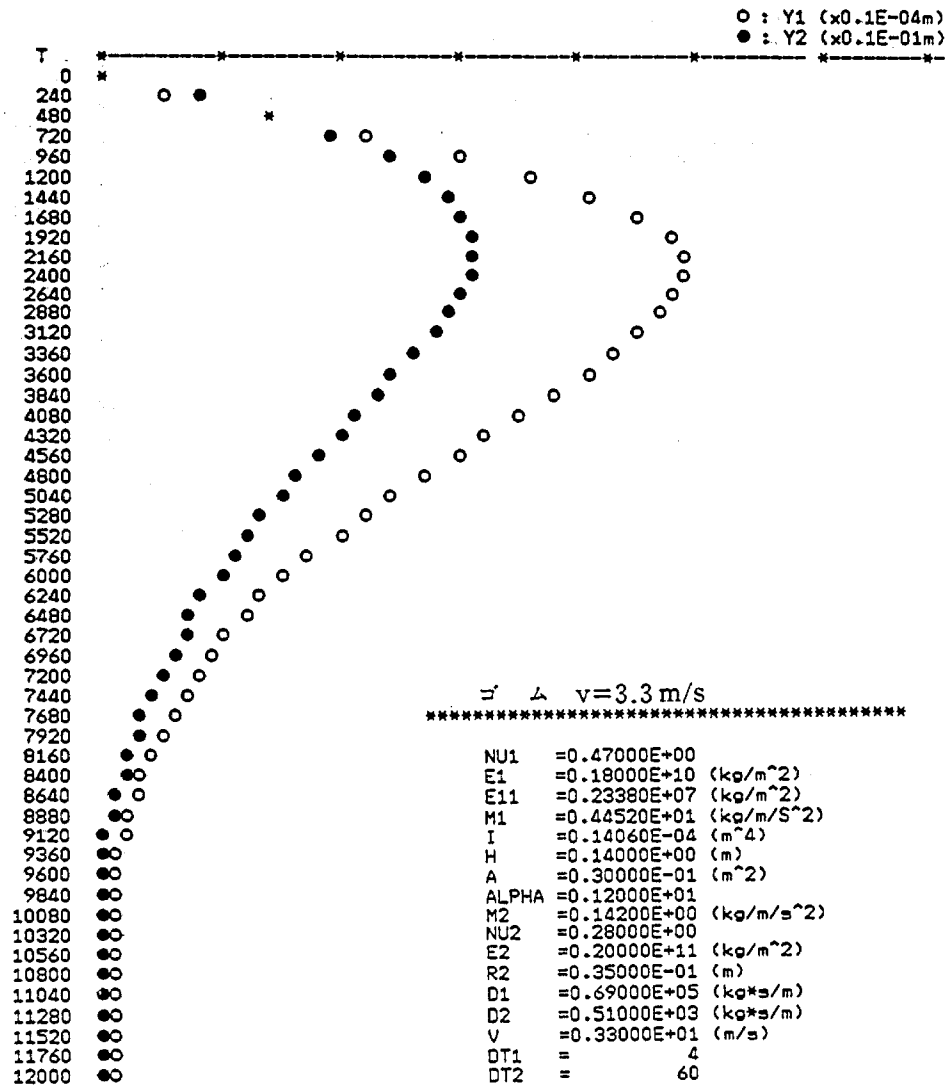
Y1 MAX = 0.45666E-04 m (T= 753)
Y2 MAX = 0.15439E-02 m (T= 454)

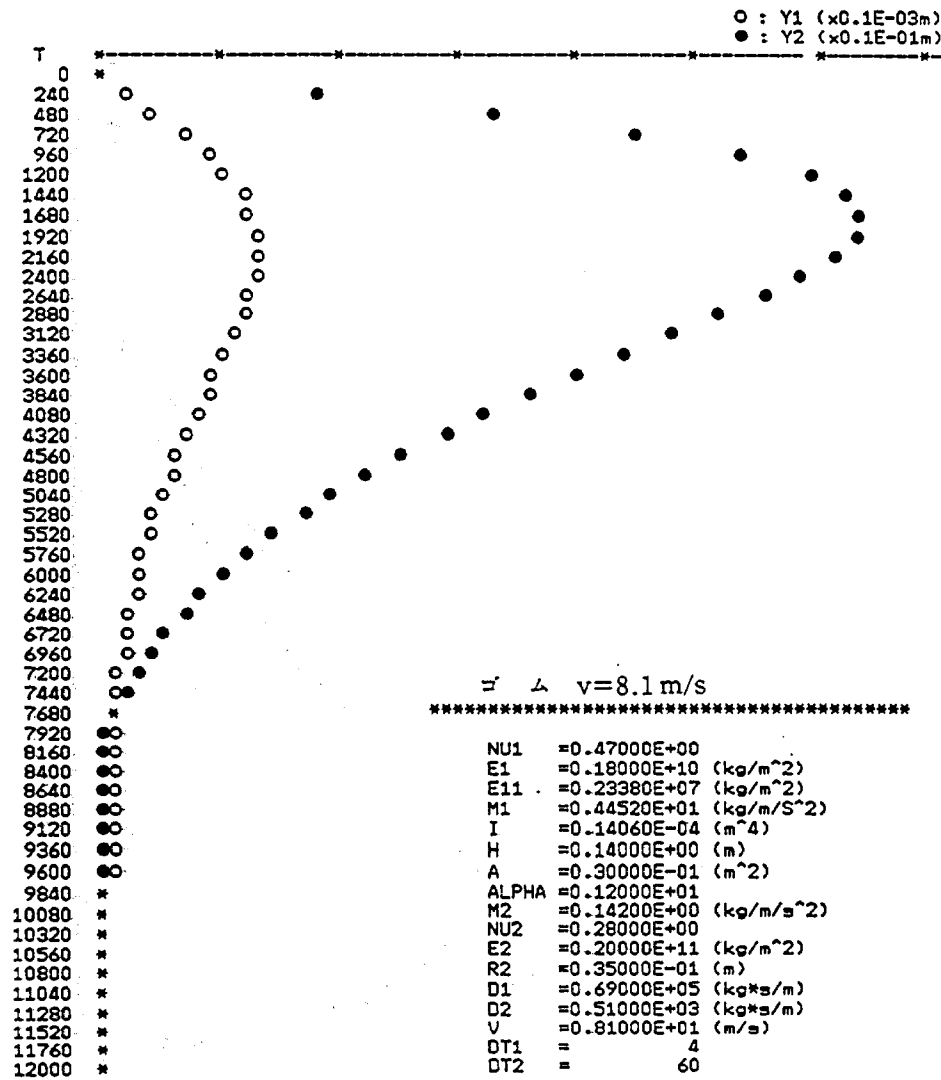


Y1 MAX = 0.50926E-04 m (T= 746)
Y2 MAX = 0.16799E-02 m (T= 444)

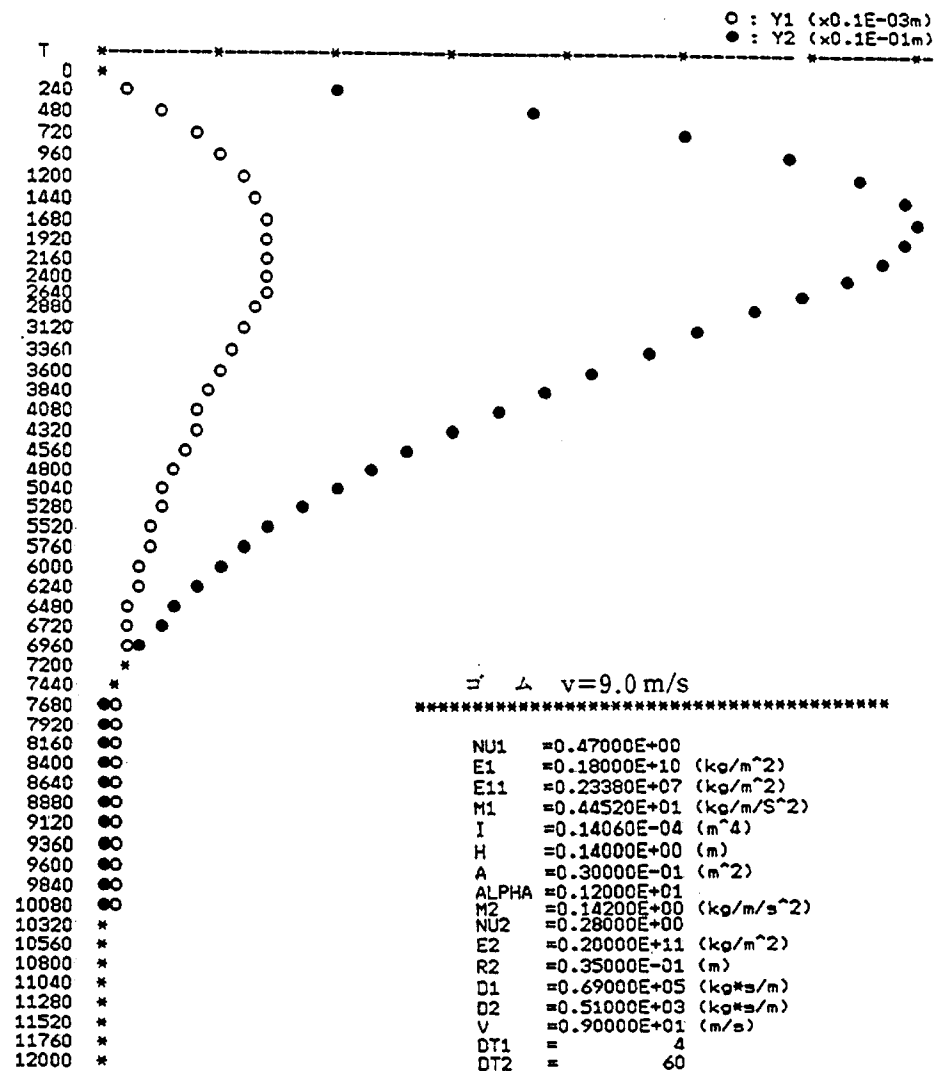








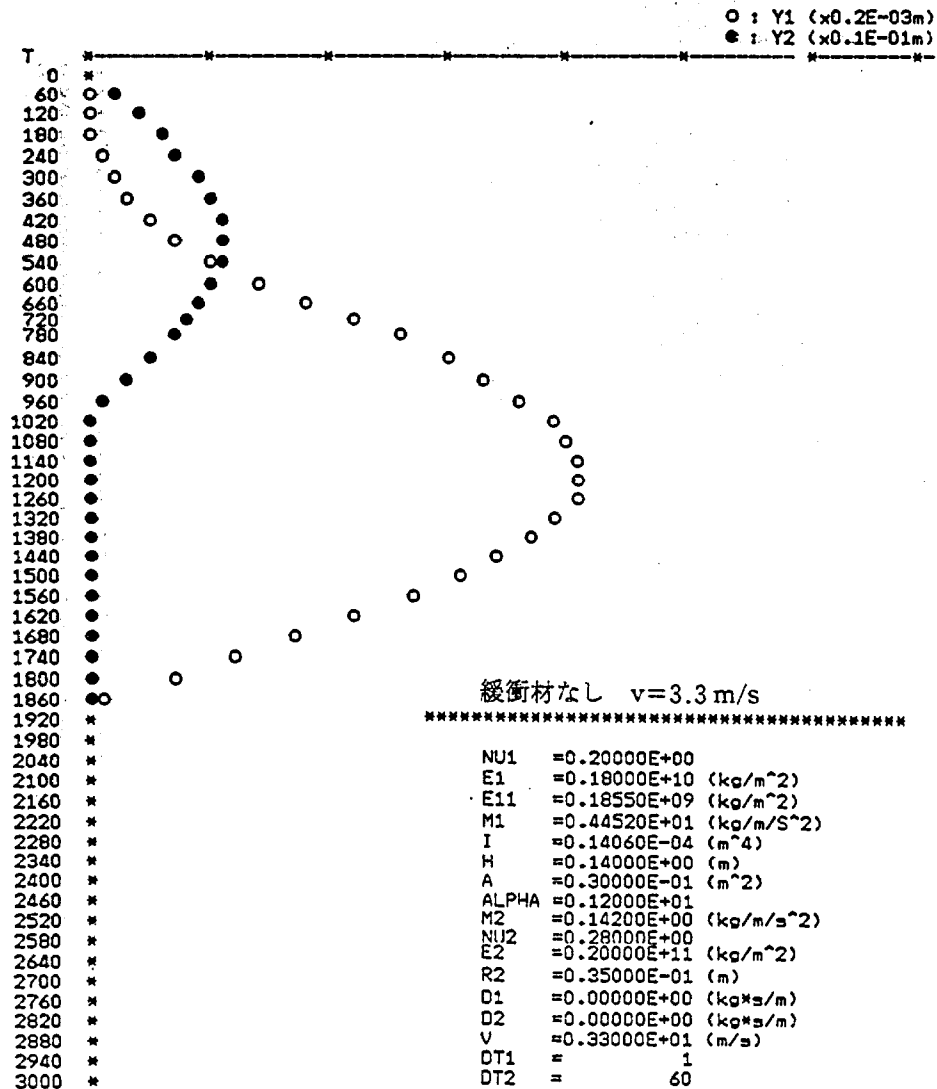
Y1 MAX = 0.12849E-04 m (T= 2072)
Y2 MAX = 0.64138E-02 m (T= 1736)



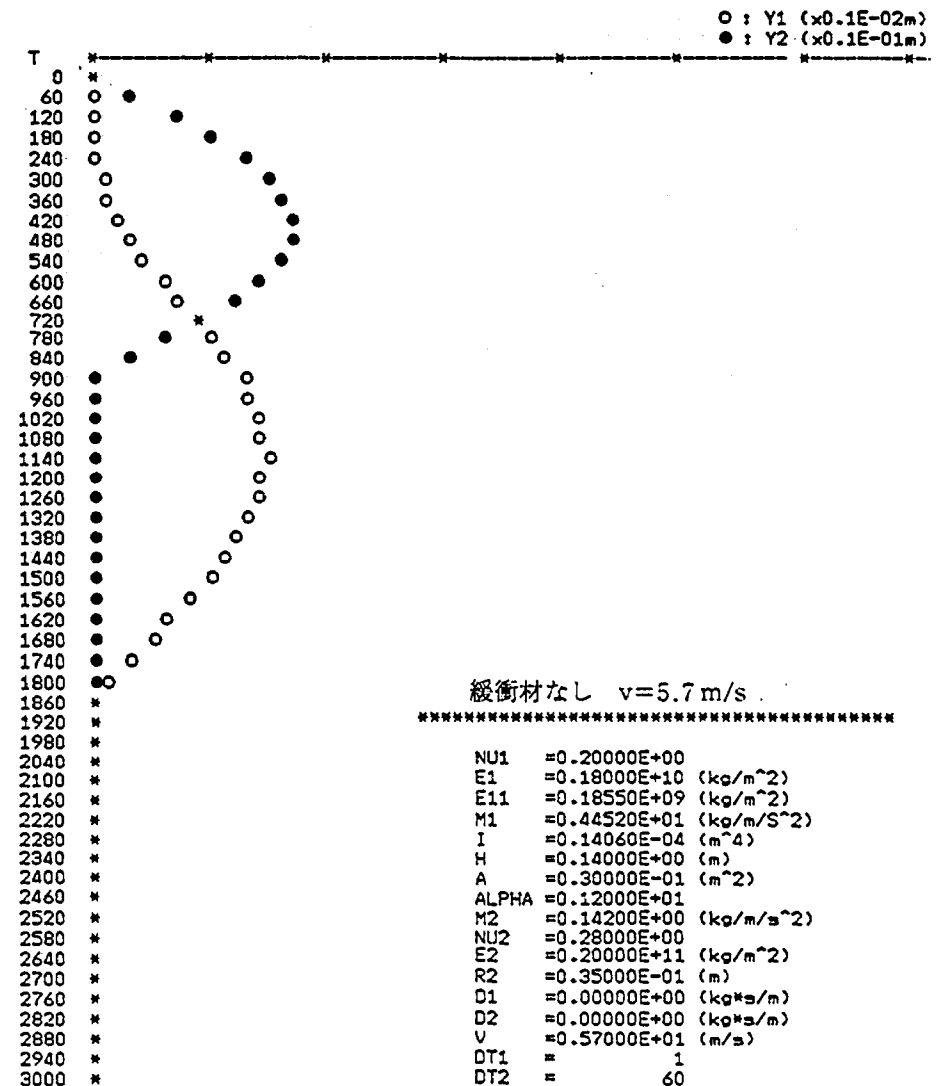
Y1 MAX = 0.14378E-04 m (T= 2044)
Y2 MAX = 0.69783E-02 m (T= 1700)

16. 減衰を考えないモデル計算の結果

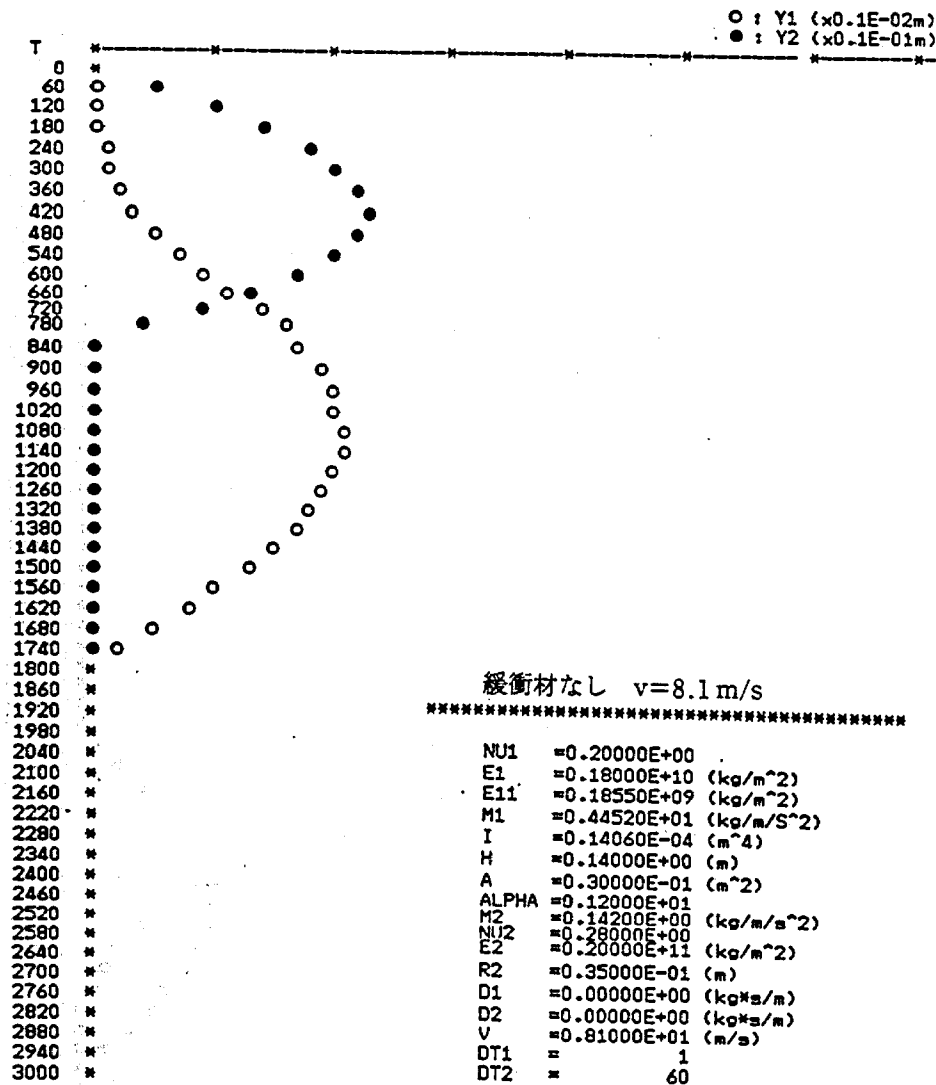
- 161 -



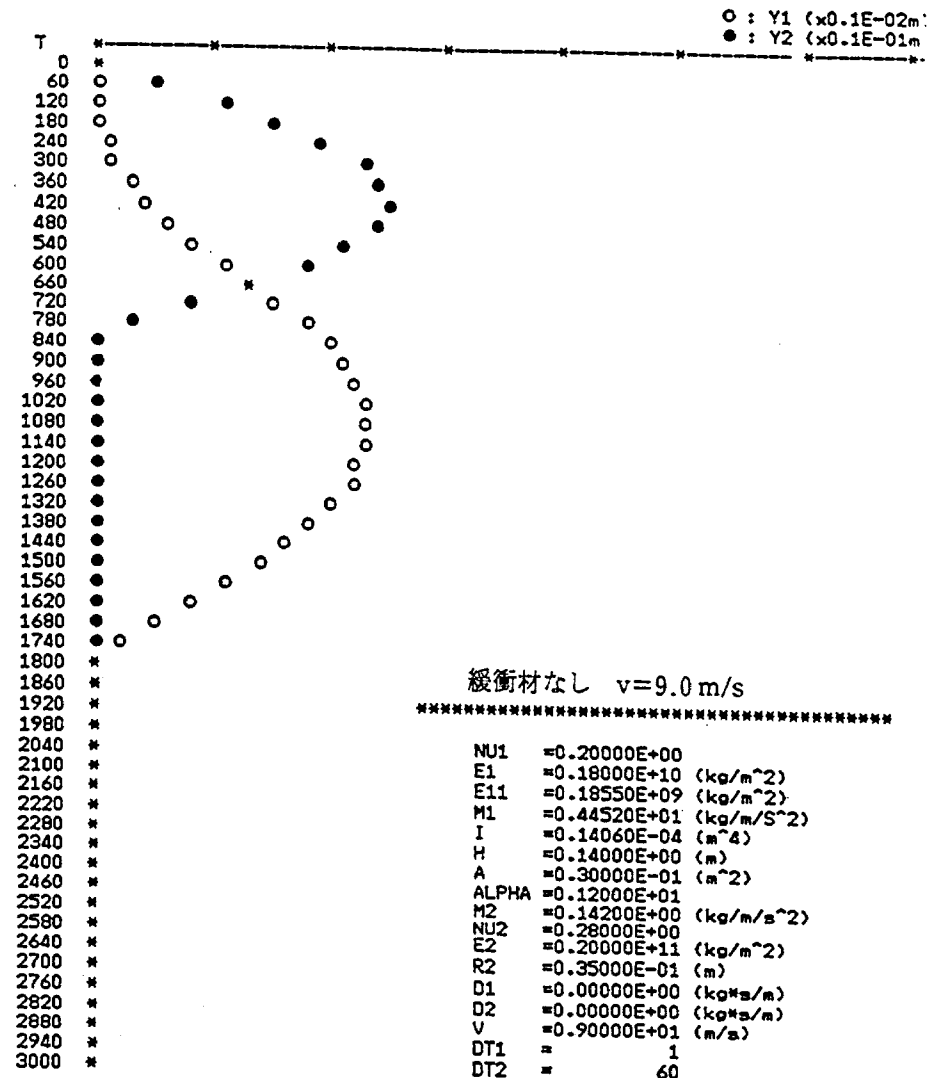
Y1 MAX = 0.82492E-04 m (T= 1180)
Y2 MAX = 0.11073E-02 m (T= 495)



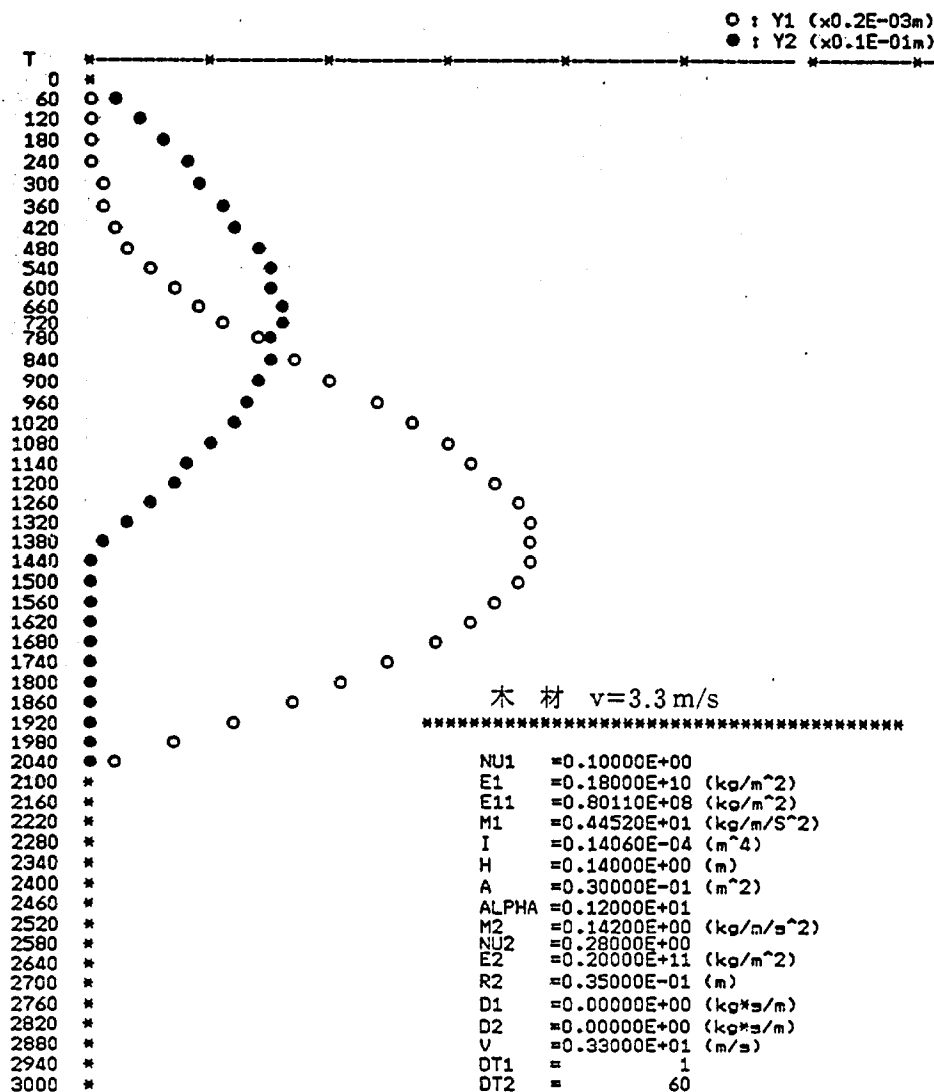
Y1 MAX = 0.14505E-03 m (T= 1130)
Y2 MAX = 0.17148E-02 m (T= 443)



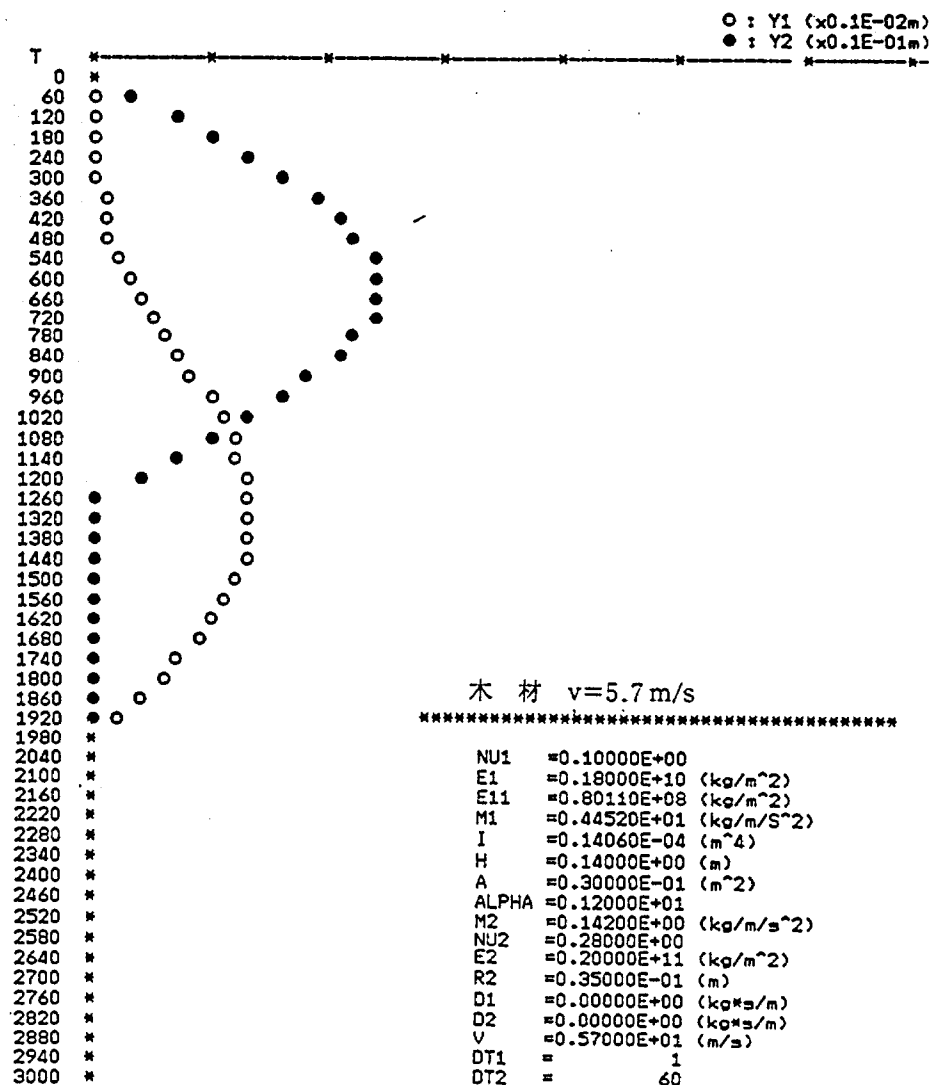
Y1 MAX = 0.20810E-03 m (T= 1100)
Y2 MAX = 0.22717E-02 m (T= 413)



