

論文報告紹介

今月は論文報告集第 184 号 (45 年 12 月 20 日発行) 掲載予定原稿として、12 編を紹介いたします。今月紹介した論文報告に対する討議は 46 年 6 月 20 日まで受け付けます。

本論文紹介欄は今回で終り、次号からは論文報告集掲載論文内容紹介として学会誌の目次の後で取扱います。

論文報告集第 185 号掲載論文は下記の 10 編です。

福本 晴士・伊藤 満：変断面はりの塑性設計に関する一考察

長谷部 宣男：十字形板の応力解析—隅角部の丸味と隅角部の応力—

橋口 公一：一般膨張性摩擦塑性体に関する速度場の理論—二重すべりの概念—

丹羽 義次・小柳 洽・中川 浩二：三軸圧縮応力下におけるコンクリートの破壊過程

丹羽 義次・中川 浩二：静水圧下におけるモルタルの挙動について

畑野 正・渡辺 啓行：周期的圧縮荷重によるコンクリートの疲労破壊

池田 駿介：Some Studies on the Mechanics of Bed Load Transport.

高木 不折：A Study on the Behaviour of Basin Water by Means of the Variational Technique.

赤井 浩一・堀見 哲・木内 勉：Model Studies on the Stress Distribution in Layered Soil Systems.

赤井 浩一・堀 正幸：A Viscoelastic Approach to the Problem of Stress Wave Propagation in Cohesive soils.

偏心圧縮柱の荷重・変形状に与えるひずみ硬化の影響

草 間 孝 志

構造物の設計に際し、その構造物が外力の増加とともに、どのような過程で、いかほどの荷重まで支持することができるかということと同時に、最大荷重に達したのちの耐力の低下も、安全率の選択に関連して重要な問題である。一般に、曲げと圧縮力とを同時に受ける部材は、曲げのみを受ける部材の場合と異なり、最大荷重後の荷重の低下が著しいが、鋼材のもつひずみ硬化の影響によって、この荷重低下はある程度緩和されるものと考えられる。本文は、偏心圧縮柱の最大荷重後の荷重・変形状に与えるひずみ硬化の影響を知るため、まず $M-P-\phi$ 曲線をもとに荷重・変形関係の精解を、従来あまり論じられなかった材端間の見かけの縮みについて計算しようとし、長方形断面と I 形断面について計算を行ない、ついで、たわみ、材端回転角および縮みに対する、

図-1

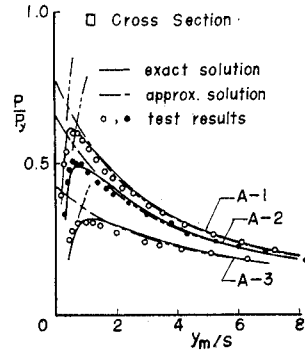
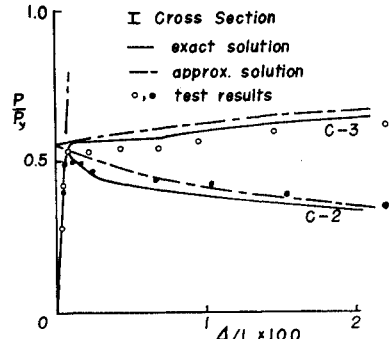


図-2



ひずみ硬化を考慮したときの塑性崩壊線の式を誘導し、これをもとに最大荷重後の荷重・変形関係の近似式を求め、精解との比較ならびに実験により、その妥当性を検討したものである。実験結果の一部を 図-1 と 図-2 に示す。

得られた結論のうち主なものはつぎのとおりである。

(1) 1 軸対称断面部材の $M-\phi-P$ 関係を求める独自の方法を示し、軸力と曲げモーメントをうける部材の変形のうち、従来あまり論じられなかった部材両端間の見かけの縮みを求める方法を得た。この方法は大変形をうける部材の弾塑性問題に役立つものと考えられる。

(2) ひずみ硬化を考慮したときの偏心圧縮柱の荷重・変形 (たわみ、両端の回転角、軸力による縮み、曲げによる見かけの縮み) 関係に対する塑性崩壊線の式を誘導した。

(3) ひずみ硬化を考慮した塑性崩壊線の荷重の値に 0.9 を乗ずると、荷重変形関係の近似式として用いることができる。

(4) ひずみ硬化が影響するのは細長比が約 80 以下の柱の場合である。

(5) 一般に、偏心量の小さいほど、また、細長比の大きいほど、荷重の低下が大きい。

(1969. 7. 16・受付)
(1970. 9. 8・再受付)

[草間：正会員 信州大学助教授 工学部]

板の三角形曲げ要素に対する寄与

関 千秋・梶田建夫・成岡昌夫

有限要素法による板曲げ問題の解析に、近年、多くの論文が発表されているが、これらには、三角形板曲げ要素の精度、収束性などを問題としているものが多い。T.H.H. Pian によると、有限要素法による解析には、用いられる変分原理により、ほぼ4つの model に分けられる。すなわち、compatible model, equilibrium model, hybrid model, mixed model である。三角形板曲げ要素については、compatible model を用いた研究が多いが、この場合、要素内で変位が仮定されるため、要素の境界における normal slope の連続性が問題とされている。また、equilibrium model, hybrid model, mixed model では、要素で応力、または応力と変位が仮定され、これらに関しても、種々の研究がなされている。

ここでは、これらの4つの model の特性、および解析法を示し、それぞれの model により得られる結果の精度を比較した。また、compatible model については変位仮定に用いる完全多項式の項数と、三角形要素の変位の自由度との関係を、多項式の各次数について示し、3次と5次の完全多項式を用いる場合の剛性行列の誘導を示した。これらの compatible model をふくめた4個の model の精度の比較を、単純な計算例について示した。これより、未知数は多くなるが、5次の完全多項式を用いた compatible model が、最も高い精度の解を与えることがわかった。また、他の model は基本となる行列の誘導がいくらか複雑となるが、未知数の点から有利となる場合が生ずることが予想された。最後に、5次の完全多項式による剛性行列を用いて、自由境界をもつ板、ひし形板などについて、計算を行ない、よい結果を得た。

