

論文紹介

今月は論文集第 158 号 (43 年 10 月発行) 掲載論文として、つぎの 5 編を紹介いたします。今月紹介した論文に対する討議は 44 年 4 月 20 日まで受け付けます。次号では論文集第 159 号 (43 年 11 月発行) 掲載予定論文として下記の 8 編を紹介する予定です。

後藤尚男・亀田弘行：地震時における最大地動の確率論的研究

小西一郎・山田善一・高岡宣善：長大つり橋の地震応答と耐震設計法に関する研究

矢村家利：浮揚せる二重壁ケーソンの静的安定性

岩井重久・北尾高嶺：生物酸化における基質濃度の浄化速度におよぼす影響

大浜文彦・富田和政：実験計画法による富配合軽量コンクリートの研究

佐佐木綱・松井 寛：会場内の観客流動モデル

阪本好史：超硬練り貧配合コンクリートの振動締め固めによる充填性および強度について

丸安隆和・清水 仁・島田厚二：都市における自然災害一特に崖崩れの危険度予知についての研究一

円弧アーチの弾塑性解析

山崎 徳也・石川 信隆

1. まえがき

本論文はアーチ鋼構造物の弾塑性挙動を解明するため、まず円弧アーチに対する変形の微分方程式を用いて弾塑性領域を考慮した ϕ -法公式を導き、ついで H 型、箱型および長方形断面をもつ静定アーチに対する弾塑性解析を行ない、軸力および軸線の伸縮による影響を考察した。さらに不静定アーチの弾塑性時における断面力および変形量の算定手法を確立するとともに、2 ヒンジおよび固定アーチを例としてその弾塑性挙動を理論的に考察した。

2. アーチに対する ϕ -法公式

いま 図-1 (a), (c), (e) に示すごとく弾性、第 1 弾塑性および第 2 弾塑性状態の応力分布を用い、各状態に

図-1

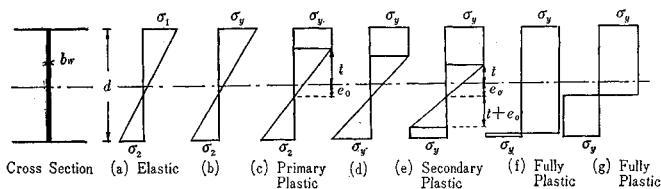
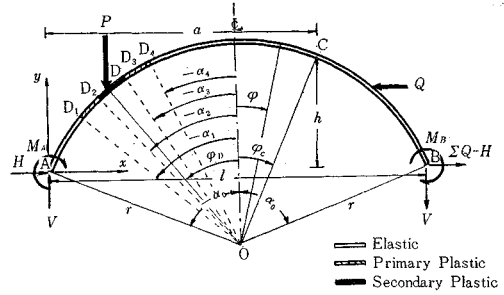


図-2



における曲げモーメント M と軸力 N に対する曲率の変化 ϕ と軸線の伸縮 ϵ との関係式を求めれば、それぞれ次式がえられる。

$$\phi_i = f(m, n), \quad \epsilon_i = g(m, n), \quad i=0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

ただし、 $m = M/M_y$, $n = N/N_y$, M_y : 純曲げによる降伏曲げモーメント, N_y : 軸力のみによる全断面降伏力。また添字記号 $i=0, 1, 2$ はそれぞれ弾性、第 1 弾塑性および第 2 弾塑性の各応力状態を示す。

