

論文報告紹介

今月は論文報告集第177号(45年5月20日発行)登載原稿として、5編を紹介し、今月紹介した論文報告に対する討議は45年11月20日まで受け付けます。次号では論文報告集第178号登載予定原稿として、下記の7編を紹介する予定です。

- 鷹羽信勝・成岡昌夫：変形法による任意形状の薄肉格子桁の解析
- 小松定夫・中井 博：アナログ計算機による曲線桁橋の動的応答解析
- 日野幹雄・大西外明：円筒型取水塔のスリットへの密度成層流
- 河野二夫・椎貝博美：壁の近くにおかれた球状物体の波による振動
- 畑野 正・渡辺啓行：動的地盤係数の測定
- 松尾新一郎・河野伊一郎：地下止水壁による地下水規制の実験的研究
- 八十島義之助：国土計画における土地と人口の地域適正分布に関する研究

安芸大橋（ニールセン型ローゼ桁橋）の実験報告

高木澄清・玉川 正・益田正雄・永井晋也・是松雅雄

安芸大橋は、広島市郊外にある戸坂町と祇園町を結ぶ、一般地方道が太田川をまたぐ地点にかけられた、橋長364.8mの橋梁である。この主径間に、従来のローゼ桁の吊材を斜めに配置し、これにロックドコイルロープを使用した、わが国で初めての本格的なニールセン型ローゼ桁橋を採用している。

これに対し、その性状を把握すべく、本橋の竣工後、つぎに述べるような各種の実験を行なった。

- 1) 静的載荷実験により、本橋の設計に用いた計算式が妥当なものであるかどうかを確認する。
- 2) 自動車走行中の振動状態を調べる。
- 3) 加振機により、本橋の固有振動数、対数減衰率の計測を行ない、これらが通常の鉛直吊材をもつランゲル桁、ローゼ桁、トラスドランゲル桁などの場合とどのように異なるか調べる。
- 4) 架設後長時間経過した後（半年、および、1年後）のロープ張力の変動の有無を調査し、本形式の橋梁の維持管理の難易を判断する。

以上の実験のうちで、とくに4)項において行なった吊材張力調査は、きわめてユニークなものであると思

う。今後数年にわたり、この調査はつづけていくことにしている。

現在まで行なった実験結果より、本橋（ニールセン型ローゼ桁橋）に関して、つぎの結論を得る。

- 1) 本橋の設計に用いた計算理論が正しいことが確認できた。
- 2) 本形式橋梁の特色がはっきりつかめ、動的特性も従来のアーチ系橋梁よりすぐれていることが判明した。
- 3) 吊材にロープを使用しても、死荷重による常時張力による応力を十分小さくとれば、クリープ現象による悪影響はないといってよい。
- 4) 架設時の施工管理の問題も、従来のアーチ系橋梁と大差ないといってよい。
- 5) 総合的にみて、ニールセン型ローゼ桁橋は従来のランゲル桁、ローゼ桁などのように、今後普及していく形式であると考えられる。

(1969.6.23・受付)

高木：正会員 広島県土木建築部次長
玉川・益田・永井：正会員 広島県土木建築部道路建設課
是松：正会員 三菱重工業広島造船所鉄構部

トラス構造物の最適設計法に関する研究

大久保 禎 二

本論文は、トラス構造物について、その応力や変位などの状態変数 (Y) を、構造物の設計上決定すべき諸元である設計変数 (X) に関して Taylor 展開し、設計変数の微小変化量 (ΔX) に関する状態変数および制約条件などの変化量を示す影響係数 $\left(\frac{\partial Y}{\partial X}\right) = S, D_I, D_u$ を求め、この影響係数を設計条件式に代入して、つぎのような ΔX に関する線型な条件式群および目的関数 (M) を作成する。

$$\left. \begin{aligned} X_u - X^{(1)} &\geq \Delta X^{(1)} \\ X_L - X^{(1)} &\leq \Delta X^{(1)} \\ [S^{(1)} - D_I^{(1)}] \Delta X^{(1)} &\geq Y_L^{(1)} - Y^{(1)} \\ [S^{(1)} - D_u^{(1)}] \Delta X^{(1)} &\leq Y_u^{(1)} - Y^{(1)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

$$M = C \Delta X^{(1)} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 X_u, X_L は設計変数の設計上の上限値および下限値である。