(1970.4.20・受付)

関	: 正会員	工修	国鉄札幌鉄道管理局
梶田	: 学生会員	工修	名古屋大学大学院工学研究科
成岡	: 正会員	工博	名古屋大学教授 工学部

構造用アルミ合金柱の耐力

青木徹彦・福本啓士

アルミ合金柱の基本耐力を調べる目的で構造用アルミ合金 183 S-F を用いて H 型断面柱をつくり、中心軸圧縮等偏心圧縮、さらに不等偏心圧縮実験を行なった。柱の支持条件はすべて弱軸まわりの両端ピンである。中心軸柱は細長比 25~70 までの7種、14本を、等偏心圧縮柱は偏心量の核半径に対する比、すなわち偏心比を

0.4, 1.0, 2.0 の3とおり変え、不等偏心柱では一端の偏心比 e_1/s を 2.0 とし、他端の偏心量 e_2 は e_2/e_1 が -0.5, 0.0, 0.5 の3とおりとなるよう定めた。等偏心、不等偏心柱とも細長比は 30, 50, 60 の3種で、それぞれ合計9本から成っている。

実験結果は等偏心、不等偏心柱とも、柱のたわみを余弦曲線の一部と仮定した比較的簡単に近似計算法によって得られた理論値と比較検討を行なった。

柱の耐力に対しては、軸方向力と曲げの実用相関式と本研究によって得られた数値計算、実験の結果とを比較検討し、相関式に柱の細長比によって定まる係数を導入することによって、このアルミ合金柱の実験値、計算値によく適合する相関式を提案した。付録には接線弾性座屈曲線の簡単な図解法を示した。(1970.5.8・受付)

青木	: 学生会員	工修	名古屋大学大学院工学研究科
福本	: 正会員	Ph. D.	名古屋大学助教授 工学部

点支持された斜板の有限要素法による解析

川島一彦・関 千秋
梶田建夫・成岡昌夫

斜板に関しては、これまで多くの模型実験や差分法などによる数値解析などが行なわれてきており、斜板が長方形板とは、相当異なった力学的挙動を示すことは、広く知られている。

従来、差分法により数値解析された斜板は、支承が線支承で、かつ、支承線上で浮き上がり、または沈下がないことを前提としているが、実際の斜スラブ橋では、支承が線支承ではなく、ネオプレーンなどによって弾性的に点支持されていることが多い。

Darmstadt 工科大学の A. Mehmehl 教授らは、相対する二辺が弾性的に点支持され、他の二辺が自由である斜板を、種々の条件(斜角、辺長比、支承の軟弱度、支点数)のもとに、支点反力、および曲げモーメントについて、実験的研究を行なっている。

著者らは、このような斜板は、最近の解析法として注目されている有限要素法を用いることにより、容易に数値解析され得ることに着目し、A. Mehmehl 教授らの実験報告に沿った数値解析を行ない、満載等分布荷重が作用したときの支点反力と曲げモーメント、および支点反力の影響面について、計算値と A. Mehmehl 教授らの実験値とを比較したところ、計算結果は実験値とよく一致することがわかった。

また、A. Mehmehl 教授らの実験、および著者らの計算結果より、弾性的に支持されている場合には、剛に支持されている場合に比較して、各支点間の反力、および曲げモーメントが、全体として平均化されるなどの種々

の特性のあることがわかった。(1970.5.11・受付)

川島：学生会員	名古屋大学大学院工学研究科
関：正会員 工修	国鉄札幌鉄道管理局
梶田：学生会員 工修	名古屋大学大学院工学研究科
成岡：正会員 工博	名古屋大学数教授 工学部

3 ヒンジアーチの自由振動解法

山崎徳也・崎山 毅

1. まえがき

集中荷重作用点におけるせん断力、断面急変部における断面積および曲げ剛性、中間ヒンジ点におけるたわみ角、中間支点におけるせん断力などのように、荷重形態、断面形状あるいは構造形式などのゆえに、構造物の幾何学的または力学的性状を表す諸要素が不連続な関数となる。いわゆる不連続要素を有する構造物の典型として3ヒンジアーチを取り上げ、その自由振動を論じつつ、この種不連続要素構造物の一解法を提案する。

円弧アーチの振動に関しては、2ヒンジアーチおよび固定アーチを対象とした、F.W. Waltking の研究などがあるが、3ヒンジアーチに関する理論的研究は著者の知る限りにおいて見当たらない。

2. 円弧アーチの自由振動の基本方程式

円弧アーチの自由振動の基準関数はつぎの連立微分方程式よりえられる。

$$\begin{cases} a\left(\frac{dW}{d\varphi} - U\right) - \left(\frac{d^4U}{d\varphi^4} + \frac{d^3W}{d\varphi^3}\right) + \lambda^4 \cdot U = 0 \\ a\left(\frac{d^2W}{d\varphi^2} - \frac{dU}{d\varphi}\right) + \left(\frac{d^3W}{d\varphi^3} + \frac{d^2W}{d\varphi^2}\right) + \lambda^4 \cdot W = 0 \end{cases}$$

ただし、

U, W : 円弧アーチの半径および接線方向の変位の基準関数

$$a = \frac{R^2 A}{I}$$

$$\lambda^4 = \frac{\rho \omega^2 R^4}{EI}$$

ω : 円弧アーチの固有角振動数

E, A, I : ヤング率, 断面積, 断面2次モーメント

R : アーチ軸半径

ρ : アーチ部材の単位長当りの質量

φ : 極座標

t : 時間変数

さらに、たわみ角、曲げモーメント、軸力、せん断力の基準関数をそれぞれ θ, M, N, Q とすれば

$$\theta = \frac{1}{R} \left(\frac{dU}{d\varphi} + W \right), M = -\frac{EI}{R^2} \left(\frac{d^2U}{d\varphi^2} + \frac{dW}{d\varphi} \right)$$

$$N = \frac{EA}{R} \left(\frac{dW}{d\varphi} - U \right), Q = -\frac{EI}{R^3} \left(\frac{d^3U}{d\varphi^3} + \frac{d^2W}{d\varphi^2} \right)$$

