

# 論 文 紹 介

今月は論文集第145号(42年9月発行) 登載論文としてつぎの5編を紹介し、今月紹介した論文に対する討議は、43年3月20日まで受け付けます。次号では第146号(42年10月発行) 登載予定論文として下記の6編を紹介する予定です。

多谷虎男：大口径 Mach-Zehnder 干渉計による主応力と和の解析について

長尾義三・柏村正樹：製鉄所における炉前施設の規模決定に関する研究

能町純雄：剛なダイヤフラム等で区画に分けられる薄肉長方形箱げたの曲げねじりについて

西林新蔵：人工軽量骨材コンクリートの配合設計に関する基礎研究

関 慎吾・笠原 清・栗山武雄・河角 誠：セメントの水和進行率から求まるコンクリートの有効セメント水比と圧縮強度との関係について

川本眺万・高橋由行：岩盤の初期応力の一測定法について

## 松代群発地震地域における 震動観測結果について

後藤尚男・土岐憲三・横山康夫  
亀田弘行・秋吉 卓・石田昌弘

本文は松代群発地震地域において昭和41年6月以降に実施した地盤、橋梁、堤防などの震動観測と得られた記録の解析について述べたものである。観測は松代町を中心とする千曲川筋の7地点で行ない、地盤表層内の深さ方向の震動特性、地盤の震動と構造物の応答との関係、地盤面における地震加速度波形などを明らかにしようとした。観測データはすべて磁気テープに収録した後、A-D変換して電子計算機によってデータ処理を行なった。かくして得た成果の概要は下記のとおりである。

(1) 震動記録の周波数特性を解析するためにフーリエスペクトルを計算したが、その例を図-1, 2に示した。図-1は

図-1 速度スペクトル(岩野橋)

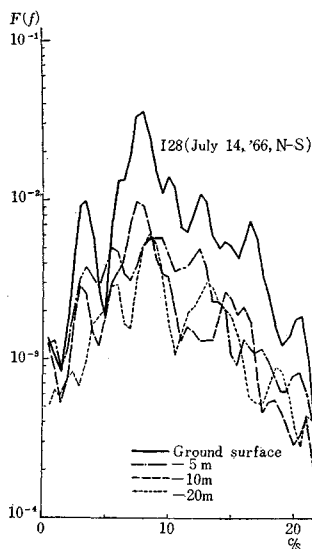
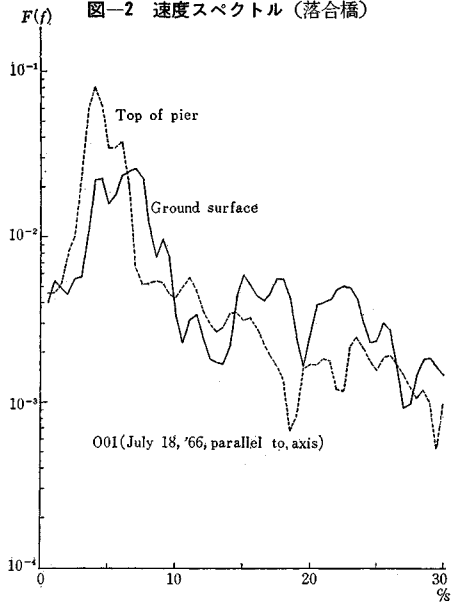


図-2 速度スペクトル(落合橋)



地盤が比較的硬い砂礫地盤での計測結果であるが、図にみるごとく地表面下5mから23mまではスペクトルの形とスペクトル振幅にはほとんど差異がなく、地表面下5mから地表面にかけての間で4~5倍の増幅を受けている。地盤がきわめて軟弱な粘土質地盤である他の観測点についての解析においても同様な結果を得た。これより地盤表層内における増幅作用は、地表面に近い数m程度の部分で大きい傾向にあり、構造物基礎におよぼす地震力について興味ある示唆が与えられた。一方、図-2は地盤上と橋脚上とのスペクトル振幅を比較したものであり、構造物では低周波数の波が増幅され、特に固有振動数と思われる同波数付近でこの傾向が著しいことを示している。

(2) 記録の自己相関関数によって波形分析を行なった結果、構造物では地盤上での記録に比較して周期成分が多く、記録に潜在する構造物の固有振動による影響が明らかに見られた。一方、地盤表層内では、地盤の深所では比較的周期性のある波が多いのに対して地盤内の上方になるにしたがってランダム成分が卓越して、地表面近くになって再び周期化される傾向がみられ、必ずしも構造物におけるように波形が周期化されるとは限らないことがわかった。また、地盤中での異なる2点での記録から相互相関関数を計算した例を図-3に示したが、こ

