土研資料第 1736 号

土 木 研 究 所 資 料

道路交通振動の軽減対策に関する研究

昭和56年10月

建 設 省 土 木 研 究 所
地震防災部振動研究室

ま　え　が　き

道路上を走行する車両は振動を励起し，これが道路構造体を経て地盤に伝わり，地盤中の各層で反射，屈折を繰返し，また，減衰しながら伝播して対象物を振動させるが，これがある限度を越えた場合には，いわゆる振動障害を発生する。振動公害については昭和42年の公害対策基本法の制定により典型７公害の１つにあげられ，昭和51年６月には振動規制法が制定され，道路交通振動は工場・事業場振動，建設作業振動とともに規制対象となった。このような状況下において，道路交通振動の予測あるいは対策に関する調査・研究の必要性が高まっている。

道路交通振動の障害を軽減あるいは防除する対策としては，一般的には，振動源の対策，伝播経路の対策および障害対象物となる建物や施設での対策の分類が考えられる。これらのうち最も効果が期待できるのは，振動源を十分に離して距離による減衰効果を利用することである。しかしながら，都市化が進んだ現在の道路沿線ではこのような対策を採用することはかなり難しく，道路交通振動の問題を克服するためには，その他の各種対策についても調査研究を進めていく必要がある。

振動研究室では道路交通振動の軽減対策法として，振動源での一対策としての舗装構造の改善および振動の伝播経路上での一対策としての地中防振溝・地中防振壁をとりあげ，これらの軽減効果に関して，野外模型振動実験，現地振動測定調査および数値解析を実施してきた。当研究室における道路交通振動の軽減対策に関する調査は昭和55年度で終了したが，本報告はこれまでの調査・研究の成果をとりまとめたものである。ただし，本報告では数値解析を中心に報告することとし，野外模型振動実験，現地振動測定調査に関する詳細は引用文献によるものとし，本報告ではその概要およびまとめの記述に止めた。

昭和56年10月

地震防災部
振動研究室　室　長　岩　崎　敏　男
〃　　研究員　常　田　賢　一
〃　　近　藤　益　央
耐震研究室　　後　藤　勝　志
（振動研究室併任）

目　　次

まえがき
1. 概　　要 …… 1
2. 道路交通振動の軽減対策および現地調査の概要 …… 4
3. 数値解析 …… 6
3.1 概　要 …… 6
3.2 解析法 …… 6
3.2.1 解析プログラムの概要 …… 6
3.2.2 モデル化 …… 23
3.2.3 解析法の妥当性の検討 …… 27
3.3 現地振動測定調査の解析 …… 31
3.3.1 一般国道50号における解析 …… 31
3.3.2 一般国道 357号における解析 …… 55
3.4 道路交通振動の軽減対策に関する解析 …… 71
3.4.1 地中防振壁による軽減対策 …… 71
3.4.2 舗装構造等による軽減対策 …… 89
3.5 数値解析のまとめ …… 99
4. 道路交通振動の軽減対策のまとめ …… 100
あとがき …… 102
参考文献 …… 103
付属資料 …… 107

1. 概　　要

振動研究室における道路交通振動の軽減対策に関する研究の経緯を表－1.1に示す。本研究は昭和48年度を初年度とする“道路交通による振動障害の防除に関する試験調査”(道路事業調査費・試験調査）として開始されたが，それ以前にも地方建設局等において個々の問題の発生に際して実測調査を実施してきている。昭和48年度には，46～47年度に実施された道路交通振動の実態調査結果のとりまとめ，測定解析法の基準化試案の作成等を行なうとともに，振動防除のために路側帯が有効となることを提示した。また，振動防除に関連して，路側帯に設ける各種対策工法につき模型実験を行い，その効果を比較検討した。昭和49年度には，前述の測定解析法を改良するとともに，各地方建設局の技術事務所と協力して道路交通振動の実態調査を継続実施した。さらに，地盤振動の伝播機構に関する模型実験を実施した。50年度には，関東地方建設局管内国道6号松戸・柏間において振動実測調査を行い周辺地盤の振動レベルに与える各因子の影響を調査するとともに，近畿地方建設局管内の新設高架橋の振動試験調査を行ない高架橋の振動性状と周辺地盤の振動レベルを求めた。また，振動軽減対策の各種方法を検討した。さらに，環境庁の振動専門委員会に対して審議資料を提示し，振動規制を行うにあたっての規制基準値，測定方法の原案作成に協力した。

昭和51年度からは“道路交通振動に関する研究”（国立機関公害防止等試験研究費）が5ケ年計画で開始された。また，建設省技術研究会では“道路交通振動の対策に関する研究”の課題が道路部門の指定課題として採り上げられ，51年度から3ケ年の計画で道路交通振動の対策に関する研究が推進されることになった。51年度は，50年度に実施した道路交通振動実測データを用いて，各種要因を考慮した振動レベル（L_{10}）の予測式を計算し，また道路直角方向の距離減衰の予測式についても試算した。また，地盤振動伝播特性試験および溝による振動軽減対策に関する野外実験を千葉支所構内において実施した。さらに，地方建設局と協力して振動軽減対策に関する現場実測調査を実施した。52年度は，前年度試算した振動レベル予測式を再検討し，簡易予測式を求めた。また，道路交通振動を軽減するための舗装構造の改善および地中防振壁による対策実験を筑波研究学園都市の土木研究所構内で実施した。さらに前年度と同様に各地方建設局と協力して道路交通振動の軽減対策に関する調査を実施した。53年度は振動軽減対策に関する数値解析計算および土木研究所千葉支所構内において舗装構成の違いによる振動軽減対策効果について野外振動実験を実施した。また，各地方建設局と協力して軽減対策に関する調査を継続した。

54年度および55年度は各地方建設局と協力して舗装構造の改善および地中防振壁による軽減対策に関する調査を継続するとともに，数値解析による軽減対策調査を実施した。また，“道路交通による振動障害の防除に関する試験調査”は54年度に，“道路交通振動に関する研究”は55年度に終了したため，道路交通振動の軽減対策に関する最終的なとりまとめを行った。

以上のように，これまでの研究経緯としては初期の段階では現地における振動測定調査による地盤振動伝播特性に関する調査が主体であったが，舗装構造の改善あるいは地中防振溝・防

振壁による軽減対策に関する具体的な調査を実施するようになったのは51年度以降であり，最終段階では諸条件の制約の多い野外振動実験や現地振動測定調査を補い，軽減対策の効果の予測を行うための数値解析法の作成に至っている。

本報告は道路交通振動の軽減対策に関する調査・研究のこれまでの成果をとりまとめたものであるが，第2章ではこれまでに実施した軽減対策に関する野外振動実験および現地振動測定調査の概要を，また，第3章において数値解析による調査結果を報告する。そして，第4章においては第2章および第3章での調査研究成果に基づいて，道路交通振動の軽減対策に関する全体的なまとめを行う。

表－1.1　道路交通振動の軽減対策に関する研究経緯

（注）○は文献番号を示す

項目＼年度	48	49	50	51	52	53	54	55
振動実測調査	(1)S46，47振動実測調査のまとめ		(1)一般国道6号交通振動実測調査 ⑦ (2)宿院高架橋振動測定	(1)振動レベルの予測式（一般国道6号） ⑦ (2)76B調査	(1)振動レベルの簡易予測式 (2)77B調査			
室内模型実験	(1)路床置換，舗装構造，防振壁，高架橋に関する実験⑤	(1)舗装剛性に関する実験						
野外振動実験				(1)振動レベルの距離減衰（土研千葉） ② (2)地中防振溝の対策実験（土研千葉） ②	(1)舗装剛性の対策実験（土研筑波） ③ (2)地中防振壁の対策実験（土研筑波） ③	(1)舗装構成の対策実験（土研千葉） ④		
現地振動試験				(1)地中防振壁の対策〔78B－2(ロ)〕 ・北海道開発局㉙	(1)地中防振壁の対策〔78B－2(ロ)〕 ・北海道開発局	(1)舗装構造の対策〔78B－2(イ)〕 ・常盤バイパス④ ・一般国道26号④ (2)地中防振壁の対策〔78B－2(ロ)〕 ・桐生バイパス④	(1)舗装構造の対策 ・一般国道302号 (2)地中防振壁の対策 ・桐生バイパス㉑ ・一般国道357号㉕	(1)地中防振壁の対策 ・桐生バイパス㉑ ・一般国道357号㉕
数値解析						(1)舗装剛性，地中防振壁の対策の解析（土研筑波実験）	(1)地中防振壁の対策の解析 ㉔（桐生バイパス試験）	(1)地中防振壁の対策の解析（一般国道357号試験） (2)舗装構造等の対策の解析
	(1)振動障害の調査要領および測定法の試案提示 (2)振動計測システムの整備	(1)道路交通振動測定法（案）の改訂 (2)振動計測システムの整備および解析機器の開発	(1)道路交通振動の対策に関する調査 (2)振動規制基準に関する調査			←……道路交通振動の軽減対策に関するまとめ……→ ※椿森橋の対策 ㊱		

2. 道路交通振動の軽減対策および現地調査の概要

道路交通による振動の発生，伝播および振動障害の誘発の過程を考えると，道路交通振動の軽減対策としては，振動源の対策，伝播経路の対策および建造物・施設の対策に大別されるが，それらの具体的な対策項目として，以下のものが考えられる。

A　振動源の対策

振動源に対する振動軽減対策としては，自動車自身と道路構造が対象となる。自動車自身および道路構造に対して考えられる対象としては，次のような対策が考えられる。

(1)　自動車に対する対策

i）車両構造の改良

ii）交通規制（速度制限，積荷制限，大型車規制および通行区分指定）

(2)　道路構造の対策

i）路面の平坦化（亀裂,凹凸,段差の除去）

ii）舗装構造（剛性，厚さの改善）

iii）路床部の地盤改良

(3)　高架橋に対する対策

i）路面およびエキスパンション部の不陸，段差の除去

ii）橋桁，橋脚および基礎工の剛性増加

B　伝播経路の対策

(1)　距離減衰を期待する対策（環境施設帯の設置）

(2)　地中防振壁

C　建造物や施設の対策

振動を受ける沿道の建造物や施設に対しては次の対策が考えられる。

(1)　老朽化したものを更新する。

(2)　基礎を堅固にする。

(3)　鉄筋コンクリート造を採用する。

(4)　斜材や壁構造に留意する。

(5)　施設の支持方式を工夫する。

道路交通振動の軽減対策としては現在のところ上記の各方法が考えられるが，本研究ではこれらの対策のうち，振動源の対策として舗装構造（舗装厚，舗装剛性）の改善を，また，伝播経路上での対策として地中防振壁の設置を取上げ，軽減効果に関する調査を実施してきた。表－1.1に示したように，道路交通振動の軽減対策に関する調査は48，49年度の室内模型実験，51～53年度の土木研究所旧千葉支所構内および現在の筑波研究学園都市内の土木研究所における野外振動実験，51～55年度の現地振動試験および53～55年度の数値解析がある。これらの調査は主として舗装構造あるいは地中防振溝・地中防振壁の軽減効果に関するものであるが，これ以外のものとしては50年度の宿院高架橋における軽減対策に関する調査および53年度の千葉

県椿森橋での軽減対策に関する技術指導がある。

以上の研究成果のうち，54，55年度の数値解析については本報告で詳述するが，他の調査結果に関しては既往の文献の引用に止めることにし，詳細は表－1.1に示す引用文献を参照されたい。

なお，地中防振溝，地中防振柱，地中防振壁の適用に関しては，現時点では試験的な施工例があるだけで実用化には至っていない。既往の調査例としては，鈴木－石垣（1960）[27]，吉井（1971）[28]，佐々木－木元－能登－東海林（1971）[29]，畠山－早川（1971）[30]，斉藤－小出－木村（1974）[31]，沢田－谷口－小笠原－館山（1976）[32]，東京都（1977）[33]，江島－吉岡－坂田－吉村（1980）[34]，岩崎－常田－後藤（1980）[21]（1981）[25]などがある。また，舗装構造に関する調査例としては，達下－鈴木－小林－松岡（1978）[35]がある。

また，道路交通振動一般あるいは振動測定に関しては，文献18)，37)，38）などを参照されたい。

3. 数 値 解 析

3.1 概　　要

通常，振動源から発生する振動は放射状に伝播し，また，道路および周辺地盤の形状・特性も均一でないため厳密には三次元モデルによる解析法が適当である。しかし，他の数値解析と同様にモデルの簡易化あるいは計算時間の短縮等の制約から，道路を振動源として発生した振動が周辺構造物に及ぼす影響を解析する場合も道路の横断方向の断面を考えた二次元モデルによる解析法で近似するのが通例である。ここでは，三次元的な地盤と構造物の連成振動が解析できるように開発された有限要素解析プログラム（ＦＬＵＳＨ）[39]を用いて道路交通振動の数値解析を試みた。ただし，ＦＬＵＳＨは地震時の地盤および構造物の動的な応答特性を解析するためのプログラムであるため，上下あるいは水平方向の点加振が可能な機能を加え，道路交通振動の解析に適用できるように手を加えている。また，別プログラムとして振動レベルの計算プログラムを備えた。

本章では，3.2において本解析プログラムの概要を紹介するとともに，既往のプログラムとの比較による検証結果を報告する。そして，3.3では既に地中防振壁の軽減効果に関する現地振動測定調査を実施している一般国道50号および一般国道357号の調査地点を対象とした数値解析を実施し，実測値と解析値の比較・検討を行い，本解析法の妥当性に関して検討した。さらに，3.4では地中防振壁による軽減対策に関して防振壁の諸条件を変えた場合の軽減効果に関する解析を行うとともに，舗装構造，道路の構造形式（盛土，堀割，環境施設帯盛土）による道路交通振動の軽減効果に関する数値解析を実施している。

3.2 解　析　法

3.2.1 解析プログラムの概要

解析に用いたプログラムでは，三次元モデルの動的解析を，二次元解析に近似的に置き換えるために，粘性境界と伝達境界を導入している。ここで，粘性境界は三次元遠方の地盤の剛性やエネルギー放散の効果を仮想境界力に置き換えるために用いており，伝達境界は有限要素を節約する工夫として，仮想境界力によって二次元遠方の剛性を考慮しているものである。また，解析では，高速フーリエ変換を用いた複素振動解析を用いている為に，計算時間が早くなっている。さらに，ひずみに依存するせん断定数，減衰定数を用いることによって地盤の非線形性を考慮できる。本プログラムは本来地震応答解析プログラムであるＦＬＵＳＨ[39]に交通振動を対象とした改造を施して，任意の位置でランダム波の点加振が入力できるようにしたものであり，使用の都合上ＤＡＰＴＶ（Dynamic Analysis Program for Traffic Vibration）と呼ぶことにする。

以下に解析法の概要を示す。[39]

1）基本式

3次元的な地盤と構造物の連成振動方程式は（3.1）式のように表わせる。

$$[M]\{\ddot{u}\}+[K]\{u\}=-\{m\}\cdot\ddot{y}-\{V\}+\{F\}-\{T\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (3.1)$$

ここに，　$\{u\}$：節点の相対変位

$\ddot{y}(t)$：基盤での入力加速度

$\{m\}$：各座標成分方向に対応する荷重倍数

$[M]$：質量マトリックス

$[K]$：剛性マトリックス

$\{V\}$：粘性境界で3次元の効果を表わす境界力

$\{F\}$：伝達境界で粘性減衰を表わす境界力

$\{T\}$：半無限粘弾性効果を表わす境界力

また，$\{V\}$，$\{F\}$，$\{T\}$は次式のように表わせる。

$$\{V\}=\frac{1}{L}[C](\{\dot{u}\}-\{\dot{u}\}_f) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (3.2)$$

L　：3次元方向の地盤の厚さ

$[C]$：反射エネルギーを吸収する対角マトリックス

$\{\dot{u}\}_f$：自然地盤内の既知点の速度

$$\{F\}=[G]\{u\}_f \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (3.3)$$

$[G]$：複素剛性マトリックス

$$\{T\}=([R]+[L])(\{u\}-\{u\}_f) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (3.4)$$

$[R]$：周波数に依存する境界マトリックス（右側）

$[L]$：周波数に依存する境界マトリックス（左側）

2）平面ひずみ要素

図3.2.1に示される四辺形要素において，変位が

$$\left.\begin{aligned} u&=a_1+a_2x+a_3y+a_4xy \\ v&=a_5+a_6x+a_7y+a_8xy \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (3.5)$$

で表わされるものとする。

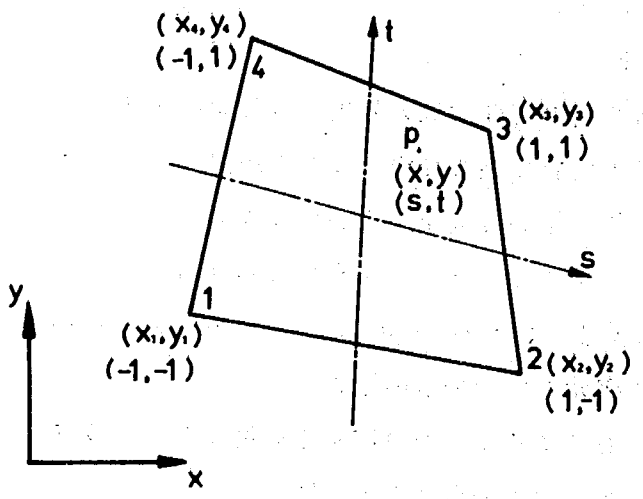
ここで，図3.2 1の四辺形に対し，辺上でのs，tの値が±1となる局部座標系を定義すると，形状関数は次式で与えられる。

$$N_i=\frac{1}{4}(1+s\cdot s_i)(1+t\cdot ti) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (3.6)$$

ここに，s_i，t_iはそれぞれ節点iの局部座標値である。

これをマトリックス表示すると

$$[N]^T = \frac{1}{4}\begin{Bmatrix} (1-s)(1-t) \\ (1+s)(1-t) \\ (1+s)(1+t) \\ (1-s)(1+t) \end{Bmatrix}^T \quad \cdots\cdots (3.7)$$



図－3.2.1　全体座標系と局部座標系

したがって，変位は次のように与えられる。

$$\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} = [N_1 \ N_2 \ N_3 \ N_4] \begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix}^e \quad \cdots\cdots (3.8)$$

ここに

$$\left(\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix}^e\right)^T = [u_1 \ v_1 \ u_2 \ v_2 \ u_3 \ v_3 \ u_4 \ v_4] \quad \cdots\cdots (3.9)$$

また，同様の関係式がx，y座標の補間公式としても成立する。

$$\begin{Bmatrix} x \\ y \end{Bmatrix} = [N_1 \ N_2 \ N_3 \ N_4] \begin{Bmatrix} x \\ y \end{Bmatrix}^e \quad \cdots\cdots (3.10)$$

ここに

$$\left(\begin{Bmatrix} x \\ y \end{Bmatrix}^e\right)^T = [x_1 \ y_1 \ x_2 \ y_2 \ x_3 \ y_3 \ x_4 \ y_4] \quad \cdots\cdots (3.11)$$

このように，要素の形状を表わす関数と変位関数が同じとなる要素を，アイソパラメトリック要素（isoparametric element）という。

今，要素内ひずみは，ひずみマトリックス［B］と節点変位によって，

$$\{\varepsilon\} = [B]\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix}^e \qquad \cdots\cdots (3.12)$$

で表わされる。ここで

$$\{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \dfrac{\partial u}{\partial x} \\ \dfrac{\partial v}{\partial y} \\ \dfrac{\partial u}{\partial y} + \dfrac{\partial v}{\partial x} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \dfrac{\partial}{\partial x} & 0 \\ 0 & \dfrac{\partial}{\partial y} \\ \dfrac{\partial}{\partial y} & \dfrac{\partial}{\partial x} \end{Bmatrix}\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} \qquad \cdots\cdots (3.13)$$

x および y に関する微分を，s および t に関する微分に変換する関係式は

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial s} &= \frac{\partial x}{\partial s}\cdot\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial s}\cdot\frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial t} &= \frac{\partial x}{\partial t}\cdot\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t}\cdot\frac{\partial}{\partial y} \end{aligned}\right\} \qquad \cdots\cdots (3.14)$$

マトリックスの形で表示すると

$$\begin{Bmatrix} \dfrac{\partial}{\partial s} \\ \dfrac{\partial}{\partial t} \end{Bmatrix} = [J]\begin{Bmatrix} \dfrac{\partial}{\partial x} \\ \dfrac{\partial}{\partial y} \end{Bmatrix} \text{および} \begin{Bmatrix} \dfrac{\partial}{\partial x} \\ \dfrac{\partial}{\partial y} \end{Bmatrix} = [J]^{-1}\begin{Bmatrix} \dfrac{\partial}{\partial s} \\ \dfrac{\partial}{\partial t} \end{Bmatrix} \qquad \cdots\cdots (3.15)$$

ここで，［J］はヤコビアン・マトリックスであり，

$$[J] = \begin{bmatrix} \dfrac{\partial x}{\partial s} & \dfrac{\partial y}{\partial s} \\ \dfrac{\partial x}{\partial t} & \dfrac{\partial y}{\partial t} \end{bmatrix} \qquad \cdots\cdots (3.16)$$

で表わされる。今考えている四辺形要素に対するヤコビアン・マトリックスは，（3.16）式に（2.7），（2.10），（2.11）式を代入すると次の様になる

$$[J] = \frac{1}{4}\begin{bmatrix} -(1-t) & (1-t) & (1+t) & -(1+t) \\ -(1-s) & -(1+s) & (1+s) & (1-s) \end{bmatrix}\begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ x_3 & y_3 \\ x_4 & y_4 \end{bmatrix} \qquad \cdots\cdots (3.17)$$

また，この逆行列は以下のようになる。

$$[J]^{-1} = \frac{1}{|[J]|}\begin{bmatrix} \dfrac{\partial y}{\partial t} & -\dfrac{\partial y}{\partial s} \\ -\dfrac{\partial x}{\partial t} & \dfrac{\partial x}{\partial t} \end{bmatrix}$$

$$= \frac{1}{|[J]|} \cdot \frac{1}{4} \begin{bmatrix} y_1 & y_2 & y_3 & y_4 \\ -x_1 & -x_2 & -x_3 & -x_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -(1-s) & (1-t) \\ -(1+s) & -(1-t) \\ (1+s) & -(1+t) \\ (1-s) & (1+t) \end{bmatrix}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{|[J]|} [i\,J]_{2\times 2} \quad \cdots\cdots (3.18)$$

同様にして

$$dx \cdot dy = \det|J| \cdot ds \cdot dt \quad \cdots\cdots (3.19)$$

したがって，ひずみマトリックス［B］は，（3.8），（3.13），（3.15），（3.18）式と（3.12）式の関係により s，t 座標系で表わすことができる。

$$[B] = \begin{bmatrix} T_{11} & 0 & T_{12} & 0 & T_{13} & 0 & T_{14} & 0 \\ 0 & T_{21} & 0 & T_{22} & 0 & T_{23} & 0 & T_{24} \\ T_{21} & T_{11} & T_{22} & T_{12} & T_{23} & T_{13} & T_{24} & T_{14} \end{bmatrix} \cdots\cdots (3.20)$$

ここに，

$$\begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} & T_{14} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} & T_{24} \end{bmatrix}$$

$$= [J]^{-1} \cdot \frac{1}{4} \cdot \begin{bmatrix} -(1-t) & (1-t) & (1+t) & -(1+t) \\ -(1-s) & -(1+s) & (1+s) & (1-s) \end{bmatrix} \cdots\cdots (3.21)$$

応力－ひずみマトリックス［D］は次のように表わされる。

$$[D] = \frac{E \cdot (1-\nu)}{(1+\nu)(1-\nu)} \begin{bmatrix} 1 & \frac{\nu}{1-\nu} & 0 \\ \frac{\nu}{1-\nu} & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)} \end{bmatrix} \cdots\cdots (3.22)$$

次に，要素剛性マトリックスと分布質量マトリックスは次のようになる。

要素の剛性マトリックス

$$[K]^e = \int_{-1}^{1} \int_{-1}^{1} [B]^T \cdot [D] \cdot [B] \cdot |[J]| \cdot ds \cdot dt \quad \cdots\cdots (3.23)$$

ここに，［B］：ひずみマトリックス　（3.20式）

［D］：応力ひずみマトリックス　（3.22式）

要素の分布質量マトリックス

$$[M] = \rho \int_{-1}^{1} \int_{-1}^{1} [N]^T [N] |[J]| \cdot ds \cdot dt \quad \cdots\cdots (3.24)$$

ここに，ρ：密度

$$[N] = \begin{bmatrix} b_1 & 0 & b_2 & 0 & b_3 & 0 & b_4 & 0 \\ 0 & b_1 & 0 & b_2 & 0 & b_3 & 0 & b_4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} (1-s)(1-t) \\ (1+s)(1-t) \\ (1+s)(1+t) \\ (1-s)(1-t) \end{bmatrix}$$

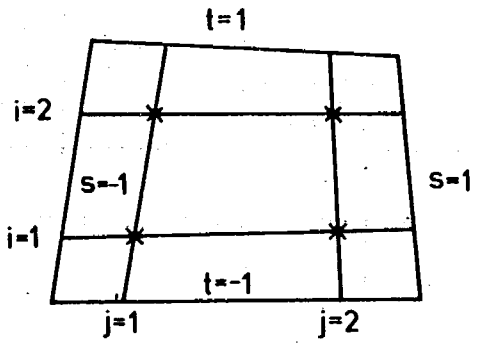
剛性マトリックス，質量マトリックスを求めるためには（3.23）（3.24）式の積分を行なわなければならない。これを行なうのにガウスの積分法を用いている。

$$\int_{-1}^{1} f(x) \cdot dx = \sum_{j=1}^{n} H_j f(a_j)$$

$$n = 2$$

横座標　$a = \pm\ 0.577350269189626$

重み係数 $H = 1.0$



図－3.2.2　ガウス積分

3）はり要素

(1)　剛性マトリックス

$$[K] = E \cdot \begin{bmatrix}
\frac{A}{\ell}\lambda^2 + \frac{12 \cdot I}{\ell^3(1+\epsilon)}\mu^2 & (\frac{A}{\ell} - \frac{12\,I}{\ell^3(1+\epsilon)})\lambda\mu & \frac{6\,I}{\ell^2(1+\epsilon)}\mu & 0 & \frac{A}{\ell}\lambda^2 - \frac{12 \cdot I}{\ell^3(1+\epsilon)}\mu^2 & (\frac{A}{\ell} - \frac{12 \cdot I}{\ell^3(1+\epsilon)})\lambda\mu & -\frac{6\,I}{\ell^2(1+\epsilon)}\mu & 0 \\
 & \frac{A}{\ell}\mu^2 + \frac{12 \cdot I}{\ell^3(1+\epsilon)}\lambda^2 & \frac{6\,I}{\ell^2(1+\epsilon)}\lambda & 0 & (\frac{12\,I}{\ell^3(1+\epsilon)} - \frac{A}{\ell})\lambda\mu & \frac{A}{\ell}\mu^2 - \frac{12 \cdot I}{\ell^3(1+\epsilon)}\lambda^2 & \frac{6\,I}{\ell^2(1+\epsilon)}\lambda & 0 \\
 & & \frac{(4+\epsilon) \cdot I}{\ell(1+\epsilon)} & 0 & \frac{6\,I}{\ell^2(1+\epsilon)}\mu & -\frac{6\,I}{\ell^2(1+\epsilon)}\lambda & \frac{(2-\epsilon) \cdot I}{\ell(1+\epsilon)} & 0 \\
 & & & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 & & & & \frac{A}{\ell}\lambda + \frac{12 \cdot I}{\ell^3(1+\epsilon)}\mu^2 & (\frac{A}{\ell} - \frac{12\,I}{\ell^3(1+\epsilon)})\lambda\mu & -\frac{6\,I}{\ell^2(1+\epsilon)}\mu & 0 \\
 & & \text{SYM.} & & & \frac{A}{\ell}\mu^2 + \frac{12 \cdot I}{\ell^3(1+\epsilon)}\lambda^2 & -\frac{6\,I}{\ell^2(1+\epsilon)}\lambda & 0 \\
 & & & & & & \frac{(4+\epsilon)\,I}{\ell(1+\epsilon)} & 0 \\
 & & & & & & & 1
\end{bmatrix}$$

ここに，　E：複素剛性係数

A：単位幅当りの断面積

ℓ：はりの長さ

I：断面二次モーメント

λ：$\cos\varphi = (x_2 - x_1)/\ell$

μ：$\sin\varphi = (y_2 - y_1)/\ell$

ε：$12 \cdot I \cdot K/\ell^2$

K：有効断面積比

(2)　質量マトリックス

$$
[M]=\rho\cdot A\begin{bmatrix}
\frac{\ell}{3}\lambda^2+\frac{13}{35}\ell\mu^2 & -\frac{4}{105}\ell\cdot\lambda\cdot\mu & -\frac{11}{210}\cdot\ell^2\cdot\mu & 0 & \frac{\ell}{6}\lambda^2+\frac{9}{70}\ell\cdot\mu^2 & \frac{4}{105}\cdot\ell\cdot\lambda\cdot\mu & \frac{13}{420}\cdot\ell^2\cdot\mu & 0 \\
 & \frac{\ell}{3}\mu^2+\frac{13}{35}\ell\cdot\lambda^2 & \frac{11}{210}\cdot\ell^2\cdot\mu & 0 & \frac{4}{105}\ell\cdot\lambda\cdot\mu & \frac{\ell}{6}\cdot\mu^2+\frac{9}{70}\ell\cdot\mu^2 & -\frac{13}{420}\cdot\ell\cdot\lambda & 0 \\
 & & \frac{\ell^3}{105} & 0 & -\frac{13}{420}\ell^2\cdot\mu & \frac{13}{420}\cdot\ell\cdot\lambda & -\frac{1}{140}\ell^3 & 0 \\
 & & & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 & & & & \frac{\ell}{3}\lambda^2+\frac{13}{35}\ell\cdot\mu^2 & -\frac{4}{105}\ell\cdot\lambda\cdot\mu & \frac{11}{210}\cdot\ell^2\cdot\mu & 0 \\
 & & \text{SYM.} & & & \frac{\ell}{3}\cdot\mu^2+\frac{13}{35}\ell\cdot\lambda^2 & -\frac{11}{210}\cdot\ell^2\cdot\mu & 0 \\
 & & & & & & \frac{\ell^3}{105} & 0 \\
 & & & & & & & 0
\end{bmatrix}
$$

ここに，　ρ：密度

A：単位幅当りの断面積

λ：$\cos\varphi = (x_2 - x_1)/\ell$

μ：$\sin\varphi = (y_2 - y_1)/\ell$

ℓ：はりの長さ

4）粘性境界

波動の反射エネルギーを吸収してしまう粘性境界を満足する境界応力条件は，

$$
\left.\begin{aligned}
\sigma &= \rho\cdot V_P\cdot\dot{u} \\
\tau &= \rho\cdot V_S\cdot\dot{u}
\end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (3.25)
$$

で表わされる。ここに，

ρ：密度

V_P：P波のせん断波速度

V_S：S波のせん断波速度

$\dot{u}$ ：自然地盤の速度

しかし，P波によるZ方向の伝達は小さいので，直応力σは無視する。任意の節点におけるダッシュポットを次のようにおく。

$$C_i = \frac{2}{L}\rho \cdot V_s \quad \cdots\cdots (3.26)$$

ここに，L：地盤の幅

2：モデルの両側を表わす

全体の減衰マトリックスは，対角マトリックスとなり，次の様に表わす。

$$[C] = \begin{bmatrix} C_1 & & & 0 \\ & C_2 & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & C_n \end{bmatrix}$$

また外力$\{f\}$に対する応答を

$$\{u\} = \{U\} \cdot e^{iwt}$$
$$\{\dot{u}\} = iw\{U\} \cdot e^{iwt}$$
$$\{\ddot{u}\} = -w^2\{U\}\, e^{iwt}$$

とすると，粘性境界に等価な節点力は

$$\{P\} = [C] \cdot \{\dot{u}\} = [C] \cdot iw\{U\}\, e^{iwt} \quad \cdots\cdots (3.27)$$

で表わされる。ここに，$\{U\}$：複素数変位振幅

5）伝達境界

Rayleigh 波は波動の進行面内で，xとzの2自由度の変位があり，

$$\delta = v(z) \cdot e^{i(wt-kx)} \quad \cdots\cdots (3.28)$$

の形の調和振動変位を含む自由振動として定義する。又振幅関数$v(z)$が各地層内で線形に変化すると仮定すると，離散化されたRayleigh 波は，

$$\{\delta\} = \alpha \cdot \{v\}\, e^{i(wt-kx)} \quad \cdots\cdots (3.29)$$

で表わされる。

ここに，$\{\delta\}$：地層境界面の変位$\delta_j\{j=1, 2, \cdots\cdots n\}$

$\{v\}$：複素振幅ベクトル

α：振動モードに関する係数で複素数

次に，離散化されたRayleigh 波の運動方程式は，

$$([A] \cdot k^2 + i[B]k + [G] - w^2[M])\{v\} = \{0\} \quad \cdots\cdots (3.30)$$

で表わされる。ここで，サブマトリックスは，$2n \times 2n$ の次元であり，剛性に関しては次式となる。

$$[A]_j = \frac{h_j}{6}\begin{bmatrix} 2(2G_j+\lambda_j) & 0 & (2G_j+\lambda_j) & 0 \\ 0 & 2G_j & 0 & G_j \\ (2G_j+\lambda_j) & 0 & 2(2G_j+\lambda_j) & 0 \\ 0 & G_j & 0 & 2G_j \end{bmatrix} \quad j=1,\cdots\cdots,n$$

$$[B]_j = \frac{1}{2}\begin{bmatrix} 0 & (G_j-\lambda_j) & 0 & (G_j+\lambda_j) \\ -(G_j-\lambda_j) & 0 & (G_j+\lambda_j) & 0 \\ 0 & -(G_j+\lambda_j) & 0 & -(G_j-\lambda_j) \\ -(G_j+\lambda_j) & 0 & (G_j-\lambda_j) & 0 \end{bmatrix} \quad j=1,\cdots\cdots,n$$

$$[G]_j = \frac{1}{h_j}\begin{bmatrix} G_j & 0 & -G_j & 0 \\ 0 & (2G_j+\lambda_j) & 0 & -(2G_j+\lambda_j) \\ -G_j & 0 & G_j & 0 \\ 0 & -(2G_j+\lambda_j) & 0 & (2G_j+\lambda_j) \end{bmatrix} \quad j=1,\cdots\cdots,n$$

ここに，　G_j ： せん断弾性係数

λ_j ： Lame の定数

又，質量に関しては

$$[M]_j = \rho_j h_j \begin{bmatrix} \frac{\alpha}{3}+\frac{1-\alpha}{2} & 0 & \frac{\alpha}{6} & 0 \\ 0 & \frac{\alpha}{3}+\frac{1-\alpha}{2} & 0 & \frac{\alpha}{6} \\ \frac{\alpha}{6} & 0 & \frac{\alpha}{3}+\frac{1-\alpha}{2} & 0 \\ 0 & \frac{\alpha}{6} & 0 & \frac{\alpha}{3}+\frac{1-\alpha}{2} \end{bmatrix}$$

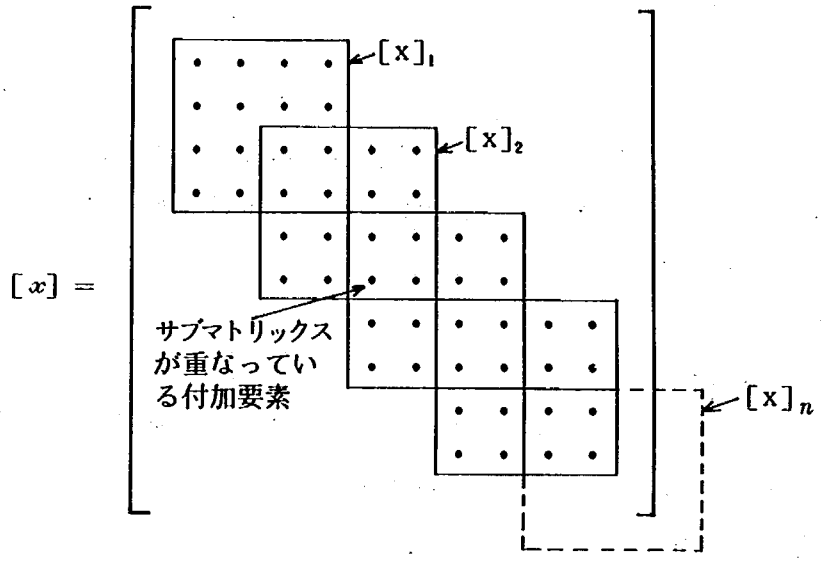
ここに，　ρ ： 質量

h ： 層の厚さ

α ： 定数（ここでは $\frac{1}{2}$）

（$\alpha=1$ のとき分布質量
$\alpha=0$ のとき集中質量）

これらのサブマトリックスを地盤全体に重ね合せを行なう。



角振動数wを既知とし，新しく［C］マトリックスを

$$[C] = [G] - w^2 [M] \quad \cdots\cdots (3.31)$$

とすると，運動方程式（3.30）式は

$$([A]k^2 + i[B]k + [C])\{v\} = \{0\} \quad \cdots\cdots (3.32)$$

となる。この式は$2n$次の斉次方程式であるので，係数マトリックスの行列が0の場合に解$\{v\}$をもつ。したがって，与えられたwに対して

$$|[A]k^2 + i[B]k + [C]| = 0 \quad \cdots\cdots (3.33)$$

の条件を満すkについて，地盤中で Rayleigh 波の波数が存在することになる。この固有値は$4n$個で，実数部と虚数部が存在し，それをk_s（$s = 1, 2, 3, \cdots\cdots, 4n$）とする。これらに対応する固有ベクトルが$\{v_s\}$（$s = 1, 2, 3, \cdots\cdots, 4n$）であり，モードとなる。

各固有値k_sと固有ベクトル$\{v_s\}$によって，変位成分を表わすと次式となる。

$$\{\delta\}_s = \alpha_s \{v\}_s e^{i(wt - k_s x)}$$

k_sに応じて振動の特性は異なり，次のように分類できる。

a．固有値k_sが実数の場合

この場合はx方向に位相速度$C_s = w / k_s$で伝播していく正常な Rayleigh 波であり，実数モードとよばれており，非減衰の場合にのみ生じ，モードの形は，水平振幅は，鉛直振幅と位相が90°ずれている。このモードは，実数の水平振幅と全く虚な鉛直振幅となる性質がある。

b．固有値k_sが複素数の場合

いま，$k_s = k_1 + ik_s$とすると，運動は

$$\{\delta\}_s = \alpha_s \{v\}_s e^{k_2 x} e^{i(wt - k_1 x)} \quad \cdots\cdots (3.34)$$

となり，x方向に位相速度$C_s = w / k_1$で伝播する。また，k_2の正負によって振幅が増

減する。この波形は複素モードとよばれ，非減衰のときにも減衰のときにも生じる。

c．固有値 k_s が全く虚数の場合

いま，$k_s = i\,k_2$ とする。

$$\{\delta\}_s = \alpha_s\{v\}_s e^{k_2 x} e^{iwt} \qquad \cdots\cdots (3.35)$$

となり，伝播しない。この波形は指数モードとよばれ，非減衰の場合にのみ生じる。$w = 0$ の静力学の場合は一つの特例である。指数モードの形は実数となりうる。

d．固有値 k_s が 0 の場合

この場合は特異である。この波形は

$$\{\delta\}_s = \alpha_s\{v\}_s e^{iwt}$$

となり，地層内においてある鉛直面内で縦波か横波の佇立した波形に対応する。これは非粘性の地層においてだけ，ある固有振動数 w すなわち

$$|[G] - w^2[M]| = 0$$

を満す w の場合にだけ生じる。

運動方程式（2.32）より，いま，k_s がベクトル $\{v\}_s$ をもつならば，$-k_s$ も固有値で，そのベクトル $\{v\}_s$ は次の形をもつ。

$$\{\overline{v}_s\} = \begin{Bmatrix} -v_1 \\ v_2 \\ -v_3 \\ v_4 \\ \vdots \\ -v_{2n-1} \\ v_{2n} \end{Bmatrix}$$

すなわち，$\{v\}_s$ の水平方向成分が逆符号となり，正負の方向に伝播する同じ波形に，それぞれが対応している。非減衰の場合には，[A]，[B]，[C] は実数で，複素固有値は共役的に k_s と $\overline{k_s}$ として生じ，固有ベクトルは $\{v\}_s$ とその共役 $\{\overline{v}\}_s$ となる。すべてのモードベクトルは，次の方法によって正規化される。

$$\{\overline{v}\}_s^T \cdot ([A]k_s^2 - [C])\{v\}_s = 2k_s^2, \quad s = 1, 2, \cdots\cdots, 4n$$

また，有効条件

$$[K][\overline{V}]^T[A][V][K] - [\overline{V}]^T[C][V] = 2[K][K]$$

を満足している。

次に境界条件について述べる。右の領域に，図 3.2.3 のように作用する力は，離散化して表現できる。節点力 $\{P\}_s$ は，地層内の応力とひずみを考えて計算する。ひずみは，変位 u，v および w を微分して求める。

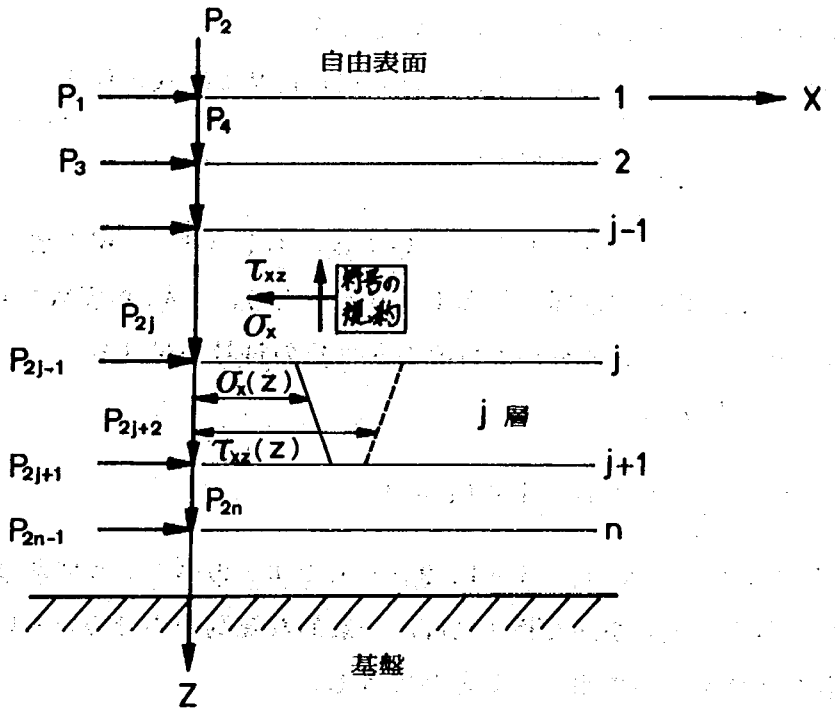
$$\varepsilon_x = -i\,k_s\,u(z)$$

$$= -\frac{i\,k_s}{h_j}\{(z_{j+1} - z)v_{2j-1} + (z - z_j)v_{2j+1}\}$$

$$\varepsilon(z)=\frac{dw(z)}{dz}=\frac{1}{h_j}(v_{2j+2}-v_{2j})$$

$$\gamma_{xz}=\frac{du(z)}{dz}-ik_s w(z)$$

$$=\frac{1}{h_j}[v_{2j+1}-v_{2j-1}-ik_s\{(z_{j+1}-z)v_{2j}+(z-z_j)v_{2j+2}\}]$$



図－3.2.3　鉛直面 x＝0 での節点力（Rayleigh 波）

これらのひずみ成分を Hooke の法則式を用いて応力に変換し，それを，さらに節点力に変換すると，次式となる。

$$\begin{Bmatrix} P_{2j-1} \\ P_{2j} \\ P_{2j+1} \\ P_{2j+2} \end{Bmatrix}=(ik_s[A]_j+[D]_j)\begin{Bmatrix} v_{2j-1} \\ v_{2j} \\ v_{2j+1} \\ v_{2j+2} \end{Bmatrix}$$

ここで，$[A]_j$ は式（3.30）と同じであり，$[D]_j$ は次式となる。

$$[D]_j=\begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2}\lambda_j & 0 & -\frac{1}{2}\lambda_j \\ \frac{1}{2}G_j & 0 & -\frac{1}{2}G_j & 0 \\ 0 & \frac{1}{2}\lambda_j & 0 & -\frac{1}{2}\lambda_j \end{bmatrix}$$

$$\left[\frac{1}{2}G_j \quad 0 \quad -\frac{1}{2}G_j \quad 0\right], \quad j=1,\cdots\cdots,n$$

したがって，地盤全体の節点力は，以上のサブマトリックスを重ね合わせると求められる。

$$\{P\}_s=[R]_s\{v\}_s \qquad \cdots\cdots (3.36)$$

ここに

$$[R]_s=(ik_s[A]+[D]) \qquad \cdots\cdots (3.37)$$

ここで［D］は $2n\times 2n$ マトリックスである。

x の正の方向に伝わる振動は，s について重ね合せて次式となる。

$$\{\delta\}^R=\sum_{s=1}^{2n}\alpha_s\{v_s\}e^{i(wt-k_s x)} \qquad \cdots\cdots (3.38)$$

ここで，波数 k_s とモード $\{v\}_s$ については，もし $\pm k_s$ が複素数か虚数ならば，式(3.34)と（3.35）を見て，負の虚数部に対応する符号をとり，$\pm k_s$ が実数ならば，$\{v\}_s$ の鉛直成分が実数のときは正，その成分が虚数のときは負の符号を付ける。

$x=0$ の面での振幅は，

$$\{u\}^R=\sum_{s=1}^{2n}\alpha_s\{v\}_s=[V]\{\alpha\}$$

である。ここで，$\{\alpha\}$ は α_s（$s=1,2,\cdots\cdots,2n$）のベクトルであり，［V］はモードマトリックスである。上式を逆変換すれば，一般的な運動の中でのいろいろな Reyleigh波のモード寄与率を計算するのに用いることができる。

$$\{\alpha\}=[V]^{-1}\{u\}^R \qquad \cdots\cdots (3.39)$$

$x=0$ での節点力は式（3.36），（3.37）によって，次のようにも書ける。

$$[P]=\sum_{s=1}^{2n}\alpha_s(ik_s[A]+[D])\{v\}_s$$

$$=(i[A][V][K]+[D][V])\{\alpha\}$$

$$\{P\}^R=[R]\{u\}^R \qquad \cdots\cdots (3.40)$$

ここに［R］は対称マトリックスで

$$[R]=i[A][V][K][V]^{-1}+[D]$$

であり，これが求める境界条件式である。

反対に，左の方へ伝わる波動に対応する力は

$$\{P\}^L=[L]\{u\}^L \qquad \cdots\cdots (3.41)$$

となる。［R］と［L］は同じであるが，符号を考える必要がある。

6）複素振動応答

実際の地震波は調和振動の多数の組合せと考え，時間間隔ごとのN個の数値で全体の入力

速度 $\ddot{y}(t)$ を表現したとすると，（$\frac{N}{2}+1$）個の実数部の調和振動の和の形で $\ddot{y}(t)$を表わすことができる。

$$\ddot{y}(t) = R_e \sum_{s=0}^{\frac{N}{2}} \ddot{Y}_s \cdot \exp(i w_s t) \quad \cdots\cdots (3.42)$$

ここに，

$$w_s = \frac{2\pi s}{N \cdot \Delta t} \quad , \quad s = 0, 1, \cdots\cdots, \frac{N}{2}$$

また，$\ddot{Y}_s$ は複素振幅で

$$\ddot{Y}_s = \begin{cases} \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \ddot{y}_k \cdot \exp(-i w_s k \cdot \Delta t) , & s = 0, \ s = \frac{N}{2} \\ \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \ddot{y}_k \cdot \exp(-i w_s k \cdot \Delta t) , & s = 1, 2, \cdots, \frac{N}{2} - 1 \end{cases}$$

ここに，$\ddot{y}_k$ は実際の入力加速度 $\ddot{y}(t)$を表わすN個の数値であり

$$\ddot{y}_k = \ddot{y}(k \cdot \Delta t) , \quad k = 0, 1, \cdots\cdots, N-1$$

である。複素振幅 $\ddot{Y}_s$ を実際の振幅 $\ddot{y}_k$ から求めるこの計算に対して高速フーリエ変換（F・F・T）を用いている。

そして，$\ddot{Y}_s \cdot \exp(i w_s t)$ に対応する解 $\{u\}_s$ が求まると，全体としての解 $\{u\}$ はそれらを重ね合わせて，次式で与えられる。

$$\{u\} = R_e \sum_{s=0}^{N/2} \{u\}_s \cdot \exp(i w_s t) \quad \cdots\cdots (3.43)$$

$$\{u\}_f = R_e \sum_{s=0}^{N/2} \{u_f\}_s \cdot \exp(i w_s t) \quad \cdots\cdots (3.44)$$

式（3.2）～（3.4）の代りに式（3.42）～（3.44）を用いて整理すると式（3.1）は次のようになる。

$$([K] + [R]_s + [L]_s + \frac{i w_s}{L}[C] - w_s^2 [M]) \{u\}_s$$

$$= -\{m\} \cdot \ddot{Y}_s + ([G] + [R]_s + \frac{i w_s}{L}[C]) \{u_f\}_s \quad \cdots\cdots (3.45)$$

次に，Amplification Function を用いると，地盤の変位は周波数領域では

$$\{u_f\}_s = \{A_f\}_s \cdot \ddot{Y}_s , \quad s = 0, 1, \cdots\cdots, \frac{N}{2} \quad \cdots\cdots (3.46)$$

で表わせる。また，地盤内に入力された加速度を，基盤の加速度に変換するには，（3.46）式より次式で表わせる。

$$\ddot{Y}_s = \frac{U_{js}}{A_{js}} \quad , \quad s = 0, 1, \cdots\cdots, \frac{N}{2} \quad \cdots\cdots (3.47)$$

ここに，u_{js} ： $\{u_f\}_s$ の j 番目の成分

A_{js} ： $\{A_f\}_s$ の j 番目の成分

式（3.46）を式（3.45）に代入すると

$$[K]_s\{u\}_s=\{P\}_s\ddot{Y}_s \quad \cdots\cdots (3.48)$$

ここに，$[K]_s$ は周波数に依存する剛性マトリックスで

$$[K]_s=[K]+[R]_s+\frac{iw_s}{L}[C]-w_s^2[M] \quad \cdots\cdots (3.49)$$

$\{R\}_s$ は基盤加速度の複素振幅 $Y_s=1$ とした時の荷重ベクトルで，

$$\{P\}_s=([G]+[R]_s+[L]_s+\frac{iw_s}{L}[C])\{A_f\}_s-\{m\} \quad \cdots (3.50)$$

で表わされる。

式（3.48）はガウスの消去法によって解くことができる。式（3.48）を直接解くこともできるが，時間がかかるので，ここでは，内挿法を用いている。すなわち，周波数領域において式（3.48）の代りに

$$[K]_s\{A\}_s=\{P\}_s \quad \cdots\cdots (3.51)$$

を全周波数帯について解くとすると，倍率を表わす関数 $\{A\}$ の成分は w に関して滑らかな関数となる。そこで $w=w_s$，$s=0,4,8,\cdots\cdots$ の $\{A\}_s$ を求めておけば，後のものは内挿で決めることができる。したがって，Amplification Function $\{A\}_s$ を用いると式（3.43）は

$$\{u\}=R_e\sum_{s=0}^{N/2}\{A\}_s\cdot\ddot{Y}_s\cdot\exp(iw_st) \quad \cdots\cdots (3.52)$$

で表わすことができ，フーリエ逆変換によって求められる。

7）減衰の導入

剛性マトリックスに複素剛性を用い減衰を導入する。

$$G^*=G(1-2\beta^2+2i\beta\sqrt{1-\beta^2}) \quad \cdots\cdots (3.53)$$

ここに，　G^* ： 複素せん断定数

β ： 減衰定数

G ： せん断定数

8）周波数領域

FLUSH では，このように周波数領域に変換して解析する。この時計算する周波数は

$$\nu_s=\frac{S}{T}\ ,\ s=0,1,\cdots\cdots,\frac{N}{2} \quad \cdots\cdots (3.54)$$

である。ここに

T ： 入力加速度の継続時間で　$T=N\cdot\Delta t$

最高周波数は

$$\nu_{\frac{N}{2}}=\frac{1}{2\cdot\Delta t} \quad \cdots\cdots (3.55)$$

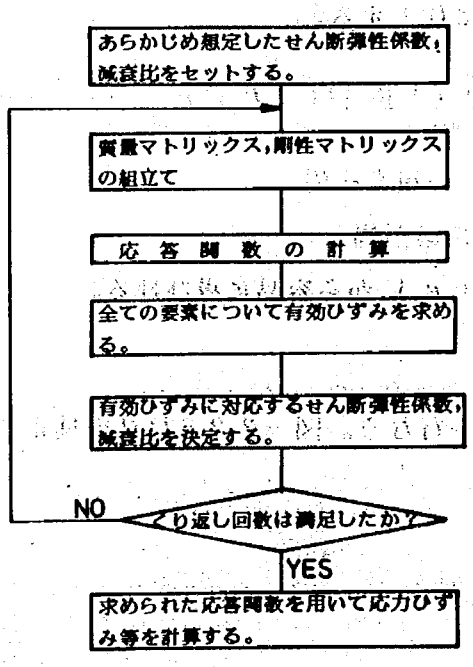
で表わされる。しかし，Δt = 0.005 秒とすると ν max = 100 Hz となるが，この時の変位$\{u\}$，は実用上零に等しい。このように時間ピッチ Δt を小さく取ると ν max が大きくなり，計算時間も多くかかるのでモデルに合せて計算に必要な ν maxを定める必要がある。

9）等価線型化法

土の動的せん断弾性係数Gおよび減衰比 h は，ひずみに依存することが知られている。そこで，ひずみレベルに適合するせん断弾性係数，減衰比を何回かくり返すことによって，地盤の非線形性を考慮している。1例として，Seed と Idriss によって示されたひずみとせん断弾性係数，減衰比の関係を表 3.2.1 に示す。

表－3.2.1　せん断弾性係数と減衰比のひずみ依存性

有効せん断ひずみ (%)	せん断弾性係数の低減率		減衰比(%)	
	粘土	砂	粘土	砂
$\leq 1.0\times10^{-4}$	1.000	1.000	2.50	0.5
3.16×10^{-4}	0.913	0.984	2.50	0.8
1.00×10^{-3}	0.761	0.934	2.50	1.7
3.16×10^{-3}	0.565	0.826	3.50	3.2
1.00×10^{-2}	0.400	0.656	4.75	5.6
3.16×10^{-2}	0.261	0.443	6.50	10.0
1.00×10^{-1}	0.152	0.246	9.25	15.5
0.316	0.076	0.115	13.8	21.0
1.00	0.037	0.049	20.0	24.6
3.16	0.013	0.049	26.0	24.6
10.00	0.004	0.049	29.0	24.6



図－3.2.4　計算フローチャート

等価線形化法での有効せん断ひずみを計算するのに次の2通りの方法がある。

(1) 時間領域で，時刻歴の応答値より直接求める。

$$\gamma_{eff} = 0.65 \times \max_t |\gamma_{max}| \quad \cdots\cdots (3.56)$$

(2) 周波数領域で，R.M.S.より求める。

$$\gamma_{eff} = 0.65 \times \frac{RMS(\gamma_{max})}{RMS(\ddot{y})} \cdot \max_t |\ddot{y}(t)| \quad \cdots\cdots (3.57)$$

RMS（γ_{max}），RMS（$\ddot{y}$）は以下の式より導びかれる。

周期Tの関数のRMSは次式で定義できる。

$$RMS^2(f) = \frac{1}{T}\int^T f^2(t) \cdot dt \quad \cdots\cdots (3.58)$$

また，

$$\gamma^2_{max} = (\epsilon_x - \epsilon_y)^2 + \gamma^2_{xy} \quad \cdots\cdots (3.59)$$

従って，

$$RMS^2(\gamma_{max}) = RMS^2(\epsilon_x - \epsilon_y) + RMS^2(\gamma_{xy}) \quad \cdots\cdots (3.60)$$

右辺のRMSをParsevalの定理によって，周波数領域に変換すると

$$RMS^2(f) = \frac{1}{2}\sum_{s=0}^{N/2} |F_s|^2 \quad \cdots\cdots (3.61)$$

ここに，F_s，$s = 0, 1, \cdots\cdots, N/2$ はフーリエ変換

$$f(t) = R_e \sum_{s=0}^{N/2} F_s \exp(i w_s t) \quad \cdots\cdots (3.62)$$

の複素振幅である。

式（3.61）を式（3.60）に代入すると

$$RMS^2(\gamma_{max}) = \frac{1}{2}\sum_{s=0}^{N/2} (|E_s|^2 + |\Gamma_s|^2) \quad \cdots\cdots (3.63)$$

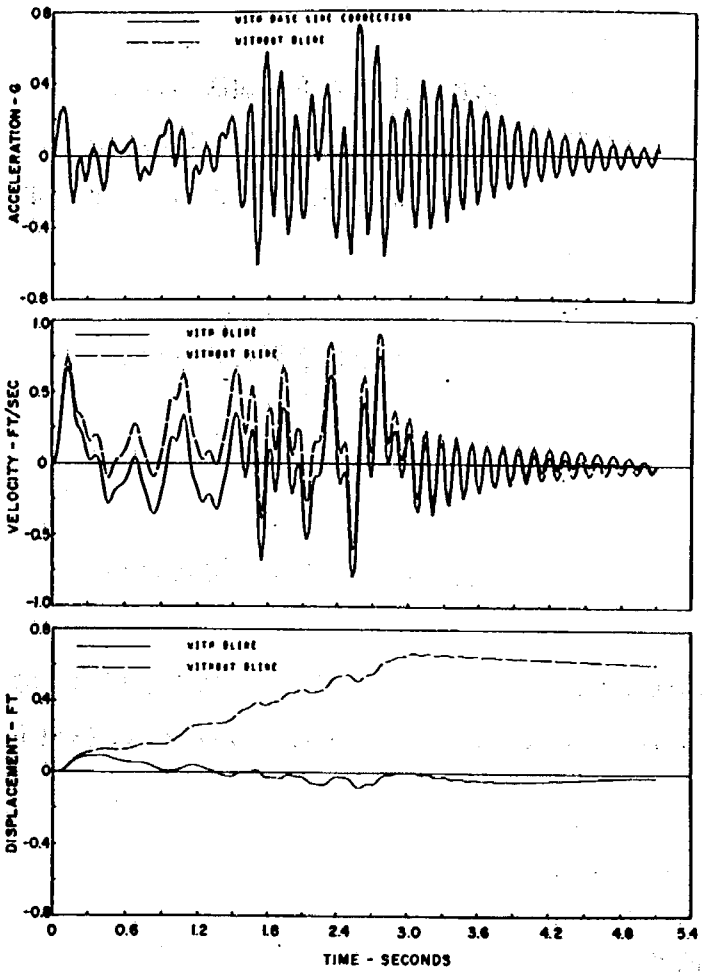
ここに，　E_s ：$\epsilon_x - \epsilon_y$ の複素振幅

　　Γ_s ：γ_{xy} の複素振幅

これらの複素振幅は，変位 $\{u\}_s$ から容易に導びける。

10）基線補正

入・出力加速度の基線補正を行なう。図―3.2.5は基線補正を行なった場合の効果を示した図である。

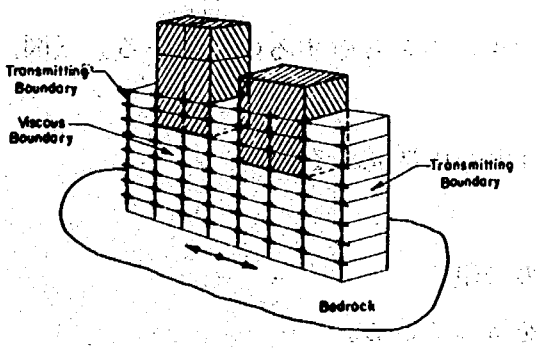


図－3.2.5　基線補正[29)]

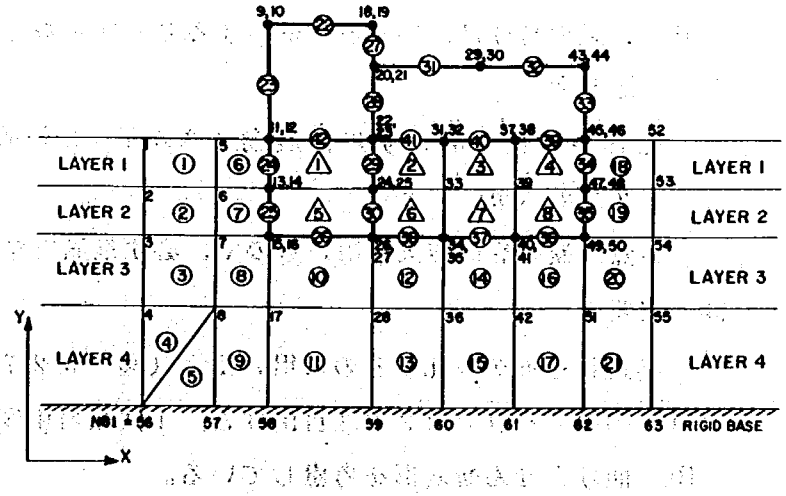
3.2.2　モデル化

1）モデル

図－3.2.6に示すような3次元モデルを考える。しかし，本来このモデルは2次元であるので，図－3.2.7に示す平面問題として扱う。



図－3.2.6　3次元モデル[24)]