3.3 ヒンジアーチの自由振動

3ヒンジアーチにおいては、中間ヒンジの左右両部において、たわみ角が不連続となるため、固定アーチや2ヒンジアーチなどとは異なり、1個の微分方程式を解くだけでは円弧アーチの全長にわたる変形や断面力を求めることはできないが、変位 U, W を次式の形で表わすことにより中間ヒンジ部における条件は簡単な式となり、解析の簡易化をはかることができる。すなわち、単位階段関数 $\bar{a}(\varphi - \beta)$ を用いて

$$U(\varphi) = U_1(\varphi) + U_2(\varphi) \cdot \bar{a}(\varphi - \beta)$$

$$W(\varphi) = W_1(\varphi) + W_2(\varphi) \cdot \bar{a}(\varphi - \beta)$$

とすれば、たわみ角 θ 、曲げモーメント M 、軸力 N 、せん断力 Q は

$$\theta(\varphi) = \theta_1(\varphi) + \theta_2(\varphi) \cdot \bar{a}(\varphi - \beta)$$

$$= \frac{1}{R} \left[\left(\frac{dU_1}{d\varphi} + W_1 \right) + \left(\frac{dU_2}{d\varphi} + W_2 \right) \cdot \bar{a}(\varphi - \beta) \right]$$

$$M(\varphi) = M_1(\varphi) + M_2(\varphi) \cdot \bar{a}(\varphi - \beta)$$

$$= -\frac{EI}{R^2} \left[\left(\frac{d^2U_1}{d\varphi^2} + \frac{dW_1}{d\varphi} \right) + \left(\frac{d^2U_2}{d\varphi^2} + \frac{dW_2}{d\varphi} \right) \cdot \bar{a}(\varphi - \beta) \right]$$

$$N(\varphi) = N_1(\varphi) + N_2(\varphi) \cdot \bar{a}(\varphi - \beta)$$

$$= \frac{EA}{R} \left[\left(\frac{dW_1}{d\varphi} - U_1 \right) + \left(\frac{dW_2}{d\varphi} - U_2 \right) \cdot \bar{a}(\varphi - \beta) \right]$$

$$Q(\varphi) = Q_1(\varphi) + Q_2(\varphi) \cdot \bar{a}(\varphi - \beta)$$

$$= -\frac{EI}{R^3} \left[\left(\frac{d^3U_1}{d\varphi^3} + \frac{d^2W_1}{d\varphi^2} \right) + \left(\frac{d^3U_2}{d\varphi^3} + \frac{d^2W_2}{d\varphi^2} \right) \cdot \bar{a}(\varphi - \beta) \right]$$

となり、中間ヒンジ部 $\varphi = \beta$ における条件は

$$U_2(\beta) = W_2(\beta) = N_2(\beta) = Q_2(\beta) = M_2(\beta) = M_1(\beta) = 0$$

また、 $\varphi = 0, \alpha$ における境界条件は

$$U_1(0) = W_1(0) = M_1(0) = 0$$

$$U(\alpha) = W(\alpha) = M(\alpha) = 0$$

したがって、3ヒンジアーチの自由振動は上記の12個の条件式の下で、つぎの連立微分方程式を解くことにより明らかにされる。

$$a \left(\frac{dW_1}{d\varphi} - U_1 \right) - \left(\frac{d^4U_1}{d\varphi^4} + \frac{d^3W_1}{d\varphi^3} \right) + \lambda^4 U_1$$

$$+ \left\{ a \left(\frac{dW_2}{d\varphi} - U_2 \right) - \left(\frac{d^4U_2}{d\varphi^4} + \frac{d^3W_2}{d\varphi^3} \right) + \lambda^4 U_2 \right\} \cdot \bar{a}(\varphi - \beta) = 0$$

$$a \left(\frac{d^2W_1}{d\varphi^2} - \frac{dU_1}{d\varphi} \right) + \left(\frac{d^3U_1}{d\varphi^3} + \frac{d^2W_1}{d\varphi^2} \right) + \lambda^4 W_1$$

$$+ \left\{ a \left(\frac{d^2W_2}{d\varphi^2} - \frac{dU_2}{d\varphi} \right) + \left(\frac{d^3U_2}{d\varphi^3} + \frac{d^2W_2}{d\varphi^2} \right) + \lambda^4 W_2 \right\} \cdot \bar{a}(\varphi - \beta) = 0$$

4. む す び

3 ヒンジ アーチの振動数方程式は行列式を用いて形式的につぎのように表現される。

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ a_{41} & a_{41} & a_{31} & a_{21} \end{vmatrix} = 0$$

ちなみに、2 ヒンジ アーチの振動数方程式は

$$\begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{22} \\ a_{41} & a_{31} & a_{21} \end{vmatrix} = 0$$

である。

また、中間ヒンジがアーチの中央点にある 3 ヒンジ アーチにおいては

$$a_{11}=a_{44}, a_{12}=a_{34}, a_{13}=a_{24}$$

となり、振動数方程式は対称な要素をもつ行列式となる。

さらに、対称構造を有する 3 ヒンジ アーチの逆対称振動の振動数方程式は 2 ヒンジ アーチの逆対称振動数方程式と一致することなどが明らかになった。

(1970.5.14・受付)

〔山崎：正会員 工博 九州大学教授 工学部〕
〔崎山：正会員 長崎大学講師 工学部〕

強震時における 1 自由度系の 塑性変形に関する考察

後藤尚男・家村浩和

本研究は強震時における構造物の応答変位の振動中立軸がふらついたりあるいは一方向に流動して破壊に至る現象を、大型電子計算機内でのシミュレーションにより検討したもので、入力としては人工地震波形、履歴復元力特性としては 2 種類の模式表示法を採用して応答変位を数値積分により求め、その振動中立軸の変動量を移動平均により継続時間軸上で評価し、この量に注目して考察を加えた。