図-3 相互相関関数(松代荘)

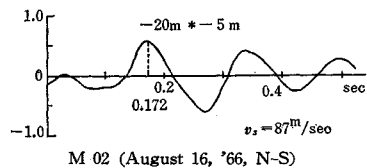
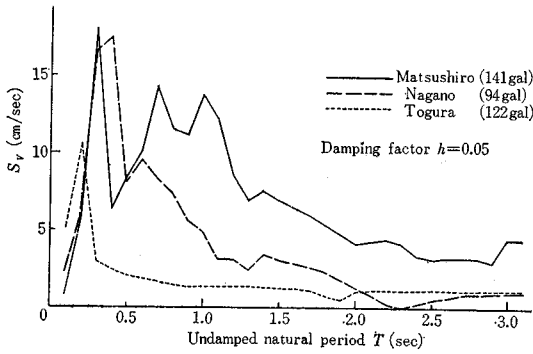


図-4 速度応答スペクトルの比較



の図から求めた地盤内の横波の平均伝播速度  $v_s$  は他の弾性波探査などによる測定結果とほぼ一致した。

(3) 松代群発地震の構造物におよぼす影響を速度応答スペクトルにより解析し、図-4 に例示した結果を得た。これまでの例では一般に速度応答スペクトル  $S_V$  は構造物の固有周期  $T$  に関してほぼ一定の傾向が示されているが、松代群発地震ではこの図のように長周期の構造物に対しては  $S_V$  の値が小さく、中規模の近地地震の特性をよく表わしている。また加速度スペクトルによる解析からは、松代地方方向に起こっている地震では  $T=0.2 \sim 0.3 \text{ sec}$  程度の構造物におよぼす影響が最も大きく、地震加速度の 2~3 倍程度の最大加速度を生ずる可能性のあることを示しており、 $T > 1 \text{ sec}$  の構造物に対しては大きな影響を与えないことが明らかにされた。

(1967.2.9・受付)

後藤：正会員	工博	京 都 大 学	教 授
土岐：正会員	工修	京 都 大 学	助 教 授
横山：正会員	工修	京 都 大 学	助 手
亀田：学生会員	工修	京 都 大 学 大 学 院	博 士 課 程
秋吉：正会員		京 都 大 学	助 手
石田：正会員		京 都 大 学	助 手

## 土の剛塑性理論における極限定理と応用

山 口 柏 樹

土の剛塑性境界値問題で、すべての応力や速度の条件を満足する正解を求めることは容易でなく、したがって不完全な解が正解に対してどのような関係にあるかを見積る極限定理(上, 下界定理)を確立することは重要であろう。土を含めた連続物体の極限定理としては Drucker, Drager が崩壊定理と名づけたつぎのものが知られている。これは 1) つりあいと境界条件を満足する応力解が見出され、その応力は破壊規準曲面内にあるなら崩壊は起こらない。2) 一つの塑性場を考え外力仕事率が内部散逸率に等しいか、それを超えるとき崩壊が生ずる、と表わされているが具体的、解析的形で述べたものでないため実際に用いる場合に不便であり、同時に適用

性、応用性も比較的せまい憾みがある。本論文ではこれら崩壊定理をリミット デザインでいう上, 下界定理の形式に解析表示を与え、塑性域内に応力や速度の不連続がある場合をも調べ、二, 三の応用例を示したものである。

まず下界定理として、境界条件、つりあい条件、破壊条件を満たす正解応力, および速度を  $(\sigma_{ij}, \dot{\epsilon}_{ij})$  とし、境界の応力条件だけを満足する可容応力解を  $(\sigma_{ij}^*)$  としたとき、 $\sigma_{ij}\dot{\epsilon}_{ij} > \sigma_{ij}^*\dot{\epsilon}_{ij}$  なる最大塑性仕事の定理が成り立つことを Schwarz の不等式を用いて証明した。これに物体力を考えた仮想仕事の積分定理を採用して下界定理

$$\int_{S_V} (\mathbf{F} \cdot \mathbf{U}) dS > \int_{S_V} (\mathbf{F}^* \cdot \mathbf{U}) dS$$