ここで、図-2 のごとくアーチ AB の D_1D_2 , D_3D_4 および D_2D_3 の範囲に第 1 および第 2 弾塑性領域が生ずるものとすれば、円弧アーチに対するたわみ曲線および弾塑性境界すなわち $\phi = -\alpha_j (j=1, 2, \dots, 4)$ におけるたわみとたわみ角の連続条件を用いて、次式のごとき弾塑性領域を考慮した ϕ -法公式がえられる。

$$\begin{aligned} \delta_C^x = & \delta_A^x + h \theta_A - \left[\int_A^C \{ \phi_0(h-y) + \epsilon_0 \cos \phi \} ds \right. \\ & + \int_{p_1} \{ (\phi_1 - \phi_0)(h-y) + (\epsilon_1 - \epsilon_0) \cos \phi \} ds \\ & \left. + \int_{p_2} \{ (\phi_2 - \phi_0)(h-y) + (\epsilon_2 - \epsilon_0) \cos \phi \} ds \right] \quad \dots \dots \dots (2a) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_C^y = & \delta_A^y + a \theta_A - \left[\int_A^C \{ \phi_0(a-x) + \epsilon_0 \sin \phi \} ds \right. \\ & + \int_{p_1} \{ (\phi_1 - \phi_0)(a-x) + (\epsilon_1 - \epsilon_0) \sin \phi \} ds \\ & \left. + \int_{p_2} \{ (\phi_2 - \phi_0)(a-x) + (\epsilon_2 - \epsilon_0) \sin \phi \} ds \right] \quad \dots \dots \dots (2b) \end{aligned}$$

$$\theta_C = \theta_A - \left[\int_A^C \phi_0 ds + \int_{p_1} (\phi_1 - \phi_0) ds + \int_{p_2} (\phi_2 - \phi_0) ds \right] \quad \dots \dots \dots (2c)$$

ここに、 δ_A^x, δ_C^x および δ_A^y, δ_C^y : A 端および C 点の水平および垂直変位, θ_A, θ_C : A 端および C 点のたわみ角

上式中の積分記号の添字 p_1 および p_2 はそれぞれ A~C 間のアーチ表面における第 1 および第 2 弾塑性領域の材軸方向の長さを示し、図-2 では p_1 を $-\alpha_1 \sim -\alpha_2, -\alpha_3 \sim -\alpha_4$, p_2 を $-\alpha_2 \sim -\alpha_3$ の範囲にとり、これ

ら弾塑性境界を指定する α ($j=1, 2, \dots, 4$) は 図-1(b) および (e) の弾塑性境界条件により算定される。たとえば, α_1 および α_2 に対してはそれぞれ次式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} |m(\varphi=-\alpha_1)| &= 1 - n(\varphi=-\alpha_1) \\ |m(\varphi=-\alpha_2)| &= 1 + \lambda_1 n(\varphi=-\alpha_2) - 2\lambda_2 \{n(\varphi=-\alpha_2)\}^2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

ただし $\lambda_1 = (1+\rho)/(1+3\rho)$, $\lambda_2 = (1+\rho)^2/(1+3\rho)$, $\rho = A_F/A_W$

式 (3) の $m(\varphi)$ および $n(\varphi)$ は 図-2 より次式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} m(\varphi) &= \frac{M(\varphi)}{M_y} = \frac{1}{M_y} \left\{ \frac{M_A}{2} \left(1 - \frac{\sin \varphi}{\sin \alpha_0} \right) - \frac{M_B}{2} \left(1 + \frac{\sin \varphi}{\sin \alpha_0} \right) - Hr(\cos \varphi - \cos \alpha_0) + M_0(\varphi) \right\} \\ n(\varphi) &= \frac{N(\varphi)}{N_y} = \frac{1}{N_y} \{ H \cos \varphi - V \sin \varphi + N_0(\varphi) \} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

ここに $M_0(\varphi)$ および $N_0(\varphi)$ はアーチ AB を単純アーチばりとして見做したときの荷重による曲げモーメントおよび軸力を示す。

3. アーチの弾塑性解析法

不静定アーチを対象として式 (2) の ϕ -法公式を用いる弾塑性解析手法は、支点的反力を未知数に選び支点における境界条件を用いて解く従来の応力法に帰着し、その算法は式 (3) を併用するくり返し試算となる。さらに塑性ヒンジが形成される場合には、支点的反力および新たに生じた未知たわみ角に対してつぎに示す式 (5) の完全塑性条件およびたわみの連続条件が対応するゆえ、結局未知数と同数の条件式がえられることになる。