図－3.2.7　平面2次元モデル

2）節点

図－3.2.7を参照されたい。

(1) 基盤上の節点番号は最後につける。

(2) 左側（右側）の境界上の節点番号は最初に，上から下へ順次つける。
右側（左側）の境界上の節点番号は基盤上の節点の直前につける。

(3) 梁要素が結合している節点では，2つの節点番号が必要である。（例：43，44）2番目の節点番号は，回転を表わす節点番号である。

(4) 回転節点は，伝達境界上では使用できない。

(5) 伝達境界および，粘性境界がない場合，(2)の制限は必要ではない。

3）要素

次の3種類の要素が使用できる。（図―3.2.7参照）

(1) ソリッド要素

三角形と四辺形要素が使用でき，土と構造物をモデル化するのに用いる。（図―3.2.7の○印）

(a) 地盤については，せん断波は，主として，上下方向に伝播する場合を考えるので，要素の高さ $h\,\max$ は，モデルの中を通って行くせん断波の波長 λ_s の⅕以下とすることが望ましい。

$$h\,\max = \frac{1}{5} \cdot \lambda_s = \frac{1}{5} \cdot \frac{V_s}{\nu_{max}}$$

ここで，λ_s ： 波長

V_s ： せん断波の伝播速度

ν_{max} ： 波動周波数の最大値

(b) 要素の水平方向の長さは，上式の数倍でもよいが，形状，物性にもよるので，2～3のモデルでケーススタディをするとよい。

(c) 地震動が地表面に近い場合，要素および層の数を多くした方が良い。

(d) 要素の特性は，ひずみに依存するせん断定数と減衰比を指定できる。

(2) 空隙要素

剛性や質量を考えずに，震動エネルギーの逸散効果のみを考慮するのに用いる。（図―3.2.7の△印）

自然地盤の解析結果を用いるので，必ず地層と結合する必要がある。

(3) 梁要素

構造物をモデル化するのに用いる。（図―3.2.7の○印）

(a) 両端でそれぞれ2並進自由度と，1回転自由度を持っている。

(b) 曲げとせん断変形を考慮している。

(c) 伝達境界上の節点と結合してはいけない。

(d) 基盤上の節点と結合できるが，曲げモーメントと軸力は計算されない。

4）要素番号

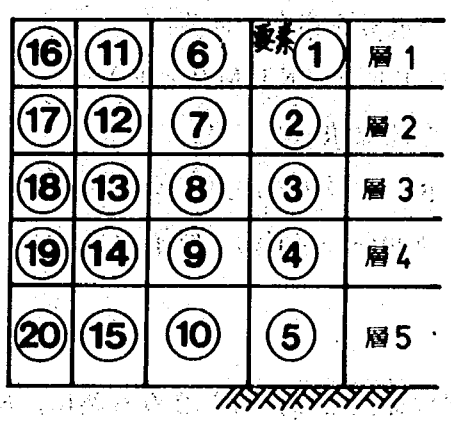
(a) ソリッド要素は最初につける。

(b) 梁要素はソリッド要素につづけてつける。

(c) 空隙要素は他の要素と関係なく，1から順に番号をつける。

(d) 水平な層は上から順につける。

(e) 層の特性は，ソリッド要素で指定した最初から層の数に対応して定義する。



図－3.2.8　要素番号の設定法

5）境界条件

(1) 固定境界

X，Y方向および回転の拘束を行なう。

(2) 伝達境界

半無限粘弾性領域を有限境界で表わし，仮想境界力によって遠方の剛性を考慮するのに用いる。

伝達境界は左・右両方に設定できる。側面の境界は構造物の右側に設定してもよいが，土の非線形性を考慮するために反復計算を行なう時は，構造物と伝達境界の間に1～3以上の要素が必要である。

(3) 粘性境界

三次元の遠方の地盤の剛性やエネルギー放散の効果を，仮想境界力で表わすのに粘性境界を用いている。

粘性境界を使用する場合は，地表面下にソリッド要素で構成された1層以上の層が存在しなければならない。また，空隙要素があってはいけない。

6）質量

(1) ソリッド要素と自然地盤では，集中質量と分布質量の和として質量を用いている。

0.5×（分布質量）＋（1－0.5）・（集中質量）

(2) 梁要素では分布質量を用いている。

(3) 節点に付加質量（回転を表わす節点では回転慣性）を用いることができる。

7）周波数

計算しうる最大周波数は次式で表わされる。

$$\nu\,\mathrm{max} = \frac{1}{2 \cdot \Delta t}$$

ここに　Δt ：入力加速度の時間間隔

しかし，計算時間は周波数の4乗に比例するので，必要以上の周波数を指定すべきではない。そこで，計算で使用する最大周波数を指定できる。

ν max＝T$\overline{\mathrm{O}}$TFR＝STEP（NUMBER）

T$\overline{\mathrm{O}}$TFR：考慮する周波数領域の上限。

STEP（NUMBER）：最後の計算で使用する最大周波数

たとえば，アースダムでは ν max＝8 Hz，原子力プラントでは ν max＝25Hz 程度でよい。

8）反復計算

ひずみに適合するせん断弾性係数と減衰比を求める為に，反復計算を行う。この反復回数が多ければ多いほど計算時間がかかるが，適切な特性を入力すれば3～5回のくり返しで収束できると思われる。

9）地震動

(1) 自然地盤での解析では，地震動は任意の層の上部に作用すると考える。

(2) 地震動が基盤に作用する場合，iNPTT＝LAYER＋1 とする。

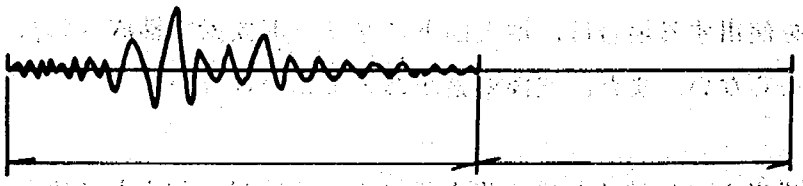
iNPTT ：入力する層の位置

LAYER ：層の数

(3) 地震動の時間間隔は 1／(2・ν max) 以下でなければならない。

(4) 任意の層に入力した地震動を，基盤に変換できない場合があるので，あらかじめSHAKEプログラムを用いてチェックしておくとよい。

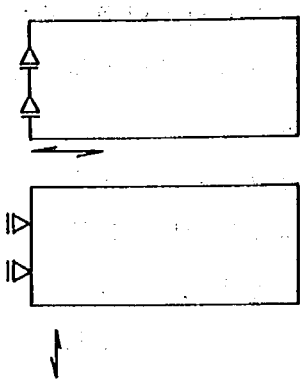
(5) 地震動が，計算時間の終りでも0に近くならない場合，静穏領域を加える必要がある（図―3.2.9参照）。



図―3.2.9　入力波形の静穏領域の概念

10）対象モデル

水平加振の場合，対称境界上での拘束条件はKEYBC＝2又は4とする。鉛直加振の場合，対称境界上での拘束条件はKEYBC＝1又は4とする。又，対称境界上のはりにおいては，単位体積質量，断面2次モーメント，断面積，集中荷重および回転慣性質量を$\frac{1}{2}$にする必要がある。

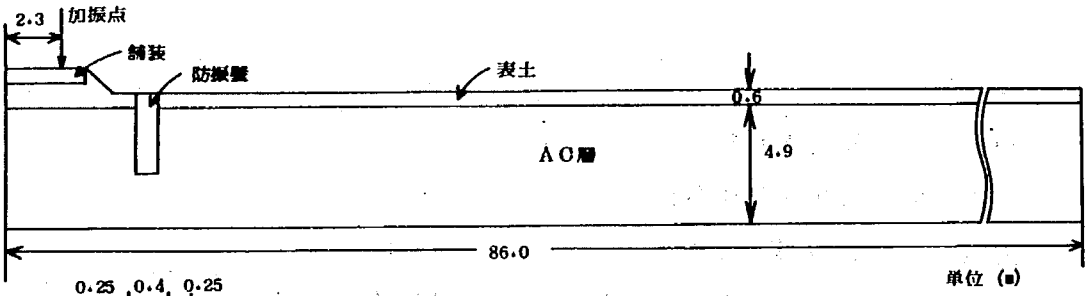


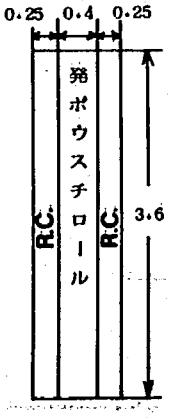
図－3.2.10　対象境界での拘束条件

3.2.3　解析法の妥当性の検討

次章以降で用いる有限要素解析プログラム（DAPTV）による解析法の妥当性の検討を行なうために，点加振の可能な別の有限要素プログラム（LUSH）[40]を用いて同一条件下で解析を行ない，両法による結果の比較を行なった。

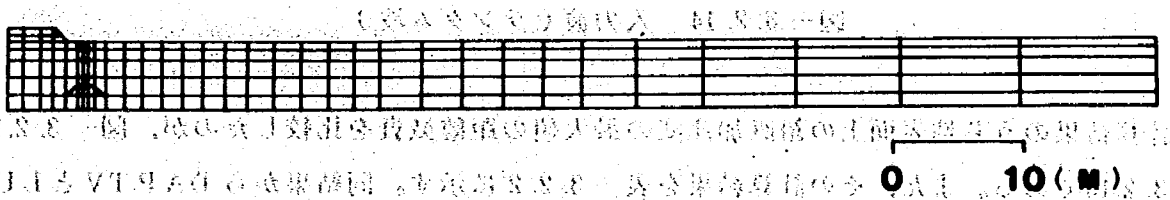
解析対象地盤は図－3.2.11とし，道路近傍に深さ3.6mの鉄筋コンクリート板によるサンドウィッチ構造の地中防振壁を設定した。同地盤を有限要素に分割したモデルを図－3.2.12に示す。





定数 / 地盤	ν	γ (t/m³)	G (kg/cm²)	h (%)
舗装	0.25	2.4	98,000	10
R. C.	0.25	2.5	84,000	5
発ポウスチロール	0.2	0.02	24.22	6
表土	0.43	1.6	235	1
AC層	0.45	1.7	695	1

図－3.2.11　解析対象地盤



図－3.2.12　要素分割図

また，交通振動に相当する荷重は車線中央から2.3ｍの地点に鉛直方向に作用させた（図―3.2.11参照）が，荷重の特性としては次に示す正弦波とランダム波の2種類とした。

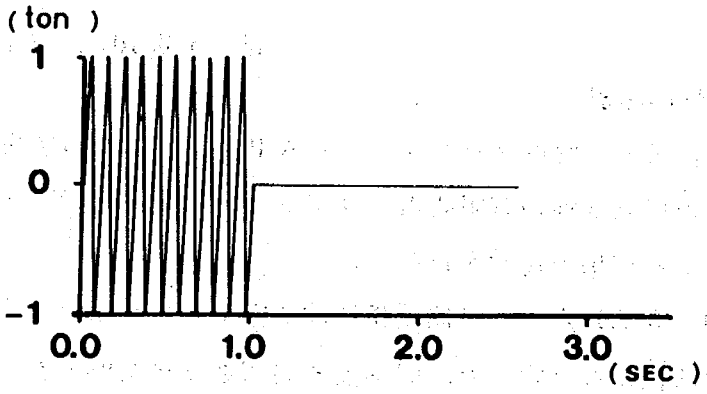
(1) 正弦波

(a) 荷重振幅　1 t

(b) 周波数領域　10Hz

(c) 入力波　0.005秒ピッチ

正弦波　1秒　＋　静穏領域　1.56秒



図―3.2.13　入力波（正弦波）

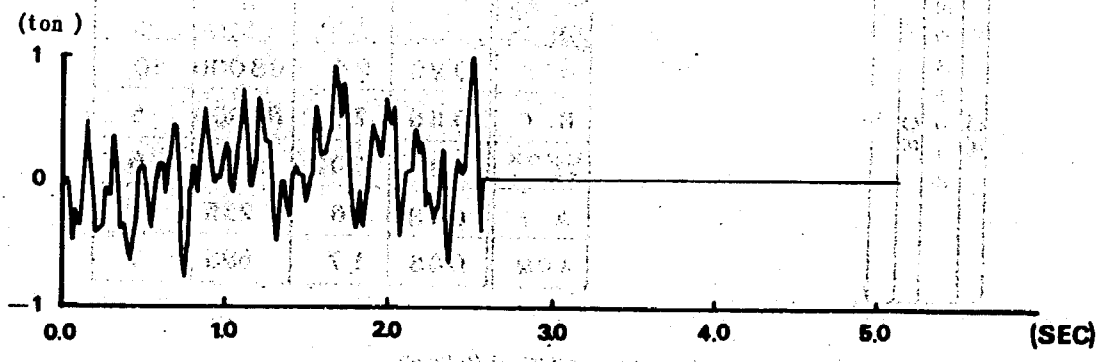
(2) ランダム波

(a) 荷重振幅　最大値1 t

(b) 周波数領域　0.0～50.0Hz

(c) 入力波　0.01秒ピッチ

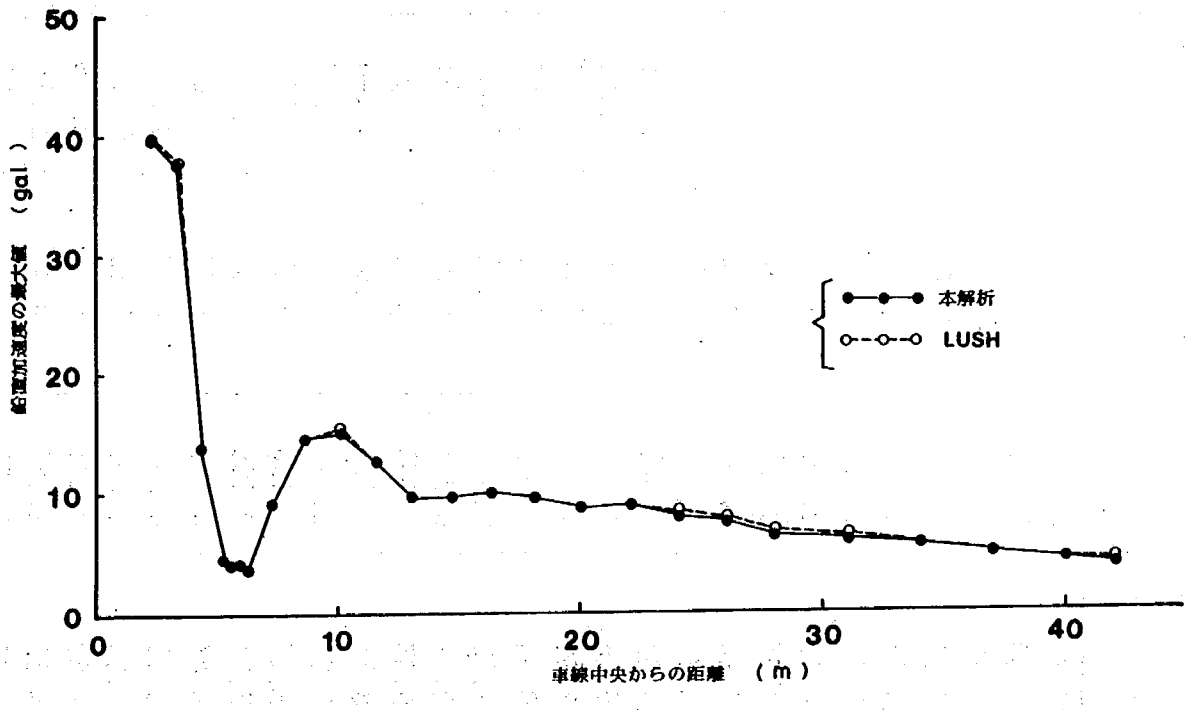
ランダム波　2.56秒　＋　静穏領域　256秒



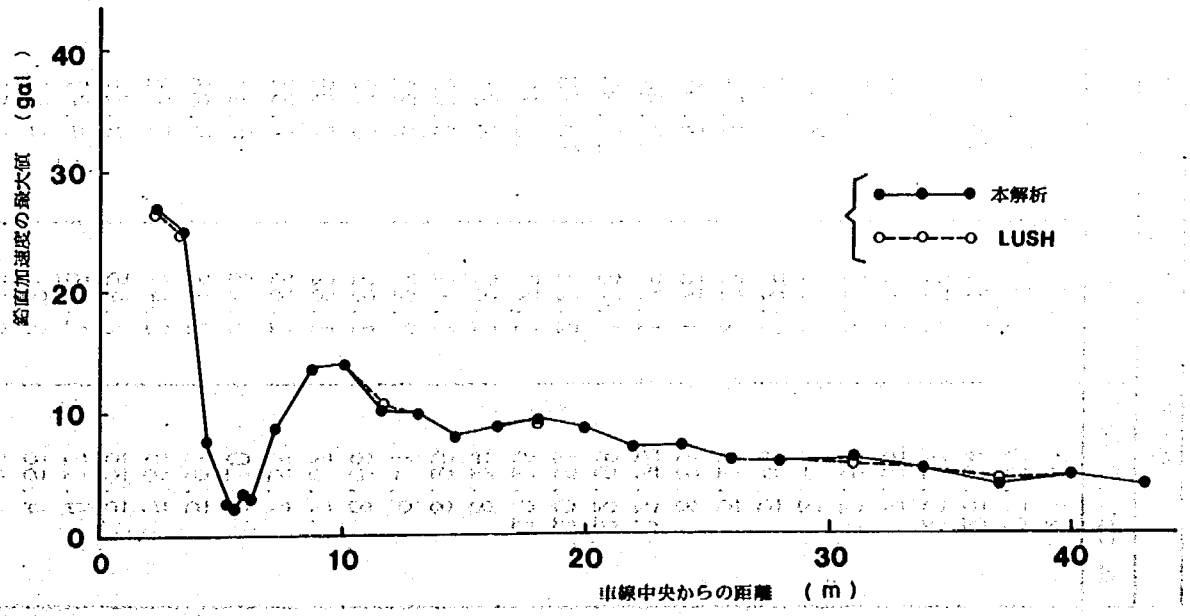
図―3.2.14　入力波（ランダム波）

計算結果のうち地表面上の鉛直加速度の最大値の距離減衰を比較したのが，図―3.2.15，図―3.2.16である。また，その計算結果を表―3.2.2に示す。同結果からDAPTVとLUSHの解析結果にはほとんど差異のないことがわかる。なお，計算時間（CPU）はDAPTVで1

分46秒，ＬＵＳＨ で15分４秒であり ＤＡＰＴＶ の方がはるかに計算速度が早い。



図－3.2.15　地表面上の最大鉛直加速度の距離減衰結果（正弦波）



図－3.2.16　地表面上の最大鉛直加速度の距離減衰結果（ランダム波）

表－3.2.2　計算結果の比較

車線中央からの距離 (m)	ランダム波				正弦波			
	DAPTV		LUSH		DAPTV		LUSH	
	最大加速度 (gal)	時刻 (sec)	最大加速度 (gal)	時刻 (sec)	最大加速度 (gal)	時刻 (sec)	最大加速度 (gal)	時刻 (sec)
0.0	27.48	2.35	27.54	1.73	40.24	0.040	40.28	0.040
1.2	27.39	2.35	27.15	2.35	40.08	0.075	40.28	0.075
2.3	26.84	2.35	26.56	2.35	39.62	0.075	39.89	0.075
3.3	25.17	2.35	24.89	2.35	37.56	0.075	37.93	0.075
4.3	7.85	1.73	7.84	1.73	13.95	1.015	14.01	1.015
5.3	2.58	2.36	2.65	2.36	4.65	0.050	4.70	0.050
5.55	2.45	2.36	2.45	2.36	4.18	0.050	4.21	0.050
5.95	3.49	2.25	3.53	2.25	4.03	0.085	4.12	0.085
6.2	3.13	2.27	3.14	2.27	3.84	0.085	3.92	0.085
7.2	8.81	1.76	8.92	1.76	9.31	0.040	9.31	1.025
8.6	12.73	1.76	12.84	1.76	14.67	0.045	14.60	0.045
10.0	12.98	1.76	12.94	1.76	15.16	1.050	15.39	1.050
11.5	10.51	2.22	10.78	1.77	12.60	1.055	12.74	1.055
13.0	10.15	1.77	10.19	1.77	9.54	1.060	9.51	1.060
14.6	8.14	1.80	8.23	1.78	9.72	0.090	9.70	0.090
16.3	8.95	1.81	9.02	1.81	9.99	0.095	10.00	0.095
18.0	9.41	2.27	9.21	2.27	9.63	0.135	9.70	0.105
20.0	8.68	1.82	8.72	1.82	8.73	0.135	8.92	0.140
22.0	7.07	1.82	7.06	1.80	8.81	0.140	8.72	0.140
24.0	7.35	1.83	7.35	1.83	8.13	0.150	8.43	0.150
26.0	6.10	0.48	6.17	0.48	7.63	0.155	7.84	0.155
28.0	5.91	2.18	5.88	2.18	6.43	0.165	6.77	0.165
31.0	5.85	2.44	5.68	2.44	6.15	0.200	6.47	0.200
34.0	5.33	2.45	5.39	2.45	5.60	0.205	5.68	0.210
37.0	4.13	1.86	4.41	2.49	4.80	0.215	5.00	0.215
40.0	4.66	2.24	4.61	2.24	4.32	1.185	4.41	1.185
43.0	4.03	2.50	3.92	2.25	4.09	0.260	4.31	0.265

3.3　現地振動測定調査の解析

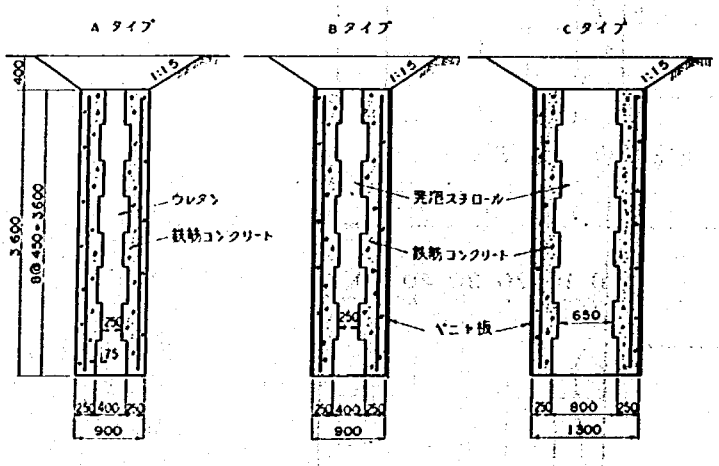
3.3.1　一般国道50号における解析

3.3.1.1　解析対象地点

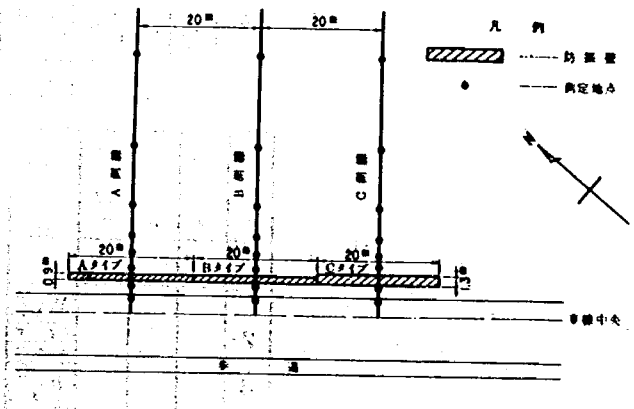
一般国道50号の桐生バイパスでは，供用開始前の昭和53年度と供用開始後の昭和54年度に振動測定調査を実施した。同地点には軽減対策として地中防振壁を設置し，53年度には供用開始直前の舗装道路において地中壁施工前後の振動測定実験を行ない，また54年度には一般交通下での振動測定調査を行なっている。設置した地中防振壁は3種類であり，その材質・寸法および構造の概要を図－3.3.1に示す。地中壁の材質はウレタンフォーム（現場施工）と発泡スチロール（工場製作）の2種類とし，寸法は400mmと800mm であり，浮上り防止のために両側を鉄筋コンクリート壁と一体化させた構造である。また，地中防振壁の設置状況図および振動測定位置図を各々，図－3.3.2および図－3.3.3に示す。

ここで解析の対象とするのは53年度の調査であるが，同調査では重錘落下試験（落下高さ0.5m，1.0m）と20 ton大型ダンプトラックを用いての試験車走行試験（速度40～60km／h の満車時と空車時）の2種類の振動源により加振を行なっている。走行試験では，人工段差を設置した場合についても測定している。

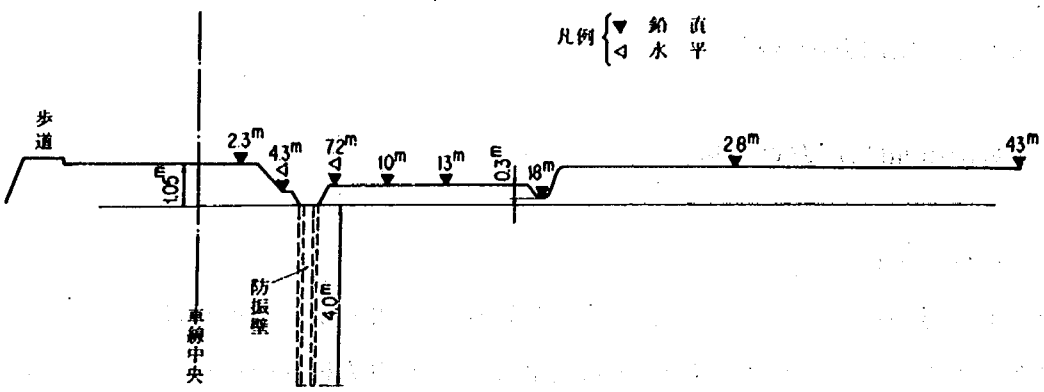
また，各地中防振壁の設置点付近の地盤状況は図－3.3.4～3.3.6に示すが，当地点は表層4～5mがN値2～5の沖積層で，それ以深はN値50以上の砂礫層で比較的良好な地盤に相当する。



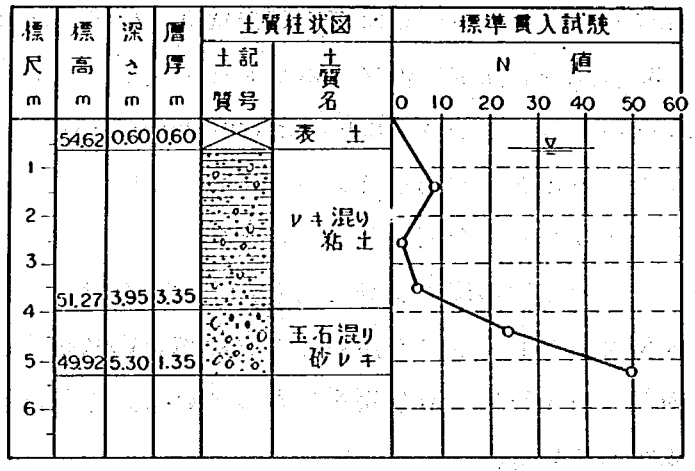
図－3.3.1　地中防振壁構造図



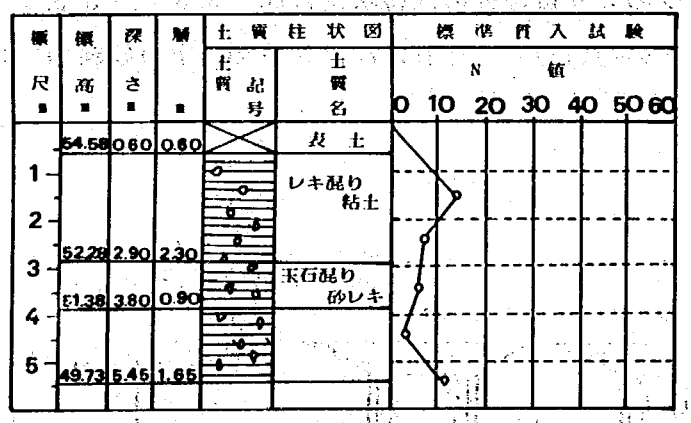
図－3.3.2　現地振動測定調査地点平面図



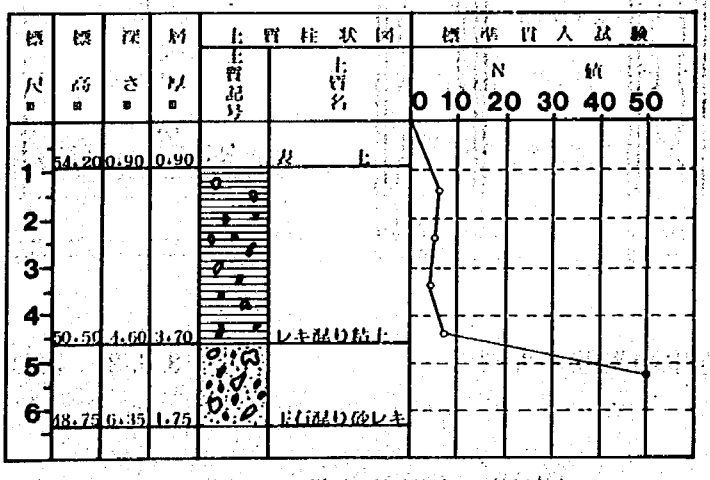
図－3.3.3　振動測定位置図



図－3.3.4　地盤特性（A測線）



図－3.3.5　地盤特性（B測線）



図－3.3.6　地盤特性（C測線）

3.3.1.2　モデル化

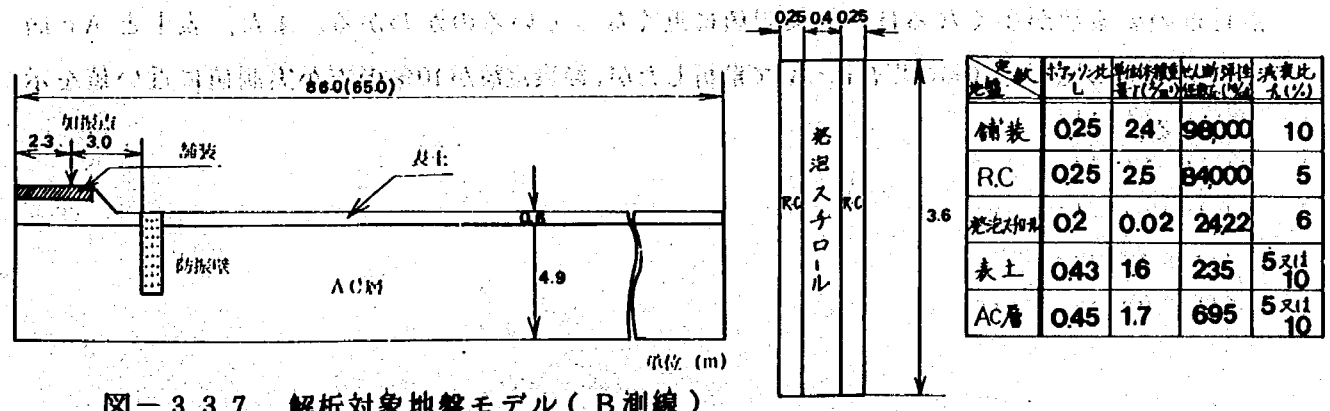
1）分割数と地盤の減衰

解析モデルを決めるために，B測線（地中防振壁Bモデル付近）の地盤を基にして，モデルの節点数，地盤の減衰定数等を決めるために3種類のモデルを考えた。その条件は表－3.3.1に示している。また，図－3.3.7～3.3.10は，モデル図と要素分割図を表わしている。境界条件は底面，側面とも固定とし，対称境界上のみ水平方向を固定とした。

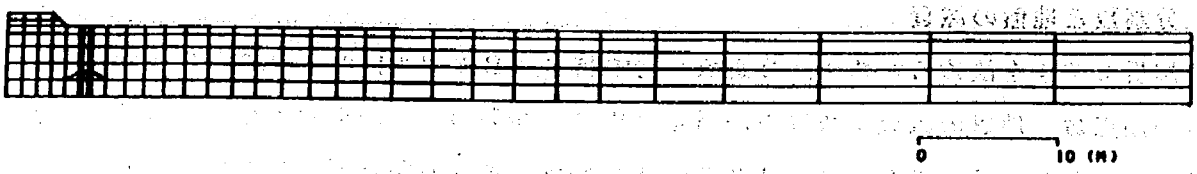
入力波形は地中防振壁の施行後にB測線において，満車で1回目の段差走行試験を行なったときに車線中央から2.3mの位置の舗装端上で得られた実測加速度波形を荷重の波形として入力した。また，入力のレベルであるが，有限要素法では，有限の大きさを有する要素の節点に荷重が作用するので，荷重作用点付近では実際の値に比較して，誤差が大きくなると考えられる。そこで，今回は実測加速度と計算加速度が，車線中央から2.3m（加振点），4.3m（盛土のり尻），7.2m（防振壁の外）の3点で等しくなるような荷重を入力して解析を行なった。

表－3.3.1　モデル化の条件一覧表

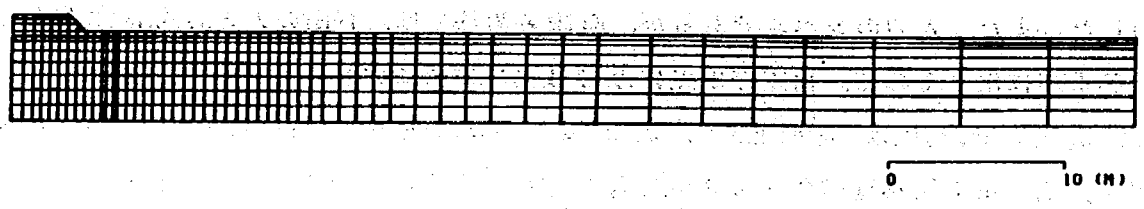
項目＼モデル		MODEL－1	MODEL－2	MODEL－3
節点数		211	500	625
要素数		173	438	554
水平方向の地盤の長さ		86m	65m	65m
加振点付近の表土のメッシュの大きさ	水平方向	1.0m	0.5m	0.25m
	鉛直方向	0.6m	0.3m	0.3m
周波数領域		0.0～50.0Hz	0.0～50.0Hz	0.0～50.0Hz
入力波	ピッチ	0.01秒	0.01秒	0.01秒
	ステップ	512	512	512
荷重	車線中央からの距離	2.3m	2.3m	2.3m
	方向	鉛直	鉛直	鉛直
CPU		2分40秒	10分15秒	16分16秒



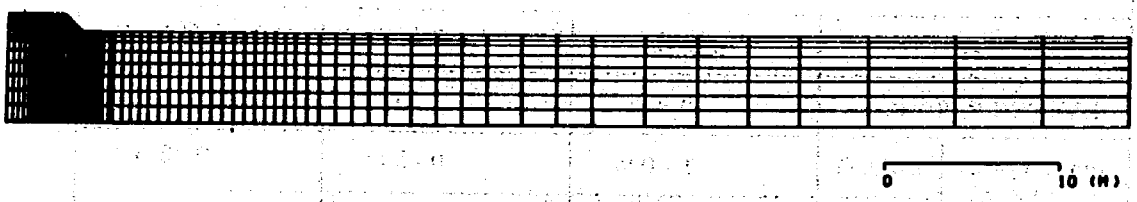
図－3.3.7　解析対象地盤モデル（B測線）



図－3.3.8　要素分解図（Model－1）

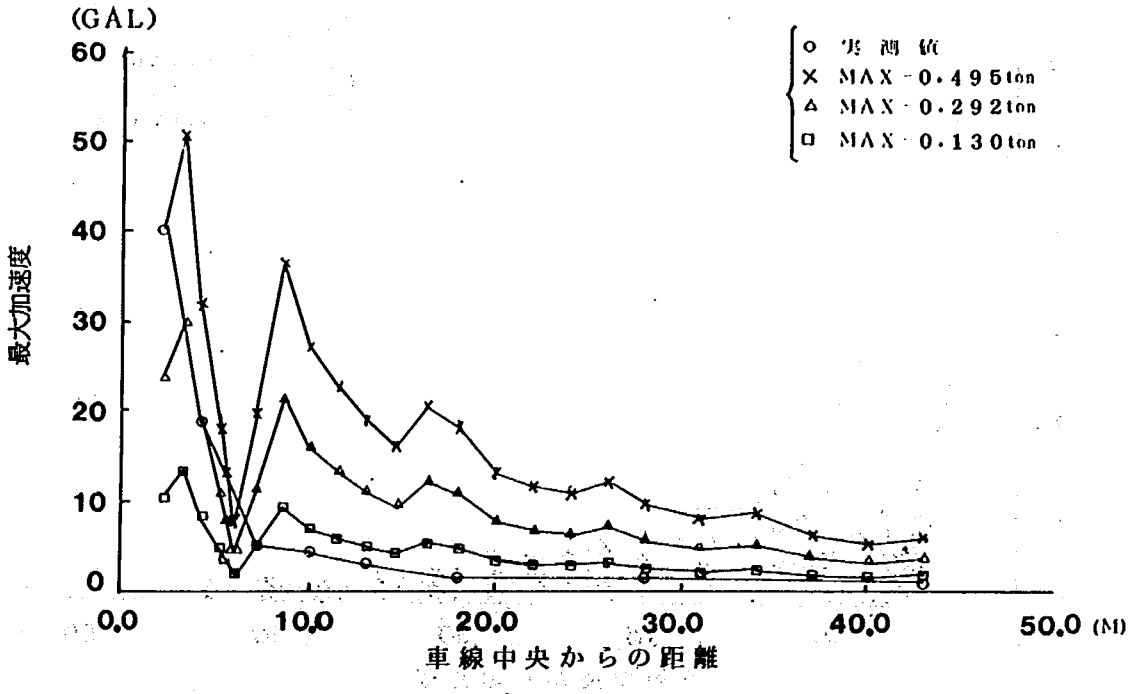


図－3.3.9　要素分解図（Model－2）



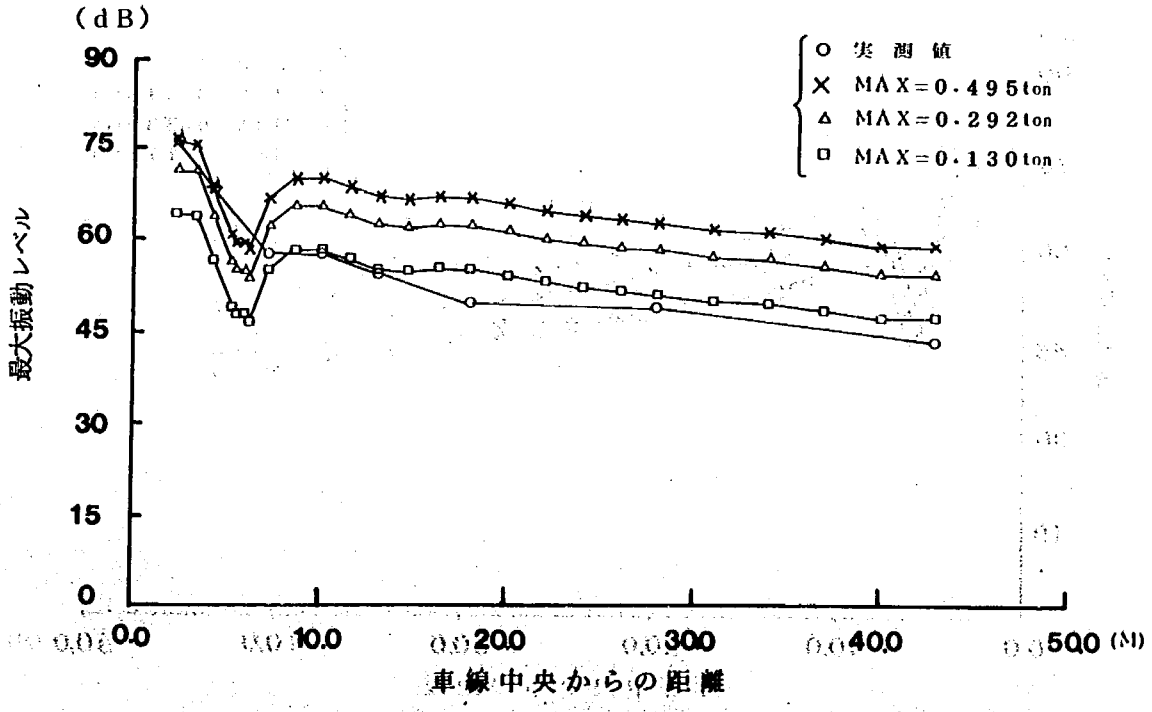
図－3.3.10　要素分解図（Model－3）

図－3.3.11～3.3.18は各Model毎の地表面上での最大加速度および最大振動レベルの計算結果を示す。Model－1については表土とAc層の減衰定数hが5％と10％の場合の結果であり，Model－2およびModel－3はhが10％の場合のみについての結果である。図中の×印，△印および□印は各々計算加速度が，2.3m，4.3mおよび7.2mで実測値と等しくなるようにした結果である。解析結果より，Model－1，Model－2，Model－3の順に加振点付近の要素数が多くなるほど，実測値に近くなっているのがわかる。また，表土とAc層の減衰定数が5％と10％の場合について解析したが，減衰定数が10％の方が実測値に近い値を示している。



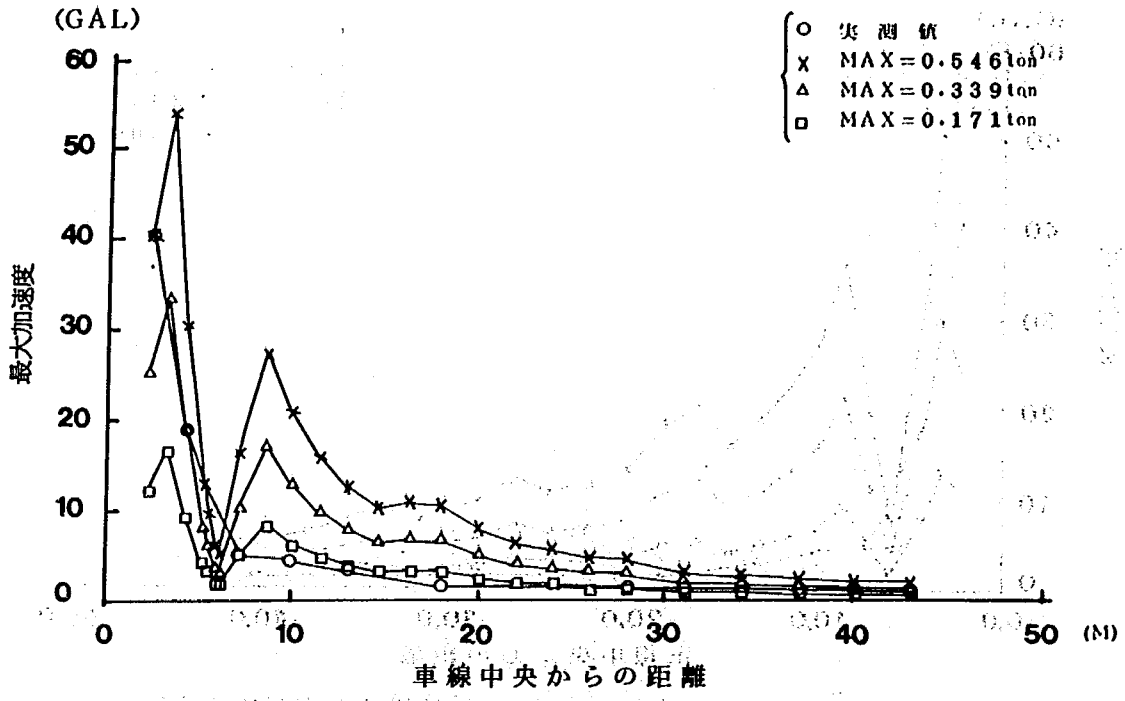
図－3.3.11　最大加速度の距離減衰の計算値と実測値の比較

（Model－1：h＝5％）



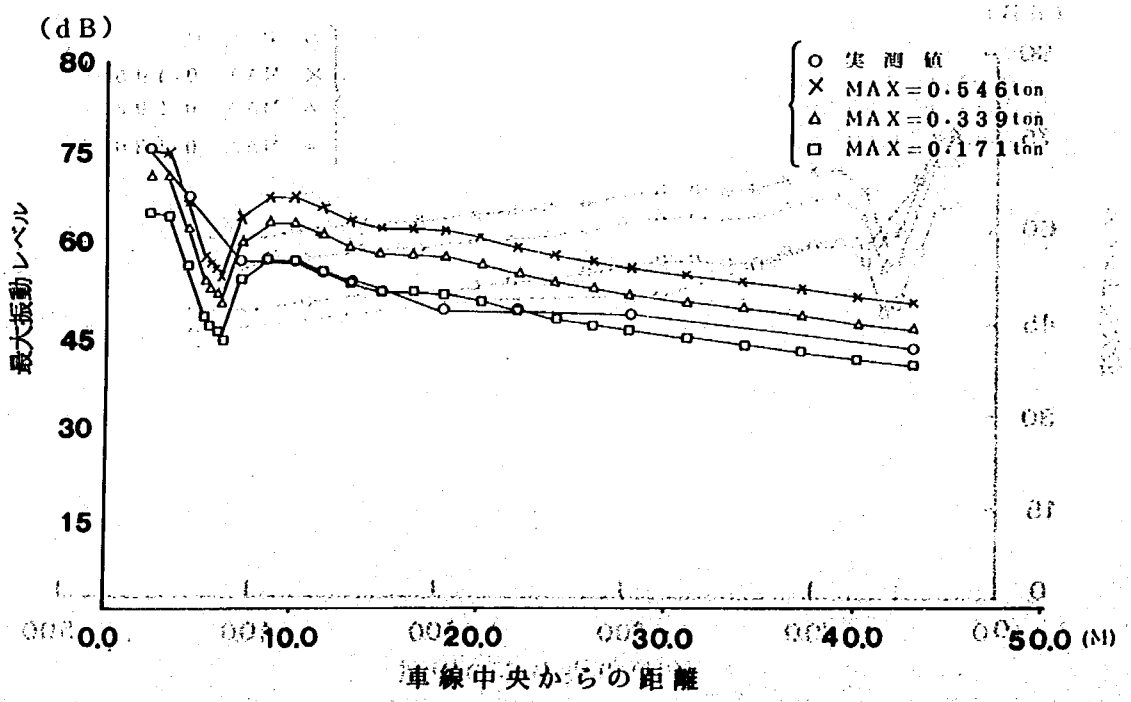
図－3.3.12　最大振動レベルの距離減衰の計算値と実測値の比較

（Model－1：h＝5％）



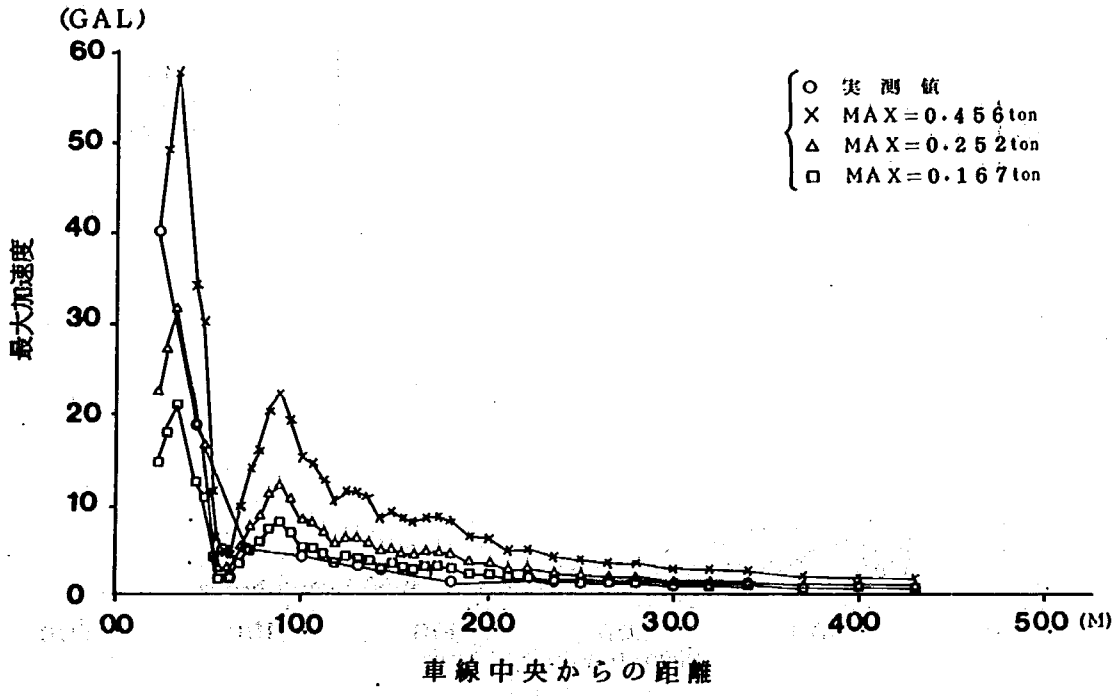
図－3.3.13　最大加速度の距離減衰の計算値と実測値の比較

（Model－1：h＝10%）



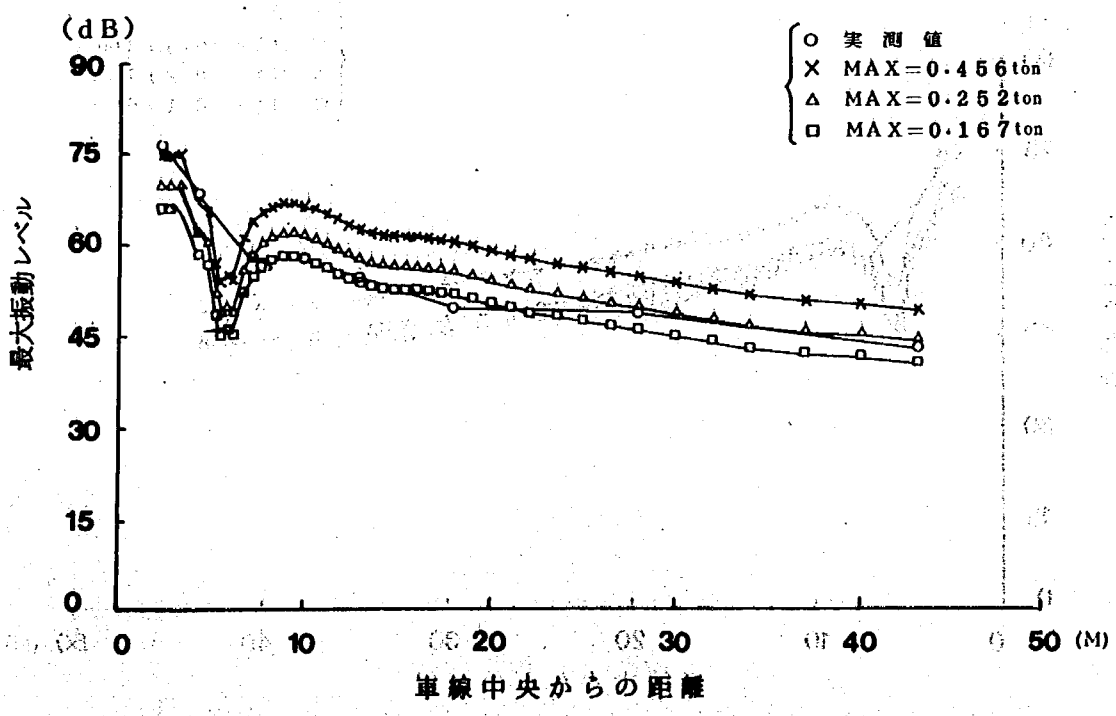
図－3.3.14　最大振動レベルの距離減衰の計算値と実測値の比較

（Model－1：h＝10%）



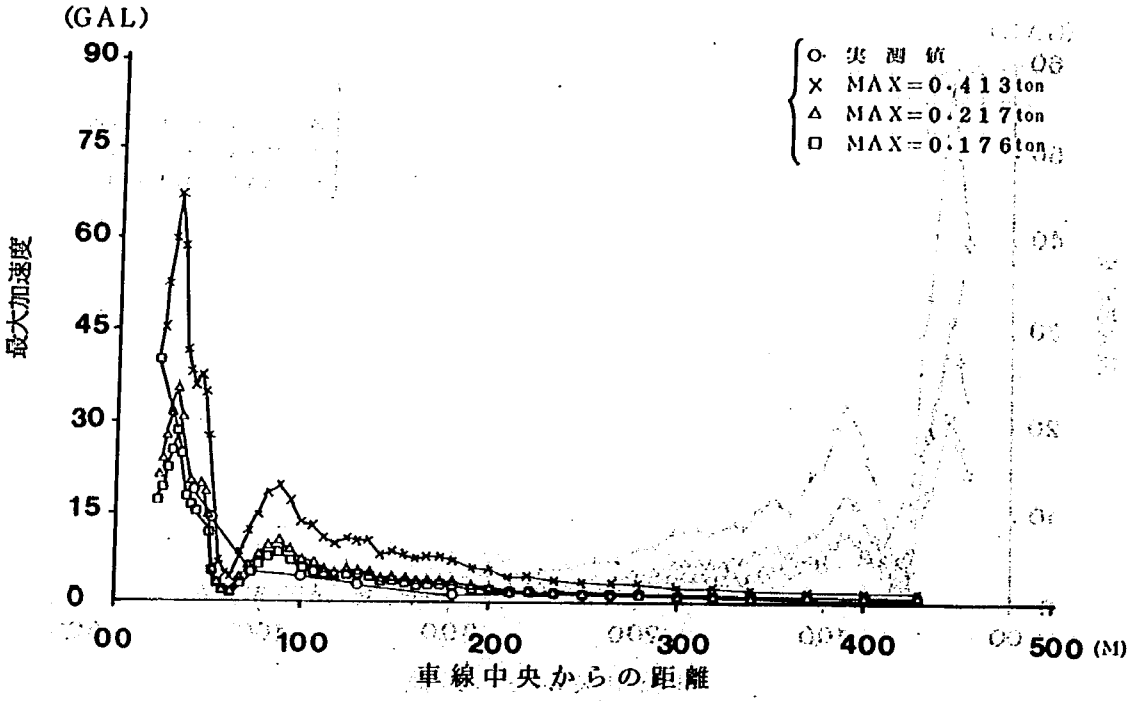
図－3.3.15　最大加速度の距離減衰の計算値と実測値の比較

（Model－2：h＝10%）



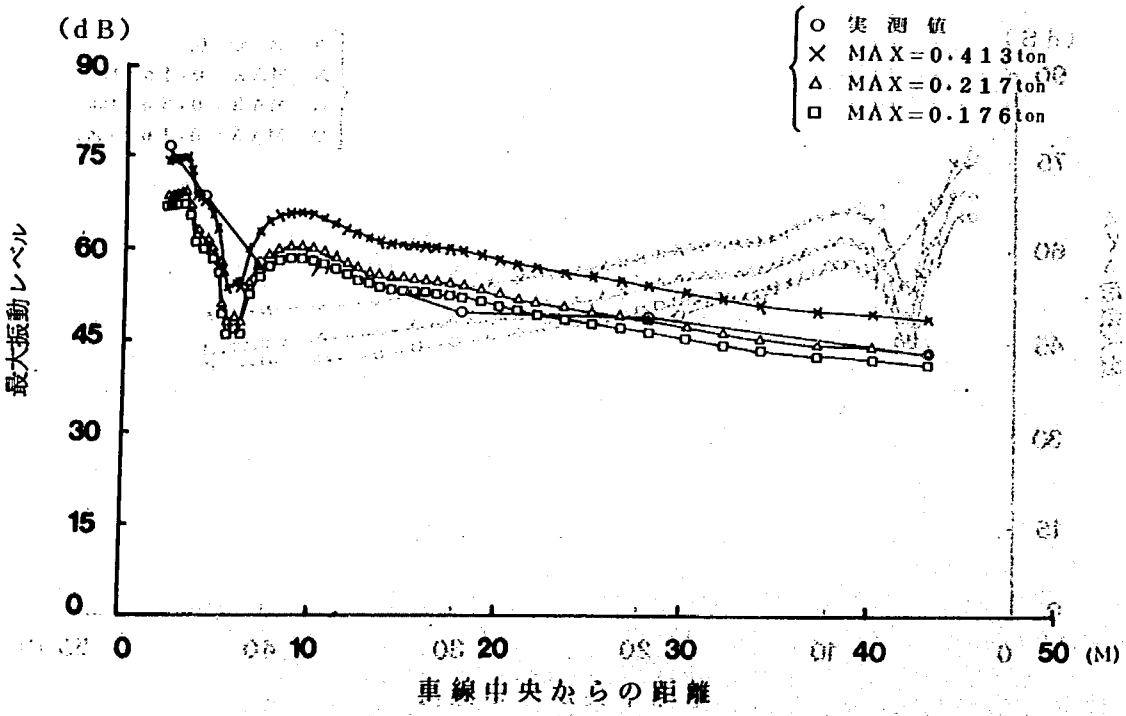
図－3.3.16　最大振動レベルの距離減衰の計算値と実測値の比較

（Model－2：h＝10%）



図－3.3.17 最大加速度の距離減衰の計算値と実測値の比較

(Model－3 ： h = 10%)

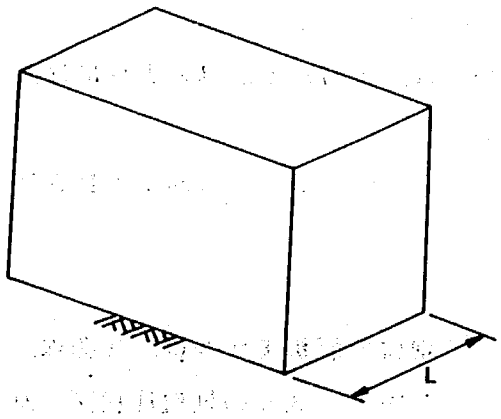


図－3.3.18 最大振動レベルの距離減衰の計算値と実測値の比較

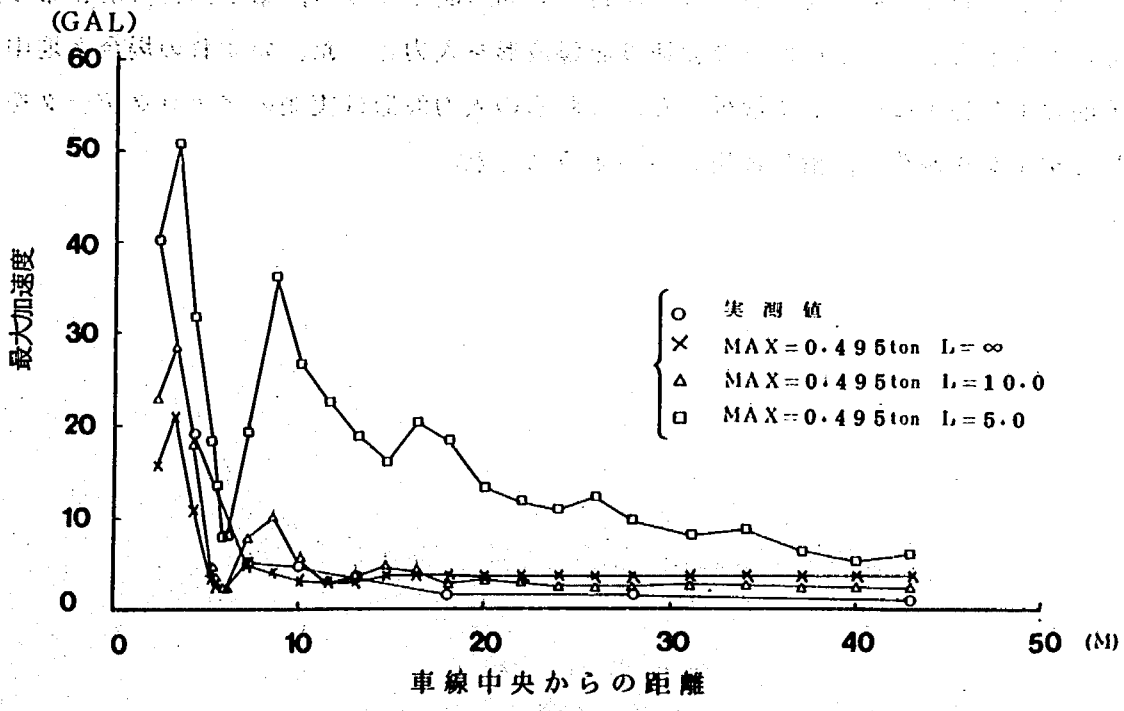
(Model－3 ： h = 10%)

2）粘性境界

粘性境界は地盤の3次元方向のエネルギーの逸散を考慮する境界である。ここでは，図－3.3.19に示す奥行き方向の長さ(L)を10mと5mの2種類に変えて解析を行なった。解析モデルおよび入力波形は前項と同様であるが，入力の最大値は0.495 tonとした。図－3.3.20に最大応答加速度の計算結果を示す。同結果から，L＝5mあるいは10mとした場合は全体的に応答値が小さく，特に道路上での応答と実測値との差異が大きい。



図－3.3.19　粘性境界の概念



図－3.3.20　粘性境界の影響の検討

以上の解析結果を基にして，以下では次の条件で解析することにした。

(1) 要素分割および節点数はModel－2（図－3.3.9）を基本として約500節点とする。

(2) 表土，Ac層，As層の減衰比は10%とする。

(3) 入力荷重は車線中央から4.3m（盛土ののり尻）の位置で実測加速度と等しくするように設定する。

(4) 入力波は車線中央から2.3mでの実測加速度波形とし，0.01秒ピッチで12ステップとする。

(5) 周波数領域は0.0～20.0HZとする。

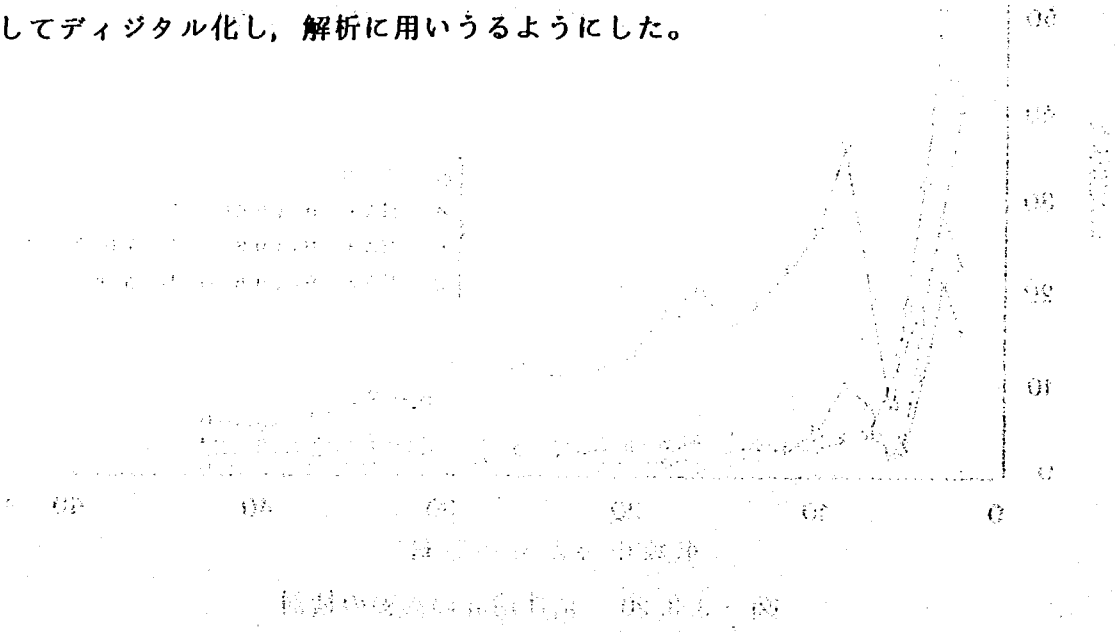
(6) 地盤の非線型性については，入力が地震動のようには大きくないと考えられるので地盤の非線形性は考慮しない。