を導いた。ここに  $\mathbf{F}$  は正解に対する表面力,  $\mathbf{F}^*$  は可容応力  $\sigma_{ij}^*$  とつりあう表面で速度条件の規定された部分 ( $S_V$ ) における力であり、 $\mathbf{U}$  は正解に対する  $S_V$  で与えられた速度である。なお塑性体の中に応力や速度の不連続線があっても上の形式は不変であることが証明される。

つぎに表面速度, 等方条件, 圧縮条件を満たす可容速度解を  $(\mathbf{v}^*)$ , その応力, ひずみ速度を  $(\sigma_{ij}^*, \dot{\epsilon}_{ij}^*)$  とするとき  $\sigma_{ij}\dot{\epsilon}_{ij} > \sigma_{ij}^*\dot{\epsilon}_{ij}^*$  の成り立つことを解析的に示し、前の積分公式を用いて

$$\int_{S_V} (\mathbf{F} \cdot \mathbf{U}) dS < \alpha \int u_{\theta}^* dV - \int_{S_F} (\mathbf{F} \cdot \mathbf{U}^*) dS + 2 \int c_r \cos \phi_r \dot{\alpha}_{\max}^* dV$$

なる上界定理がえられる。ここで  $S_F$  は表面力の指定された部分であり、 $\mathbf{U}^*$  は  $\mathbf{v}^*$  にともなって  $S_F$  上で生ずる速度,  $c_r, \phi_r$  は土の Hoorsleo パラメーター,  $\dot{\alpha}_{\max}^*$  は最大せん断ひずみ速度である。この式は塑性域内に応力や速度の不連続線があっても形を変えず成り立つが、速度の不連続線 ( $\Gamma^*$ ) があるときは、上式右辺に  $c_r \int \delta_u^* d\Gamma^*$  が加えられる。ただし  $\delta_u^*$  は  $\Gamma^*$  に沿う切線速度の飛躍量(正值)である。

これら上, 下界定理を用いると、 $S_F$  上で  $\mathbf{F}$ ,  $S_V$  上で  $\mathbf{U}$  が与えられたときに生ずる塑性域内での応力解は唯一であることが証明できた。

応用として、上下界定理を直立のり面の限界高さ ( $H_{c_r}$ ) の計算に利用した結果、直線すべり面を仮定したとき

$$2 c_r / \alpha \cdot \tan(\pi / 4 + \phi_r / 2) < H_{c_r} < 4 c_r / \alpha \cdot \tan(\pi / 4 + \phi_r / 2)$$

がえられる(これは Drucker もその崩壊定理の例としてえた結果と同じである), また対数らせんすべり面に対して  $M_D < M_R$  が下界定理からえられる。ここに土塊のらせんの極に関する滑動モーメント, 抵抗モーメントが  $M_D, M_R$  とする。これは安全率の一つの解釈を与えるものである。

主働土圧計算において、直線すべり面に対して上界定理は、クーロン土圧が正解値を超えないことを結論す

る。なお壁体変形の形式として直線すべり面の場合に、壁下端まわりの回転形式と、併行移動形式の二つを比較した結果、粘性土では後者の値がより正解に近いことが知れたが、これは起こりうる変形形式として粘性土では併進型をとることを示唆するものと解釈できる。さらに適当な可容応力解を求めて計算せる結果、粗さを考えた壁面土圧係数は Janbu などの与えた精密解にきわめて近いものがえられた。

支持力問題に上界定理を適用すると  $M_D < M_R$  が成り立つこと、また下界定理により弾性近似解(Fröhlich, 星埜, Maslow など)は正解をこえないことも示される。

(1967.1.19・受付)

[筆者：正会員 工博 東京工業大学教授 工学部]

## 動的地盤係数の測定

### 一粘土地盤における一適用一

畑野 正・渡辺 啓行

基礎地盤の動的地盤係数は耐震工学上の基本問題の一つであるが、これを求める従来の方法すなわち起振機による共振曲線から計算する方法および弾性波速度から弾性定数として計算する方法はともに地盤係数の周波数特性、非線型性を知るには適しない方法であり、最も必要とする地盤に対する動荷重とこれに対応する変位の関係を直接的に求めることが不能のため、信頼性の低い方法といわざるを得ない。著者はここにパルカーターにより地盤に任意の大きさ、周波数の荷重を与え、対応する地盤変位を測定して直接的に求める方法を提案する。適用例として粘土地盤につき実験し動的地盤係数は載荷板の半径に逆比例し、周波数の大きいほど大きくなり、荷重が大きくなるほど小さくなる3つの特質を明らかにした。これを説明する力学模型として、ソフトスプリングをもつ Maxwell 体に線型 Kelvin 体を直列した四要素模型とし、その弾性定数、粘性定数を求め上記3特性を説明することができた。このような地盤係数を実際に適用する例として粘土地盤上の完全剛体の振動につき実験し上に得られた定数を使って解析した結果とを照合し、比較よく合致したことを確かめた。(1967.3.6・受付)