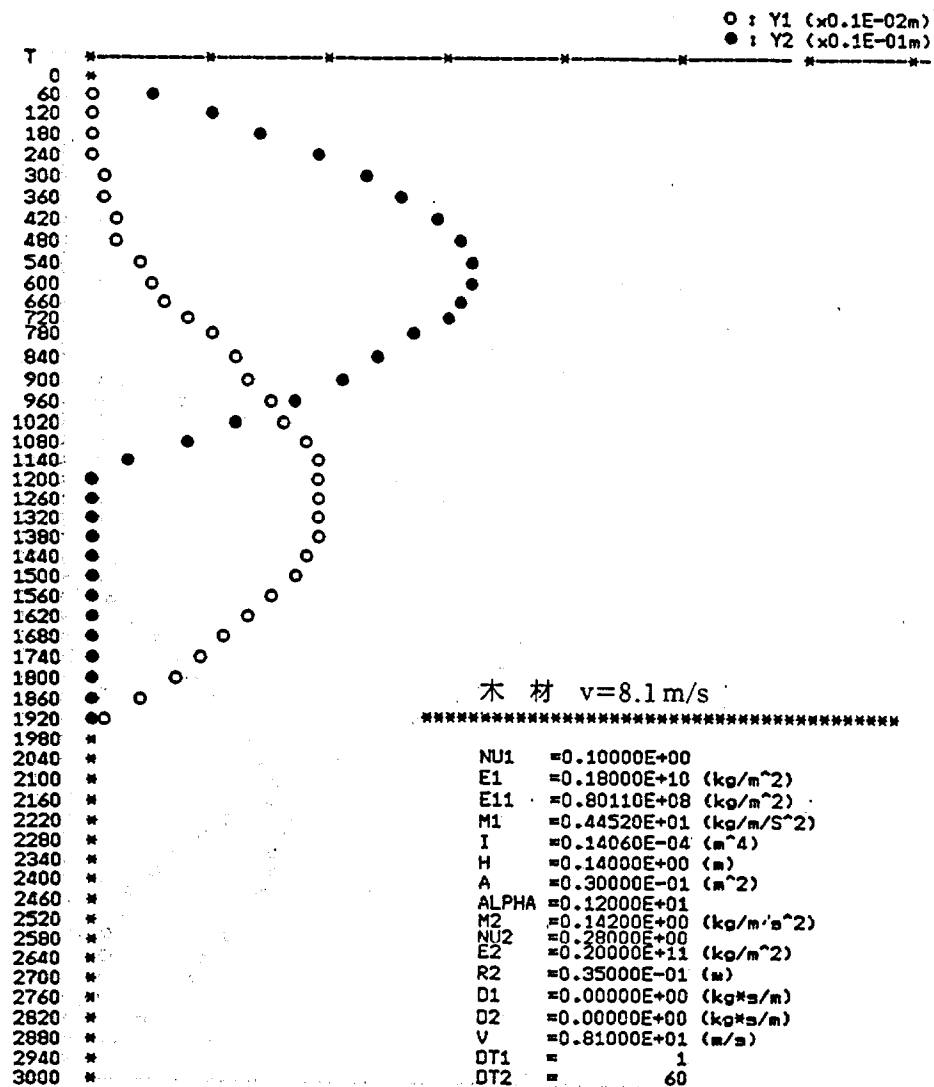
Y1 MAX = 0.23182E-03 m (T= 1091)
Y2 MAX = 0.24715E-02 m (T= 405)



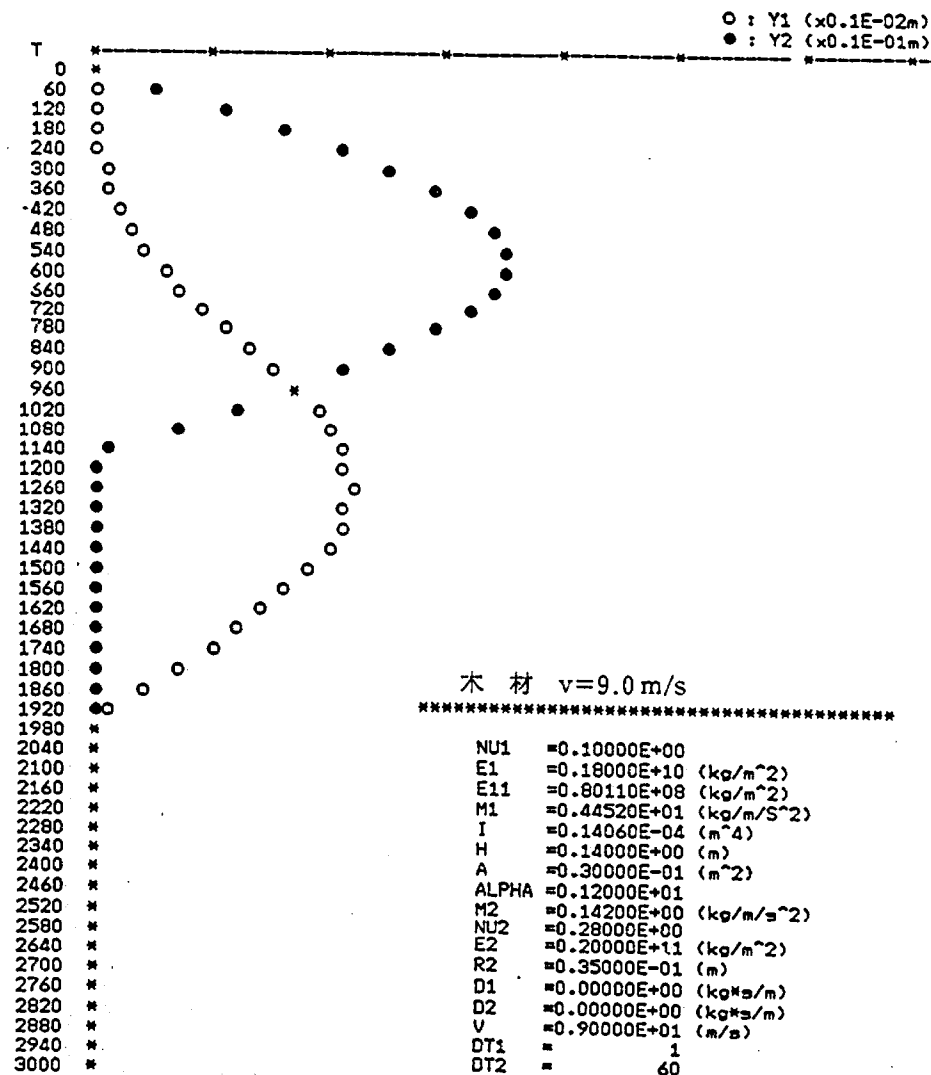
Y1 MAX = 0.74447E-04 m (T= 1379)
Y2 MAX = 0.15646E-02 m (T= 699)



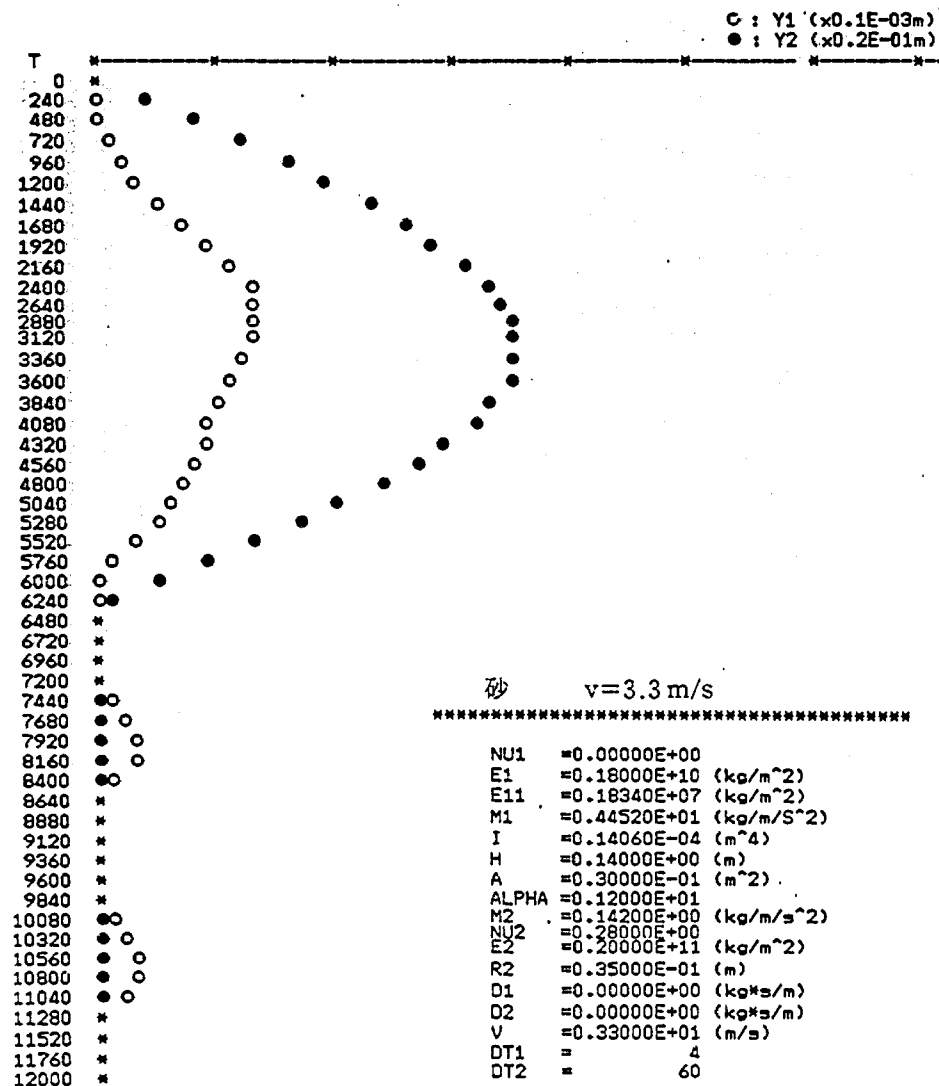
Y1 MAX = 0.13350E-03 m (T= 1307)
Y2 MAX = 0.24230E-02 m (T= 627)



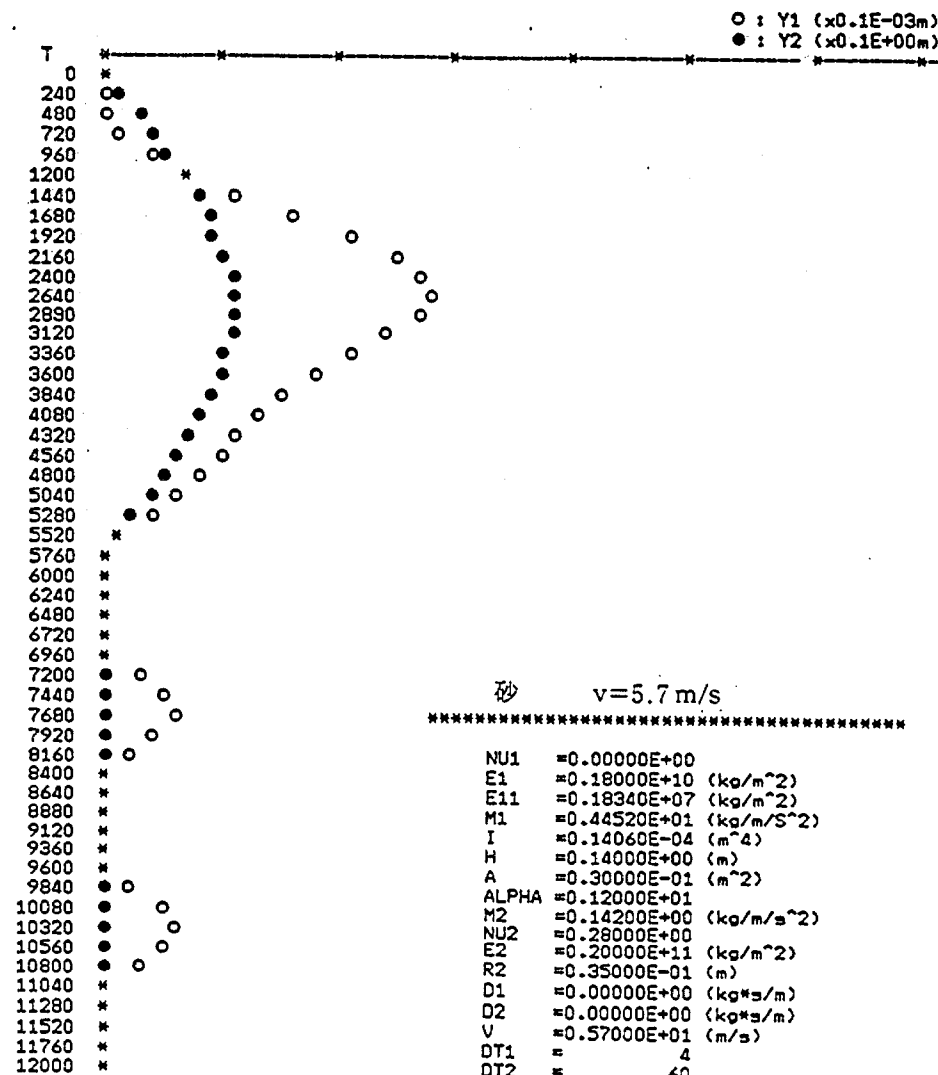
Y1 MAX = 0.19351E-03 m (T= 1264)
Y2 MAX = 0.32098E-02 m (T= 584)



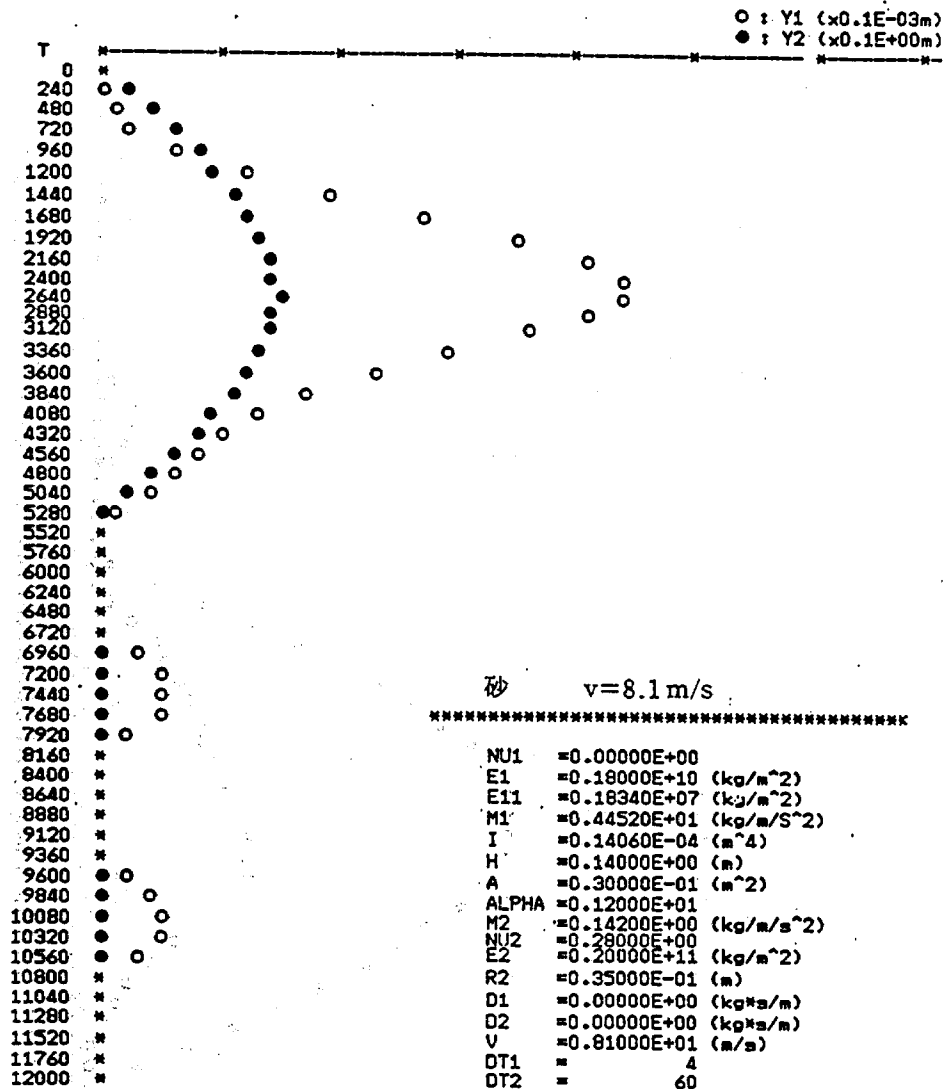
Y1 MAX = 0.21618E-03 m (T= 1252)
Y2 MAX = 0.34921E-02 m (T= 572)



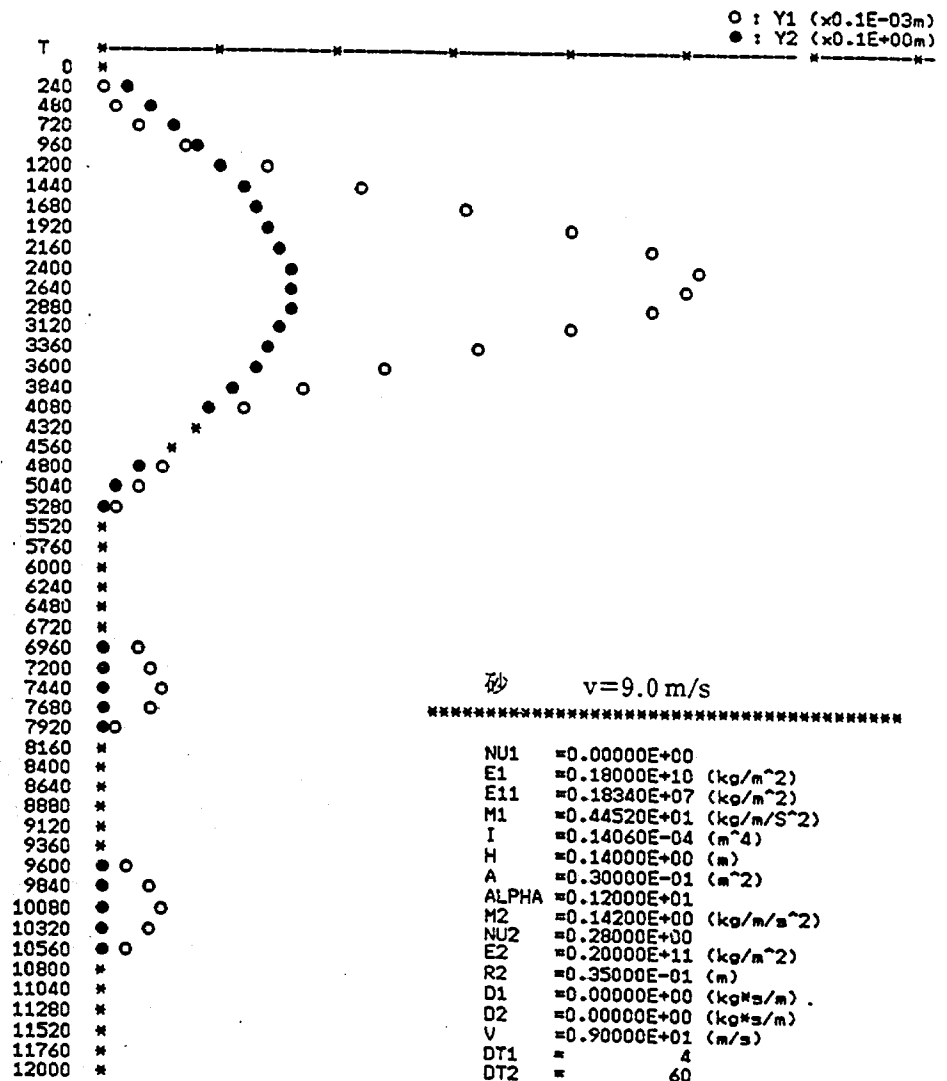
Y1 MAX = 0.13189E-04 m (T= 2736)
Y2 MAX = 0.70959E-02 m (T= 3164)



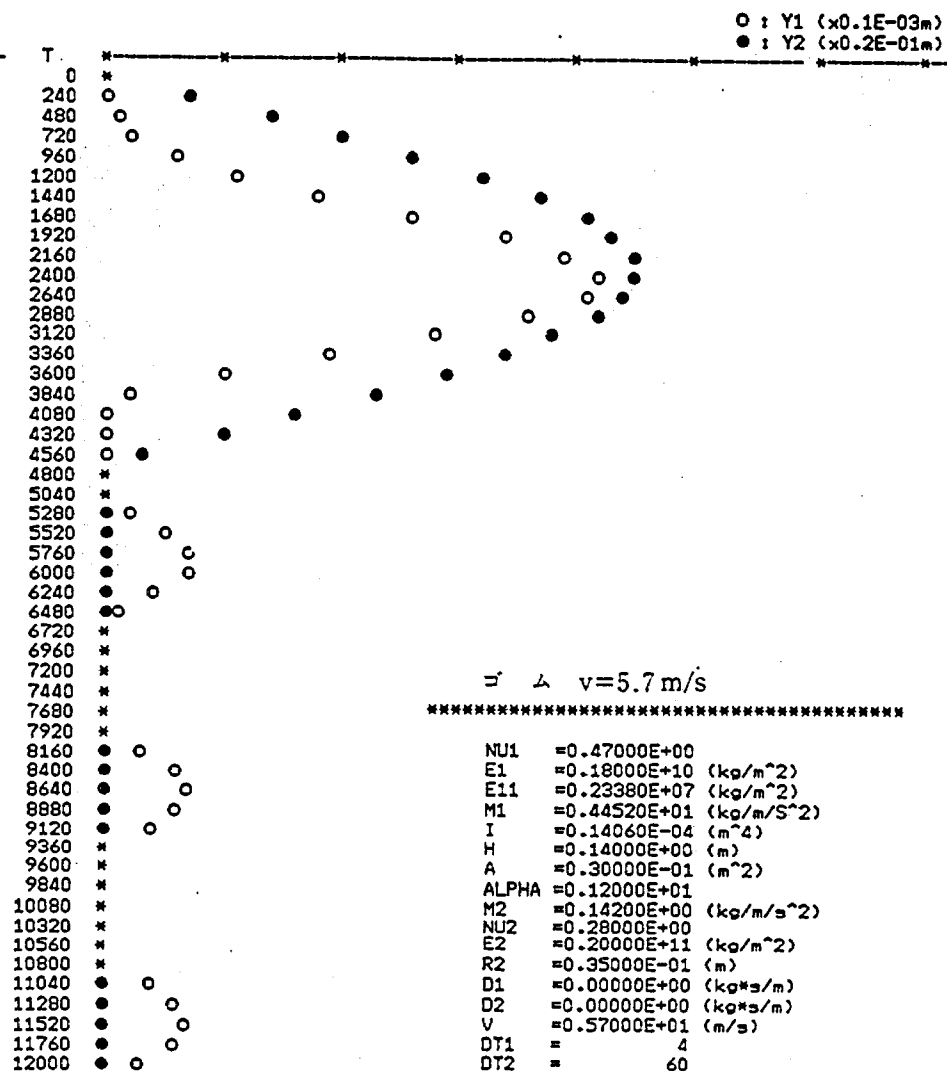
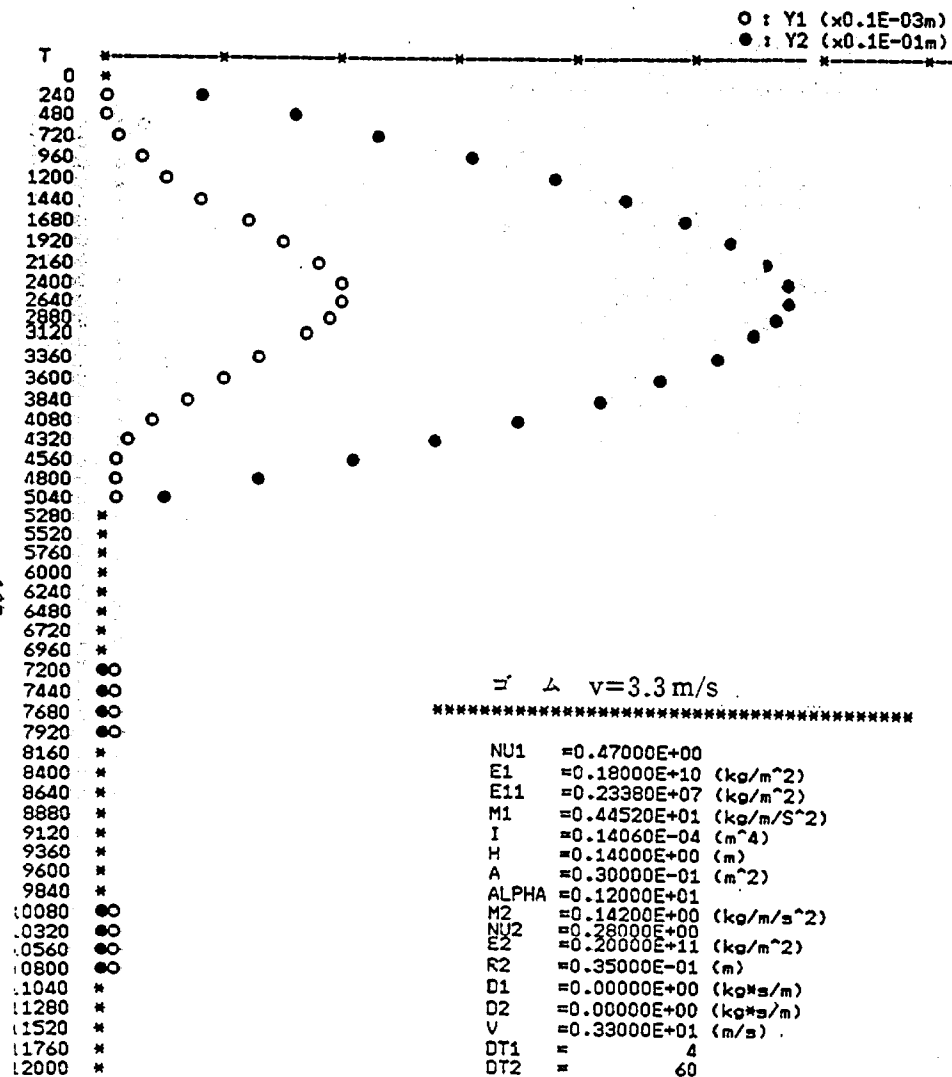
Y1 MAX = 0.27656E-04 m (T= 2608)
Y2 MAX = 0.10990E-01 m (T= 2836)