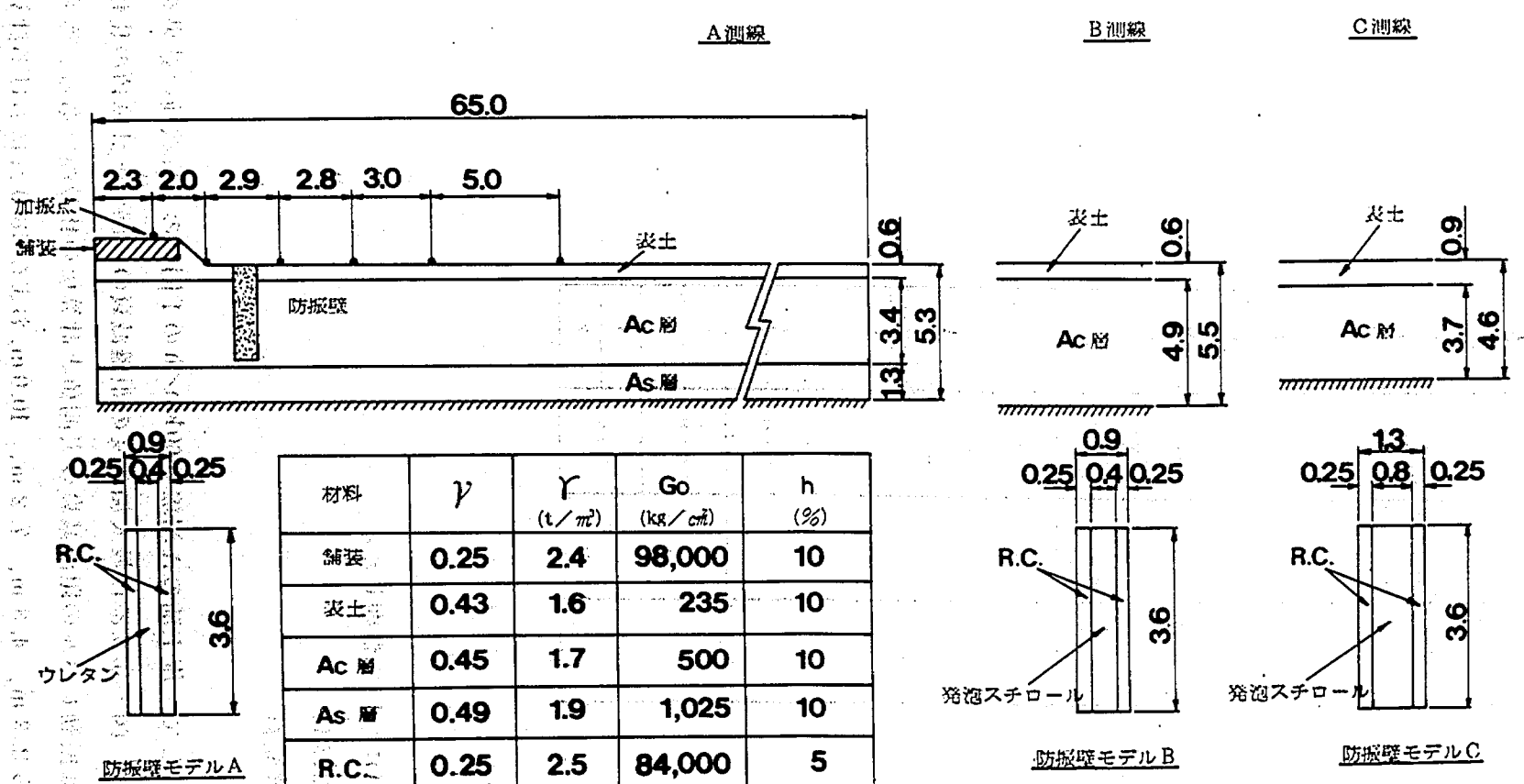
(7) 粘性境界については三次元方向（奥行き方向）の長さは考慮しないで単位幅とする。

3.3.1.3 解析モデル

地中防振壁の設置されている地盤の解析モデルは，A測線，B測線およびC測線に対して各々図－3.3.4，図－3.3.5および図－3.3.6の地盤柱状図に基づいて図－3.3.21のように設定した。同図には地盤および地中防振壁の特性も併記している。

また，これらの解析モデルに対する入力条件は表－3.3.2に示すとおり（24ケース）である。つまり，試験車走行試験では満車で段差がある道路を60km/hで走行させた5回の測定のうち，第1回目および第2回目走行時の車線中央から2.3m地点の加速度記録波形を入力させた。また，重錘落下試験では落下高さが1mの場合の5回の測定のうち，第1回目および第2回目の落下時の車線中央から2.3m地点の加速度記録波形を入力させた。いずれの場合も地中防振壁の施工前および施工後について解析した。これらの入力波形は実測のアナログデータをA／D変換してディジタル化し，解析に用いうるようにした。





材料	ν	γ (t/m³)	Go (kg/cm²)	h (%)
舗装	0.25	2.4	98,000	10
表土	0.43	1.6	235	10
Ac 層	0.45	1.7	500	10
As 層	0.49	1.9	1,025	10
R.C.	0.25	2.5	84,000	5
ウレタン	0.45	0.03	16	6
発泡スチロール	0.2	0.02	24.22	6

図－3.3.21　解析モデル

表－3.3.2. 解析対象ケース一覧表

荷重	測線	施工前・後	対象回数
試験車走行試験 (60km/h)	A	施工前	1
			2
		施工後	1
			2
	B	施工前	1
			2
		施工後	1
			2
	C	施工前	1
			2
		施工後	1
			2
重錘落下試験 (1m)	A	施工前	1
			2
		施工後	1
			2
	B	施工前	1
			2
		施工後	1
			2
	C	施工前	1
			2
		施工後	1
			2

3.3.1.4 解析結果

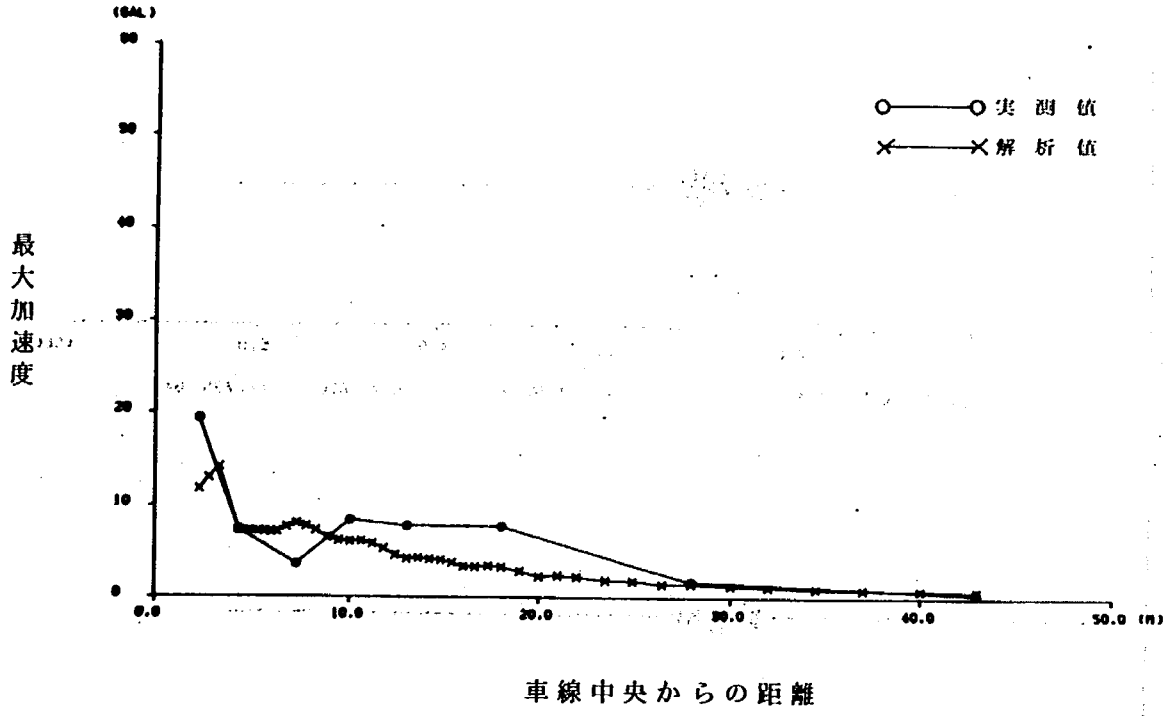
解析の結果は次の項目について整理した。

i）最大加速度の距離減衰

ii）振動レベルの距離減衰

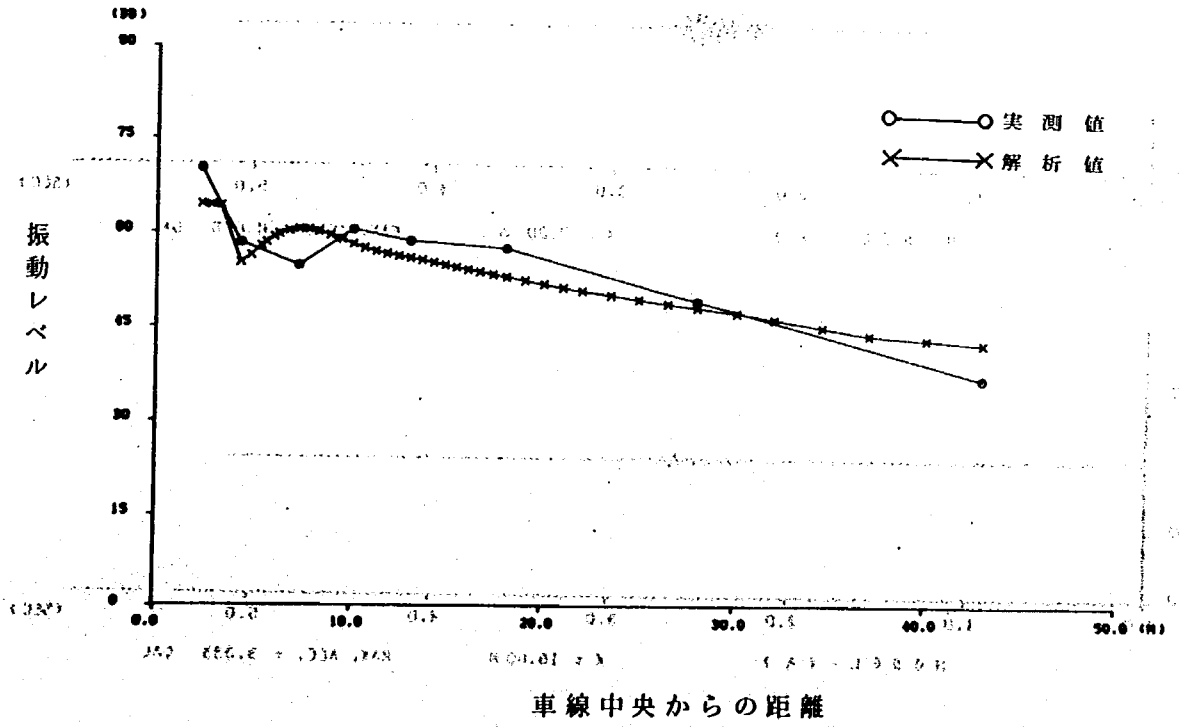
iii）応答加速度履歴

これらの結果の一例として，施工前のA測線で60km／hの1回目の走行試験の結果を図－3.3.22～図－3.3.24に示す。図－3.3.22は最大加速度の距離減衰の実測値と計算値の比較図である。また，図－3.3.23は振動レベルの距離減衰の実測値と計算値の比較図である。さらに，図－3.3.24は車線中央から2.3m，4.3m，7.2m，10.0m，および18.0mにおける計算された加速度履歴である。



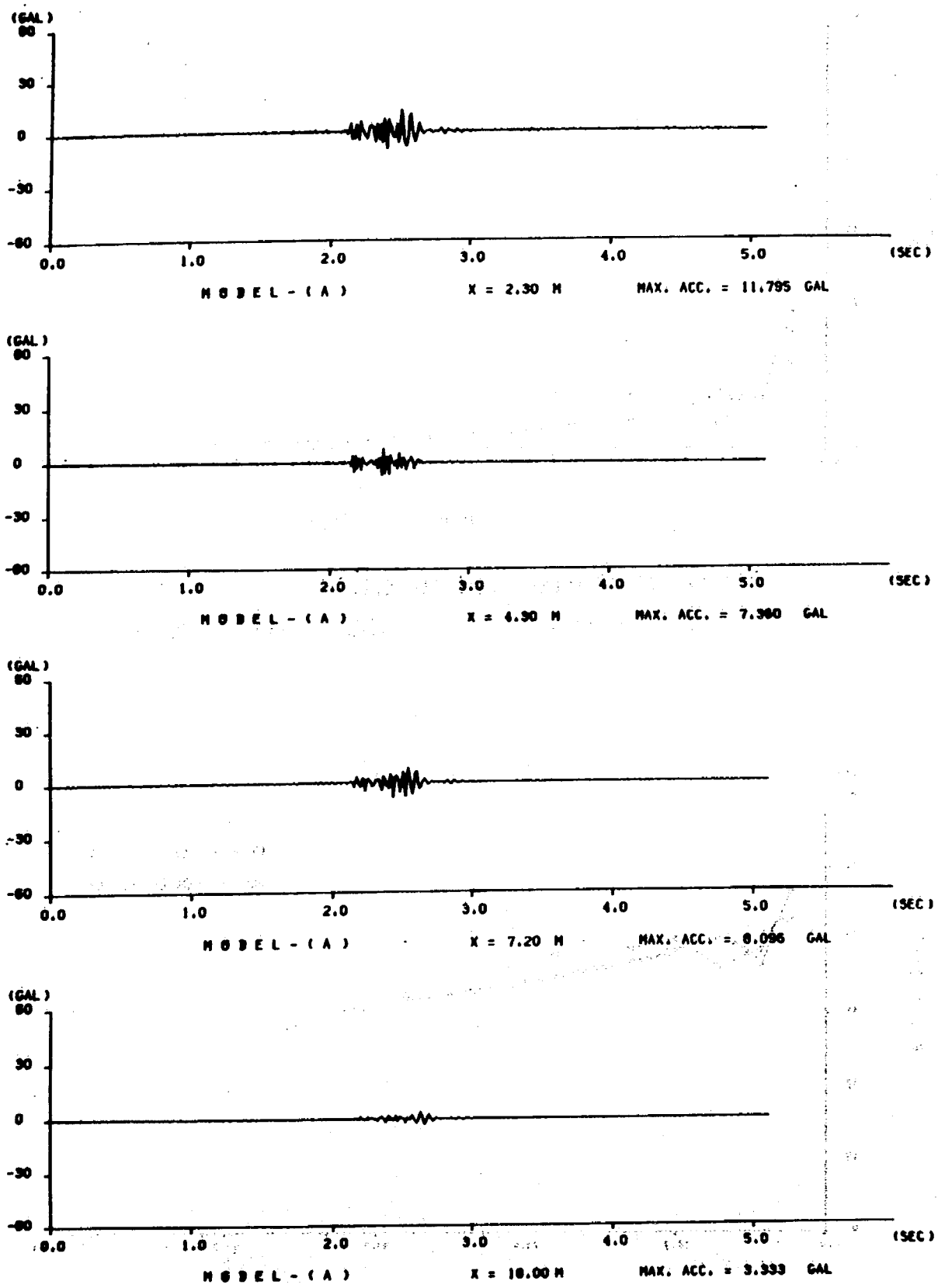
図—3. 3. 22　最大加速度の距離減衰の解析例

（試験車走行試験：A測線，60km/H，施行前）



図— 3, 3. 23　最大振動レベルの距離減衰の解析例

（試験車走行試験：A測線，60km/H，施行前）



図－3.3.24　応答加速度履歴の計算例

（試験車走行試験：A測線，60 km／H，施行前）

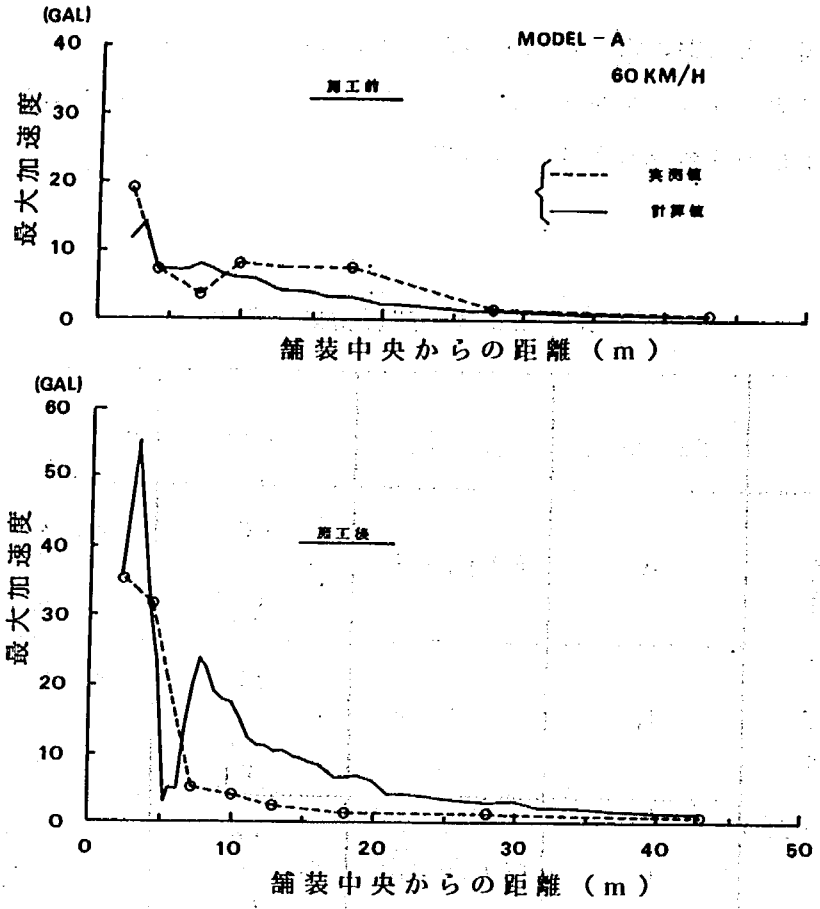
図－3.3.22～図－3.3.24のような結果が表－3.3.2のすべての計算ケースに対して得られているが，ここでは表－3.3.3に従って最大加速度と振動レベルの距離減衰の実測値と計算値および施工前と施工後の比較結果を1回目の場合のみについて示す。

表－3.3.3　解析結果一覧表

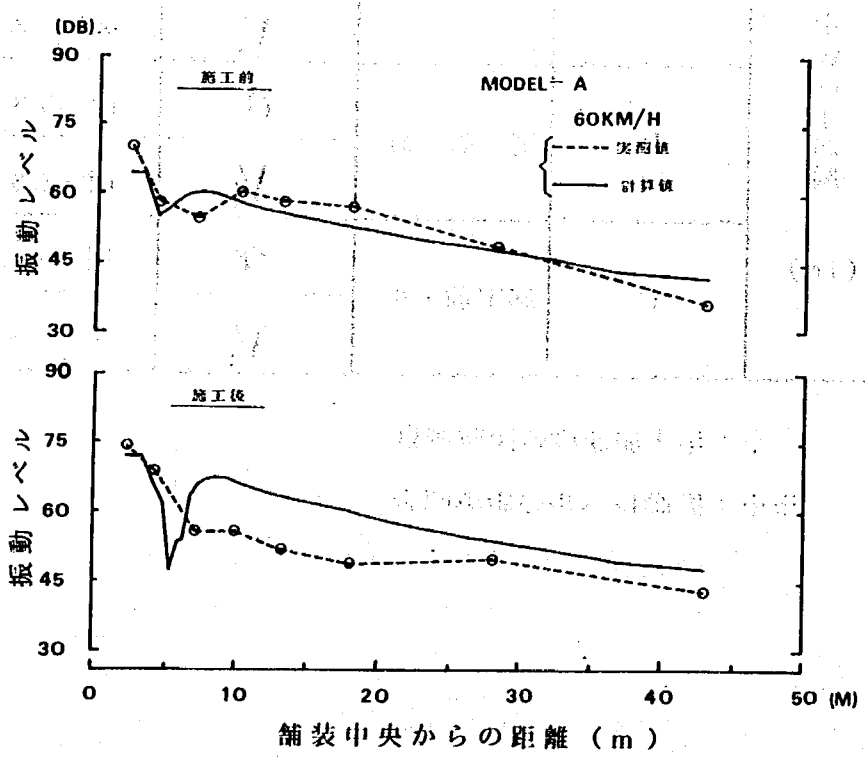
	測　線	時　期	応答量	対象回数 1回目
試験車走行試験 (60km/h)	A	施工前・後	α ※	図－3.3.25
			V_L ※※	図－3.3.26
	B	施工前・後	α	図－3.3.27
			V_L	図－3.3.28
	C	施工前・後	α	図－3.3.29
			V_L	図－3.3.30
重錘落下試験 (1m)	A	施工前・後	α	図－3.3.31
			V_L	図－3.3.32
	B	施工前・後	α	図－3.3.33
			V_L	図－3.3.34
	C	施工前・後	α	図－3.3.35
			V_L	図－3.3.36

※：最大加速度の距離減衰

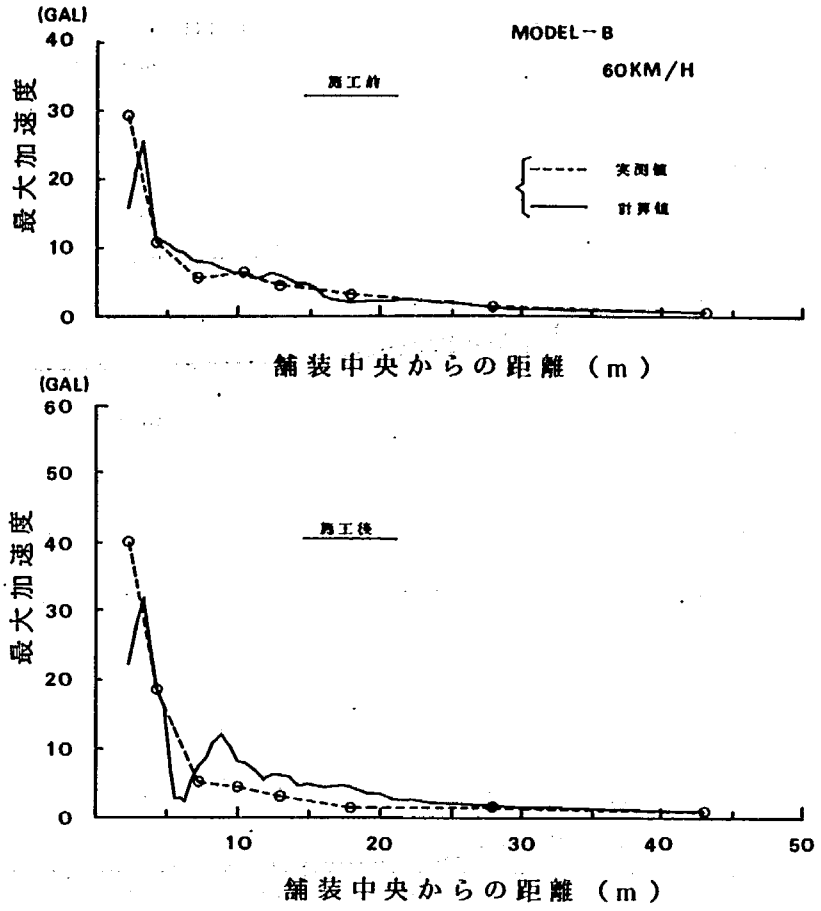
※※：振動レベルの距離減衰



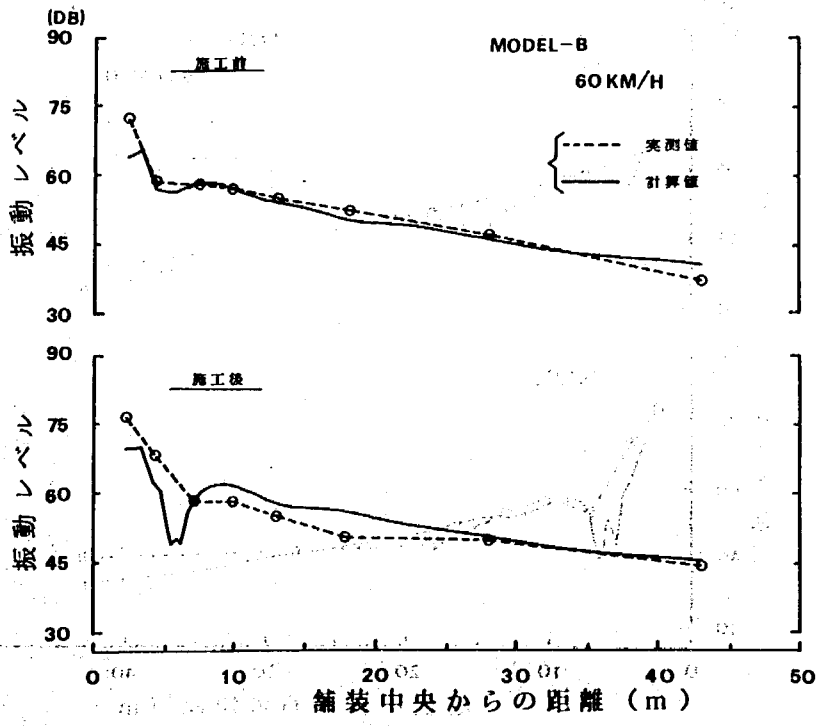
図－3.3.25　最大加速度の距離減衰の実測値と解析値の比較
（試験車走行試験：A測線）



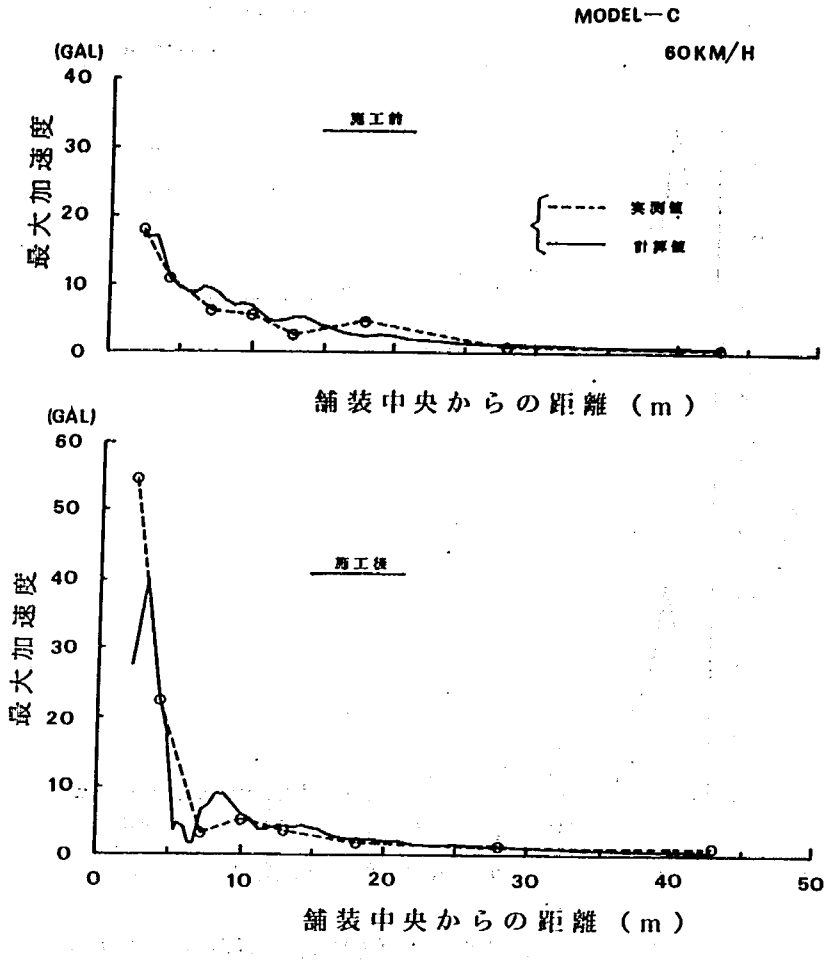
図－3.3.26　最大振動レベルの距離減衰の実測値と解析値の比較
（試験車走行試験：A測線）



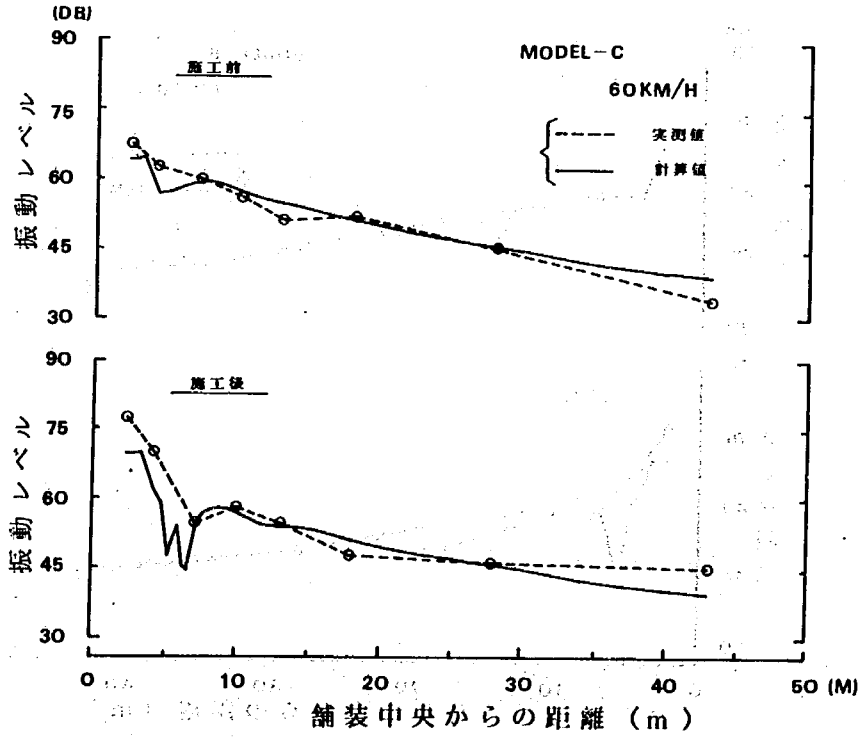
図－3.3.27　最大加速度の距離減衰の実測値と解析値の比較
（試験車走行試験：B測線）



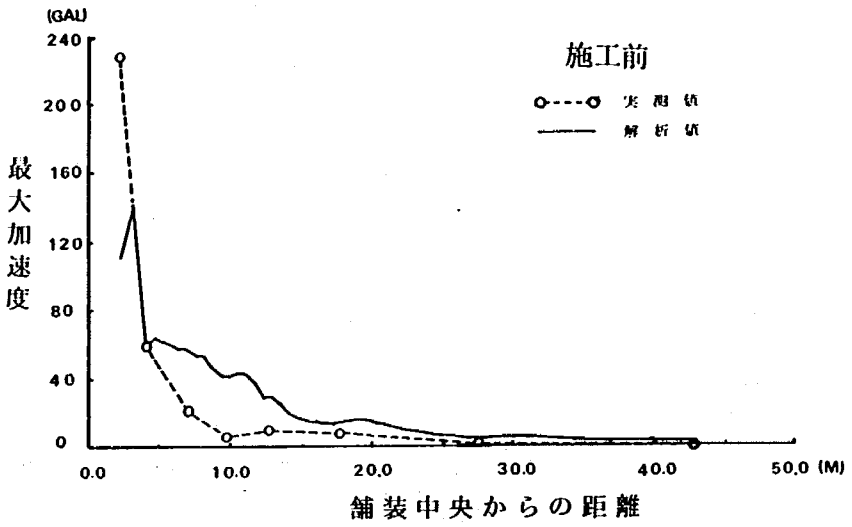
図－3.3.28　最大振動レベルの距離減衰の実測値と解析値の比較
（試験車走行試験：B測線）

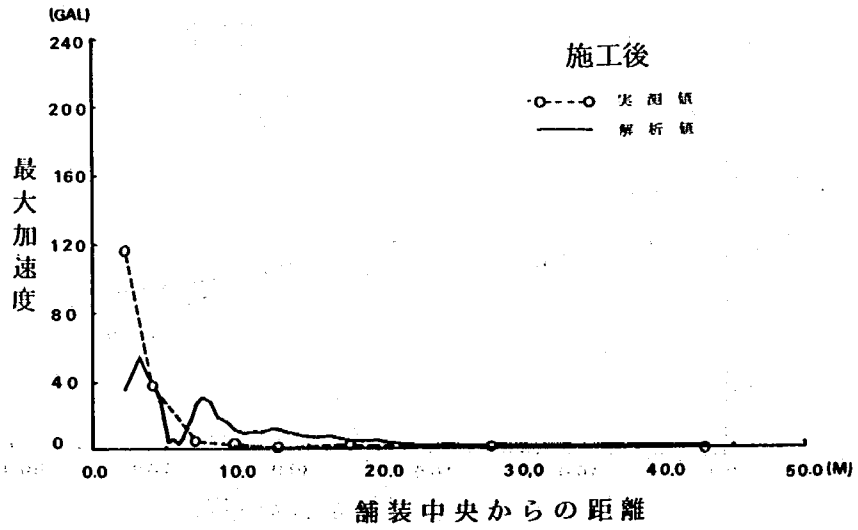


図－3.3.29　最大加速度の距離減衰の実測値と解析値の比較
（試験車走行試験：C測線）

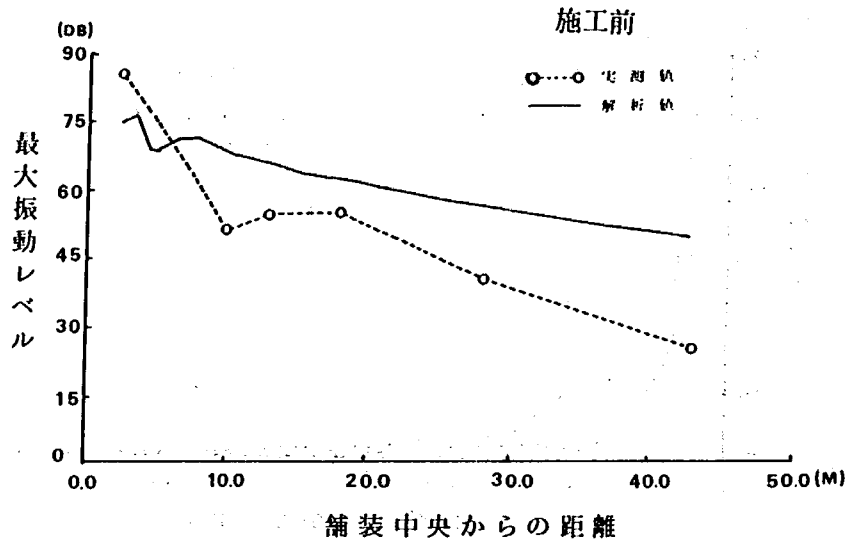


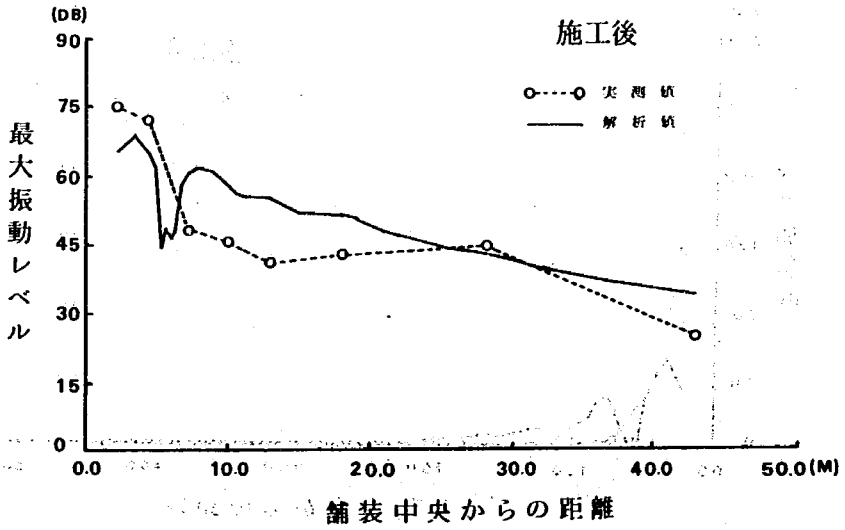
図－3.3.30　最大振動レベルの距離減衰の実測値と解析値の比較
（試験車走行試験：C測線）



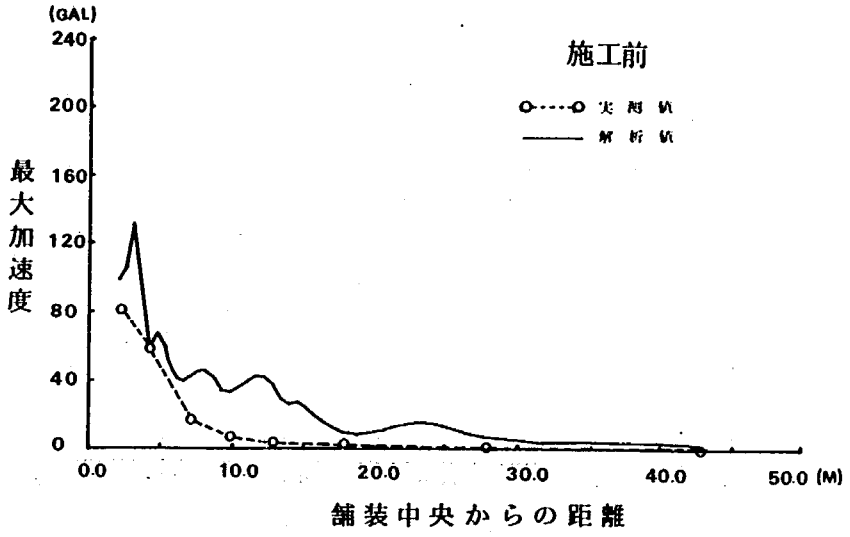


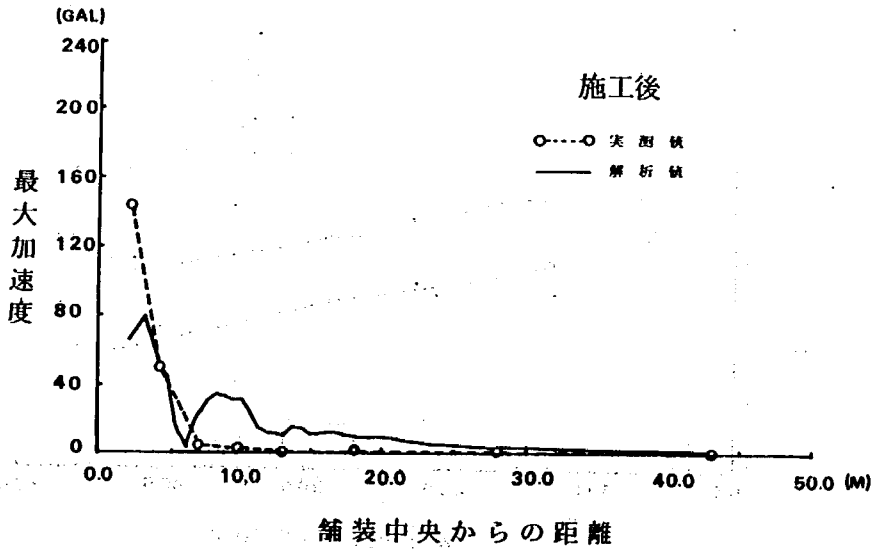
図－3.3.31　最大加速度の距離減衰の実測値と解析値の比較
（重錘落下試験：A測線）



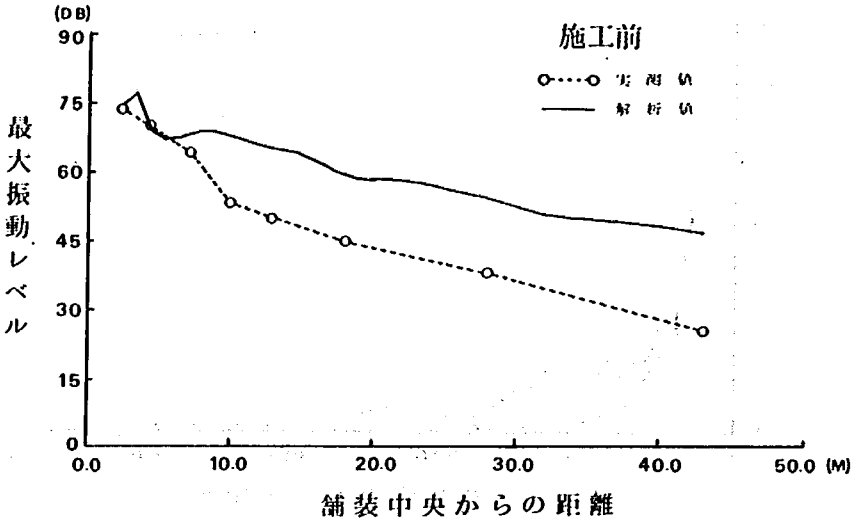


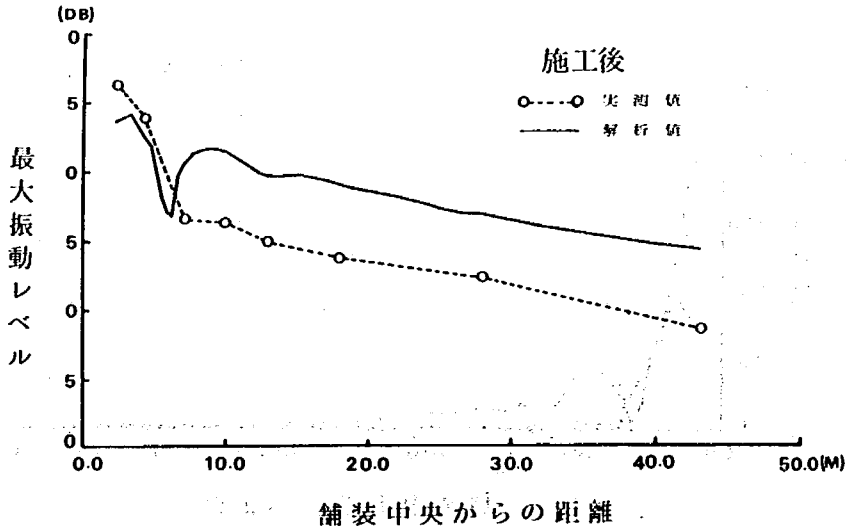
図－3.3.32 最大振動レベルの距離減衰の実測値と解析値の比較
（重錘落下試験：A測線）



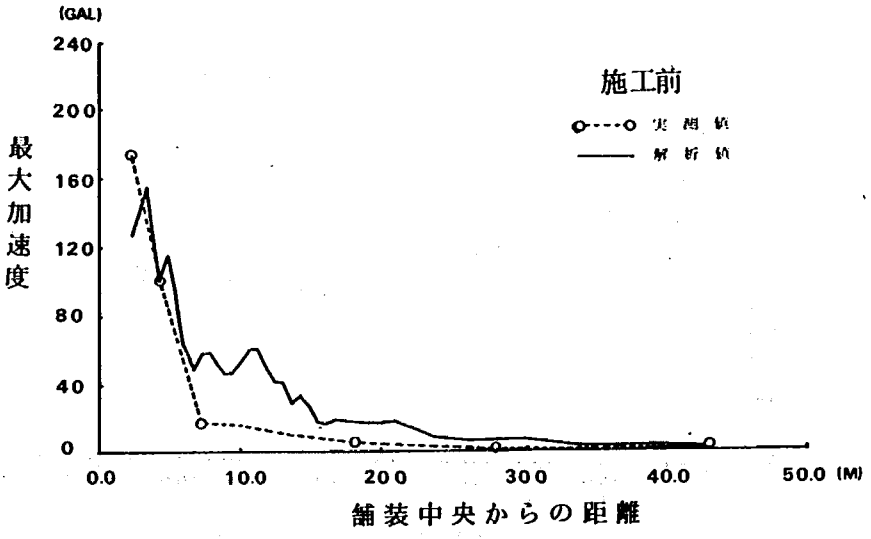


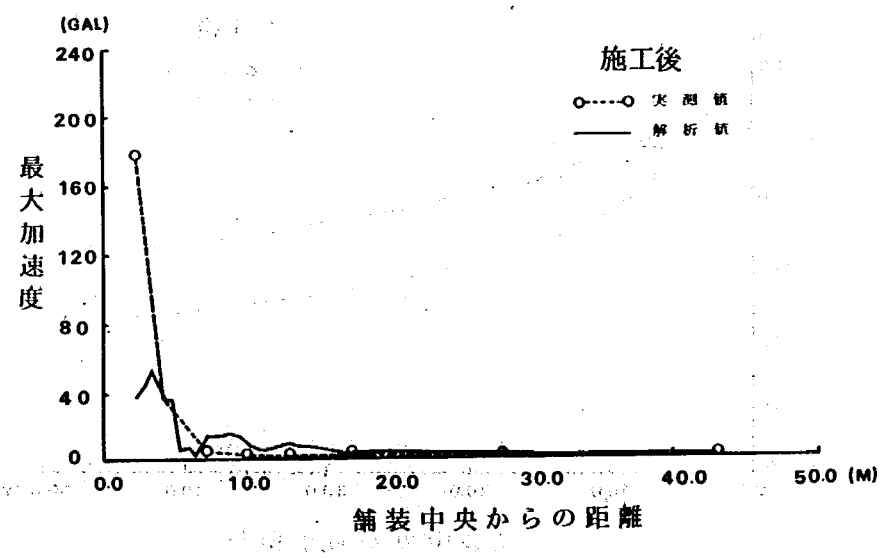
図－3.3.33　最大加速度の距離減衰の実測値と解析値の比較
（重錘落下試験：B測線）



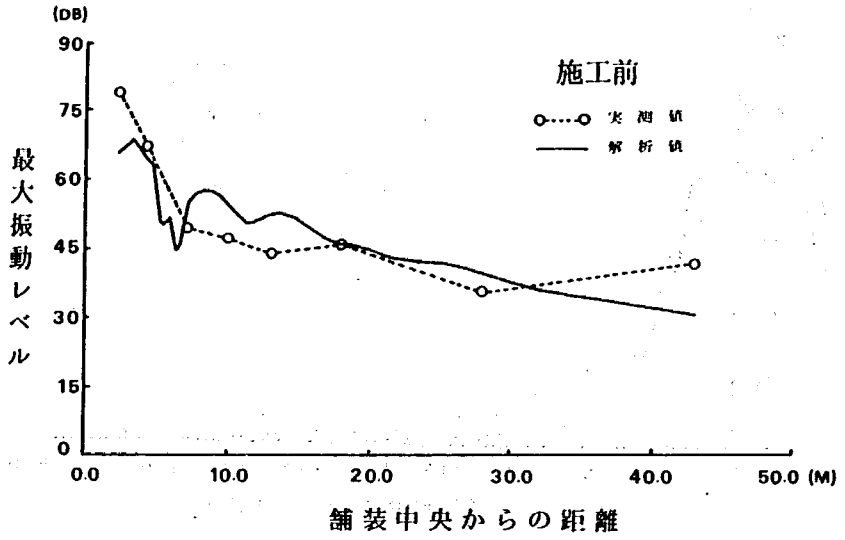


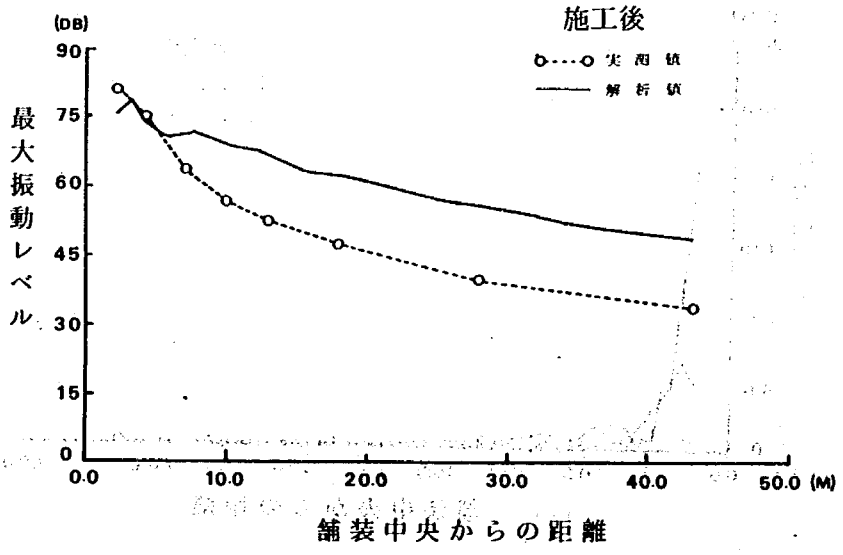
図－3. 3. 34　最大振動レベルの距離減衰の実測値と解析値の比較
（重錘落下試験：B測線）





図－3.3.35　最大加速度の距離減衰の実測値と解析値の比較
（重錘落下試験：C測線）





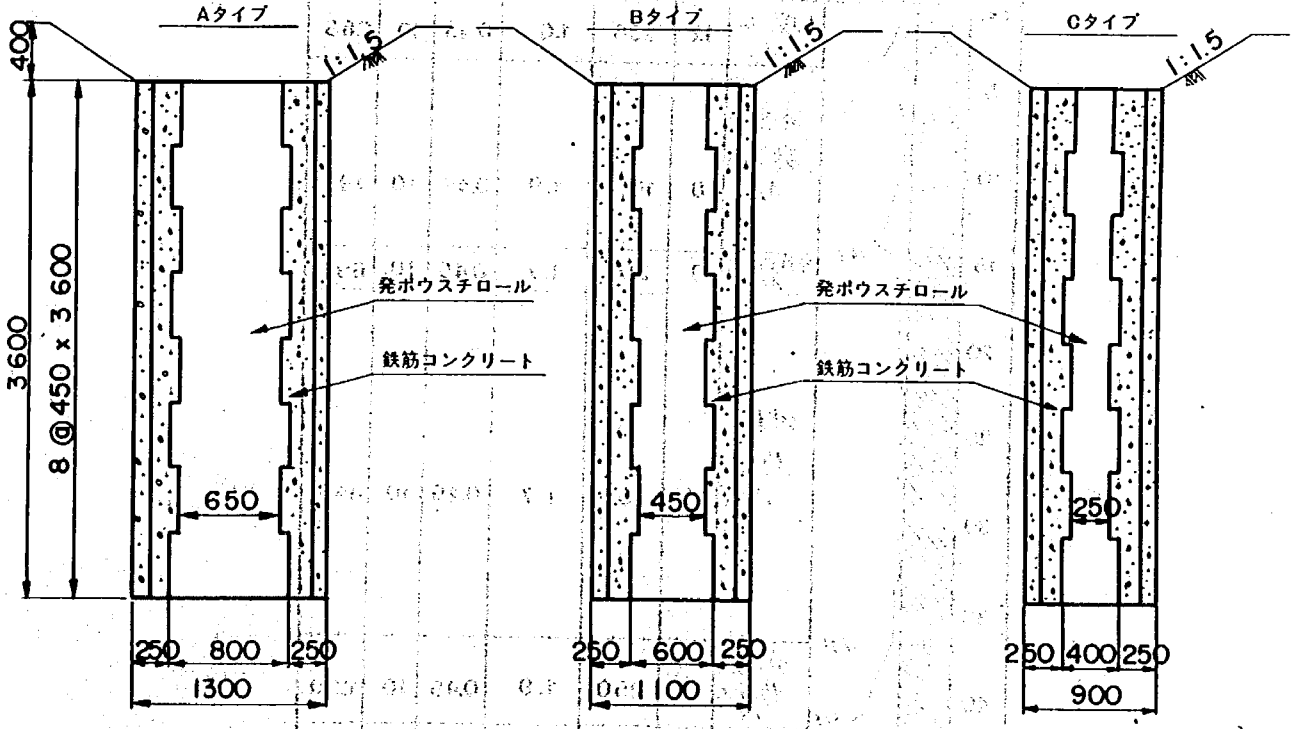
図－3.3.36　最大振動レベルの距離減衰の実測値と解析値の比較
（重錘落下試験：C測線）

3.3.2　一般国道357号における解析

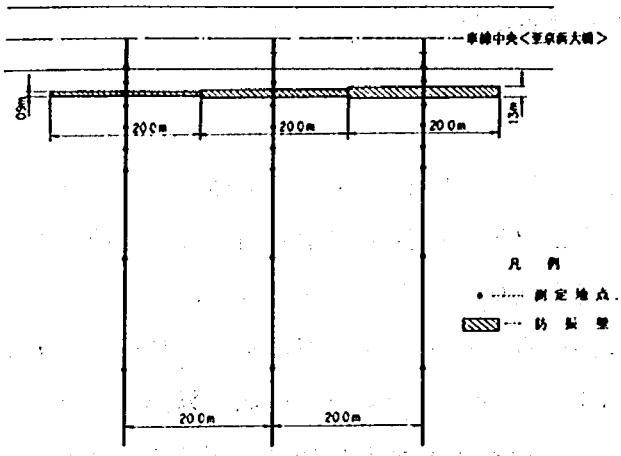
3.3.2.1　解析対象地点

一般国道357号では，昭和54年度と昭和55年度に振動測定を実施した。同地点の軽減対策として地中防振壁を設置し，昭和53年度に供用開始直前の舗装道路において地中壁施工前後の振動測定実験を行ない，55年度も同様の振動測定を行なった。設置した地中防振壁は3種類であり，その材質・寸法および構造の概要を図－3.3.37に示す。地中壁の材質は発泡スチロールで，寸法は400mmと800mmおよび1200mmであり，両側を鉄筋コンクリート壁と一体化させた構造である。また，地中防振壁の設置状況および振動測定位置を各々図－3.3.38および図－3.3.39に示す。

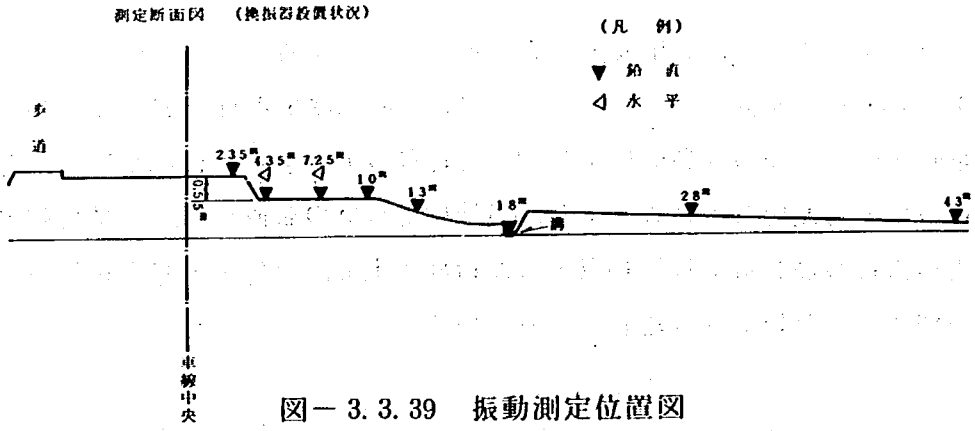
ここで解析の対象とするのは54年度の調査であるが，同調査では重錘落下試験（落下高さ1.0m，0.5m）と20tonの大型ダンプトラックを用いての試験車走行試験（速度40～60km/hの満車時と空車時）の2種類の振動源により加振を行なっている。走行試験では，人工段差を設置した場合についても測定している。また，各地中防振壁の設置点付近の地盤状況は図－3.3.40に示すが当地点は表層15mがN値10以下の沖積砂質土で，その下には20m程のN値10以下の沖積粘土層が続き，それ以深は洪積層となっている。



図－3.3.37　地中防振壁構造図



図－3.3.38　現地振動測定調査地点概要図



図－3.3.39　振動測定位置図

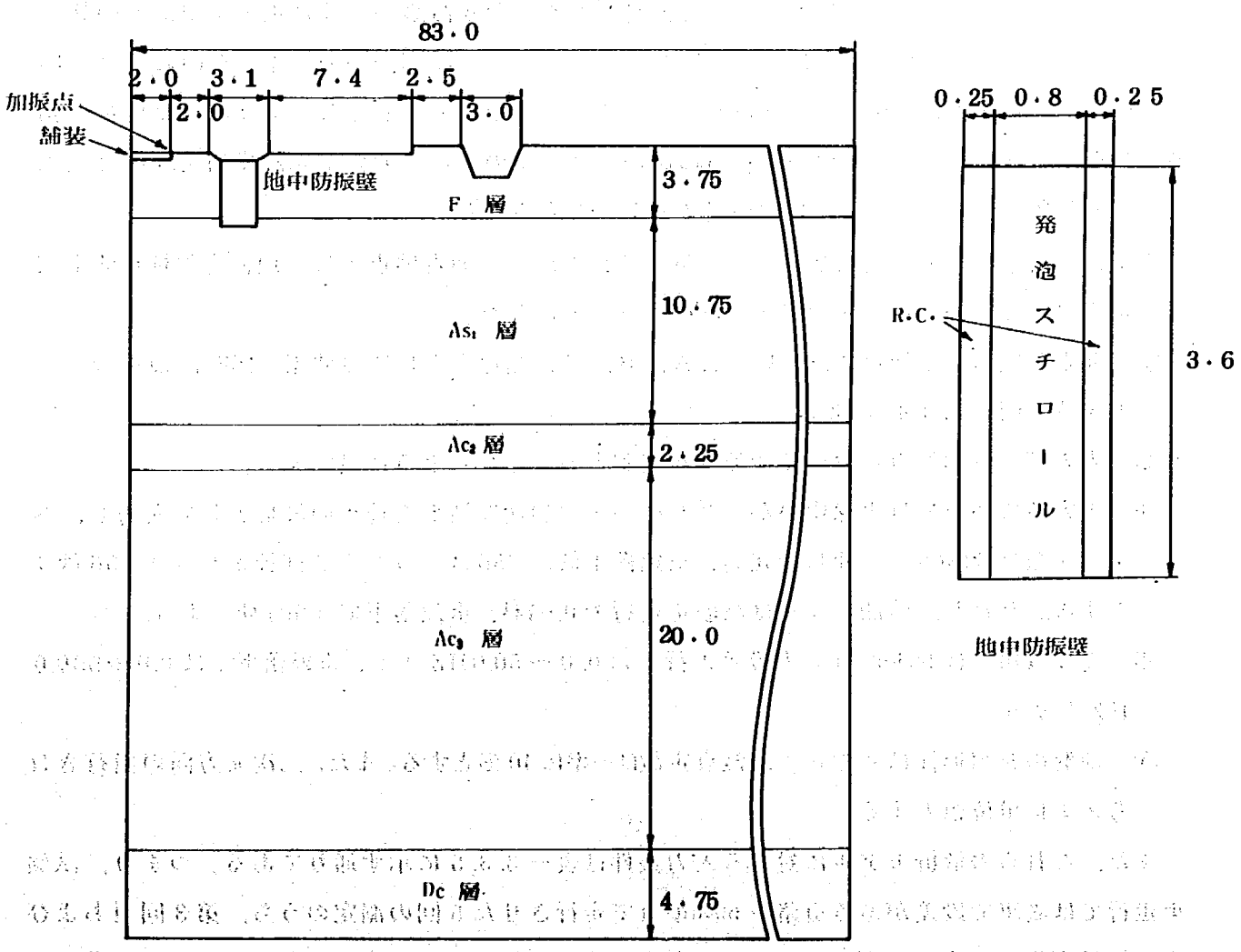
深度 (m)	柱状図	N値	土質	$\bar{N}$	$\bar{V}_s$ (m/s)	γ (t/m³)	ν	h (%)	G_0 (kg/cm²)
			埋土 F	12	230	1.6	0.43	10	865
5		3.75	沖積砂質土 As_1	8	160	1.9	0.49	10	495
10									
15		14.5	沖積粘性土 Ac_2	8	200	1.7	0.45	10	695
		16.75							
20			沖積粘性土 Ac_3	4	160	1.7	0.45	10	445
25									
30									
35		36.75	洪積粘性土 Dc	15	250	1.9	0.45	10	1210
40		41.5							
45			洪積砂質土 Ds	50以上	350	2.0	0.49	10	2.500