すなわち、図-1(f) または (g) より次式がえられる。

$$\left. \begin{aligned} |m| &= 3\lambda_1(1-n), \quad n \geq 1/(1+\rho) \\ \text{または } |m| &= 3(\lambda_3 - \lambda_2 n^2)/2, \quad n < 1/(1+\rho) \end{aligned} \right\} \dots\dots (5)$$

(1967.11.20・受付)

〔山崎：正会員 工博 九州大学教授 工学部〕
〔石川：正会員 九州大学助手 工学部〕

井筒の振動に対する粘性の影響

佐藤亮典・川崎鉄一郎

強制振動の振幅に粘性がきわめて大きく影響することは周知の事実であるが、粘性を考慮することによって井筒の振動は解析がきわめて困難となるため、従来これをまったく無視するか、きわめて略算的に考慮するに過ぎなかった。固有周期さえ正確に求め得なかった従来の状況から考えて、これはやむを得なかったことであろう。

しかるに今回、analogue computer を用いて井筒の

振動をきわめて厳密に解くことが可能となったので、きわめて重要であるにもかかわらず、ほとんど顧慮されなかった粘性抵抗の分野の検討を試みた。

まず粘性が振動におよぼす影響を理論的に説明し、つぎにこれらが実際にどのように表われるかを例示した。結論を要約すると、(1) 井筒の減衰は井筒各部の粘性の単純和の関数ではなく、各部の粘性を変位量の自乗をウェイトとして加算したものの関数であること、(2) 地震時強制振動幅は、粘性係数や地震速度に関係するほか、位相ずれにも関係すること、(3) 井筒などの振動では共振時の位相差は $\pi/2$ でないこと、などである。

(1967.12. 8・受付)

〔佐藤：正会員 日本道路公団 岩槻工事事務所所長〕
〔川崎： 前日本道路公団 名古屋支社工事課〕

都市における上水需要量の変動特性について

住友 恒

本論文は、都市上水道の需要特性が水量の変動過程において顕著にあらわれるという立場にたつて、上水需要水量の動的解析を行ない、特性の定量的な把握において取り扱ったものである。

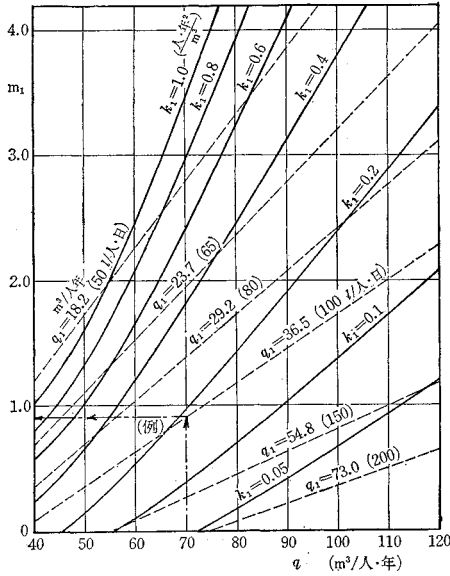
研究対象が多様であり、解析手法も未確立であることを考慮して、都市上水の需要体を巨視的にとりあげた。とくに需要者の一人当り需要水量に注目したとき、これを二種に分離して、生活に不可欠な水量とそれ以外の用途に用いられる水量としてとりあげ、それぞれの水量変動に特性を見出すことを試みた。この二種の単位水量 (q_1 と q_2 とする) の相対関係を、半理論的に、簡単な数式 (単位水量およびその変化率の多次関数) によってモデル表示し、これを基礎として理論の展開や実用化を行なった。