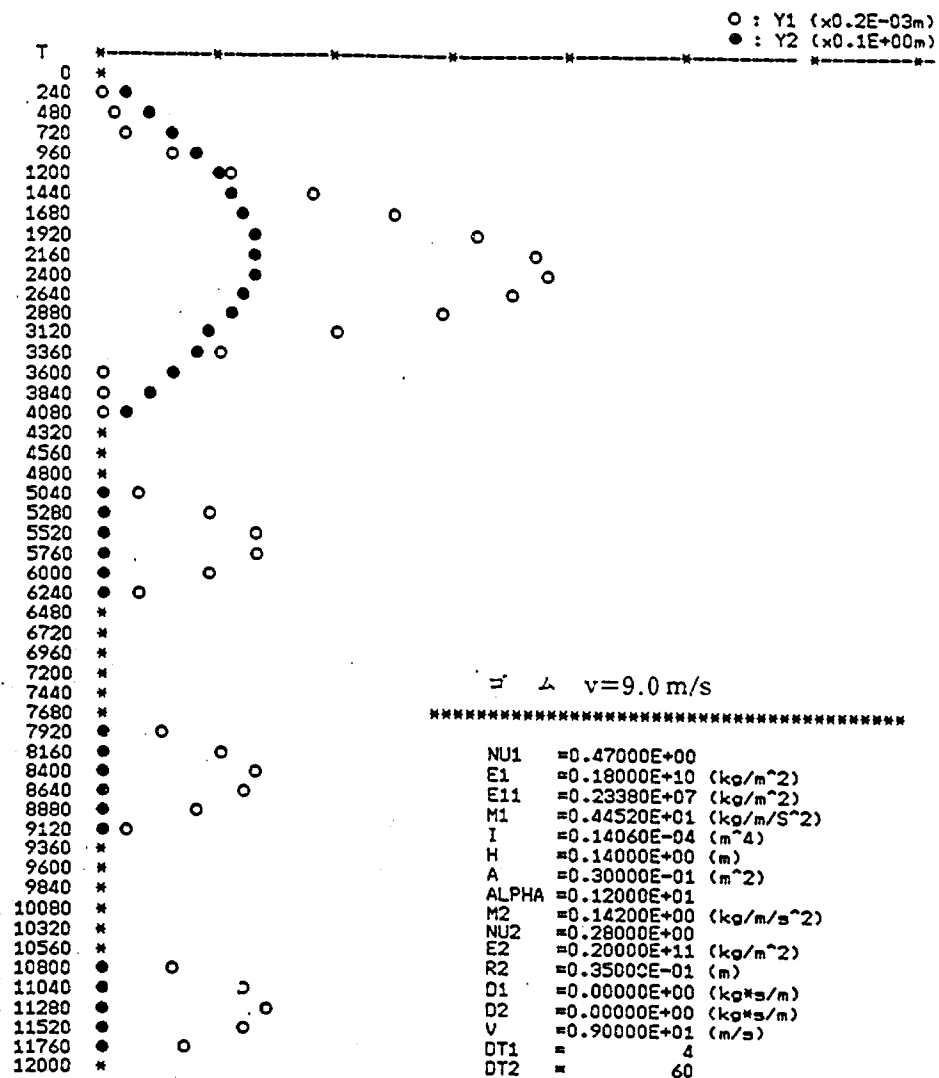
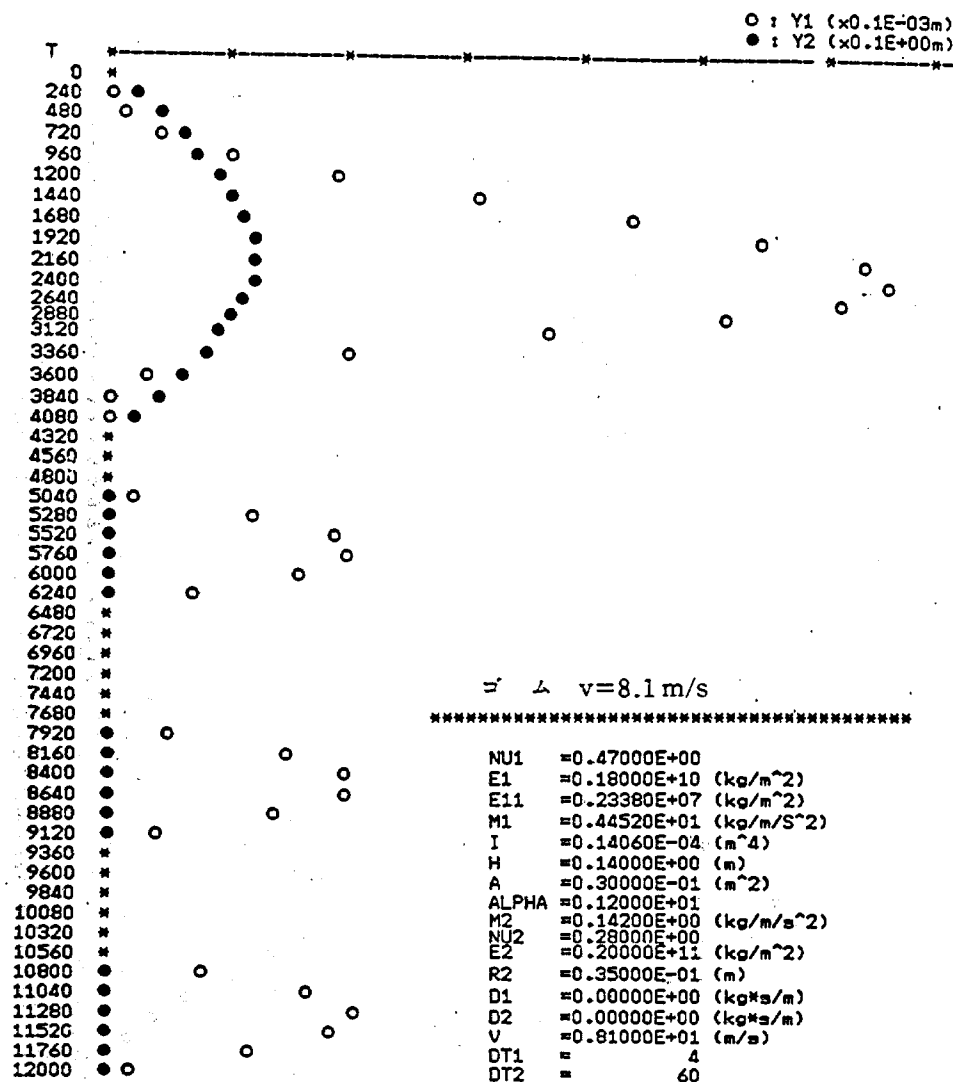


Y1 MAX = 0.44345E-04 m (T= 2532)
Y2 MAX = 0.14560E-01 m (T= 2644)



Y1 MAX = 0.51054E-04 m (T= 2508)
Y2 MAX = 0.15841E-01 m (T= 2592)





17. 大型実験の検証

17.1 実験結果の整理

打撃位置は中央載荷とし、ひずみゲージは G_1 , G_2 , G_5 , G_6 の値の平均値を用いる。

表-1.1 昭和55年度実験結果

実験 No.	球 速 (m/sec)	最 大 ひ ず み					備 考
		G_1	G_2	G_5	G_6	平均	
I-1	0.8	15	2.5	-11	-16	17	
I-3	3.4	59	84	-54	-65	66	
I-4	6.9	120	110	-123	-133	122	※周辺クラック
II-2	1.4	15	38	-20	-33	27	
II-3	3.6	23	—	-35	-24	27	
II-4	4.1	23	82	-57	-34	49	※周辺クラック

17.2 計算定数の整理

(1) コンクリートの物理定数

$$E_1 = 2.6 \times 10^9 \text{ kg/m}^2$$

$$E_{11} = 2.6 \times 10^8 \text{ kg/m}^2 \text{ (昭和59年度実験より推定)}$$

$$\nu_1 = 1/5.16 = 0.194$$

(2) コンクリートの構造定数

表-2.1

	断 面 定 数			
	$I \text{ (m}^4\text{)}$	$d \text{ (m)}$	$A \text{ (m}^2\text{)}$	α
Type I	0.0625	0.5	3.0	1.2
Type II	0.500	1.0	6.0	1.2

$$I = \frac{Br^3}{12}, \quad A = Bd \quad B = 6.0 \text{ m}$$

(3) 梁の等価質量

表-2.2

	l (m)	a (m)	h (m)	等価質量 γ 式	真の質量 M_1 kg/m/sec ²	等価質量 M_1 kg/m/sec ²
Type I	2.00	0.65	1.35	$M_1=0.772 M_2$	1438	1111
Type II	3.00	1.00	2.00	$M_1=0.801 M_2$	4316	3457

※ コンクリートの単位体積重量は $\gamma=2350$ kgf

(4) 鋼球の諸元

$$M_2 = \frac{4}{3} \pi R_2^3 \times \frac{7850}{9.8} = 3354 R_2^3$$

$$\text{Type I} \quad M_2 = 24.6 \text{ kg/m/sec}^2$$

$$\text{Type II} \quad M_2 = 90.6 \quad //$$

$$E_2 = 2 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2$$

$$\nu_2 = 0.28$$

(4) 減衰定数

減衰定数は次式により求める。

$$D_1 = h_1 2 \sqrt{M_1 K_1}$$

$$P_2 = h_2 2 \sqrt{M_2 K_2}$$

ここに、 D_1 ：梁自体の減衰定数

M_1 ：梁の等価質量

K_1 ：梁のバネ定数

P_2 ：接触点の減衰定数

M_2 ：球の質量

K_2 ：接触点の減衰定数

h_1, h_2 ：減衰比 $h_1=0.431, h_2=1.0$

$$\text{Type I} \quad D_1 = 0.431 \times 2 \times \sqrt{1111 \times 180 \times 10^8}$$

$$\simeq 385500 \text{ kg} \cdot \text{m/sec}$$

$$D_2 = 1.0 \times 2 \times \sqrt{24.6 \times 1.591 \times 10^8} (y_2 - y_1)^{0.25}$$

$$\simeq 125,100 (y_2 - y_1)^{0.25}$$

$$\text{Type II} \quad D_1 = 0.431 \times 2 \times \sqrt{3457 \times 4.13 \times 10^8}$$

$$\simeq 1,030,000 \text{ kg} \cdot \text{m/sec}$$

$$D_2 = 1.0 \times 2 \times \sqrt{90.6 \times 1.949 \times 10^8} (y_2 - y_1)^{0.25}$$

$$\simeq 265,800 (y_2 - y_1)^{0.25}$$

(5) 定数のまとめ

計算条件をまとめると表-2.3のとおりである。

表-2.3 計算条件のまとめ

項 目		数 値	
		Type I	Type II
コンクリートの弾性係数	E_1	$2.6 \times 10^9 \text{ kg/m}^2$	
	E_1'	$2.6 \times 10^8 \text{ kg/m}^2$	
コンクリートのポアソン比	ν_1	0.194	
梁の断面二次モーメント	I	0.0625 m^4	0.5 m^4
荷重の作用点	h	1.35 m	1.0 m
梁のせん断断面積	A	3.0 m^2	6.0 m^2
形状係数	α	1.2	1.2
梁の等価質量	M_1	$1111 \text{ kg/m}^3/\text{sec}^2$	$3457 \text{ kg/m}^3/\text{sec}^2$
鋼球の質量	M_2	$24.6 \text{ kg/m}^3/\text{sec}^2$	$90.6 \text{ kg/m}^3/\text{sec}^2$
鋼の弾性係数	E_2	$2 \times 10^{10} \text{ kg/m}^2$	
鋼のポアソン比	ν_2	0.28	
鋼球の半径	R_2	0.2 m	0.3 m
梁の減衰定数	D_1	$385,500 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{sec}$	$1,030,000 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{sec}$
接触点の減衰定数	D_2	$125,100 (y_2 - y_1)^{0.25}$	$265,800 (y_2 - y_1)^{0.25}$

17.3 計算結果

計算結果の $y_{1\max}$ の値より作用荷重 P_1 およびひずみを次式により求める。

① $y_{1\max}$: モデル計算結果

② $P_1 = K_1 y_{1\max}$

$$K_1 = \left(\frac{h^3}{3 E_1 I} + \frac{\alpha h}{GA} \right)^{-1}$$

③ $\varepsilon = \frac{M}{ZE_1} = \frac{P_1 h'}{ZE_1}$

K_1 , Z , h' を Type I, IIについて求め、表-3・1に示す。

表-3.1 定数表

供試体	ゲージNO.	K_1 (kg/m)	Z (m ³)	h' (m)
Type I	G_1, G_5	1.80×10^8	0.25	0.60
	G_2, G_6			1.20
Type II	G_1, G_5	4.13×10^8	1.00	0.75
	G_2, G_6			1.40

K_1 : 片持梁のバネ定数

Z : 片持梁の断面係数 $= \frac{Bd^2}{6}$

h' : 載荷点とゲージ間の距離

計算により求めた y_{1max} , P_1 , ε および実測ひずみを表-3・2に示す。

	Type 1	Type 2
④ $W_o = \sqrt{\frac{K}{M}}$	402	346
$T_o = \frac{2\pi}{W_o}$	15.6 ms	18.2 ms
$f_o = \frac{1}{T_o}$	64 Hz	55 Hz

表-3.2 計算結果のまとめ

供試体	球速 V (m/s)	最大変位 $y_{\max}$ (10^{-3} m)	バネ力 P ($\times 10^3$ kg)	計算ひずみ ($\times 10^{-6}$)		実測ひずみ ($\times 10^{-6}$)	
				G_1 G_5	G_2 G_6	G_1 G_5	G_2 G_6
Type I	0.8	0.0293	5.274	5	10	13	21
	3.4	0.1288	23.184	21	42	57	75
	6.9	0.2634	47.412	43	88	122	122
Type II	1.4	0.068	12.240	4	7	18	36
	3.6	0.1817	32.706	9	18	29	24
	4.1	0.2078	37.404	11	20	40	58

接触点のコンクリートの弾性係数をコンクリートの圧縮試験結果の破壊点までの弾性係数を用いて計算を行なうと表-3.3に示す通りである。 $E'_1=1.7 \times 10^9 \text{ kg/m}^2$

表-3.3

供試体	球 速 V (m/s)	最大変位 y _{max} ($\times 10^{-3}$ m)	パネ力 P ($\times 10^3$ kg)	計算ひずみ ($\times 10^{-6}$)		実測ひずみ ($\times 10^{-6}$)	
				G ₁ G ₅	G ₂ G ₆	G ₁ G ₅	G ₂ G ₆
Type I	0.8	0.0332	5.976	6	11	13	21
	3.4	0.1401	25.218	23	47	57	75
	6.9	0.2835	51.030	47	94	122	122
Type II	1.4	0.084	34.692	10	19	18	36
	3.6	0.2053	84.789	24	46	29	24
	4.1	0.2336	96.477	28	52	40	58

接触面の荷重の作用時間

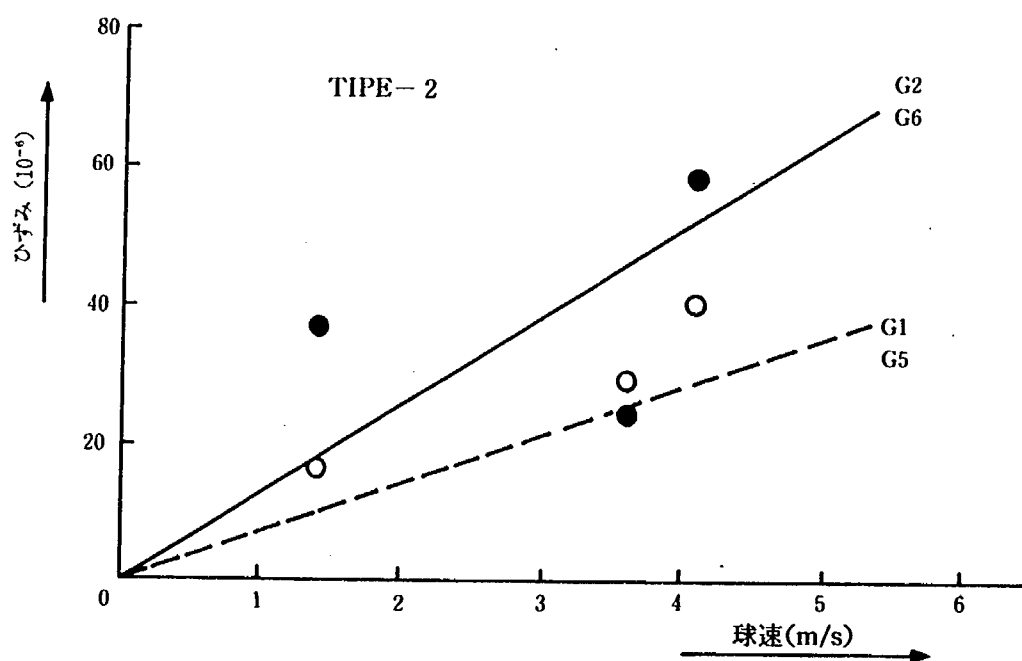
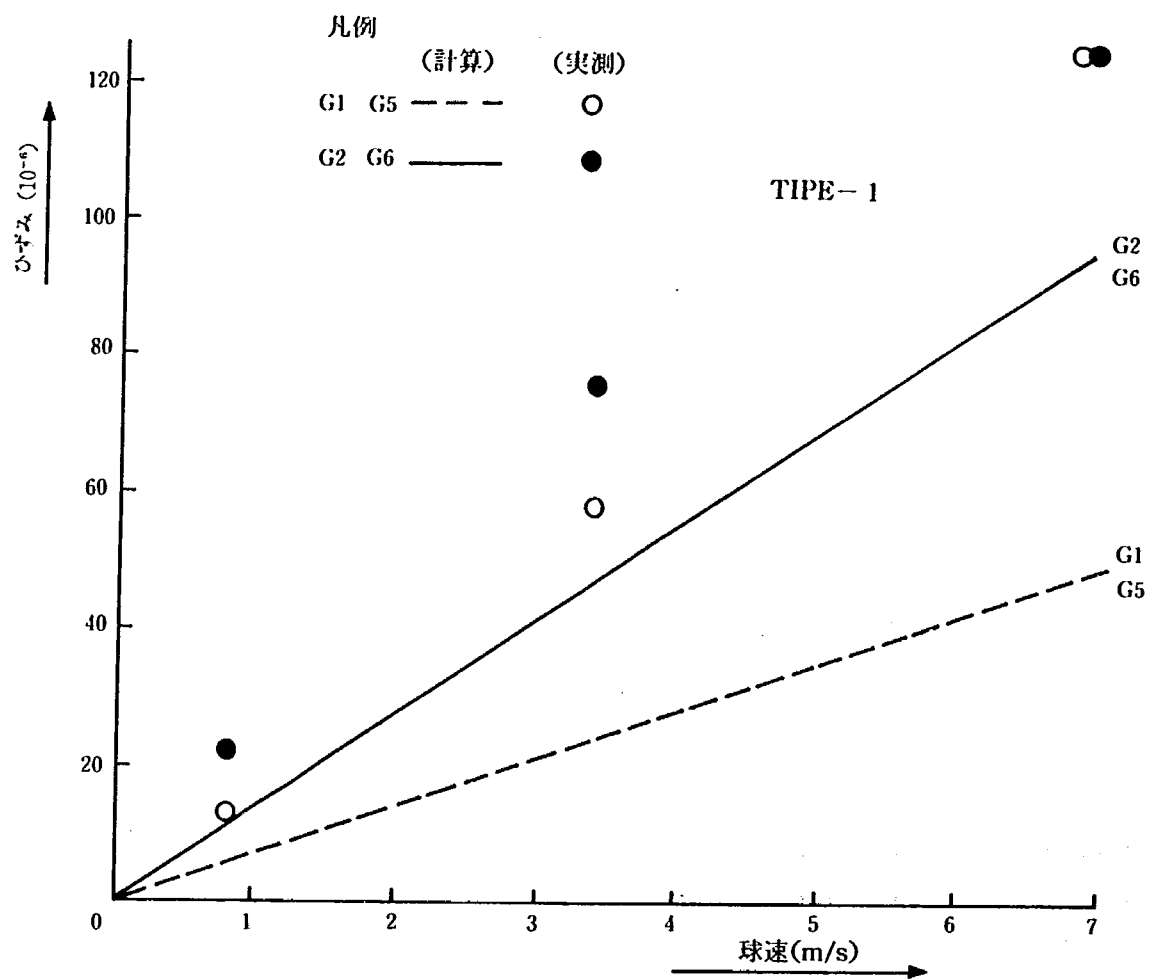
Type I $t_o=4.0 \text{ ms}$

Type II $f_o=5.0 \text{ ms}$

ここで片持梁に作用する外力の継続時間と固有周期の比は,

Type I $t_o/T_o=0.25$

Type II $t_o/T_o=0.27$



18. 減衰定数の測定例

論文報告集 第290号, p36より引用

表-2 大型車両の振動特性の実測値

文 献	総重量 P_0 (t)	1次固有振動数 f_0 (Hz)	減衰定数 h_0
山田・小堀 ¹⁾	13.9	3.5	0.04~0.06
J. M. Biggs ¹⁷⁾	18.9	2.3	0.023
吉村・田久 ¹⁾	12.7	3.7	0.038
小松・中井 ¹⁾	19.9	2.15	0.032
J. W. Smith ¹⁾	27.25	3.0	0.03
小松・川谷 ¹⁾	15.60~29.56	3.1	0.048

注：文載5) の f_0 は9車種の平均値

表-4 新幹線における試験橋梁の主な諸元

橋 梁 名	形 式	支間 l_b (m)	基本固有 振 動 数 f_0 (Hz)	減衰定数 c_b	死荷重 W_b (ton)
第1二子架道橋	RCスラブ桁	9.0	13.9	0.13	111.6
若宮架道橋	RCスラブ桁	10.0	7.2	0.06	99.8
第2明姫架道橋	合 成 桁	26.0	4.73	0.017	136.6
水門川橋梁	上路プレート ガーダー	30.0	6.0	0.024	39.8

論文報告集 第256号, p44より引用

19. 鉄筋量の算出

計算表の説明

		袖天端幅 (m)		袖高 (m)		土石流の礫径 (m)	
		B=3.00		L=2.00			
速度	DIA	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0	
V=3	Y	0.109 E-05	0.675 E-05	0.350 E-04	0.240 E-03	0.882 E-03	
	P	22.2	137.3	711.7	4880.2	17934.7	
	SIGMA 1	3.2	-4.5	-42.7	-320.6	-1191.0	
	SIGMA 2	6.2	13.9	52.1	330.0	1200.4	
	AS	0.0	0.6	10.7	87.8	329.5	
	Y	0.263 E-05	0.170 E-04	0.922 E-04	0.659 E-03	0.245 E-02	
V=7	P	53.5	345.7	1874.8	13400.2	49818.7	
	SIGMA 1	1.1	-18.3	-120.3	-888.6	-3316.6	
	SIGMA 2	8.3	27.7	129.7	898.0	3326.0	
	AS	0.0	4.1	32.2	245.5	920.0	
	Y	0.381 E-05	0.251 E-04	0.138 E-03	0.100 E-02	0.376 E-02	
	P	77.5	510.4	2806.1	20334.2	76456.5	
V=10	SIGMA 1	-0.5	-29.3	-182.4	-1350.9	-5092.4	
	SIGMA 2	9.9	38.7	191.8	1360.3	5101.8	
	AS	0.0	7.0	49.4	374.0	1413.3	
	Y	0.578 E-05	0.388 E-04	0.218 E-03	0.162 E-02	0.610 E-02	
	P	117.5	789.0	4432.9	32941.4	124038.0	
	SIGMA 1	-3.1	-47.9	-290.8	-2191.4	-8264.5	
V=15	SIGMA 2	12.5	57.3	300.2	2200.8	8273.9	
	AS	0.3	12.1	79.5	607.4	2294.4	
	Y	0.776 E-05	0.528 E-04	0.302 E-03	0.228 E-02	0.860 E-02	
	P	157.8	1073.6	6140.9	46361.9	174874.0	
	SIGMA 1	-5.8	-66.9	-404.7	-3086.1	-11653.6	
	SIGMA 2	15.2	76.3	414.1	3095.5	11663.0	
V=20	AS	0.9	17.4	111.1	855.9	3235.8	

Y : 片持梁の最大変位 (m), P : 土石流衝撃荷重 (kgf)

SIGMA 1 : 上流端応力 (t/m²), SIGMA 2 : 下流端応力 (t/m²)

AS : 鉄筋量 (cm²)

		B= 3.00		L=2.00			
		0.5	1.0	2.0	5.0	10.0	
V= 3	OIA	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0	
	Y	0.109E-05	0.675E-05	0.350E-04	0.249E-03	0.882E-03	
	P	22.2	137.3	711.7	4880.2	17934.7	
	SIGMA1	3.2	-4.5	-42.7	-320.6	-1191.0	
	SIGMA2	4.2	13.9	52.1	339.0	1200.4	
V= 7	AS	0.0	0.6	10.7	87.8	329.5	
	Y	0.243E-05	0.170E-04	0.922E-04	0.659E-03	0.245E-02	
	P	53.5	345.7	1874.8	13400.2	49818.7	
	SIGMA1	1.1	-18.3	-120.3	-838.6	-3316.6	
	SIGMA2	8.3	27.7	129.7	878.0	3326.0	
V= 10	AS	0.0	4.1	32.2	215.5	920.0	
	Y	0.381E-05	0.251E-04	0.138E-03	0.100E-02	0.376E-02	
	P	77.5	510.4	2096.1	20334.2	76456.5	
	SIGMA1	-0.5	-29.3	-182.4	-1350.9	-5092.4	
	SIGMA2	9.9	38.7	191.8	1360.3	5101.8	
V= 15	AS	0.0	7.0	49.4	374.0	1413.3	
	Y	0.578E-05	0.388E-04	0.210E-03	0.162E-02	0.610E-02	
	P	117.5	789.0	4432.9	32741.4	124038.0	
	SIGMA1	-3.1	-47.9	-290.8	-2191.4	-8264.5	
	SIGMA2	12.5	57.3	300.2	2200.8	8273.9	
V= 20	AS	0.3	12.1	79.5	607.4	2294.4	
	Y	0.776E-05	0.528E-04	0.302E-03	0.228E-02	0.860E-02	
	P	157.8	1073.6	6140.9	46361.9	174874.0	
	SIGMA1	-5.8	-66.9	-404.7	-3086.1	-11653.6	
	SIGMA2	15.2	76.3	414.1	3095.5	11663.0	
V= 3	AS	0.9	17.4	111.1	855.9	3235.8	
	Y	0.231E-05	0.136E-04	0.666E-04	0.427E-03	0.151E-02	
	P	25.7	151.3	741.1	4751.6	16803.0	
	SIGMA1	1.8	-12.1	-77.6	-523.3	-1862.3	
	SIGMA2	7.6	21.5	87.0	532.7	1871.7	
V= 7	AS	0.0	2.4	20.3	144.1	516.0	
	Y	0.566E-05	0.347E-04	0.177E-03	0.118E-02	0.418E-02	
	P	63.0	386.1	1969.6	13130.8	46514.2	
	SIGMA1	-2.3	-38.2	-214.1	-1454.3	-5163.5	
	SIGMA2	11.7	47.6	223.5	1463.7	5172.9	
V= 10	AS	0.2	9.4	58.2	402.7	1433.0	
	Y	0.823E-05	0.514E-04	0.267E-03	0.180E-02	0.641E-02	
	P	91.6	572.0	2971.1	20030.0	71327.2	
	SIGMA1	-5.5	-58.9	-325.4	-2220.9	-7920.8	
	SIGMA2	14.9	68.3	334.8	2230.3	7930.2	
V= 15	AS	0.6	15.1	89.1	615.6	2199.9	
	Y	0.126E-04	0.800E-04	0.424E-03	0.290E-02	0.104E-01	
	P	140.2	890.2	4710.2	32270.6	115729.0	
	SIGMA1	-10.9	-94.2	-519.5	-3580.9	-12854.1	
	SIGMA2	20.3	103.6	528.9	3590.3	12863.5	
V= 20	AS	2.1	24.9	143.0	993.4	3569.3	
	Y	0.169E-04	0.109E-03	0.587E-03	0.407E-02	0.146E-01	
	P	188.1	1212.9	6554.3	45299.1	162466.4	
	SIGMA1	-16.2	-130.1	-723.6	-5027.5	-18047.1	
	SIGMA2	25.6	139.5	733.0	5036.9	18056.5	
V= 3	AS	3.5	34.9	199.7	1395.2	5011.8	
	Y	0.557E-05	0.298E-04	0.134E-03	0.771E-03	0.288E-02	
	P	31.9	170.7	767.5	4415.8	16474.9	
	SIGMA1	-1.0	-25.6	-131.7	-780.3	-2927.7	
	SIGMA2	10.4	35.0	141.1	789.7	2937.1	
V= 7	AS	0.0	6.0	35.3	215.5	812.0	
	Y	0.139E-04	0.777E-04	0.362E-03	0.212E-02	0.788E-02	
	P	79.6	445.0	2073.3	12142.1	45132.0	
	SIGMA1	-9.5	-74.4	-363.9	-2153.9	-8018.8	
	SIGMA2	18.9	83.8	373.3	2163.3	8029.2	
V= 10	AS	1.8	19.4	99.8	597.0	2226.1	
	Y	0.204E-04	0.116E-03	0.548E-03	0.324E-02	0.120E-01	
	P	116.8	664.4	3130.6	18556.8	68728.9	
	SIGMA1	-16.1	-113.4	-553.3	-3294.3	-12213.8	
	SIGMA2	25.5	122.8	562.7	3303.7	12223.2	
V= 15	AS	3.5	30.2	152.4	913.8	3391.4	
	Y	0.315E-04	0.183E-03	0.878E-03	0.523E-02	0.194E-01	
	P	180.4	1048.1	5028.7	29954.4	111112.0	
	SIGMA1	-27.4	-181.6	-889.3	-5320.5	-19748.5	
	SIGMA2	36.9	191.0	898.7	5329.9	19757.9	
V= 20	AS	6.5	49.2	245.7	1476.4	5464.4	
	Y	0.427E-04	0.252E-03	0.122E-02	0.735E-02	0.272E-01	
	P	244.6	1443.3	6987.4	42096.5	155786.0	
	SIGMA1	-38.8	-251.9	-1237.5	-7479.1	-27690.5	
	SIGMA2	48.2	241.3	1246.9	7488.5	27699.9	
V= 3	AS	9.6	68.7	342.5	2076.2	7690.5	