まずこの種の数値解析をより一般的、普遍的なものとするため、履歴特性は未定のまま運動方程式上のすべてのパラメーターを入力および構造物の関連する諸量の比を用いて無次元化した。この結果 Bi-linear による模式表示法および Jennings の提案した結果を修正した模式表示法は、無次元化された変位-復元力の座標で共通にしかも簡単に表示可能となった。さらに入力としてはその強度およびスペクトル特性が既知な確率過程として表示されている人工地震波を採用して各種パラメーターの変化を容易にし、数値解析により一般性をもたせた。し

図-1 Elasto-plastic 系の応答変位と移動平均
($h_0=0.05, n=1.0, \eta=1.0$)

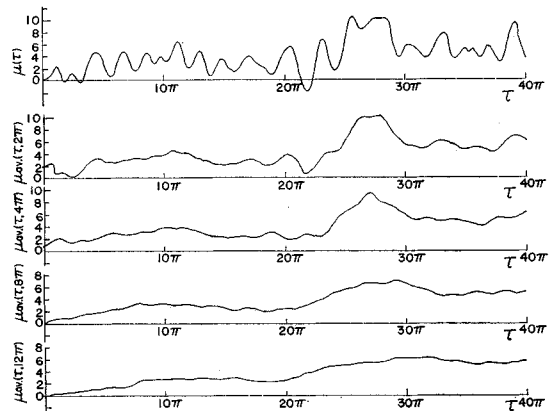
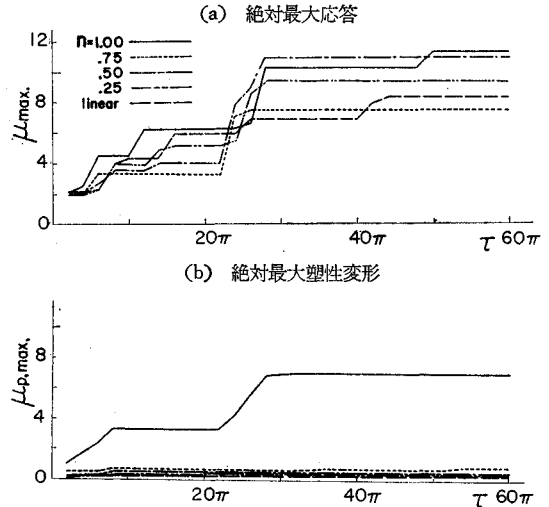


図-2 Bi-linear 系の弾塑性傾斜率 n の変化による応答特性
($h_0=0.05, \gamma_s=1.0, \eta=1.0$)



かる後 Bi-linear 系は速度および変位で、修正 Jennings 系は速度および復元力でおおのの履歴制御を実施しつつ step by step の数値計算により応答評価を行なった。つぎに応答変位の振動中立軸がふらついたり流動したりする現象を弾性的な振動成分と塑性変形とに区分して評価すべきであると考え、移動平均により弾性的な振動成分を除去した量を塑性変形とみなすことにした。図-1 に Elasto-plastic 系の応答変位 $\mu(\tau)$ および平滑周期 T_l を構造物の弾性固有周期 2π の 1, 2, 4, 6 倍としたときの移動平均 $\mu_{av}(\tau, T_l)$ を示した。この結果および線形系における同様の結果より、 $T_l=8\pi$ としたときの移動平均を強震時における構造物の塑性変形 μ_p として採用した。

最後に絶対最大応答 μ_{max} および絶対最大塑性変形 $\mu_{p,max}$ を入力の継続時間軸上で、履歴の形状、入力の強度、周波数特性を示す諸定数をパラメーターとして図示し、入力および構造物の両面より考察を加えた。図-2

にはその一例として Bi-linear 系の弾塑性傾斜率 n の変化による応答の傾向を示したが、これによると $n=1.0$ すなわち Elasto-plastic 系においてのみ $\mu_{p,max}$ が異常に大きくその履歴が非常に不安定であるといえる。

これらの数値計算による成果より履歴の安定性および構造物の破壊過程を追求していく上で有力な手がかりが得られたものと思われる。(1970.7.4・受付)

〔後藤：正会員 工博 京都大学教授 工学部
家村：学生会員 工修 京都大学大学院工学研究科〕

わが国、東海地方の細粒土ならびに砂質土の統一土質分類に関する考察

植下 協・野々垣一正

統一土質分類法は 1942 年に Casagrande によりその原形が作られ、当初は AC 法と呼ばれていた。その後、アメリカの開拓局と陸軍技術部で統一した形で採用することとなってから、統一土質分類という名前でも広く紹介され、1966 年に ASTM の暫定規格として採用されることになった。

今日では、この統一土質分類は、アメリカ内のみならず、世界各国でも広く利用されつつあり、世界的な工学的分類法となりつつある。

わが国では、土質学会の土の判別分類法委員会が、わが国で用いるべき土質分類法として、統一分類法の線に沿ったものを考え、わが国独自の修正を加えた分類法試案を示している。

ところが、わが国の土質資料を統一土質分類で整理し、工学的性質と対応させた例は、まだよく知られていない。

そこで、著者らは、東海地方における土質試験結果資料のうち、塑性図分類の行ないうるものの分類結果が、土の諸性質とどのように対応しているか、土の性質から考えて、CH と MH の区分をどのように考えるのが適当であるかなどについて検討した。

その結果、つぎのように考察し結論することができると考えた。

1. 統一土質分類における S グループ (SC, SM), L グループ (CL, ML), H グループ (CH, MH) の間には、力学的性質の異なる傾向は見られるが、塑性図の A 線によって区分される C と M の間には、力学的性質の差異が必ずしも見られない。