図－3.3.40　地盤特性

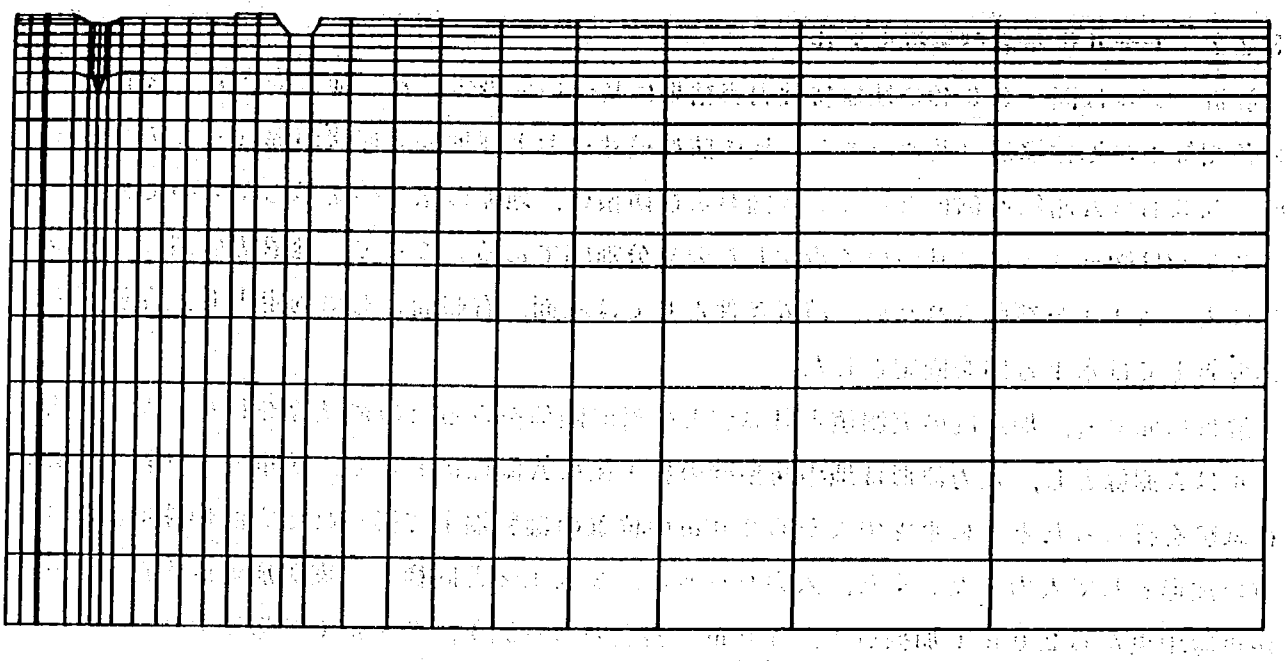
3.3.2.2　モデル化および解析モデル

解析モデルは図－3.3.40の地盤特性調査結果に基づいて設定した。従って，A，BおよびCの各測線下の地盤構造は共通であり，地中防振壁寸法および地表面形状が異なるモデルとなる。図－3.3.41はA測線を例にとりモデル図および防振壁，地盤の諸条件を示したものであり，図－3.3.42は図－3.3.41に基づいて設定した要素分割図である。ここで，地盤等の諸特性については表－3.4.4を参照されたい。境界条件としては底面，右側面ともに固定とし，左側面の対称境界上では水平方向を固定とした。

解析に先立ち，加速度の実測値と計算値との対応関係をみるために試算を行なった。解析モデルはA測線とし，入力波形は地中防振壁の施工後にA測線において，満車で1回目の段差走行試験を行なったときに車線中央から2.0mの位置の舗装端上で得られた実測加速度波形を荷重の波形として入力した。また，入力レベルは，3.3.1.2と同様に，実測加速度と応容加速度が車線中央から2.0m（加振点），4.0m（盛土ののり尻），7.1m（防振壁外）の3点で等しくなるような荷重を設定して解析を行なった。



図－3.3.41　解析対象地盤モデル例（A測線）



図－3.3.42　要素分割図例（A測線）

図－3.3.43～図－3.3.46は最大加速度と振動レベルの距離減衰の計算結果と実測値との比較をA測線の防振壁施工前の場合について行なったものである。同図中の×印，△印および□印は各々，計算加速度が2.0m，4.0mおよび7.1mの3地点で等しくなるようにした場合の結果である。同結果によれば車線中央からの距離が2.0mの測点において，計算加速度値と実測加速度値を合わせるようにした方が適当であると考えられる。

以上の検討結果および3.1.2での検討事項を踏まえて本調査地点では，地盤を弾性体として次のような条件（表－3.4.4参照）で解析することにした。

(1) 要素分割および接点数についてはA，B，C各測線ともに413要素，458接点のモデルとする（図－3.3.42参照）。

(2) 入力荷重は加振点における加速度が実測と等しくなるように設定する。

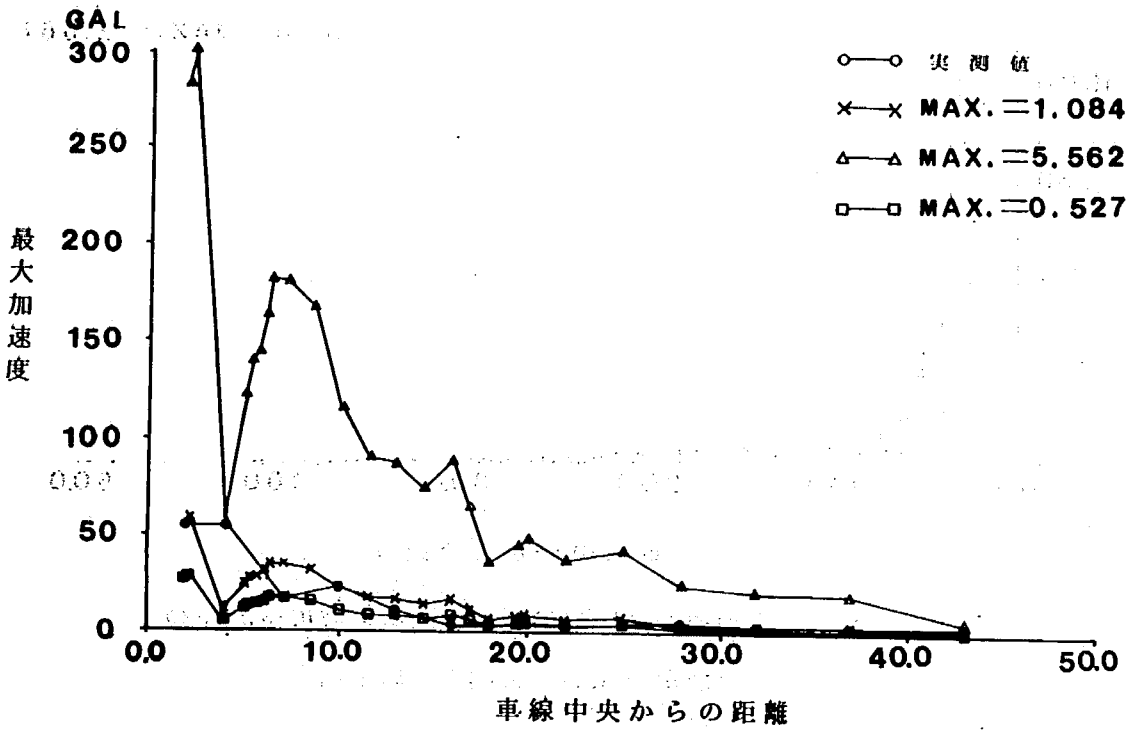
(3) 入力波については車線中央から2.0mの実測加速度波形を荷重の波形として入力し，ステップ数は60km/h満車段差走行，重錘落下供に256ステップ（2.56秒または0.256秒）とする。ただし，時間ピッチは試験車走行で0.01秒，重錘落下で0.001秒とする。

(4) 周波数領域は60km/h満車段差走行では0.0～50.0HZとし，重錘落下では0.0～500.0HZとする。

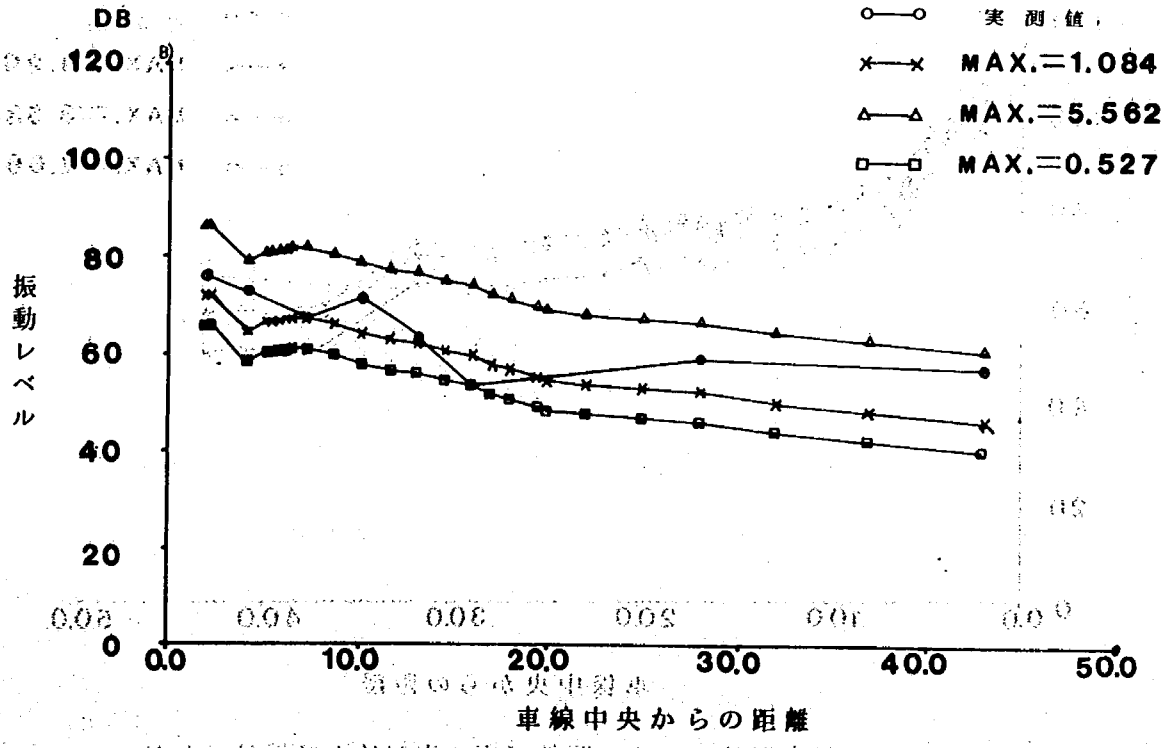
(5) 地盤の非線形性は考慮せず，減衰定数は一率に10％とする。また，三次元方向の奥行きは考えずに単位幅とする。

また，これらの解析モデルに対する入力条件は表－3.3.5に示す通りである。つまり，試験車走行では満車で段差がある道路を60km/hで走行させた5回の測定のうち，第3回目および第4回目走行時の車線中央から2.0m地点の加速度記録波形を入力させた。また，重錘落下試験では落下高さが1mの場合の5回の測定のうち，第3回目および第4回目の落下時の車線中

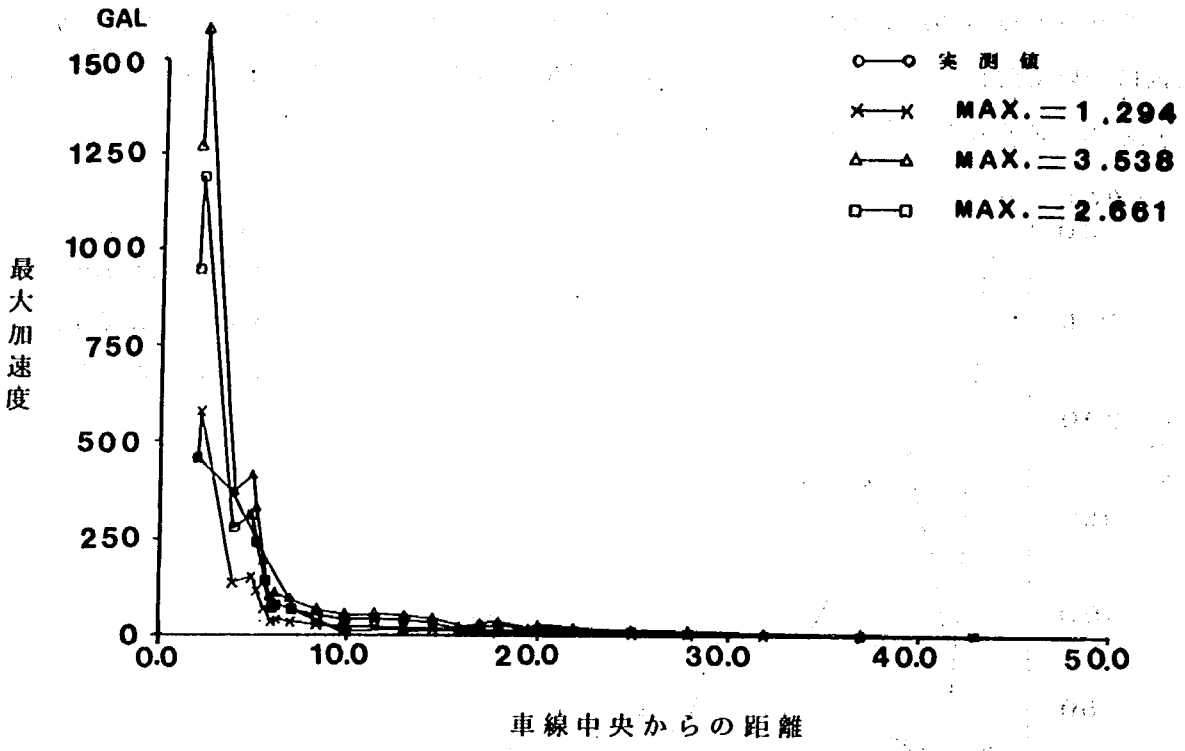
央から2.0m地点の加速度記録波形を入力させた。いずれの場合も地中防振壁の施工前および施工後について解析した。これら入力波形は，前項と同様に実測のアナログデータをA／D変換してディジタル化し，解析に用いうるようにした。



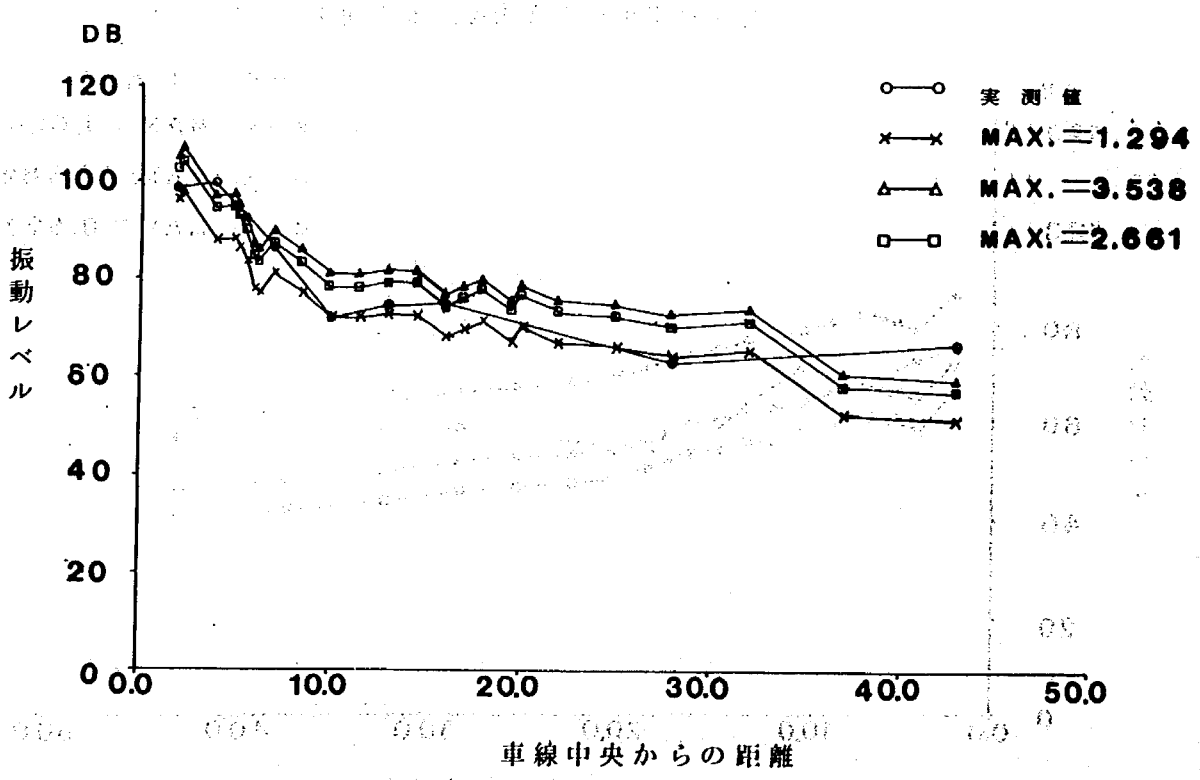
図－3.3.43　最大加速度の距離減衰の実測値と解析値の比較
（試験車走行：A測線，施工前）



図－3.3.44　最大振動レベルの距離減衰の実測値と解析値の比較
（試験車走行：A測線，施工前）



図－3.3.45　最大加速度の距離減衰の実測値と解析値の比較
（重錘落下試験：A測線，施工前）



図－3.3.46　最大振動レベルの距離減衰の実測値と解析値の比較
（重錘落下試験：A測線，施工前）

表－3.3.4.　モデル化の諸条件

			A	B	C
節点数			458	458	458
要素数			413	413	413
水平方向の地盤の長さ			83m	83m	83m
周波数領域		60km/h満車段差走行	0.0～50.0 HZ	0.0～50.0 HZ	0.0～50.0 HZ
		重錘落下	0.0～500.0 HZ	0.0～500.0 HZ	0.0～500.0 HZ
入力波	ピッチ	60km/h満車段差走行	0.01 秒	0.01 秒	0.01 秒
		重錘落下	0.001秒	0.001秒	0.001秒
	ステップ		256	256	256
荷重		車線中央からの距離	2.0m	2.0m	2.0m
		方向	鉛直	鉛直	鉛直
CPU			11 分	11 分	11 分

表－3.3.5.　解析対象ケース一覧表

測線	試験法	施工前・後	対象回数
A	試験車走行 満車・段差有 60 km/h	前	3
			4
		後	3
			4
	重錘落下 1 m	前	3
			4
		後	3
			4
B	試験車走行 満車・段差有 60 km/h	前	3
			4
		後	3
			4
	重錘落下 1 m	前	3
			4
		後	3
			4
C	試験車走行 満車・段差有 60 km/h	前	3
			4
		後	3
			4
	重錘落下 1 m	前	3
			4
		後	3
			4

3.3.2.3　解析結果

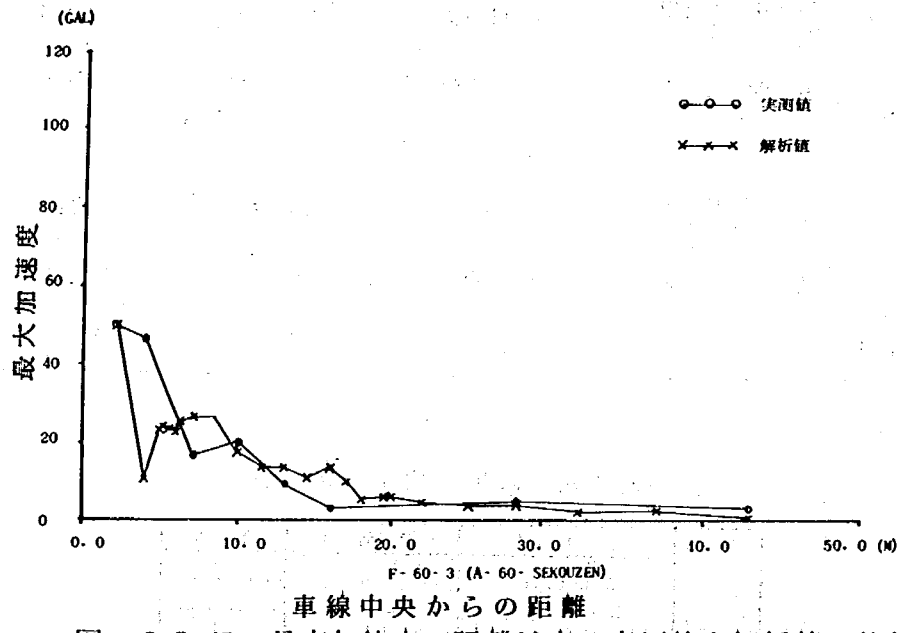
解析の結果は次の項目について整理した。

1）最大加速度の距離減衰

2）振動レベルの距離減衰

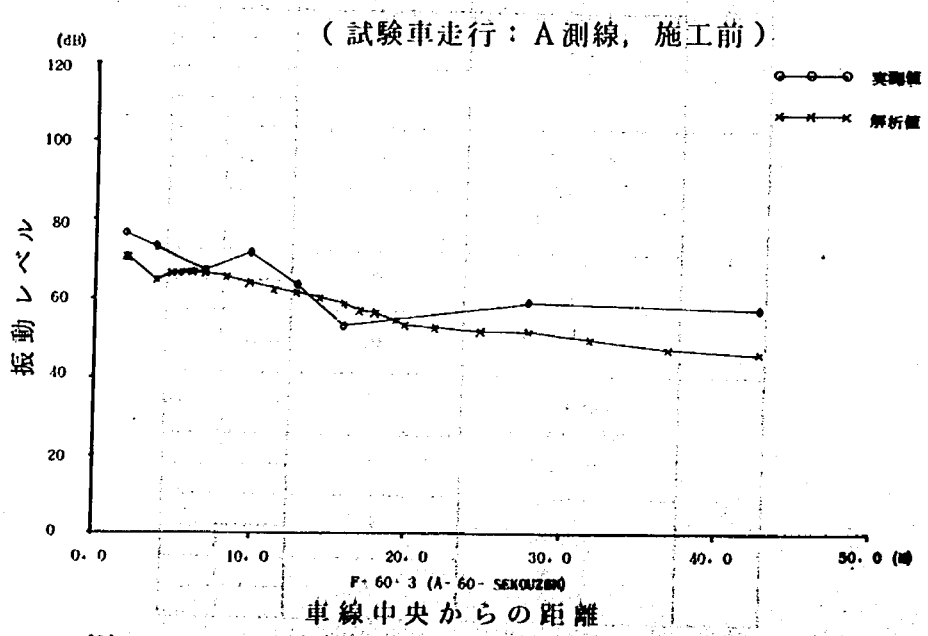
3）応答加速度履歴

これらの結果の一例として，施工前のA測線で60km／hの1回目の走行試験の結果を図－3.3.47～図－3.3.49に示す。図－3.3.47は最大加速度の距離減衰の実測値と計算値の比較図である。また，図－3.3.48は振動レベルの距離減衰の実測値と計算値の比較図である。さらに，図－3.3.49は車線中央から2.0m，4.0m，7.1m，および16.0mにおける計算された加速度履歴である。



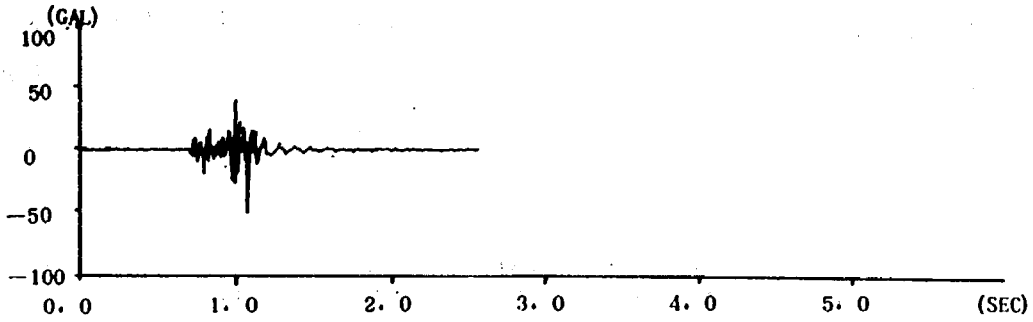
図－3.3.47　最大加速度の距離減衰の実測値と解析値の比較例

（試験車走行：A測線，施工前）

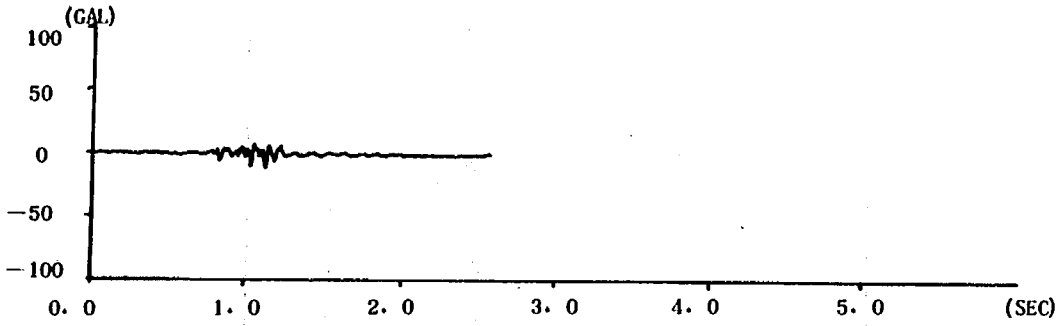


図－3.3.48　最大振動レベルの距離減衰の実測値と解析値の比較例

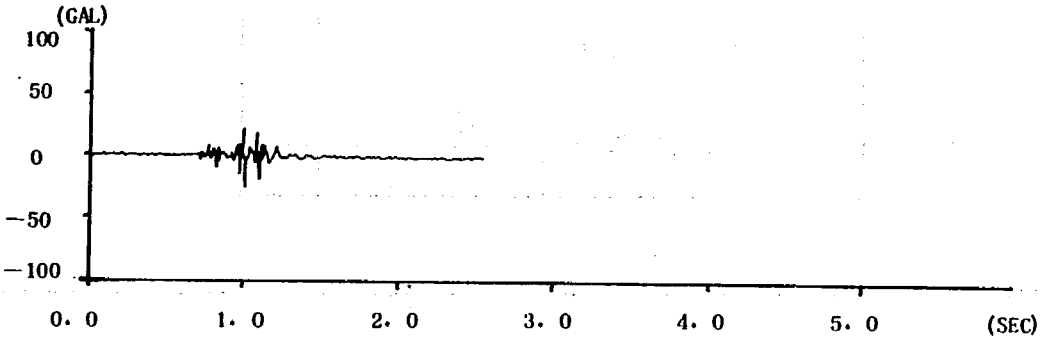
（試験車走行：A測線，施工前）



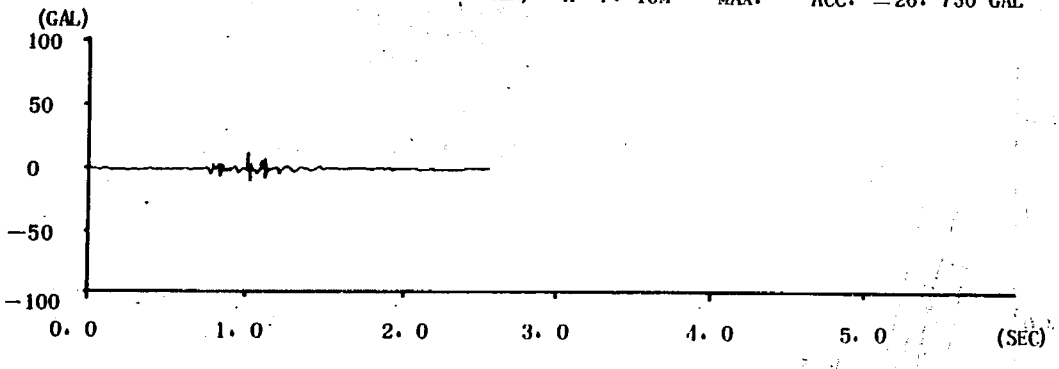
F- 60- 3 (A- 60- SEKOUZEN) X=2. 00M MAX. ACC. =50. 170 GAL



F- 60- 3 (A- 60- SEKOUZEN) X=4. 00M MAX. ACC. =10. 436 GAL



F- 60- 3 (A- 60- SEKOUZEN) X=7. 10M MAX. ACC. =26. 730 GAL



F- 60- 3 (A- 60- SEKOUZEN) X=16. 00M MAX. ACC. =13. 648 GAL

図－3. 3. 49 応答加速度履歴の計算例

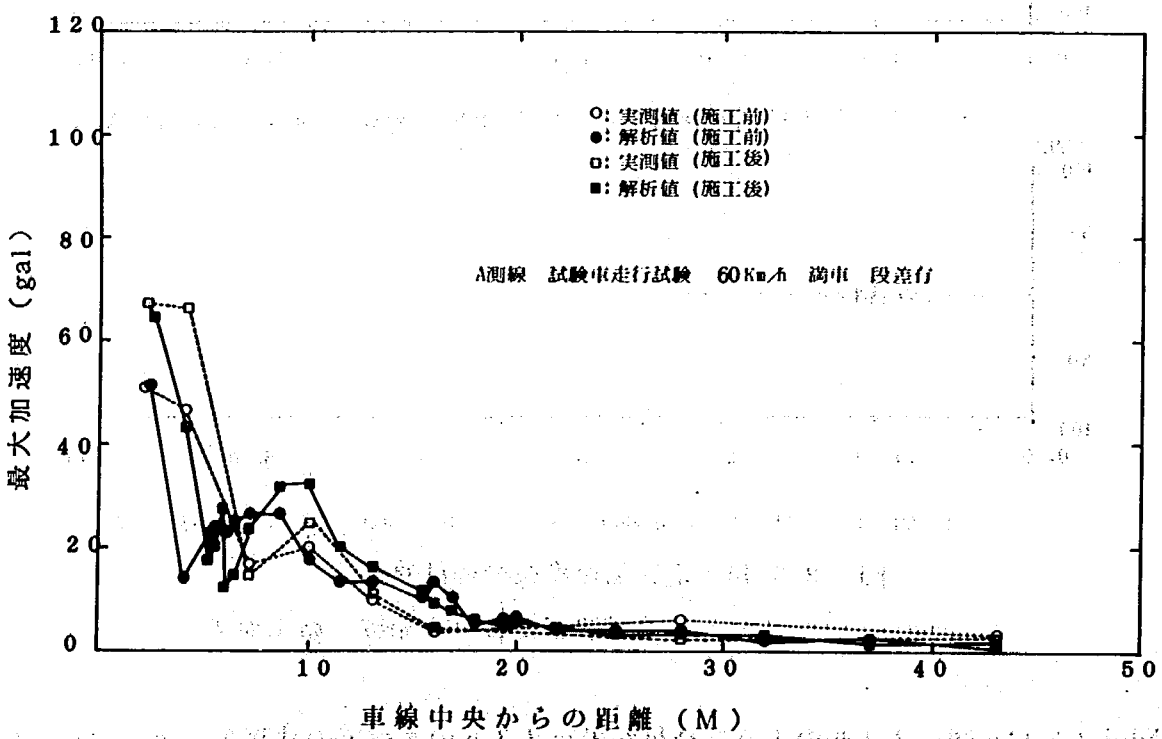
（試験車走行：A測線，施工前）

図－3. 3.47～図－3. 3.49のような結果が表－3. 3. 5のすべての計算ケースに対して得られているが，ここでは表－3. 3. 6に従って得た加速度と振動レベルの距離減衰の実測値と計算および施工前，後の比較の結果を図－3. 3.50～図－3. 3.61に示す。これらの結果によれば，解析値

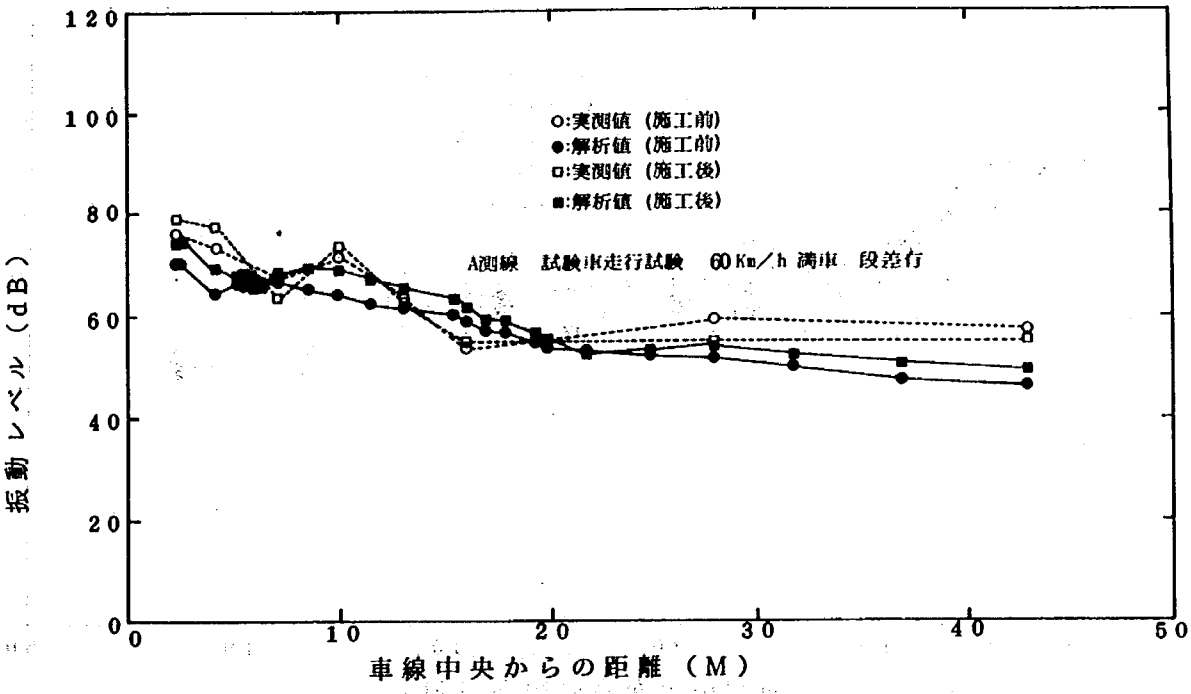
と実測値の差異にややばらつきはあるものの実測値のばらつきや解析におけるモデル化の際の制約条件等を考えると，全体的には両者はほぼ類似した傾向を示し，本解析法により道路交通振動による振動の伝播特性の推算が可能であると考えられる。

表－3.3.6　解析結果一覧表

測　線	試 験 法	施工前後	対象回数
A	試験車走行	前	3
		後	3
	重 錘 落 下	前	3
		後	3
B	試験車走行	前	3
		後	3
	重 錘 落 下	前	1
		後	3
C	試験車走行	前	3
		後	3
	重 錘 落 下	前	5
		後	4

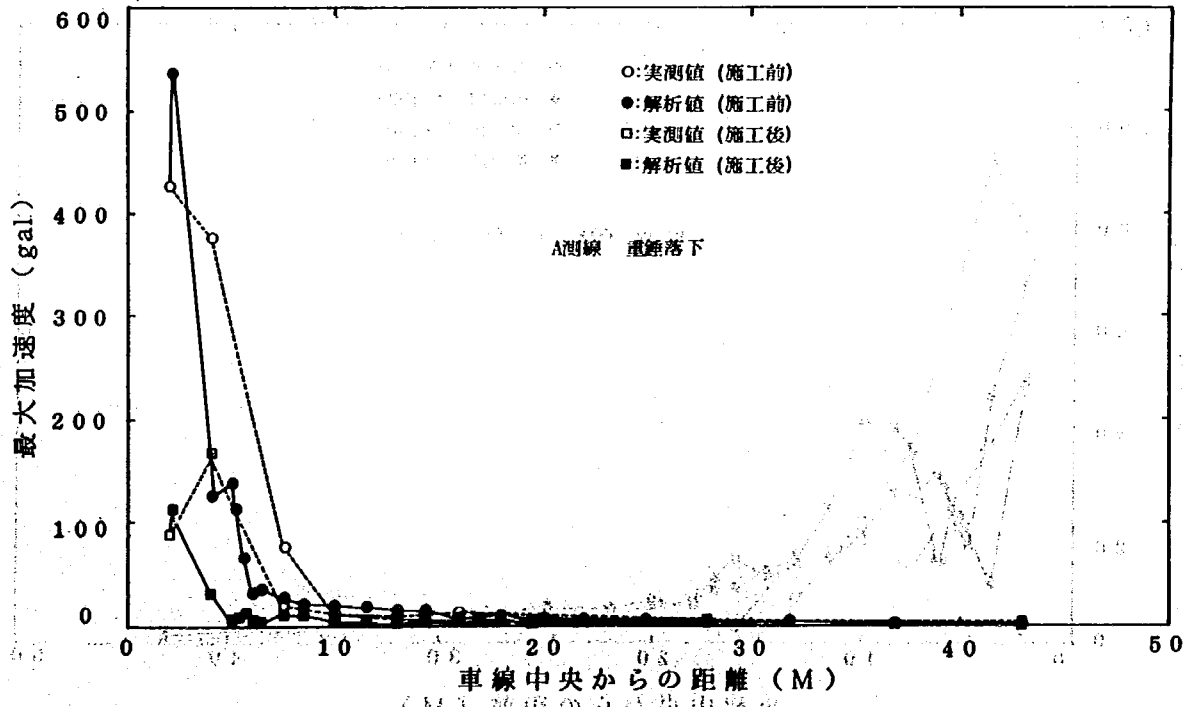


図－3.3.50　最大加速度の距離減衰の実測値と解析値の比較
（試験車走行：A測線）



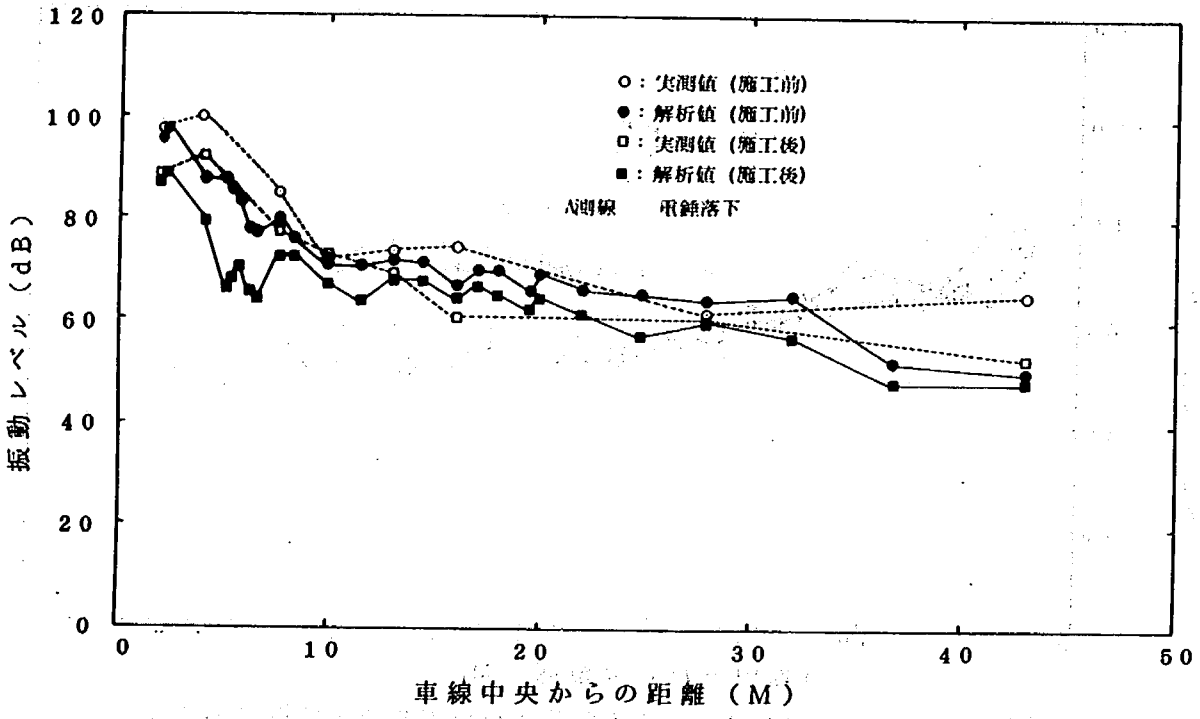
図－ 3.3.51　最大振動レベルの距離減衰の実測値と解析値の比較

（試験車走行：A測線）



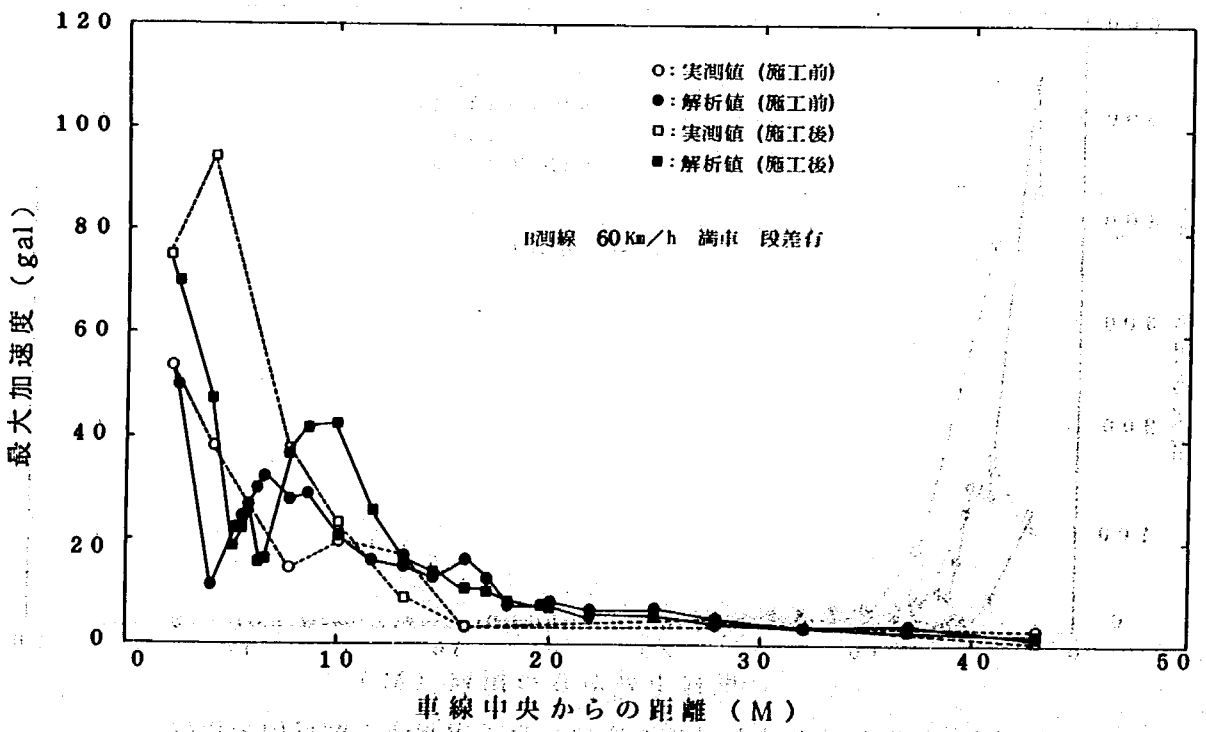
図－ 3.3.52　最大加速度の距離減衰の実測値と解析値の比較

（重錘落下：A測線）



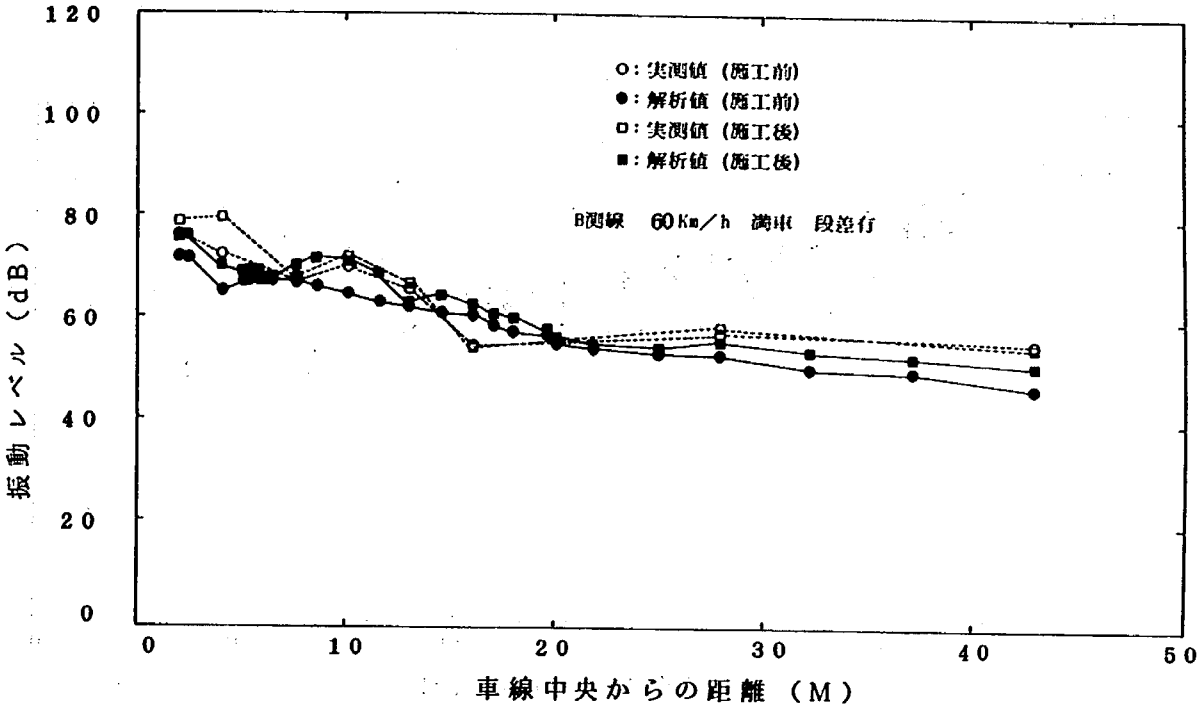
図－3.3.53　最大振動レベルの距離減衰の実測値と解析値の比較

（重錘落下：A測線）



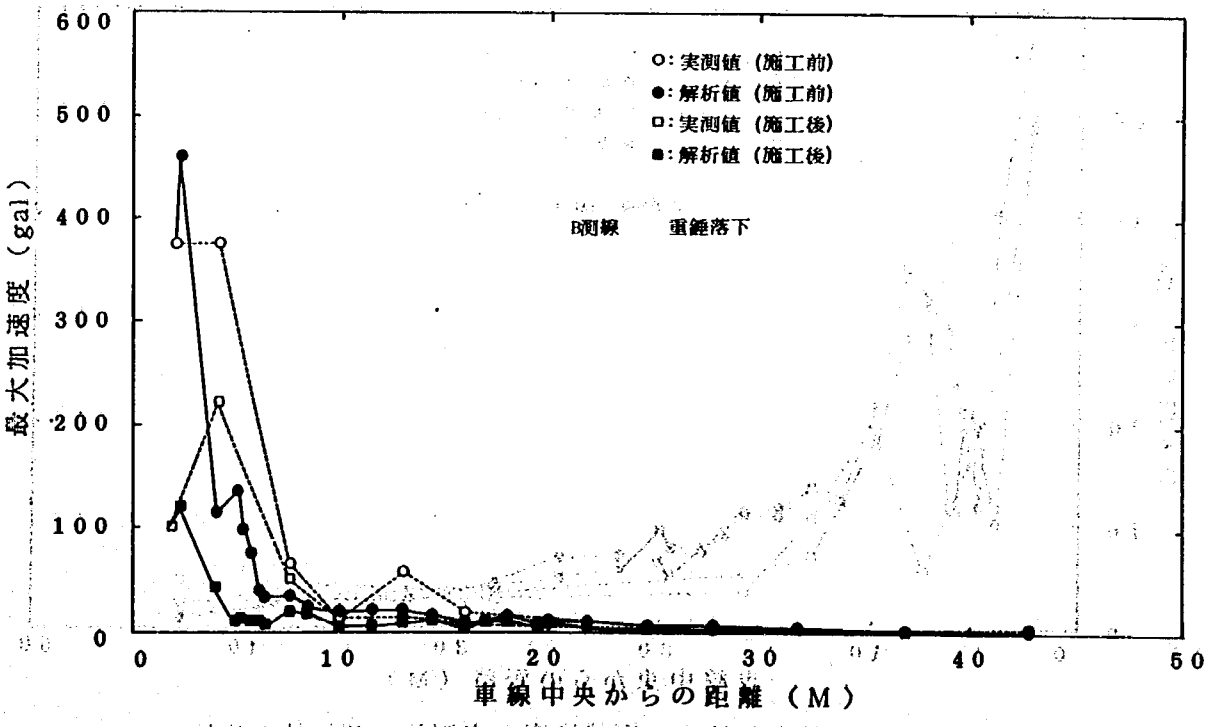
図－3.3.54　最大加速度の距離減衰の実測値と解析値の比較

（試験車走行：B測線）



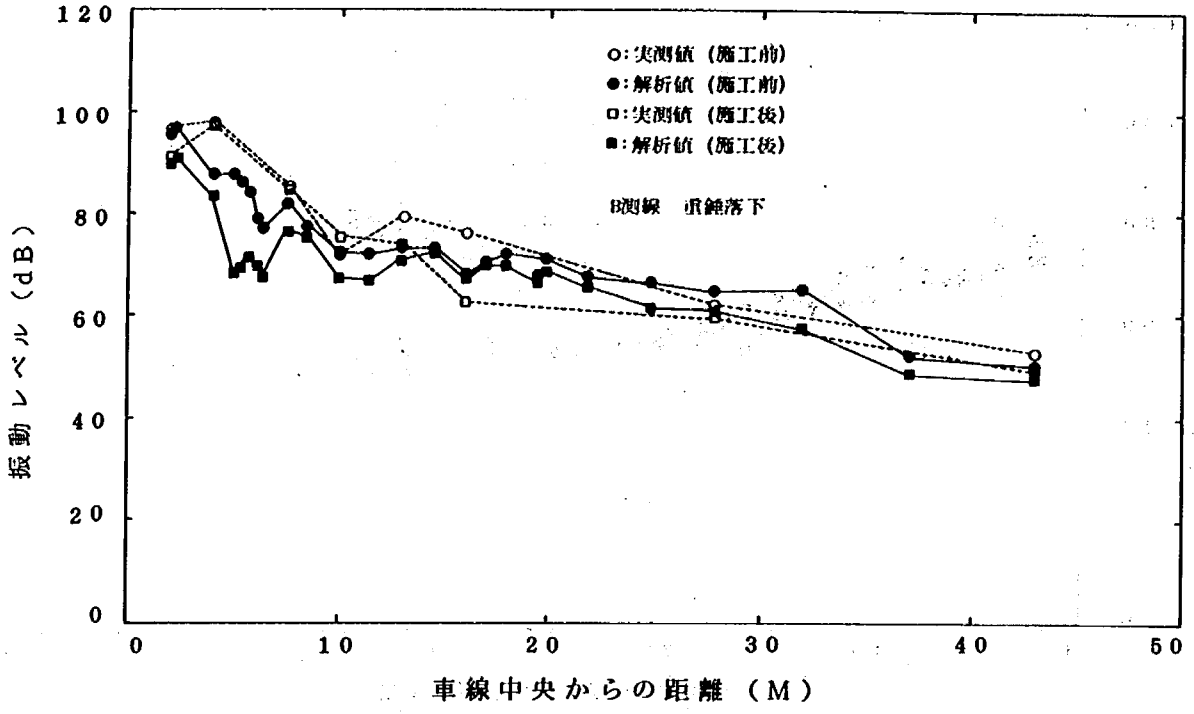
図－3.3.55　最大振動レベルの距離減衰の実測値と解析値の比較

（試験車走行：B測線）



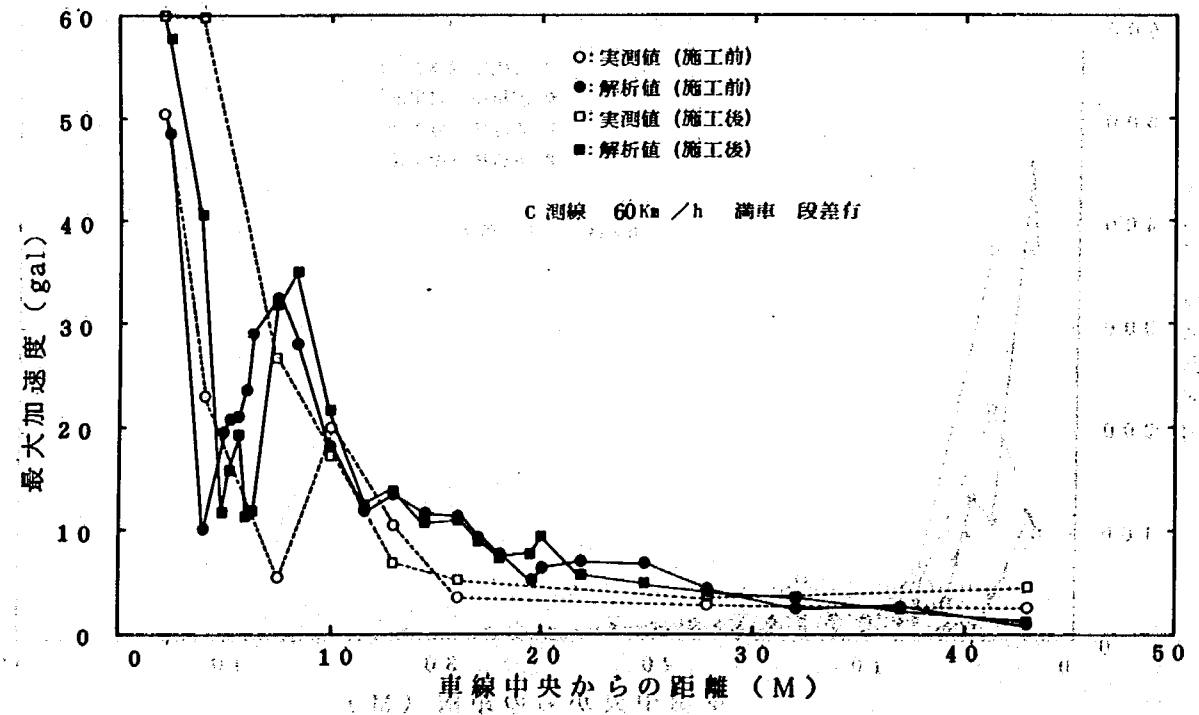
図－3.3.56　最大加速度の距離減衰の実測値と解析値の比較

（重錘落下：B測線）



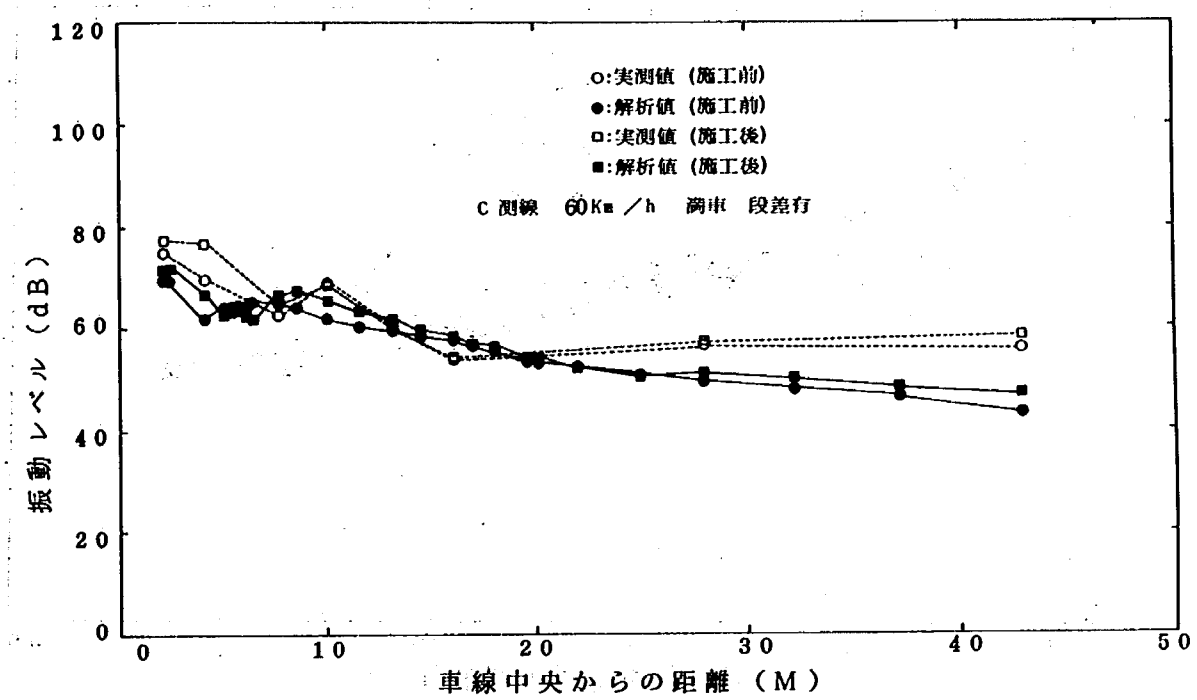
図－3.3.57　最大振動レベルの距離減衰の実測値と解析値の比較

（重錘落下：B測線）



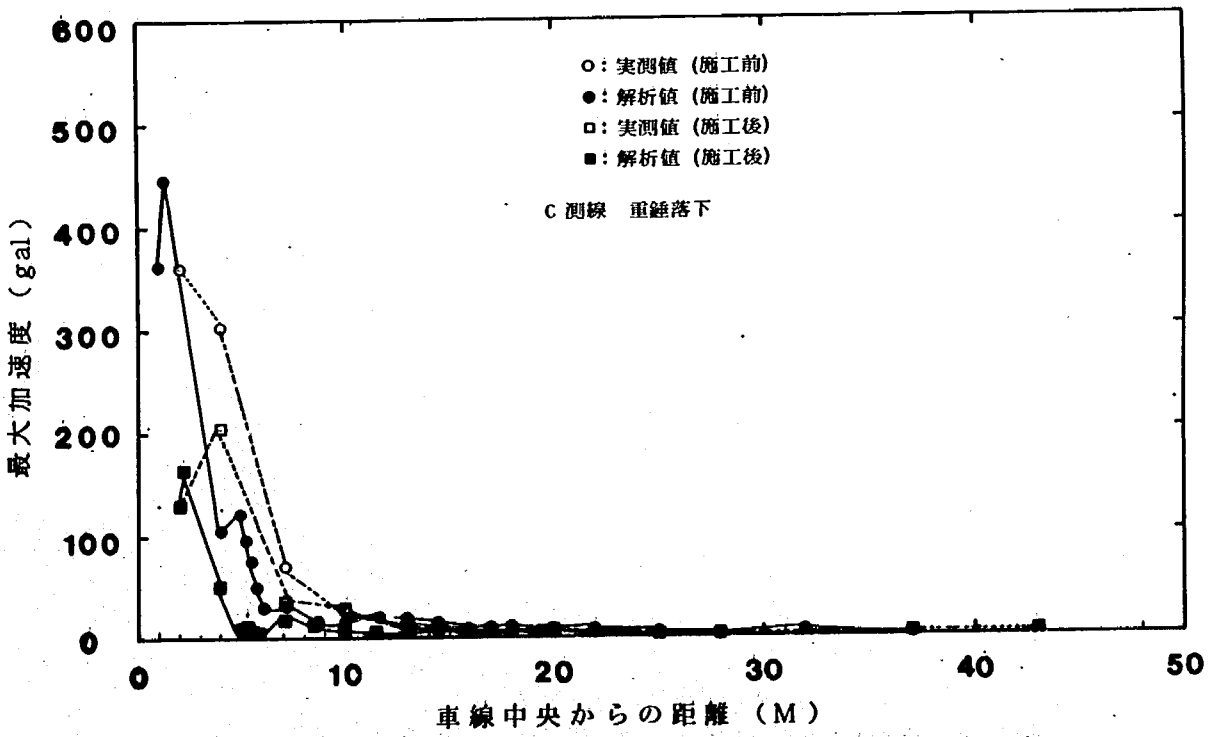
図－3.3.58　最大加速度の距離減衰の実測値と解析値の比較

（試験車走行：C測線）



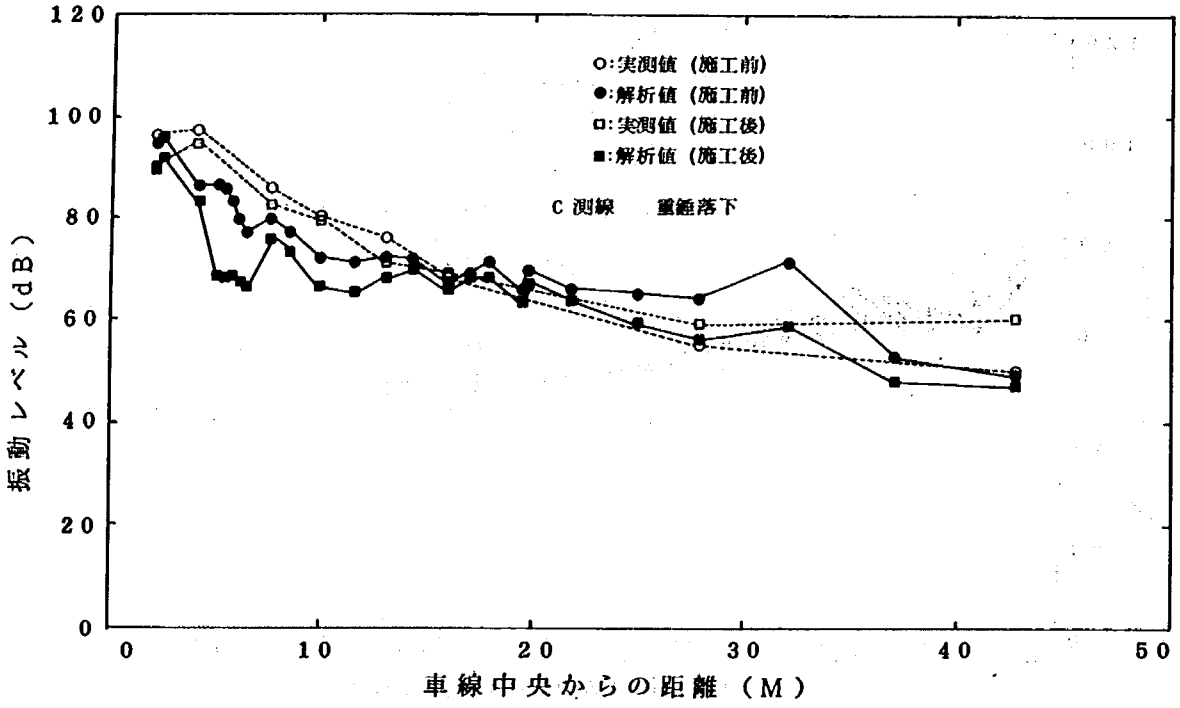
図－3.3.59　最大振動レベルの距離減衰の実測値と解析値の比較

（試験車走行：C測線）



図－3.3.60　最大加速度の距離減衰の実測値と解析値の比較

（重錘落下：C測線）



図－3.3.61　最大振動レベルの距離減衰の実測値と解析値の比較

（重錘落下：C測線）

3.4. 道路交通振動の軽減対策に関する解析

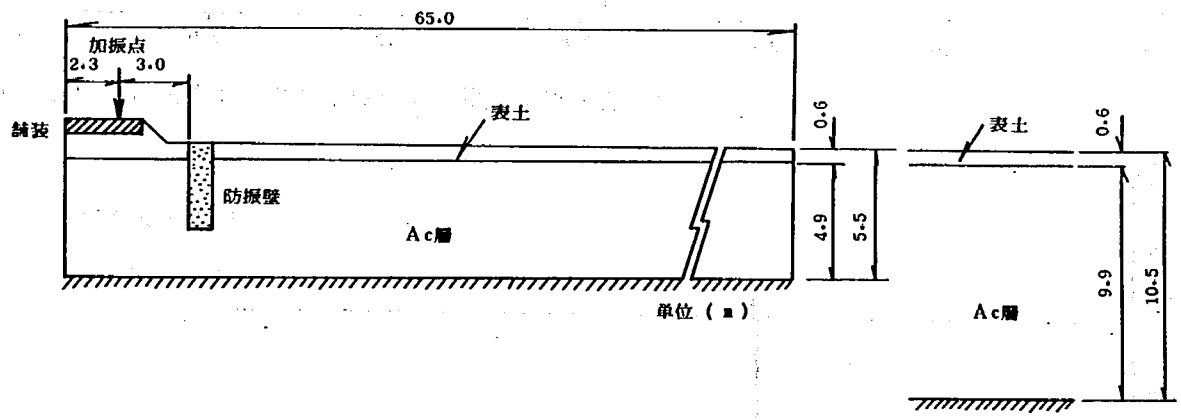
3.4.1 地中防振壁による軽減対策

3.4.1.1 解析例1

3.3.1で解析を実施した一般国道50号における地盤条件に基づいて地盤条件，地中防振壁条件を変化させて，地中防振壁による交通振動の軽減対策に関する詳細な検討を行なった。