[畑野：正会員 工博 電力中央研究所]  
[渡辺：正会員 電力中央研究所]

## 路線系統化の理論とその応用

毛利正光・本多義明・遠藤賢三

本研究は単一路線の交通信号系統化に関する理論とそ

の応用について考察したもので、理論的考察は系統路線におけるサイクル整合の決定を Through Band Width を最大にするという観点から述べたもので主として J. T. Morgan の手法をとり入れた。また実際問題への適用としては、名古屋市内の西部環状線に関する最適 Offset を電子計算機 (HITAC 5020) で計算した。その結果、自動感応式系統信号を用いるための6種類の Offset が決定された。

### 1. 最適 Offset の決定

平等 Offset の場合の最適 Offset はつぎに示すような 1/2 整数サイクル整合によって求める。

$$\begin{aligned} \theta_{ij} &= \frac{1}{2}(t_{ij} + \bar{t}_{ij}) + \frac{1}{2} (\text{整数}) \\ &= \text{man} \left[ \frac{1}{2}(t_{ij} + \bar{t}_{ij}) + \delta_{ij} \right] \dots\dots\dots(1) \end{aligned}$$

ただし、

$\theta_{ij}$ : 信号  $S_i$  と  $S_j$  の Offset で、 $S_i$  の赤時間の中央から  $S_j$  の赤時間の中央までの時間としてはかる。

$t_{ij}(\bar{t}_{ij})$ : 上り(下り)方向の  $S_i$  から  $S_j$  への走行時間

$\delta_{ij}$ : 0 または 1/2 の値

また、

$b_i$ :  $S_i$  の赤時間が上り Band の前端に接触する場合において  $i$  番目交差点を規準にとったときの Band Width

$B$ : 最大平等 Band Width

とすればつぎの関係が得られる。

$$b_i = \min_j \max_{\delta_{ij}} [u_{ij}(\delta_{ij}) - r_j] \dots\dots\dots(2)$$

$$B = \max_i \min_j \max_{\delta_{ij}} [u_{ij}(\delta_{ij}) - r_j] \dots\dots\dots(3)$$

ただし、 $u_{ij}(\delta_{ij})$  は Offset の最適度を表わす量で次式によって表わされる。

$$u_{ij}(\delta_{ij}) = 1 - \text{man} \left[ \frac{1}{2}(r_i - r_j) + \frac{1}{2}(t_{ij} - \bar{t}_{ij}) - \delta_{ij} \right]$$

$r_i(r_j)$ : 信号  $S_i(S_j)$  の赤信号時間

### 2. Offset の調整 (不平等 Offset の場合)

さて上り、下りの交通量に差異がある場合には両方向で Through Band Width を調整することになると、 $S_j$  のシフト量は

①  $b > \bar{b}$  の場合

$$\alpha_j = \max [(u_{cj} - 1) - (B - b), 0] \dots\dots\dots(4)$$

②  $b < \bar{b}$  の場合

$$\alpha_j = \max [\bar{b} - (u_{cj} - r_j), 0] \dots\dots\dots(5)$$

したがって調整された Offset は

$$\theta_{cj}' = \text{man}(\theta_{cj} - \alpha_j) \dots\dots\dots(6)$$

### 3. 応用例

上述の理論を名古屋市内の西部環状線に適用し、最適 Offset を求めた。また上、下流の交通量の異なる場合の不等式に Offset ついても種々の場合が計算された。

(1967.2.2・受付)

毛利：正会員	工博	名古屋大学教授	工学部
本多：学生会員		名古屋大学大学院	
遠藤：正会員		日本建設コンサルタント	

### 通勤・通学輸送需要の予測について

河上省吾

都市における通勤・通学輸送需要の発生・集中量および分布交通量の予測について考察を行なった。輸送需要の発生・集中量を予測する方法には原単位法と関数モデル法の2つがあるが、ここでは前者を用いることを前提として、通勤・通学者の発生・集中原単位について都市および小学校学区を対象として検討した。