コンクリート

$\frac{h}{l}=0.3$

$\frac{h}{l}=0.5$

$\frac{h}{l}=0.8$

		B= 3.00		L=3.00			
		0.5	1.0	2.0	5.0	10.0	
V= 3	OIA	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0	
	Y	0.121E-05	0.835E-05	0.485E-04	0.375E-03	0.145E-02	
	P	15.4	104.0	615.7	4760.9	18408.6	
	SIGMA1	5.5	-3.6	-54.5	-469.0	-1833.8	
	SIGMA2	8.6	17.7	68.6	493.1	1847.9	
V= 7	AS	0.0	0.3	13.4	128.4	507.4	
	Y	0.288E-05	0.205E-04	0.124E-03	0.101E-02	0.397E-02	
	P	36.3	260.3	1574.3	12822.6	50401.5	
	SIGMA1	3.4	-17.0	-150.4	-1275.2	-5033.1	
	SIGMA2	10.7	33.1	164.5	1239.3	5047.2	
V= 10	AS	0.0	3.8	39.9	352.3	1376.1	
	Y	0.409E-05	0.278E-04	0.184E-03	0.153E-02	0.605E-02	
	P	51.9	378.3	2336.0	17424.3	76908.4	
	SIGMA1	1.9	-30.9	-226.5	-1935.4	-7673.8	
	SIGMA2	12.2	44.9	240.6	1749.5	7687.9	
V= 15	AS	0.0	7.0	61.0	535.7	2127.7	
	Y	0.615E-05	0.456E-04	0.287E-03	0.244E-02	0.976E-02	
	P	78.1	579.9	3643.6	30777.3	123709.0	
	SIGMA1	-0.8	-50.8	-357.3	-3090.7	-12383.9	
	SIGMA2	14.9	64.9	371.4	3104.8	12393.0	
V= 20	AS	0.0	12.4	97.3	856.6	3439.0	
	Y	0.820E-05	0.615E-04	0.393E-03	0.339E-02	0.137E-01	
	P	104.1	780.8	4787.4	43039.1	173930.0	
	SIGMA1	-3.4	-71.0	-491.9	-4276.8	-17385.9	
	SIGMA2	17.5	85.1	504.0	4310.9	17400.0	
V= 3	AS	0.3	17.9	134.7	1171.6	4827.5	
	Y	0.279E-05	0.185E-04	0.103E-03	0.741E-03	0.271E-02	
	P	17.7	117.1	652.1	4691.5	17157.8	
	SIGMA1	4.1	-12.5	-101.6	-774.9	-2852.6	
	SIGMA2	10.0	26.6	115.7	789.0	2866.7	
V= 7	AS	0.0	2.2	26.4	213.3	790.4	
	Y	0.665E-05	0.460E-04	0.266E-03	0.200E-02	0.737E-02	
	P	42.1	291.2	1684.1	12662.6	46661.6	
	SIGMA1	0.0	-41.5	-273.6	-2103.4	-7749.9	
	SIGMA2	14.1	55.6	287.7	2117.5	7784.9	
V= 10	AS	0.6	9.9	74.1	582.3	2156.3	
	Y	0.956E-05	0.671E-04	0.395E-03	0.302E-02	0.112E-01	
	P	60.5	424.8	2500.9	19120.5	70910.4	
	SIGMA1	-3.0	-63.8	-409.8	-3177.7	-11811.4	
	SIGMA2	17.1	77.9	423.9	3193.8	11825.5	
V= 15	AS	0.3	15.9	111.9	881.3	3279.0	
	Y	0.144E-04	0.103E-03	0.620E-03	0.484E-02	0.180E-01	
	P	91.2	652.1	3925.4	30543.4	113763.0	
	SIGMA1	-8.1	-101.6	-647.2	-5100.2	-18986.8	
	SIGMA2	22.2	115.7	661.3	5114.3	19000.9	
V= 20	AS	1.2	26.4	177.8	1414.8	5272.2	
	Y	0.195E-04	0.139E-03	0.851E-03	0.674E-02	0.252E-01	
	P	122.2	890.0	5397.9	42672.9	159584.0	
	SIGMA1	-13.3	-139.6	-890.9	-7105.1	-26534.4	
	SIGMA2	27.4	153.7	905.0	7119.2	26538.5	
V= 3	AS	2.4	36.9	245.5	1971.7	7382.6	
	Y	0.783E-05	0.484E-04	0.247E-03	0.157E-02	0.571E-02	
	P	22.0	135.7	672.4	4491.3	16007.3	
	SIGMA1	1.2	-29.1	-177.6	-1166.6	-4261.5	
	SIGMA2	12.9	43.2	191.7	1189.7	4275.7	
V= 7	AS	0.0	6.5	47.4	322.1	1181.8	
	Y	0.187E-04	0.122E-03	0.649E-03	0.422E-02	0.154E-01	
	P	53.0	342.0	1819.4	11830.2	43171.9	
	SIGMA1	-7.1	-84.2	-478.1	-3147.7	-11595.5	
	SIGMA2	21.2	98.3	492.2	3161.8	11519.6	
V= 10	AS	1.0	21.6	130.9	872.4	3194.0	
	Y	0.274E-04	0.190E-03	0.970E-03	0.637E-02	0.233E-01	
	P	76.8	504.6	2719.3	17857.5	65318.6	
	SIGMA1	-13.4	-127.5	-718.1	-4755.0	-17411.2	
	SIGMA2	27.5	141.6	732.2	4769.1	17425.3	
V= 15	AS	2.4	33.6	197.5	1318.9	4834.5	
	Y	0.415E-04	0.277E-03	0.153E-02	0.102E-01	0.372E-01	
	P	116.3	782.1	4289.2	28574.4	104285.0	
	SIGMA1	-24.0	-201.5	-1136.7	-7619.1	-27802.4	
	SIGMA2	33.1	215.6	1150.8	7632.2	27816.5	
V= 20	AS	5.1	54.1	313.8	2114.2	7729.9	
	Y	0.557E-04	0.378E-03	0.211E-02	0.142E-01	0.518E-01	
	P	156.1	1059.7	5915.1	39207.9	145215.0	
	SIGMA1	-34.6	-275.5	-1570.3	-10608.4	-38716.9	
	SIGMA2	48.7	289.6	1594.4	10622.5	39731.0	
V= 3	AS	8.0	74.6	434.2	2944.8	10752.7	

		B= 3.00 L=4.00							B= 3.00 L=5.60				
		0.5	1.0	2.0	5.0	10.0			0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
V= 3	OTI	0.128E-05	0.953E-05	0.602E-04	0.515E-03	0.210E-02	V= 3	OTI	0.134E-05	0.105E-04	0.709E-04	0.644E-03	0.293E-02
	Y	11.2	83.3	526.4	4563.5	18383.6		Y	8.5	66.5	448.3	4204.0	17917.5
	P	7.9	-1.7	-60.8	-591.1	-2139.1		P	10.3	0.7	-63.0	-680.9	-2974.5
	SIGMA1	10.9	20.5	79.6	699.9	2157.9		SIGMA1	13.2	22.8	86.5	712.4	2998.0
	SIGMA2	0.0	0.1	14.6	161.6	874.9		SIGMA2	0.0	0.0	14.7	168.2	823.0
V= 7	AS						V= 7	AS					
	Y	0.299E-05	0.229E-04	0.151E-03	0.136E-02	0.567E-02		Y	0.310E-05	0.249E-04	0.175E-03	0.173E-02	0.756E-02
	P	26.1	200.3	1320.4	11692.6	49531.8		P	19.6	157.6	1108.0	10953.1	47854.5
	SIGMA1	5.9	-17.3	-166.7	-1576.3	-6601.5		SIGMA1	8.5	-14.5	-172.9	-1813.8	-7965.7
	SIGMA2	12.9	35.1	185.5	1575.1	6620.3		SIGMA2	15.0	38.0	176.4	1837.3	7869.2
	AS	0.0	3.1	43.8	435.3	1831.1		AS	0.0	2.2	45.0	500.6	2287.4
V= 10	Y	0.426E-05	0.331E-04	0.222E-03	0.265E-02	0.857E-02	V= 10	Y	0.441E-05	0.357E-04	0.255E-03	0.258E-02	0.114E-01
	P	37.3	289.4	1941.3	17924.4	75115.9		P	27.9	228.0	1614.5	16334.7	72176.7
	SIGMA1	4.4	-27.2	-249.4	-2339.8	-10006.1		SIGMA1	7.1	-25.9	-257.3	-2710.7	-12017.7
	SIGMA2	14.4	48.0	268.2	2379.6	10024.9		SIGMA2	16.4	49.4	260.8	2734.2	12041.2
	AS	0.0	6.1	66.8	658.7	2776.9		AS	0.0	5.0	68.4	749.7	3335.0
V= 15	Y	0.637E-05	0.501E-04	0.343E-03	0.324E-02	0.137E-01	V= 15	Y	0.658E-05	0.537E-04	0.390E-03	0.405E-02	0.181E-01
	P	55.7	439.1	2979.4	28332.4	117801.0		P	41.7	340.0	2469.2	25641.7	114596.0
	SIGMA1	2.0	-49.0	-370.5	-3768.3	-15764.0		SIGMA1	4.8	-44.9	-397.8	-4261.9	-15087.6
	SIGMA2	16.8	67.8	409.3	3787.1	15782.8		SIGMA2	18.7	68.4	423.3	4285.4	19111.1
	AS	0.0	11.4	105.9	1044.1	4431.8		AS	0.0	9.9	107.9	1180.6	5298.9
V= 20	Y	0.850E-05	0.627E-04	0.466E-03	0.449E-02	0.192E-01	V= 20	Y	0.873E-05	0.717E-04	0.528E-03	0.558E-02	0.251E-01
	P	74.3	548.3	4075.0	39263.2	167896.0		P	55.3	454.0	3342.7	35328.6	158915.0
	SIGMA1	-0.5	-63.7	-533.9	-5225.2	-22376.7		SIGMA1	2.5	-63.9	-545.4	-5876.4	-26474.1
	SIGMA2	19.3	82.5	552.7	5244.5	22395.5		SIGMA2	21.0	87.4	568.9	5899.9	26497.6
	AS	0.0	15.4	145.7	1449.0	6213.2		AS	0.0	15.0	148.3	1629.1	7350.7
V= 3	Y	0.317E-05	0.230E-04	0.141E-03	0.113E-02	0.428E-02	V= 3	Y	0.350E-05	0.270E-04	0.179E-03	0.159E-02	0.628E-02
	P	12.5	90.6	555.5	4452.3	16843.4		P	9.1	69.8	462.9	4111.7	16240.0
	SIGMA1	4.4	-10.7	-114.1	-980.0	-3738.0		SIGMA1	9.2	-7.6	-116.8	-1130.4	-4499.4
	SIGMA2	12.2	29.5	132.9	998.8	3756.8		SIGMA2	14.3	31.1	140.3	1153.9	4522.9
	AS	0.0	1.6	29.3	249.6	1035.7		AS	0.0	0.8	29.5	310.8	1246.6
V= 7	Y	0.724E-05	0.556E-04	0.355E-03	0.299E-02	0.115E-01	V= 7	Y	0.810E-05	0.642E-04	0.443E-03	0.413E-02	0.166E-01
	P	28.5	219.1	1398.7	11780.7	45310.5		P	20.9	166.0	1145.6	10680.1	42922.4
	SIGMA1	3.1	-39.3	-301.4	-2608.5	-10059.6		SIGMA1	5.9	-34.4	-306.5	-2955.0	-11912.5
	SIGMA2	15.7	58.1	320.2	2627.3	10078.4		SIGMA2	17.6	57.9	330.0	2978.5	11936.0
	AS	0.0	8.8	81.2	722.0	2791.7		AS	0.0	7.1	82.0	817.6	3305.8
V= 10	Y	0.106E-04	0.805E-04	0.523E-03	0.449E-02	0.173E-01	V= 10	Y	0.115E-04	0.929E-04	0.647E-03	0.616E-02	0.248E-01
	P	41.8	317.2	2060.6	17490.8	68162.8		P	29.7	238.7	1673.1	15729.7	64132.5
	SIGMA1	0.1	-61.1	-448.5	-3921.9	-15137.9		SIGMA1	3.5	-54.6	-453.0	-4413.2	-17802.8
	SIGMA2	18.7	79.9	467.3	3940.7	15156.7		SIGMA2	20.0	78.1	476.5	4436.7	17826.3
	AS	0.0	14.7	122.0	1068.8	4202.4		AS	0.0	12.5	122.7	1222.6	4942.0
V= 15	Y	0.158E-04	0.122E-03	0.810E-03	0.710E-02	0.276E-01	V= 15	Y	0.172E-04	0.139E-03	0.993E-03	0.966E-02	0.392E-01
	P	42.3	480.7	3191.4	27974.3	108745.0		P	44.5	359.5	2547.9	24960.6	101371.0
	SIGMA1	-4.4	-97.4	-699.8	-6207.1	-24156.2		SIGMA1	-0.6	-88.1	-701.6	-6927.3	-28146.8
	SIGMA2	23.2	116.2	718.6	6225.9	24175.0		SIGMA2	24.1	111.6	725.1	6950.8	28170.3
	AS	0.4	24.7	191.8	1721.6	6707.5		AS	0.0	21.6	191.7	1921.0	7815.3
V= 20	Y	0.211E-04	0.164E-03	0.110E-03	0.983E-02	0.383E-01	V= 20	Y	0.228E-04	0.186E-03	0.134E-02	0.133E-01	0.542E-01
	P	83.1	646.2	433.4	38730.6	150704.0		P	59.0	481.0	3465.2	34393.6	140160.0
	SIGMA1	-9.1	-134.2	-86.9	-8597.4	-33524.8		SIGMA1	-4.6	-121.9	-950.8	-9542.0	-38921.7
	SIGMA2	27.9	153.0	105.7	8616.2	33543.6		SIGMA2	28.1	145.4	974.3	9565.5	38945.2
	AS	1.2	34.8	21.8	2335.6	9309.8		AS	0.4	30.9	260.9	2647.3	10808.3
V= 3	Y	0.985E-05	0.680E-04	0.388E-03	0.271E-02	0.983E-02	V= 3	Y	0.116E-04	0.849E-04	0.545E-03	0.418E-02	0.154E-01
	P	15.1	104.2	594.5	4152.6	15139.3		P	10.5	79.0	495.4	3799.4	13997.4
	SIGMA1	4.0	-27.6	-202.0	-1467.1	-5373.5		SIGMA1	7.1	-23.4	-208.4	-1676.8	-6209.3
	SIGMA2	14.8	46.4	220.8	1485.9	5392.3		SIGMA2	16.4	46.9	231.9	1700.3	6232.8
	AS	0.0	5.7	53.6	404.9	1690.0		AS	0.0	4.3	54.8	462.5	1721.6
V= 7	Y	0.233E-04	0.167E-03	0.991E-03	0.713E-02	0.261E-01	V= 7	Y	0.270E-04	0.208E-03	0.136E-02	0.108E-01	0.393E-01
	P	35.7	255.9	1518.5	10925.4	39993.5		P	24.5	189.1	1236.1	9816.4	36175.2
	SIGMA1	-3.3	-81.6	-530.5	-3875.2	-14210.5		SIGMA1	0.8	-72.3	-537.6	-4351.1	-16066.1
	SIGMA2	22.1	100.4	549.3	3894.0	14229.3		SIGMA2	22.7	95.8	561.1	4374.6	16089.6
	AS	0.2	20.3	144.8	1073.8	3944.8		AS	0.0	17.3	146.2	1205.4	4459.6
V= 10	Y	0.333E-04	0.242E-03	0.147E-02	0.107E-01	0.391E-01	V= 10	Y	0.385E-04	0.300E-03	0.199E-02	0.160E-01	0.592E-01
	P	51.0	370.8	2252.5	16395.8	59913.7		P	35.0	272.7	1893.8	14542.8	53868.3
	SIGMA1	-8.7	-122.4	-791.5	-5820.2	-21293.2		SIGMA1	-3.8	-109.4	-792.1	-6451.7	-23903.1
	SIGMA2	27.5	141.2	810.3	5839.0	21312.1		SIGMA2	27.3	132.9	815.6	6475.2	23926.6
	AS	1.2	31.6	217.3	1614.1	5912.2		AS	0.3	27.5	216.8	1788.9	6636.5
V= 15	Y	0.500E-04	0.370E-03	0.228E-02	0.169E-01	0.618E-01	V= 15	Y	0.575E-04	0.454E-03	0.304E-02	0.250E-01	0.928E-01
	P	76.6	567.0	3493.7	25894.2	94697.4		P	52.3	412.7	2781.3	22723.1	84348.2
	SIGMA1	-17.8	-192.2	-1232.8	-9198.1	-33660.8		SIGMA1	-11.5	-171.7	-1224.4	-10687.4	-37476.3
	SIGMA2	36.6	211.0	1251.4	9214.9	33679.6		SIGMA2	35.0	195.2	1247.9	10110.9	37499.8
	AS	3.2	50.9	337.9	2552.4	9347.6		AS	1.6	44.6	336.9	2758.8	10406.8
V= 20	Y	0.647E-04	0.499E-03	0.312E-02	0.235E-01	0.854E-01	V= 20	Y	0.764E-04	0.608E-03	0.415E-02	0.343E-01	0.127E+00
	P	102.2	764.6	4780.8	35703.1	130360.0		P	69.4	552.6	3772.0	31178.1	115433.0
	SIGMA1	-26.9	-262.5	-1690.5	-12695.0	-46518.6		SIGMA1	-19.1	-233.9	-1664.7	-13444.3	-51292.0
	SIGMA2	45.7	281.3	1709.3	12703.8	46537.4		SIGMA2	42.6	257.4	1688.2	13367.8	51315.5
	AS	5.5	70.4	467.0	3521.0	12919.2		AS	3.3	61.9	459.2	3842.4	14244.5

		E= 4.00 L=2.00				
		0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
V= 3	Y	0.805E-06	0.477E-05	0.257E-04	0.177E-03	0.455E-03
	P	22.4	133.0	713.7	4715.5	13150.0
	SIGMA1	3.9	-0.5	-22.1	-177.6	-677.4
	SIGMA2	5.5	9.9	31.5	159.0	636.8
	AS	0.0	0.0	6.7	64.8	247.2
V= 7	Y	0.195E-05	0.124E-04	0.678E-04	0.458E-03	0.182E-02
	P	54.2	349.9	1392.9	12496.7	50513.3
	SIGMA1	2.7	-8.4	-65.9	-501.4	-1839.7
	SIGMA2	6.7	17.8	75.3	510.8	1690.1
	AS	0.0	2.0	22.3	164.0	693.5
V= 10	Y	0.282E-05	0.185E-04	0.102E-03	0.741E-03	0.269E-02
	P	78.3	513.8	2332.7	20578.3	77531.3
	SIGMA1	1.3	-14.6	-191.5	-767.0	-2911.3
	SIGMA2	7.6	24.0	110.9	776.4	2920.7
	AS	0.0	4.1	35.9	252.3	1076.5
V= 15	Y	0.423E-05	0.288E-04	0.161E-03	0.126E-02	0.456E-02
	P	118.9	774.3	4471.1	33325.3	126536.0
	SIGMA1	0.2	-25.1	-163.0	-1245.0	-4744.2
	SIGMA2	9.2	34.5	172.4	1254.4	4753.6
	AS	0.0	7.8	58.7	459.4	1755.4
V= 20	Y	0.574E-05	0.370E-04	0.222E-03	0.168E-02	0.643E-02
	P	159.4	1083.1	6165.2	46555.4	178580.0
	SIGMA1	-1.3	-35.9	-225.5	-1744.9	-6891.6
	SIGMA2	10.7	45.3	235.9	1754.3	6791.9
	AS	0.1	11.3	82.2	644.5	2476.6
V= 3	Y	0.167E-05	0.970E-05	0.474E-04	0.331E-03	0.108E-02
	P	26.4	153.1	743.2	4793.9	17043.7
	SIGMA1	3.1	-4.9	-42.1	-295.2	-1060.8
	SIGMA2	6.3	14.3	51.5	304.6	1070.2
	AS	0.0	0.9	14.0	107.6	391.2
V= 7	Y	0.409E-05	0.249E-04	0.129E-03	0.843E-03	0.306E-02
	P	64.6	393.1	1989.0	13260.1	47557.6
	SIGMA1	0.7	-19.9	-119.6	-824.1	-2955.2
	SIGMA2	8.7	29.3	129.0	833.5	2944.6
	AS	0.0	6.0	42.6	393.5	1692.9
V= 10	Y	0.594E-05	0.368E-04	0.193E-03	0.128E-02	0.460E-02
	P	93.8	589.9	2993.3	20205.9	72414.9
	SIGMA1	-1.2	-31.6	-182.8	-1253.2	-4539.7
	SIGMA2	10.6	41.0	192.2	1237.5	4543.1
	AS	0.1	10.2	66.0	454.3	1677.4
V= 15	Y	0.908E-05	0.574E-04	0.305E-03	0.208E-02	0.748E-02
	P	143.3	906.1	4783.1	32834.6	115078.0
	SIGMA1	-4.3	-51.9	-294.2	-2047.5	-7275.2
	SIGMA2	13.7	41.3	303.6	2056.9	7334.6
	AS	0.7	17.6	107.3	756.6	2727.3
V= 20	Y	0.122E-04	0.785E-04	0.420E-03	0.292E-02	0.106E-01
	P	192.6	1239.2	6639.1	45994.7	167330.0
	SIGMA1	-7.3	-72.7	-409.7	-2876.2	-10453.4
	SIGMA2	16.7	82.1	419.1	2855.6	10452.3
	AS	1.7	25.3	150.0	1063.5	3369.9
V= 3	Y	0.379E-05	0.197E-04	0.889E-04	0.514E-03	0.193E-02
	P	33.1	174.0	776.5	4494.7	16614.7
	SIGMA1	1.4	-12.7	-73.0	-444.8	-1556.3
	SIGMA2	8.0	22.1	82.4	454.2	1656.2
	AS	0.0	3.4	25.4	163.0	611.9
V= 7	Y	0.951E-05	0.525E-04	0.241E-03	0.142E-02	0.522E-02
	P	83.2	457.3	2107.4	12417.3	45446.7
	SIGMA1	-3.6	-41.0	-235.0	-1237.0	-4550.0
	SIGMA2	13.0	50.4	215.4	1246.4	4569.4
	AS	0.6	13.6	74.6	455.4	1687.1
V= 10	Y	0.140E-04	0.782E-04	0.355E-03	0.218E-02	0.799E-02
	P	122.4	633.3	3260.5	19053.2	67639.2
	SIGMA1	-7.5	-63.7	-315.4	-1991.6	-6932.2
	SIGMA2	16.9	73.1	324.8	1911.0	6931.6
	AS	1.7	22.0	115.1	702.6	2534.3
V= 15	Y	0.216E-04	0.123E-03	0.537E-03	0.353E-02	0.129E-01
	P	168.9	1075.6	5133.1	30383.4	112605.0
	SIGMA1	-14.2	-102.9	-503.6	-3082.1	-11275.8
	SIGMA2	23.6	112.3	518.0	3091.5	11265.2
	AS	3.9	36.4	185.6	1139.3	4174.5
V= 20	Y	0.295E-04	0.170E-03	0.820E-03	0.495E-02	0.187E-01
	P	256.2	1486.6	7170.6	43513.0	157151.0
	SIGMA1	-20.9	-144.0	-712.4	-4350.1	-15710.4
	SIGMA2	30.3	153.1	721.8	4359.5	15719.8
	AS	6.3	51.6	262.1	1609.4	5691.0

コンクリート

		E= 4.00 L=3.00				
		0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
V= 3	Y	0.692E-06	0.409E-05	0.245E-04	0.265E-03	0.195E-02
	P	15.7	103.0	621.9	4793.1	13737.1
	SIGMA1	6.2	1.0	-27.9	-242.6	-1045.3
	SIGMA2	7.9	13.1	42.0	276.7	1059.4
	AS	0.0	0.0	8.3	54.7	354.5
V= 7	Y	0.205E-05	0.149E-04	0.697E-04	0.727E-03	0.289E-02
	P	37.2	265.5	1593.3	12953.8	51454.5
	SIGMA1	5.0	-7.9	-82.9	-721.6	-2383.6
	SIGMA2	9.1	22.0	97.0	755.7	2393.6
	AS	0.0	1.5	23.3	244.7	1052.6
V= 10	Y	0.297E-05	0.217E-04	0.133E-03	0.116E-02	0.441E-02
	P	53.3	336.7	2363.8	19599.0	75578.2
	SIGMA1	4.1	-14.7	-125.3	-1055.5	-4413.0
	SIGMA2	10.0	28.3	149.4	1099.6	4427.1
	AS	0.0	3.7	44.3	403.1	1631.8
V= 15	Y	0.450E-05	0.331E-04	0.205E-03	0.174E-02	0.713E-02
	P	89.2	559.8	3202.2	31350.0	129544.0
	SIGMA1	2.5	-26.1	-291.4	-1757.0	-7157.2
	SIGMA2	11.6	40.2	215.5	1771.1	7153.3
	AS	0.0	7.6	72.1	643.1	2441.5
V= 20	Y	0.609E-05	0.447E-04	0.284E-03	0.245E-02	0.106E-01
	P	108.9	796.5	5250.4	43854.5	173152.0
	SIGMA1	1.0	-37.8	-277.6	-2445.5	-10615.7
	SIGMA2	13.1	51.9	291.7	2462.5	10223.8
	AS	0.0	11.8	160.3	904.3	3765.9
V= 3	Y	0.155E-05	0.128E-04	0.692E-04	0.501E-03	0.184E-02
	P	19.6	122.2	665.1	4781.1	17559.4
	SIGMA1	5.3	-4.4	-55.4	-441.2	-1637.1
	SIGMA2	8.8	18.5	67.5	455.3	1632.2
	AS	0.0	0.6	18.2	160.8	624.5
V= 7	Y	0.464E-05	0.318E-04	0.181E-03	0.136E-02	0.505E-02
	P	44.5	303.5	1727.3	12973.7	48192.8
	SIGMA1	2.9	-21.4	-154.9	-1269.7	-4511.0
	SIGMA2	11.2	35.5	169.0	1223.8	4551.1
	AS	0.0	6.0	54.9	445.4	1668.1
V= 10	Y	0.671E-05	0.465E-04	0.270E-03	0.205E-02	0.771E-02
	P	64.0	443.8	2576.6	19358.8	75575.5
	SIGMA1	1.0	-34.6	-234.5	-1834.0	-6893.9
	SIGMA2	13.1	43.7	242.6	1850.1	6941.9
	AS	0.0	10.6	84.3	677.4	2519.6
V= 15	Y	0.101E-04	0.715E-04	0.424E-03	0.339E-02	0.124E-01
	P	96.4	682.3	4046.3	31492.3	118355.0
	SIGMA1	-2.0	-56.9	-372.3	-2745.4	-11035.8
	SIGMA2	16.1	71.0	394.4	2959.5	11160.9
	AS	0.2	18.8	155.3	1068.3	4183.6
V= 20	Y	0.134E-04	0.969E-04	0.554E-03	0.451E-02	0.174E-01
	P	129.8	924.7	5573.2	43993.8	166650.0
	SIGMA1	-5.1	-79.6	-515.4	-4117.4	-15553.2
	SIGMA2	19.2	93.7	529.5	4131.5	15574.3
	AS	0.3	27.1	168.3	1522.4	5760.4
V= 3	Y	0.507E-05	0.305E-04	0.152E-03	0.965E-03	0.349E-02
	P	24.0	144.2	718.6	4581.9	16451.2
	SIGMA1	3.5	-14.6	-100.7	-677.2	-2450.6
	SIGMA2	10.6	28.7	114.8	691.3	2474.7
	AS	0.0	3.6	34.9	243.2	93.7
V= 7	Y	0.122E-04	0.774E-04	0.402E-03	0.255E-02	0.945E-02
	P	53.1	355.9	1920.4	12385.7	43151.3
	SIGMA1	-1.7	-47.8	-278.0	-1950.3	-6715.3
	SIGMA2	15.8	61.9	292.1	1864.9	6729.4
	AS	0.1	15.4	100.4	632.9	2454.5
V= 10	Y	0.179E-04	0.114E-03	0.604E-03	0.395E-02	0.144E-01
	P	84.6	538.9	2555.3	18532.1	68072.9
	SIGMA1	-5.6	-73.8	-421.2	-3222.3	-10244.0
	SIGMA2	19.7	87.9	455.3	2936.4	10213.1
	AS	0.9	24.9	153.5	1042.7	3776.7
V= 15	Y	0.271E-04	0.177E-03	0.95E-03	0.610E-02	0.225E-01
	P	128.6	836.7	4517.4	30355.1	109578.0
	SIGMA1	-12.2	-113.5	-570.9	-4551.2	-16444.1
	SIGMA2	26.3	132.6	655.0	4545.3	16453.2
	AS	2.9	41.4	245.9	1675.6	627.3
V= 20	Y	0.356E-04	0.242E-03	0.132E-02	0.894E-02	0.325E-01
	P	173.0	1144.0	6240.1	42322.5	153659.0
	SIGMA1	-13.9	-164.6	-929.0	-6332.3	-23333.8
	SIGMA2	33.0	178.7	943.1	6346.4	23521.9
	AS	5.1	53.4	241.5	2242.7	8553.3