1）解析モデル

一般国道50号の調査地点は図－3.4.1(A)（A測線）に示すように比較的良質な地盤であったが，同条件に基づいて軟弱地盤モデルとして図－3.4.2のように軟弱層厚を厚くした地盤を設定した。本項では図－3.4.1(A)（Model－1）および図－3.4.1(B)（Model－2）の2つの地盤条件において地中防振壁を設置した場合の道路交通振動の軽減効果について数値解析を実施した。また，地盤および地中防振壁の材料特性は表－3.4.1に示す。



(A) Model－1：良質地盤　　(B) Model－2：軟弱地盤

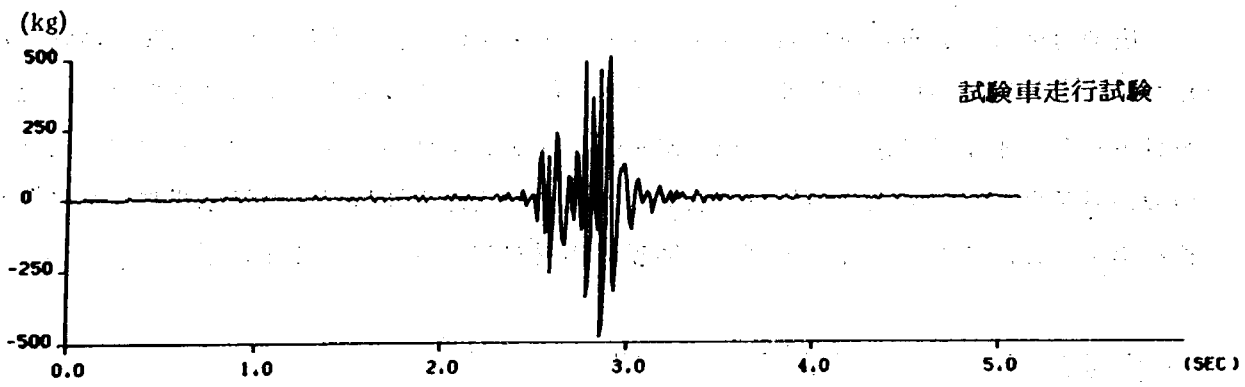
図3.4.1 解析対象モデル

表－3.4.1 材料特性表

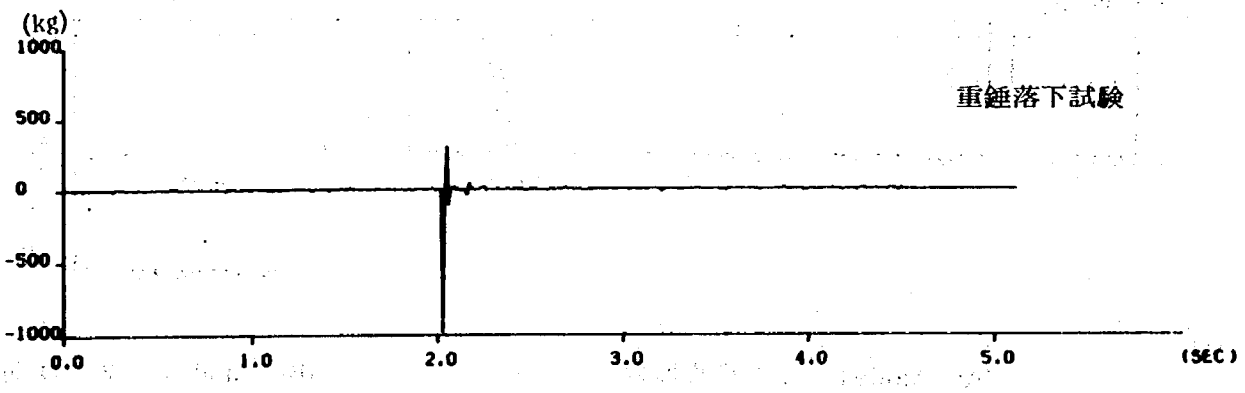
定数 / 地盤	ポアソン比	単位体積重量 (t／m³)	せん断弾性係数 Go (kg／cm²)	減衰比 h (%)
舗装	0.25	2.4	98,000	10
R.C.	0.25	2.5	84,000	5
発泡スチロール	0.2	0.02	24.22	6
表土	0.43	1.6	235	10
Ac層	0.45	1.7	695	10

2）入力荷重

入力荷重としては試験車走行試験および重錘落下試験において舗装端（車線中央から2.3m）で得られた実測加速度波形の内から，各試験で1波形ずつ選び使用した。同波形は図－3.4.2(A)および(B)に示すようであり，時間ピッチは0.01秒で512ステップの計算を行なっている。入力は舗装端で鉛直方向の加振を行ない，最大荷重は試験車走行および重錘落下の各波形に対して，各々0.5 tonおよび1.0 tonとした。また，周波数領域は0.0～50.0HZとした。



(A) A波形（試験車走行試験結果）：Pmax = 0.5 ton



(B) B波形（重錘落下試験結果）：Pmax = 1.0 ton

図－3.4.2　入力荷重波形

3）解析条件

(1) Model－1

Model－1の地盤については表－3.4.2のように地中防振壁の諸条件を与えた。同表にも示すように，ここで与えた条件は地中防振壁の材質，幅および深さであり，比較的良質地盤での地中防振壁の諸条件が道路交通振動の軽減効果に及ぼす影響を調べようとしたものである。解析に用いた地盤モデルの要素分割図例を図－3.4.3(A)に示す。なお，発泡スチロールの場合には3.3.1のモデルと同一構造であり両側にコンクリート壁が付属している。

(2) Model－2

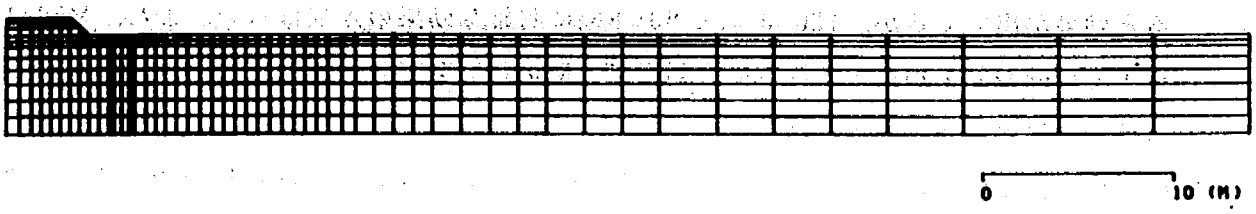
Model－1の地盤については表－3.4.3のように地中防振壁の諸条件を与えた。Model－1に比較して軟弱層厚が厚いので防振壁の深さが大きい場合についても解析するようにしている。解析に用いた地盤モデルの要素分割図例を図－3.4.3(B)に示す。

表－3.4.2　地中防振壁条件表(Model－1)

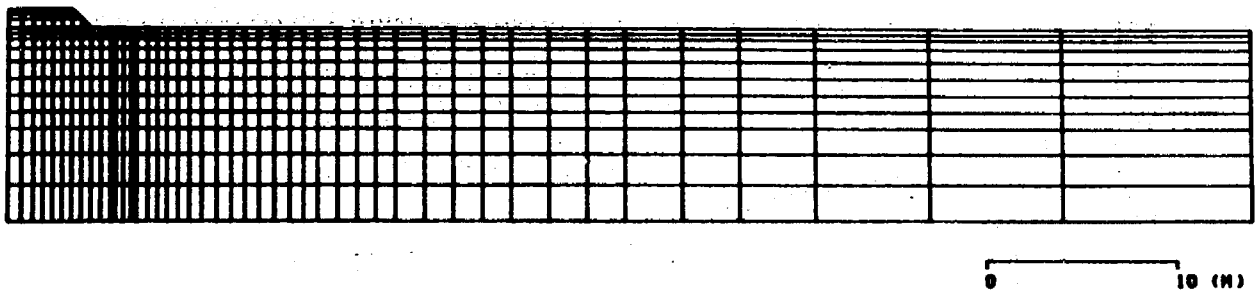
ケース	荷重	地中防振壁		
		材質	巾 (cm)	深さ (m)
1	試験車走行	防振壁なし		
2		コンクリート	40	5.5
3			80	5.5
4		発泡スチロール	40	1.8
5				3.6
6			80	1.8
7				3.6
8			120	1.8
9				3.6
10	重錘落下	防振壁なし		
11		コンクリート	40	5.5
12			80	5.5
13		発泡スチロール	40	1.8
14				3.6
15			80	1.8
16				3.6
17			120	1.8
18				3.6

表－3.4.3　地中防振壁条件表（Model－2）

ケース	荷重	地中防振壁		
		材質	巾 (Cm)	深さ (m)
1	試験車走行	防振壁なし		
2		コンクリート	40	10.5
3			80	10.5
4		発泡スチロール	40	1.8
5				3.6
6				5.4
7			80	1.8
8				3.6
9				5.4
10			120	1.8
11				3.6
12				5.4
13	重錘落下	防振壁なし		
14		コンクリート	40	10.5
15			80	10.5
16		発泡スチロール	40	1.8
17				3.6
18				5.4
19			80	1.8
20				3.6
21				5.4
22			120	1.8
23				3.6
24				5.4



(A) Model－1 （ケース7）



(B) Model－2 （ケース7）

図－3.4.3　要素分割図例

4）解析結果

表－3.4.2および表－3.4.3の各解析ケースの計算結果のうち，ここでは振動レベルの距離減衰の比較を中心にとりまとめることとする。図－3.4.4～3.4.9および図－3.4.10～3.4.15は各々，Model－1およびModel－2の計算結果であり，地中防振壁の深さ，幅および材質の3項目に着目して振動レベルの距離減衰を比較したものである。つまり，図－3.4.4，3.4.7，3.4.10および図－3.4.13は防振壁の幅を一定（80 cm)としたときの防振壁の深さの効果，図－3.4.5，3.4.8，3.4.11および3.4.14は防振壁の深さを一定（3.6 m）としたときの防振壁の幅の効果，そして図－3.4.6，3.4.9，3.4.12および図－3.4.15は防振壁をコンクリート壁とした場合の効果の差異を比較したものである。これらの結果を要約すると以下のようになる。

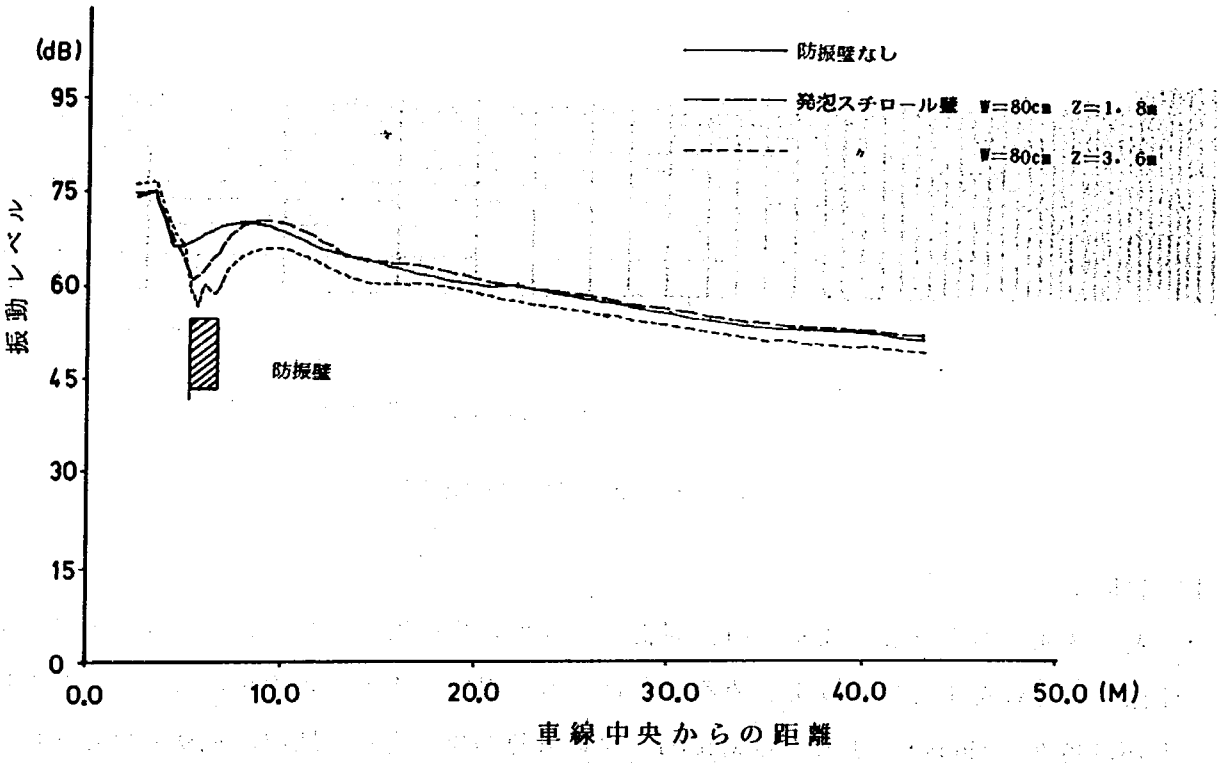
i）Model－1（良質地盤）とModel－2（軟弱地盤）のいずれにおいても，入力条件（試験車走行試験および重錘落下試験）が振動レベルの距離減衰に及ぼす効果の定性的傾向はほぼ同様である。

ii）地中防振壁の深さの効果に関しては，深さが1.8 m程度ではその効果は皆無であり，それ以深になると深い程低減効果が大きくなる傾向を示す。ただし，その傾向はModel－1とModel－2で差異があり，Model－1では低減効果が遠方まで及ぶのに対して，Model－2では局所的である。

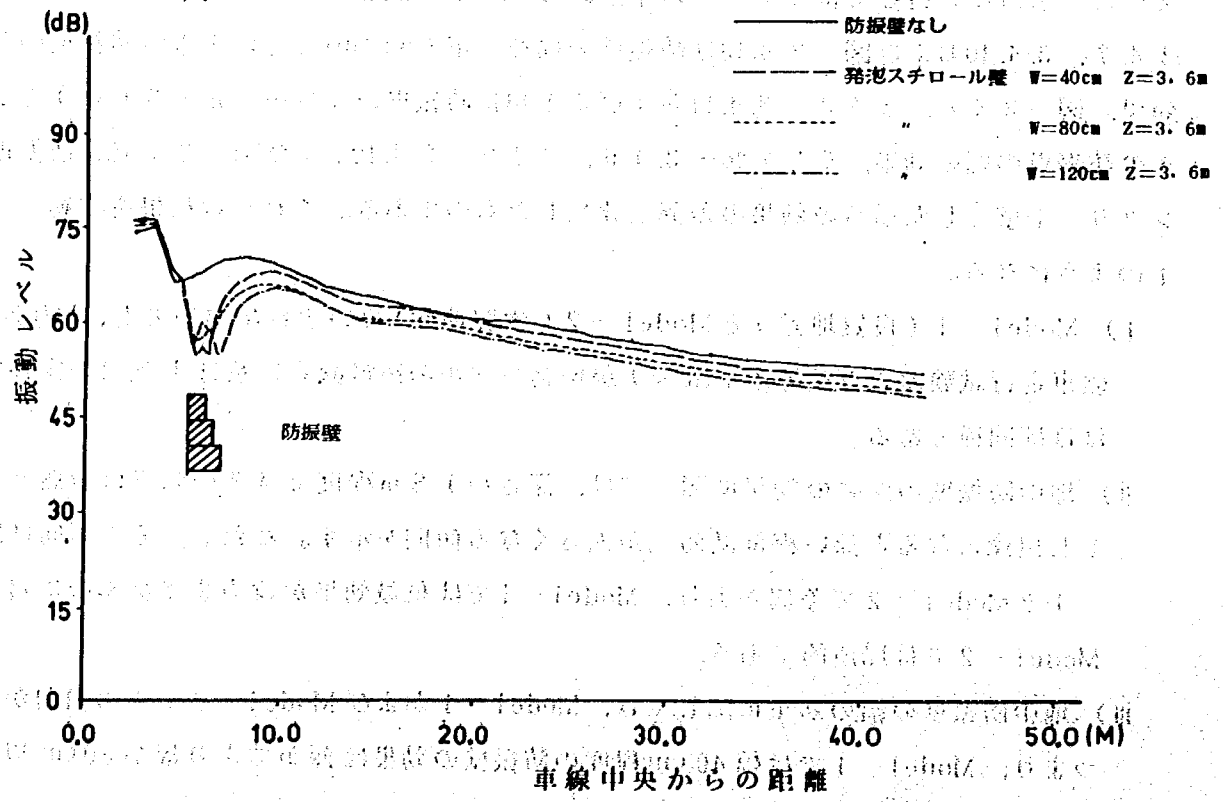
iii）地中防振壁の幅の効果に関しては，Model－1およびModel－2でその傾向が異なる。つまり，Model－1では幅40 cm程度の防振壁の効果は僅かであり幅が80 cm以上にな

ると効果が出てくるが，120cm幅と80cm幅に明確な効果の差異はない。また，Model－1では低減効果が遠方に及ぶのに対して，Model－2では局所的であり，かつ幅による低減効果の差異は明確ではない。

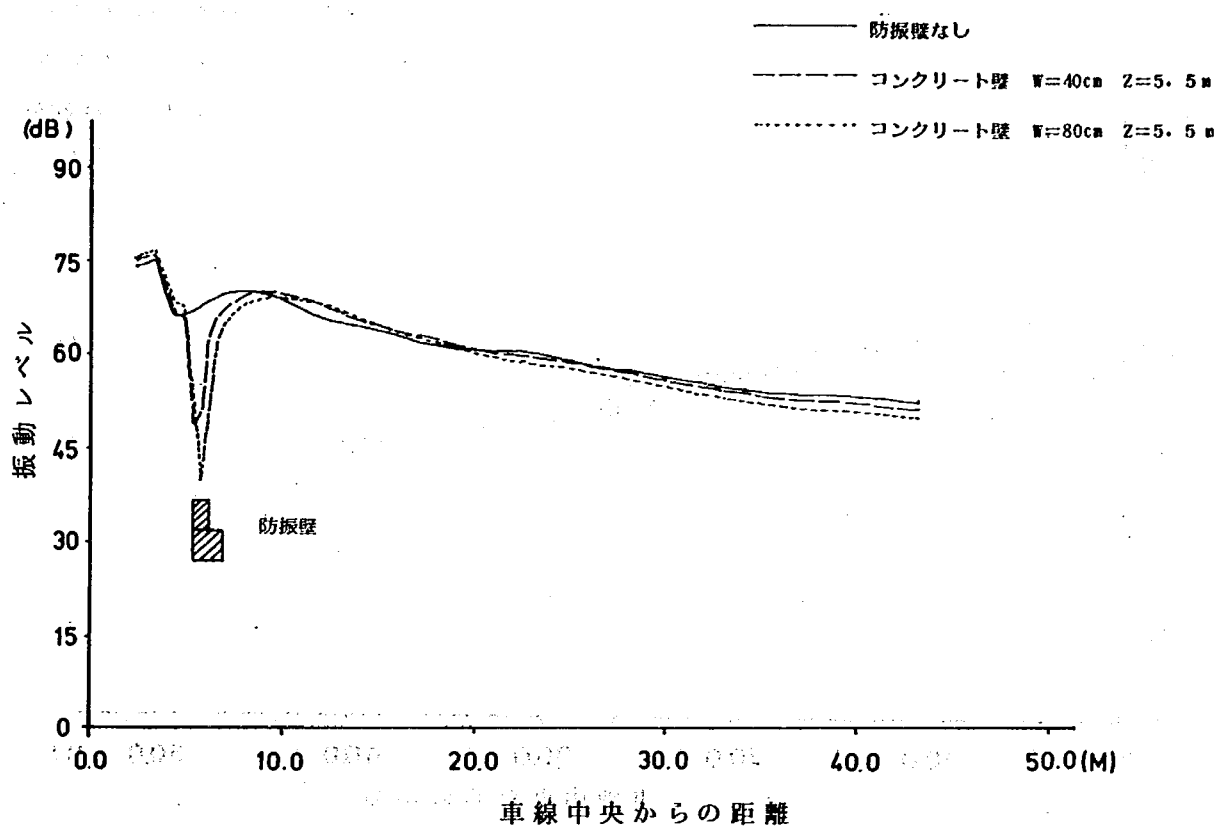
Ⅳ）地中防振壁の材質にコンクリートを用い剛体壁とした場合は，防振壁直後・直近で低減効果がみられるが，全般的にはその効果は僅かである。



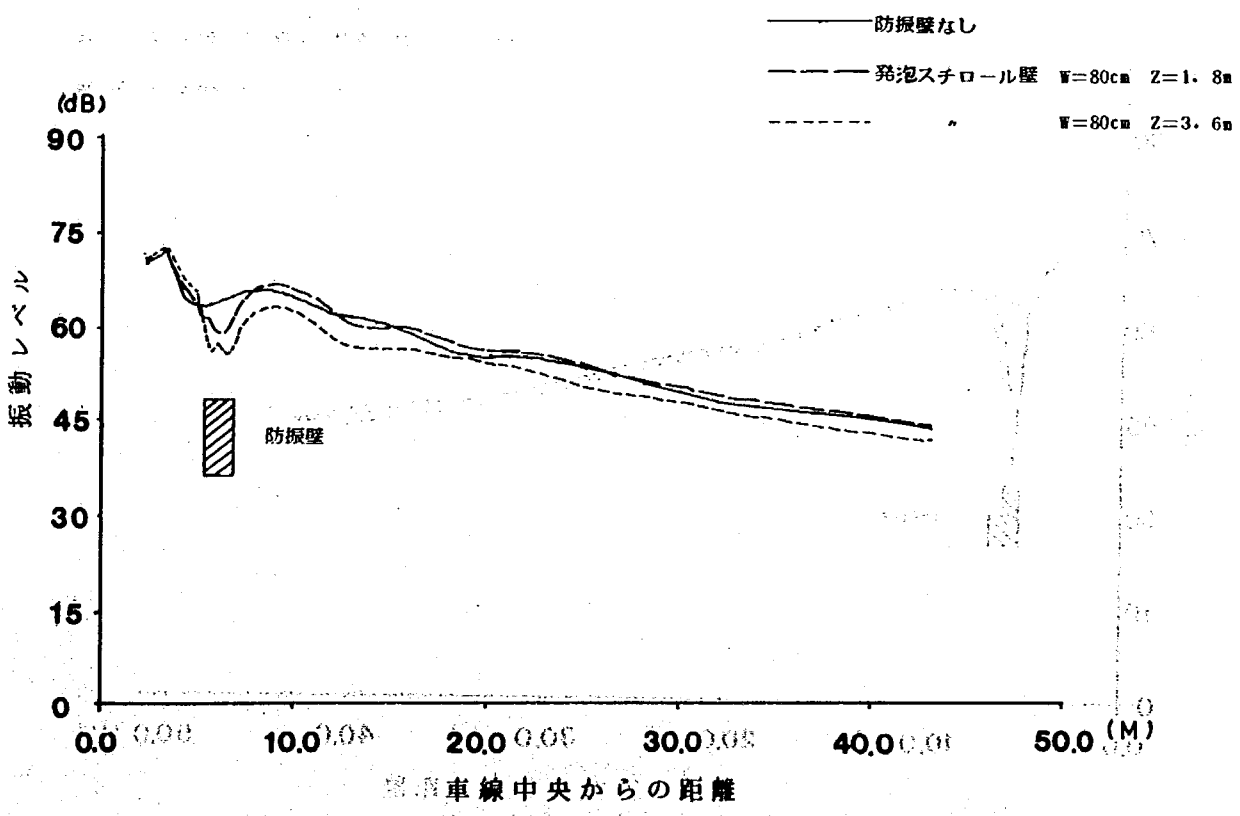
図－3.4.4　防振壁の深さの影響（Model－1：A波形）



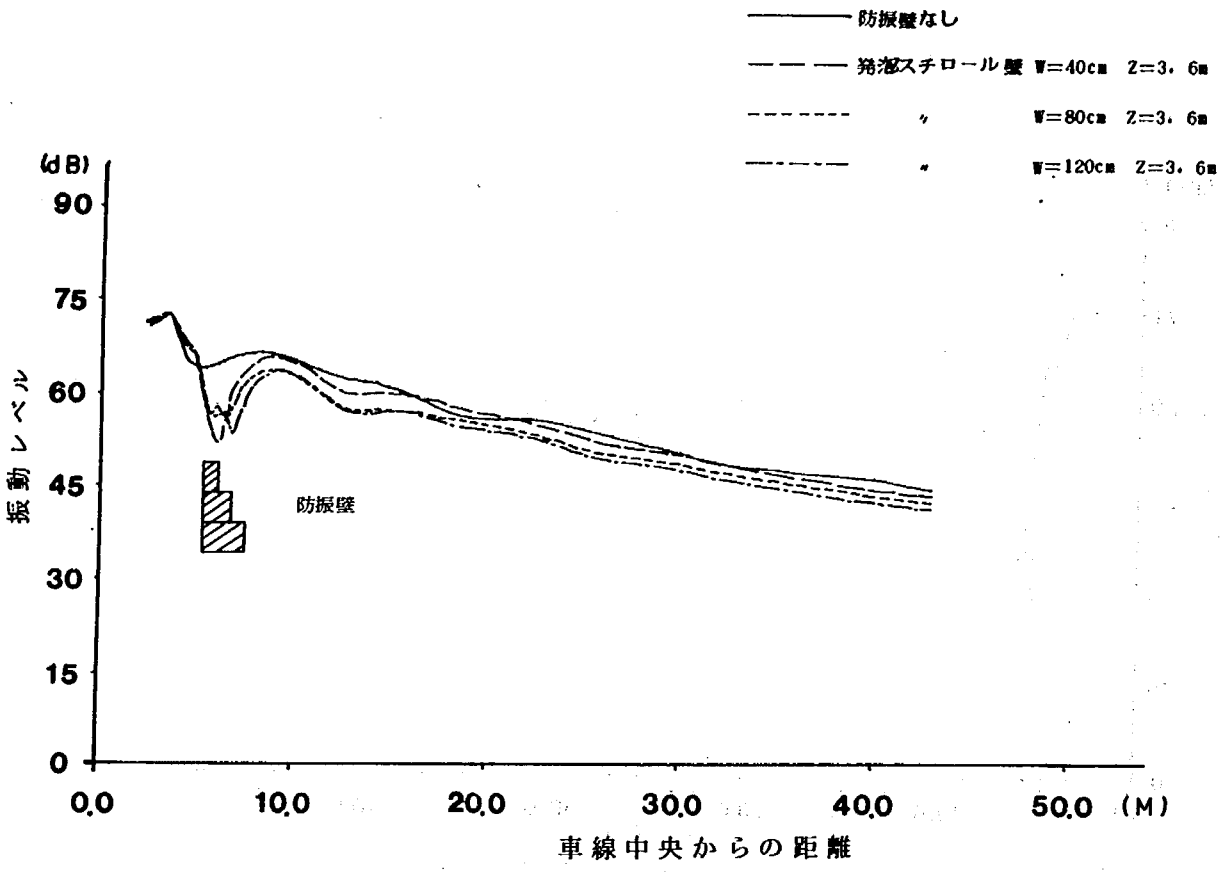
図－3.4.5　防振壁の幅の影響　（Model－1：A波形）



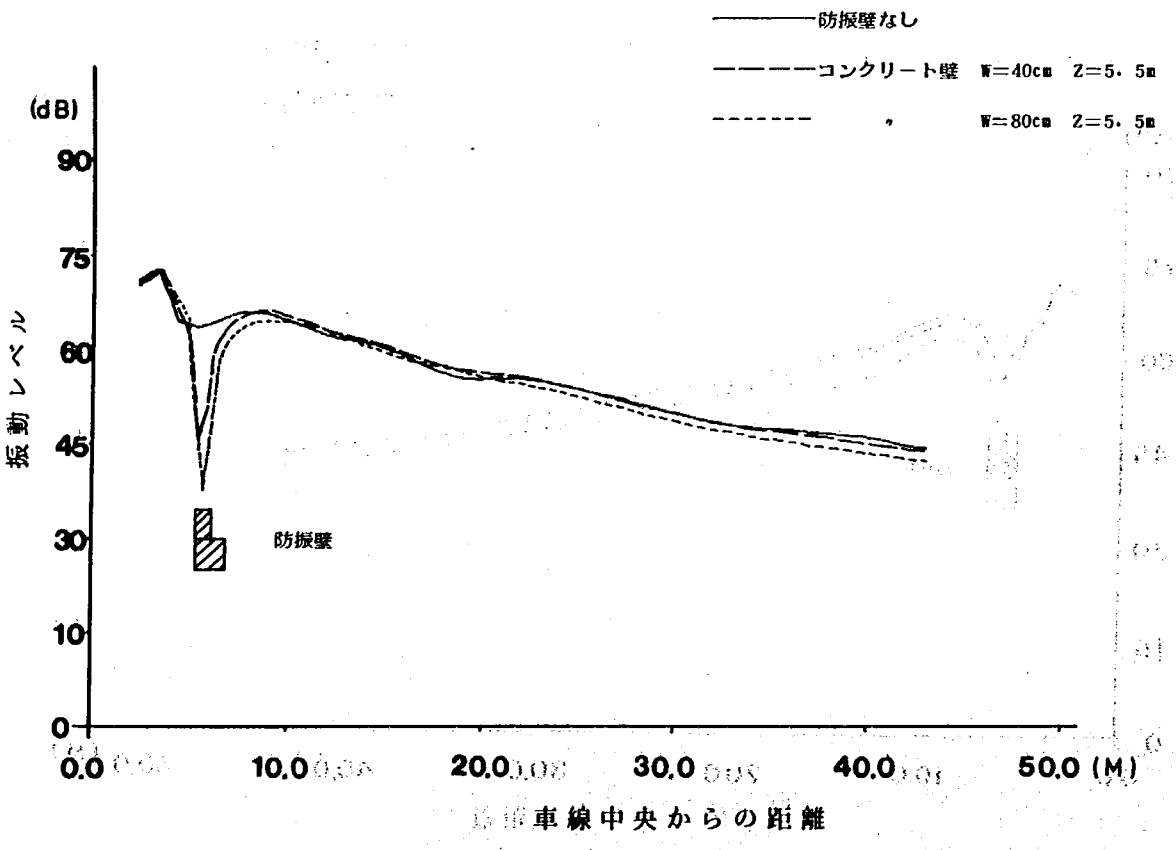
図－3.4.6　防振壁の材質の影響（Model－1：A波形）



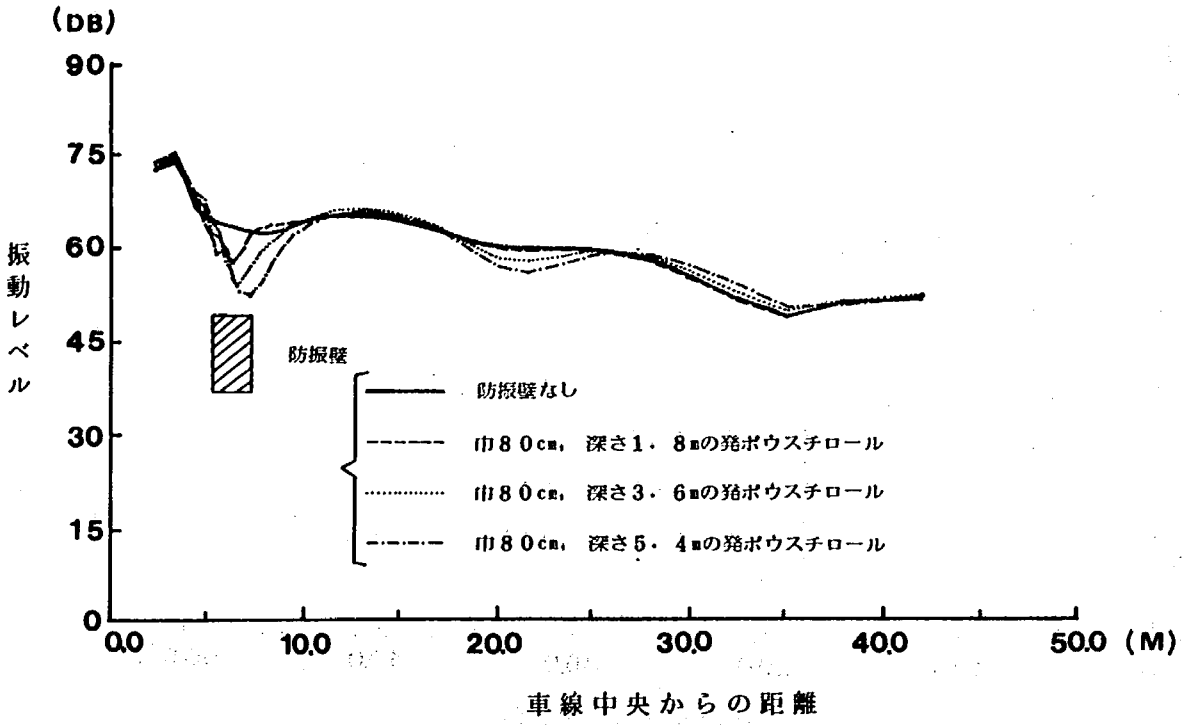
図－3.4.7　防振壁の深さの影響（Model－1：B波形）



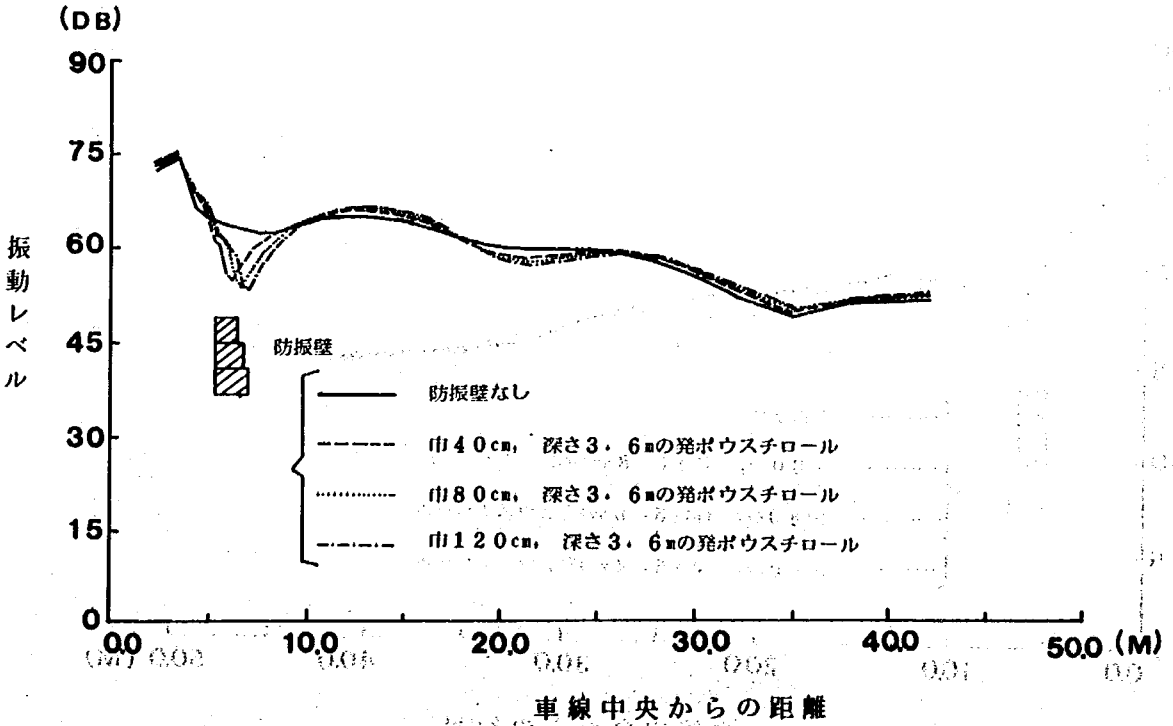
図－3.4.8　防振壁の幅の影響　（Model－1：B波形）



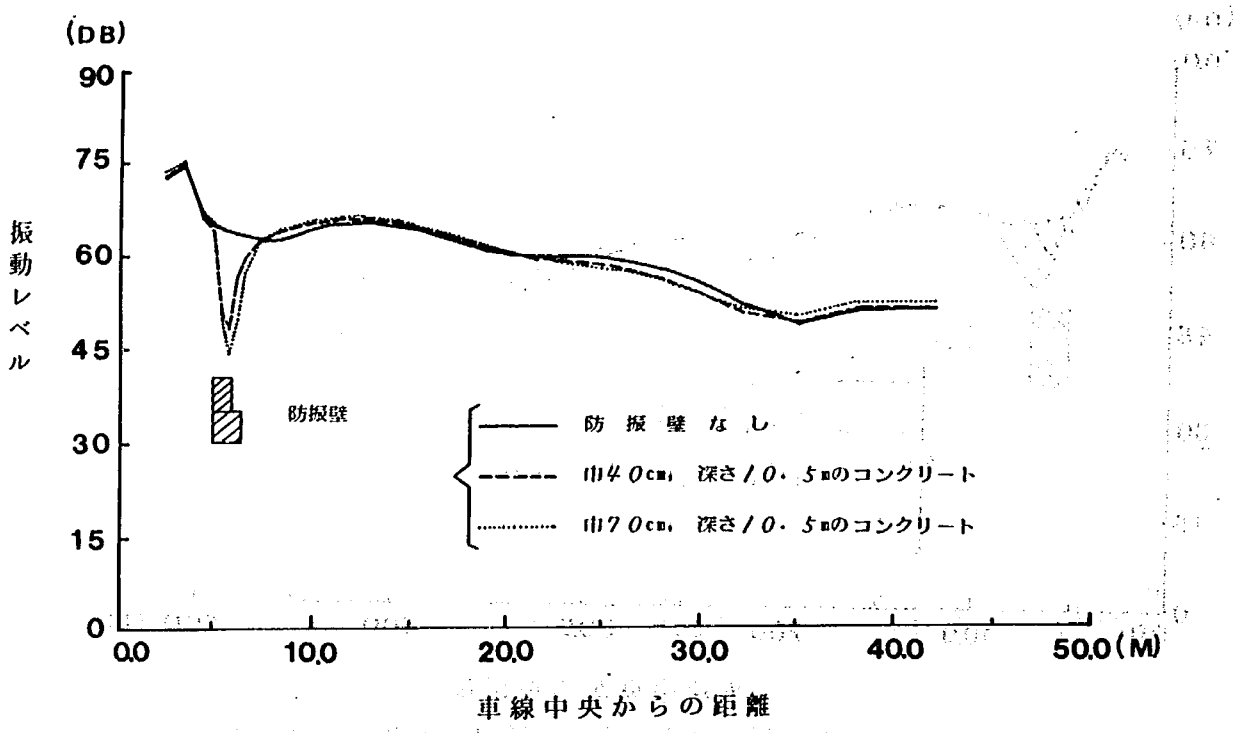
図－3.4.9　防振壁の材質の影響（Model－1：B波形）



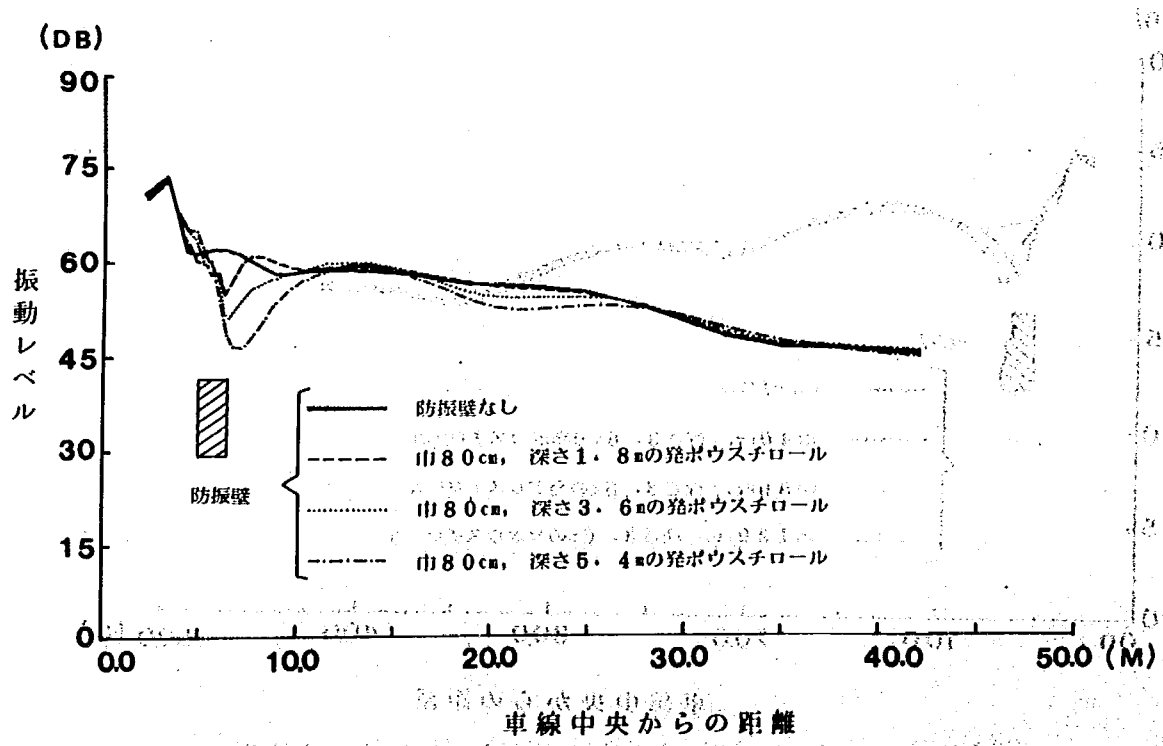
図－3.4.10 防振壁の深さの影響（Model－2：A波形）



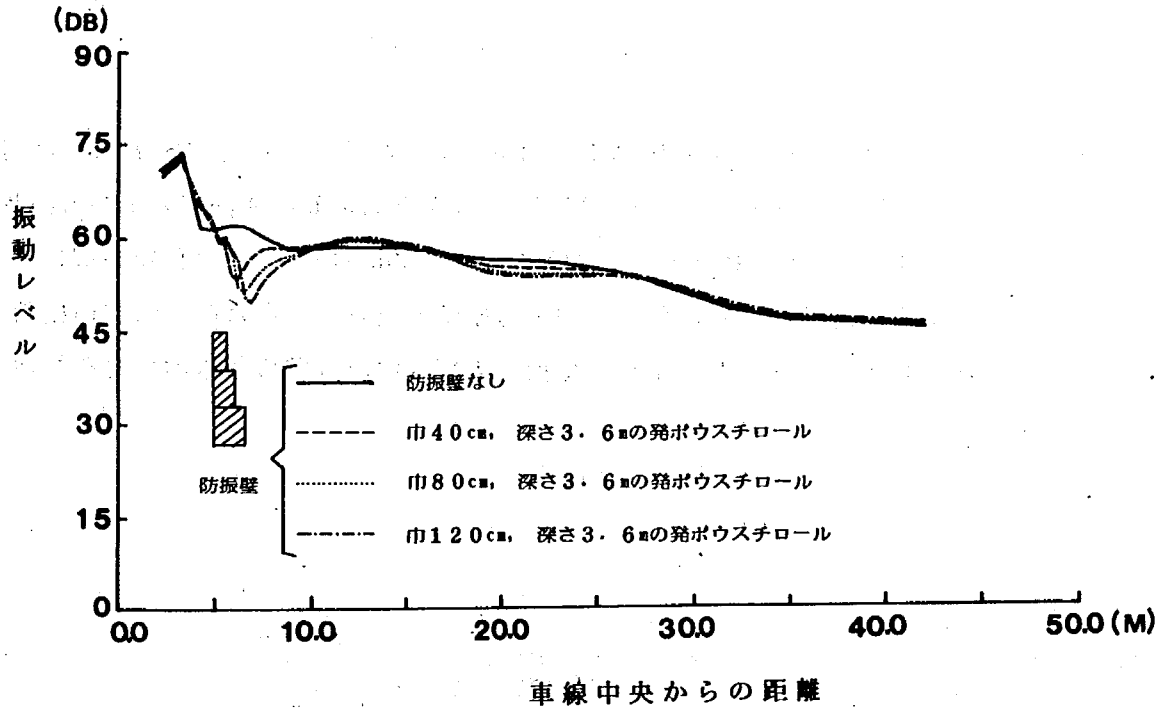
図－3.4.11 防振壁の幅の影響（Model－2：A波形）



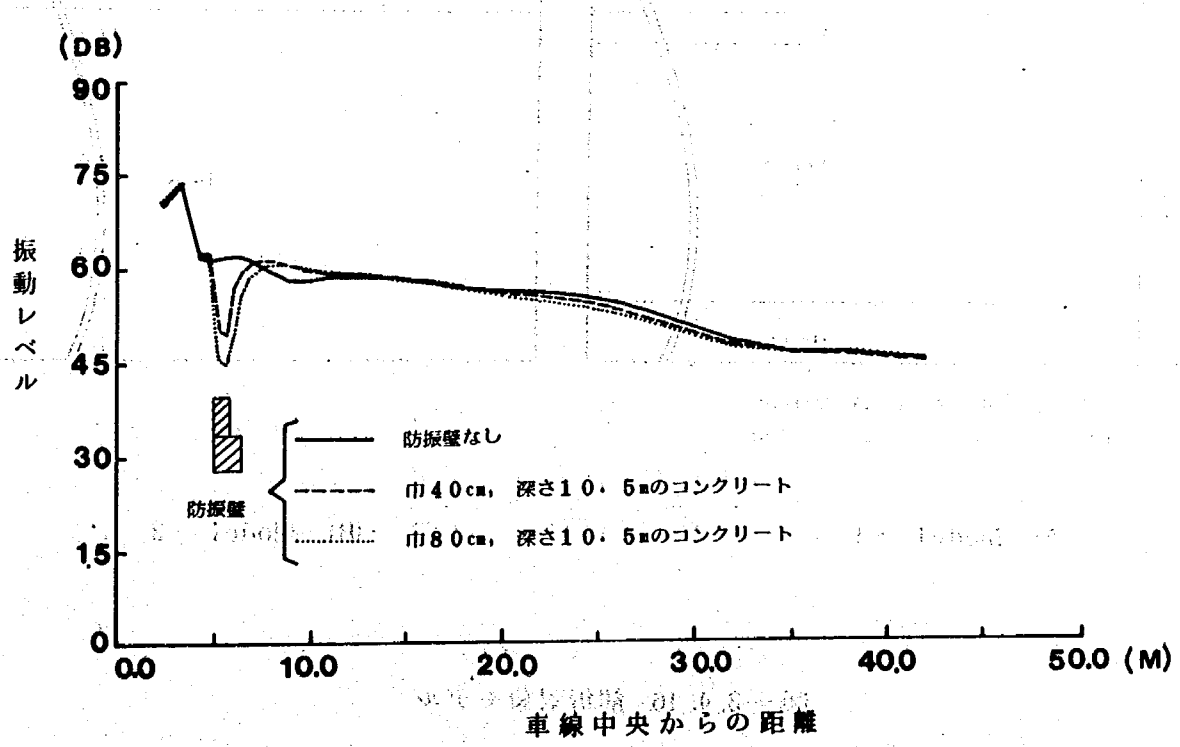
図－3.4.12 防振壁の材質の影響（Model－2：A波形）



図－3.4.13 防振壁の深さの影響（Model－2：B波形）



図－3.4.14 防振壁の幅の影響 （Model－2：B波形）



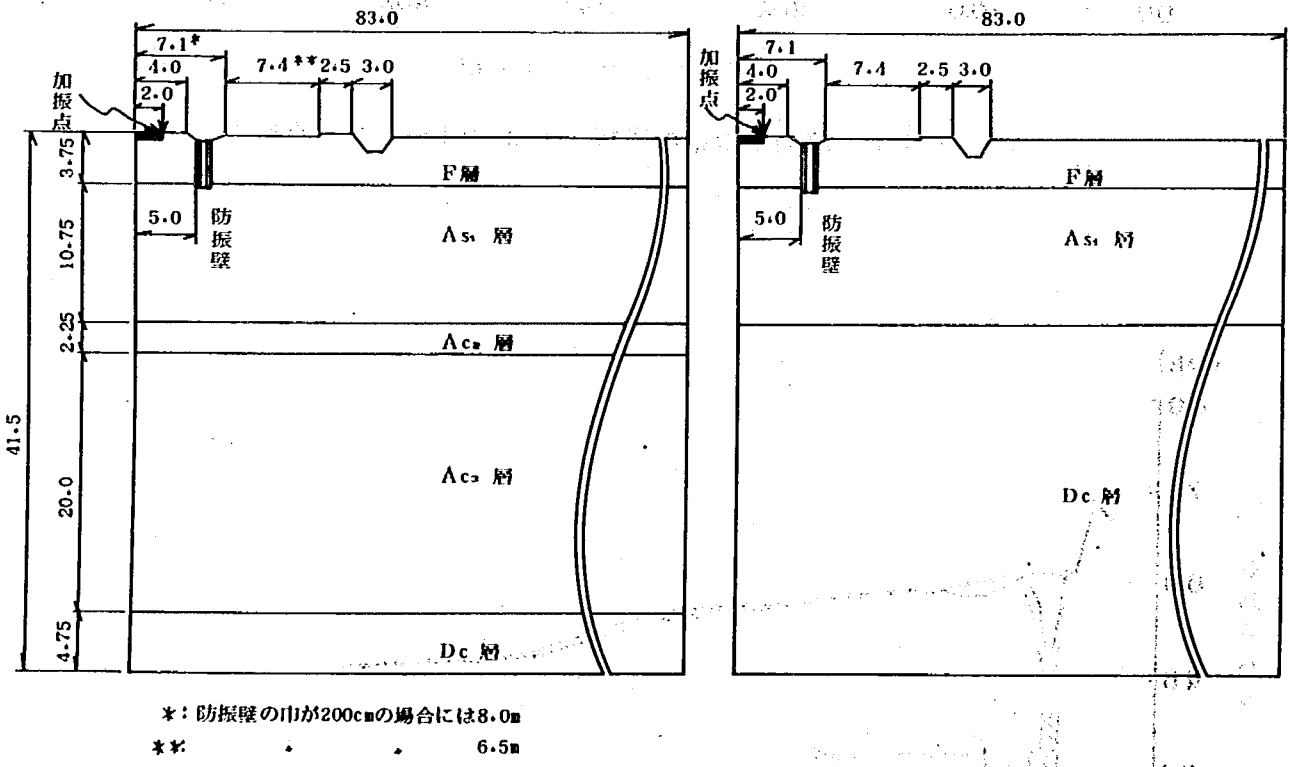
図－3.4.15 防振壁の材質の影響（Model－2：B波形）

3.4.1.2　解析例2

3.3.2で解析を実施した一般国道357号における地盤条件に基づいて，地中防振壁，地盤の各条件を変化させて，地中防振壁による交通振動の軽減対策に関する詳細な検討を行なった。前項では良質地盤を基本としたが本項では軟弱地盤を基本としている。

1）解析モデル

一般国道 357号の調査地点は図－3.4.16(A)に示すように，沖積層厚が約36～7mある軟弱な埋立地であるが，本解析では同地盤モデル（Model－1）と同地盤のA_{c2}層およびA_{c3}層をDc層とした図－3.4.16(B)の地盤構成をもつ地盤モデル（Model－2）の2種類を解析モデルとした。本項では両種の地盤モデルにおいて地中防振壁を設置した場合の道路交通振動の軽減効果について数値解析を実施した。また，地盤および地中防振壁の基本的な材料特性は表－3.4.4に示す。



図－3.4.16　解析対象モデル

表－3.4.4　材料特性表

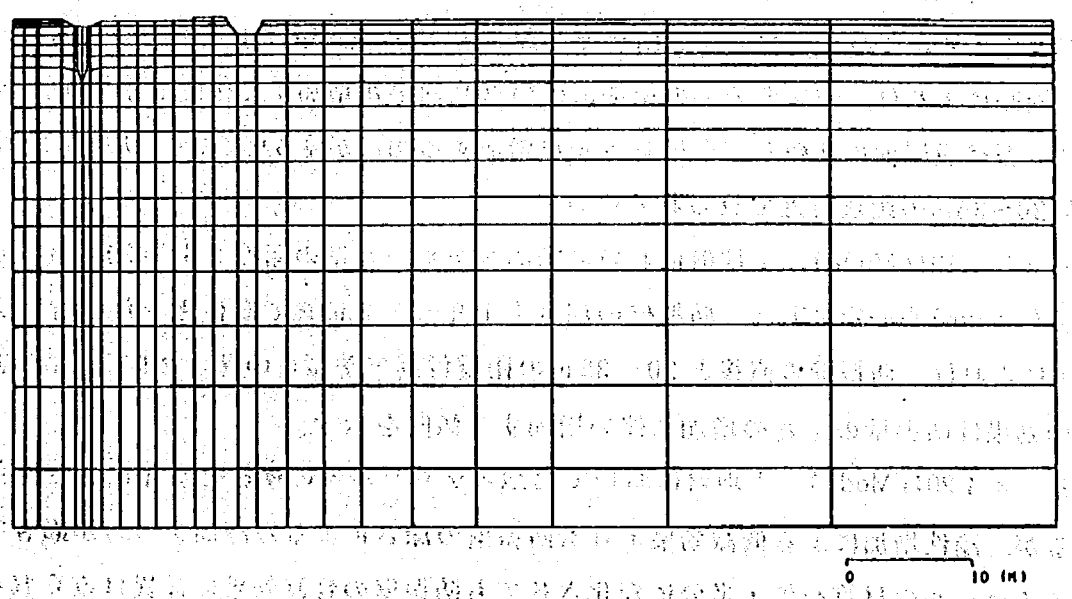
材　料	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ (t／m³)	せん断剛性率 G_0 (Kg／cm²)	減衰定数 h (%)
舗　装	0.25	2.4	98,000	10
R. C.	0.25	2.5	84,000	5
発泡スチロール	0.2	0.02	24.22	6
F　層	0.43	1.6	865	10
A_{S1}層	0.49	1.9	495	10
A_{C2}層	0.45	1.7	695	10
A_{C3}層	0.45	1.7	445	10
D_C 層	0.45	1.9	1,210	10

2）入力荷重

入力荷重としてはA測線の防振壁施工後における試験車走行試験（満車，60km／H,段差有）において，車線中央から2.0ｍの舗装端で実測された加速度波形のうちの1波形（対象回数3回目）を最大値1.0 tonの力の波形として鉛直方向に入力した。入力データの時間間隔は0.01秒で256ステップである。また，周波数領域は0.0～50ＨＺである。

3）解析条件

解析の対象ケースは表－3.4.5に示す16ケースである。これらの16ケースの各々について要素分割図を作成して解析を実施した。ここでは解析ケース10について図－3.4.17に要素分割図例を示すに止めることにする。



図－3.4.17　要素分割図例

表－3.4.5　地中防振壁条件表

解析ケース	地盤	地中防振壁条件			
		材質	G_0(kg/cm²)	巾(cm)	深さ(m)
1	MODEL－1	防振壁なし			
2		発泡スチロール	24.22	40	3.6
3				80	
4				120	
5				200	
6				80	1.8
7					5.4
8					7.2
9			48.44		3.6
10					5.4
11					7.2
12		コンクリート	84,000		3.6
13					5.4
14					7.2
15	MODEL－2	防振壁なし			
16		発泡スチロール	24.22	80	3.6

4）解析結果

前項と同様に表3.4.5の解析ケースの計算結果のうち，振動レベルの距離減衰に関してまとめることにする。図－3.4.18～3.4.22は各々地中防振壁の幅，深さ，発泡スチロールの剛性，発泡スチロールとコンクリート，Model－1とModel－2の各条件の差異が振動レベルの距離減衰に及ぼす効果の比較をした結果である。

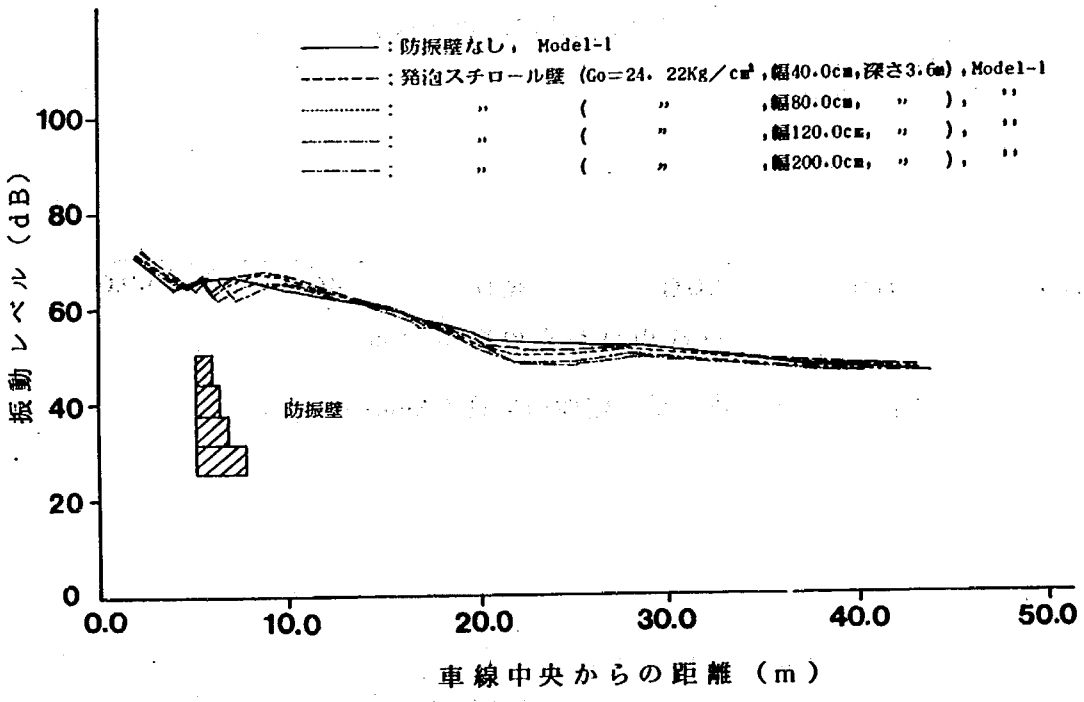
図－3.4.18はModel－1地盤において発泡スチロール壁の剛性（Go＝24.22kg／cm²）および深さ（3.6m）を一定にして，防振壁の厚さを40～200cmまで変化させた場合の結果である。同図によれば，防振壁の幅の増加に伴い低減効果が増加する傾向を示すが，防振壁直後では防振壁設置前に比較して振動レベルが増加する傾向が見られており，防振壁設置による効果が20～35mの距離付近で見られている。

図－3.4.19はModel－1地盤において発泡スチロール壁の剛性（Go＝24.22kg／cm²）および幅（80cm）を一定にして，防振壁の深さを1.8～7.2mまで変化させた場合の結果である。同図によれば，防振壁の直後と20～35mの距離付近で防振壁の深さに伴う低減効果が見られ，その効果は防振壁の深さの増加に伴い増加する傾向を示す。

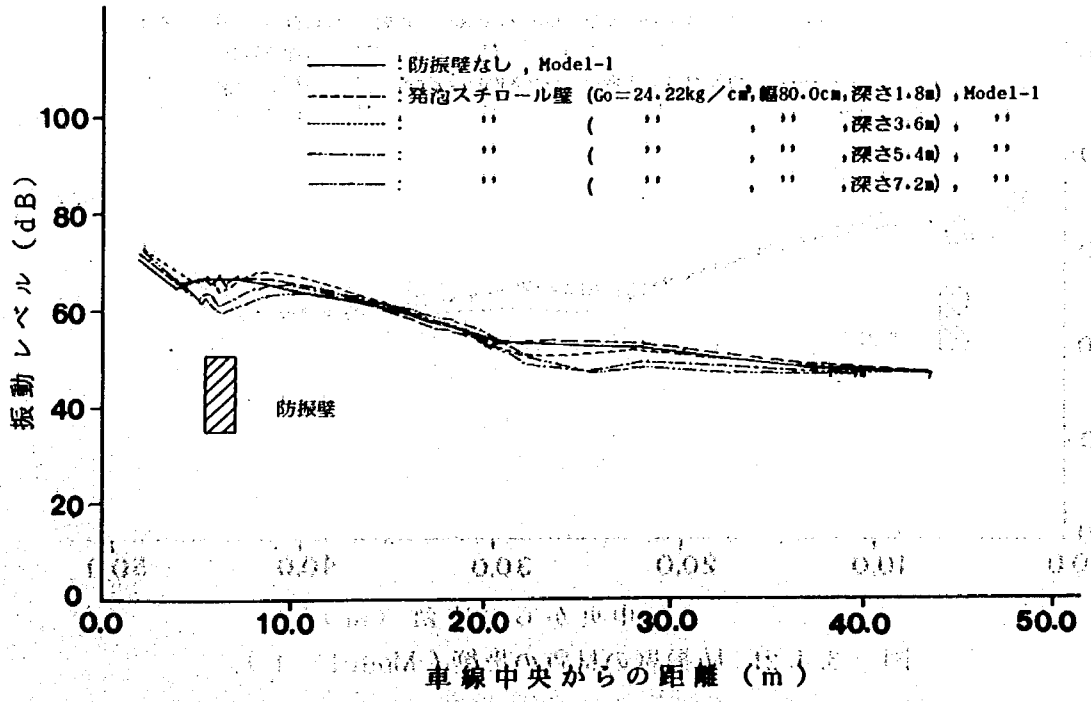
図－3.4.20はModel－1地盤において発泡スチロール壁の剛性を変化させた場合の結果であるが，剛性増加による低減効果よりも防振壁の深さによる軽減効果の方が顕著であり，発泡スチロールの材質を倍・半分に変化させても防振壁の軽減効果に差異はみられないことがわかる。