まずわが国の都市を人口規模により、10~20万人、20~30万人、30万人以上の3つに分類し、それぞれについて人口に対する発生・集中原単位を求めた。これによると人口規模と原単位の間には相関はほとんどなく、わが国の人口10万人以上の都市の発生原単位は0.375~0.603人/人で、また集中原単位は0.261~0.686人/人であることがわかった。

つぎに京都市の小学校学区を用途地域により分類し、各用途地域ごとに大量輸送機関を利用する通勤・通学者の発生・集中原単位を求めた。発生原単位は学区の人口を、集中原単位は学区の就業者数と在籍学生数の和を単位として求めた。前者は業務地域が最も大きく0.152人/人で、最小は業務・工業混合地域の0.103人/人である。後者の最大は住宅地域の0.307人/人で、最小は業務・工業・住宅混合地域の0.160人/人である。

さらに予測された発生交通量が通勤・通学先へどのように分布していくかを推定する分布交通量の予測モデルを提案し、これについて検討を加えた。そのモデルはつぎの2つである。

#### モデル 1

$$x_{ij} = t_{ij} + \frac{\alpha_j}{r_{ij}^r} \Delta T_i + \frac{\beta_i}{r_{ij}^r} \Delta U_j$$

$x_{ij}$ : 将来 OD 交通量,  $t_{ij}$ : 現在 OD 交通量,  
 $\Delta T_i$ : ゾーン  $i$  の発生量の変化量,  $\Delta U_j$ : ゾーン  $j$  の集中量の変化量,  $r_{ij}$ :  $i, j$  間の所要時間,  $\alpha_j$ ,  $\beta_i$ : 調整係数,  $r$ : 定数

#### モデル 2

$$x_{ij} = \frac{\alpha_j}{r_{ij}^r} X_i + \frac{\beta_i}{r_{ij}^r} Y_j$$

$x_{ij}$ : 将来 OD 交通量,  $X_i$ : ゾーン  $i$  の発生量,  
 $Y_j$ : ゾーン  $j$  の集中量,  $r_{ij}$ :  $i, j$  間の所要時間,  
 $\alpha_j, \beta_i$ : 調整係数,  $r$ : 定数

従来の予測モデルには、現在パターン法、重力モデル法、遷移確率法などがあるが、片道の通勤・通学交通に適用する場合（特に前二者は）、たとえ実績値が与えられてもそれらに適合したモデルを求めることはむずかしかった。ここで提案したモデルでは  $r$  の値により適合度をよくすることが可能である。このモデルは計算手続が比較的簡単で、与えられた OD パターンに適合させやすく、また発生・集中交通量に調和した OD 交通量を容易に求めることができるという利点をもっている。

(1967.2.3・受付)

[河上：正会員 名古屋大学助教授 工学部]

#### 討議：

##### 周辺で単純支持される無梁板の解法

討議者 小野 一良

回答者 山崎 徳也・樽木 武

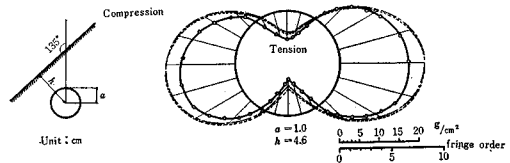
##### 摩擦杭周囲の地盤の応力の一計算式

討議者 小野 一良

##### 変形法と Reduction 法との相互関係について

討議者 白石 成人・玉村 三郎

訂正：本誌 52 巻 8 号 83 ページ掲載の図-1 は誤りにつき下記のとおり訂正します。



### 日本土木史 ——大正元年～昭和 15 年——

体 裁：B5判 8ボ横一段組み 本文 1770 ページ 図 410 葉 表 500 点

写真 150 枚余 上製箱入革製豪華製本 定価 12000 円(〒 300 円)

内 容：第 1 章 河川・運河・砂防・治山／第 2 章 港湾・漁港・航路標識／第 3 章 農業土木／第 4 章 都市計画・地方計画／第 5 章 道路／第 6 章 軍事土木／第 7 章 上水道・下水道および工業用水道／第 8 章 土木行政／第 9 章 建設機械／第 10 章 トンネル／第 11 章 発電水力およびダム／第 12 章 鉄道／第 13 章 水理学／第 14 章 応用力学／第 15 章 土性および土質力学／第 16 章 測量／第 17 章 土木材料／第 18 章 コンクリート／第 19 章 土木教育史／第 20 章 学・協会史／付・日本土木史年表