コンクリート							コンクリート						
B= 4.00 L=4.00							B= 4.00 L=5.00						
	OIA	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0		OIA	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
V= 3	Y	0.922E-06	0.677E-05	0.421E-04	0.361E-03	0.146E-02	V= 3	Y	0.949E-06	0.733E-05	0.490E-04	0.452E-03	0.194E-02
	P	11.7	86.2	539.3	4533.1	18729.5		P	9.1	70.8	467.6	4313.5	18513.7
	SIGMA1	8.5	2.9	-31.0	-334.3	-1359.8		SIGMA1	10.9	5.2	-32.1	-392.6	-1723.9
	SIGMA2	10.3	15.9	49.8	353.1	1418.6		SIGMA2	12.6	18.3	55.4	416.1	1747.4
AS	0.0	0.0	8.8	120.4	515.0	AS	0.0	0.0	0.7	141.2	634.2		
V= 7	Y	0.215E-05	0.164E-04	0.107E-03	0.957E-03	0.401E-02	V= 7	Y	0.220E-05	0.174E-04	0.121E-03	0.118E-02	0.520E-02
	P	27.3	208.2	1358.4	12149.7	50397.4		P	21.0	166.1	1154.7	11260.9	49424.3
	SIGMA1	7.4	-6.2	-92.5	-901.8	-3898.8		SIGMA1	9.8	-3.8	-96.5	-1944.0	-4440.5
	SIGMA2	11.4	25.0	111.3	920.4	3327.6		SIGMA2	13.7	27.3	120.0	1067.5	4664.0
AS	0.0	0.9	31.1	339.4	1407.2	AS	0.0	0.3	31.9	382.3	1714.4		
V= 10	Y	0.307E-05	0.237E-04	0.157E-03	0.141E-02	0.610E-02	V= 10	Y	0.313E-05	0.251E-04	0.177E-03	0.177E-02	0.787E-02
	P	39.0	360.9	1993.2	18231.7	77443.2		P	29.9	239.5	1489.1	14891.3	75104.4
	SIGMA1	6.5	-13.2	-140.1	-1361.7	-5728.8		SIGMA1	8.9	-19.7	-146.6	-1571.8	-7029.3
	SIGMA2	12.3	32.0	158.9	1380.5	5817.6		SIGMA2	14.6	34.2	178.1	1595.3	7052.8
AS	0.0	2.8	48.6	500.9	2144.2	AS	0.0	1.9	50.3	577.8	2599.1		
V= 15	Y	0.459E-05	0.359E-04	0.243E-03	0.228E-02	0.979E-02	V= 15	Y	0.466E-05	0.378E-04	0.271E-03	0.278E-02	0.126E-01
	P	58.3	455.8	3085.0	28746.0	124290.0		P	44.5	340.7	2586.2	26529.9	120243.0
	SIGMA1	5.0	-24.8	-222.0	-2161.4	-9312.3		SIGMA1	7.6	-22.1	-230.7	-2475.4	-11261.1
	SIGMA2	13.8	43.4	240.8	2180.4	9331.1		SIGMA2	15.9	45.6	254.2	2498.9	11284.6
AS	0.0	6.7	70.9	797.1	3445.5	AS	0.0	5.3	81.3	912.5	4166.4		
V= 20	Y	0.610E-05	0.481E-04	0.331E-03	0.317E-02	0.137E-01	V= 20	Y	0.619E-05	0.505E-04	0.367E-03	0.384E-02	0.175E-01
	P	77.4	610.7	4202.2	40245.1	173930.0		P	59.1	481.9	3502.3	36645.4	167905.0
	SIGMA1	3.6	-36.4	-305.8	-3009.0	-13035.3		SIGMA1	6.2	-33.4	-316.6	-3423.8	-15644.9
	SIGMA2	15.2	55.2	324.6	3027.8	13054.1		SIGMA2	17.3	56.9	340.1	3447.3	15668.4
AS	0.0	10.7	109.9	1111.0	4824.4	AS	0.0	9.2	113.1	1263.7	5750.1		
V= 3	Y	0.216E-05	0.153E-04	0.917E-04	0.724E-03	0.278E-02	V= 3	Y	0.233E-05	0.176E-04	0.113E-03	0.983E-03	0.392E-02
	P	13.7	96.9	580.6	4576.5	17601.0		P	10.3	77.6	498.4	4335.6	17289.4
	SIGMA1	7.7	-2.7	-63.2	-565.2	-2190.7		SIGMA1	10.1	-0.4	-66.1	-665.7	-2689.7
	SIGMA2	11.1	21.5	82.0	584.0	2209.5		SIGMA2	13.4	23.9	89.6	689.2	2713.2
AS	0.0	0.2	20.4	205.9	807.9	AS	0.0	0.0	20.8	242.3	991.9		
V= 7	Y	0.506E-05	0.373E-04	0.233E-03	0.194E-02	0.752E-02	V= 7	Y	0.541E-05	0.421E-04	0.283E-03	0.258E-02	0.105E-01
	P	32.0	236.2	1475.2	12282.7	47611.3		P	23.9	185.7	1248.2	11379.2	46310.8
	SIGMA1	5.4	-20.1	-175.0	-1525.9	-5942.0		SIGMA1	8.0	-17.3	-183.3	-1766.3	-7224.3
	SIGMA2	13.4	38.9	193.8	1544.7	5960.8		SIGMA2	15.5	40.8	206.8	1789.8	7247.8
AS	0.0	5.1	61.5	561.7	2197.3	AS	0.0	3.8	63.8	649.8	2671.3		
V= 10	Y	0.724E-05	0.541E-04	0.344E-03	0.292E-02	0.141E-01	V= 10	Y	0.770E-05	0.606E-04	0.414E-03	0.386E-02	0.158E-01
	P	45.8	342.5	2178.0	18487.4	89271.2		P	34.0	267.3	1826.0	17024.7	69686.7
	SIGMA1	3.7	-33.4	-262.8	-2301.5	-11149.5		SIGMA1	6.4	-30.0	-273.6	-2648.4	-10876.8
	SIGMA2	15.1	52.2	281.4	2320.3	11168.3		SIGMA2	17.1	33.5	297.1	2671.9	10900.3
AS	0.0	9.7	94.0	848.9	4126.0	AS	0.0	8.0	97.1	976.5	4624.1		
V= 15	Y	0.109E-04	0.824E-04	0.535E-03	0.464E-02	0.183E-01	V= 15	Y	0.115E-04	0.916E-04	0.638E-03	0.609E-02	0.251E-01
	P	69.0	521.7	3387.2	29377.2	115863.0		P	50.7	404.0	2813.9	26860.3	110705.0
	SIGMA1	0.8	-55.8	-414.0	-3662.8	-14473.4		SIGMA1	3.8	-51.4	-427.9	-4185.2	-17285.9
	SIGMA2	18.0	74.6	432.0	3681.6	14492.2		SIGMA2	19.7	74.9	451.4	4206.7	17309.4
AS	0.0	17.7	149.9	1353.1	5357.1	AS	0.0	15.5	154.3	1545.7	6397.8		
V= 20	Y	0.145E-04	0.111E-03	0.730E-03	0.644E-02	0.255E-01	V= 20	Y	0.153E-04	0.123E-03	0.865E-03	0.840E-02	0.348E-01
	P	91.8	702.9	4521.8	40773.5	161448.0		P	67.5	542.5	3815.1	37048.6	153487.0
	SIGMA1	-2.1	-70.4	-568.3	-5087.3	-20171.6		SIGMA1	1.2	-73.0	-584.4	-5777.1	-23970.6
	SIGMA2	20.9	97.2	587.1	5106.1	20190.4		SIGMA2	22.3	96.5	607.9	5800.6	23994.1
AS	0.1	25.9	207.1	1880.7	7467.5	AS	0.0	23.3	212.2	2135.3	8873.7		
V= 3	Y	0.620E-05	0.413E-04	0.228E-03	0.159E-02	0.573E-02	V= 3	Y	0.720E-05	0.518E-04	0.313E-03	0.237E-02	0.869E-02
	P	17.4	115.8	639.2	4429.3	16063.3		P	12.7	91.5	553.1	4188.1	15356.3
	SIGMA1	5.9	-13.8	-118.4	-876.5	-3203.3		SIGMA1	8.4	-11.1	-124.5	-1035.3	-3827.3
	SIGMA2	12.9	32.6	137.2	895.3	3222.1		SIGMA2	14.9	34.6	150.0	1058.8	3850.8
AS	0.0	3.0	40.6	321.2	1182.9	AS	0.0	2.0	42.9	379.1	1413.2		
V= 7	Y	0.147E-04	0.102E-03	0.588E-03	0.422E-02	0.154E-01	V= 7	Y	0.168E-04	0.126E-03	0.790E-03	0.621E-02	0.230E-01
	P	41.2	285.9	1648.4	11830.2	43171.9		P	29.7	222.7	1396.0	10973.8	40643.8
	SIGMA1	1.2	-47.8	-320.3	-2356.7	-8625.0		SIGMA1	4.3	-43.9	-337.3	-2731.7	-10149.2
	SIGMA2	17.6	66.4	339.1	2375.5	8643.8		SIGMA2	19.2	67.4	368.8	2755.2	10172.7
AS	0.0	14.8	115.2	869.4	3191.0	AS	0.0	12.8	120.7	1007.4	3754.6		
V= 10	Y	0.212E-04	0.149E-03	0.874E-03	0.636E-02	0.232E-01	V= 10	Y	0.241E-04	0.182E-03	0.116E-02	0.929E-02	0.344E-01
	P	59.4	417.7	2450.2	17829.4	65038.2		P	42.6	321.6	2049.9	16416.6	60789.0
	SIGMA1	-2.5	-74.1	-480.6	-3556.5	-12998.2		SIGMA1	1.1	-68.7	-500.7	-4092.4	-15185.5
	SIGMA2	21.3	92.9	499.4	3575.3	13017.0		SIGMA2	22.4	92.2	524.2	4115.9	15209.0
AS	0.2	24.4	174.6	1313.8	4810.7	AS	0.0	21.7	181.2	1511.4	5619.9		
V= 15	Y	0.319E-04	0.229E-03	0.137E-02	0.101E-01	0.370E-01	V= 15	Y	0.360E-04	0.276E-03	0.180E-02	0.146E-01	0.545E-01
	P	89.4	642.0	3840.6	28314.1	103725.0		P	63.6	487.7	3180.8	25600.0	96308.2
	SIGMA1	-8.5	-119.0	-758.7	-5653.4	-20735.6		SIGMA1	-4.2	-110.2	-783.5	-6436.3	-24065.3
	SIGMA2	27.3	137.8	777.5	5672.2	20754.4		SIGMA2	27.7	133.7	807.0	6461.8	24088.8
AS	1.5	40.8	277.6	2090.4	7676.4	AS	0.4	36.9	285.9	2380.2	8908.7		
V= 20	Y	0.427E-04	0.309E-03	0.188E-02	0.140E-01	0.515E-01	V= 20	Y	0.479E-04	0.371E-03	0.245E-02	0.202E-01	0.753E-01
	P	117.7	866.2	5270.3	39247.2	144374.0		P	84.6	655.4	4329.5	35695.9	133044.0
	SIGMA1	-14.5	-163.8	-1044.7	-7840.0	-28365.3		SIGMA1	-9.4	-152.2	-1070.6	-8912.2	-33254.3
	SIGMA2	33.3	182.6	1063.5	7858.8	28884.1		SIGMA2	32.9	175.7	1094.1	8935.7	33272.8
AS	3.3	57.4	383.5	2900.2	10687.4	AS	1.6	52.3	392.2	3294.5	12312.1		

20. 緩衝材を設けた場合の鉄筋量の計算

		B= 3.00 L=2.00				
		DIA	0.5	1.0	2.0	5.0
V= 3	Y		0.133E-06	0.726E-06	0.356E-05	0.259E-04
	P		2.7	14.8	72.8	576.7
	SIGMA1		4.5	3.7	-0.2	-30.4
	SIGMA2		4.9	5.7	9.4	39.8
	AS		0.0	0.0	0.0	7.3
V= 7	Y		0.337E-06	0.188E-05	0.948E-05	0.703E-04
	P		6.9	38.2	192.8	1429.5
	SIGMA1		4.2	2.2	-8.2	-90.4
	SIGMA2		5.2	7.2	17.6	100.0
	AS		0.0	0.0	1.4	23.9
V= 10	Y		0.496E-06	0.280E-05	0.143E-04	0.107E-03
	P		10.1	54.9	298.8	2175.8
	SIGMA1		4.0	0.9	-14.7	-140.4
	SIGMA2		5.4	8.5	24.1	149.8
	AS		0.0	0.0	3.1	37.7
V= 15	Y		0.770E-06	0.439E-05	0.227E-04	0.172E-03
	P		15.7	89.3	461.6	3497.5
	SIGMA1		3.7	-1.3	-26.1	-228.5
	SIGMA2		5.7	10.7	35.5	237.9
	AS		0.0	0.1	6.1	62.2
V= 20	Y		0.105E-05	0.644E-05	0.315E-04	0.241E-03
	P		21.4	122.8	640.5	4900.5
	SIGMA1		3.3	-3.5	-38.0	-322.0
	SIGMA2		6.1	12.9	47.4	331.4
	AS		0.0	0.4	9.4	88.2
V= 3	Y		0.273E-06	0.144E-05	0.692E-05	0.487E-04
	P		3.0	16.0	77.0	541.9
	SIGMA1		4.4	2.9	-3.9	-55.5
	SIGMA2		5.0	6.5	13.3	64.9
	AS		0.0	0.0	0.5	14.2
V= 7	Y		0.694E-06	0.376E-05	0.185E-04	0.133E-03
	P		7.7	41.9	205.9	1480.0
	SIGMA1		3.8	0.1	-18.2	-159.7
	SIGMA2		5.6	9.3	27.6	167.1
	AS		0.0	0.0	4.0	43.1
V= 10	Y		0.103E-05	0.561E-05	0.278E-04	0.202E-03
	P		11.5	62.4	309.4	2247.8
	SIGMA1		3.4	-2.2	-29.7	-245.1
	SIGMA2		6.0	11.6	39.1	254.5
	AS		0.0	0.2	7.1	66.8
V= 15	Y		0.160E-05	0.884E-05	0.444E-04	0.327E-03
	P		17.8	98.4	494.1	3638.8
	SIGMA1		2.7	-6.2	-50.2	-399.4
	SIGMA2		6.7	15.6	59.6	409.0
	AS		0.0	1.0	12.7	109.7
V= 20	Y		0.219E-05	0.122E-04	0.617E-04	0.458E-03
	P		26.4	135.8	686.6	5096.5
	SIGMA1		2.0	-10.4	-71.6	-561.6
	SIGMA2		7.4	19.8	81.0	571.0
	AS		0.0	2.0	18.7	154.7
V= 3	Y		0.629E-06	0.317E-05	0.146E-04	0.985E-04
	P		3.6	18.2	83.6	564.2
	SIGMA1		4.1	1.5	-10.2	-95.6
	SIGMA2		5.3	7.9	19.6	105.0
	AS		0.0	0.0	1.9	25.3
V= 7	Y		0.162E-05	0.835E-05	0.393E-04	0.270E-03
	P		9.3	47.8	225.1	1546.4
	SIGMA1		3.1	-3.8	-35.3	-270.2
	SIGMA2		6.3	13.2	44.7	279.6
	AS		0.0	0.5	8.7	73.8
V= 10	Y		0.240E-05	0.125E-04	0.595E-04	0.413E-03
	P		13.7	71.4	340.8	2365.4
	SIGMA1		2.3	-8.0	-55.9	-415.8
	SIGMA2		7.1	17.4	65.3	425.2
	AS		0.0	1.4	14.3	114.2
V= 15	Y		0.376E-05	0.199E-04	0.952E-04	0.668E-03
	P		21.5	114.0	545.3	3825.9
	SIGMA1		0.9	-15.6	-92.2	-675.5
	SIGMA2		8.5	25.0	101.6	684.9
	AS		0.0	3.3	24.4	186.3
V= 20	Y		0.517E-05	0.275E-04	0.133E-03	0.940E-03
	P		29.6	157.5	761.7	5383.8
	SIGMA1		-0.6	-23.3	-130.7	-952.4
	SIGMA2		10.0	32.7	140.1	961.8
	AS		0.0	5.4	35.1	263.3

(1) 砂

		B= 3.00 L=3.00				
		DIA	0.5	1.0	2.0	5.0
V= 3	Y		0.168E-06	0.974E-06	0.512E-05	0.395E-04
	P		2.1	12.4	65.0	502.7
	SIGMA1		6.8	5.8	0.5	-43.2
	SIGMA2		7.3	8.3	13.4	57.3
	AS		0.0	0.0	0.0	10.3
V= 7	Y		0.418E-06	0.245E-05	0.131E-04	0.107E-03
	P		5.3	31.5	166.3	1358.4
	SIGMA1		6.5	3.9	-9.4	-128.8
	SIGMA2		7.4	10.2	23.7	142.9
	AS		0.0	0.0	1.5	33.9
V= 10	Y		0.612E-06	0.367E-05	0.200E-04	0.161E-03
	P		7.8	46.6	253.9	2044.0
	SIGMA1		6.3	2.4	-18.3	-197.5
	SIGMA2		7.8	11.7	32.4	211.4
	AS		0.0	0.0	3.7	52.9
V= 15	Y		0.943E-06	0.573E-05	0.315E-04	0.255E-03
	P		12.0	72.7	399.9	3275.5
	SIGMA1		5.9	-0.2	-32.9	-320.5
	SIGMA2		8.2	14.3	47.0	334.6
	AS		0.0	0.0	7.5	87.1
V= 20	Y		0.128E-05	0.783E-05	0.435E-04	0.368E-03
	P		16.3	99.4	552.3	4570.4
	SIGMA1		5.4	-2.9	-48.2	-458.0
	SIGMA2		8.7	17.0	62.3	464.1
	AS		0.0	0.2	11.7	123.1
V= 3	Y		0.377E-06	0.214E-05	0.110E-04	0.831E-04
	P		2.4	13.5	69.6	526.1
	SIGMA1		6.7	4.8	-4.6	-80.6
	SIGMA2		7.4	9.3	18.7	94.7
	AS		0.0	0.0	0.5	29.6
V= 7	Y		0.941E-06	0.547E-05	0.289E-04	0.224E-03
	P		6.0	34.6	183.0	1418.2
	SIGMA1		6.1	1.3	-23.4	-229.3
	SIGMA2		8.0	12.8	37.5	243.4
	AS		0.0	0.0	5.0	61.8
V= 10	Y		0.138E-05	0.812E-05	0.432E-04	0.349E-03
	P		8.7	51.4	273.5	2152.6
	SIGMA1		5.6	-1.5	-38.5	-351.7
	SIGMA2		8.5	15.6	52.6	365.8
	AS		0.0	0.1	9.0	95.8
V= 15	Y		0.214E-05	0.127E-04	0.684E-04	0.545E-03
	P		13.5	80.4	433.1	3450.6
	SIGMA1		4.8	-6.4	-45.1	-568.0
	SIGMA2		9.3	20.5	79.2	582.1
	AS		0.0	0.8	16.3	155.9
V= 20	Y		0.291E-05	0.174E-04	0.945E-04	0.726E-03
	P		18.4	110.2	598.9	4596.5
	SIGMA1		4.0	-11.3	-92.8	-759.0
	SIGMA2		10.1	25.4	105.9	773.1
	AS		0.0	1.9	24.0	208.9
V= 3	Y		0.101E-05	0.533E-05	0.275E-04	0.206E-03
	P		2.8	15.5	77.1	560.7
	SIGMA1		6.3	2.9	-13.5	-142.5
	SIGMA2		7.8	11.2	27.6	155.6
	AS		0.0	0.0	2.5	37.7
V= 7	Y		0.255E-05	0.143E-04	0.722E-04	0.542E-03
	P		7.1	40.1	203.5	1519.4
	SIGMA1		5.1	-3.6	-47.2	-398.1
	SIGMA2		9.0	17.7	61.3	412.2
	AS		0.0	0.3	11.4	108.7
V= 10	Y		0.375E-05	0.213E-04	0.109E-03	0.824E-03
	P		10.5	59.7	305.4	2310.0
	SIGMA1		4.2	-8.9	-74.4	-608.9
	SIGMA2		9.9	23.0	68.5	623.0
	AS		0.0	1.4	18.9	167.2
V= 15	Y		0.582E-05	0.334E-04	0.173E-03	0.132E-02
	P		16.3	93.6	455.0	3700.5
	SIGMA1		2.7	-17.9	-122.3	-979.7
	SIGMA2		11.4	32.0	136.4	993.8
	AS		0.0	3.6	32.1	270.2
V= 20	Y		0.795E-05	0.459E-04	0.241E-03	0.186E-02
	P		22.3	128.7	675.4	5214.3
	SIGMA1		1.1	-27.3	-173.1	-1333.4
	SIGMA2		13.0	41.4	187.2	1372.5
	AS		0.0	6.0	46.2	392.3

		E= 3.00 L=4.00				
	OIA	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
V= 3	Y	0.177E-04	0.171E-05	0.647E-05	0.543E-04	0.244E-03
	P	1.7	10.6	59.3	479.2	2133.7
	SIGMA1	9.2	8.0	1.6	-54.5	-275.1
	SIGMA2	9.6	19.3	17.2	73.3	293.9
	AS	0.0	0.0	0.0	12.9	73.9
V= 7	Y	0.470E-06	0.304E-05	0.172E-04	0.143E-03	0.661E-03
	P	4.3	26.6	150.4	1276.7	5760.2
	SIGMA1	8.8	5.9	-10.7	-160.8	-761.3
	SIGMA2	10.0	12.9	29.5	179.5	789.1
	AS	0.0	0.0	1.6	42.2	209.9
V= 10	Y	0.714E-06	0.443E-05	0.256E-04	0.226E-03	0.100E-02
	P	6.2	37.2	223.9	1923.8	8744.6
	SIGMA1	8.6	4.2	-20.4	-247.1	-1156.5
	SIGMA2	10.2	14.6	37.2	265.9	1175.3
	AS	0.0	0.0	3.9	66.1	310.7
V= 15	Y	0.110E-05	0.674E-05	0.401E-04	0.350E-03	0.161E-02
	P	9.6	60.7	350.7	3050.6	14073.8
	SIGMA1	8.1	1.3	-37.4	-370.7	-1867.8
	SIGMA2	10.7	17.5	56.2	417.5	1886.6
	AS	0.0	0.0	8.3	103.2	516.2
V= 20	Y	0.148E-05	0.947E-05	0.552E-04	0.484E-03	0.224E-02
	P	12.9	82.8	482.7	419.9	19762.7
	SIGMA1	7.7	-1.6	-55.0	-557.2	-2625.6
	SIGMA2	11.1	20.4	73.9	576.0	2644.4
	AS	0.0	0.1	13.0	152.2	725.7
V= 3	Y	0.485E-06	0.291E-05	0.159E-04	0.126E-03	0.563E-03
	P	1.9	11.5	62.3	504.3	2219.3
	SIGMA1	9.0	6.9	-4.4	-102.7	-483.5
	SIGMA2	9.8	11.9	23.2	121.5	502.3
	AS	0.0	0.0	0.4	26.1	131.8
V= 7	Y	0.120E-05	0.731E-05	0.410E-04	0.341E-03	0.153E-02
	P	4.7	28.9	161.5	1343.6	6028.3
	SIGMA1	8.3	3.0	-26.5	-289.2	-1330.2
	SIGMA2	10.5	15.8	45.3	308.0	1349.0
	AS	0.0	0.0	5.4	77.8	366.9
V= 10	Y	0.175E-05	0.108E-04	0.611E-04	0.515E-03	0.233E-02
	P	6.9	42.6	240.7	2029.1	9180.3
	SIGMA1	7.9	-0.1	-44.1	-441.5	-2030.7
	SIGMA2	10.9	18.9	62.9	460.3	2049.5
	AS	0.0	0.0	10.1	129.1	561.5
V= 15	Y	0.269E-05	0.168E-04	0.958E-04	0.821E-03	0.374E-02
	P	10.6	66.2	377.5	3234.8	14735.8
	SIGMA1	7.0	-5.3	-74.5	-709.4	-3265.2
	SIGMA2	11.8	24.1	93.3	728.2	3284.0
	AS	0.0	0.5	18.4	174.5	904.4
V= 20	Y	0.364E-05	0.227E-04	0.132E-03	0.114E-02	0.524E-02
	P	14.3	90.2	520.1	4491.7	20645.9
	SIGMA1	6.2	-10.7	-106.2	-968.7	-4578.6
	SIGMA2	12.6	29.5	125.0	1097.5	4537.4
	AS	0.0	1.6	27.1	272.1	1269.2
V= 3	Y	0.145E-05	0.849E-05	0.451E-04	0.352E-03	0.152E-02
	P	2.2	13.0	69.1	539.4	2329.1
	SIGMA1	8.6	4.8	-15.2	-182.4	-319.7
	SIGMA2	10.2	14.0	34.0	201.2	837.5
	AS	0.0	0.0	2.6	43.2	224.8
V= 7	Y	0.261E-05	0.216E-04	0.117E-03	0.943E-03	0.414E-02
	P	5.5	33.1	179.3	1445.0	6343.8
	SIGMA1	7.4	-2.4	-54.3	-504.4	-2216.2
	SIGMA2	11.4	21.2	73.1	523.2	2265.0
	AS	0.0	0.1	12.9	137.5	621.3
V= 10	Y	0.528E-05	0.319E-04	0.175E-03	0.143E-02	0.636E-02
	P	8.1	49.9	269.2	2191.2	9653.6
	SIGMA1	6.5	-8.0	-85.9	-769.7	-3423.0
	SIGMA2	12.3	26.8	104.7	789.5	3441.8
	AS	0.0	1.0	21.5	211.2	940.2
V= 15	Y	0.818E-05	0.477E-04	0.276E-03	0.228E-02	0.102E-01
	P	12.5	76.2	422.9	3493.7	15429.7
	SIGMA1	5.0	-17.7	-141.0	-1232.8	-5647.8
	SIGMA2	13.8	36.5	159.8	1251.6	5565.4
	AS	0.0	3.2	36.7	339.9	1533.5
V= 20	Y	0.110E-04	0.660E-04	0.331E-03	0.316E-02	0.143E-01
	P	16.9	104.2	583.8	4972.8	21912.2
	SIGMA1	3.4	-27.6	-178.2	-1723.1	-7781.6
	SIGMA2	15.4	46.4	217.0	1741.9	7890.4
	AS	0.0	5.7	52.6	476.1	2157.0

		E= 3.00 L=5.00				
	OIA	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
V= 3	Y	0.227E-06	0.144E-05	0.822E-05	0.717E-04	0.327E-03
	P	1.4	9.1	52.5	454.0	2093.0
	SIGMA1	11.5	10.2	3.0	-67.9	-395.4
	SIGMA2	12.0	13.3	20.5	87.4	353.9
	AS	0.0	0.0	0.0	15.0	90.0
V= 7	Y	0.557E-06	0.340E-05	0.212E-04	0.187E-03	0.884E-03
	P	3.5	22.8	134.2	1176.6	5607.5
	SIGMA1	11.2	8.0	-10.6	-187.7	-923.2
	SIGMA2	12.3	15.5	34.1	211.2	946.7
	AS	0.0	0.0	1.4	49.1	253.2
V= 10	Y	0.813E-06	0.527E-05	0.313E-04	0.284E-03	0.134E-02
	P	5.1	33.4	198.2	1739.1	8433.9
	SIGMA1	10.9	6.2	-21.3	-287.9	-1402.2
	SIGMA2	12.6	17.3	44.8	311.4	1425.7
	AS	0.0	0.0	3.8	76.8	386.3
V= 15	Y	0.124E-05	0.814E-05	0.489E-04	0.450E-03	0.215E-02
	P	7.9	51.5	309.6	2647.1	13612.3
	SIGMA1	10.4	3.2	-39.9	-463.1	-2257.0
	SIGMA2	13.1	20.3	63.4	436.4	2289.5
	AS	0.0	0.0	8.5	125.5	623.7
V= 20	Y	0.168E-05	0.111E-04	0.671E-04	0.623E-03	0.309E-02
	P	10.6	70.3	424.8	3744.4	18993.9
	SIGMA1	10.0	0.0	-59.1	-645.6	-3153.9
	SIGMA2	13.5	23.5	82.6	669.1	3177.4
	AS	0.0	0.0	13.7	176.1	872.8
V= 3	Y	0.599E-06	0.376E-05	0.214E-04	0.184E-03	0.840E-03
	P	1.5	9.7	55.3	475.8	2172.2
	SIGMA1	11.3	9.0	-3.6	-120.4	-591.6
	SIGMA2	12.2	14.5	27.1	143.9	615.1
	AS	0.0	0.0	0.2	30.5	161.1
V= 7	Y	0.146E-05	0.937E-05	0.548E-04	0.486E-03	0.225E-02
	P	3.8	24.2	141.7	1256.8	5844.3
	SIGMA1	10.7	5.0	-27.6	-337.4	-1611.7
	SIGMA2	12.8	18.5	51.1	360.9	1655.2
	AS	0.0	0.0	5.4	79.6	444.4
V= 10	Y	0.213E-05	0.138E-04	0.813E-04	0.722E-03	0.342E-02
	P	5.5	35.7	219.2	1885.2	8869.9
	SIGMA1	10.2	1.8	-46.7	-511.9	-2452.1
	SIGMA2	13.3	21.7	70.2	535.4	2475.6
	AS	0.0	0.0	10.4	137.0	677.9
V= 15	Y	0.324E-05	0.212E-04	0.127E-03	0.116E-02	0.559E-02
	P	8.4	54.8	329.4	2797.7	14222.9
	SIGMA1	9.4	-3.5	-79.5	-821.5	-3939.1
	SIGMA2	14.1	27.0	103.0	845.0	3762.6
	AS	0.0	0.2	19.2	225.0	1090.9
V= 20	Y	0.440E-05	0.289E-04	0.174E-03	0.160E-02	0.767E-02
	P	11.4	74.7	450.0	4137.5	19834.5
	SIGMA1	8.6	-9.0	-113.2	-1137.6	-5497.8
	SIGMA2	14.9	32.5	136.7	1161.1	5521.3
	AS	0.0	1.1	28.5	312.8	1523.9
V= 3	Y	0.174E-05	0.119E-04	0.666E-04	0.558E-03	0.250E-02
	P	1.8	10.8	60.7	507.2	2272.3
	SIGMA1	11.0	6.9	-15.2	-213.7	-979.2
	SIGMA2	12.5	16.5	38.7	237.2	1021.7
	AS	0.0	0.0	2.4	56.3	274.0
V= 7	Y	0.478E-05	0.299E-04	0.172E-03	0.148E-02	0.678E-02
	P	4.3	27.2	156.3	1345.2	6144.3
	SIGMA1	9.8	-0.3	-57.7	-536.1	-2719.1
	SIGMA2	13.7	23.3	81.2	609.6	2742.6
	AS	0.0	0.0	13.3	159.6	752.0
V= 10	Y	0.693E-05	0.410E-04	0.255E-03	0.223E-02	0.103E-01
	P	6.3	37.3	231.8	2026.9	9361.9
	SIGMA1	9.0	-4.8	-91.3	-889.1	-4149.1
	SIGMA2	14.5	28.3	114.8	912.6	4172.6
	AS	0.0	0.4	22.5	243.8	1149.3
V= 15	Y	0.106E-04	0.681E-04	0.397E-03	0.354E-02	0.165E-01
	P	9.6	61.9	362.7	3217.6	14977.3
	SIGMA1	7.5	-15.8	-149.4	-1418.3	-6657.2
	SIGMA2	16.0	39.3	172.9	1441.8	6677.2
	AS	0.0	2.5	38.5	399.7	1845.0
V= 20	Y	0.144E-04	0.928E-04	0.548E-03	0.491E-02	0.230E-01
	P	13.1	84.3	498.1	4462.8	20905.3
	SIGMA1	5.9	-25.7	-209.6	-1971.7	-9229.5
	SIGMA2	17.6	49.2	233.1	1995.2	9303.0
	AS	0.0	4.9	55.1	544.5	2574.4