2. このことは、塑性図の A 線が、有機質土、火山灰質土の塑性指数の液性限界に対する上限の関係を示すことにおいて有意義ではあるが、無機質土を C の記号を付す粘性土と M の記号を付すシルトに分けることについては不適当であることを意味している。この点で、土の判別分類法委員会の修正提案は一つの正しい方向を示して

いると考える。

3. CH と MH, CL と ML, SC と SM は、現行の Casagrande の区分法では、あまりに相違のない土に、きわめて異質な土であることを連想させる C と M の記号をつけて二分しているのこの点をあらためるため、細粒分がダイレイタンシー試験、塑性ひも試験、乾燥強度試験などの簡易試験で明瞭にシルトとみられるもののみ M の記号をつけ、A 線の下側の粘性土を A 線の上側の粘性土と区別して記録しておく必要があれば、CH', CL', SC' の表現によるのがよいと考えた。このような規則にしたがえば、土の判別分類法委員会の提案している簡易分類法におけるシルトと ML, MH との対応がきわめてよくなる。

4. 東海地方の CH の乱さない土については、一軸圧縮強度と含水比との間に、ほぼつぎのような平均的関係がある。

$$q_u \approx 3 \times 10^{11} W^{-0.35}$$

ここに、 q_u ：一軸圧縮強度 (kg/cm²)

w ：含水比 (%)

ただし、土の密度、飽和度、骨組構造などの違いの影響によりばらつきは大きい。

5. 東海地方のちゅう積層の圧縮指数と初期間げき比の間には、ほぼつぎのような平均的関係がある。

$$C_c \approx 0.5(e_0 - 0.5)$$

ここに、 C_c ：圧縮指数

e_0 ：初期間げき比

6. 統一土質分類のみにより土の力学的性質を推定する諸関係は、きわめてばらつきが大きい。したがって、土質分類が正確に行なうための資料もとのえておくべきではあるが、設計に用いる数値は、土質分類から推定するのではなく、土質試験によって決めることの必要性が認識される。

7. 塑性図分類と対応のよい粒度組成三角座標を設定することは、きわめてむずかしいと考えられた。

(1970.6.12・受付)

〔植下：正会員 工博 名古屋大学助教授 工学部
野々垣：正会員 名古屋大学助手 同〕

飽和砂層の液状化機構に関する理論的研究

尾 島 勝

砂質地盤の液状化現象は、構造物の耐震設計上解明されるべき重要な問題であるが、その機構はまだ十分に解明されたとはいえない。

本研究は、流体力学的視点にたち、砂質地盤の液状化の予測に関する基礎的研究として、砂質地盤の簡単なモデルを設定し、液状化の過程を過剰間げき水圧 u の発

生・逸散過程として理論的に考察したものである。

飽和砂層の液状化現象を加速度場における砂層構造骨格の崩壊作用によって生じるものと考え、液状化の程度を表現するために、本質的な液状化度 $L_e \equiv (1/r') \cdot (\partial u / \partial z)$ と見かけの液状化度 $L_a \equiv u/r'z$ を定義し、これらの表わす力学的意味について述べ、液状化機構の解明には L_e を用いて考察すべきであることを示した。

砂層は、構成粒子の大きさのレベルという意味でのミクロな見方に立てば離散的であり、粒子の大きさ、接触点の数、接触圧などが非常に不均一であることは明らかである。したがって、砂粒子の集合体が加速度場におかれた場合、マクロには一様な加速度分布をしていると考えられても、個々の粒子についてみれば必ずしもそうではない。振動加速度がある値に達するまでは粒子は可逆的な変形を繰り返すが、この値を越せば粒子相互の位置を変え、そのときの加速度に対して安定を保てるような位置に移行しようとする。この限界値を励起加速度 a_e と呼び、つぎのように仮定した。

$$a_e = (\sigma_v - u) \cdot \varphi(\lambda) = (r'z - u) \cdot \varphi(\lambda)$$

この式で表わされるように、 a_e は砂粒子間の有効応力 $(\sigma_v - u)$ 、間げき率 (λ) によって変わるが、さらに、定量化しにくい砂粒子の形状・粗度などによっても変化すると考えられる。

砂層構造の崩壊を L_e 、 a_e を用いて説明し、簡単な砂層モデルについて、浸透流の基礎式から発展させた液状化の基本式を、計測可能な過剰間げき水圧 u に関する微分方程式で与えその近似解を求めた。とくに、液状化過程初期の u の性状と砂層の沈下性状を説明するために、 u を体積ひずみと直接的に関係する成分 u_s と、体積ひずみには関係しないとする成分 u_d とに分ける仮想観念を用いたが、その妥当性については数値計算を行なった結果から検証することができた。

ここで得られた近似解は、微小時間間隔 $\Delta\tau$ について成立するものであり、液状化の全過程の u の性状は、この微小時間間隔 $\Delta\tau$ で解を逐次計算することによって知ることができる。ところで、近似の精度上重要な要素としてこの $\Delta\tau$ が問題になるが、砂層厚さ 1 m、透水係数 0.01 cm/sec のモデルについて加速度 $a_{\max} = 100$ gal の外力を与えた場合の u の値を、 $\Delta\tau = 0.5, 0.1, 0.01$ sec として計算した結果、 $\Delta\tau$ をあまり大きくとりすぎると u が振動し近似度が悪くなることが明らかになった。

理論展開のうえで重要な仮定である励起加速度 a_e や、液状化度 L_e と外力との関係を与える液状化速度係数 R などは、実験に基づいて決定されなければならない。したがって、これらの値は数多くの試料について、数多くの実験を行ない、より正確な値を与えることが必要であ

り、さらには、実際の地盤条件との比較検討を行なうことが必要となる。

(1970. 6. 19・受付)