図－3.4.21は地中防振壁の材質を発泡スチロール製と鉄筋コンクリート製にした場合の結果の比較である。4.1.1の解析例1の場合と同様に鉄筋コンクリート造の地中防振壁の軽減効果はほとんど見られないことがわかる。

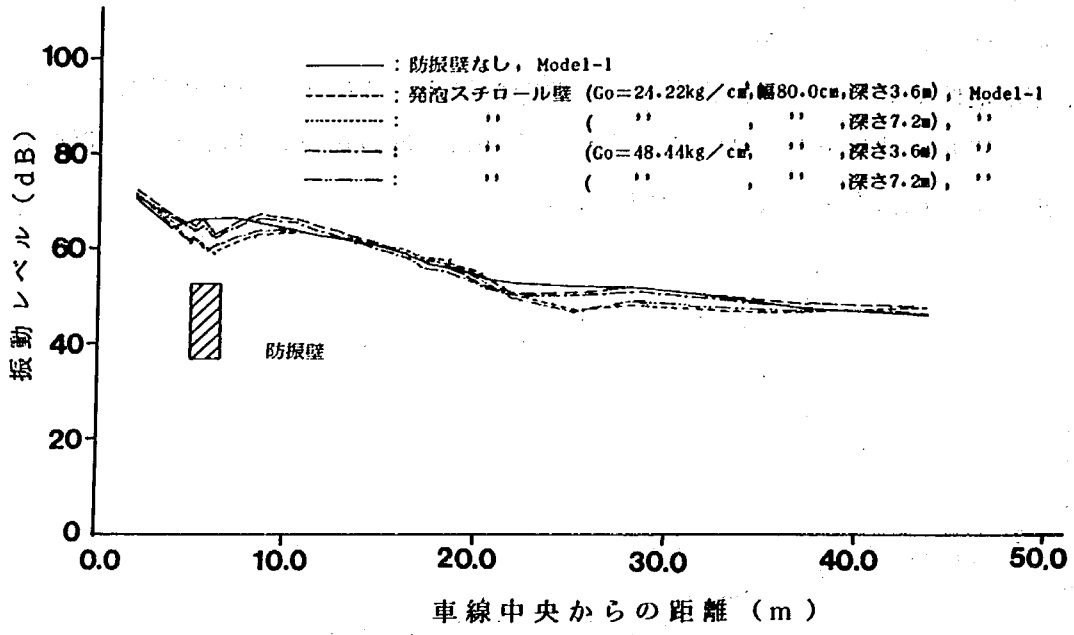
図－3.4.22は地盤モデルの差異が振動レベルの距離減衰に及ぼす影響を比較したものであるが，ここで設定した地盤モデルでは車線中央から20m程度以遠ではModel－1地盤の方がModel－2地盤より低減が大きくなる傾向を示す。



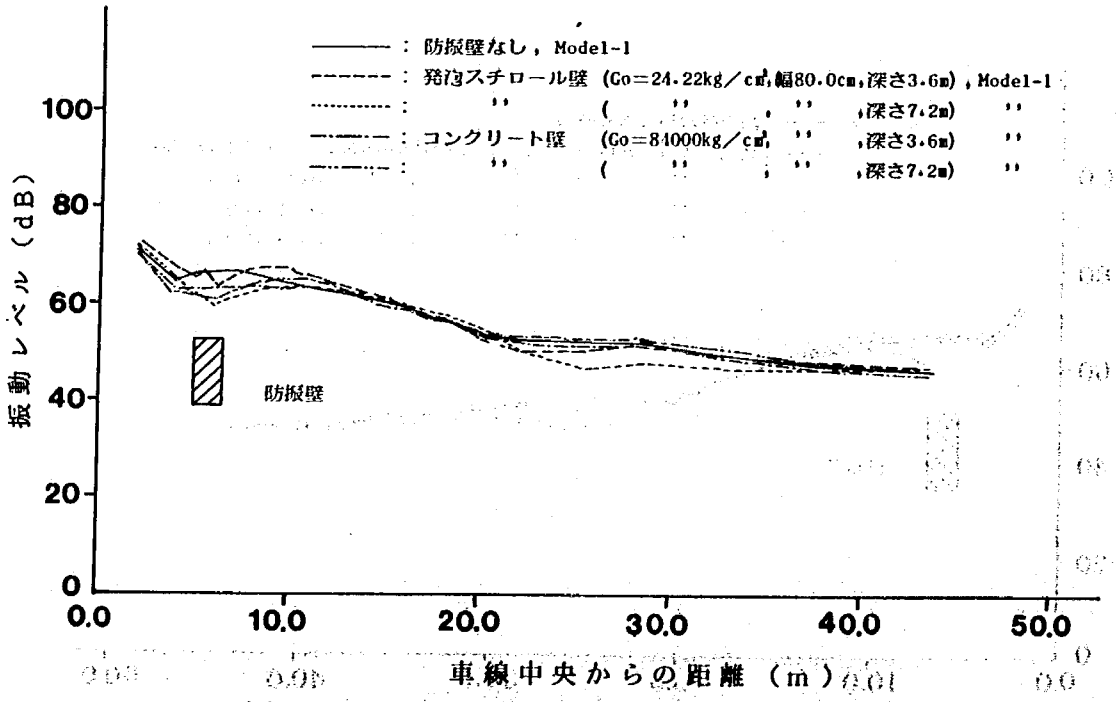
図－3.4.18 防振壁の幅の影響 （Model－1）



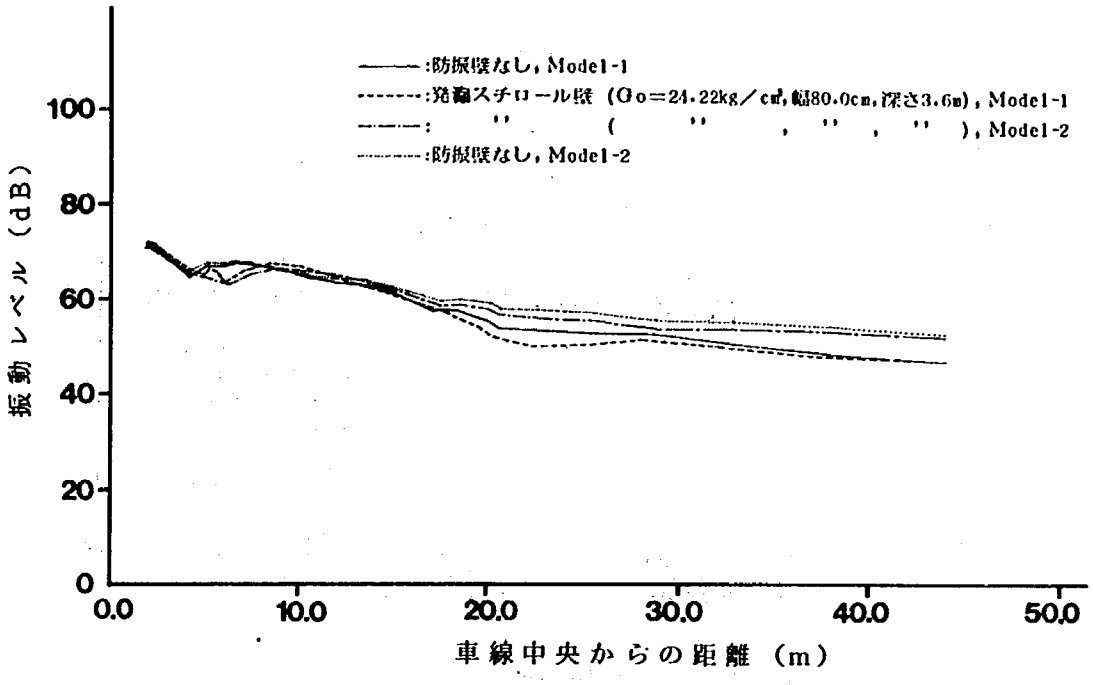
図－3.4.19 防振壁の深さの影響（Model－1）



図－3.4.20　防振壁の剛性の影響（Model－1）

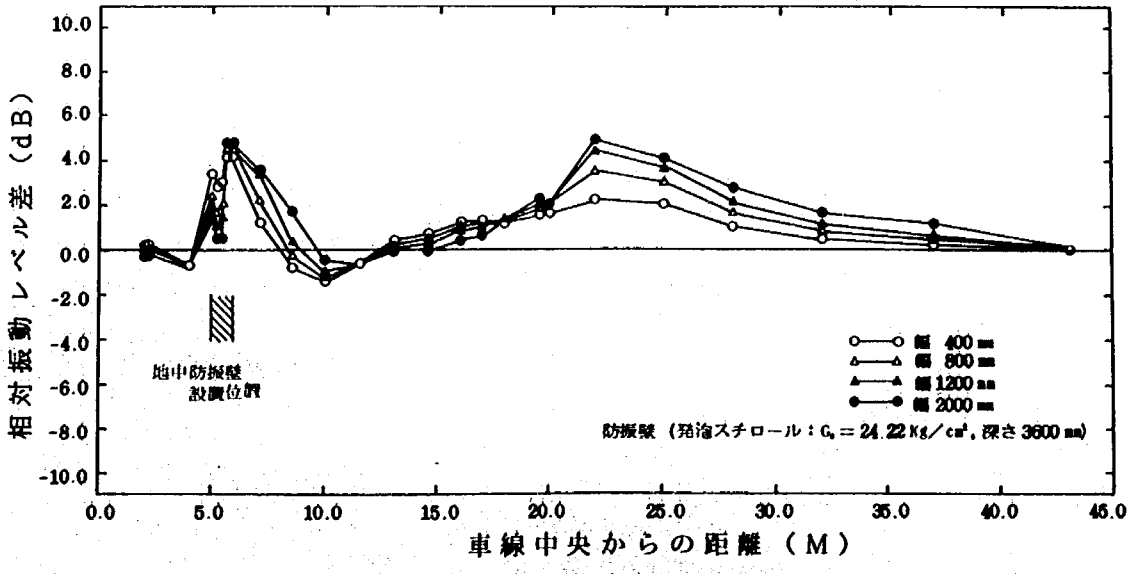


図－3.4.21　防振壁の材質の影響（Model－1）

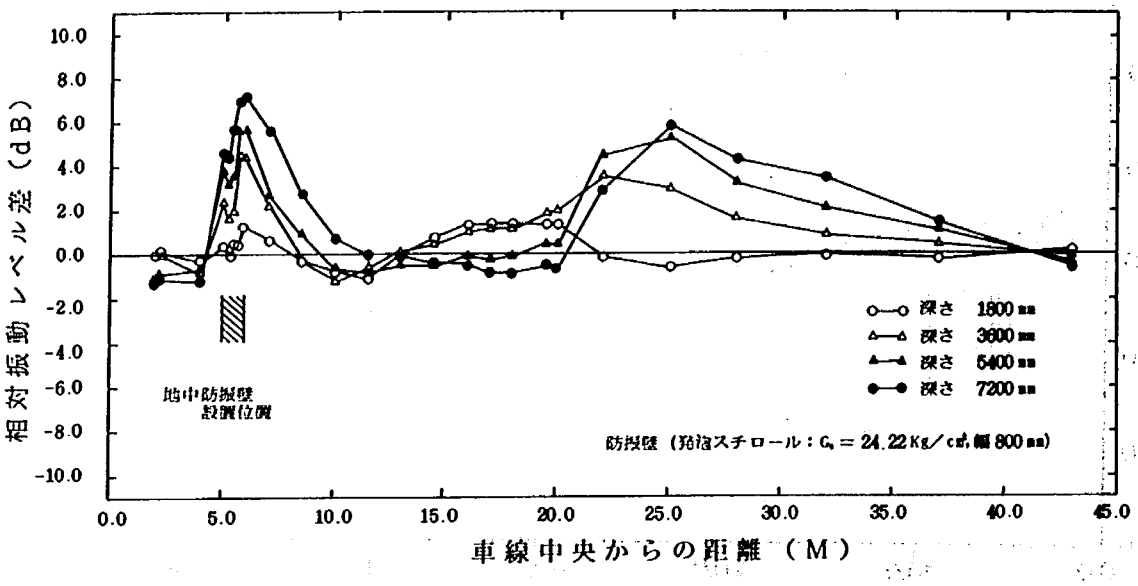


図－3.4.22 防振壁に対する地盤条件の影響

図－3.4.23および図－3.4.24は各々，図－3.4.18および図－3.4.19の結果を基にして各防振壁設置による振動レベルの軽減量の距離減衰を示したものである。つまり，同図の相対振動レベル差とは防振壁設置前の振動レベル値から防振壁を設置した場合の振動レベルを差引いた値であり，プラス側が防振壁設置に伴う振動レベルの減少量を表わす。このようなまとめ方をすることにより防振壁設置の効果を定量的に把握することができる。同図によれば，防振壁の幅あるいは深さの増加に伴い，振動レベルの低減が増加する様子が明確に捕えられている。



図－3.4.23 防振壁の幅の効果



図－3.4.24 防振壁深さの効果

3.4.2 舗装構造等による軽減対策

3.4.2.1 解析方法

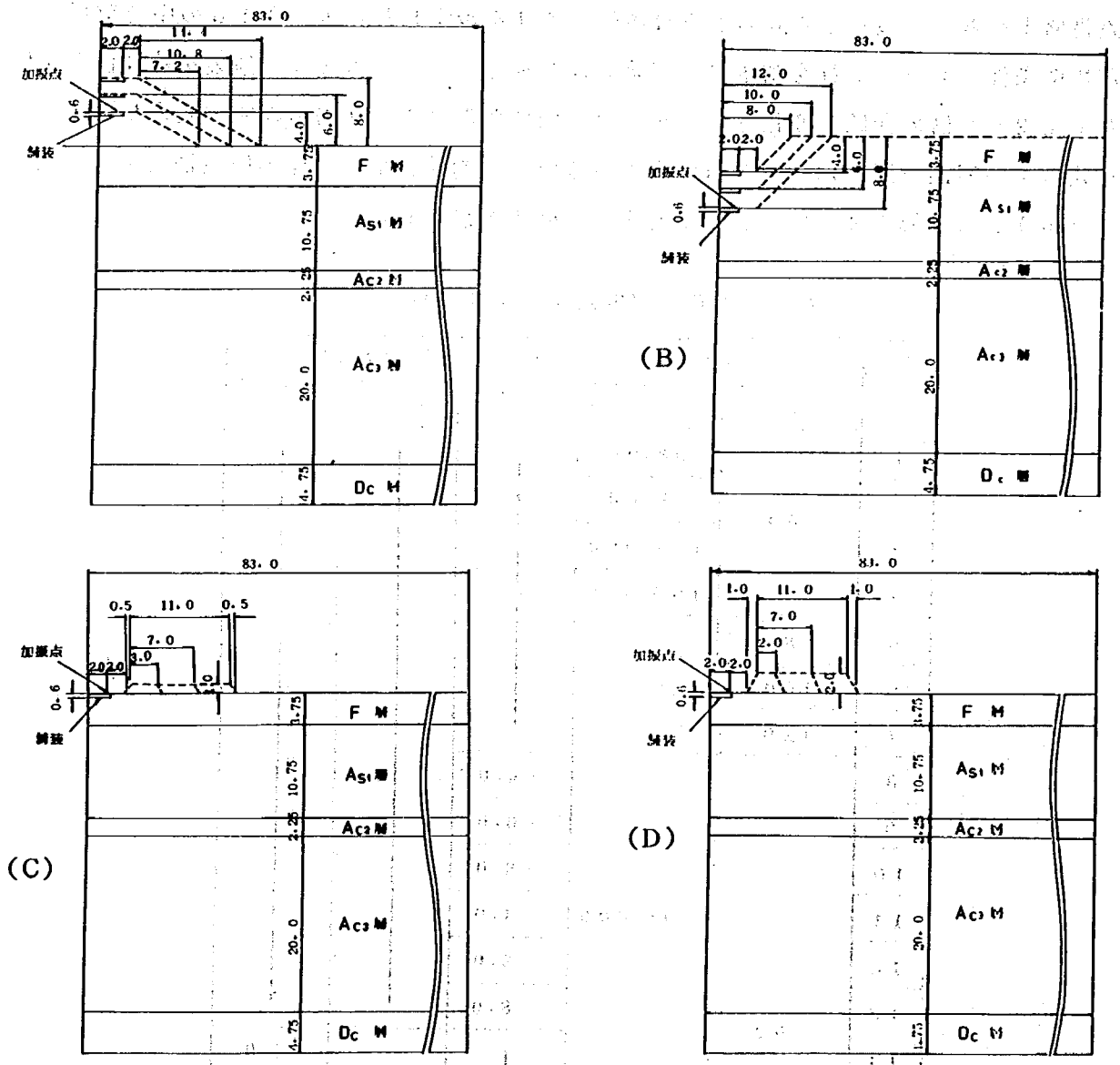
前節では地中防振壁による道路交通振動の軽減対策に関する数値解析を行なったが，軽減対策法としては防振壁以外にも方法がある。本節では舗装構造条件および地表面形状条件が道路交通振動の軽減に及ぼす影響について解析的な検討を行なった。解析の対象とした舗装構造および地表面形状の各条件は表－3.4.6に示すとおりであるが，舗装構造条件としては舗装剛性および舗装厚を，また，地表面形状条件としては盛土道路，堀割道路および伝播経路上での環境施設帯盛土を考え，表－3.4.6のような数値的条件を設定した。表－3.4.6の中で解析ケース1が標準条件であり，これを基本にして諸条件を変えている。つまり，舗装剛性は標準条件に対して1/2～2倍の範囲で変化させ，舗装厚は標準条件の1～2倍の範囲で変えた。また，盛土道路および堀割道路では4～8mの盛土あるいは堀割を設定し，環境施設帯盛土では高さ（1，2m）および幅（4，8，12m）を変えた盛土を設定した。

表－3.4.6　解析対象モデル条件一覧

解析ケース	舗装構造		盛土・堀割 (m)	環境施設帯盛土	
	舗装厚 (cm)	剛性G (Kg/cm²)		高さ (m)	巾 (m)
1	60	98,000			
2		49,000			
3		147,000			
4		196,000			
5	80	98,000			
6	100				
7	120				
8	60		+4.0		
9			+6.0		
10			+8.0		
11			−4.0		
12			−6.0		
13			−8.0		
14				1.0	4.0
15					8.0
16					12.0
17				2.0	4.0
18					8.0
19					12.0

地盤条件としては前節の3.4.1.2の解析例2で対象とした図－3.4.16(A), (B)の2種類の地盤を考えた。ただし，図－3.4.16のF層の不陸は無視し平坦な地表面とした。解析対象モデル図の概要を図－3.4.25に示す。同図はAc2層およびAc3層が存在する地盤構成を持つ地盤（Model－1）についてのみ示したが，Model－2地盤ではDc層をAs1層の下面までとした。図－3.4.25の地盤モデルに基づいて設定した解析用の要素分割図は図－3.4.26に示すとおりである。

道路交通の振動条件としては，3.4.1.2の解析例2のA測線の舗装端上で得られた実測加速度波形を最大荷重1tonの荷重の波形として車線中央から2mの舗装面上に鉛直方向に入力した。



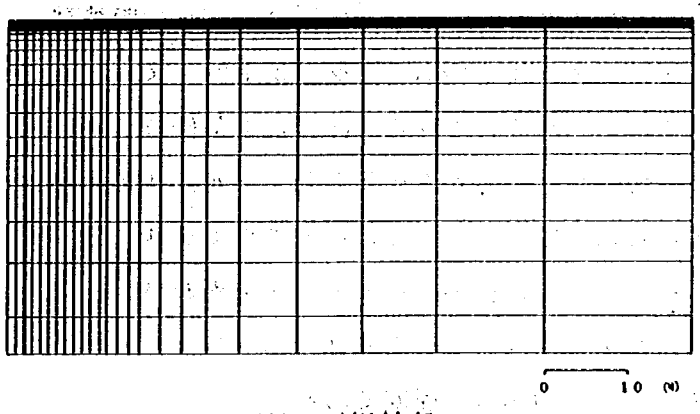
図－3.4.25 解析対象モデル図 （Model－1の場合）

(A) 平坦地盤，盛土地盤

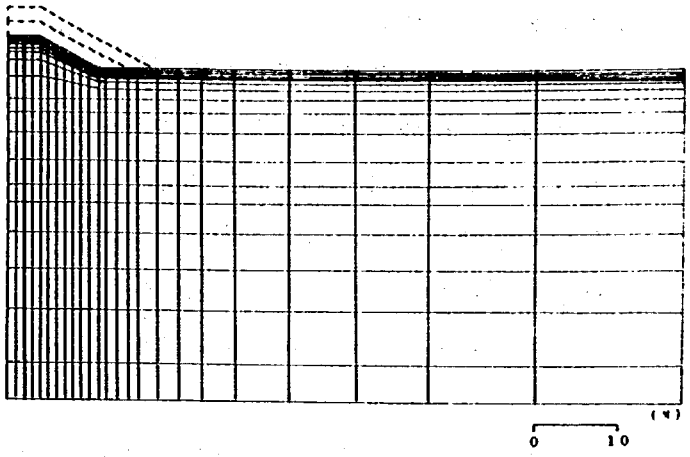
(B) 堀割地盤

(C) 環境施設帯盛土地盤（盛土高：1m）

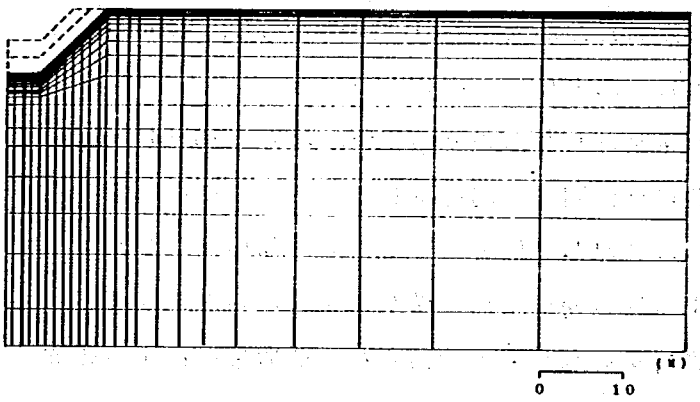
(D) 環境施設帯盛土地盤（盛土高：2m）



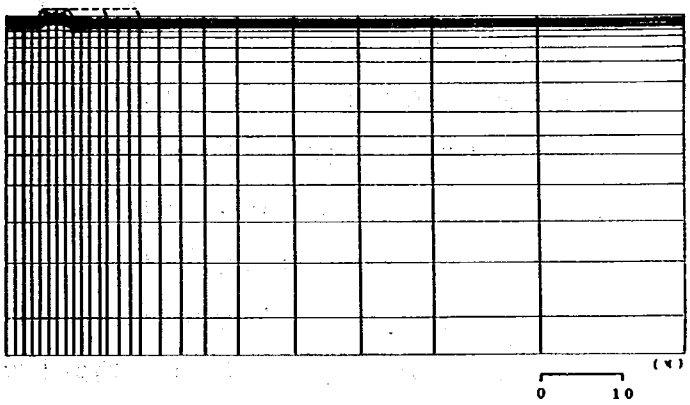
(A) 平坦地盤



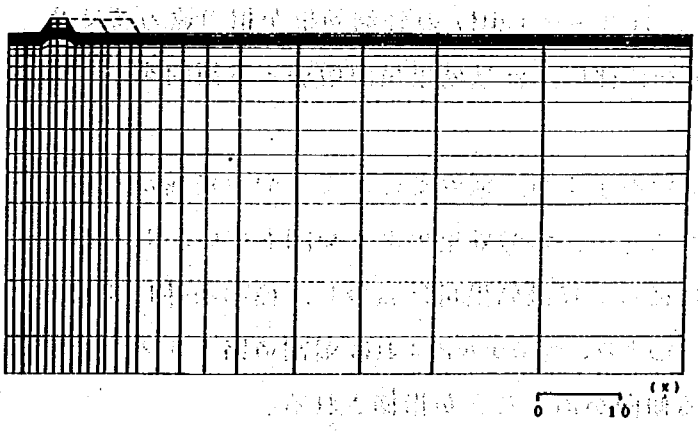
(B) 盛土地盤



(C) 堀割地盤



(D) 環境施設帯盛土地盤（盛土高：1 m）



(E) 環境施設帯盛土地盤（盛土高：2 m）

図 3.4.26 要素分割図

3.4.2.2. 解析結果

表－3.4.6の条件の下での数値解析により得られた結果の内，ここでは振動レベルの距離減衰について比較検討を行うことにする。図－3.4.27～図－3.4.32および図－3.4.33～図－3.4.38は，各々Model－1およびModel－2に対する結果である。これらの図は標準条件モデルにおける振動レベルと他の条件下のモデルにおける振動レベルの差（相対振動レベル差）の距離減衰を要約したものであり，図の縦軸で表わされる相対振動レベル差は標準条件モデルに対する各モデルの振動レベルの軽減効果量を示す。従って，相対振動レベル差が(+)であれば，そのレベル量だけ標準条件モデルに対して振動レベルが小さくなることを意味する。なお，これらの解析ケースにおける舗装面上の振動レベル値は71～73（dB）程度である。

図－3.4.27および図－3.4.33は舗装剛性の影響をまとめたものであるが，両地盤モデル共に同一傾向を示している。つまり，舗装の剛性が高くなるに伴い軽減効果が減少するが，剛性の差が1/2～2倍の範囲であっても，軽減効果の差異はたかだか1(dB)未満であり，解析的には舗装剛性の変化による振動レベルの軽減効果はほとんど見られないといえる。

図－3.4.28および図－3.4.34は舗装厚の影響を整理したものであるが，遠方（25～40m程度）においてやや差異は見られるものの，両地盤共にほぼ同一傾向を示している。つまり，舗装厚が大きくなるに従い，軽減効果が増加するが，舗装厚が2倍となってもその効果はたかだか1（dB）程度以下であり，解析的には舗装厚による軽減効果は極く僅かにすぎないといえる。

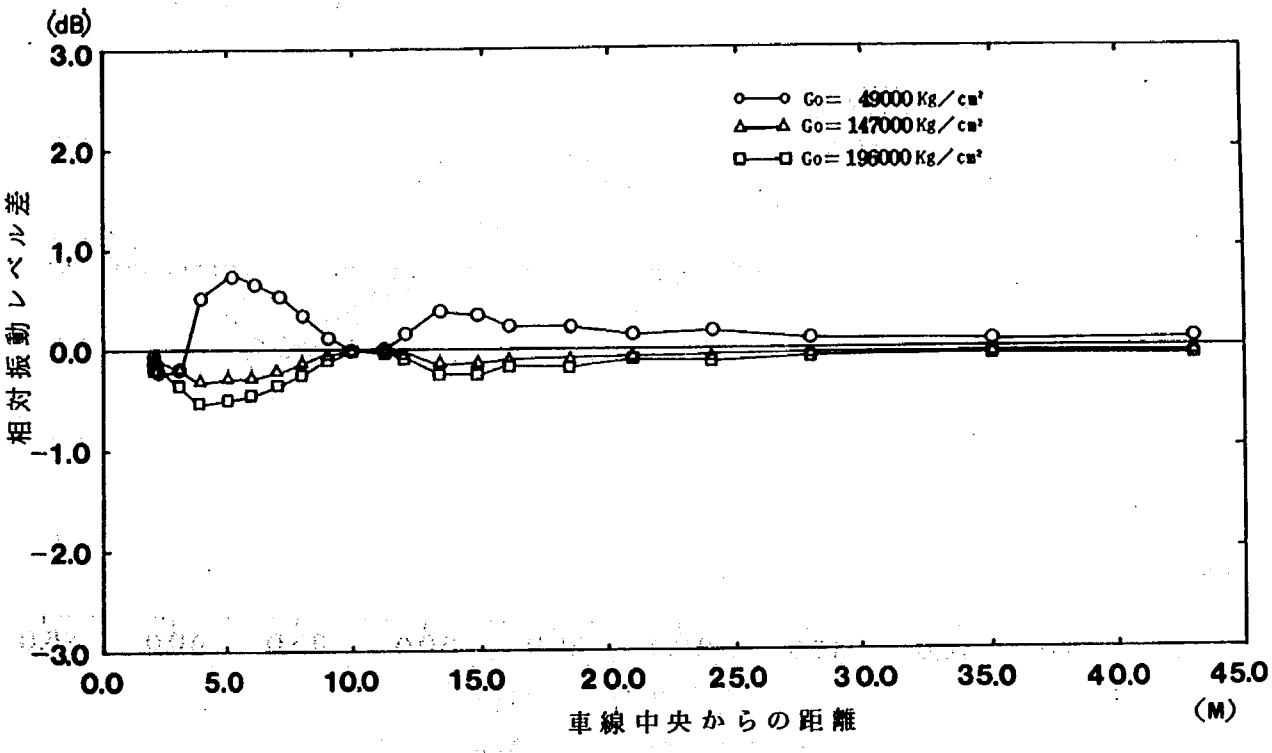
図－3.4.29および図－3.4.35は道路盛土の影響を調べたものであるが，地盤条件により差異がある。いずれの地盤条件においても，振動レベルは法肩で増加し法面部分で減少する傾向を示すが，法尻以遠での振動特性が異なり，Model－1では標準条件との差異が盛土高に拘わらずたかだか1（dB）程度となるが，Model－2では2～3（dB）の軽減効果が相当遠方まで及んでいる。さらに，Model－2では盛土高の増加に伴い，軽減効果量が増加する傾向を示している。

図－3.4.30および図－3.4.36は堀割道路の影響を示すが，地盤条件によりやや差異が見られる。全般的にはModel－1の方が軽減効果量が大きく，軽減効果のある範囲も広い。しかし，いずれの地盤においても堀割道路から離れるに従って軽減効果量は減少し，標準条件に比較して振動レベルが増加する部分が現われてくる。つまり，当モデルによれば堀割道路とする場合には道路から離れた位置で振動レベルが増加する傾向があることが指摘される。

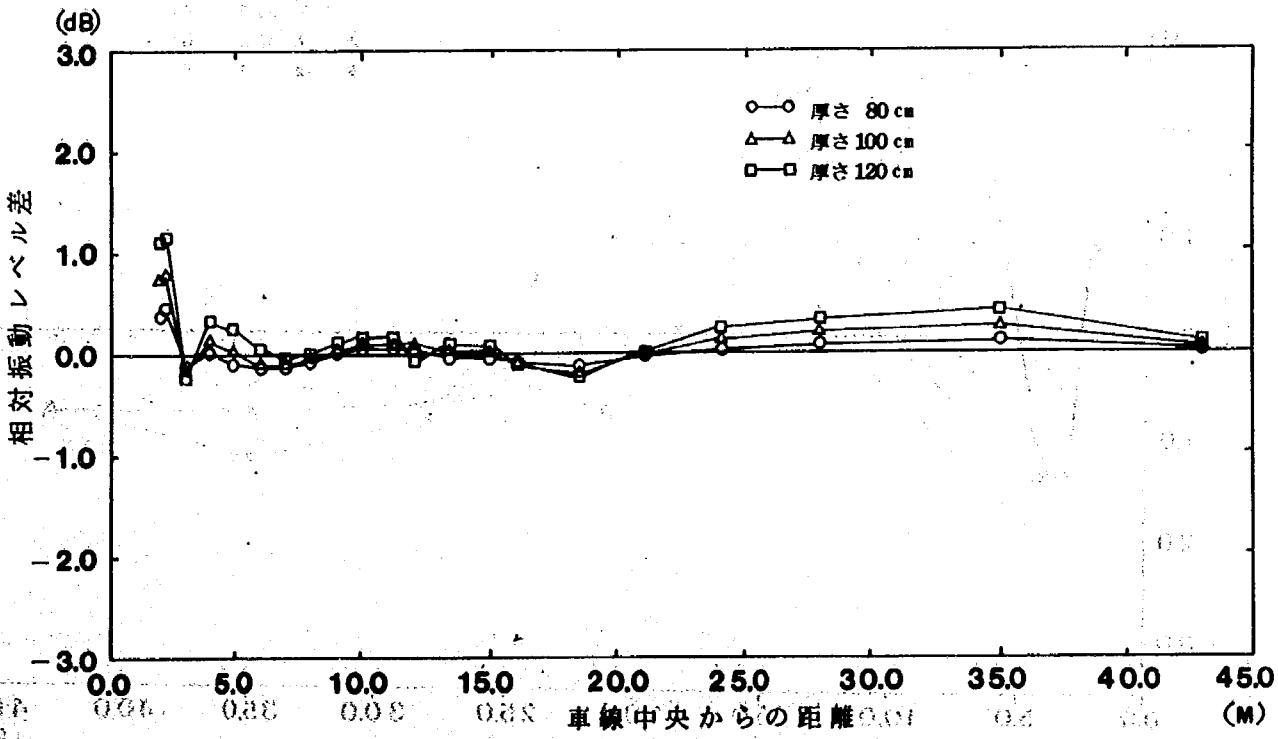
図－3.4.31，図－3.4.32，図－3.4.37および図－3.4.38は環境施設帯盛土の影響に関する検討例である。いずれの地盤においても盛土高が大きくなるに従い振動レベル差の変動量は大きくなるが，その分布性状は類似している。全般的な振動レベルの分布性状としては，盛土部分において減少，盛土近傍の平地において増加の傾向を示し，盛土から離れた位置においては盛土設置による影響は顕著ではなくなっている。

以上，数例の解析結果の概要を紹介したが，軽減対策法の効果は地盤条件により左右されることが多く，解析対象地点の地盤条件を明確にした上での解析的な検討の実行が必要と考えら

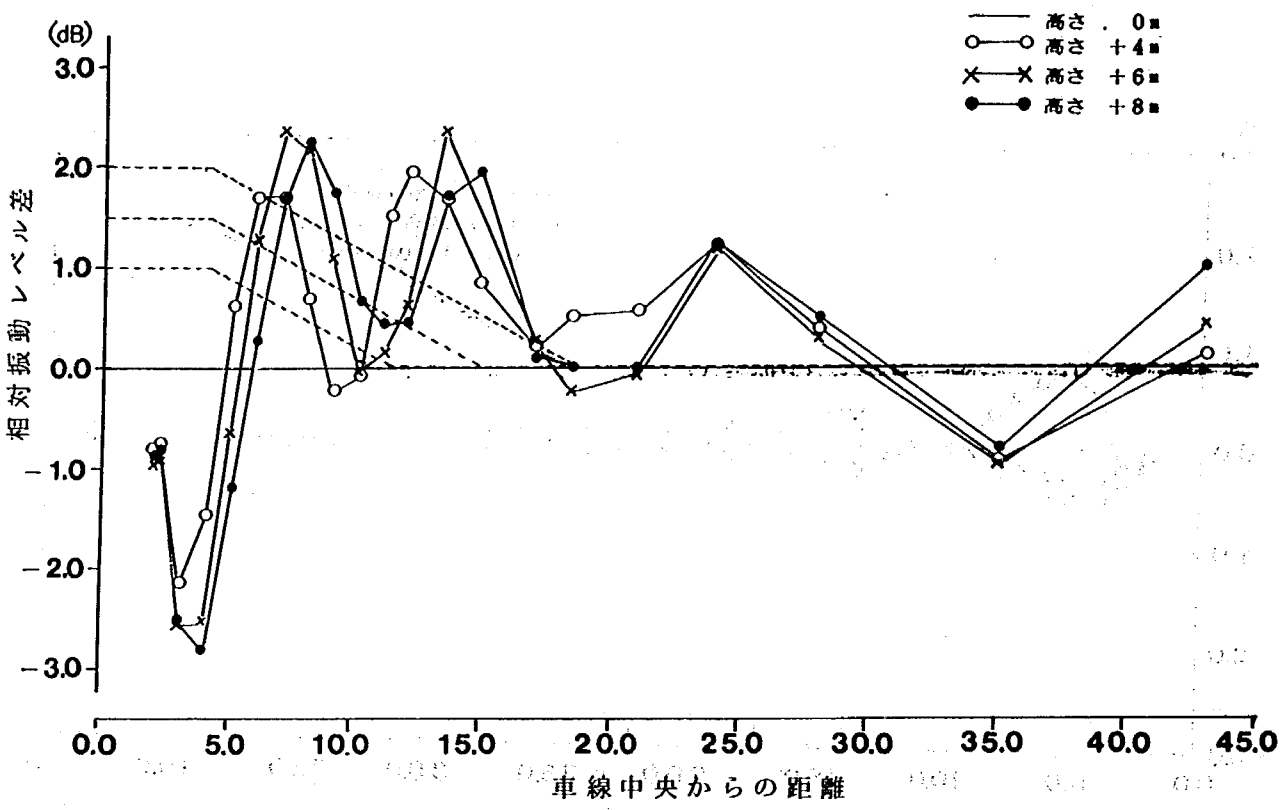
れる。



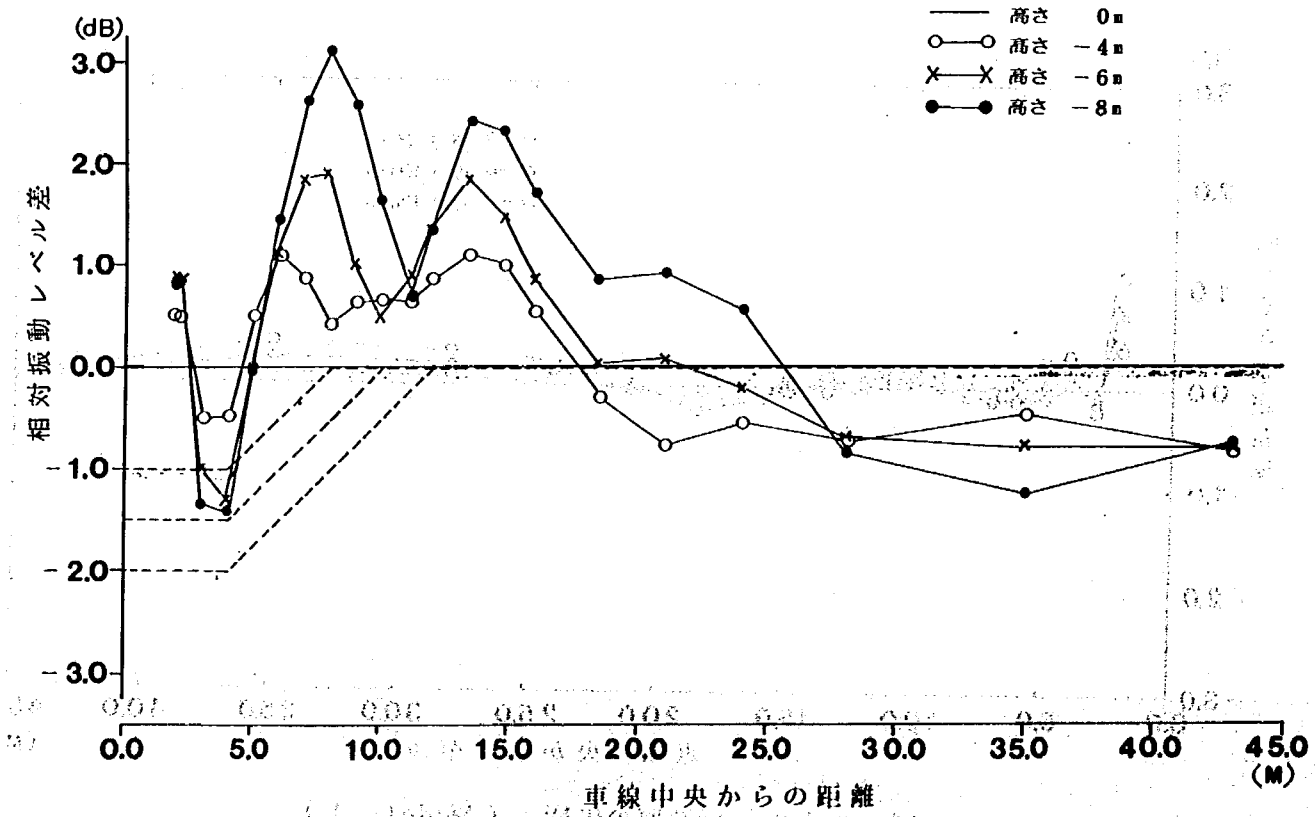
図－3.4.27　舗装剛性の影響（Model－1）



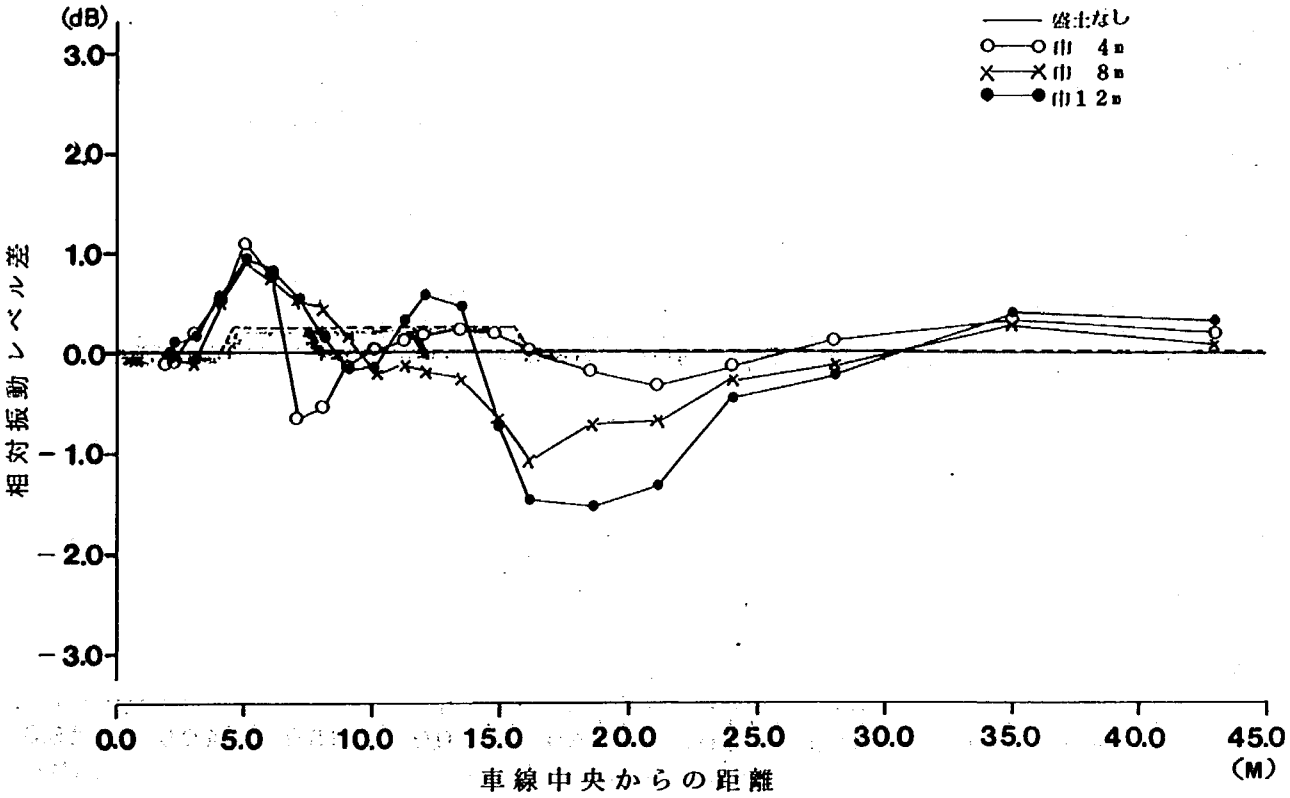
図－3.4.28　舗装厚の影響　（Model－1）



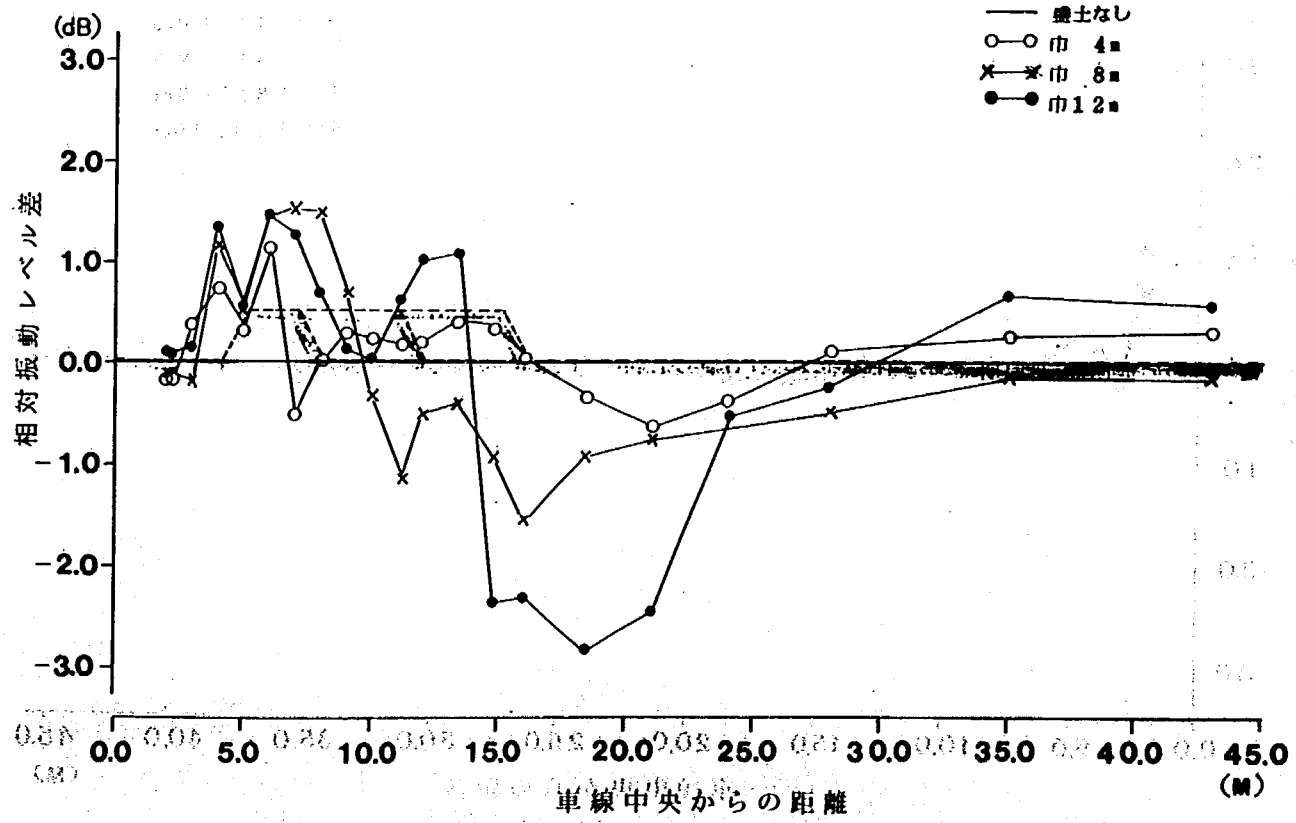
図－3.4.29　盛土高の影響　（Model－1）



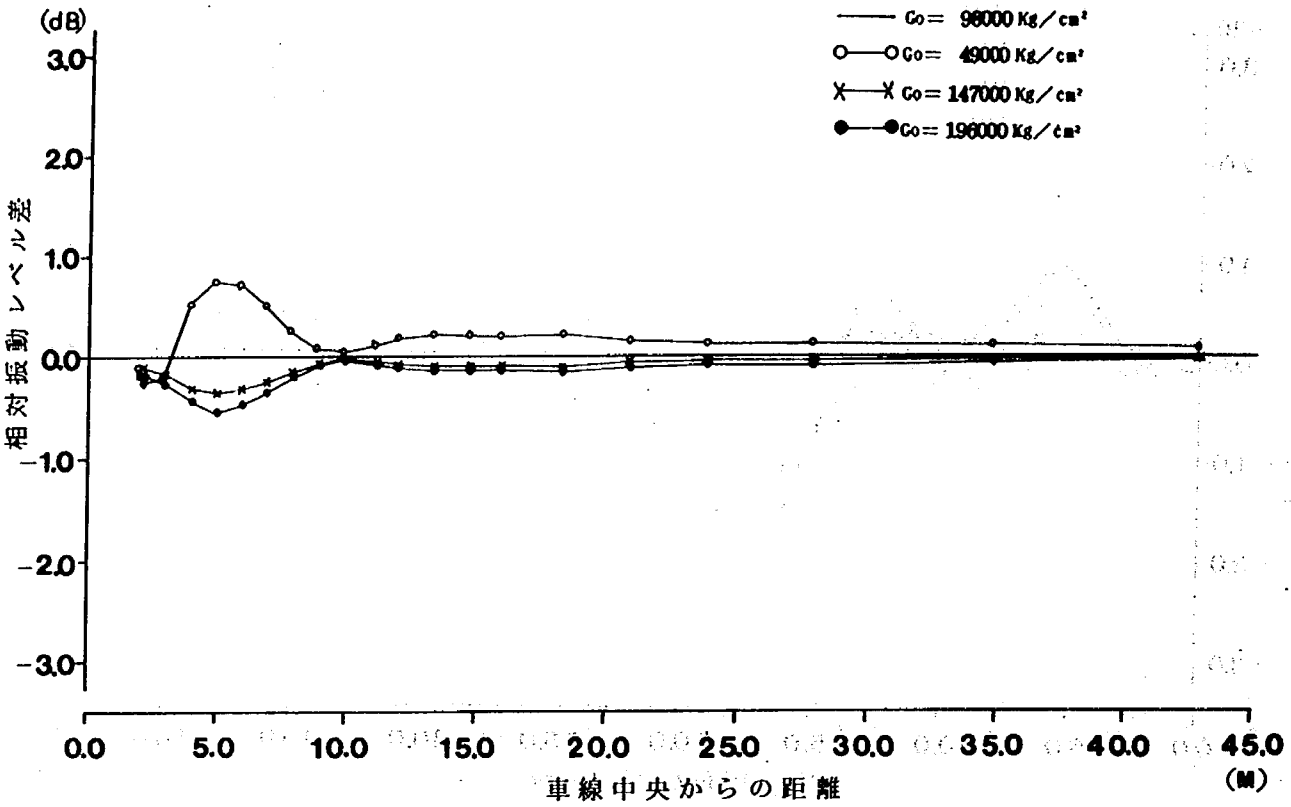
図－3.4.30　堀割深さの影響（Model－1）



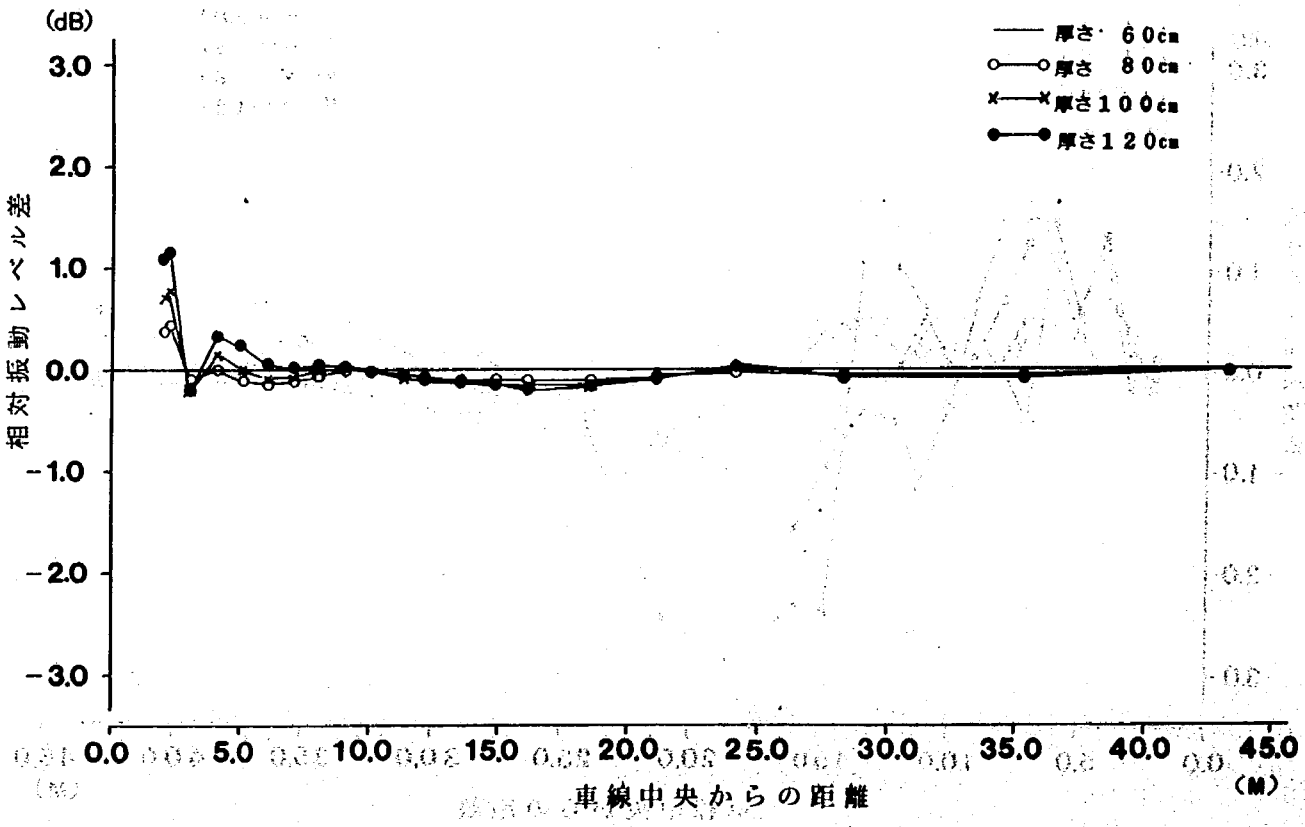
図－3.4.31　環境施設帯盛土の影響－盛土高：1m（Model－1）



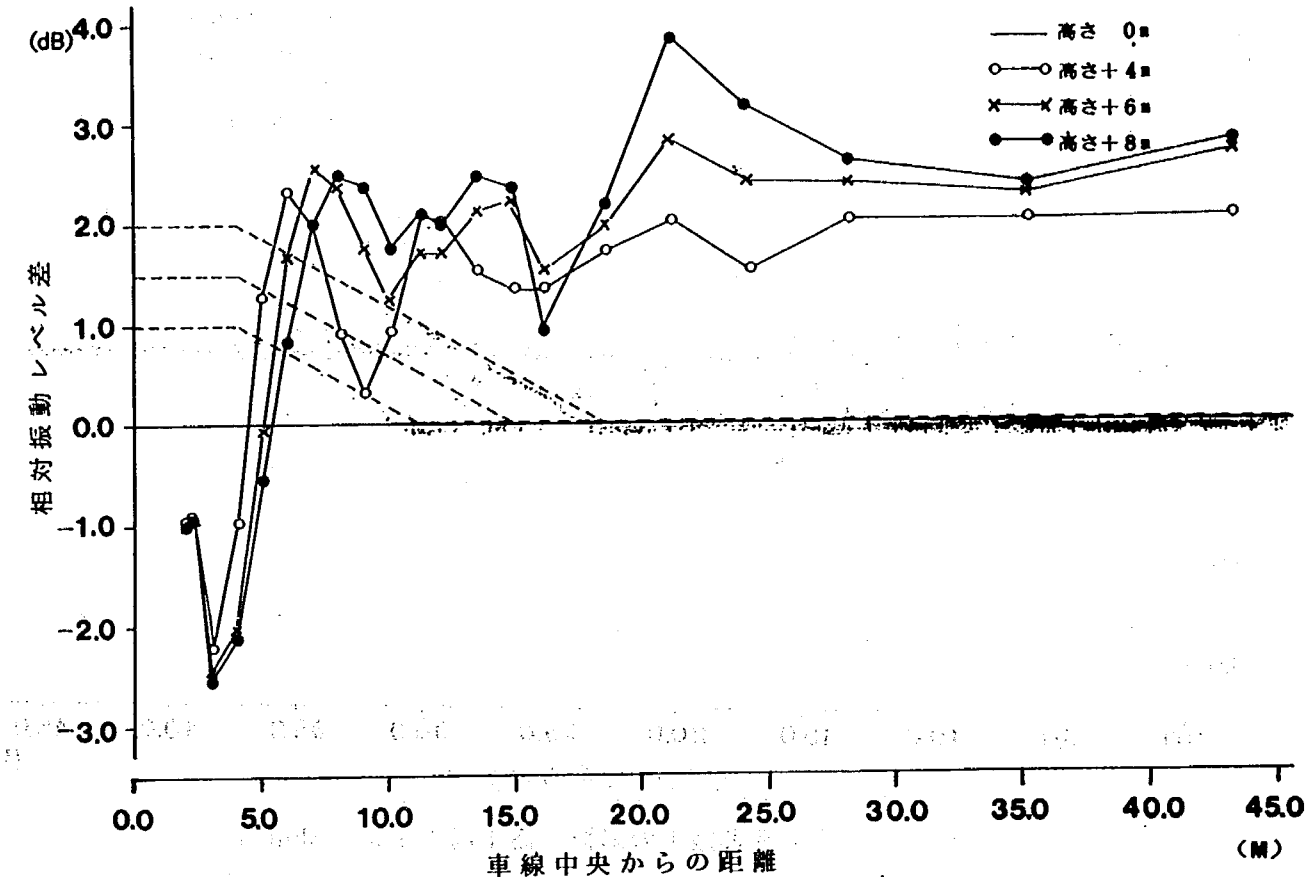
図－3.4.32　環境施設帯盛土の影響－盛土高：2m（Model－1）



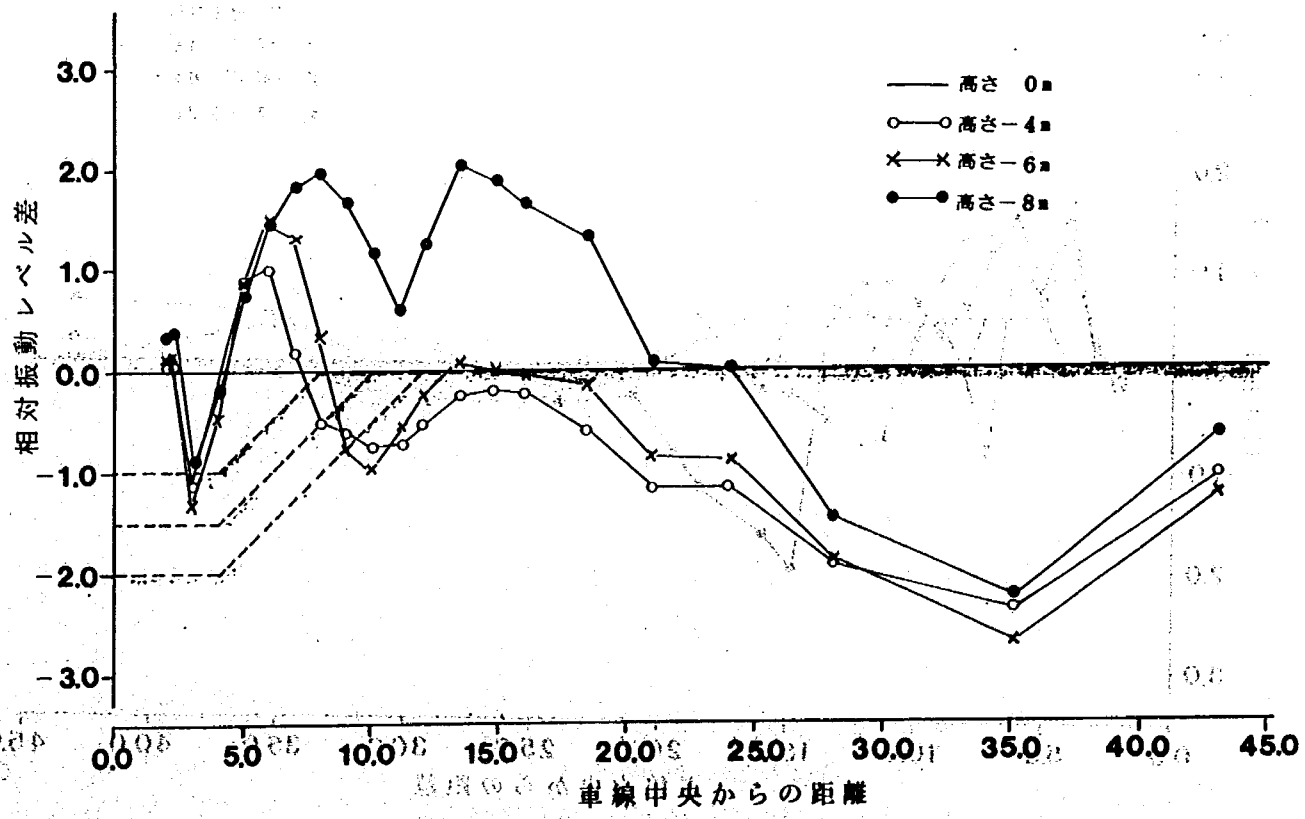
図－3.4.33 舗装剛性の影響（Model－2）



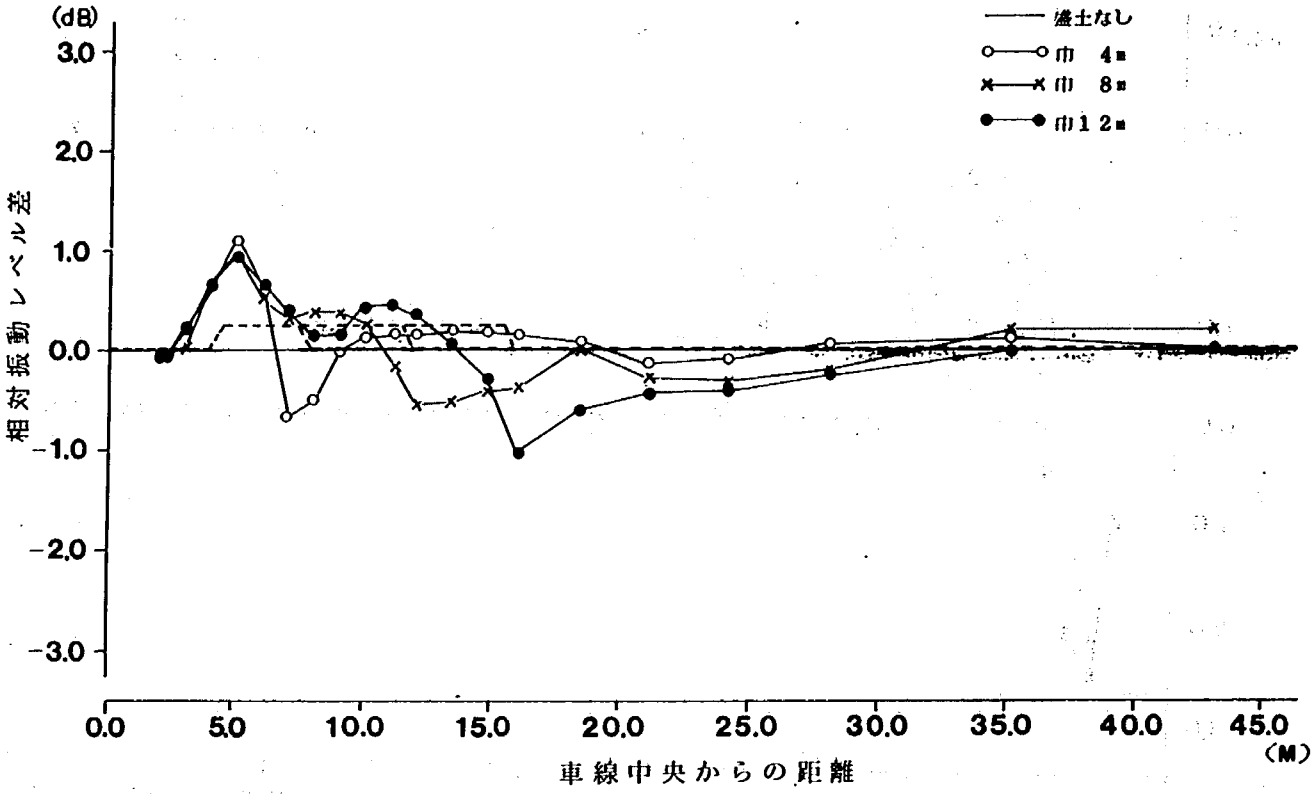
図－3.4.34 舗装厚の影響（Model－2）



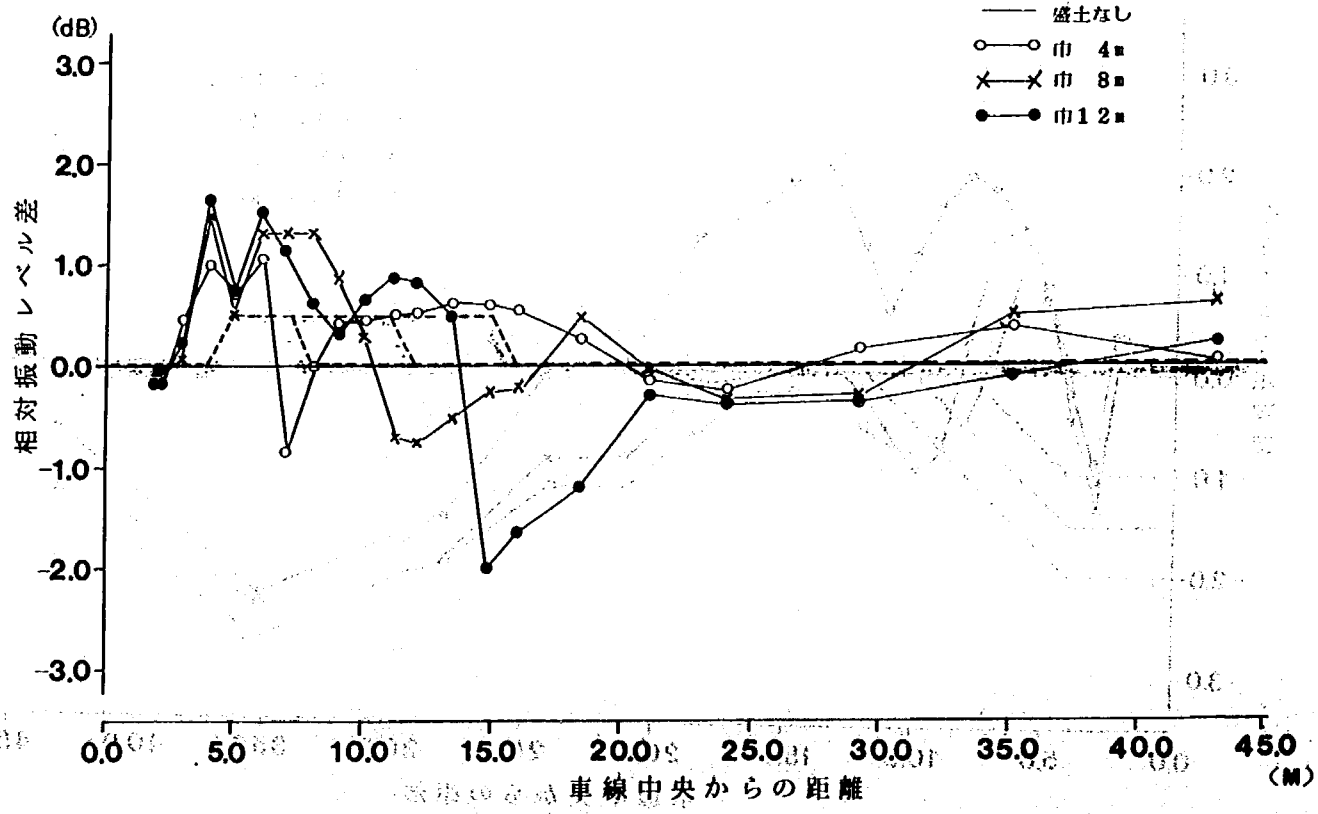
図－3.4.35　盛土高の影響　（Model－2）



図－3.4.36　堀割深さの影響（Model－2）



図－3.4.37　環境施設帯盛土の影響－盛土高：1m（Model－2）



図－3.4.38　環境施設帯盛土の影響－盛土高：2m（Model－2）

3.5 数値解析のまとめ

本章における道路交通振動の軽減対策に関する限られた数値解析例の成果は以下のように要約される。

1) 既成のプログラムを基本として道路交通振動による地盤の振動性状を解析するためのプログラム（DAPTV）を作成し，実測値との比較・検討の結果から本解析プログラムが道路交通振動の数値解析に用い得ることを明らかにした。