		B= 4.00		L=2.00	
V= 3	OIA	0.5	1.0	2.0	5.0
	Y	0.980E-07	0.532E-04	0.242E-05	0.187E-04
	P	2.7	14.8	72.8	524.9
	SIGMA1	4.6	4.1	2.0	-15.0
	SIGMA2	4.8	5.3	7.4	24.4
V= 7	AS	0.0	0.0	0.0	4.2
	Y	0.247E-06	0.138E-05	0.694E-05	0.514E-04
	P	6.9	39.3	192.7	1427.4
	SIGMA1	4.4	3.3	-2.5	-48.8
	SIGMA2	5.0	6.1	11.9	58.2
V= 10	AS	0.0	0.0	0.3	16.5
	Y	0.345E-06	0.205E-05	0.105E-04	0.701E-04
	P	10.1	56.9	291.6	2168.9
	SIGMA1	4.3	2.6	-6.2	-76.6
	SIGMA2	5.1	6.8	15.6	86.0
V= 15	AS	0.0	0.0	1.3	26.7
	Y	0.567E-06	0.322E-05	0.166E-04	0.126E-03
	P	15.7	89.4	461.0	3499.2
	SIGMA1	4.1	1.3	-12.6	-126.5
	SIGMA2	5.3	8.1	22.0	135.9
V= 20	AS	0.0	0.0	3.4	45.2
	Y	0.774E-06	0.444E-05	0.231E-04	0.176E-03
	P	21.5	123.3	641.5	4837.7
	SIGMA1	3.9	0.1	-19.4	-178.6
	SIGMA2	5.5	9.3	28.8	188.0
V= 3	AS	0.0	0.0	5.8	64.4
	Y	0.194E-06	0.102E-05	0.487E-05	0.341E-04
	P	3.1	16.1	76.9	533.3
	SIGMA1	4.5	3.7	-0.1	-28.9
	SIGMA2	4.9	5.7	9.5	38.3
V= 7	AS	0.0	0.0	9.2	47.7
	Y	0.494E-06	0.266E-05	0.130E-04	0.931E-04
	P	7.8	42.0	205.2	1469.7
	SIGMA1	4.2	2.1	-8.1	-87.2
	SIGMA2	5.2	7.3	17.5	96.6
V= 10	AS	0.0	0.0	1.9	30.6
	Y	0.730E-06	0.397E-05	0.196E-04	0.142E-03
	P	11.5	62.7	309.4	2241.6
	SIGMA1	4.0	0.8	-14.6	-135.4
	SIGMA2	5.4	8.6	24.0	144.8
V= 15	AS	0.0	0.0	4.1	48.5
	Y	0.114E-05	0.627E-05	0.313E-04	0.227E-03
	P	18.0	99.0	494.1	3615.0
	SIGMA1	3.6	-1.5	-26.2	-221.2
	SIGMA2	5.8	10.9	35.6	230.6
V= 20	AS	0.0	0.1	8.2	80.2
	Y	0.156E-05	0.845E-05	0.436E-04	0.321E-03
	P	24.6	134.5	688.3	5067.3
	SIGMA1	3.2	-3.8	-38.3	-312.0
	SIGMA2	6.2	13.2	47.7	321.4
V= 3	AS	0.0	0.6	12.6	113.8
	Y	0.410E-06	0.208E-05	0.950E-05	0.637E-04
	P	3.7	18.2	83.1	557.0
	SIGMA1	4.3	2.9	-3.6	-51.0
	SIGMA2	5.1	6.5	13.0	60.4
V= 7	AS	0.0	0.0	0.6	17.3
	Y	0.108E-05	0.550E-05	0.254E-04	0.175E-03
	P	9.4	48.1	223.9	1530.3
	SIGMA1	3.8	-0.1	-17.7	-148.3
	SIGMA2	5.6	9.5	27.1	157.7
V= 10	AS	0.0	0.0	5.2	53.2
	Y	0.160E-05	0.827E-05	0.388E-04	0.267E-03
	P	14.0	72.3	339.3	2334.8
	SIGMA1	3.3	-2.5	-29.2	-228.8
	SIGMA2	6.1	11.9	38.6	238.2
V= 15	AS	0.0	0.3	9.3	83.0
	Y	0.251E-05	0.131E-04	0.623E-04	0.433E-03
	P	21.9	114.6	544.8	3784.4
	SIGMA1	2.5	-2.8	-49.8	-373.9
	SIGMA2	6.9	16.2	59.2	383.3
V= 20	AS	0.0	1.5	16.8	134.8
	Y	0.346E-05	0.182E-04	0.870E-04	0.609E-03
	P	30.3	159.2	760.8	5325.5
	SIGMA1	1.7	-11.2	-71.4	-527.8
	SIGMA2	7.7	20.6	80.8	537.2

60

		B= 4.00		L=3.00	
V= 3	OIA	0.5	1.0	2.0	5.0
	Y	0.121E-06	0.698E-06	0.365E-05	0.282E-04
	P	2.2	12.4	65.0	502.5
	SIGMA1	6.9	6.4	3.4	-21.2
	SIGMA2	7.2	7.7	10.7	35.3
V= 7	AS	0.0	0.0	0.0	5.9
	Y	0.301E-06	0.180E-05	0.955E-05	0.757E-04
	P	5.4	32.1	170.2	1349.8
	SIGMA1	6.7	5.2	-2.5	-68.8
	SIGMA2	7.4	8.9	16.6	82.9
V= 10	AS	0.0	0.0	0.2	23.1
	Y	0.441E-06	0.263E-05	0.143E-04	0.115E-03
	P	7.9	46.9	254.8	2049.1
	SIGMA1	6.6	4.4	-7.3	-109.2
	SIGMA2	7.5	9.7	21.4	122.3
V= 15	AS	0.0	0.0	1.4	37.6
	Y	0.680E-06	0.411E-05	0.225E-04	0.184E-03
	P	12.1	73.2	400.9	3278.5
	SIGMA1	6.4	2.9	-15.5	-177.4
	SIGMA2	7.7	11.2	29.6	191.5
V= 20	AS	0.0	0.0	3.9	63.2
	Y	0.925E-06	0.543E-05	0.311E-04	0.256E-03
	P	16.5	100.3	554.1	4561.5
	SIGMA1	6.1	1.4	-24.1	-243.5
	SIGMA2	8.0	12.7	38.2	263.6
V= 3	AS	0.0	0.0	6.9	87.9
	Y	0.254E-06	0.144E-05	0.733E-05	0.548E-04
	P	2.4	13.7	70.0	523.0
	SIGMA1	6.8	5.8	0.5	-42.0
	SIGMA2	7.3	8.3	13.6	56.1
V= 7	AS	0.0	0.0	0.0	13.3
	Y	0.641E-06	0.369E-05	0.193E-04	0.148E-03
	P	6.1	35.2	181.2	1412.4
	SIGMA1	6.5	3.7	-10.2	-125.4
	SIGMA2	7.6	10.4	24.3	139.5
V= 10	AS	0.0	0.0	2.2	44.0
	Y	0.942E-06	0.548E-05	0.289E-04	0.225E-03
	P	9.0	52.3	275.8	2147.2
	SIGMA1	6.2	2.1	-18.8	-194.3
	SIGMA2	7.9	12.0	32.9	209.4
V= 15	AS	0.0	0.0	5.1	67.4
	Y	0.146E-05	0.858E-05	0.458E-04	0.361E-03
	P	13.9	81.9	437.1	3445.1
	SIGMA1	5.7	-0.6	-33.9	-315.9
	SIGMA2	8.4	14.7	48.0	339.0
V= 20	AS	0.0	0.0	10.4	114.5
	Y	0.199E-05	0.118E-04	0.634E-04	0.504E-03
	P	19.0	112.6	605.0	4897.7
	SIGMA1	5.3	-3.5	-47.7	-443.9
	SIGMA2	8.8	17.6	63.8	459.0
V= 3	AS	0.0	0.4	16.1	161.8
	Y	0.627E-06	0.337E-05	0.164E-04	0.117E-03
	P	3.0	15.9	77.5	553.1
	SIGMA1	6.6	4.7	-4.6	-75.9
	SIGMA2	7.5	9.4	18.7	90.0
V= 7	AS	0.0	0.0	0.7	25.7
	Y	0.157E-05	0.874E-05	0.436E-04	0.319E-03
	P	7.5	41.3	206.1	1593.0
	SIGMA1	5.9	0.9	-23.9	-219.2
	SIGMA2	8.2	13.2	38.0	233.3
V= 10	AS	0.0	0.0	6.8	78.6
	Y	0.234E-05	0.130E-04	0.657E-04	0.496E-03
	P	11.1	61.5	319.6	2277.5
	SIGMA1	5.4	-2.2	-39.5	-337.6
	SIGMA2	8.7	16.3	53.6	351.7
V= 15	AS	0.0	0.2	12.4	122.5
	Y	0.364E-05	0.205E-04	0.105E-03	0.793E-03
	P	17.2	96.9	496.4	3701.5
	SIGMA1	4.5	-7.5	-67.4	-519.2
	SIGMA2	9.6	21.6	81.5	562.3
V= 20	AS	0.0	1.4	22.6	200.5
	Y	0.498E-05	0.282E-04	0.145E-03	0.110E-02
	P	23.5	133.3	685.5	5209.1
	SIGMA1	3.5	-12.9	-95.8	-773.0
	SIGMA2	10.6	27.0	109.9	797.1
V= 3	AS	0.0	3.1	33.0	283.7
	Y	0.498E-05	0.282E-04	0.145E-03	0.110E-02
	P	23.5	133.3	685.5	5209.1
	SIGMA1	3.5	-12.9	-95.8	-773.0
	SIGMA2	10.6	27.0	109.9	797.1

		B= 4.00		L=4.00			
V=	3	DIA	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
		Y	0.145E-06	0.844E-06	0.463E-05	0.377E-04	0.167E-03
		P	1.8	10.7	58.8	478.6	2120.2
		SIGMA1	9.3	8.6	5.0	-26.5	-149.6
		SIGMA2	9.5	10.2	13.8	45.3	168.4
AS	0.0	0.0	0.0	7.2	52.1		
V=	7	Y	0.345E-06	0.213E-05	0.120E-04	0.100E-03	0.453E-03
		P	4.4	27.0	152.3	1269.6	5751.1
		SIGMA1	9.1	7.4	-2.0	-85.8	-421.9
		SIGMA2	9.7	11.4	20.8	104.6	449.7
		AS	0.0	0.0	0.1	28.6	152.9
V=	10	Y	0.593E-06	0.314E-05	0.178E-04	0.151E-03	0.688E-03
		P	6.4	39.9	226.0	1917.0	8734.6
		SIGMA1	8.9	6.4	-7.5	-134.4	-645.7
		SIGMA2	9.9	12.4	26.3	153.2	664.5
		AS	0.0	0.0	1.2	46.5	235.7
V=	15	Y	0.773E-06	0.485E-05	0.279E-04	0.241E-03	0.111E-02
		P	9.8	61.7	354.2	3059.6	14092.1
		SIGMA1	8.7	4.8	-17.2	-220.1	-1047.5
		SIGMA2	10.1	14.0	36.0	239.9	1066.3
		AS	0.0	0.0	4.1	78.2	384.5
V=	20	Y	0.105E-05	0.664E-05	0.384E-04	0.336E-03	0.155E-02
		P	13.3	84.3	487.5	4265.7	19678.2
		SIGMA1	8.4	3.1	-27.2	-310.5	-1466.5
		SIGMA2	10.4	15.7	46.0	329.3	1485.3
		AS	0.0	0.0	7.5	111.6	539.7
V=	3	Y	0.316E-06	0.187E-05	0.100E-04	0.796E-04	0.347E-03
		P	2.0	11.9	63.3	504.0	2197.0
		SIGMA1	9.1	7.9	1.5	-53.6	-265.2
		SIGMA2	9.7	10.9	17.3	72.4	284.0
		AS	0.0	0.0	0.0	16.9	94.9
V=	7	Y	0.783E-06	0.474E-05	0.260E-04	0.213E-03	0.944E-03
		P	5.0	30.0	164.6	1349.6	5976.7
		SIGMA1	8.8	5.6	-11.2	-159.2	-737.7
		SIGMA2	10.0	13.2	30.0	178.0	756.5
		AS	0.0	0.0	2.2	55.7	269.8
V=	10	Y	0.115E-05	0.700E-05	0.389E-04	0.322E-03	0.144E-02
		P	7.3	44.3	246.3	2039.7	9117.1
		SIGMA1	8.5	3.9	-21.4	-245.4	-1130.2
		SIGMA2	10.3	14.9	40.2	264.2	1149.0
		AS	0.0	0.0	5.5	87.5	415.2
V=	15	Y	0.178E-05	0.109E-04	0.611E-04	0.514E-03	0.232E-02
		P	11.1	69.0	386.8	3254.3	14688.6
		SIGMA1	8.0	0.8	-39.0	-377.4	-1826.7
		SIGMA2	10.8	18.0	57.8	416.2	1845.5
		AS	0.0	0.0	11.6	143.8	673.1
V=	20	Y	0.239E-05	0.149E-04	0.843E-04	0.716E-03	0.325E-02
		P	15.1	94.3	533.7	4533.2	20576.7
		SIGMA1	7.5	-2.4	-57.3	-557.3	-2562.7
		SIGMA2	11.3	21.2	76.1	576.1	2531.5
		AS	0.0	0.2	18.2	203.0	945.7
V=	3	Y	0.861E-06	0.491E-05	0.254E-04	0.193E-03	0.822E-03
		P	2.4	13.8	71.2	541.1	2304.4
		SIGMA1	8.9	6.6	-4.8	-78.8	-451.5
		SIGMA2	9.9	12.2	23.6	117.6	470.3
		AS	0.0	0.0	0.6	33.4	163.8
V=	7	Y	0.215E-05	0.216E-04	0.666E-04	0.520E-03	0.225E-02
		P	6.0	60.6	186.7	1457.8	6302.6
		SIGMA1	8.2	-2.7	-27.9	-252.2	-1252.1
		SIGMA2	10.6	21.5	46.7	301.0	1270.9
		AS	0.0	0.2	7.7	101.1	460.3
V=	10	Y	0.315E-05	0.186E-04	0.997E-04	0.788E-03	0.343E-02
		P	8.8	52.1	279.5	2207.1	9615.6
		SIGMA1	7.6	-1.0	-46.5	-432.4	-1913.7
		SIGMA2	11.2	19.8	65.3	451.2	1932.5
		AS	0.0	0.0	14.3	156.7	705.3
V=	15	Y	0.487E-05	0.291E-04	0.157E-03	0.126E-02	0.551E-02
		P	13.7	81.6	440.1	3532.3	15530.7
		SIGMA1	6.7	-6.9	-78.6	-677.1	-3096.7
		SIGMA2	12.1	25.7	97.4	715.9	3115.5
		AS	0.0	1.1	26.0	254.7	1143.5
V=	20	Y	0.663E-05	0.399E-04	0.218E-03	0.176E-02	0.778E-02
		P	18.6	111.9	611.1	4933.9	21810.2
		SIGMA1	5.7	-13.0	-112.8	-977.4	-4352.7
		SIGMA2	13.1	31.8	131.6	976.2	4371.5
		AS	0.0	2.8	38.6	358.5	1698.6

		B= 4.00		L=5.00			
V=	3	DIA	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
		Y	0.157E-06	0.982E-06	0.553E-05	0.477E-04	0.217E-03
		P	1.5	9.4	53.3	455.2	2070.9
		SIGMA1	11.6	10.9	6.8	-30.9	-182.4
		SIGMA2	11.9	12.6	16.7	54.4	205.7
AS	0.0	0.0	0.0	8.3	43.5		
V=	7	Y	0.384E-06	0.245E-05	0.142E-04	0.126E-03	0.586E-03
		P	3.7	23.4	136.5	1202.4	5592.3
		SIGMA1	11.4	9.6	-1.9	-101.0	-512.5
		SIGMA2	12.1	13.9	24.5	124.5	536.6
		AS	0.0	0.0	0.0	33.5	185.6
V=	10	Y	0.559E-06	0.360E-05	0.212E-04	0.189E-03	0.889E-03
		P	5.3	34.4	202.3	1803.7	8474.3
		SIGMA1	11.4	8.5	-7.2	-157.3	-782.7
		SIGMA2	12.3	15.0	30.7	180.8	806.2
		AS	0.0	0.0	1.0	54.2	285.6
V=	15	Y	0.856E-06	0.558E-05	0.331E-04	0.301E-03	0.142E-02
		P	8.2	53.1	315.9	2872.5	13551.2
		SIGMA1	11.0	6.8	-17.9	-257.5	-1258.7
		SIGMA2	12.5	16.7	41.4	291.0	1282.2
		AS	0.0	0.0	4.0	91.2	461.9
V=	20	Y	0.116E-05	0.757E-05	0.454E-04	0.417E-03	0.199E-02
		P	11.1	72.2	433.3	3779.5	18790.8
		SIGMA1	10.7	5.0	-28.9	-361.3	-1768.6
		SIGMA2	12.8	18.5	52.4	384.8	1792.1
		AS	0.0	0.0	7.4	129.6	650.7
V=	3	Y	0.378E-06	0.233E-05	0.130E-04	0.109E-03	0.490E-03
		P	1.7	10.3	57.3	480.8	2161.2
		SIGMA1	11.5	10.1	2.8	-63.4	-325.9
		SIGMA2	12.0	13.4	20.7	86.9	349.4
		AS	0.0	0.0	0.9	19.8	116.5
V=	7	Y	0.927E-06	0.583E-05	0.335E-04	0.287E-03	0.133E-02
		P	4.1	25.7	147.8	1274.7	5866.0
		SIGMA1	11.1	7.7	-11.3	-187.4	-904.8
		SIGMA2	12.4	15.8	34.8	210.9	928.3
		AS	0.0	0.0	2.1	65.3	330.8
V=	10	Y	0.135E-05	0.858E-05	0.497E-04	0.435E-03	0.201E-02
		P	6.0	37.8	219.2	1918.6	8845.2
		SIGMA1	10.8	5.8	-22.5	-288.0	-1373.4
		SIGMA2	12.7	17.7	46.0	311.5	1396.9
		AS	0.0	0.0	5.5	102.5	504.4
V=	15	Y	0.207E-05	0.133E-04	0.779E-04	0.692E-03	0.323E-02
		P	9.1	58.7	343.6	3052.1	14246.1
		SIGMA1	10.3	2.6	-41.9	-465.1	-2214.2
		SIGMA2	13.2	20.9	65.4	489.6	2237.7
		AS	0.0	0.0	12.1	164.0	815.7
V=	20	Y	0.280E-05	0.181E-04	0.107E-03	0.941E-03	0.452E-02
		P	12.3	78.8	471.9	4238.5	19935.7
		SIGMA1	9.8	-0.7	-62.0	-650.5	-3103.2
		SIGMA2	13.7	24.2	85.5	674.0	3126.7
		AS	0.0	0.0	19.3	236.7	1145.0
V=	3	Y	0.112E-05	0.670E-05	0.364E-04	0.294E-03	0.129E-02
		P	2.0	11.8	64.3	519.5	2279.6
		SIGMA1	11.3	8.8	-4.3	-118.1	-558.1
		SIGMA2	12.2	14.7	27.0	141.6	581.6
		AS	0.0	0.0	0.4	39.8	202.5
V=	7	Y	0.276E-05	0.169E-04	0.943E-04	0.784E-03	0.351E-02
		P	4.9	29.9	166.6	1385.4	6292.3
		SIGMA1	10.5	4.3	-29.9	-334.6	-1538.9
		SIGMA2	13.0	19.2	53.4	358.1	1562.4
		AS	0.0	0.0	8.0	119.7	565.6
V=	10	Y	0.403E-05	0.249E-04	0.140E-03	0.118E-02	0.543E-02
		P	7.1	44.0	247.4	2055.2	9595.5
		SIGMA1	10.0	0.7	-30.1	-509.6	-2387.1
		SIGMA2	13.5	22.8	73.6	533.1	2410.6
		AS	0.0	0.0	15.0	184.5	879.8
V=	15	Y	0.619E-05	0.387E-04	0.221E-03	0.189E-02	0.859E-02
		P	10.9	68.4	390.5	3339.9	15179.6
		SIGMA1	9.0	-5.3	-85.9	-823.2	-3783.2
		SIGMA2	14.5	28.8	109.4	846.7	3906.7
		AS	0.0	0.0	28.0	300.6	1396.8
V=	20	Y	0.839E-05	0.529E-04	0.304E-03	0.242E-02	0.120E-01
		P	14.8	93.5	537.2	4429.9	21205.5
		SIGMA1	8.0	-11.6	-122.6	-1145.7	-5289.6
		SIGMA2	15.5	35.1	146.1	1169.2	5313.1
		AS	0.0	2.1	41.4	420.0	1954.8

		B= 3.00	L=2.00		
	OIA	0.5	1.0	2.0	5.0
	Y	0.304E-06	0.153E-05	0.697E-05	0.470E-04
	P	6.2	31.1	142.1	955.7
V= 3	SIGMA1	4.3	2.6	-4.0	-59.0
	SIGMA2	5.1	6.8	14.2	68.4
	AS	0.0	0.0	0.7	15.2
	Y	0.781E-06	0.402E-05	0.168E-04	0.129E-03
	P	15.9	81.7	382.3	2623.1
V= 7	SIGMA1	3.6	-0.7	-20.0	-170.2
	SIGMA2	5.8	10.1	30.2	179.6
	AS	0.0	0.0	4.7	46.0
	Y	0.116E-05	0.604E-05	0.285E-04	0.177E-03
	P	23.6	122.8	579.5	4905.8
V= 10	SIGMA1	3.1	-3.5	-33.9	-262.4
	SIGMA2	6.3	12.9	43.3	271.8
	AS	0.0	0.4	0.3	71.6
	Y	0.102E-05	0.958E-05	0.458E-04	0.319E-03
	P	37.0	194.8	931.3	6486.6
V= 15	SIGMA1	2.2	-0.3	-57.4	-427.7
	SIGMA2	7.2	17.7	66.8	437.1
	AS	0.0	1.5	14.7	117.5
	Y	0.250E-05	0.133E-04	0.637E-04	0.449E-03
	P	50.8	270.4	1299.4	9130.0
V= 20	SIGMA1	1.3	-13.3	-81.9	-604.0
	SIGMA2	8.1	22.7	91.3	613.4
	AS	0.0	2.7	21.5	166.5
	Y	0.592E-06	0.288E-05	0.129E-04	0.847E-04
	P	6.6	32.0	143.5	944.8
V= 3	SIGMA1	4.0	1.1	-11.2	-100.3
	SIGMA2	5.4	0.3	20.6	109.7
	AS	0.0	0.0	2.2	26.6
	Y	0.154E-05	0.766E-05	0.349E-04	0.234E-03
	P	17.1	85.2	398.4	2693.9
V= 7	SIGMA1	2.8	-4.8	-39.5	-284.6
	SIGMA2	6.6	14.2	47.9	294.0
	AS	0.0	0.7	9.5	77.8
	Y	0.225E-05	0.115E-04	0.530E-04	0.357E-03
	P	25.5	128.0	589.8	3972.6
V= 10	SIGMA1	1.9	-9.5	-60.8	-434.7
	SIGMA2	7.5	18.9	70.2	446.1
	AS	0.0	1.8	15.7	120.0
	Y	0.360E-05	0.184E-04	0.852E-04	0.580E-03
	P	40.1	204.8	948.1	6454.1
V= 15	SIGMA1	0.2	-18.1	-100.6	-712.4
	SIGMA2	9.2	27.5	110.0	721.8
	AS	0.0	4.0	26.7	196.6
	Y	0.496E-05	0.255E-04	0.119E-03	0.816E-03
	P	55.2	283.9	1324.2	9080.3
V= 20	SIGMA1	-1.4	-26.8	-142.4	-1004.2
	SIGMA2	16.8	36.2	151.8	1013.6
	AS	0.1	6.3	38.3	277.7
	Y	0.125E-05	0.580E-05	0.250E-04	0.160E-03
	P	7.2	33.2	143.2	916.4
V= 3	SIGMA1	3.4	-1.2	-20.8	-158.2
	SIGMA2	6.0	10.6	30.2	167.6
	AS	0.0	0.1	4.7	42.7
	Y	0.328E-05	0.156E-04	0.681E-04	0.442E-03
	P	18.8	89.3	390.0	2531.5
V= 7	SIGMA1	1.4	-11.2	-64.6	-445.3
	SIGMA2	8.0	20.6	74.0	454.7
	AS	0.0	2.2	16.7	122.4
	Y	0.492E-05	0.236E-04	0.104E-03	0.678E-03
	P	28.2	135.2	575.7	3933.2
V= 10	SIGMA1	-0.3	-19.3	-101.2	-685.6
	SIGMA2	9.7	28.7	110.6	675.0
	AS	0.0	4.3	26.9	189.2
	Y	0.778E-05	0.377E-04	0.168E-03	0.110E-02
	P	44.6	215.9	962.2	6300.2
V= 15	SIGMA1	-3.2	-33.7	-164.4	-1115.3
	SIGMA2	12.6	43.1	175.8	1124.7
	AS	0.4	8.2	44.9	308.5
	Y	0.108E-04	0.526E-04	0.235E-03	0.155E-02
	P	41.9	301.3	1345.9	8872.5
V= 20	SIGMA1	-5.3	-48.9	-234.6	-1573.5
	SIGMA2	15.7	58.3	244.0	1592.9
	AS	1.0	12.4	63.9	435.8

(2)

		B= 3.00	L=3.00		
	OIA	0.5	1.0	2.0	5.0
	Y	0.374E-06	0.212E-05	0.103E-04	0.722E-04
	P	5.0	26.9	130.8	921.7
V= 3	SIGMA1	6.5	4.4	-6.0	-65.1
	SIGMA2	7.6	9.7	20.1	99.2
	AS	0.0	0.0	0.8	21.8
	Y	0.597E-06	0.552E-05	0.273E-04	0.198E-03
	P	12.7	69.8	345.6	2513.7
V= 7	SIGMA1	5.8	0.1	-27.6	-244.3
	SIGMA2	8.3	14.0	41.7	259.4
	AS	0.0	0.0	6.1	64.0
	Y	0.147E-05	0.826E-05	0.411E-04	0.302E-03
	P	18.7	104.1	521.8	3334.1
V= 10	SIGMA1	5.2	-3.4	-65.1	-376.4
	SIGMA2	8.9	17.5	59.2	390.5
	AS	0.0	0.3	10.8	102.6
	Y	0.228E-05	0.129E-04	0.655E-04	0.486E-03
	P	28.9	163.8	831.6	6170.1
V= 15	SIGMA1	4.2	-9.3	-76.1	-610.0
	SIGMA2	9.9	23.4	90.2	624.1
	AS	0.0	1.5	19.3	147.5
	Y	0.312E-05	0.178E-04	0.910E-04	0.692E-03
	P	39.6	226.0	1155.3	8558.4
V= 20	SIGMA1	3.1	-15.5	-108.5	-858.8
	SIGMA2	11.0	29.6	122.6	872.9
	AS	0.0	3.0	28.3	236.6
	Y	0.834E-06	0.435E-05	0.206E-04	0.143E-03
	P	5.3	27.5	130.4	905.4
V= 3	SIGMA1	6.2	2.5	-14.7	-143.8
	SIGMA2	7.9	11.6	28.8	157.9
	AS	0.0	0.0	2.8	38.1
	Y	0.212E-05	0.114E-04	0.551E-04	0.399E-03
	P	13.4	72.2	348.9	2459.2
V= 7	SIGMA1	4.8	-5.0	-51.1	-494.5
	SIGMA2	9.3	19.1	65.2	418.6
	AS	0.0	0.6	12.5	110.4
	Y	0.314E-05	0.170E-04	0.833E-04	0.555E-03
	P	19.9	107.6	527.4	3767.1
V= 10	SIGMA1	3.7	-10.9	-80.8	-620.8
	SIGMA2	10.4	25.0	94.9	634.9
	AS	0.0	1.8	29.7	170.5
	Y	0.490E-05	0.269E-04	0.133E-03	0.960E-03
	P	31.0	170.3	812.1	6078.0
V= 15	SIGMA1	1.9	-21.3	-133.3	-1006.0
	SIGMA2	12.2	35.4	147.4	1020.1
	AS	0.0	4.5	35.2	277.5
	Y	0.670E-05	0.371E-04	0.185E-03	0.135E-02
	P	42.4	234.9	1171.3	8547.2
V= 20	SIGMA1	-0.0	-32.1	-188.2	-1417.5
	SIGMA2	14.1	46.2	202.3	1431.6
	AS	0.0	7.3	50.4	391.8
	Y	0.204E-05	0.102E-04	0.464E-04	0.310E-03
	P	5.7	28.6	139.1	869.0
V= 3	SIGMA1	5.5	-0.6	-27.6	-224.7
	SIGMA2	8.6	14.7	41.7	238.8
	AS	0.0	0.0	6.1	60.5
	Y	0.524E-05	0.269E-04	0.125E-03	0.852E-03
	P	14.7	75.4	350.4	2333.5
V= 7	SIGMA1	3.1	-13.1	-84.4	-629.9
	SIGMA2	11.0	27.2	109.5	644.0
	AS	0.0	2.4	22.2	173.0
	Y	0.786E-05	0.404E-04	0.195E-03	0.130E-02
	P	21.9	113.3	532.6	3644.4
V= 10	SIGMA1	1.2	-23.2	-135.0	-964.8
	SIGMA2	12.9	37.3	149.1	978.9
	AS	0.0	4.9	35.6	265.1
	Y	0.122E-04	0.649E-04	0.304E-03	0.211E-02
	P	34.2	177.4	852.2	5715.1
V= 15	SIGMA1	-2.1	-49.8	-229.2	-1570.3
	SIGMA2	16.2	54.9	234.3	1534.4
	AS	0.1	9.7	59.3	434.2
	Y	0.168E-04	0.887E-04	0.425E-03	0.297E-02
	P	47.1	248.7	1191.4	8326.0
V= 20	SIGMA1	-5.5	-59.3	-310.7	-2213.2
	SIGMA2	19.6	73.4	324.8	2227.3
	AS	0.7	14.7	84.4	612.8