結果の一例として、給水人口の増大に対して給水能力を拡大したときの需要水量の変動はつぎのごとく求められる。

$$\begin{aligned} \Delta Q(t) &= \frac{d(1+m_1)^2 + a \cdot e \cdot k_1 \cdot q^2}{a \cdot (1+m_1)^2} \\ &\quad \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{(1+m_1)^2}{k_1 \cdot q} \cdot t\right) \right\}, \\ \Delta q(t) &= \frac{d(1+m_1)^2 + a \cdot e \cdot k_1 \cdot q^2}{a \cdot P \cdot (1+m_1)^2} \\ &\quad \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{(1+m_1)^2}{k_1 \cdot q} \cdot t\right) \right\} - \frac{e \cdot q}{P} \cdot t, \end{aligned}$$

ここで、 $\Delta Q(t)$ は時間 t (年) における全需要水量の増加量 (m^3 /年)、 $\Delta q(t)$ は同じく一人当り需要水量の増加量 (m^3 /人・年)、 d は給水能力拡大のための支出額を年間給水経費増に換算した値、 a は上水の単位コスト、 e は給水人口伸び率、 q は一人当り需要水量 ($=q_1+q_2$)

図-1



の変動前の初期値、 P は給水人口の初期値、 m_1, k_1 は変動あるいは需要の特性をあらわす係数 (k_1 は (人・年²/m³) のディメンジョンをもつ) である。

一方、わが国における給水人口 5 万人以上の全都市のうち約 30 都市の需要水量変動実績をとりあげ、これを理論実用式によって解析し、標準的な需要特性を上記の特性係数を用いて定量的に求めた。

図は解析結果の一例で、たとえば $k_1 \cong 0.18$ と設定したうえで比較的比較検討を行なうことができる。その都市が標準的な都市で、一人当たり需要水量が 70 m³/人・年 (約 190 l/人・日) ならば、 $m_1 \cong q_2/q_1 \cong 0.9$ を求め、 q_2 すなわち一種の余裕的な水量が約 90 l/人・日あることがわかる。他の都市についても同様に行なったのち比較を行なう。

この種の実績データ分析を通じて、理論そのものの妥当性についても段階を追って考察を加えた。

結論として、本論文では、各都市上水需要における水量的な余裕を推定し、その値によって需要特性や変動特性を指摘し、とくにこれら特性は一人当たり需要水量と一義的な関係にあることを定性的には定量的にも明らかにした。またこのような特性把握が、長期的な上水道設計・管理にいかんにか活用できるかに論及し、従来の定性的把握にとどまっていた上水需要特性に対し新たな角度からの検討を加えたものである。

(1967.12. 4・受付)

[筆者：正会員 京都大学助手 工学部]

コンクリートの品質保証に関する基礎考察

尾坂 芳夫

現場コンクリートの品質に必要な条件と品質の保証の方法について、一般的な考察を行ない、既往の工事の経験と工程管理の資料に応じて抜取検査の方法を定めること、およびコンクリートの設計施工が土木学会コンクリート標準示方書の原則によって行なわれている一般の場合には、 $p_0 = p_a$ にたいして $\alpha = 1/10$ とする抜取検査方法は一応適当であることを述べた。これを要約すればつぎのようである。

(1) 現場コンクリートの品質の保証の方法を検討する場合は、まず、構造物に必要なコンクリートの品質を明らかにすることが必要である。

構造物に必要なコンクリートの品質は、構造物または部材の形状寸法、荷重作用の性質、施工方法等を考えて定義することが必要であり、単に、原材料としての品質規格を検査の便宜から定めても意味が少ない。

(2) コンクリートの品質の変動がある程度以下であれば、断面の極限状態において大略破壊強度に近い圧縮応力をうけるコンクリート領域の平均強度を部材断面の強度を判断する資料として用いることができる。部材断面におけるコンクリートの強度と原材料としてのコンクリートの強度との関係は、部材の形状寸法、荷重作用の性質等に応じて、実験的に定めることが必要である (図