2) 地中防振壁（発泡スチロール製）による道路交通振動の軽減効果に関する数値解析により次の知見を得た。防振壁の深さが1.8 m程度での軽減効果は皆無であり，それ以深では深い程軽減効果が増加する傾向がある。また，防振壁の幅についても，40 cm 程度の防振壁での軽減効果は僅かであり，その幅が80 cm 以上で効果が現われるが，幅120cmとしても80cmの場合と軽減効果に明確な差はみられない。これらの定量的な軽減効果は地盤条件により左右されており，本解析条件では良質地盤において防振壁の軽減効果が大きく現われている。

3) 舗装構造条件のうち，剛性および厚さが振動の軽減に及ぼす影響について解析的な検討を行ったが，本解析では舗装の剛性および厚さの変化に伴う軽減効果は極く僅かであった。

4) 道路の盛土および堀割構造が振動の軽減に及ぼす影響について解析的な検討を行ったが，いずれの場合においても地盤条件により差異が見られる。盛土構造の場合は地盤条件によっては相当遠方まで軽減効果がある場合があり，他方，堀割構造では道路から離れた位置において振動レベルが増加する傾向を示している。

5) 環境施設帯域の盛土が振動の軽減に及ぼす影響について解析的な検討を行ったが，盛土直後では振動レベルが増加するがそれ以遠における盛土の影響は僅かである。

6) 2)～5)において各種の条件下で数値解析を実施したが，いずれの場合にも地盤条件の影響が軽視できないことが明らかとなり，解析を行う場合には地盤条件を充分考慮することが必要である。

4. 道路交通振動の軽減対策のまとめ

道路交通振動の軽減対策に関する研究成果は次のようにまとめられる。ただし，地中防振溝・地中防振壁の軽減効果が地盤条件により異なること，調査地点数が少ないことを踏まえて，地中防振溝・地中防振壁の総括的な定量評価は行わず，地点毎に軽減効果の特性を明らかにした。これまでの調査で明らかとなった事項は次のようである。

1）地中防振壁による対策

(1) 空溝の地中防振溝の場合に最も振動の遮断効果がある。しかし，その効果は防振溝の深さが地表面を伝播する波の波長の4割以上の場合に現われ，波長以上の深度の場合に顕著となる。従って，防振溝の深さは対象地点の地盤条件により異なり，それに合わせた深さの設定が必要となる。たとえば，道路交通振動の主成分の周波数が10HZであり，地盤の表面波の伝播速度が100m／secである場合の波長は10mとなり，地中防振溝の深さは4m程度以上必要ということになる。また，振動源の振動数が高いほど効果が大きい。一般に溝の直近では軽減効果が大きいが，溝から離れるにしたがって軽減効果は小さくなる。

(2) 地中防振壁の場合の効果も防振壁の幅よりも深さに左右され，地盤と防振壁の音響インピーダンス比（$v'\rho'/v\rho$：v'およびvは各々地盤および壁材料の波動伝播速度，ρ'およびρは各々地盤および壁材料の密度）が大きい程効果がある。従って，深さの設定ばかりでなく，地中防振壁の材質についても地盤条件の影響を考慮する必要がある。なお，解析結果（55年度）によっても，幅の増加による効果よりも深さの増加による効果の方が大きいことが確かめられている。

(3) 発泡スチロールの地中防振壁を用いた調査結果によれば，土木研究所旧千葉支所構内では防振壁（幅80cm）の後方約40mの範囲で平均的に2～9dBの効果が得られており，一般国道50号では幅40cmで壁の後方30～35mおよび80cmで壁の後方35～40mまでで，各々平均的に2～10dBおよび2～12dBの効果がみられた。さらに，一般国道357号では防振壁の幅が40cm，80cmおよび120cmに対して，壁の後方35m程度までで，各々平均的に0～2dB，1～6dBおよび1～8dBの効果がみられた。なお，これらの防振壁はいずれも深さが3.6mである。

(4) 地中防振壁の軽減効果の経年変化については，比較的地盤の良好な桐生バイパスでは53年度から55年度の2ケ年間，また，軟弱地盤である一般国道357号では54年度から55年度の1ケ年間において継続調査を実施したが，調査期間では良質地盤と軟弱地盤のいずれにおいても，地中防振壁の軽減効果に有意の変化は見られなかった。また，防振壁自体の変形の測定を行った一般国道357号では，一年経過後においても発泡スチロールの圧縮変形は皆無であった。

(5) 実際に伝播経路上で防振壁を設けた対策を講ずる場合，防振壁の建設用地の確保などの問題が生じるので，事前に振動源での対策あるいは伝播経路上での対策との比較検討を十分行ったうえで実施するのがよい。その際に空溝を設ける場合は溝の維持，安全性に留意

し，また，防振壁を設置する場合は本調査で使用したモデル（53年度）を参考にして，設置地点の地盤条件（土質，地下水位など）を考慮したうえで，最も適当な構造，施工法を採用するのがよい。

(6) 或る地点に地中防振溝あるいは地中防振壁を設置した場合の振動の軽減効果の推定を行う際には，地盤条件の類似した既往の調査地点の結果を参考にする他に，数値解析プログラム（2次元有限要素法）を用いて対象地点の地盤条件を反映させた解析を行う方法が有効である。

2) 舗装構造の改善による対策

地中防振壁による対策と同様に，現地における舗装構造の軽減対策実験例は少ないが，これまでの調査結果から舗装構造の改善による振動源での対策についての成果は次のようにまとめられる。

(1) 舗装構造（剛性，厚さ）を変えた現地での振動測定調査では，試験条件，周辺地盤条件，試験舗装条件(例えば長さ）等の条件が現地での制約上，必ずしも各試験舗装間で同一とするのが困難であったため，舗装構造の改善による効果は明確ではない。ただし，53年度の調査の中でＴＡ値（表層基層用加熱アスファルト混合物で舗装のすべてを行う場合に必要な厚さ）の増加により，振動レベルの低減傾向の見られた例もある。

(2) 数値解析（55年度）による調査では舗装構造の改善（剛性あるいは舗装厚を2倍にする）を行っても，軽減効果はほとんど無い結果が得られている。

(3) 以上のように舗装構造の改善による軽減効果については定量的な把握が困難であったが，見方をかえると舗装構造の改善は舗装の耐久性の増加や，たわみ変形の抑制に結びつくものであり，間接的には路面の平坦性の確保等による軽減効果に密接な影響を持つものと考えられる。

なお地中防振壁や舗装構造の改善を含めた道路交通振動の軽減対策に関する総括的な調査・研究の成果は文献4）に要約されているので参照されたい。

あとがき

本報告は当研究室が約8年間にわたり実施してきた道路交通振動の軽減対策に関する調査・研究の最終的なとりまとめを目指していたが，著者等の力不足も手伝ってその内容は数値解析法に関する調査・研究に重点が置かれており，他の分野に関しては参考文献の引用を中心とするまとめで安易に済ましていることを痛感している。しかしながら，地盤条件，振動源条件等が複雑に絡みあっており，実験条件の制約等の多い地中防振壁あるいは舗装構造の改善に関する道路交通振動の軽減対策に関して，曲がりなりにもその将来的な予測を行うための数値解析手法を整えることができましたのは一つの成果であった。

なお，本報告に係わる各種の調査・研究を遂行する際には，本省，各地方建設局，公団等関連諸機関の多大な協力を得ていることを記し，関係各位に感謝の意を表する。

参　考　文　献

1) 建設省：道路交通振動の対策に関する研究，第30回建設省技術研究会道路部門指定課題論文集，1976

2) 建設省：道路交通振動の対策に関する研究，第31回建設省技術研究会道路部門指定課題論文集，1977

3) 建設省：道路交通振動の対策に関する研究，第32回建設省技術研究会道路部門指定課題論文集，1978

4) 建設省：道路交通振動の対策に関する研究，第33回建設省技術研究会道路部門指定課題論文集，1979

5) 栗林，福田，木本：軟弱地盤における振動の防除に関する研究，土木研究所資料第928号，昭和49年3月

6) 後藤，若林：振動レベル計の特性試験結果，第4回土木学会関東支部年次研究発表会，1977，1

7) 岩崎，若林他3名：道路交通振動実測調査報告書，土木研究所資料第1155号，昭和52年2月

8) 岩崎，若林，後藤：道路交通振動の予測と対策，土木技術資料Vol. 19，No. 2，1977

9) 後藤，若林：地盤振動の溝による振動減衰効果について，第32回土木学会年次学術講演会概要集，1977. 10

10) 若林，後藤：試験車による道路交通振動調査について，第5回土木学会関東支部年次研究発表会，1978. 1

11) 後藤，若林：人工段差による道路交通振動特性，第5回土木学会関東支部年次研究発表会，1978. 1

12) 後藤，若林：単一車による段差走行試験，第33回土木学会年次学術講演会概要集，1978. 9

13) 若林，後藤：道路交通振動に対する振動波対策に関する実験，第33回土木学会年次学術講演会概要集，1978. 9

14) 後藤，若林，小出：道路交通振動に対する伝播径路上の対策に関する実験，第33回土木学会年次学術講演概要集，1978. 9

15) 後藤，若林：道路交通振動における振動源対策実験，第6回土木学会関東支部年次研究発表会，1979. 1

16) 若林，後藤：道路交通振動における地中壁の振動軽減効果，第6回土木学会関東支部年次研究発表会，1979. 1

17) 岩崎，若林，後藤：道路交通振動の軽減対策実験，土木技術資料Vol. 21，No. 1，1979

18) 岩崎，若林：道路交通振動の測定法，土と基礎Vol. 27，No. 8，Ser. No. 258，1979. 8

19) 後藤，岩崎，若林：舗装構成による道路交通振動軽減対策実験，第34回土木学会年次学術講演会概要集，1979. 10

20) 岩崎，常田，後藤：道路交通振動対策，第7回土木学会関東支部年次研究発表会，1980. 1

21) 岩崎，常田，後藤：道路交通振動の軽減対策に関する調査（その１），第15回土質工学研究発表会，1980.6

22) 後藤，岩崎，常田：軟弱地盤での地中防振壁による道路交通振動軽減対策実験（その１），第35回土木学会年次学術講演会，1980．9

23) 岩崎，常田，後藤：道路交通振動の軽減対策に関する現地試験，土木技術資料 Vol. 22, No. 10，1980.10

24) 常田，後藤：道路交通振動の軽減対策に関する数値解析，第８回土木学会関東支部年次研究発表会，1981．1

25) 岩崎，常田，後藤：道路交通振動の軽減対策に関する調査（その２），第16回土質工学研究発表会，1981.5

26) 岩崎，常田，後藤：軟弱地盤での道路交通振動軽減対策調査（その２），第36回土木学会年次学術講演会，1981．10

27) 鈴木次郎，石垣昂：衝撃波の最大振幅が色々の溝によって減少する度合について，地震 Vol 12, No. 3，1960

28) 吉井敏尅：溝によるレイリー波の減衰，地震，第２号，第24巻，pp. 70～71，1971

29) 佐々木，木元，能登，東海林：防振壁による地盤振動の遮断効果について（第２報），北海道開発局土木試験所昭和51年度地盤振動調査研究報告，1971

30) 畠山，早川：地中防振壁による地盤振動の軽減に関する実験，土木学会第26回年次学術講演会，1971．10

31) 斉藤二郎，小出忠男，木村薫：地盤振動と対策について（その２），大林組技術研究所報告 No. 9，1974

32) 沢田健吉，谷口栄一，小笠原久，館山悟：軟弱地盤における道路交通振動調査（第１報），土木研究所資料 第1151号,1976

33) 道路交通振動防止対策委員会：道路交通振動防止対策についての報告，1977．6

34) 江島，吉岡，坂田，吉村：空溝と地中壁による振動遮断効果，土と基礎，Vol. 28 No. 3，1980

35) 達下，鈴木，小林，松岡：舗装構造と道路交通振動の低減効果に関する基礎的実験，昭和53年度東京都土木技術研究所年度報告，1979

36) 高橋，池本：橋梁より伝播する交通振動の対策実施例，第６回土木学会関東支部年次研究発表会，1979．1

37) 環境庁：道路交通振動防止技術マニュアル，(株)ぎょうせい，1980

38) 金安，金泉：交通公害，技術書院

39) Lysmer, J., Udaka, T., Tsai, C., and Seed, H. B., "FLUSH—A Computer Program for Approximated 3－D Analysis of Soil-Structure Interaction Problems," Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, Re-

port No. EERC 75－30, November 1975.

40) Lysmer, J., Udaka, T., Seed, H. B. and Hwang, R. (1974),"LUSH－A Computer Program for Complex Response Analysis of Soil-Structure Systems,"Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, Report No. EERC 74－4, April, 1974.

付属資料

1. 解析作業フローチャート …… 109

2. プログラム概要および解析例 …… 110

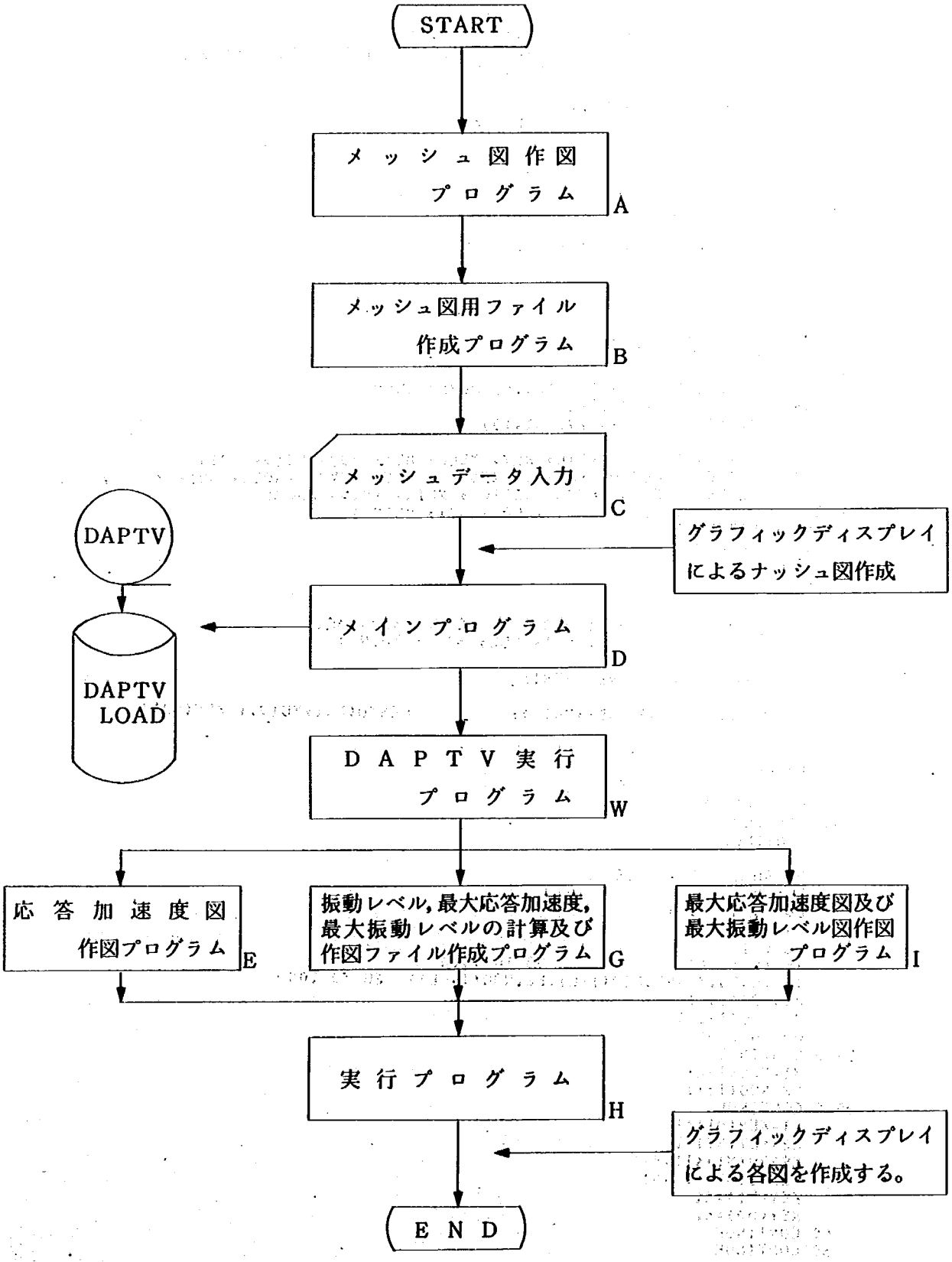
3. データ入力マニュアル

1）マニュアルA …… 132

2）マニュアルB …… 135

3）マニュアルC …… 157

1. 解析作業フローチャート



2. プログラム概要および解析例

メッシュ図作図プログラム

```
//DW0EA13A  JOB  *******,CLASS=A
//FMESH  EXEC  FORTOCL
//FORT.SYSIN   DD *
      DIMENSION      COD(1000,2), NOD(1000,4)
      DIMENSION      KESTU(1000,10), KESTUO(1000,10), KESTU1(1000)
      DIMENSION      KEY(1000), KEYO(1000)
C
      DATA      MD1, MD2, MD15, MD19  /
     1        1000,1000,    4,    10  /
C
      N1 = 1
      WRITE(6,100)
  100 FORMAT(1H ,22HSCALE = (X) AND (Y)  ?  )
      READ(5,*) SCAL
      WRITE(6,200)
  200 FORMAT(1H ,20HXMIN = ? , YMIN = ?  )
      READ(5,*) XMIN, YMIN
C
      WSCAL = 1 / SCAL
      REWIND N1
      READ(N1) KNODE, MELE
      READ(N1) COD, NOD
C
      CALL DEVICE('H-8844-14',10,960,DUMMY,DUMMY)
      CALL RWIND(0,0,4095,3119)
      CALL VSINI(0.0,0.0,40.95,31.19)
C
      CALL PLTMAK ( NOD, KESTU, KEY, MELE, MD1, MD2, MD15, MD19 )
      CALL PLTDEL ( KESTU, KESTU1, KESTUO, KEY, KEYO, KNODE, MD1, MD19 )
      CALL PLTMES ( COD, KESTU, KESTUO, XMIN, YMIN, WSCAL
     1            , KEY, KEYO, KNODE, MD1, MD19 )
      CALL VSTERM(1,0)
      CALL GPSLTM
      STOP
      END

      SUBROUTINE    PLTMAK( NOD,    KESTU, KEY, MELE
     1                    , MD1, MD2, MD15, MD19 )
C
C          MAKE CONNECTIVE MATRIX
C
      DIMENSION     NOD(MD2,MD15),          KESTU(MD1,MD19), KEY(MD1)
C
      DO 10 I = 1 , MD1
      KEY(I) = 0
      DO 20 J = 1 , MD19
      KESTU(I,J) = 0
   20 CONTINUE
   10 CONTINUE
C
      DO 30 I = 1 , MELE
      L = 0
      DO 40 J = 1 , 4
      L=L+1
      LL=L+1
      IF (L.EQ.4)                GO TO 1000
      IF (L.EQ.3.AND.NOD(I,L).EQ.NOD(I,LL))  GO TO 1000
      M1=NOD(I,L)
      M2=NOD(I,LL)
      GO TO 2000
 1000 CONTINUE
      M1=NOD(I,L)
      M2=NOD(I,1)
 2000 CONTINUE
      K1=KEY(M1)+1
      K2=KEY(M2)+1
      KESTU(M1,K1)=M2
      KESTU(M2,K2)=M1
      KEY(M1)=K1
      KEY(M2)=K2
   40 CONTINUE
   30 CONTINUE
C
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE    PLTDEL (KESTU, KESTU1, KESTUO, KEY, KEYO, KNODE
     1                          , MD1, MD19 )
C
C         DELETE THE CASES AT WHITH THE LINE IS DISCRIBED TWICE.
C
      DIMENSION     KESTU(MD1,MD19), KESTU1(MD1), KEY(MD1)
      DIMENSION     KESTUO(MD1,MD19), KEYO(MD1)
C
      DO 10 I = 1 , KNODE
      KY=KEY(I)
      DO 20 J = 1 , KY
      JK=KESTU(I,J)
      J1=J+1
      DO 30 K = J1 , KY
      IF (JK.NE.KESTU(I,K))   GO TO 1000
      KESTU(I,K)=0
      KEY(I)=KEY(I)-1
 1000 CONTINUE
   30 CONTINUE
   20 CONTINUE
   10 CONTINUE
C
      DO 40 I = 1 , KNODE
      K=0
      DO 50 M = 1 , MD19
      KESTU1(M)=0
   50 CONTINUE
      DO 60 J = 1 , MD19
      IF (KESTU(I,J).EQ.0)    GO TO 2000
      K=K+1
      KESTU1(K)=KESTU(I,J)
 2000 CONTINUE
   60 CONTINUE
      KEY(I)=K
      DO 70 J = 1 , MD19
      KESTU(I,J)=KESTU1(J)
   70 CONTINUE
   40 CONTINUE
      DO 80 I = 1 , MD1
      KEYO(I)=KEY(I)
      DO 90 J = 1 , MD19
      KESTUO(I,J)=KESTU(I,J)
   90 CONTINUE
   80 CONTINUE
C
      RETURN
      END

      SUBROUTINE    PLTMES( COD, KESTU, KESTUO, XMIN
     1                    , YMIN, WSCAL, KEY, KEYO, KNODE, MD1, MD19 )
C
C         PLOT MESH DIVISION
C
      DIMENSION     COD(MD1,2), KESTU(MD1,MD19), KEY(MD1)
      DIMENSION     KESTUO(MD1,MD19), KEYO(MD1)
C
      DATA      WIDX, WIDY  / 2.0, 5.19  /
C
      DO 80 I = 1 , MD1
      KEY(I) = KEYO(I)
      DO 90 J = 1 , MD19
      KESTU(I,J)=KESTUO(I,J)
   90 CONTINUE
   80 CONTINUE
C
      Y = WIDY - 1.8
      Y1= WIDY - 1.3
      Y2= WIDY - 1.1
      X =(WIDX+30.5) - 10.0*WSCAL
      XX=(WIDX+30.5)
      CALL PLOT(X ,Y1,3)
      CALL PLOT(X ,Y2,2)
      CALL PLOT(XX,Y2,2)
      CALL PLOT(XX,Y1,2)
      CALL SYMBOL(X,Y,0.3,1H0,0.0,1)
      CALL SYMBOL(XX,Y,0.3,6H10 (M),0.0,6)
C
      X=COD(1,1)
      Y=COD(1,2)
      X=(X-XMIN)*WSCAL+WIDX
      Y=(Y-YMIN)*WSCAL+WIDY
      CALL PLOT(X,Y,3)
```

```
C
      J=1
 1000 CONTINUE
      IF (KEY(J).EQ.0)          GO TO 7000
      KEY(J)=KEY(J)-1
      DO 10 L = 1 , MD19
      IF (KESTU(J,L).NE.0)      GO TO 2000
   10 CONTINUE
 2000 CONTINUE
      K=KESTU(J,L)
      KEY(K)=KEY(K)-1
      DO 20 M = 1 ,MD19
      IF (KESTU(K,M).EQ.J)      GO TO 3000
   20 CONTINUE
      WRITE(6,100)
  100 FORMAT(1H0,20H***  DATA ERROR  *** )
 3000 CONTINUE
      X=COD(K,1)
      Y=COD(K,2)
      X=(X-XMIN)*WSCAL+WIDX
      Y=(Y-YMIN)*WSCAL+WIDY
      CALL PLOT(X,Y,2)
      KESTU(J,L)=0
      KESTU(K,M)=0
      J=K
      GO TO 1000
C
 5000 CONTINUE
      X=COD(J,1)
      Y=COD(J,2)
      X=(X-XMIN)*WSCAL+WIDX
      Y=(Y-YMIN)*WSCAL+WIDY
      CALL PLOT(X,Y,3)
      GO TO 1000
C
 7000 CONTINUE
      DO 50 J =1,KNODE
      IF (KEY(J).NE.0)      GO TO 5000
   50 CONTINUE
C
      RETURN
      END
//LKED.SYSLIB  DD DSN='SYS1.GPSL.LOAD',DISP=SHR
//             DD DSN=SYS1.BGSP,DISP=SHR
//             DD DSN=SYS1.TELCMLIB,DISP=SHR
//             DD DSN=SYS1.FORTLIB,DISP=SHR
//LKED.SYSLMOD DD DSN=@FMESH.LOAD(FMESH),UNIT=OPMT,DISP=(NEW,CATLG),
//             SPACE=(TRK,(8,2,2),RLSE)
//
```

メッシュ図用ファイル作成プログラム

```
//DW0EA13B  JOB  *******,CLASS=A
//MESHG  EXEC  FORTOCL
//FORT.SYSIN   DD *
      DIMENSION     COD(1000,2), NOD(1000,4)
      READ(5,100) KNODE, ISOLD, IBEAM
  100 FORMAT(16I5)
      MELE = ISOLD + IBEAM
      DO 20 I = 1 , MELE
      READ(5,100) J, (NOD(J,K),K=1,4)
      WRITE(6,150)J, (NOD(J,K),K=1,4)
  150 FORMAT(1H ,5I5)
      IF (I.GT.ISOLD)  READ(5,111) DUMMY
  111 FORMAT(F10.0)
   20 CONTINUE
      DO 30 I = 1 , KNODE
      READ(5,200) J, COD(J,1), COD(J,2)
      WRITE(6,250)J, COD(J,1), COD(J,2)
  200 FORMAT(I5,2F10.0)
  250 FORMAT(1H ,I5,2F10.3)
   30 CONTINUE
C
      REWIND 1
      WRITE(1) KNODE, MELE
      WRITE(1) COD, NOD
      REWIND 1
C
      STOP
      END
//LKED.SYSLMOD DD DSN=@MESHPK(MAIN),UNIT=OPMT,DISP=(NEW,CATLG),
//              SPACE=(TRK,(20,5,1),RLSE)
//
```

メッシュデータ入力プログラム

```
//DW0EA13C  JOB  ********,CLASS=0
//MESH  EXEC  PGM=MAIN
//STEPLIB       DD DSN=@MESHPK,DISP=SHR
//FT01F001      DD DSN=@MESHG,UNIT=OPMT,DISP=(NEW,CATLG),
//              SPACE=(TRK,(10,5),RLSE),
//              DCB=(RECFM=VBS,BLKSIZE=13030)
//FT06F001      DD SYSOUT=A
//FT05F001      DD *
 456  413
   1    1    2   19   18        0.25    2.4   98000.0   98000.0    0.1
   2   18   19   36   35        0.25    2.4   98000.0   98000.0    0.1
   3   35   36   53   52        0.25    2.4   98000.0   98000.0    0.1
   4   52   53   70   69        0.43    1.6     865.      865.     0.1
   5   69   70   86   86        0.43    1.6     865.      865.     0.1
   6  222  223  240  239        0.43    1.6     865.      865.     0.1
   7  239  240  257  256        0.43    1.6     865.      865.     0.1
   8    2    3   20   19        0.25    2.4   98000.0   98000.0    0.1
   9   19   20   37   36        0.25    2.4   98000.0   98000.0    0.1
  10   36   37   54   53        0.25    2.4   98000.0   98000.0    0.1
  11   53   54   71   70        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  12   70   71   87   86        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  13  127  143  142  142        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  14  142  143  159  158        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  15  158  159  175  174        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  16  174  175  191  190        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  17  190  191  207  206        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  18  206  207  224  223        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  19  223  224  241  240        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  20  240  241  258  257        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  21  273  274  290  289        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  22  289  290  306  305        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  23  305  306  322  321        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  24  321  322  338  337        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  25  337  338  354  353        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  26  353  354  370  369        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  27  369  370  386  385        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  28  385  386  402  401        0.43    1.6     865.      865.     0.1
  29  401  402  418  417        0.43    1.6     865.      865.     0.1
```

データ　マニュアルA

```
 400   88   89  104  103        0.25    2.5   84000.0   84000.0    0.05
 401  123  124  129  128        0.25    2.5   84000.0   84000.0    0.05
 402   89   90  105  104        0.25    2.5   84000.0   84000.0    0.05
 403  124  125  130  129        0.25    2.5   84000.0   84000.0    0.05
 404   90   91  106  105        0.25    2.5   84000.0   84000.0    0.05
 405  125  126  131  130        0.25    2.5   84000.0   84000.0    0.05
 406  102  103  108  107        0.2     0.02     24.22     24.22   0.06
 407  107  108  123  122        0.2     0.02     24.22     24.22   0.06
 408  103  104  109  108        0.2     0.02     24.22     24.22   0.06
 409  108  109  124  123        0.2     0.02     24.22     24.22   0.06
 410  104  105  110  109        0.2     0.02     24.22     24.22   0.06
 411  109  110  125  124        0.2     0.02     24.22     24.22   0.06
 412  105  106  111  110        0.2     0.02     24.22     24.22   0.06
 413  110  111  126  125        0.2     0.02     24.22     24.22   0.06
   1    0.      41.7      1    .
   2    0.      41.4      1    .
   3    0.      41.1      1    .
   4    0.      40.4      1    .
   5    0.      39.6      1    .
   6    0.      38.7      1    .
   7    0.      37.75     1    .
   8    0.      36.4      1    .
   9    0.      34.5      1    .
  10    0.      32.5      1    .
  11    0.      30.       1    .
  12    0.      27.       1    .
  13    0.      24.75     1    .
  14    0.      21.       1    .
  15    0.      16.5      1    .
  16    0.      11.5      1    .
  17    0.       4.75     1    .
```

437	4.	0.	.
438	5.	0.	.
439	5.65	0.	.
440	6.3	0.	.
441	7.1	0.	.
442	8.5	0.	.
443	10.	0.	.
444	11.5	0.	.
445	13.	0.	.
446	14.5	0.	.
447	16.	0.	.
448	18.	0.	.
449	19.5	0.	.
450	22.	0.	.
451	25.	0.	.
452	28.	0.	.
453	32.	0.	.
454	37.	0.	.
455	43.	0.	.
456	52.	0.	.
457	65.	0.	.
458	83.	0.	.

//

□を入力

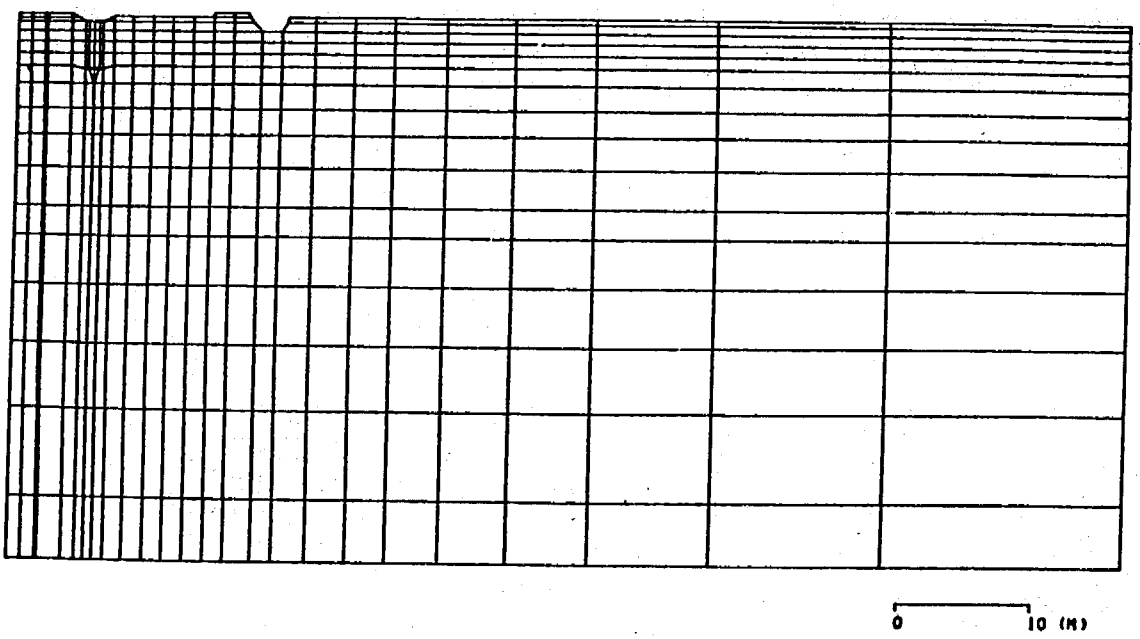
```
JCT54012A ENTER LOGON
LOGON DW0EA13/DW0EA13,A(DOC)
JGP300I DW0EA13 ,LAST ACCESSED DATE=81.09.03 TIME=17.01.54
TSS DW0EA13 STARTED TIME=17:04:22 DATE=81-09-03
 ************************    NEWS    ************************************
*
 *** 7/20 YORI BATCH JOB NIWA '/*ADMIT STATEMENT' GA HITUYOUNI NARIMASITAG
A SUBMIT JOB NIWA HITUYOU ARIMASEN ***
 *** ATTENTION !! IMCV JOB NIWA '/*ADMIT STATEMENT' GA HITUYOUDESU ***
 ****** ATTENTION !! ISAS USER DE PIPE ELEMENT O TUKATTEIRU HITO WA ' SE'
MADE ******
READY
ALLOC DD(FILE01) DS('SYS1.GPSL.MOJI.TABLE') SHR
READY
ALLOC DD(FT20F001) DS(@FF) UNIT(OPMT) OLD
READY
ALLOC DD(FT01F001) DS(@MESHG)
READY
ALLOC DD(GSP001) DS(*)
READY
CALL @FMESH(FMESH)

SCALE = (X) AND (Y)  ?
?
2.5,2.0

XMIN = ? , YMIN = ?
?
0.0,0.0
```

その日はじめての出力の時はＮＥＷにする。

メッシュ図出力用



メインプログラム (MT→DK)

```
//DW0EA13D  JOB  *******,CLASS=A
//PCPY  EXEC  PGM=JSOPCPY
//SYSPRINT      DD SYSOUT=A
//SYSUT3        DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(5))
//SYSIN         DD *
   COPY         OUTOD=V2,INOD=V1
//V1            DD DSN='FLUSH.LOAD',LABEL=(2,SL),
//              VOL=(,RETAIN,,,SER=FLUSH),UNIT=MT,DISP=OLD
//V2            DD DSN=@FLUSH.LOAD,UNIT=OPMT,DISP=(NEW,CATLG),
//              SPACE=(TRK,(50,5,1),RLSE)
//
```

DAPTV実行プログラム

```
//OW0EA13W      JOB  (********,,1024K),CLASS=S
***ADMIT
//FLSHRUN EXEC PGM=FLUSHX
//STEPLIB       DD DSN=@FLUSH.LOAD,DISP=SHR
//FT01F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(100,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=12000,BLKSIZE=12004)
//FT02F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(100,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=12000,BLKSIZE=12004)
//FT03F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT04F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(300,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=12000,BLKSIZE=12004)
//FT08F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(80,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT09F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT10F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT11F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT12F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT13F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT14F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT15F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT16F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT17F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT18F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT19F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT20F001      DD UNIT=VIRT,SPACE=(TRK,(34,2)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT21F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT22F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT23F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT24F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT25F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT26F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT27F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT28F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT29F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT30F001      DD UNIT=WORK,SPACE=(TRK,(30,10)),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT33F001      DD DSN=@A0836A,UNIT=UPMT,DISP=(NEW,CATLG),
//              SPACE=(TRK,(20,5),RLSE),
//              DCB=(RECFM=VBS,LRECL=6000,BLKSIZE=6004)
//FT07F001      DD DUMMY
//FT06F001      DD SYSOUT=A
//FT05F001      DD *
    1    0
G=24.22  W=800   D=3600
  413    0    0  458  433   17    1    0    0    0.0        0


  256  256    0.01                980.0
VERT
   50.0        1
   50.0        2
    1    0   25    0    1    0

   50.0       50.0       50.0       50.0       50.0       50.0       50.0
   35                 1  1
   52                 1  1
   69                 1  1
   87                 1  1
  102                 1  1
  107                 1  1
  122                 1  1
  127                 1  1
  142                 1  1
  158                 1  1
  174                 1  1
  190                 1  1
```

データ

マニュアルB

```
206                 1  1
222                 1  1
239                 1  1
256                 1  1
259                 1  1
275                 1  1
273                 1  1
289                 1  1
305                 1  1
321                 1  1
337                 1  1
353                 1  1
369                 1  1

  1    1    2   19   18        0.25     2.4   98000.0   98000.0     0.1
  2   18   19   36   35        0.25     2.4   98000.0   98000.0     0.1
  3   35   36   53   52        0.25     2.4   98000.0   98000.0     0.1
  4   52   53   70   69        0.43     1.6     865.      865.      0.1
  5   69   70   86   86        0.43     1.6     865.      865.      0.1
  6  222  223  240  239        0.43     1.6     865.      865.      0.1
  7  239  240  257  256        0.43     1.6     865.      865.      0.1
  8    2    3   20   19        0.25     2.4   98000.0   98000.0     0.1
  9   19   20   37   36        0.25     2.4   98000.0   98000.0     0.1
 10   36   37   54   53        0.25     2.4   98000.0   98000.0     0.1
 11   53   54   71   70        0.43     1.6     865.      865.      0.1
 12   70   71   87   86        0.43     1.6     865.      865.      0.1

402   89   90  105  104        0.25     2.5   84000.0   84000.0     0.05
403  124  125  130  129        0.25     2.5   84000.0   84000.0     0.05
404   90   91  106  105        0.25     2.5   84000.0   84000.0     0.05
405  125  126  131  130        0.25     2.5   84000.0   84000.0     0.05
406  102  103  108  107        0.2      0.02    24.22     24.22     0.06
407  107  108  123  122        0.2      0.02    24.22     24.22     0.06
408  103  104  109  108        0.2      0.02    24.22     24.22     0.06
409  108  109  124  123        0.2      0.02    24.22     24.22     0.06
410  104  105  110  109        0.2      0.02    24.22     24.22     0.06
411  109  110  125  124        0.2      0.02    24.22     24.22     0.06
412  105  106  111  110        0.2      0.02    24.22     24.22     0.06
413  110  111  126  125        0.2      0.02    24.22     24.22     0.06
  1   0.        41.7       1   .
  2   0.        41.4       1   .
  3   0.        41.1       1   .
  4   0.        40.4       1   .
  5   0.        39.6       1   .
  6   0.        38.7       1   .
  7   0.        37.75      1   .
  8   0.        36.4       1   .
  9   0.        34.5       1   .
 10   0.        32.5       1   .
 11   0.        30.        1   .
 12   0.        27.        1   .
 13   0.        24.75      1   .
 14   0.        21.        1   .
 15   0.        16.5       1   .
 16   0.        11.5       1   .
 17   0.         4.75      1   .
 18   1.        41.7           .
 19   1.        41.4           .
 20   1.        41.1           .

450  22.        0.             .
451  25.        0.             .
452  28.        0.             .
453  32.        0.             .
454  37.        0.             .
455  43.        0.             .
456  52.        0.             .
457  65.        0.             .
458  83.        0.             .
 21   2.0    AF-60-3-1CH (A-60-SEKOUGO)
  0.081   -0.189   -0.909   -0.458   -0.188    0.262   -0.008   -0.728     1
 -0.368   -0.457   -0.727   -0.367   -0.277    0.353    0.443   -0.096     2
  0.174   -0.096   -0.366    0.084    0.804    0.984    0.175   -0.185     3
  0.265    0.086   -0.904    0.356    0.536   -0.184   -0.003   -0.273     4
 -0.813   -0.723   -0.722   -0.722   -0.002    0.358    0.358    1.168     5
  0.988   -1.351   -0.001    1.618    1.529    0.719   -0.180    1.079     6
  1.709   -0.629   -0.899   -0.179   -0.719   -0.988    0.091   -0.538     7
 -0.448    0.182   -0.448   -0.537   -0.987   -1.887   -0.897    1.352     8
  1.353   -1.166   -0.266    2.703    2.523    0.004   -0.086    0.994     9
```

```
  1.174    0.455   -0.355   -0.894    0.815    0.366   -1.613   -0.893    10
  0.996   -0.983   -0.893    2.976   -0.892   -4.041    0.997    3.606    11
 -0.262   -0.262    2.527    1.898    0.728    0.459   -0.441    0.459    12
  0.999   -1.700   -1.519   -2.329   -0.080   -0.799  -12.494  -16.452    13
 -1.968    1.001   17.914    1.271   -6.915   29.520   -6.375  -35.073    14
-10.873  -16.450    2.532   22.054   14.857    0.553   -5.204   -8.352    15
 -6.283   -3.674  -15.819    1.184   10.541   23.945   15.039   -7.001    16
 10.092   62.180  -26.972  -48.653  -22.204  -18.335   18.549   26.196    17
  0.737   24.217   30.605  -67.183    2.267  -14.555   -4.659   31.415    18
 15.312  -20.942  -30.478  -13.295    3.978   16.303   23.050   21.431    19
 16.753    5.868   -5.377   -7.896   -5.466   -3.037    1.191    6.679    20
 12.257   10.098    6.140    1.552   -5.375   -6.724   -6.724   -3.305    21
 -1.596   -0.246    8.390   12.709   14.058   10.460    7.852    4.523    22
  3.984    1.195   -2.043   -0.154    3.535    4.254    4.435    3.355    23
 -0.513   -4.651   -7.710   -8.069   -7.619   -6.449   -2.491    1.378    24
  3.537    2.727   -0.241   -5.729   -6.358   -3.929   -2.849   -1.949    25
 -0.420    0.030    0.480   -1.769   -5.367   -6.356   -4.737   -4.377    26
 -5.096   -4.197   -2.127    1.022    0.932    0.032   -0.327   -1.047    27
 -1.496   -2.126   -2.845   -2.215   -1.136   -0.776   -0.146    0.304    28
  0.484   -0.595   -1.944   -2.394   -3.833   -3.203   -2.393   -2.033    29
 -1.133   -0.323   -1.403   -1.313   -1.852   -2.032   -1.222   -1.222    30
 -0.952    0.128    0.938    0.938    0.758    0.489    0.669    1.299    31
 -0.051   -0.230    0.040   -0.050    0.580    0.940    1.300    1.660    32
  1
 35    2        1.0
//
```

計算結果例

MAXIMUM ABSOLUTE ACCELERATIONS(GAL)

ITERATION NO. 1 MAX. BASE ACC. = 0.0 (GAL) IN HORZ. DIRECTION
MAX. BASE ACC. = 977.705 (GAL) IN VERT. DIRECTION

N.P.	XORD	YORD	X-ACC	AT TIME	Y-ACC	AT TIME
35	2.00	41.70	8.6207	1.3900	49.6545	1.3000
52	2.20	41.70	8.2617	1.3900	47.4544	1.3000
69	4.00	41.70	25.6540	1.4200	32.0204	1.3900
87	5.00	41.10	45.7578	1.3200	13.0195	1.3200
102	5.25	41.10	45.8050	1.3200	14.9442	1.3200
107	5.65	41.10	23.3034	1.4000	20.3871	1.3200
122	6.05	41.10	16.3134	1.4100	9.1056	1.3400
127	6.30	41.10	16.3102	1.4100	10.8805	1.3100
142	7.10	41.50	12.9342	1.4100	17.4740	1.4000
158	8.50	41.50	9.5419	1.4300	23.5239	1.4000
174	10.00	41.50	7.7831	1.3500	23.8725	1.3200
190	11.50	41.50	7.8513	1.3500	15.2126	1.3200
206	13.00	41.50	9.2919	1.3500	12.2431	1.3500
222	14.50	41.80	11.9154	1.4400	8.6446	1.3500
239	16.00	41.80	14.3176	1.4400	6.8675	1.4300
256	17.00	41.80	15.4437	1.4400	5.7171	1.4300
259	18.00	40.40	7.6438	1.3600	4.4777	1.3200
275	19.50	40.40	4.1786	1.3700	3.8695	1.4300
273	20.00	41.50	4.0181	1.4300	4.0874	1.4300
289	22.00	41.50	3.3272	1.3800	3.1846	1.4200
305	25.00	41.50	2.5289	1.4400	2.7483	1.4100
321	28.00	41.50	1.9275	1.3900	2.6737	1.4500
337	32.00	41.50	1.8822	1.3900	2.3879	1.4200
353	37.00	41.50	1.7001	1.4000	1.3432	1.4400
369	43.00	41.50	1.5185	1.4100	1.0664	1.4500

X-ACC VALUES FOR ROTATIONAL NODES ARE ROTATIONAL ACCEL. IN RAD/SEC/SEC

TIME REQUIRED FOR COMPUTATION AND OUTPUT OF 50 MOTION(S) = 1.248 SEC

応答加速度図作図プログラム

```
//DW0EA13E  JOB  *******,CLASS=A
//RES    EXEC  FORTOCL
//FORT.SYSIN   DD *
C
C         PLOT PROGRAM FOR RESPONSE ACCELELATION
C
      DIMENSION      T(2000), ACC(2000),TITLE(12),NOD(200)
      REAL*8         T, ACC, ACCMAX, XX, TITLE
C
      N33 = 1
      REWIND N33
      WRITE(6,150)
  150 FORMAT(1H ,33HACCEL. ... 0  OR  VL ... 1  ????      )
      READ(5,*) IAV
      WRITE(6,100)
  100 FORMAT(1H ,9HYMAX ????     )
      READ(5,*) AMAX
      WRITE(6,200)
  200 FORMAT(1H ,11HAMPL. ????          )
      READ(5,*) AMP
      WRITE(6,300)
  300 FORMAT(1H ,16HTIME PITCH ????    )
      READ(5,*) DDT
      WRITE(6,400)
  400 FORMAT(1H ,30HNUMBER OF NODE POINT  ????          )
      READ(5,*) KNODE
      IF (KNODE.EQ.0)       GO TO 2000
      WRITE(6,500)
  500 FORMAT(1H ,20HNODE NUMBER  ????      )
      READ(5,*) (NOD(I),I=1,KNODE)
 2000 CONTINUE
C
      CALL DEVICE('H-8844-14',10,960,DUMMY,DUMMY)
 1000 CONTINUE
      READ(N33,END=9000) KV,XX, ACCMAX, LENG, TITLE
      READ(N33)                (ACC(I),I=1,LENG)
      IF (KNODE.EQ.0)       GO TO 3000
      DO 20 I = 1 , KNODE
      IF (KV.EQ.NOD(I))       GO TO 3000
   20 CONTINUE
      GO TO 1000
 3000 CONTINUE
C
      CALL RWIND(0,0,4095,3119)
      CALL VSINI(0.0,0.0,40.95,31.19)
      IFG = 1
      CALL ACCPLT(T,ACC,ACCMAX,XX,LENG,TITLE,DDT
     1          , AMAX,AMP,IFG,IAV)
C
 5000 CONTINUE
      READ(N33,END=8000) KV,XX, ACCMAX, LENG, TITLE
      READ(N33)                (ACC(I),I=1,LENG)
C
      IF (KNODE.EQ.0)       GO TO 6000
      DO 40 I = 1 , KNODE
      IF (KV.EQ.NOD(I))       GO TO 6000
   40 CONTINUE
      GO TO 5000
 6000 CONTINUE
      IFG = 0
      CALL ACCPLT(T,ACC,ACCMAX,XX,LENG,TITLE,DDT
     1          , AMAX,AMP,IFG,IAV)
      CALL VSTERM(1,1)
      GO TO 1000
 8000 CONTINUE
      CALL VSTERM(1,1)
 9000 CONTINUE
      CALL GPSLTM
C
      STOP
      END
```

```
      SUBROUTINE     ACCPLT(T, ACC, ACCMAX, XX, LENG,TITLE, DDT
     1          , AMAX,AMP,IFG,IAV)
      DIMENSION      XH(7), XHH(6), YV(8), YVV(8), TIM(6), XT(5)
      DIMENSION      T(2000), ACC(2000), TITLE(12)
      DIMENSION      YZA(5)
      REAL*8         T,ACCMAX, XX, TITLE, ACC
C
      DATA    X1,  X2,  X3,  X4, X5  /
     1       5.8, 6.0, 4.5, 4.5, 4.8  /
      DATA    XH  / 6.0, 11.0, 16.0, 21.0, 26.0, 31.0, 36.0 /
      DATA    XHH / 5.7, 10.7, 15.7, 20.7, 25.7, 30.7     /
      DATA    YVV / 5.0, 7.0, 9.0, 11.0, 13.0, 4.8, 4.2, 3.0 /
      DATA    TIM / 0.0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0  /
      DATA    XT  / 10.0, 21.0, 22.3, 27.0, 30.7 /
C
      HHH = 0.3
      YZA(1) = -AMAX
      YZA(2) = -AMAX/2.0
      YZA(3) = 0.0
      YZA(4) = AMAX/2.0
      YZA(5) = AMAX
      YY = 0.0
      IF (IFG.EQ.1)       YY = 15.0
      DO 90 I = 1 , 8
      YV(I) = YVV(I) + YY
   90 CONTINUE
      DO 80 I = 1 , LENG
      T(I) =  DDT * (I-1)
   80 CONTINUE
C
      DO 10 I = 1 , 5
      XS=X3
      IF (I.GE.3)      XS=X5
      CALL NUMBER(XS,YV(I),HHH,YZA(I),0.0,-1)
      CALL PLOT(X1,YV(I),3)
      CALL PLOT(X2,YV(I),2)
      IF (I.LT.5)       CALL PLOT(X2,YV(I+1),2)
   10 CONTINUE
      YG = YV(5) + 0.5
      IF (IAV.EQ.0)
     1CALL SYMBOL(X4,YG,HHH,5H(GAL),0.0,5)
      IF (IAV.EQ.1)
     1CALL SYMBOL(X4,YG,HHH,5H(DB) ,0.0,5)
C
      DO 20 I = 1 , 6
      CALL PLOT(XH(I),YV(6),3)
      CALL PLOT(XH(I),YV(1),2)
      CALL PLOT (XH(I+1),YV(1),2)
   20 CONTINUE
      DO 30 I = 1 , 6
      CALL NUMBER(XHH(I),YV(7),HHH,TIM(I),0.0,1)
   30 CONTINUE
      CALL SYMBOL(XH(7),YV(7),HHH,5H(SEC),0.0,5)
      CALL PLOT(XH(1),YV(3),3)
C
      DO 40 I = 1 , LENG
      X = XH(1) + T(I)*5.0
      Y = YV(3) + (4.0*ACC(I)*AMP/AMAX)
      CALL PLOT(X,Y,2)
   40 CONTINUE
C
      X = XT(1)
      DO 50 I = 1 , 5
      CALL SYMBOL(X,YV(8),HHH,TITLE(I),0.0,6)
      X = X + HHH*6
   50 CONTINUE
      CALL SYMBOL(XT(2),YV(8),HHH,11HX =        M,0.0,11)
      CALL NUMBER(XT(3),YV(8),HHH,XX,0.0,2)
      IF (IAV.EQ.0)
     1CALL SYMBOL(XT(4),YV(8),HHH,24HMAX. ACC. =          GAL,0.0,24)
      IF (IAV.EQ.1)
     1CALL SYMBOL(XT(4),YV(8),HHH,23H     MAX. =          DB ,0.0,23)
      ACCMMM=ACCMAX*AMP
      CALL NUMBER(XT(5),YV(8),HHH,ACCMMM,0.0,3)
C
      RETURN
      END
//LKED.SYSLIB  DD DSN='SYS1.GPSL.LOAD',DISP=SHR
//             DD DSN=SYS1.BGSP,DISP=SHR
//             DD DSN=SYS1.TELCMLIB,DISP=SHR
//             DD DSN=SYS1.FORTLIB,DISP=SHR
//LKED.SYSLMOD DD DSN=@RES60.LOAD(RES60),UNIT=OPMT,DISP=(NEW,CATLG),
//             SPACE=(TRK,(8,2,2),RLSE)
//
```