		B= 3.00 L=4.00				
		DIA	0.5	1.0	2.0	5.0
V= 3	Y	0.473E-05	0.267E-05	0.134E-04	0.101E-03	0.424E-03
	P	4.1	23.3	118.9	833.2	3797.7
	SIGMA1	0.8	6.3	-6.5	-109.4	-455.9
	SIGMA2	10.0	12.5	25.3	127.2	503.8
	AS	0.0	0.0	0.7	27.7	132.2
V= 7	Y	0.118E-05	0.685E-05	0.357E-04	0.273E-03	0.116E-02
	P	10.3	57.9	312.2	2397.3	10143.7
	SIGMA1	0.0	1.4	-32.2	-308.9	-1343.1
	SIGMA2	10.8	17.4	51.0	327.7	1361.9
	AS	0.0	0.0	6.9	83.3	370.5
V= 10	Y	0.173E-05	0.102E-04	0.536E-04	0.414E-03	0.177E-02
	P	15.1	87.2	468.7	3620.3	15477.9
	SIGMA1	7.4	-2.5	-53.1	-473.3	-2054.3
	SIGMA2	11.4	21.3	71.9	472.1	2073.1
	AS	0.0	0.1	12.5	128.9	568.0
V= 15	Y	0.267E-05	0.159E-04	0.848E-04	0.685E-03	0.287E-02
	P	23.3	139.0	741.5	5815.1	25076.9
	SIGMA1	6.3	-9.1	-89.5	-764.0	-3336.9
	SIGMA2	12.5	27.9	108.3	784.8	3355.7
	AS	0.0	1.3	22.5	210.2	924.3
V= 20	Y	0.363E-05	0.218E-04	0.117E-03	0.927E-03	0.404E-02
	P	31.7	170.6	1023.1	8123.7	35328.1
	SIGMA1	5.2	-16.0	-122.0	-1073.8	-4701.0
	SIGMA2	13.6	34.8	145.8	1072.6	4719.8
	AS	0.0	2.8	32.9	295.7	1303.2
V= 3	Y	0.108E-05	0.598E-05	0.298E-04	0.217E-03	0.902E-03
	P	4.3	23.6	117.4	855.0	3553.9
	SIGMA1	0.5	4.2	-16.7	-180.5	-780.4
	SIGMA2	10.3	14.6	35.5	199.4	799.2
	AS	0.0	0.0	3.0	47.7	214.2
V= 7	Y	0.271E-05	0.154E-04	0.787E-04	0.588E-03	0.248E-02
	P	10.7	60.7	310.1	2318.8	9771.3
	SIGMA1	7.0	-4.1	-59.5	-505.4	-2162.0
	SIGMA2	11.8	22.9	78.3	524.2	2180.8
	AS	0.0	0.3	14.3	137.8	598.0
V= 10	Y	0.397E-05	0.227E-04	0.118E-03	0.893E-03	0.379E-02
	P	15.7	90.2	464.9	3518.5	14932.8
	SIGMA1	5.9	-10.7	-93.9	-772.5	-3309.0
	SIGMA2	12.9	29.5	112.7	791.3	3322.8
	AS	0.0	1.6	23.7	212.0	916.6
V= 15	Y	0.617E-05	0.340E-04	0.189E-03	0.144E-02	0.613E-02
	P	24.3	141.8	740.7	5673.7	24152.5
	SIGMA1	4.0	-22.1	-155.2	-1251.4	-5357.0
	SIGMA2	14.8	40.9	174.0	1270.2	5378.6
	AS	0.0	4.3	40.7	345.0	1485.7
V= 20	Y	0.841E-05	0.494E-04	0.261E-03	0.201E-02	0.862E-02
	P	33.1	194.6	1028.4	7919.5	33763.2
	SIGMA1	2.0	-33.9	-219.1	-1750.5	-7538.0
	SIGMA2	16.8	52.7	237.9	1769.3	7556.8
	AS	0.0	7.4	58.4	483.6	2091.3
V= 3	Y	0.297E-05	0.159E-04	0.764E-04	0.537E-03	0.221E-02
	P	4.6	24.2	117.1	822.9	3396.4
	SIGMA1	7.8	0.9	-32.2	-283.2	-1194.7
	SIGMA2	11.0	18.0	51.0	302.0	1213.5
	AS	0.0	0.0	6.9	76.1	329.3
V= 7	Y	0.753E-05	0.412E-04	0.203E-03	0.146E-02	0.607E-02
	P	11.5	63.1	311.1	2237.2	9301.2
	SIGMA1	5.3	-13.0	-101.2	-784.0	-3277.7
	SIGMA2	13.5	31.8	120.0	804.8	3316.5
	AS	0.0	2.1	25.7	215.8	913.4
V= 10	Y	0.111E-04	0.615E-04	0.307E-03	0.223E-02	0.928E-02
	P	17.0	94.2	470.4	3417.1	14219.9
	SIGMA1	3.4	-24.1	-157.9	-1205.6	-5046.6
	SIGMA2	15.4	42.9	174.7	1224.4	5045.4
	AS	0.0	4.8	41.4	332.3	1399.2
V= 15	Y	0.173E-04	0.967E-04	0.489E-03	0.359E-02	0.150E-01
	P	26.5	148.5	749.3	5501.0	22984.8
	SIGMA1	-0.0	-43.4	-257.0	-1944.5	-8163.0
	SIGMA2	18.8	62.2	275.8	1965.3	8181.8
	AS	0.0	9.9	68.9	538.1	2254.9
V= 20	Y	0.236E-04	0.134E-03	0.679E-03	0.504E-02	0.212E-01
	P	34.2	205.3	1040.5	7722.9	32485.2
	SIGMA1	-3.5	-63.6	-360.5	-2724.5	-11540.9
	SIGMA2	22.3	82.4	379.3	2755.3	11559.7
	AS	0.3	15.4	97.6	757.5	3203.2

		B= 3.00 L=5.00				
		DIA	0.5	1.0	2.0	5.0
V= 3	Y	0.546E-06	0.322E-05	0.170E-04	0.132E-03	0.567E-03
	P	3.5	20.4	107.6	835.7	3589.8
	SIGMA1	11.2	8.4	-4.2	-127.5	-586.4
	SIGMA2	12.3	15.1	29.7	151.0	610.1
	AS	0.0	0.0	0.6	32.4	159.7
V= 7	Y	0.135E-05	0.818E-05	0.444E-04	0.355E-03	0.155E-02
	P	8.5	51.8	281.1	2247.6	9813.5
	SIGMA1	10.3	3.1	-35.1	-342.9	-1623.8
	SIGMA2	13.2	20.4	58.6	396.4	1647.3
	AS	0.0	0.0	7.3	97.6	447.8
V= 10	Y	0.197E-05	0.121E-04	0.663E-04	0.537E-03	0.236E-02
	P	12.5	74.6	419.8	3399.9	14741.8
	SIGMA1	9.7	-1.0	-58.2	-554.9	-2478.6
	SIGMA2	13.8	24.5	81.7	578.4	2502.1
	AS	0.0	0.0	13.5	150.9	685.2
V= 15	Y	0.302E-05	0.188E-04	0.105E-03	0.857E-03	0.381E-02
	P	19.1	119.0	664.8	5439.6	24122.2
	SIGMA1	8.6	-8.1	-79.0	-894.7	-4008.6
	SIGMA2	14.9	31.6	122.5	918.2	4032.1
	AS	0.0	0.9	24.6	245.3	1110.3
V= 20	Y	0.409E-05	0.257E-04	0.144E-03	0.120E-02	0.535E-02
	P	25.9	162.7	911.7	7597.6	33872.4
	SIGMA1	7.4	-15.4	-140.2	-1254.5	-5633.7
	SIGMA2	14.1	38.9	163.7	1278.0	5657.2
	AS	0.0	2.4	35.9	345.2	1561.7
V= 3	Y	0.134E-05	0.779E-05	0.406E-04	0.310E-03	0.132E-02
	P	3.5	20.1	105.0	801.7	3413.5
	SIGMA1	10.8	4.2	-17.4	-210.9	-936.4
	SIGMA2	12.7	17.3	40.9	234.4	959.9
	AS	0.0	0.0	2.9	55.5	256.9
V= 7	Y	0.332E-05	0.198E-04	0.106E-03	0.833E-03	0.361E-02
	P	8.6	51.2	274.1	2159.3	9335.4
	SIGMA1	9.4	-2.5	-64.4	-588.1	-2581.4
	SIGMA2	14.1	26.0	87.9	611.6	2604.9
	AS	0.0	0.1	15.1	160.1	713.8
V= 10	Y	0.485E-05	0.294E-04	0.159E-03	0.126E-02	0.551E-02
	P	12.5	74.0	411.2	3258.3	14248.8
	SIGMA1	8.3	-9.4	-102.5	-893.3	-3946.3
	SIGMA2	15.2	32.9	126.0	916.8	3769.8
	AS	0.0	1.2	25.5	244.9	1092.9
V= 15	Y	0.746E-05	0.459E-04	0.251E-03	0.203E-02	0.889E-02
	P	19.3	118.4	649.1	5249.6	22989.4
	SIGMA1	6.4	-21.1	-168.6	-1446.5	-6374.2
	SIGMA2	17.1	44.6	192.1	1470.0	6397.7
	AS	0.0	3.0	43.8	378.6	1767.4
V= 20	Y	0.101E-04	0.626E-04	0.347E-03	0.283E-02	0.125E-01
	P	26.1	161.9	877.3	7318.3	32324.0
	SIGMA1	4.5	-33.2	-237.5	-2021.1	-8767.4
	SIGMA2	19.0	56.7	241.0	2044.6	8990.9
	AS	0.0	6.8	62.9	558.2	2487.7
V= 3	Y	0.403E-05	0.227E-04	0.115E-03	0.854E-03	0.358E-02
	P	3.7	20.6	104.5	776.2	3254.0
	SIGMA1	10.1	2.6	-34.7	-333.2	-1434.5
	SIGMA2	13.4	20.9	58.2	356.7	1458.0
	AS	0.0	0.0	7.2	89.4	395.2
V= 7	Y	0.101E-04	0.584E-04	0.304E-03	0.231E-02	0.980E-02
	P	9.2	53.1	276.3	2099.6	8907.5
	SIGMA1	7.7	-11.8	-111.1	-921.4	-3947.1
	SIGMA2	15.8	35.3	134.6	944.9	3970.4
	AS	0.0	1.7	27.9	252.7	1093.2
V= 10	Y	0.148E-04	0.866E-04	0.455E-03	0.359E-02	0.149E-01
	P	13.5	78.7	413.6	3181.2	13543.0
	SIGMA1	5.8	-23.2	-172.1	-1402.1	-6007.4
	SIGMA2	17.7	46.7	195.6	1425.6	6030.9
	AS	0.0	4.3	44.7	386.2	1665.5
V= 15	Y	0.228E-04	0.135E-03	0.721E-03	0.562E-02	0.241E-01
	P	20.7	122.7	655.3	5108.2	21905.1
	SIGMA1	2.5	-42.8	-279.5	-2258.5	-9723.8
	SIGMA2	21.0	66.3	303.0	2282.0	9747.3
	AS	0.0	9.3	74.5	624.1	2697.8
V= 20	Y	0.309E-04	0.184E-03	0.998E-03	0.785E-02	0.339E-01
	P	20.1	169.1	907.1	7135.1	30812.5
	SIGMA1	-0.7	-43.4	-391.4	-3159.4	-13682.7
	SIGMA2	24.2	86.9	414.9	3182.9	13706.2
	AS	0.0	14.9	105.6	874.4	3797.5

		B= 4.00		L=2.00			
		OIA	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
V= 3	Y	0.224E-06	0.113E-05	0.515E-05	0.344E-04	0.140E-03	
	P	6.2	31.4	143.9	960.9	3888.0	
	SIGMA1	4.5	3.5	-0.7	-31.3	-141.1	
	SIGMA2	4.9	5.7	10.1	49.7	159.5	
	AS	0.0	0.0	0.0	10.1	50.6	
V= 7	Y	0.577E-06	0.277E-05	0.137E-04	0.950E-04	0.396E-03	
	P	16.0	82.5	386.0	2638.3	10719.6	
	SIGMA1	4.1	1.6	-9.8	-74.2	-377.3	
	SIGMA2	5.3	7.8	19.2	103.6	406.7	
	AS	0.0	0.0	2.4	33.2	145.4	
V= 10	Y	0.859E-06	0.446E-05	0.210E-04	0.145E-03	0.572E-03	
	P	23.8	123.9	583.2	4026.8	16440.5	
	SIGMA1	3.8	0.1	-17.2	-146.3	-611.8	
	SIGMA2	5.6	9.3	26.6	155.7	621.2	
	AS	0.0	0.0	5.9	52.5	224.9	
V= 15	Y	0.134E-05	0.707E-05	0.337E-04	0.235E-03	0.962E-03	
	P	37.2	196.3	935.9	6526.2	26715.7	
	SIGMA1	3.3	-2.7	-30.4	-240.0	-997.1	
	SIGMA2	6.1	12.1	39.8	249.4	1006.5	
	AS	0.0	0.4	9.8	87.2	367.6	
V= 20	Y	0.184E-05	0.980E-05	0.471E-04	0.331E-03	0.136E-02	
	P	51.1	272.2	1308.0	9192.2	37769.6	
	SIGMA1	2.8	-5.5	-44.4	-340.0	-1411.6	
	SIGMA2	4.6	14.9	53.8	349.4	1421.0	
	AS	0.0	1.1	14.9	124.2	521.1	
V= 3	Y	0.426E-05	0.207E-05	0.921E-05	0.606E-04	0.244E-03	
	P	67.2	32.7	145.4	956.6	3851.8	
	SIGMA1	0.5	2.7	-4.4	-55.1	-236.0	
	SIGMA2	8.9	6.7	13.8	64.5	245.4	
	AS	0.0	0.0	0.8	18.8	85.7	
V= 7	Y	0.111E-05	0.550E-05	0.250E-04	0.167E-03	0.673E-03	
	P	17.5	85.8	374.6	2636.2	10623.9	
	SIGMA1	3.6	-0.7	-20.0	-160.1	-653.3	
	SIGMA2	5.8	10.1	29.4	169.5	663.7	
	AS	0.0	0.0	6.0	57.6	242.5	
V= 10	Y	0.165E-05	0.827E-05	0.380E-04	0.255E-03	0.103E-02	
	P	26.0	139.9	599.9	4025.4	16257.4	
	SIGMA1	3.1	-3.5	-32.3	-246.7	-1011.5	
	SIGMA2	6.3	12.9	42.2	256.3	1029.9	
	AS	0.0	0.5	10.6	89.7	372.9	
V= 15	Y	0.259E-05	0.132E-04	0.610E-04	0.414E-03	0.168E-02	
	P	40.9	209.4	962.9	6535.3	26520.2	
	SIGMA1	2.1	-8.3	-55.5	-493.8	-1652.3	
	SIGMA2	7.3	17.7	64.9	413.2	1662.2	
	AS	0.0	2.0	18.9	147.8	610.4	
V= 20	Y	0.358E-05	0.183E-04	0.854E-04	0.533E-03	0.237E-02	
	P	56.5	289.9	1348.1	9293.2	37412.5	
	SIGMA1	1.2	-13.4	-79.6	-570.5	-2333.6	
	SIGMA2	8.2	22.8	89.9	579.7	2349.0	
	AS	0.0	3.7	27.8	209.6	862.6	
V= 3	Y	0.890E-06	0.392E-05	0.168E-04	0.107E-03	0.431E-03	
	P	7.4	34.3	146.9	935.7	3769.9	
	SIGMA1	4.0	1.3	-10.0	-88.9	-372.2	
	SIGMA2	5.4	8.1	19.4	99.3	391.6	
	AS	0.0	0.0	2.5	31.3	136.1	
V= 7	Y	0.224E-05	0.105E-04	0.459E-04	0.231E-03	0.117E-02	
	P	19.6	91.3	401.4	2588.4	10406.0	
	SIGMA1	2.7	-4.5	-35.4	-254.1	-1055.9	
	SIGMA2	6.7	13.9	44.8	263.5	1045.3	
	AS	0.0	0.9	11.6	92.4	391.9	
V= 10	Y	0.334E-05	0.160E-04	0.709E-04	0.454E-03	0.183E-02	
	P	29.4	139.9	612.1	3770.0	16062.6	
	SIGMA1	1.9	-9.3	-56.5	-322.3	-1575.6	
	SIGMA2	7.6	18.7	65.2	491.7	1655.9	
	AS	0.0	2.3	19.3	143.6	539.2	
V= 15	Y	0.532E-05	0.258E-04	0.113E-03	0.733E-03	0.277E-02	
	P	46.5	229.9	968.1	6453.5	25771.4	
	SIGMA1	0.0	-17.7	-94.1	-640.7	-2592.4	
	SIGMA2	9.4	27.1	103.5	650.1	2591.8	
	AS	0.0	5.2	33.2	235.6	959.1	
V= 20	Y	0.738E-05	0.357E-04	0.159E-03	0.104E-02	0.419E-02	
	P	64.4	312.2	1350.4	9074.4	36637.8	
	SIGMA1	-1.7	-26.5	-134.3	-904.7	-3659.3	
	SIGMA2	11.1	35.9	143.7	914.1	3668.7	
	AS	0.2	9.3	43.1	333.4	1353.6	

		B= 4.00		L=3.00			
		OIA	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
V= 3	Y	0.287E-06	0.153E-05	0.741E-05	0.524E-04	0.215E-03	
	P	5.1	27.3	132.0	733.7	3830.9	
	SIGMA1	6.8	5.5	-0.4	-45.5	-203.4	
	SIGMA2	7.3	8.6	14.5	57.6	222.5	
	AS	0.0	0.0	0.9	14.6	74.7	
V= 7	Y	0.726E-06	0.397E-05	0.197E-04	0.140E-03	0.573E-03	
	P	12.9	71.1	351.0	2542.0	10566.2	
	SIGMA1	6.3	3.1	-12.7	-126.3	-597.3	
	SIGMA2	7.8	11.0	26.8	159.4	601.4	
	AS	0.0	0.0	3.0	43.0	214.9	
V= 10	Y	0.107E-05	0.595E-05	0.297E-04	0.210E-03	0.903E-03	
	P	19.1	105.0	529.2	3554.4	16178.9	
	SIGMA1	6.0	1.1	-22.7	-211.4	-993.0	
	SIGMA2	8.1	13.0	36.8	225.5	917.1	
	AS	0.0	0.0	6.4	75.8	331.9	
V= 15	Y	0.165E-05	0.926E-05	0.474E-04	0.351E-03	0.147E-02	
	P	29.6	165.8	844.6	6254.2	26727.7	
	SIGMA1	5.4	-2.3	-40.5	-344.7	-1466.3	
	SIGMA2	8.7	16.4	54.6	353.8	1450.4	
	AS	0.0	0.2	12.9	125.1	540.5	
V= 20	Y	0.227E-05	0.123E-04	0.659E-04	0.492E-03	0.205E-02	
	P	40.4	229.9	1174.2	8765.5	37851.8	
	SIGMA1	4.8	-5.9	-59.0	-466.1	-2077.7	
	SIGMA2	9.3	20.9	73.1	569.2	2091.8	
	AS	0.0	1.0	19.5	177.5	765.7	
V= 3	Y	0.577E-06	0.392E-05	0.141E-04	0.965E-04	0.375E-03	
	P	5.5	28.6	134.6	924.7	3769.5	
	SIGMA1	6.5	4.4	-5.6	-79.6	-346.3	
	SIGMA2	7.8	9.7	19.7	93.7	369.4	
	AS	0.0	0.0	0.9	27.1	125.7	
V= 7	Y	0.145E-05	0.785E-05	0.377E-04	0.265E-03	0.107E-02	
	P	14.1	74.9	359.8	2538.9	10492.0	
	SIGMA1	5.7	0.0	-26.7	-259.0	-963.1	
	SIGMA2	8.4	14.1	49.8	244.1	982.2	
	AS	0.0	0.0	7.8	92.7	356.0	
V= 10	Y	0.219E-05	0.117E-04	0.571E-04	0.495E-03	0.167E-02	
	P	20.9	111.7	544.9	3865.9	15937.9	
	SIGMA1	5.1	-3.4	-44.0	-355.3	-1497.1	
	SIGMA2	9.3	17.5	59.1	369.4	1511.2	
	AS	0.0	0.4	14.1	122.9	549.2	
V= 15	Y	0.341E-05	0.184E-04	0.912E-04	0.554E-03	0.271E-02	
	P	32.5	177.5	879.3	6211.2	25811.9	
	SIGMA1	4.0	-9.6	-74.5	-518.1	-2417.5	
	SIGMA2	10.1	23.7	89.6	572.2	2431.6	
	AS	0.0	2.9	25.2	211.5	892.8	
V= 20	Y	0.467E-05	0.257E-04	0.127E-03	0.915E-03	0.382E-02	
	P	44.6	245.3	1212.0	8779.1	36454.8	
	SIGMA1	2.9	-15.9	-105.6	-815.2	-3410.6	
	SIGMA2	11.2	39.0	129.7	827.3	3424.7	
	AS	0.0	4.1	37.0	277.3	1260.6	
V= 3	Y	0.130E-05	0.633E-05	0.262E-04	0.191E-03	0.765E-03	
	P	6.1	39.2	136.1	902.9	3655.3	
	SIGMA1	6.1	2.5	-13.4	-123.4	-559.3	
	SIGMA2	8.0	11.6	27.5	142.5	552.4	
	AS	0.0	0.0	3.2	45.1	196.3	
V= 7	Y	0.335E-05	0.169E-04	0.777E-04	0.524E-03	0.212E-02	
	P	15.8	79.9	367.3	2477.1	10622.0	
	SIGMA1	4.7	-4.9	-49.0	-254.5	-1476.3	
	SIGMA2	9.4	19.0	62.1	373.6	1519.4	
	AS	0.0	0.8	15.5	132.4	551.6	
V= 10	Y	0.497E-05	0.254E-04	0.118E-03	0.692E-03	0.325E-02	
	P	23.6	120.1	557.8	3791.3	15253.9	
	SIGMA1	3.5	-11.0	-75.6	-551.7	-2277.5	
	SIGMA2	10.5	25.1	99.7	575.8	2311.6	
	AS	0.0	2.5	26.0	205.4	843.3	
V= 15	Y	0.783E-05	0.404E-04	0.189E-03	0.130E-02	0.527E-02	
	P	37.0	191.0	873.5	6145.6	25907.7	
	SIGMA1	1.5	-21.6	-127.9	-914.8	-3744.1	
	SIGMA2	12.6	35.7	141.1	929.7	3759.2	
	AS	0.0	6.9	44.6	336.2	1334.1	
V= 20	Y	0.108E-04	0.561E-04	0.265E-03	0.183E-02	0.748E-02	
	P	51.1	265.2	1252.3	8651.1	35266.0	
	SIGMA1	-9.6	-32.7	-189.9	-1259.6	-5292.9	
	SIGMA2	14.7	45.8	195.9	1304.7	5297.0	
	AS	0.0	10.0	64.5	475.4	1954.0	

		B= 4.00		L=4.00	
	DIA	0.5	1.0	2.0	5.0
	T	0.333E-06	0.190E-05	0.555E-05	0.708E-04
	P	4.3	24.1	121.6	879.8
V= 3	SIGMA1	9.1	7.6	6.3	-58.8
	SIGMA2	9.7	11.2	18.5	76.8
	AS	0.0	0.0	0.0	18.5
	Y	0.840E-06	0.487E-05	0.253E-04	0.192E-03
	P	19.7	61.8	321.2	2437.6
V= 7	SIGMA1	8.6	4.8	-14.7	-173.4
	SIGMA2	10.2	14.0	32.5	192.2
	AS	0.0	0.0	3.3	69.9
	Y	0.124E-05	0.723E-05	0.379E-04	0.291E-03
	P	15.7	91.8	481.2	3694.4
V= 10	SIGMA1	8.2	2.5	-26.7	-267.7
	SIGMA2	10.6	16.3	45.5	286.5
	AS	0.0	0.0	7.3	95.8
	Y	0.191E-05	0.113E-04	0.601E-04	0.468E-03
	P	24.2	143.5	763.0	5941.5
V= 15	SIGMA1	7.6	-1.4	-47.8	-436.2
	SIGMA2	11.2	20.2	66.6	455.0
	AS	0.0	0.1	14.8	158.2
	Y	0.260E-05	0.155E-04	0.832E-04	0.654E-03
	P	33.0	196.8	1054.3	8302.9
V= 20	SIGMA1	6.9	-5.4	-69.8	-613.3
	SIGMA2	11.9	24.2	88.6	632.1
	AS	0.0	0.7	22.8	223.7
	Y	0.723E-06	0.395E-05	0.194E-04	0.140E-03
	P	4.6	25.0	122.8	886.4
V= 3	SIGMA1	8.8	6.3	-6.0	-101.4
	SIGMA2	10.0	12.5	24.8	129.2
	AS	0.0	0.0	0.9	34.4
	Y	0.182E-05	0.102E-04	0.515E-04	0.380E-03
	P	11.5	64.6	326.1	2405.9
V= 7	SIGMA1	8.0	1.3	-31.4	-291.3
	SIGMA2	10.8	17.5	50.2	310.1
	AS	0.0	0.0	8.9	104.5
	Y	0.268E-05	0.152E-04	0.775E-04	0.578E-03
	P	17.0	96.2	490.7	3659.5
V= 10	SIGMA1	7.3	-2.6	-51.9	-448.0
	SIGMA2	11.5	21.4	70.7	466.8
	AS	0.0	0.2	16.3	162.5
	Y	0.415E-05	0.239E-04	0.123E-03	0.931E-03
	P	26.3	151.3	778.7	5874.4
V= 15	SIGMA1	6.1	-9.5	-87.9	-727.4
	SIGMA2	12.7	28.3	106.7	746.2
	AS	0.0	1.8	29.4	266.0
	Y	0.566E-05	0.328E-04	0.171E-03	0.130E-02
	P	35.8	207.7	1082.7	8230.7
V= 20	SIGMA1	4.9	-16.6	-125.9	-1019.4
	SIGMA2	13.9	35.4	144.7	1039.2
	AS	0.0	3.9	43.4	374.1
	Y	0.180E-05	0.933E-05	0.444E-04	0.397E-03
	P	5.0	26.3	124.5	860.6
V= 3	SIGMA1	8.4	4.1	-15.5	-162.7
	SIGMA2	10.4	14.7	34.3	191.5
	AS	0.0	0.0	3.6	57.0
	Y	0.458E-05	0.245E-04	0.119E-03	0.838E-03
	P	12.8	68.7	333.6	2349.2
V= 7	SIGMA1	6.8	-4.3	-57.3	-460.4
	SIGMA2	12.0	23.1	76.1	479.2
	AS	0.0	0.5	18.2	167.1
	Y	0.678E-05	0.367E-04	0.179E-03	0.128E-02
	P	19.0	102.9	501.8	3568.3
V= 10	SIGMA1	5.6	-11.2	-91.0	-708.3
	SIGMA2	13.2	30.0	109.8	727.1
	AS	0.0	2.2	30.5	258.9
	Y	0.106E-04	0.579E-04	0.284E-03	0.204E-02
	P	29.7	162.3	801.8	5775.0
V= 15	SIGMA1	3.5	-23.1	-151.0	-1145.6
	SIGMA2	15.3	41.9	169.8	1164.4
	AS	0.0	6.1	52.6	429.8
	Y	0.145E-04	0.800E-04	0.399E-03	0.290E-02
	P	40.6	224.3	1118.6	8129.8
V= 20	SIGMA1	1.3	-35.5	-214.3	-1616.6
	SIGMA2	17.5	54.3	233.1	1635.4
	AS	0.0	10.4	76.0	595.3