図-1 コンクリートの応力度・ひずみ度の関係

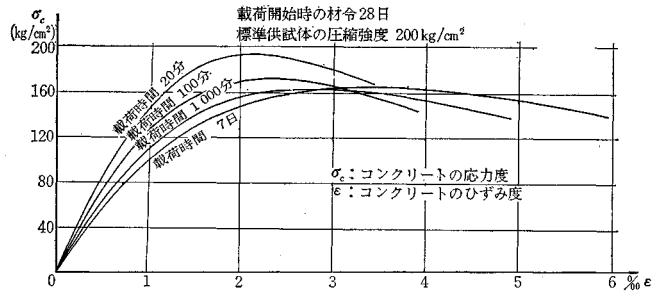
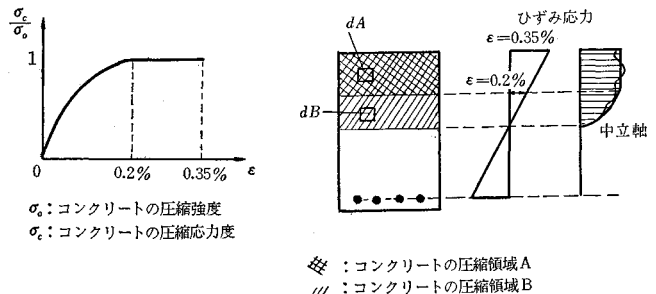


図-2

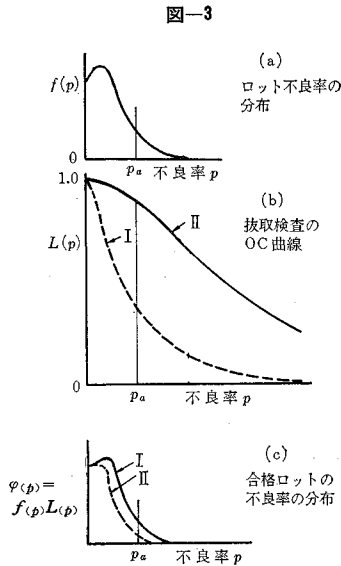


一、図一2)。

(3) 原材料としてのコンクリートに許容される不良率の値は、部材の形状寸法と荷重作用の性質のほか、設計計算の方法にも関係する。標準示方書に示されている不良率の限度 p_a および p_b は、一般の設計方法を用いる場合の部材断面強度を保証する品質を定めようとするもの、と考えるのが適当である。

(4) 構造物の強度を保証しようとする場合、構造物の重要度は、設計基準強度にたいする配合強度の割増し係数、安全率または安全度、設計荷重が実荷重にたいしてもつ余裕等を定める際に、これを考慮することができる。しかし、設計者と施工者とが別個の者である実情および設計の段階で構造物の重要度を認識することが必要不可欠であることから、構造物の重要度は、設計計算における安全率または安全度において、これを考慮し、割増し係数その他で、これを考慮しないことにするのが適当である。

(5) 現場コンクリートの品質を保証しようとする場合は、既往の工事の経験と現場工程の管理の資料がきわめて大切である。これらの資料の情報を無視して一般の抜取検査方法を形式的に適用し、コンクリートの品質を判定しようとするのは、適当でない(図一3)。