【尾島：正会員 工修 京都大学助手 工学部】

道床部に着目した新軌道の研究

佐藤 裕・樋口芳朗

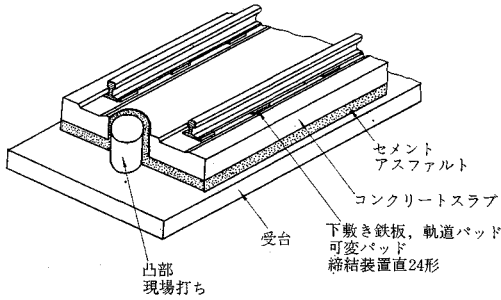
本論文は、道床部に焦点をしばって省力志向の開発研究を実施した結果につき記したものであり、提案された独自の新軌道構造や新しい複合材料を、その特徴としている。

まず軌道構造に関する省力志向の問題点を概観し、これまで実施されてきた点を紹介したのち、とくに道床部に焦点をしばりコンクリートまくらぎの果たしてきた役割について述べた。

まくらぎをコンクリート化すること自体が保線作業の省力に貢献するところは大きかったが、まくらぎそのものの製作にさいしての省力化についても不断の努力が重ねられてきた。新幹線以前はほとんど全部のまくらぎがプレテンション方式でつくられてきており、長い間 2 本よりの 2.9 mm P C 鋼線をさびさせるということで附着を確保していたが、さびという自然現象に頼ること自体管理上問題があり省力上も好ましくない点があるので、異形 P C 鋼線を用いることによりこの難点を解決するとともに 3 本よりにするとか 5 mm 鋼線を用いることにより取扱本数を減少させて省力化することに最近ふみきった。また東海道新幹線で大量に採用されたポストテンション方式の方が大量生産に適しており省力化の点からも有利であることを指摘するとともに、このポストテンション方式の場合もポンドレス化その他の検討によりさらに省力化を徹底させるべきであるとしている。P C まくらぎが果たした功績は顕著であったが、社会情勢の急激な変化のために保線作業労働力を確保することが、ますます困難となることは明らかであって、一方では機械化保線が強力に進められるとともに、保線を徹底的に省力化しうる軌道構造への要求がとくに強くなった。今後建設すべき新幹線網においてはとくにしかりである。

省力化を徹底させようとするればパラストを廃止するという方向をとるのが必然であるが、このような軌道の試みはすでに内外に多くの例がある。長大トンネルではとくに保線作業が困難であるからとくに努力が注がれ、種々の経験を経たのち昭和 35 年には北陸トンネル全長 13 km にコンクリートまたは木ブロックを埋め込んだ改良形軌道が実施されている。このようなパラスト軌道が特殊区間のみに限られ一般に広く拡張されるに至らなかった理由は、高価であること、施工速度が遅くないこ

図-1



と、基盤の変状（主として沈下）に対して修正ができないこと等の壁が高かったからであると考えられる。古くからの多くの試みが、それだけにとどまったのも同様の理由によっている。

山陽新幹線ではトンネルや高架区間が 2/3 以上を占め、今後の新幹線網においても同様のことが予想されることから、まずトンネルや高架橋梁に適用されるもの、ついで路盤上のものを開発するのが適当と判断された。

以上のような事情を背景としてつぎに述べるようなパラストレス軌道（図-1 参照）が開発された。すなわち、トンネルや高架橋梁のコンクリート上に約 50 mm 程度の間げきをあけて長さ約 5 m のコンクリートスラブを配列し、正しい位置に調節したのち間げきにセメント・アスファルトモルタルをてん充して十分な支持力と適当な弾性をもった支持層をつくるものである。基盤コンクリートが沈下したときの修正はスラブだけを高上することによって生じた空げきに急硬性のセメント・グラウトを注入すればよい。セメント・アスファルトモルタルや急硬性セメント・グラウトは新しく開発されたグラウトである。レールはスラブ上に弾性締結されるが、この支持弾性はレール波状摩耗の恐れがなく、また衝撃に対する緩衝性を十分とったものとする。なおスラブに対してレールの上下および左右の調節も可能としているが、このさい新たに開発した可変パッドを用いて十分な精度が得られるようにしている。

スラブ軌道についてはその他の形式も含めて、全体設計、部品設計および室内実験を行なったのち、津田沼実験所構内に実物模型軌道を敷設した。敷設に当っては急速施工が可能であるような機器を試作し、これらを用いた施工経過を調べることも重要な研究項目であった。試作された軌道については特別の荷重試験車によって載荷し、各部に生じる変形量を測定して計算値と対比した。続いて貨車の車軸に取り付けた加振機によって連続加振を行ない動特性や耐久性を検討した。試験結果が良好であったので、営業線敷設軌道を再設計し、実車による各種の測定を行なって実用上難点のないことを確かめたが東海道新幹線の試験では、200 km/h にいたるまでの試

験を行なった。このスラブ軌道は、さきに述べた壁を原則として超えたことが判明したので本格的な実用段階にはいりつつある。

(1970.7.4・受付)

[佐藤：正会員 工博 国鉄鉄道技術研究所]
[樋口：正会員 工博 国鉄鉄道技術研究所]

コンクリートの動的粘弾性定数 ならびにポアソン比について

畑野 正・渡辺啓行

コンクリートのごとき粘弾性体の動力学的性質は、少なくとも Maxwell-Kelvin 体のごとき工学模型を採用するのでなければ、精度高く表現できないことを著者の一人は以前から主張して来たが、ここに 2 種類の配合のコンクリート供試体について一軸の周期的圧縮荷重実験を行ない、詳細に動的粘弾性定数ならびにポアソン比を求め、これらをおおのこの配合のコンクリートについて応力レベルに応じて定まる一次式として表現することのできることを明らかにした。

これらの結果をコンクリート構造物の震動解析に使用することにより合理的な振動挙動の説明に資することができると思われる。

(1970.3.23・受付)