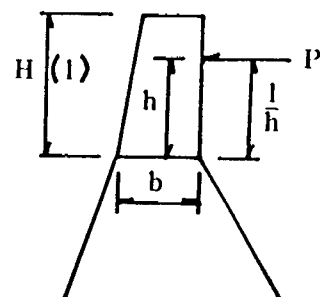
		B= 4.00		L=5.00	
	DIA	0.5	1.0	2.0	5.0
	T	0.382E-06	0.224E-05	0.117E-04	0.902E-04
	P	3.6	21.4	111.7	860.8
V= 3	SIGMA1	11.4	9.7	1.3	-68.9
	SIGMA2	12.1	13.8	22.2	92.4
	AS	0.0	0.0	0.0	21.8
	Y	0.946E-06	0.569E-05	0.306E-04	0.243E-03
	P	9.0	54.3	292.0	2319.0
V= 7	SIGMA1	10.9	6.7	-15.6	-205.7
	SIGMA2	12.6	16.8	37.1	229.2
	AS	0.0	0.0	3.3	72.1
	Y	0.139E-05	0.841E-05	0.458E-04	0.367E-03
	P	13.2	80.3	437.1	3502.3
V= 10	SIGMA1	10.5	4.2	-29.2	-316.6
	SIGMA2	13.0	19.3	52.7	340.1
	AS	0.0	0.0	7.7	113.1
	Y	0.212E-05	0.131E-04	0.723E-04	0.588E-03
	P	20.2	125.0	690.0	5611.4
V= 15	SIGMA1	9.9	0.0	-52.9	-514.3
	SIGMA2	13.6	23.5	76.4	537.8
	AS	0.0	0.0	16.0	186.2
	Y	0.288E-05	0.179E-04	0.998E-04	0.821E-03
	P	27.5	170.8	952.4	7834.9
V= 20	SIGMA1	9.2	-4.3	-77.5	-722.8
	SIGMA2	14.3	27.8	101.0	746.3
	AS	0.0	0.4	24.9	263.4
	Y	0.866E-06	0.495E-05	0.254E-04	0.191E-03
	P	3.8	21.8	112.0	842.4
V= 3	SIGMA1	11.2	8.3	-5.8	-119.9
	SIGMA2	12.3	15.2	29.3	143.4
	AS	0.0	0.0	0.7	40.4
	Y	0.216E-05	0.127E-04	0.647E-04	0.515E-03
	P	9.5	56.0	294.2	2271.4
V= 7	SIGMA1	10.3	3.0	-34.2	-343.2
	SIGMA2	13.2	20.5	57.7	366.7
	AS	0.0	0.0	9.4	122.9
	Y	0.316E-05	0.188E-04	0.999E-04	0.791E-03
	P	13.9	82.9	440.6	3444.6
V= 10	SIGMA1	9.6	-1.2	-57.1	-526.5
	SIGMA2	13.9	24.7	80.6	550.0
	AS	0.0	0.0	17.5	190.7
	Y	0.487E-05	0.293E-04	0.158E-03	0.125E-02
	P	21.5	129.2	696.9	5513.2
V= 15	SIGMA1	8.4	-8.4	-84.7	-847.7
	SIGMA2	15.1	31.9	120.6	873.2
	AS	0.0	1.3	32.1	310.4
	Y	0.641E-05	0.402E-04	0.219E-03	0.175E-02
	P	29.2	177.3	965.9	7718.5
V= 20	SIGMA1	7.2	-16.0	-139.2	-1194.3
	SIGMA2	16.3	39.5	162.7	1217.8
	AS	0.0	3.4	47.5	438.0
	Y	0.234E-05	0.129E-04	0.640E-04	0.462E-03
	P	4.2	22.8	113.1	816.4
V= 3	SIGMA1	10.7	6.1	-16.5	-192.4
	SIGMA2	12.8	17.4	40.0	215.9
	AS	0.0	0.0	3.6	67.1
	Y	0.592E-05	0.334E-04	0.169E-03	0.125E-02
	P	10.5	59.0	298.6	2208.9
V= 7	SIGMA1	9.1	-3.0	-62.9	-540.5
	SIGMA2	14.4	26.5	86.4	564.0
	AS	0.0	0.2	19.6	195.9
	Y	0.871E-05	0.497E-04	0.255E-03	0.191E-02
	P	15.4	87.8	450.6	3375.2
V= 10	SIGMA1	7.9	-10.2	-100.9	-832.1
	SIGMA2	15.6	33.7	124.4	855.6
	AS	0.0	1.8	33.5	303.9
	Y	0.135E-04	0.780E-04	0.405E-03	0.307E-02
	P	23.9	137.8	715.7	5425.1
V= 15	SIGMA1	5.8	-22.7	-167.2	-1344.5
	SIGMA2	17.7	46.2	190.7	1368.0
	AS	0.0	5.5	57.8	493.7
	Y	0.184E-04	0.107E-03	0.542E-03	0.439E-02
	P	32.5	189.1	993.1	7598.6
V= 20	SIGMA1	3.6	-35.5	-234.5	-1887.9
	SIGMA2	19.9	59.0	260.0	1911.4
	AS	0.0	9.9	83.5	694.9

21. 下流勾配を緩和した場合の鉄筋量の計算

計算表の説明

H (m)	h/l	b (m)	P (t)	SIGMA 1 (t/m ²)	SIGMA 2 (t/m ²)	AS (cm ²)
2	1.6	3.2	31.9	-0.0	9.1	0.0
2	1.6	3.2	170.7	-21.7	30.8	5.3
2	1.6	3.2	767.5	-114.9	124.1	32.8
2	1.6	3.2	4415.8	-685.0	694.1	201.6
2	1.6	3.2	16494.9	-2572.4	2581.5	760.8
2	1.6	3.2	79.6	-7.5	16.6	1.4
2	1.6	3.2	445.0	-64.6	73.7	17.9
2	1.6	3.2	2073.3	-319.0	328.1	93.2
2	1.6	3.2	12142.1	-1892.2	1901.3	559.3
2	1.6	3.2	45132.0	-7046.9	7056.0	2086.6
2	1.6	3.2	116.8	-13.3	22.4	2.9
2	1.6	3.2	664.4	-98.8	107.9	28.0
2	1.6	3.2	3138.6	-485.4	494.5	142.5
2	1.6	3.2	18556.8	-2894.5	2903.6	856.3
2	1.6	3.2	68728.9	-10733.9	10743.0	3179.1
2	1.6	3.2	180.4	-23.2	32.3	5.7
2	1.6	3.2	1048.1	-158.8	167.9	45.7
2	1.6	3.2	5028.7	-780.8	789.9	230.0
2	1.6	3.2	29954.4	-4675.4	4684.5	1384.0
2	1.6	3.2	111112.0	-17356.3	17365.4	5141.3
2	1.6	3.2	244.6	-33.2	42.3	8.7
2	1.6	3.2	1443.3	-220.5	229.6	64.0
2	1.6	3.2	6987.4	-1086.8	1095.9	320.7
2	1.6	3.2	42096.5	-6572.6	6581.7	1946.1
2	1.6	3.2	155786.0	-24336.6	24345.7	7209.5

H(m) : 袖高
 h/l : 土石流荷重の作用位置
 b(m) : 底面幅
 P(t) : 土石流荷重
 SIGMA 1,2 : 上・下流端応力(t/m²)
 AS(cm²) : 鉄筋量



H	b/l	b	P	SIGMA1	SIGMA2	AS
(a)	(a)	(t)	(t/a2)	(t/a2)	(ca2)	
2	1.6	3.2	31.9	-0.0	9.1	0.0
2	1.6	3.2	170.7	-21.7	39.8	5.3
2	1.6	3.2	767.5	-114.9	124.1	32.8
2	1.6	3.2	4415.8	-685.0	674.1	201.6
2	1.6	3.2	16474.9	-2572.4	2581.5	760.8
2	1.6	3.2	79.6	-7.5	16.6	1.4
2	1.6	3.2	445.0	-64.6	73.7	17.9
2	1.6	3.2	2073.3	-319.0	329.1	93.2
2	1.6	3.2	12142.1	-1872.2	1901.3	559.3
2	1.6	3.2	45132.0	-7046.9	7056.0	2085.6
2	1.6	3.2	116.8	-13.3	22.4	2.9
2	1.6	3.2	664.4	-98.0	107.9	28.0
2	1.6	3.2	3139.6	-485.4	474.5	142.5
2	1.6	3.2	18556.8	-2974.5	2903.6	856.3
2	1.6	3.2	68728.9	-10733.9	10743.0	3179.1
2	1.6	3.2	180.4	-23.2	32.3	5.7
2	1.6	3.2	1049.1	-158.8	167.9	45.7
2	1.6	3.2	5028.7	-780.8	789.9	230.0
2	1.6	3.2	29954.4	-4675.4	4694.5	1394.0
2	1.6	3.2	111112.0	-17356.3	17365.4	5141.3
2	1.6	3.2	244.6	-33.2	42.3	8.7
2	1.6	3.2	1443.3	-220.5	229.6	64.0
2	1.6	3.2	6787.4	-1096.8	1095.9	320.7
2	1.6	3.2	42076.5	-6572.6	6581.7	1946.1
2	1.6	3.2	155786.0	-24336.6	24345.7	7209.5

H	b/l	b	P	SIGMA1	SIGMA2	AS
(a)	(a)	(t)	(t/a2)	(t/a2)	(ca2)	
2	1.6	3.4	31.9	-0.8	8.1	0.0
2	1.6	3.4	170.7	-18.4	27.3	4.7
2	1.6	3.4	767.5	-101.0	109.9	39.5
2	1.6	3.4	4415.8	-606.0	614.8	189.4
2	1.6	3.4	16474.9	-2277.8	2286.7	715.7
2	1.6	3.4	79.6	-5.8	14.7	1.0
2	1.6	3.4	445.0	-56.4	65.3	16.5
2	1.6	3.4	2073.3	-281.8	290.6	87.3
2	1.6	3.4	12142.1	-1675.4	1684.2	526.0
2	1.6	3.4	45132.0	-6241.5	6250.3	1963.5
2	1.6	3.4	116.8	-11.0	19.8	2.5
2	1.6	3.4	664.4	-86.8	95.6	26.0
2	1.6	3.4	3139.6	-429.2	438.1	133.7
2	1.6	3.4	18556.8	-2563.2	2572.1	805.6
2	1.6	3.4	68728.9	-9507.5	9516.3	2991.7
2	1.6	3.4	180.4	-19.8	28.6	5.1
2	1.6	3.4	1049.1	-139.9	148.7	42.7
2	1.6	3.4	5028.7	-690.8	699.7	216.1
2	1.6	3.4	29954.4	-4140.8	4149.6	1302.2
2	1.6	3.4	111112.0	-15373.6	15382.5	4838.5
2	1.6	3.4	244.6	-28.7	37.5	7.8
2	1.6	3.4	1443.3	-194.6	203.4	59.9
2	1.6	3.4	6787.4	-961.9	970.8	301.4
2	1.6	3.4	42076.5	-5821.3	5830.2	1831.3
2	1.6	3.4	155786.0	-21556.9	21565.7	6785.0

H	b/l	b	P	SIGMA1	SIGMA2	AS
(a)	(a)	(t)	(t/a2)	(t/a2)	(ca2)	
2	1.6	3.6	31.9	-1.4	7.2	0.0
2	1.6	3.6	170.7	-15.7	24.3	4.1
2	1.6	3.6	767.5	-89.4	98.0	28.4
2	1.6	3.6	4415.8	-539.8	548.4	178.5
2	1.6	3.6	16474.9	-2031.1	2039.7	675.6
2	1.6	3.6	79.6	-4.5	13.1	0.9
2	1.6	3.6	445.0	-49.6	58.2	15.2
2	1.6	3.6	2073.3	-250.6	257.2	82.1
2	1.6	3.6	12142.1	-1473.7	1502.3	476.5
2	1.6	3.6	45132.0	-5564.5	5575.1	1854.1
2	1.6	3.6	116.8	-9.1	17.7	2.6
2	1.6	3.6	664.4	-76.7	85.3	24.2
2	1.6	3.6	3139.6	-392.1	397.7	126.0
2	1.6	3.6	18556.8	-2285.6	2294.2	760.4
2	1.6	3.6	68728.9	-8479.7	8488.3	2825.1
2	1.6	3.6	180.4	-16.9	25.5	4.5
2	1.6	3.6	1049.1	-124.0	132.7	40.0
2	1.6	3.6	5028.7	-615.5	624.1	203.7
2	1.6	3.6	29954.4	-3692.7	3701.3	1229.5
2	1.6	3.6	111112.0	-13712.2	13720.8	4569.3
2	1.6	3.6	244.6	-24.8	33.5	7.1
2	1.6	3.6	1443.3	-172.8	181.4	56.2
2	1.6	3.6	6787.4	-857.3	865.9	284.3
2	1.6	3.6	42076.5	-5191.8	5200.4	1729.2
2	1.6	3.6	155786.0	-19227.5	19236.1	6407.7

H	b/l	b	P	SIGMA1	SIGMA2	AS
(a)	(a)	(t)	(t/a2)	(t/a2)	(ca2)	
3	2.4	3.3	22.0	-2.8	10.7	0.0
3	2.4	3.3	135.7	-22.3	35.7	5.2
3	2.4	3.3	692.4	-145.0	158.4	42.3
3	2.4	3.3	4401.3	-962.4	975.8	292.0
3	2.4	3.3	16007.3	-3520.2	3533.6	1073.6
3	2.4	3.3	53.0	-4.0	17.5	0.5
3	2.4	3.3	342.0	-67.7	81.2	18.8
3	2.4	3.3	1819.4	-373.3	406.8	119.2
3	2.4	3.3	11830.2	-2579.4	2613.0	792.3
3	2.4	3.3	43171.9	-9506.9	9520.3	2902.8
3	2.4	3.3	76.8	-9.3	22.8	1.6
3	2.4	3.3	504.6	-103.6	117.0	29.7
3	2.4	3.3	2719.3	-571.7	605.1	178.8
3	2.4	3.3	17857.5	-3727.9	3741.4	1179.1
3	2.4	3.3	65318.6	-14397.7	14401.1	4374.2
3	2.4	3.3	116.3	-18.0	31.5	4.0
3	2.4	3.3	782.1	-164.7	178.2	48.4
3	2.4	3.3	4289.2	-937.6	951.1	294.5
3	2.4	3.3	28574.4	-6274.2	6307.6	1921.2
3	2.4	3.3	104285.0	-22775.3	22798.7	7018.2
3	2.4	3.3	156.1	-26.8	40.2	6.5
3	2.4	3.3	1059.7	-225.9	239.4	67.0
3	2.4	3.3	5915.1	-1276.0	1309.4	393.9
3	2.4	3.3	39807.9	-8765.5	8778.9	2676.3
3	2.4	3.3	145215.0	-31995.7	32009.1	9774.4

H	b/l	b	P	SIGMA1	SIGMA2	AS
(a)	(a)	(t)	(t/a2)	(t/a2)	(ca2)	
3	2.4	3.6	22.0	-4.0	9.0	0.0
3	2.4	3.6	135.7	-17.1	30.0	4.1
3	2.4	3.6	692.4	-120.2	133.1	38.0
3	2.4	3.6	4401.3	-807.0	820.0	264.9
3	2.4	3.6	16007.3	-2954.3	2969.2	983.3
3	2.4	3.6	53.0	-1.8	14.7	0.1
3	2.4	3.6	342.0	-55.3	68.2	16.5
3	2.4	3.6	1819.4	-328.9	341.8	107.5
3	2.4	3.6	11830.2	-2182.8	2195.7	725.4
3	2.4	3.6	43171.9	-7786.8	7799.7	2660.1
3	2.4	3.6	76.8	-6.2	19.1	1.0
3	2.4	3.6	504.6	-85.4	98.3	26.5
3	2.4	3.6	2719.3	-495.5	509.5	163.1
3	2.4	3.6	17857.5	-3278.9	3311.8	1097.5
3	2.4	3.6	65318.6	-12080.0	12100.9	4027.2
3	2.4	3.6	116.3	-13.5	26.4	3.0
3	2.4	3.6	782.1	-136.8	149.7	43.5
3	2.4	3.6	4289.2	-786.3	799.2	260.0
3	2.4	3.6	28574.4	-5287.2	5300.2	1760.3
3	2.4	3.6	104285.0	-19304.0	19316.9	6432.5
3	2.4	3.6	156.1	-20.9	33.8	5.3
3	2.4	3.6	1059.7	-188.2	201.1	60.7
3	2.4	3.6	5915.1	-1087.4	1100.3	360.3
3	2.4	3.6	39807.9	-7363.8	7376.7	2452.5
3	2.4	3.6	145215.0	-26893.6	26896.6	8959.1

H	b/l	b	P	SIGMA1	SIGMA2	AS
(a)	(a)	(t)	(t/a2)	(t/a2)	(ca2)	
3	2.4	3.9	22.0	-4.8	7.6	0.0
3	2.4	3.9	135.7	-13.1	25.6	3.2
3	2.4	3.9	692.4	-101.0	113.4	34.3
3	2.4	3.9	4401.3	-686.2	698.7	245.6
3	2.4	3.9	16007.3	-2517.5	2530.0	904.9
3	2.4	3.9	53.0	-0.1	12.5	0.0
3	2.4	3.9	342.0	-45.7	58.1	14.5
3	2.4	3.9	1819.4	-278.8	291.3	98.5
3	2.4	3.9	11830.2	-1859.4	1870.9	668.8
3	2.4	3.9	43171.9	-6803.8	6816.3	2454.7
3	2.4	3.9	76.8	-3.8	16.3	0.5
3	2.4	3.9	504.6	-71.3	83.8	23.7
3	2.4	3.9	2719.3	-420.8	433.3	149.7
3	2.4	3.9	17857.5	-2809.5	2821.9	1012.3
3	2.4	3.9	65318.6	-10278.4	10310.9	3716.6
3	2.4	3.9	116.3	-10.0	22.5	2.2
3	2.4	3.9	782.1	-115.1	127.6	39.4
3	2.4	3.9	4289.2	-668.5	681.0	239.2
3	2.4	3.9	28574.4	-4593.6	4516.1	1624.1
3	2.4	3.9	104285.0	-16446.9	16459.4	5936.9
3	2.4	3.9	156.1	-16.3	28.8	4.3
3	2.4	3.9	1059.7	-159.9	171.4	55.2
3	2.4	3.9	5915.1	-925.0	937.5	331.8
3	2.4	3.9	39807.9	-6273.0	6285.5	2263.0
3	2.4	3.9	145215.0	-22905.3	22917.8	8269.1

H	h/I	b	P	SIGMA1	SIGMA2	AS
(a)	(a)	(t)	(t)	(t/a2)	(t/a2)	(ca2)
4	3.2	3.4	15.1	6.2	11.5	0.0
4	3.2	3.4	104.2	-18.5	36.2	3.9
4	3.2	3.4	594.5	-154.2	171.9	45.9
4	3.2	3.4	4152.6	-1139.1	1156.8	355.9
4	3.2	3.4	15139.3	-4180.4	4199.1	1313.3
4	3.2	3.4	35.7	0.5	17.2	0.0
4	3.2	3.4	255.9	-60.5	78.2	16.6
4	3.2	3.4	1518.5	-410.0	427.7	126.3
4	3.2	3.4	10925.4	-3014.0	3031.7	946.1
4	3.2	3.4	39993.5	-11060.5	11078.2	3479.2
4	3.2	3.4	51.0	-3.7	21.4	0.4
4	3.2	3.4	370.8	-92.3	110.0	26.5
4	3.2	3.4	2252.5	-613.2	630.8	190.3
4	3.2	3.4	16395.8	-4528.3	4544.0	1422.8
4	3.2	3.4	59913.7	-16574.7	16592.4	5215.2
4	3.2	3.4	76.6	-10.8	28.5	1.9
4	3.2	3.4	567.0	-146.6	164.3	43.5
4	3.2	3.4	3493.7	-956.7	974.4	298.4
4	3.2	3.4	25896.2	-7158.1	7175.8	2259.7
4	3.2	3.4	94697.4	-26203.4	26221.1	8246.5
4	3.2	3.4	102.2	-17.9	35.4	3.8
4	3.2	3.4	764.9	-201.4	219.1	60.7
4	3.2	3.4	4780.8	-1313.0	1330.7	410.6
4	3.2	3.4	35703.1	-9872.8	9890.5	3105.3
4	3.2	3.4	130860.0	-36213.8	36231.5	11397.9

H	h/I	b	P	SIGMA1	SIGMA2	AS
(a)	(a)	(t)	(t)	(t/a2)	(t/a2)	(ca2)
4	3.2	3.8	15.1	7.6	9.2	0.0
4	3.2	3.8	104.2	-12.1	29.0	2.5
4	3.2	3.8	594.5	-120.8	137.6	39.7
4	3.2	3.8	4152.6	-909.3	926.1	317.0
4	3.2	3.8	15139.3	-3344.0	3360.8	1173.6
4	3.2	3.8	35.7	3.1	13.8	0.0
4	3.2	3.8	255.9	-45.7	62.6	13.6
4	3.2	3.8	1518.5	-325.5	342.4	111.7
4	3.2	3.8	10925.4	-2410.2	2427.0	845.1
4	3.2	3.8	39993.5	-8851.9	8868.7	3111.6
4	3.2	3.8	51.0	-0.3	17.2	0.0
4	3.2	3.8	370.8	-71.2	89.0	22.4
4	3.2	3.8	2252.5	-489.2	505.0	168.9
4	3.2	3.8	16395.8	-3622.5	3639.3	1271.6
4	3.2	3.8	59913.7	-13266.3	13283.1	4664.8
4	3.2	3.8	76.6	-6.0	22.8	0.9
4	3.2	3.8	567.0	-114.7	131.5	37.6
4	3.2	3.8	3493.7	-763.3	780.1	265.6
4	3.2	3.8	25896.2	-5727.8	5744.6	2012.4
4	3.2	3.8	94697.4	-20974.6	20991.4	7377.0
4	3.2	3.8	102.2	-11.7	28.5	2.4
4	3.2	3.8	764.9	-158.5	175.4	53.0
4	3.2	3.8	4780.8	-1048.5	1065.3	366.0
4	3.2	3.8	35703.1	-7901.1	7917.9	2777.1
4	3.2	3.8	130860.0	-26988.5	26905.3	10196.7

H	h/I	b	P	SIGMA1	SIGMA2	AS
(a)	(a)	(t)	(t)	(t/a2)	(t/a2)	(ca2)
4	3.2	4.2	15.1	8.6	7.5	0.0
4	3.2	4.2	104.2	-7.6	23.7	1.4
4	3.2	4.2	594.5	-96.5	112.6	34.6
4	3.2	4.2	4152.6	-742.0	758.1	285.5
4	3.2	4.2	15139.3	-2735.0	2751.2	1050.5
4	3.2	4.2	35.7	4.8	11.3	0.0
4	3.2	4.2	255.9	-35.1	51.2	11.1
4	3.2	4.2	1518.5	-264.1	280.3	99.7
4	3.2	4.2	10925.4	-1970.6	1986.7	763.2
4	3.2	4.2	39993.5	-7243.7	7259.9	2813.9
4	3.2	4.2	51.0	2.1	14.0	0.0
4	3.2	4.2	370.8	-55.9	72.1	19.0
4	3.2	4.2	2252.5	-397.3	413.4	151.4
4	3.2	4.2	16395.8	-2963.0	2979.1	1149.1
4	3.2	4.2	59913.7	-10857.4	10873.5	4219.2
4	3.2	4.2	76.6	-2.6	18.7	0.2
4	3.2	4.2	567.0	-91.5	107.7	32.7
4	3.2	4.2	3493.7	-622.5	638.6	239.0
4	3.2	4.2	25896.2	-4686.4	4702.5	1819.4
4	3.2	4.2	94697.4	-17167.4	17183.5	6673.1
4	3.2	4.2	102.2	-7.2	23.3	1.3
4	3.2	4.2	764.9	-127.4	143.6	45.6
4	3.2	4.2	4780.8	-855.9	872.1	329.8
4	3.2	4.2	35703.1	-6465.4	6481.6	2511.2
4	3.2	4.2	130860.0	-23727.5	23743.6	9224.2

H	h/I	b	P	SIGMA1	SIGMA2	AS
(a)	(a)	(t)	(t)	(t/a2)	(t/a2)	(ca2)
5	4.0	3.5	10.5	9.8	12.1	0.0
5	4.0	3.5	79.0	-12.6	34.4	2.2
5	4.0	3.5	495.4	-148.6	170.4	44.9
5	4.0	3.5	3799.3	-1227.4	1249.2	394.3
5	4.0	3.5	13997.4	-4557.4	4579.2	1473.4
5	4.0	3.5	24.5	5.2	16.6	0.0
5	4.0	3.5	189.1	-48.6	70.4	12.8
5	4.0	3.5	1236.1	-370.4	412.3	129.1
5	4.0	3.5	9816.4	-3192.2	3214.0	1031.0
5	4.0	3.5	36175.2	-11799.1	11820.9	3820.3
5	4.0	3.5	35.0	1.8	20.1	0.0
5	4.0	3.5	272.7	-75.9	97.7	21.5
5	4.0	3.5	1809.8	-577.4	599.3	183.7
5	4.0	3.5	14542.8	-4735.5	4757.3	1531.1
5	4.0	3.5	53808.3	-17556.9	17578.7	5686.2
5	4.0	3.5	52.3	-3.9	25.7	0.3
5	4.0	3.5	412.7	-121.6	143.4	36.2
5	4.0	3.5	2781.3	-895.0	916.8	286.6
5	4.0	3.5	22723.1	-7496.6	7428.4	2376.8
5	4.0	3.5	84348.2	-27529.1	27550.9	8717.9
5	4.0	3.5	69.4	-9.5	31.3	1.4
5	4.0	3.5	552.6	-167.3	189.1	50.9
5	4.0	3.5	3772.0	-1218.5	1240.3	391.4
5	4.0	3.5	31176.1	-10166.8	10188.6	3291.3
5	4.0	3.5	115433.0	-37679.2	37701.0	12207.3

H	h/I	b	P	SIGMA1	SIGMA2	AS
(a)	(a)	(t)	(t)	(t/a2)	(t/a2)	(ca2)
5	4.0	4.0	10.5	11.3	9.2	0.0
5	4.0	4.0	79.0	-5.8	26.4	0.3
5	4.0	4.0	495.4	-109.9	130.5	37.2
5	4.0	4.0	3799.3	-935.9	956.4	342.9
5	4.0	4.0	13997.4	-3485.4	3506.0	1287.1
5	4.0	4.0	24.5	7.8	12.7	0.0
5	4.0	4.0	189.1	-33.3	53.9	9.4
5	4.0	4.0	1236.1	-275.1	315.6	105.6
5	4.0	4.0	9816.4	-2440.2	2460.7	900.0
5	4.0	4.0	36175.2	-9029.9	9050.4	3340.6
5	4.0	4.0	35.0	5.2	15.4	0.0
5	4.0	4.0	272.7	-54.2	74.8	16.9
5	4.0	4.0	1809.8	-438.2	458.8	158.6
5	4.0	4.0	14542.8	-3621.8	3642.3	1337.6
5	4.0	4.0	53808.3	-13438.1	13459.7	4773.3
5	4.0	4.0	52.3	0.9	19.7	0.0
5	4.0	4.0	412.7	-89.2	109.8	27.6
5	4.0	4.0	2781.3	-691.4	701.9	248.6
5	4.0	4.0	22723.1	-5666.8	5697.4	2035.0
5	4.0	4.0	84348.2	-21073.1	21093.7	7801.0
5	4.0	4.0	69.4	-3.4	24.0	0.3
5	4.0	4.0	552.6	-124.2	144.8	42.5
5	4.0	4.0	3772.0	-929.0	949.6	340.3
5	4.0	4.0	31176.1	-7780.1	7800.6	2877.7
5	4.0	4.0	115433.0	-26844.3	26864.9	10679.3

H	h/I	b	P	SIGMA1	SIGMA2	AS
(a)	(a)	(t)	(t)	(t/a2)	(t/a2)	(ca2)
5	4.0	4.5	10.5	12.3	7.3	0.0
5	4.0	4.5	79.0	-1.2	20.8	0.1
5	4.0	4.5	495.4	-83.5	103.1	31.1
5	4.0	4.5	3799.3	-736.1	755.7	302.7
5	4.0	4.5	13997.4	-2750.6	2770.1	1142.0
5	4.0	4.5	24.5	9.5	10.1	0.0
5	4.0	4.5	189.1	-23.0	42.6	6.7
5	4.0	4.5	1236.1	-229.8	249.4	91.8
5	4.0	4.5	9816.4	-1924.7	1944.3	797.9
5	4.0	4.5	36175.2	-7131.4	7150.9	2767.3
5	4.0	4.5	35.0	7.4	12.1	0.0
5	4.0	4.5	272.7	-39.5	59.1	13.2
5	4.0	4.5	1809.8	-342.9	362.5	139.7
5	4.0	4.5	14542.8	-2859.3	2877.9	1186.9
5	4.0	4.5	53808.3	-10614.4	10634.0	4418.6
5	4.0	4.5	52.3	4.0	15.6	0.0
5	4.0	4.5	412.7	-67.2	86.7	24.4
5	4.0	4.5	2781.3	-535.0	554.6	218.9
5	4.0	4.5	22723.1	-4474.2	4493.7	1669.2
5	4.0	4.5	84348.2	-16647.0	16666.6	6332.2
5	4.0	4.5	69.4	0.7	18.9	0.0
5	4.0	4.5	552.6	-94.8	114.4	35.8
5	4.0	4.5	3772.0	-730.7	750.3	300.4
5	4.0	4.5	31176.1	-6143.9	6163.5	2555.9
5	4.0	4.5	115433.0	-22787.2	22806.8	9490.6

土石流衝撃力に対する緩衝材に
関する実験および解析報告書

I S S N 0386 - 5878
土 研 資 料 第 2169 号
昭和 60 年 3 月 (1985)

建設省 土木研究所砂防研究室 水 山 高 久

キーワード：土石流，衝撃力，緩衝材，動的応答解析，砂防ダム

要 旨

土石流が砂防ダム袖部に与える衝撃荷重に対して各種緩衝材の効果に関する実験を行い，その現象を理論的に解析し，衝撃荷重対策工の設計方法の提案を行ったものである。

○

郵便はがき

3 0 5 - □ □

四十円切手
をはって下
さい。

建設省土木研究所
砂防部 砂防研究室 御 中

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. _____

No. _____

土研資料第 2169 号

配布先住所

配布先氏名

○

土木研究所資料第2169号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印