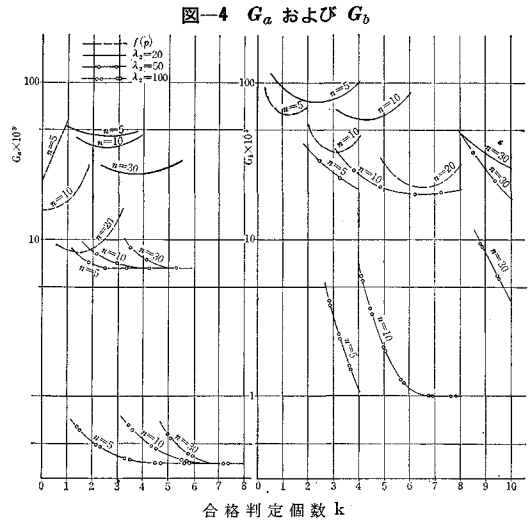


図一3

(6) 既往の工事の経験と現場工程の管理の資料がなく、圧縮強度の試験値のみが既知の場合は、抜取検査方法により、コンクリートの品質の判定を行なわざるを得ない。この場合、検査の方法は、どの不良率のコンクリートロットも、平等につくられ得るとして、施主と請負者の保護および検査方法に起因する損失をなるべく小さくすることを考えて、これを設定するのが適当である。この場合、少ない数の試験値で抜取検査を実施することは適当でない。

しかし、既往の工事の経験と現場工程の管理の資料が全くない場合は、きわめてまれである。

(7) 平均値による抜取検査方法は、これを行なうまえに、工程の安定性の判断と標準偏差の推定とを行なうことが必要である。したがって、品質判定の誤りの危険は、標準偏差の推定の誤りと抜取検査の危険率とに分轄される。この方法は品質判定の誤りの確率が不明確なので、工程の母標準偏差が十分正確にわかっている場合のみ、用いるのが適当である。



図一4 G_a および G_b

図一5 抜取検査で合格と判定されるロットの不良率

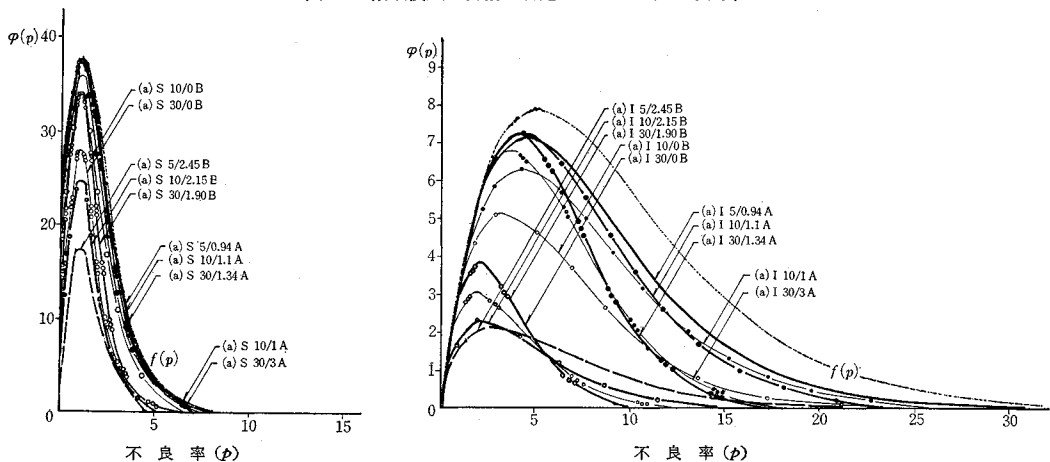
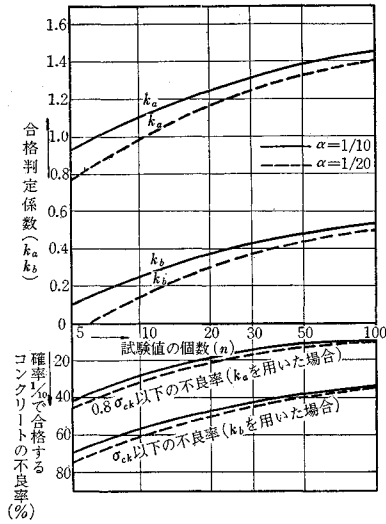


図-6 計量抜取検査の合格判定係数



しかし、工程の母標準偏差が十分正確にわかっている場合は、一般に、工程管理の資料が十分に得られているので、コンクリートの品質判定には、この資料も活用するのが適当である。