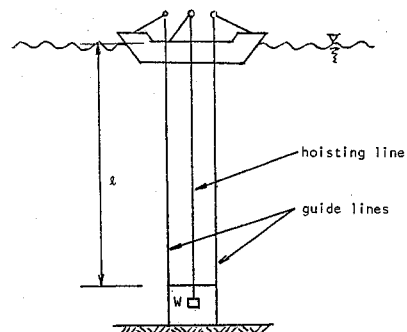
[畑野：正会員 工博 電力中央研究所技術第一研究部]
[渡辺：正会員 工修 電力中央研究所技術第二研究部]

海洋中に投じた長いロープの ランダム振動（英文）

星谷 勝・T. Zsutty

本文は海洋中に投入された海洋探査装置を支持する長いロープ構造の安定性をランダム解析法を用い検討し、その解析法を明らかにしたものである。図-1 に示すごとく 2 本の補助ロープを、この主ロープに平行に投入し、水平ロープで 3 本を結ぶことにより探査装置の横変位を拘束した。問題となる構造力学上の主要点は海洋の

図-1 Schematic Hoisting System



不規則な乱れ（嵐の直後の状態）に対し、このロープ構造の安定性をいかに保持するかである。もし主ロープおよび補助ロープの間隔が十分でなければ、乱流により互いにかみ合い、その機能を失うであろう。

本研究は大別し2つの問題より構成されている。第一にロープに作用する外力の数学モデルの誘導である。この外力としては海洋表面波、海中における定常な海流および乱流が考えられる。さらにロープ構造の上部境界として舟の上下動の影響もある。したがって、これらの外力を含んだ解析は高度の非線形振動問題となり難解である。ここでは各外力の影響を個別に考察し、安全性解析に最も影響を与える乱流に対し、その数学モデルを検討した。つぎにこの乱流によるロープ構造の振動解析法をFrequency Response法で行ない、確率論よりロープの最小必要間隔を求めた。最後に数値解析例を示した。

(1970.4.13・受付)

[星谷：正会員 Ph. D. バージニア工科大学助教授 応用力学科
Zsutty： Ph. D. サノ州立大学教授 土木および応用力学科]

2 つのランダム過程の最初に 交差する確率（英文）

星 谷 勝

本文は2つの定常ガウス過程（平均値0）の互いに交差する確率を検討した。ランダムな外荷重によって、最初にDの間隔を有した2つのシステム（構造系）はランダム振動を始める。一定時間内にシステムが互いに交差しない確率（信頼度）を理論解析した。

まず最初にこの2つのシステムの交差の問題を1つのシステムが一定値を越えない確率を時間 {t, t+dt} に関して求める問題に変換し、つぎに Bendat による既存の公式を用いて、信頼度の公式を導いた。

最後に、この信頼度の構造力学（とくにランダム振動による構造物の破壊の確率）に対する応用について述べ、その応用例を示した。

(1970.6.12・受付)

[星谷：正会員 Ph. D. バージニア工科大学助教授 応用力学科]

直線土砂水路における交互洗掘（英文）

河村 三郎・H.W. Shen

蛇行河川が直線水路内に制限されると、普通に見られる蛇行河川と異なった状態となり、兩岸に交互洗掘を生ずる。このような交互洗掘の発生後に水深が減少すれば交互砂堆が観察される。この論文においては、下流方向における交互洗掘間の距離（蛇行長）および交互洗掘の最大水深を側壁粗度との関係から研究したものである。

1. 直線水路内の蛇行長

流速分布として、つぎの指数型の式を使用する。

$$u = u_{c \max} \left(\frac{2y_2}{B} \right)^m \left(\frac{z}{H} \right)^n \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 $u_{c \max}$ ：水路中央における最大流速、 y_2 ：側壁からの距離、 z ：鉛直方向の底面からの距離、 B ：水路幅、 H ：水深

m と n は定数であって、それぞれ式 (2)、(3) により与えられる。

$$m = 1 \left[\frac{\alpha \ln(M_1 H)}{\kappa \sqrt{8} (1+n)} - 1 \right] \dots\dots\dots (2)$$

$$n = 1 \left[\frac{\ln(M_1 H)}{\kappa \sqrt{8}} - 1 \right] \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 κ ：カルマン定数、 M_1 ：30/ k_{s1} であり、 k_{s1} ：水路床の代表粒径、 α ：水路床と側壁に対する摩擦速度の比 (u_{*1}/u_{*2}) であって、この値は足立博士の計算式から求める。蛇行長 (L) と水路幅 (B) との比 (B/L) は水路と蛇行の幾何形状から、つぎのようになる。

$$(B/L) \propto \bar{v}_{c \max} / u_{c \max} \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 $\bar{v}_{c \max}$ ：水路中央において $u_{c \max}$ を与える点の横断方向の最大流速。水路内に1個の2次流の循環があると仮定し、さらに水路の中央における鉛直方向の速度成分 (\bar{w}) はゼロであるとして、乱流におけるナビエーストックスの運動方程式と連続式から $\bar{v}_{c \max}$ の式を求めた。 B/L は比例係数を η とすると、つぎのようになる。

$$\begin{aligned} \frac{B}{L} = \eta \left\{ \frac{B}{2(1-m)(\bar{u}_{c \max})^2} \left[\frac{\partial \bar{u}_{c \max}}{\partial t} - \frac{n \bar{u}_{c \max}}{H} \frac{\partial H}{\partial t} \right] \right. \\ + \frac{B}{2(1-m)\bar{u}_{c \max}} \left(\frac{z_*}{H} \right)^n \\ \cdot \left[\frac{\partial \bar{u}_{c \max}}{\partial x} - \frac{n \bar{u}_{c \max}}{H} \frac{\partial H}{\partial x} \right] \\ + \frac{\nu}{\bar{u}_{c \max}} \left[\frac{2(2-m)}{B} + \frac{n(1-n)}{2(1-m)} \frac{B}{z_*^2} \right] \\ \left. + 2\kappa^2 \left(\frac{z_*}{H} \right)^{2n} \left[\frac{m^2(1-2m)}{(1-m)^3} + \frac{n^3}{(1-m)(1-n)^2} \frac{B}{z_*} \right] \right\} \dots\dots\dots (5) \end{aligned}$$