振動レベル，最大応答加速度，最大振動 レベルの計算および作図ファイル作成プログラム

```
//OW0EA13G  JOB  *******,CLASS=A
//VLFFT  EXEC  FORTOCL
//FORT.SYSIN DD *
C
      COMMON    / ACCEL /     XR(1024), XI(1024)
C
      DIMENSION     ACC(1024), TITLE(12), ACA(1024)
      DIMENSION     ACCM(200,3), DCCM(200),QQ(6)
      DIMENSION     XXX(200), SMAXW(200,3),XWX(200), BCCM(200)
      DIMENSION     TIT(12), AMPI(3)
      REAL*8     XZAH,ACCMAX,ACC,TITLE,ASMAX,ACA
C
      IVH=1
      SOT=0.623
      NN=512
      DT=0.01
      DO 10 I = 1 , 200
      XWX(I) = -99.9
   10 CONTINUE
      KKK = 0
C
      REWIND 1
      REWIND 3
      REWIND 30
      REWIND 31
      READ(5,7990) JISOKU,JPOINT, TIT, JBJ
 7990 FORMAT(2I5,12A4, 17X, I5 )
      READ(5,8000) QQ
      DO 15 I = 1 , JPOINT
      AMPI(I) =(QQ(2*I-1)/QQ(2*I))*980.0
   15  CONTINUE
      IF (JISOKU.EQ.0)       GO TO 5200
      DO 20 I = 1 , JISOKU
      READ(5,8000)XWX(I),DCCM(I),BCCM(I)
      WRITE(6,8001)XWX(I),DCCM(I),BCCM(I)
 8001 FORMAT(1H ,10X,3F10.3)
   20 CONTINUE
 5200 CONTINUE
C
 5000 CONTINUE
      READ(30,END=9000) KV,XZAH,ACCMAX,NN,TITLE
      READ(30)      (ACC(I),I=1,NN)
C
      KKK = KKK + 1
      DO 35 IIII = 1 , JPOINT
C
      DO 40 I = 1 , NN
      XI(I) = 0.0
      XR(I)=ACC(I)*AMPI(IIII)
   40 CONTINUE
C
      CALL MFAST(-1,NN)
C
      DO 50 I = 1 , NN
      XR(I)=XR(I)/FLOAT(NN)
      XI(I)=XI(I)/FLOAT(NN)
   50 CONTINUE
      DF=1./(DT*NN)
      NFOLD=NN/2+1
      XR(1)=0.
      XI(1)=0.
C
      DO 500 I = 2 , NFOLD
      II = NN - I + 2
      F = FLOAT(I-1)*DF
      GO TO (100,350),IVH
  100  IF (F-1.0) 170,120,120
  120  IF(F-4.0) 150,150,200
  150  AA = SQRT(F)/2.
  160  XR(I)=AA*XR(I)
       XI(I)=AA*XI(I)
      XR(II) =XR(I)
      XI(II)=-XI(I)
      GO TO 500
  170  AA=0.0
      GO TO 160
  200  IF (F-8.0) 250,250,300
  250  AA=1.
      GO TO 160
  300  IF (F-90.0) 310,310,170
  310  AA=8.0/F
```

```
      GO TO 160
C
  350  IF (F-1.0) 170,360,360
  360  IF (F-2.0) 400,400,450
  400  AA=SQRT(2.)
       GO TO 160
  450  IF (F-90.0) 460,460,170
  460  AA=2.0/F
       GO TO 160
  500 CONTINUE
C
       CALL MFAST(1,NN)
C
       SMAX=0.
       DO 530 I = 1 , NN
       IF (SMAX-ABS(XR(I))) 520,530,530
  520 SMAX=ABS(XR(I))
  530 CONTINUE
C
       DO 540 I = 1 , NN
  540 XI(I)=XR(I)**2
       DTSDT=DT/SDT
       XR(1)=XI(1)*EXP(DTSDT)
       DO 600 I = 2, NN
  600 XR(I)=XR(I-1)+(XI(I)-XI(I-1))*EXP(DTSDT*FLOAT(I))
       DO 700 I = 1 , NN
       XI(I)=XI(I)-XR(I)*EXP(-DTSDT*FLOAT(I))
       IF (XI(I).LE.0.0)          GO TO 2000
       XI(I)=ALOG(XI(I))*4.342986+60.0
       GO TO 2200
 2000 CONTINUE
       XI(I) = 0.0
 2200 CONTINUE
  700 CONTINUE
C
       SMAX=0.0
       DO 1700 I = 1 , NN
       IF (SMAX-XI(I)) 1600,1700,1700
 1600 SMAX=XI(I)
 1700 CONTINUE
       IF (JBJ.EQ.0)       GO TO 3500
       WRITE(6,8800)
       WRITE(6,8900)KV, XZAH, SMAX
       WRITE(6,8600) (XI(I),I=1,NN)
 3500 CONTINUE
C
       ASMAX=SMAX
       DO 70 I = 1 , NN
       ACA(I)=XI(I)
   70 CONTINUE
C
       WRITE(31) KV,XZAH,ASMAX ,NN,TITLE
       WRITE(31) (ACA(I),I=1,NN)
       XXX(KKK) = XZAH
       SMAXW(KKK,IIII)    = SMAX
       ACCM(KKK,IIII) = ACCMAX*AMPI(IIII)
   35 CONTINUE
       GO TO 5000
C
 9000 CONTINUE
       DO 85 IIII = 1 , JPOINT
       WRITE(6,8800)
       WRITE(6,8050) TIT
 8050 FORMAT(1H ,10X,12A4)
       DO 95 I = 1 , KKK
       IF (JISOKU.EQ.0)       GO TO 9300
       DO 90 J = 1 , JISOKU
       M = J
       XWORK=ABS(XXX(I)-XWX(J))
       IF (XWORK.LE.0.001)         GO TO 9500
   90 CONTINUE
 9300 CONTINUE
       WRITE(6,8150) XXX(I),          ACCM(I,IIII),        SMAXW(I,IIII)
       GO TO 9800
 9500 CONTINUE
       WRITE(6,8100) XXX(I), DCCM(M),ACCM(I,IIII),BCCM(M),SMAXW(I,IIII)
 9800 CONTINUE
   95 CONTINUE
   85 CONTINUE
C
       KPOINT=KKK
       WRITE(1) TIT, XWX,XXX,SMAXW,BCCM,JISOKU,JPOINT,KPOINT
C
       WRITE(3) TIT,XWX,XXX,ACCM,DCCM,JISOKU,JPOINT,KPOINT
C
 8000 FORMAT(6F10.0)
```

```
 8100 FORMAT(1H ,10X,5F10.3)
 8150 FORMAT(1H ,10X,3(F10.3,10X))
 8800 FORMAT(1H1)
 8600 FORMAT(1H , 8F12.3)
 8900 FORMAT(1H , 6HNODE =,I5,8H     X =,F10.3,10H     MAX =,F10.3)
      STOP
      END
      SUBROUTINE    MFAST(IND,N)
C
      COMMON    / ACCEL /    XR(1024), XI(1024)
C
      J=1
      DO 140 I = 1 , N
      IF (I-J) 105,110,110
  105 TEMPR=XR(J)
      XR(J)=XR(I)
      XR(I)=TEMPR
      TEMPI=XI(J)
      XI(J)=XI(I)
      XI(I)=TEMPI
  110 M = N/2
  120 IF (J-M) 130,130,125
  125 J=J-M
      M=M/2
      IF (M-2) 130,120,120
  130 J=J+M
  140 CONTINUE
C
      KMAX=1
  150 IF (KMAX-N) 155,180,180
  155 ISTEP=KMAX*2
C
      DO 170 K = 1 , KMAX
      THETA=3.141593*FLOAT(IND*(K-1))/FLOAT(KMAX)
      EXPR=COS(THETA)
      EXPI=SIN(THETA)
C
      DO 160 I = K , N, ISTEP
      J=I+KMAX
      TEMPR=(XR(J)*EXPR)-(XI(J)*EXPI)
      TEMPI=(XI(J)*EXPR)+(XR(J)*EXPI)
      XR(J)=XR(I)-TEMPR
      XI(J)=XI(I)-TEMPI
      XR(I)=XR(I)+TEMPR
      XI(I)=XI(I)+TEMPI
  160 CONTINUE
  170 CONTINUE
C
      KMAX=ISTEP
      GO TO 150
  180 CONTINUE
      RETURN
      END
//LKED.SYSLMOD DD DSN=@VLFFT(FFT),UNIT=OPMT,DISP=(NEW,CATLG),
//             SPACE=(TRK,(10,5,2),RLSE)
//
```

最大応答加速度図および最大振動レベル図作図プログラム

```
//DW0EA131  JOB  *******,CLASS=A
//GPSL  EXEC  FORTOCL
//FORT.SYSIN DD *
C
C          PLOT PROGRAM FOR DISTANCE - MAX. ACCELELATION
C
      DIMENSION     XCOD(200), XZAH(200), ACCM(200,3), BCCM(200)
      DIMENSION     TITLE(12)
C
      WRITE(6,150)
  150 FORMAT(1H ,15H  UNIT = ????     )
      READ(5,*) N
      WRITE(6,200)
  200 FORMAT(1H ,30HGAL ... 0  OR  VL ... 1 ????    )
      READ(5,*) JBJ
      WRITE(6,100)
  100 FORMAT(1H ,16HMAX. ACCE. ????   )
      READ(5,*) AMAX
C
      CALL DEVICE('H-8844-14',10,960,DUMMY,DUMMY)
      CALL RWIND(0,0,4095,3119)
      CALL VSINI(0.0,0.0,40.95,31.19)
C
      REWIND N
      READ(N)  TITLE,XCOD,XZAH,ACCM,BCCM,JISOKU,JPOINT,KPOINT
      CALL          PLTMAX ( XCOD, XZAH, ACCM, BCCM, TITLE, AMAX
     1              , JBJ  , JISOKU, JPOINT, KPOINT )
      CALL VSTERM(1,0)
      CALL GPSLTM
C
      STOP
      END
      SUBROUTINE    PLTMAX ( XCOD, XZAH, ACCM, BCCM, TITLE, AMAX
     1              , JBJ  , JISOKU, JPOINT, KPOINT )
      DIMENSION     XCOD(200), XZAH(200), ACCM(200,3), BCCM(200)
      DIMENSION     TITLE(12)
      DIMENSION     XA(5), YA(8), XH(6), XHH(7), YB(4), YZA(7)
      DIMENSION     DIS(6), YZZ(7)
C
C     DATA     YZZ  / 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0, 80.0, 90.0  /
      DATA     DIS  / 0.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0  /
      DATA     XA  / 1.6, 2.8, 3.0, 1.3, 15.0  /
      DATA     YA  / 5.0, 8.5, 12.0, 15.5, 19.0, 22.5, 26.0, 27.0  /
      DATA     XH  /3.0, 10.0, 17.0, 24.0, 31.0, 38.0  /
      DATA     XHH / 2.4, 9.4, 16.4, 23.4, 30.4, 37.4, 39.0  /
      DATA     YB  / 4.8, 5.0, 4.2, 3.0  /
C
      HHH = 0.3
      HEI = 0.25
      DO 20 I = 1 , 7
                        YZA(I)=(AMAX/6.0) *(I-1)
C     IF (JBJ.EQ.1)      YZA(I)=YZZ(I)
C     IF (JBJ.EQ.0)      YZA(I)=(AMAX/6.0) *(I-1)
   20 CONTINUE
C
      DO 30 I = 1 , 7
      CALL NUMBER(XA(1),YA(I),HHH,YZA(I),0.0,-1)
      CALL PLOT(XA(2),YA(I),3)
      CALL PLOT(XA(3),YA(I),2)
      IF (I.LT.7)      CALL PLOT(XA(3), YA(I+1),2)
   30 CONTINUE
      IF (JBJ.EQ.0)      CALL SYMBOL(XA(4),YA(8),HHH,5H(GAL),0.0,5)
      IF (JBJ.EQ.1)      CALL SYMBOL(XA(4),YA(8),HHH,4H(DB),0.0,4)
C
      DO 40 I = 1 , 6
      CALL PLOT(XH(I),YB(1),3)
      CALL PLOT(XH(I),YB(2),2)
      IF (I.LT.6)      CALL PLOT(XH(I+1),YB(2),2)
   40 CONTINUE
      DO 50 I = 1 , 6
      CALL NUMBER(XHH(I),YB(3),HHH,DIS(I),0.0,1)
   50 CONTINUE
      CALL SYMBOL(XHH(7),YB(3),HHH,3H(M),0.0,3)
      CALL SYMBOL(XA(5),YB(4),HHH,TITLE,0.0,48)
C
      IF (JISOKU.EQ.0)       GO TO 5000
      DO 60 I = 1 ,  JISOKU
      X = XH(1) + XCOD(I)*0.7
                         Y=YA(1)+BCCM(I)*21.0/AMAX
C     IF (JBJ.EQ.0)      Y=YA(1)+BCCM(I)*21.0/AMAX
C     IF (JBJ.EQ.1)      Y=YA(1)+(BCCM(I)-30.0)*21.0/60.0
      IF (I.EQ.1)      CALL PLOT(X,Y,3)
      IF (I.GT.1)      CALL PLOT(X,Y,2)
      CALL SYMBOL(X,Y,HEI,1,0.0,-2)
```

```
   60 CONTINUE
C
 5000 CONTINUE
      IF (JPOINT.EQ.0)        GO TO 8000
      DO 70 J = 1 , JPOINT
      DO 80 I = 1 , KPOINT
      X = XH(1) + XZAH(I)*0.7
                              Y=YA(1) +ACCM(I,J)*21.0/AMAX
C     IF (JBJ.EQ.0)            Y=YA(1) +ACCM(I,J)*21.0/AMAX
C     IF (JBJ.EQ.1)            Y=YA(1) +(ACCM(I,J)-30.0)*21.0/60.0
      IF (I.EQ.1)             CALL PLOT(X,Y,3)
      IF (I.GT.1)             CALL PLOT(X,Y,2)
      IF (J.EQ.1)             CALL SYMBOL(X,Y,HEI,4,0.0,-2)
      IF (J.EQ.2)             CALL SYMBOL(X,Y,HEI,2,0.0,-2)
      IF (J.EQ.3)             CALL SYMBOL(X,Y,HEI,0,0.0,-2)
   80 CONTINUE
   70 CONTINUE
 8000 CONTINUE
      RETURN
      END
/X
//LKED.SYSLIB  DD DSN='SYS1.GPSL.LOAD',DISP=SHR
//             DD DSN=SYS1.BGSP,DISP=SHR
//             DD  DSN=SYS1.TELCMLIB,DISP=SHR
//             DD  DSN=SYS1.FORTLIB,DISP=SHR
//LKED.SYSLMOD DD DSN=@ACC.LOAD(ACC),UNIT=OPMT,DISP=(NEW,CATLG),
//             SPACE=(TRK,(5,5,2),RLSE)
//
```

作図実行プログラム

```
//DW0EA13H  JOB  *******,CLASS=A
//FFTRUN  EXEC PGM=FFT
//STEPLIB      DD DSN=@VLFFT,DISP=(OLD,PASS),UNIT=OPMT
//FT31F001   DD UNIT=WORK,
//             SPACE=(TRK,(50,10),RLSE),
//             DCB=(RECFM=VBS,LRECL=1024,BLKSIZE=10244)
//FT03F001     DD DSN=@BMAX,UNIT=OPMT,DISP=(NEW,CATLG),
//             SPACE=(TRK,(5,2),RLSE)
//FT01F001     DD DSN=@VL,UNIT=OPMT,DISP=(NEW,CATLG),
//             SPACE=(TRK,(5,2),RLSE)
//FT30F001     DD DSN=@A0836A,DISP=SHR
//FT06F001     DD SYSOUT=A
//FT05F001     DD *
    0.    1T=60 G=98000 H=2000 W=12000 DC
    1.0        1.0
//
```

データ　マニュアル0

[ ]を入力

```
JCT54012A ENTER LOGON
LOGON DW0EA13/DW0EA13,A(DOC)
JGP300I DW0EA13 ,LAST ACCESSED DATE=81.09.03 TIME=16.37.19
TSS DW0EA13 STARTED TIME=16:40:55 DATE=81-09-03
 ************************    NEWS    ***********************************
*
 *** 7/20 YORI BATCH JOB NIWA '/*ADMIT STATEMENT' GA HITUYOUNI NARIMASITAG
A SUBMIT JOB NIWA HITUYOU ARIMASEN ***
 *** ATTENTION !! IMCV JOB NIWA '/*ADMIT STATEMENT' GA HITUYOUDESU ***
 ****** ATTENTION !! ISAS USER DE PIPE ELEMENT O TUKATTEIRU HITO WA ' SE'
MADE ******
READY
ALLOC DD(FILE01) DS('SYS1.GPSL.MOJI.TABLE') SHR
READY
ALLOC DD(FT20F001) DS(@FF) UNIT(OPMT) OLD
READY
ALLOC DD(FT01F001) DS(@A0836A)
READY
ALLOC DD(FT02F001) DS(@BMAX)
READY
ALLOC DD(FT03F001) DS(@VL)
READY
ALLOC DD(GSP001) DS(*)
READY
```

その日はじめての出力の時はＮＥＷにする。

時刻歴応答加速度図および時刻歴振動レベル図出力用

最大応答加速度図出力用

レベル図出力用

```
CALL @RES60(RES60)
```

時刻歴応答加速度図作図

```
ACCEL. ... 0  OR  VL ... 1  ????
?
0
```

=0 時刻歴応答加速度図

```
YMAX ????
?
100.
```

Ｙ軸の座標のＭＡＸ

```
AMPL. ????
?
980.
```

倍率

```
TIME PITCH ????
?
0.01
```

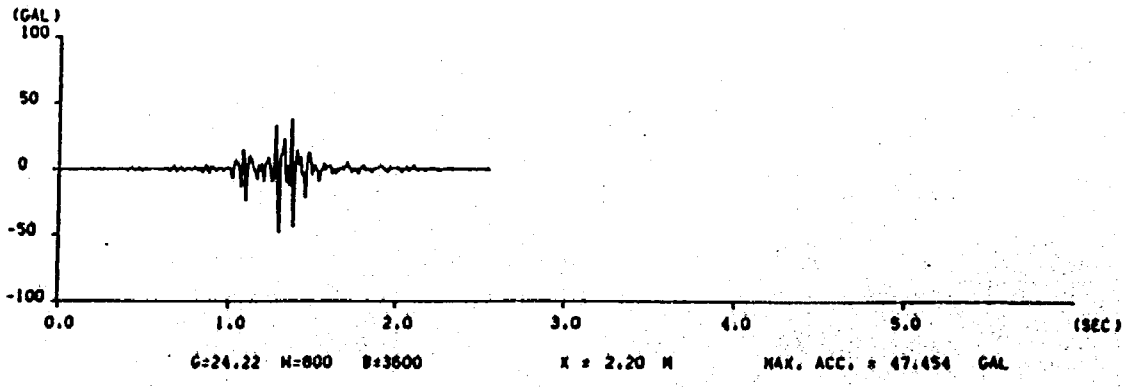
時間ピッチ

```
NUMBER OF NODE POINT  ????
?
1
```

出力する節点の数

```
NODE NUMBER  ????
?
52
```

出力する節点番号



CALL @RES60(RES60)　　時刻歴振動レベル図作図

ACCEL. ... 0 OR VL ... 1 ????

?

1　　=1 時刻歴振動レベル図

YMAX ????

?

100.　　Y軸の座標のMAX

AMPL. ????

?

980.　　倍率

TIME PITCH ????

?

0.01　　時間ピッチ

NUMBER OF NODE POINT ????

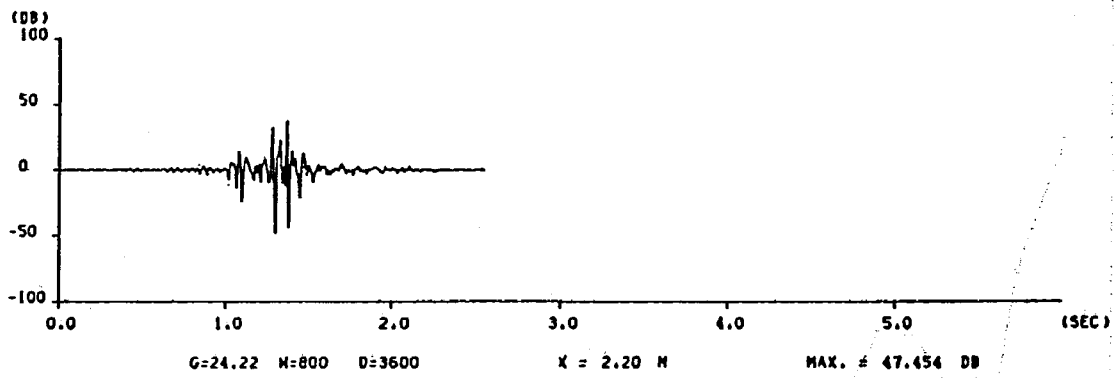
?

1　　出力する節点数

NODE NUMBER ????

?

52　　出力する節点番号



CALL @ACC(ACC)　　最大応答加速度図

UNIT = ????

?

2

GAL ... 0 OR VL ... 1 ????

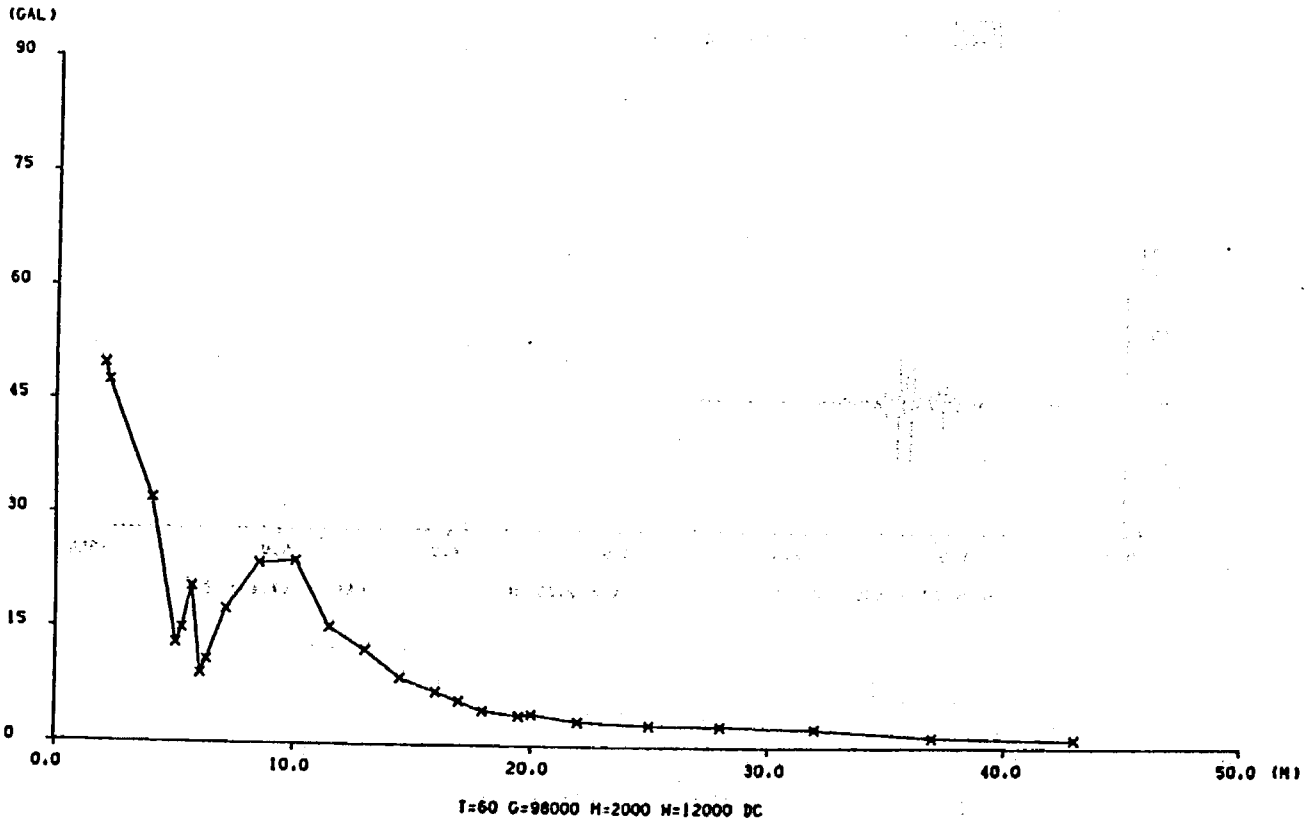
?

0　　=0 最大応答加速度図

MAX. ACCE. ????

?

90.　　Y軸の座標のMAX



CALL @ACC(ACC)　　最大振動レベル図

UNIT = ????

?

3

GAL ... 0 OR VL ... 1 ????

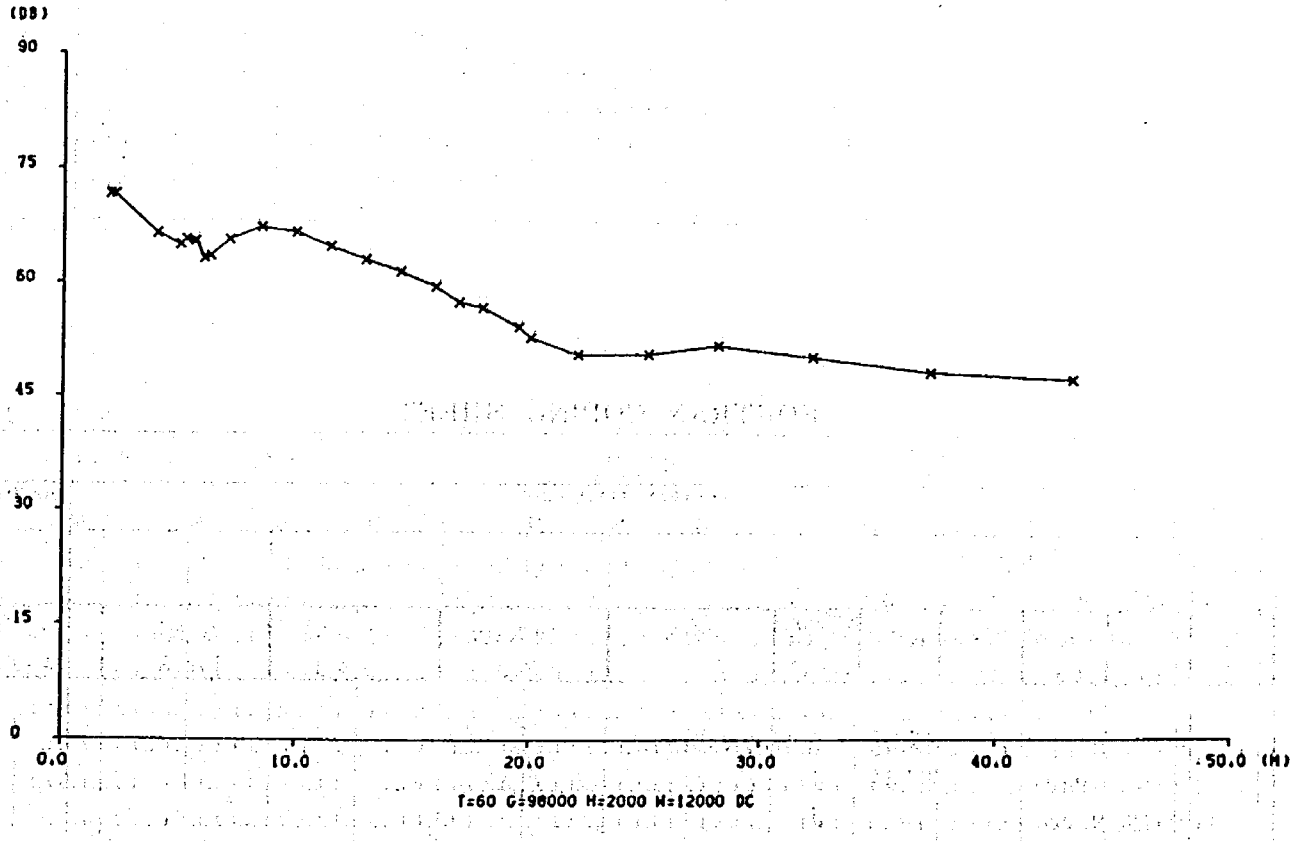
?

1　　=1 最大振動レベル図

MAX. ACCE. ????

?

90.　　Y軸の座標のMAX



3. データ入力マニュアル

マニュアル A

FORTRAN CODING SHEET

No. A/1

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

C	STATEMENT NUMBER 2–5	CONT 6	FORTRAN STATEMENT 7–72	IDENTIFICATION 73–80
	1		コントロールデータ	
			NDPT NSOLEL NBEAL	
			i5 i5 i5	
	1		I5 NDPT 節点数	
	6		I10 NSOLEL ソリッド要素数	
	11		I15 NBEAL 梁要素数	

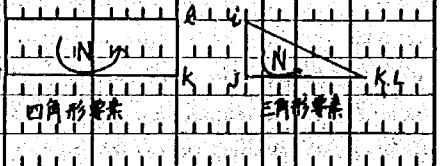
建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. A/2

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

C	STATEMENT NUMBER 2–5	CONT 6	FORTRAN STATEMENT 7–72	IDENTIFICATION 73–80
	2		要素データ	
	2A		ソリッド要素 (NSOLEL枚)	
	N		NPI(N) NPJ(N) NPK(N) NPL(N) MLAY(N) MTYPE(N) PO(N) DENS(N) S3(N) G(N) XL(N)	
			i5 i5 i5 i5 i5 i2 i3 F10.3 F10.3 F10.3 F10.3 F10.3	
	1	I5	N 要素番号 (1≦N≦NSOLEL)	
	6	I10	NPI(N) 節点番号 i	
	11	I15	NPJ(N) 〃 j	
	16	I20	NPK(N) 〃 k	
	21	I25	NPL(N) 〃 l (三角形要素にはNPK(N)=NPL(k)とする)	
	26	I27	MLAY(N) その要素の層番号	
			(粘性境界, 伝達境界がない場合ブランクでよい)	
	28	I30	MTYPE(N) 物理定数番号	
			=0 歪に依存しない	
			>0 歪に依存する	
	31	F40	PO(N) ポアソン比 (≦0.49)	
	41	F50	DENS(N) 単位体積重量 (t/cm³)	
	51	F60	S3(N) 歪が小さい時のせん断弾性係数 (kg/cm²)	
	61	F70	G(N) 1回目の反復の時のせん断弾性係数 (kg/cm²)	
	71	F80	XL(N) 減衰定数	



建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. A/3

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

C | STATEMENT NUMBER (1–5) | CONT. (6) | FORTRAN STATEMENT (7–72) | IDENTIFICATION (73–80)

```
  2 B1  梁要素 (NBEAEL 枚)
  N     NPI(N)  NPJ(N)  NPK(N)  NPL(N)  MLAY(N)  MTYPE(N)  PO(N)   DENS(N)  S3(N)   G(N)    XL(N)
  I5    I5      I5      I5      I5      I2        I3        F10.3   F10.3    F10.3   F10.3   F10.3
  1     -5      N       要素番号 (1≦N≦NBEAEL)
  6     -10     NPI(N)  節点番号 I
  11    -15     NPJ(N)  〃       J   (NPJ=NPI+1, 回転を表わす節点)
  16    -20     NPK(N)  〃       K
  21    -25     NPL(N)  〃       L   (NPL=NPK+1, 回転を表わす節点)
  26    -27     MLAY(N) その要素の層番号
                        (粘性境界がない場合はブランクとする)
  28    -30     MTYPE(N) 物理定数番号
                        =0 歪に依存しない
                        >0 〃 する
  31    -40     PO(N)   ポアソン比 (≦0.49)
  41    -50     DENS(N) 単位体積重量 (g/cm³)
  51    -60     S3(N)   歪が小さい時のせん断弾性係数 (kg/cm²)
  61    -70     G(N)    1回目の反復計算の時のせん断弾性係数 (kg/cm²)
  71    -80     XL(N)   形状比
```

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. A/4

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

C | STATEMENT NUMBER (1–5) | CONT. (6) | FORTRAN STATEMENT (7–72) | IDENTIFICATION (73–80)

```
  2 B2  梁要素の特性
  ACR(N)  RIN(N)  EFA(N)
  F10.2   F10.2   F10.2
  1     -10     ACR(N)  単位幅当りの断面積 (cm²)
  11    -20     RIN(N)  断面二次モーメント (cm⁴)
  21    -30     EFA(N)  有効断面積比
                        (=0, の場合) せん断変形は考慮しない。
```

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. A, 5

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

C 1	STATEMENT NUMBER 2–5	6	7–72	IDENTIFICATION 73–80
	3		節点データ (NDPT枚)	
	M		XORD(M)	YORD(M)	KEYBC(M)	SMAS(M)
	15		F10.3	F10.3	15	F10.4
	1	5	M	節点番号		
	6	15	XORD(M)	X座標	(m)	
	16	25	YORD(M)	Y座標	(m)	
	26	30	KEYBC(M)	拘束条件		
				= 0	自由	(基盤上の節点)
				= 1	X方向固定	
				= 2	Y方向固定	
				= 3	固定	
				= 4	梁の回転を表わす	
				= 5	回転の自由度を固定	
				= 6	粘性境界と結合していない点を表わす	
	(注)	(1)	粘性境界と結合していない点での拘束条件は負の値で表わす。(例) KEYBC(M) = -2			
			は、Y方向固定を示している。			
		(2)	梁要素では KEYBC の値は 4 か 5 である。			
		(3)	KEYBC の値が 1, 2, 4 は 1自由度固定、3, 5 は 2自由度固定である。			
	31	40	SMAS(M)	付加質量 又は 回転慣性		
				(kg/m)	(kg m²/m)	

建設省土木研究所電算室

マニュアル B

FORTRAN CODING SHEET

No. B/1

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT (C / STATEMENT NUMBER / CONT. / 1 2 5 6 7 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 72 / IDENTIFICATION 73 75 80)

```
I. コントロールデータ

NOPT    LINE    LLSTP
L5      L5      L5

  1-  5  NOPT     = 0   データの終りを示す。
                  = 1   MODE1の解析を行う。
                  = 2   MODE2の解析を行う。
                  = 3   MODE3の解析を行う。

  6- 10  LINE     = 1   入・出力点震動の基線補正を行う。

  6- 20  LLSTP    = 1   入力データチェックのみ行う。
```

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/2

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT (C / STATEMENT NUMBER / CONT. / 1 2 5 6 7 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 72 / IDENTIFICATION 73 75 80)

```
II. MODE1のデータ

1 (MODE1) タイトル

                TITLE(12)
                12A6

  1- 72  TITLE    タイトル
```

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B-3

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

2 (MODE 1) モデルの大きさ

NSOLEL	NBEAEL	MDLM	NDPT	NBI	NBP	NUMBER	MATYP	LAYER	WIDTH	LBVV
i5	i5	i5	i5	i5	i5	i5	i5	i5	F102	i5

1	5	NSOLEL	ソリッド要素の数
6	10	NBEAEL	梁要素の数
11	15	MDLM	空隙要素の数
16	20	NDPT	節点数（回転用節点も含む）
21	25	NBI	基盤の最小節点番号
26	30	NBP	基盤以外の拘束自由度数
31	35	NUMBER	反復回数
36	40	MATYP	ひずみに依存する曲ん断定数，減衰定数の曲線の数
41	45	LAYER	層の数（自然地盤が存在する場合，粘性境界を考慮する場合，伝達境界がある場合はLAYER>0とする）
46	55	WIDTH	3次元方向の構造物の幅（m）（粘性境界を考慮する場合>0.0とする）

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B 4

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

56	60	LBVV	=1 伝達境界又は粘性境界を考慮する。（自然地盤の非線形性を考慮する）
			=2 〃 （自然地盤の非線形性を考慮しない）

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/5

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

C	STATEMENT NUMBER	CONT	FORTRAN STATEMENT	IDENTIFICATION
1	2–5	6	7–72	73–80
	3		(MODE 1) 自然地盤データ	
	INPTT	KFOUT	ALOERR	LSTOP
	I5	I5	F10.2	I5
	1	5	INPTT	地震動が作用する層番号。(基盤入力の場合、INPTT=LAYER+1)
	6	10	KFOUT	自然地盤内で出力する点の数。
	11	20	ALOERR	収束規準。(12回の連続した反復計算での許容誤差%)
				(デフォルトは5%)
	21	25	LSTOP	=1 自然地盤の解析のみ行う。
	(注)		LAYER=0の場合ブランクとする。	

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/6

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

C	STATEMENT NUMBER	CONT	FORTRAN STATEMENT	IDENTIFICATION
1	2–5	6	7–72	73–80
	4		(MODE 1) 伝達境界データ	
	LOB	NMS		
	A5	A5		
	1	5	LOB	='LEFT' 左側のみ伝達境界を適用する。
				='RIGHT' 右側のみ伝達境界を適用する。
				='BOTH' 左・右両側伝達境界を適用する。
	6	10	NMS	='LEFT' 節点1がモデルの左上の境界上にある。
				='RIGHT' 節点1がモデルの右上の境界上にある。
	(注)		ブランクの場合 伝達境界はないものとする。	

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/7

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

```
5 (MODE 1) 地震動データ

KGMAX    N3     DT     EQMUL    UGMAX
i5       i5     F10.2  F10.2    F10.2

  1-  5  KGMAX   フーリエ変換で使用するデータ数。(2のベキ乗)
  6- 10  N3      入力加速度のデータ数。
 11- 20  DT      入力加速度の時間間隔。(SEC)(1/(2*TOTTIME)以下)
 21- 30  EQMUL   入力加速度の倍率。(ブランクの場合はUGMAXを使用)
 31- 40  UGMAX   最大入力加速度。(単位はGAL)(ブランクの場合はEQMULを使用)

(注)     点加振の場合、UGMAX=980.0とする。)
```

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/8

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

```
6 (MODE 1) 入力地震動の作用方向

LCONTR
A1

  1    LCONTR  = 'H'  水平方向
               = 'V'  鉛直方向
```

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/9

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

C	STATEMENT NUMBER	CONT	FORTRAN STATEMENT	IDENTIFICATION
	8		(MODE 1) 出力コントロール	
	KSTRN	KPNCH	NOUT ND NSKIP MMOUT	
	i5	i5	i5 i5 i5 i5	
	1	5	KSTRN = 1 歪に依存する特性は時間領域と周波数領域で計算する。	
			(この場合、時間領域から得られる特性は次の反復計算に用いられる)	
			= 2 歪に依存する特性は有効せん断歪から求める。	
			(周波数領域でRMSを用いる)	
	6	10	KPNCH = 1 次の反復計算のためのデータをパンチアウトする。	
	11	15	NOUT 出力する節点数。	
	16	20	ND 応答スペクトル解析で使用する減衰定数の数。	
	21	25	NSKIP プロットする時のスキップする間隔。	
	26	30	MMOUT 出力する梁要素数。	

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/10

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

C	STATEMENT NUMBER	CONT	FORTRAN STATEMENT	IDENTIFICATION
	9		(MODE 1) 減衰定数	
	SDAMP			
	F10.4			
	1	10	SDAMP 減衰定数 (全要素が等しい減衰の場合その値を代入する。その他はブランクとする)	

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/11

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

C	STATEMENT NUMBER	CONT	FORTRAN STATEMENT	IDENTIFICATION
1	10		(MODE 1) 反復計算ごとの周波数	
			STEP(1) STEP(2) STEP(3) STEP(NUMBER)	
			F10.4 F10.4 F10.4	
	1	10	STEP(1) 1回目の計算で使用する最大周波数 (Hz)	
	1	20	STEP(2) 2回目の計算で使用する最大周波数 (Hz)	
			STEP(NUMBER) 最後の計算で使用する最大周波数 (Hz)	
	(注)		STEP(NUMBER) ≦ TOTFR でなければならない。	
			STEP(1) ≦ TOTFR でなければならない。 (17A参照)	

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/12

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

C	STATEMENT NUMBER	CONT	FORTRAN STATEMENT	IDENTIFICATION
1	11		(MODE 1) スペクトル応答解析データ(コントロール)	
			FSTRT FLAST NINT	
			F10.4 F10.4 I5	
	1	10	FSTRT 最初の周波数 (単位Hz, デフォルト値 0.4)	
	1	20	FLAST 最後の周波数 (単位Hz, デフォルト値 40.0)	
	2	25	NINT 周波数のステップ数 (NINT+1のスペクトルが計算される) (デフォルト値 40)	
	(注)		ND>0の場合, このデータが必要である。	

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B / 13

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

C	STATEMENT NUMBER	CODE	7	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	72	IDENTIFICATION 73	75	80
12	(MODE1)		スペクトル応答解析データ(減衰データ)																
	DAMP(1)		DAMP(2)									DAMP(ND)							
	F10.4		F10.4									F10.4							
	1	10	DAMP(1)		減衰比														
	11	20	DAMP(2)		減衰比														
			DAMP(ND)		減衰比														
	(注)		ND>0の場合、このデータが必要です。																

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B / 14

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

C	STATEMENT NUMBER	CODE	7	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	72	IDENTIFICATION 73	75	80
13	(MODE1)		出力コントロールデータ(NOUT枚)																
	M		OUTPUH(M)		OUTPUV(M)														
	i5																		
	1	5	M		節点数														
	10	15	OUTPUH(M)		水平方向の出力コントロール														
			COL 10		= 1	複素振幅をプロットする。													
			COL 11		= 1	加速度の時刻歴をパンチする。													
			COL 12		= 1	加速度の時刻歴をプロットする。													
			COL 13		= 1	加速度スペクトル、速度スペクトルをプロットする。													
			COL 14		= 1	加速度スペクトル、速度スペクトルをパンチする。													
			COL 15		= 1	最大加速度をプリントする。													
	20	25	OUTPUV(M)		鉛直方向の出力コントロール														
			COL 20		= 1	複素振幅をプロットする。													
			COL 21		= 1	加速度の時刻歴をパンチする。													
			COL 22		= 1	加速度の時刻歴をプロットする。													
			COL 23		= 1	加速度スペクトル、速度スペクトルをプロットする。													

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/15

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

C	STATEMENT NUMBER	CONT	FORTRAN STATEMENT	IDENTIFICATION
			GOL.124 ・1 加速度スペクトル、速度スペクトルをパンチする。	
			GOL.125 ・1 最大加速度をプリントする。	
	(注)		NOUT>0の場合必要である。	

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/16

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

C	STATEMENT NUMBER	CONT	FORTRAN STATEMENT	IDENTIFICATION
	13A		曲げモーメントの出力(MMOUT枝)	
	NBEMM		IIP	
	i5		i5	
	1	15	NBEMM 梁の要素番号	
	6	10	IIP ＝1 曲げモーメントをパンチする。	
	(注)		(1) MMOUT>0の場合必要である。	
			(2) 要素番号は昇順でなければならない。	

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/17

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

C	STATEMENT NUMBER	CONT	FORTRAN STATEMENT	IDENTIFICATION
1	2 5	6	7 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 72	73 75 80
	13B		ダミーカード(1枚)	
			ブランク	

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/18

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

C	STATEMENT NUMBER	CONT	FORTRAN STATEMENT	IDENTIFICATION
1	2 5	6	7 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 72	73 75 80
	14		(MODE 1) 要素データ	
	14A		ソリッド要素(NSOLEL枚)	

N	NPI	NPJ(N)	NPK(N)	NPL(N)	MLAY(N)	(N) MTYPE	PO(N)	DENS(N)	S3(N)	G(N)	XL(N)
i5	i5	i5	i5	i5	i2	i3	F10.3	F10.3	F10.3	F10.3	F10.3

1	5	N	要素番号 (1≦N≦NSOLEL)
6	10	NPI(N)	節点番号 I
11	15	NPJ(N)	節点番号 J
16	20	NPK(N)	節点番号 K
21	25	NPL(N)	節点番号 L (三角形要素ではNPK(N)=NPL(K)とする)
26	27	MLAY(N)	その要素の層番号
			(粘性境界、伝達境界がない場合ブランクでよい)
28	30	MTYPE(N)	物理定数番号
			= 0 歪に依存しない。
			> 0 歪に依存する。
31	40	PO(N)	ポアッソン比 (≦0.49)
41	50	DENS(N)	単位体積重量 (g/cm³)
51	60	S3(N)	歪が小さい時のせん断弾性係数 (kg/cm²)

建設省土木研究所電算室

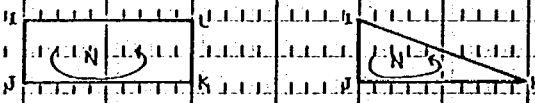
FORTRAN CODING SHEET

No. B/19

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

1 2 5	6	7 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 72	IDENTIFICATION 73 75 80
61	70	G(N)	1回目の反復の時のせん断弾性係数 (kg/cm²)
71	0	XL(N)	1回目の反復の時の減衰定数



四角形要素　　三角形要素

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/20

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

1 2 5	6	7 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 72	IDENTIFICATION 73 75 80
148		梁要素 (NBEAEL枚)	

N	NPI(N)	NPJ(N)	NPK(N)	NPL(N)	MLAY(N)	MTYPE(N)	PŌ(N)	DENS(N)	S3(N)	G(N)	XL(N)
i5	i5	i5	i5	i5	i2	i3	F10.3	F10.3	F10.3	F10.3	F10.3

1	5	N	要素番号 (1≦N≦NBEAEL)
6	10	NPI(N)	節点番号 I
11	15	NPJ(N)	節点番号 J (NPJ=NPI+1, 回転を表す節点)
16	20	NPK(N)	節点番号 K
21	25	NPL(N)	節点番号 L (NPL=NPK+1, 回転を表す節点)
26	27	MLAY(N)	その要素の層番号
			(粘性境界がない場合はブランクとする)
28	30	MTYPE(N)	物理定数番号
			=0 歪に依存しない
			>0 歪に依存する
31	40	PŌ(N)	ポアッソン比 (≦0.49)
41	50	DENS(N)	単位体積重量 (g/cm³)
51	60	S3(N)	歪が小さい時のせん断弾性係数 (kg/cm²)
61	70	G(N)	1回目の反復計算の時のせん断弾性係数 (kg/cm²)
71	80	XL(N)	1回目の反復計算の時の減衰比

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/21

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

STATEMENT NUMBER	CONT	FORTRAN STATEMENT	IDENTIFICATION
14.B-2		梁要素の特性	

ACR(N)	RIN(N)	EFA(N)
F10.2	F10.2	F10.2

1-10 ACR(N) 単位幅当りの断面積 (cm²)

11-20 RIN(N) 断面二次モーメント (cm⁴)

21-30 EFA(N) 有効断面積比
=0の場合 せん断変形は考慮しない。

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/22

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

STATEMENT NUMBER	CONT	FORTRAN STATEMENT	IDENTIFICATION
14.C		空隙要素 (MDLM枚)	

M	MDPI(M)	MDPJ(M)	MDPK(M)	MDPL(M)	MLAY(M)
i5	i5	i5	i5	i5	i5

1-5 M 要素番号

6-10 MDPI(M) 節点番号 I

11-15 MDPJ(M) 節点番号 J

16-20 MDPK(M) 節点番号 K

21-25 MDPL(M) 節点番号 L

26-30 MLAY(M) 要素の層番号

(注) 空隙要素がある時のみ必要である。

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/23

会社名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

C	STATEMENT NUMBER (1–5)	CONT (6)	FORTRAN STATEMENT (7–72)	IDENTIFICATION (73–80)
	151		(MODE1) 材料曲線データ (ひずみ) に依存するせん断弾性率 (減衰比)	
	15A		材料曲線データ識別データ	
	N		TITL (12)	
	i5		12A6	
	151	N	物理定数番号	
16	77	TITL	タイトル	
(注)		MATYP>0の場合このデータが必要である		

建設省土木研究所電子計算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/24

会社名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

C	STATEMENT NUMBER (1–5)	CONT (6)	FORTRAN STATEMENT (7–72)	IDENTIFICATION (73–80)
	151B		せん断弾性率比	
	G1	G2 G3 G4 G5 G6 G7 G8 G9 G10 G11		
	F5.3	F5.3 F5.3 F5.3 F5.3 F5.3 F5.3 F5.3 F5.3 F5.3 F5.3		
11	151	G1	せん断ひずみ 1.0×10^-4 % に対応するせん断弾性比	
16	101	G2	せん断ひずみ 1.0×10^-3.5 % に対応するせん断弾性比	
111	151	G3	せん断ひずみ 1.0×10^-3.0 % に対応するせん断弾性比	
116	201	G4	せん断ひずみ 1.0×10^-2.5 % に対応するせん断弾性比	
121	251	G5	せん断ひずみ 1.0×10^-2.0 % に対応するせん断弾性比	
126	301	G6	せん断ひずみ 1.0×10^-1.5 % に対応するせん断弾性比	
131	351	G7	せん断ひずみ 1.0×10^-1.0 % に対応するせん断弾性比	
136	401	G8	せん断ひずみ 1.0×10^-0.5 % に対応するせん断弾性比	
141	451	G9	せん断ひずみ 1.0×10^0.0 % に対応するせん断弾性比	
146	501	G10	せん断ひずみ 1.0×10^0.5 % に対応するせん断弾性比	
151	551	G11	せん断ひずみ 1.0×10^1.0 % に対応するせん断弾性比	
(注)		MATYP>0の場合このデータが必要である		

建設省土木研究所電子計算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/25

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

C	STATEMENT NUMBER	CONT	FORTRAN STATEMENT	IDENTIFICATION
	15C		減衰比	
	D1		D2 D3 D4 D5 D6 D7 D8 D9 D10 D11	
	F5.3		F5.3 F5.3 F5.3 F5.3 F5.3 F5.3 F5.3 F5.3 F5.3 F5.3	
	1	5	D1 せん断ひずみ 1.0×10^{-4} % に対応する減衰比	
	6	10	D2 せん断ひずみ $1.0\times10^{-3.5}$ % に対応する減衰比	
	11	15	D3 せん断ひずみ $1.0\times10^{-3.0}$ % に対応する減衰比	
	16	20	D4 せん断ひずみ $1.0\times10^{-2.5}$ % に対応する減衰比	
	21	25	D5 せん断ひずみ $1.0\times10^{-2.0}$ % に対応する減衰比	
	26	30	D6 せん断ひずみ $1.0\times10^{-1.5}$ % に対応する減衰比	
	31	35	D7 せん断ひずみ $1.0\times10^{-1.0}$ % に対応する減衰比	
	36	40	D8 せん断ひずみ $1.0\times10^{-0.5}$ % に対応する減衰比	
	41	45	D9 せん断ひずみ $1.0\times10^{0.0}$ % に対応する減衰比	
	46	50	D10 せん断ひずみ $1.0\times10^{0.5}$ % に対応する減衰比	
	51	55	D11 せん断ひずみ $1.0\times10^{1.0}$ % に対応する減衰比	
	(注)		MATYP>0 の場合 このデータが必要である。	

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/26

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

C	STATEMENT NUMBER	CONT	FORTRAN STATEMENT	IDENTIFICATION
	16		(MODE1) 節点データ (NDPT 枚)	
	M		XORD(M) YORD(M) KEYBC(M) SMAS(M)	
	i5		F10.3 F10.3 i5 F10.4	
	1	5	M 節点番号	
	6	15	XORD(M) X座標 (m)	
	16	25	YORD(M) Y座標 (m)	
	26	30	KEYBC(M) 拘束条件	
			= 0 自由 (基盤上の節点)	
			= 1 X方向固定	
			= 2 Y方向固定	
			= 3 固定	
			= 4 梁の回転を表わす	
			= 5 回転の自由度を固定	
			= 6 粘性境界と結合していない点を表わす	
	(注)		(1) 粘性境界と結合していない点での拘束条件は負の値で表わす。(例 KEYBC(M)=-2 は Y方向固定を示している。)	
			(2) 梁要素では KEYBC の値は 4 か 5 である。	
			(3) KEYBC の値が 1, 2, 4 は 1 自由度固定、3, 5 は 2 自由度固定である。	
	31	40	SMAS(M) 付加質量 (kg/m) 又は回転慣性 (kg·m²/m)	

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/27

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

```
17 (MODE1)  地震動データ
17A  識別データ

   G                    EQN
   N

6     G          入力加速度の単位
                 'G'   G
                       GAL
                 'M'   M/SEC

7-72  EQN        タイトル
```

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/28

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

```
17B  地震波((N3+7)/8枚)

U2G(1)   U2G(2)   ......   ......   U2G(N3)
F9.6     F9.6                       F9.6

1-9  U2G(1)      入力加速度(GAL,G,M/SEC)
     )
     U2G(N3)     入力加速度(GAL,G,M/SEC)
```

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/29

業務名 | ジョブネーム | 研究室名 | 作成者 | 作成日

C STATEMENT NUMBER | CONT. | FORTRAN STATEMENT | IDENTIFICATION

```
18 (MODE 1)  外部荷重データ
18A  外部荷重コントロールデータ

NLOADP
i5
1-5  NLOADP  外部荷重の載荷されている節点の数
```

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/30

業務名 | ジョブネーム | 研究室名 | 作成者 | 作成日

C STATEMENT NUMBER | CONT. | FORTRAN STATEMENT | IDENTIFICATION

```
18B  外部荷重データ (NLOADP枚)

LOADP  LOADD  FLOAD
i5     i5     F10.0
1-5  LOADP(i)  外部荷重の載荷されている節点番号
6-10 LOADD(i)  外部荷重の作用方向
             =1  水平方向
             =2  鉛直方向
11-20 FLOAD(i)  外部荷重の大きさ (T/M)

(注)  (1) NLOADP>0の場合必要である
      (2) 外部振動はFLOAD(i)×0.2Gのスケールとする
```

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/31

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

C STATEMENT NUMBER 1 2 5 6 7 FORTRAN STATEMENT 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 72 IDENTIFICATION 73 75 80

20-25 COL. 23 = 1 加速度スペクトル，速度スペクトルをプロットする。
COL. 24 = 1 加速度スペクトル，速度スペクトルをパンチする。
COL. 25 = 1 最大加速度をプロットする。

(注) KFOUT>0の場合に必要である。

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/32

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

C STATEMENT NUMBER 1 2 5 6 7 FORTRAN STATEMENT 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 72 IDENTIFICATION 73 75 80

19 (MODE 1) 地盤の出力 (KFOUT 枚)

M	KOUTH(M)	KOUTV(M)
i 5		

1-5 M 層番号
10-15 KOUTH(M) 水平方向の出力コントロール
COL. 10 = 1 複素振幅をプロットする。
COL. 11 = 1 加速度の時刻歴をパンチする。
COL. 12 = 1 加速度の時刻歴をプロットする。
COL. 13 = 1 加速度スペクトル，速度スペクトルをプロットする。
COL. 14 = 1 加速度スペクトル，速度スペクトルをパンチする。
COL. 15 = 1 最大加速度をプリントする。

20-25 KOUTV(M) 垂直方向の出力コントロール
COL. 20 = 1 複素振幅をプロットする。
COL. 21 = 1 加速度の時刻歴をパンチする。
COL. 22 = 1 加速度の時刻歴をプロットする。

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/33

業務名 | ジョブネーム | 研究室名 | 作成者 | 作成日

C. STATEMENT NUMBER | CONT. | FORTRAN STATEMENT | IDENTIFICATION

1 2 5 6 7 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 72 73 75 80

20.(MODE 1) ENDデータ

最後にブランクカード1枚入れる。

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/34

業務名 | ジョブネーム | 研究室名 | 作成者 | 作成日

C. STATEMENT NUMBER | CONT. | FORTRAN STATEMENT | IDENTIFICATION

1 2 5 6 7 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 72 73 75 80

Ⅱ. MODE 2のデータ

1. (MODE2) 出力コントロールデータ

KPNCH	NOUT	ND	MSKIP	KFOUT	MMOUT
i5	i5	i5	i5	i5	i5

1-5 KPNCH = 1 次の反復計算に用いるデータをパンチする。

6-10 NOUT 出力する節点番号。

11-15 ND 応答スペクトルで用いる減衰値の数。

16-20 MSKIP MSKIP毎の時刻をプロットする。

21-25 KFOUT 出力する自然地盤の層番号。

26-30 MMOUT 時刻歴において出力する曲げモーメントの数。

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/35

業務名 | ジョブネーム | 研究室名 | 作成者 | 作成日

C | STATEMENT NUMBER | CONT | FORTRAN STATEMENT | IDENTIFICATION

2. (MODE 2) 地震動データ

N3NEW	EQMULN	UGMAXN
I 5	F10.0	F10.0

1-5 N3NEW モード1で用いたN3と等しい値。

6-15 EQMULN 地震動の倍率。(1ブランクの場合、UGMAXNを使用)

16-25 UGMAXN 最大加速度。(1ブランクの場合、EQMULNを使用)

(注) (1) 最初の地震動を用いる時は1ブランクとする。

(2) 新しい地震動を用いる時はMODE 1で用いた地震動と、データ数、時間間隔、方向、作用する点は等しくなければならない。

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/36

業務名 | ジョブネーム | 研究室名 | 作成者 | 作成日

C | STATEMENT NUMBER | CONT | FORTRAN STATEMENT | IDENTIFICATION

3. (MODE 2) スペクトル応答解析データ(コントロール)

(注) ND>0の場合、このデータが必要である。データの作成形式はMODE 1の11と同様である。

4. (MODE 2) スペクトル応答解析データ(減衰データ)

(注) ND>0の場合、このデータが必要である。データの作成形式はMODE 1の12と同様である。

5. (MODE 2) 出力コントロールデータ(節点に関する)

(注) NOUT>0の場合、このデータが必要である。データの作成形式はMODE 1の13と同様である。

6. (MODE 2) 曲げモーメントの出力

(注) NOUT>0の場合、このデータが必要である。データの作成形式はMODE 1の13Aと同様である。

7. (MODE 2) 地震動データ

(注) 異なった地震動を用いる場合に必要である。データの作成形式はMODE 1の17と同様である。

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/37

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

8. (MODE 2) 外部荷重データ

(注) 異なった外部荷重を用いる場合に必要である。データの作成形式はMODE 1の18と同様である。

9. (MODE 2) 地盤の出力

(注) KFOUT>0の場合、このデータが必要である。データの作成形式はMODE 1の19と同様である。

10. (MODE 2) ENDデータ

最後にブランクカードを1枚入れる。

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/38

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

IV. MODE 3のデータ

1. (MODE 3) 地盤の特性選択カード

NOPTN
1 5

1 - 5 NOPTN = 0 前回の地盤の特性を用いる。
= 1 新しい地盤の特性を用いる。

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/39

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

2 (MODE 3) 出力コントロールデータ

KSTRN	KPNCH	NOUT	ND	MSKIP	KFOUT	NUMBER	MMOUT
i 5	i 5	i 5	i 5	i 5	i 5	i 5	i 5

1-5 KSTRN = 1 歪に依存する特性は時間領域と周波数領域で計算する。
(この場合、時間領域から得られる特性は次の反復計算に用いられる。)
= 2 歪に依存する特性は有効せん断歪から求める。
(周波数領域でRMSを用いる)

6-10 KPNCH = 1 次の反復計算のためのデータをパンチアウトする。

11-15 NOUT 出力する節点数。

16-20 ND 応答スペクトル解析で使用する減衰定数の数。

21-25 MSKIP プロットする時のスキップする間隔。

26-30 KFOUT 出力する自然地盤の層番号。

31-35 NUMBER 反復回数。

36-40 MMOUT 出力する深要素数。

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/40

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

3 (MODE 3) 周波数データのコントロール

3A

TOTFR	KINTS
F10.4	i 5

1-10 TOTFR 新たに考慮する周波数の上限 (単位はHz)

11-15 KINTS 内挿する範囲の数

(注) 前回と同じ周波数を用いる場合、ブランクとし、次の3Bのデータは不要である。

3B 内挿データ (KINTS 枚)

FRKINT(I)	KINT(I)
F10.4	i 5

1-10 FRKINT(I) I番目の範囲の最大周波数。(単位はHz, FRKINT(KINTS) = TOTFR)

11-15 KINT(I) I番目の範囲での内挿数 (2の累乗)

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/41

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

4. (MODE 3) 地震動データ

LCONTR

N3NEW	NEWBC	DTN	EQMULN	UGMAXN
i5	i5	F10.4	F10.4	F10.4

LCONTR = 'H' 水平方向加振
= 'V' 鉛直方向加振

6-10 N3NEW 入力加速度のデータ数。
(=0の場合 MODE 1でのデータ数(N3)を使用)

11-15 NEWBC 境界条件の数で、対称形を扱うのに用いる。

16-25 DTN 新しい入力加速度の時間間隔。(SEC) (1/(2*TOTFR)以上)

26-35 EQMULN 新しい入力加速度の倍率。(ブランクの場合はUGMAXNを使用)

36-45 UGMAXN 新しい最大入力加速度。(単位はGまたはgal)(ブランクの場合はEQMULNを使用)

(注) 最初の地震動を用いる場合はブランクとする。
(地震動が作用する点は、MODE 1の地震動と同じ点でなければならない。)

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/42

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

5. (MODE 3) 新しい境界条件データ (NEWBC枚)

M	KEYBCM
i5	i5

1-5 M 節点番号。

6-10 KEYBC(M) 拘束条件。
= 1 X方向固定。
= 2 Y方向固定。
= 3 固定。
= 4 梁の回転を表す。
= 5 梁の回転の自由度を固定。
= 6 粘性境界と結合していない点を表す。

(注) (1) NEWBC>0の場合にこのデータは必要である。
(2) 粘性境界条件と結合していない点での拘束条件は負の値で表す。(例 KEYBC(M)=-2 はY方向固定を示す。)
(3) 梁要素では KEYBCの値は4か5である。
(4) KEYBCの値が1,2,4は1自由度固定、3,5は2自由度固定である。

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/43

業務名 | ジョブネーム | 研究室名 | 作成者 | 作成日

C | STATEMENT NUMBER | CONT | FORTRAN STATEMENT | IDENTIFICATION

6. (MODE 3) 反復計算ごとの周波数

(注) データの作成形式はMODE 1の10と同様である。

7. (MODE 3) スペクトル応答解析データ(コントロール)

(注) ND>0の場合このデータが必要である。データの作成形式はMODE 1の11と同様である。

8. (MODE 3) スペクトル応答解析データ(減衰データ)

(注) ND>0の場合このデータが必要である。データの作成形式はMODE 1の12と同様である。

9. (MODE 3) 出力コントロールデータ(節点に関する)

(注) NOUT>0の場合このデータが必要である。データの作成形式はMODE 1の13と同様である。

9A. (MODE 3) 時刻歴の曲げモーメントの出力

(注) MMOUT>の場合このデータが必要である。データの作成形式はMODE 1の13Aと同様である。

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. B/44

業務名 | ジョブネーム | 研究室名 | 作成者 | 作成日

C | STATEMENT NUMBER | CONT | FORTRAN STATEMENT | IDENTIFICATION

10. (MODE 3) 地震動データ

(注) 異なった地震動を用いる場合に必要である。データの作成形式はMODE 1の17と同様である。

11. (MODE 3) 外部荷重データ

(注) 異なった外部荷重を用いる場合に必要である。データの作成形式はMODE 1の18と同様である。

12. (MODE 3) 地盤の出力

(注) KFOUT>0の場合このデータが必要である。データの作成形式はMODE 1の19と同様である。

13. (MODE 3)

最後はブランクカードを1枚入れる。

建設省土木研究所電算室

マニュアル C

FORTRAN CODING SHEET

No. C/1

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

C	STATEMENT NUMBER	CONTINUE	1 2 3 4 5 6 7	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	72	73	75	80
	(2)		入力データ																
	(a)		コントロールデータ(1枚)																
	Jisōku		JPōiNT				TiT												JBJ
	i5		i5				12A4												i5
		1	~5	カラム	JiSōku			実測値のデータ数											
		6	~10	カラム	JPōiNT			作図する応答値の数 (≦3)											
		11	~58	カラム	JiT			タイトル											
		76	~80	カラム	JBJ			=0	振動レベルの時刻歴応答値を出力しない。										
								=1	〃				する。						

建設省土木研究所電算室

FORTRAN CODING SHEET

No. C/2

業務名		ジョブネーム		研究室名		作成者		作成日	

FORTRAN STATEMENT

C	STATEMENT NUMBER	CONTINUE	1 2 3 4 5 6 7	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	72	73	75	80
	(b)		倍率データ (1枚)																
	QQ(1)			QQ(2)		QQ(3)		QQ(4)		QQ(5)		QQ(6)							
	F10.0			F10.0		F10.0		F10.0		F10.0		F10.0							
			入力した加速度の補正を行なう。																
			倍率			AMPi(i) =		QQ(2i-1) / QQ(2i) × 980.0				i≦JPōiNT							
										← 入力加速度をgalに修正									
	(c)		実測データ (Jisōku枚)																
	XWX			DCCM		BCCM													
		1	~10	カラム		XWX		X座標値											
		11	~20	カラム		DCCM		実測加速度 (gal)											
		21	~30	カラム		BCCM		実測振動レベル (dB)											
	(注)		実測値を作図しない場合、このデータは不必要です。																

建設省土木研究所電算室

道路交通振動の軽減対策に関する研究

土研資料第 1736号
昭和 56年10月（1981）

振動研究室　岩崎敏男・常田賢一・近藤益央
（耐震研究室併任）　後藤勝志

キイワード　　道路交通振動，軽減対策，数値解析

要　旨

本報告は振動研究室が実施してきた道路交通振動の軽減対策に関する調査に関して主として数値解析結果を中心に報告するものであるが，さらに野外模型振動実験，現地振動測定調査の結果も踏まえて軽減対策に関するとりまとめをしている。

郵便はがき

四十円切手をはって下さい

3 0 5 －□□

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

振動研究室

行

No.221

No.231

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第1736号　　部

上記のとおり受領しました。

所　属（住所）

氏　名　　㊞