(8) 圧縮強度の試験値のほか母標準偏差を既知として抜取検査を行なう場合は、平均値による抜取検査と不良率による抜取検査とで、検査の精度に関する優劣はない。

しかし、土木学会の標準示方書では、現場コンクリートの品質規格を不良率によって定めているので、不良率による抜取検査を行なうのが直接的である。

(9) 現場コンクリートの品質を検査する場合、抜取検査方法は、検査方法に起因する損失を最小とするように、設定するべきである。

検査方法に起因する損失の期待値 G_a は、

$$G_a = \int_0^{p_a} f(p) \{1 - L(p)\} M(p) dp + \int_{p_a}^1 f(p) L(p) N(p) dp + T(n)$$

であり、 $f(p)$ 、 $M(p)$ 、 $N(p)$ 、 $T(n)$ 等は既往の工事の資料から、定めておくことが必要である (図-4)。

(10) 一般の場合、コンクリートの工事は、土木学会コンクリート標準示方書の原則により、設計施工されており、現場工程はある程度安定している場合が多い。この場合は、 $p_0 = p_a$ (または $= p_b$)、 $\alpha = 1/10$ の条件で定めた土木学会の抜取検査方法は、改善すべき点もあるが、この方法を用いて、品質判定を行なっても、検査方法に起因する損失は小さい (図-5、図-6)。

(1968. 1. 8・受付)

[筆者：正会員 国鉄構造物設計事務所]

二次圧密を考慮した二次元脱水による 一次元圧密について (英文)

山田 伴次郎

一般の道路あるいは堤防のように縦断方向に比較的長い帯状の土構造物が粘土層上に敷設される場合、粘土層には構造物の横断方向と鉛直方向との二次元方向の脱水による一次元圧密の状態が成立することが考えられる。また軟弱地盤などにおいては、土のクリープ変形は一次元圧密完了後もかなり長期にわたって継続し、しかもその変形量は相当に大きいので、圧密計算にあたって無視し得ないものである。よって、二次圧密を考慮した二次元脱水による一次元圧密について理論解析を行なった結果この場合の圧密度を表わす式を得た。

$$U = \frac{v}{v+r} \left(1 - \sum_{i=1}^{\infty} Q_i e^{-\frac{(bm_i)^2}{4} a T_v} \cdot \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{8}{(n\pi)^2} e^{-\frac{(n\pi)^2}{4} T_v} \right) + \frac{r}{v+r} (1 - e^{-T'})$$

ここに、

$$U_v = \frac{v}{v+r} \left(1 - \sum_{i=1}^{\infty} Q_i e^{-\frac{(bm_i)^2}{4} a T_v} \cdot \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{8}{(n\pi)^2} e^{-\frac{(n\pi)^2}{4} T} \right)$$

$$U_I = \frac{r}{v+r} (1 - e^{-T'})$$

$$T_v \left(= \frac{C_v}{H^2} t \right) : \text{縦方向の時間係数}$$

$T' (= 2\eta t)$: クリープに関する時間係数

$$\alpha \left(= \frac{C_h}{C_v} \cdot \frac{H^2}{(b/2)^2} \right) : \text{縦方向の時間係数に対する横方向の}$$

時間係数の比

C_h : 横方向の圧密係数

C_v : 縦方向の圧密係数

H : 圧密層の厚さの 1/2

b : 圧密荷重の載荷幅

$$m_i : \tan bm_i = \frac{2 m_i \beta}{m_i^2 - \beta^2} \text{ によって定めら}$$

れる固有値

β : 圧密土体と非圧密土体の相互間の性質により定められる相対脱水率

$$Q_i = \frac{2 \left\{ \frac{1}{bm_i} (1 - \cos bm_i) \right.}{1 + \left(\frac{bm_i}{b\beta} \right)^2 + \frac{1}{2} \left\{ \frac{bm_i}{(b\beta)^2} - \frac{1}{bm_i} \right\} \sin 2bm_i} + \frac{1}{b\beta} \sin bm_i \left. \right\}^2 + \frac{1}{b\beta} (1 - \cos 2bm_i)$$