ここに、 z_* ：水路床面から最大2次流の生ずる点までの距離、 t ：時間、 ν ：動粘性係数

つぎに、定常的な流れの場合を考え、さらに式(5)の動粘性係数の関係する項は小さいので省略すると、つぎの式が得られる。

$$\frac{B}{L} = \eta_a \left[\frac{m^2(1-2m)}{(1-m)^3} + \frac{n^3}{(1-m)(1-n)^2} \left(\frac{B}{H} \right) \right] \dots\dots\dots (6)$$

実験水路と実際河川の資料から $\eta_a = 0.8$ が得られた。滑面側壁に関する m の値は粗面側壁に関する値よりも小さいので、滑面側壁に関する B/L の値は小さな値とな

る。したがって、滑面側壁に関する蛇行長は粗面側壁に関する蛇行長よりも長いことが推察される。

2. 交互洗掘水深

相対洗掘水深 (H_*) をつぎのように定義する。

$$H_* = (H_{\max} - H) / H \quad \dots\dots\dots(7)$$

ここに、 H_{\max} : 洗掘部の最大水深、相対洗掘水深は循環に比例すると考えられる。この循環は水路中心線における $y-z$ 面に垂直な軸についての回転、 $\xi = (\partial \bar{w} / \partial y - \partial \bar{v} / \partial z)$ 、に関係づけられる。したがって、 H_* をつぎの式で与えることにする。

$$H_* = C(\xi_s)^\epsilon \quad \dots\dots\dots(8)$$

ここに、 C と ϵ は定数である。 ξ_s は

$$\begin{aligned} \xi_s &= \frac{4}{A} \int_{1/M_1}^{H/2} \int_{1/M_2}^{B/2} \xi \, dy \, dz \\ &= \frac{-4}{BH} \int_{1/M_1}^{H/2} \int_0^{B/2} \left(\frac{\partial \bar{v}}{\partial z} \right) dy \, dz \quad \dots\dots\dots(9) \end{aligned}$$

となる。

ここに、 A : 水路の横断面積

$\partial \bar{v} / \partial z$ を式 (9) に代入して ξ_s を求め、さらに微少項を省略して、つぎの式が得られた。

$$H_* = C_b \left[\frac{n^3 (M_1 H)^{(1-n)}}{(2+m)(1-m)(1-n)^2} \left(\frac{a_c \max}{H} \right) \left(\frac{B}{H} \right) \right]^\epsilon \quad \dots\dots\dots(10)$$

実験水路と実際河川の資料から $C_b = 0.054$, $\epsilon = 0.4$ が得られた。滑面側壁に関する m の値は粗面側壁の値よりも小さいので、滑面側壁水路の最大洗掘水深は粗面側壁水路の最大洗掘水深よりも小さいことが推察される。以上のことから、水路床粗度と側壁粗度との差は交互洗掘の形成について、非常に重要な要素であることが推察される。また、交互洗掘の形成が側壁粗度に関係していることから、直線土砂水路内の蛇行形成を予防するためには、水理学的に過度の粗い側壁を作ることはさけるべきであろう。

(1970.6.19・受付)

[河村：正会員 工博 岐阜大学助教授 工学部
Shen：Ph. D. コロラド州立大学教授]

論文報告集への討議について

1. 討議は論文報告集掲載の全論文を対象とします。
2. 討議の受け付けは論文報告集掲載後6ヵ月以内とします。
3. 討議原稿を提出するときは学会原稿用紙に必要事項を記入のうえ論文集編集委員会へてご提出下さい。
4. 討議原稿の取扱いは論文集編集委員会にご一任下さい。
5. 討議に関する問合せは論文集編集委員会へご連絡下さい。

鉄道工学

●森北土木工学全書14

日本鉄道施設協会 高橋 寛 著 A5 / 1200円
専務理事

陸上交通機関として主要な役割を果している鉄道は、社会情勢・科学技術の進歩と共に変化している。本書は鉄道の近代化の方法、近い将来に開発される新形式の鉄道について述べる一方、鉄道の路線を主体に鉄道全般の機能・運営および保全などの基本について詳しく解説した。

- 主要目次
- 1 総論
 - 2 鉄道線路一般
 - 3 軌道
 - 4 分岐装置
 - 5 停車場
 - 6 車両・運転
 - 7 鉄道の建設・改良・保線
 - 8 保安装置
 - 9 高速鉄道

応用水文統計学

岩井重久・石黒政儀共著 A5 / ¥2500

本書は、わが国で最初の水文学・水文統計学を集成した専門書である。内容は極めて平易で計算例を随所に掲げて解説し、特に本邦各地の確率雨量分布は様々な水工計画に直ちに適用できる。

■主要目次 水文学・水文統計学概説 誤差論・最小2乗法の概説 母数・統計値と正規分布 水文資料抽出の分類法とそれらの相互関係 超過の確率と対数正規分布の解法 極値分布とその解法 指数分布とその解法 確率降雨強度式の算定法 本邦確率雨量分布図と降雨強度式算定法 ハイエトグラフとその算定法 流出量算定法概説 コアキシャル・リレイション法

土木施工法

松尾友也編 A5 / ¥1800

新工法・新型機器の開発・出現などによる最近の土木技術の進歩は目覚しく、従来行なわれていた形式の土木工事を大きく変えた。この現況をふまえて、本書は現在工事の第一線で活躍している技術者20数名が、各自の専門分野を担当・執筆し、豊富な図面・写真・データによって最近の施工技術を詳しく解説した新進技術者・学生のための必読書。

■主要目次 基礎工 重機土工 岩石掘削 コンクリート工 トンネル 施工計画 参考図書

森北出版

●図書目録・内容見本送呈——小社企画部Q I係までご請求ください
東京都千代田区神田小川町3の10 電話03-292-2601 振替東京34757