v, r : 弾性変形率および塑性変形率

さらに、上式に基づいて、 β の値に対する $U_e - \log T_e$ 曲線および $U_f - \log T_f$ 曲線定規を作成し、これらを利用した簡便な沈下の解析法を述べた。なお本理論の実用面への適用について調べるため、八郎潟中央干拓地の試験堤防の沈下観測記録により沈下状況を検討した。

これによると沈下の実測値は Terzaghi 理論を用いた一次元脱水による圧密計算によって求めた計算値より大きく、時間の経過に伴ってその差がますます広がって行く傾向にある。これに対し二次元脱水による圧密計算値は原位置の沈下観測値をほぼ満足することが認められた。前記の理論に原位置の土質試験値を導入してこれを立証することは比較的容易であるが、本解析法を利用して頂く方々のために、種々の場合も考えられるので、つぎのような方法によった。すなわち、当時の干拓事務所

の技術陣によって求められた原位置の土質試験の結果と沈下の観測記録をもとに、本解析法により原位置に適用する C_h, β および α の値の各組み合わせを逆算して求め、別に筆者が原位置土について行なった三次元脱水による圧密試験結果の該当諸定数値と対比した。これらの値はほぼ近似した値を示した。

以上により、軟弱地盤上にこのような帯状の土構造物が築造される場合、軟弱土層の圧密には、一応、二次元脱水による圧密も考慮の対象にすべきものではないかと思われる。

(1967.12.18・受付)

〔筆者：工博 農博 宇都宮大学教授 農学部〕

【研究ノート】

曲げ振動解析に差分式を適用する際の問題点

佐藤亮典・川崎鉄一郎

論文集への討議について

論文集編集委員会では、論文集に掲載した全論文に対しての討議を受付けておりますので、討議をされる会は下記事項をご参照のうえ論文集編集委員会へてご提出下さい。

記

1. 討議は論文集掲載全論文を対象とします。
2. 討議の受付は論文集掲載後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な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編集委員会にご一任下さい。
5. 討議に関する問い合わせは論文編集委員会へご連絡下さい。

プレストレストコンクリート
構造物設計図集

プレストレストコンクリート技術協会編
B 4 / 1,500円

本書は最近著しい発展を示している、プレストレストコンクリート構造を一般の技術者に親しみやすいものとするため、協会誌「プレストレストコンクリート」に掲載された付図を土木編・建築編・水槽編に分けて、集成したもので、所載構造物について簡明な紹介、解説を加えている。

建設業の昔を語る

飯吉精一編著 A 5 / 1,500円

本書は建設業の昔の姿を、その歴史を古老の話により、年表をたどり、古書を開いて赤裸々に綴ったもので、建設業の実際を知るための好個の資料として必読の書。

技報堂 東京・港・赤坂1-3-6
(郵)107・(電)584-4786

構造力学おける還元法

R.ケルステン著 伊藤学訳 B 5 / 1,500円

構造物の行列解法の一つである還元法について、具体例を豊富にあげながらこの方法の適用のしかたを明確に、しかも詳細に記述。各種の梁構造、ラーメン構造、格子構造など網羅して、一々懇切な数値計算例を付し、実際に電子計算機にプログラミングを行なうまでの処置にまで配慮がなされている。

応用力学

荒井利一郎著 A 5 / 950円

本書は大学程度土木工学の学習を志す人々のために、その学習の基礎として応用力学の課程を修めるときの手引きになるよう書かれたもので、たいていの講議で要点となっていると思われる部分を選んで材料とし、できるだけ最適に配列して構成。学習者の頭を整理し、応用力学に強くなるよう多くの配慮を加えてある。