上記の条件式群を線型計画法のシンプレックス法を用いて解き、すべての条件式を満足し、かつ目的関数 (M) を最大とする $\Delta X^{(1)}$ を求め、 $X^{(2)} = X^{(1)} + \Delta X^{(1)}$ として上記の計算をくり返し、最適な設計変数 (X) を電子計算機により自動的に求める方法を示したものである。この場合、トラス構造物の目的関数 (M) としては、一応構造物の重量を考え最小重量を与える構造物を最適な

構造物とした。また、トラス構造物の設計変数としては、単に部材の断面寸法のみならず、各格点の座標をも設計変数と考え、与えられた荷重および制約条件に対して最適なトラスの形状寸法および部材の断面寸法を求めている。

しかし、一般に設計変数として、部材の各断面寸法を考え、部材に関するすべての設計条件式を考慮した場合には、最適解を求めるために必要とするシンプレックス・タブロー (Simplex tableau) は、非常に大きくなり、最適解への収れん性も悪くなる。そこで著者は、トラス構造物の最適設計を行なうにあたって、まず圧縮部材および引張部材について最適設計を行ない、部材に関する許容応力度、細長比、板厚などに関する設計条件式をすべて満足するような、荷重—最小断面寸法 (断面積) 関係を求め、この関係曲線を利用して部材の断面積 (x) と最大許容応力度 (y) との関係曲線、

$$y = \{a(x-b)\}^{1/m} + C$$

および

$$y = dx + e$$

を導入した。この断面積—最大許容応力度関係曲線を用いることによって、部材断面に関する設計変数および設計条件式をそれぞれ1部材に対して1個のみにまとめることができ、最適解を求める上できわめて有効であった。また、ここで導入した圧縮部材および引張部材の荷重—最小断面寸法 (断面積)、断面積—断面寸法などの関係曲線も、実際のトラス橋の部材の設計を行なう場合、きわめて有用であろう。

トラス構造物の状態変数および影響係数は、変位法により解析し、その理論式を展開した。また、 ΔX に関する条件式群は、線型計画法のシンプレックス法を用いて解き、 ΔX の最適解を求めた。しかし、一般にトラス構造物の状態変数および目的関数は、設計変数の非線型な関数であり、影響係数の値が、 X の微小変化に対して大きく変化するような場合には、式 (1) および (2) の ΔX に関する線型な設計条件式のみから得られる ΔX の値を用いて、 $X^{(i+1)} = X^{(i)} + \Delta X^{(i)}$ として計算をくり返しても、最適解に達しないことが多い。このような場合には、上記の ΔX に関する設計条件式群に、さらに各計算サイクルにおいて、 ΔX のとり得る最大または最小の値を、ある限度に制限する条件式群

$$-\varepsilon X_i \leq \Delta X_i \leq \varepsilon X_i \dots \dots \dots (3)$$

を加える必要があることを示した。

計算例として、簡単なトラス数例について部材の断面積のみを設計変数とした場合、部材の断面積および格点の座標を設計変数とした場合について、種々の制約条件に対して計算を行ない、いずれも本法により全域的な最適解が得られることを示した。

本論文でのべた方法は、あらゆる形式のトラス構造物に適用できるものであり、目的関数 (M) についても、構造物の重量のみではなく、工事費や構造物の利用による利益なども設計変数の関数としてシミュレートすることができれば、それを目的関数として、工事費が最小となる、あるいは構造物の利用による利益が最大となる構造物の諸元を決定することができる。

(1969.10.31・受付)

[筆者：正会員 工修 愛媛大学助教授 工学部]

弾性地盤中にある基礎構造物の地震応答特性 —楕円断面を有する剛基礎—

後藤尚男・秋吉 卓

地中に埋設されている構造物に対して、その下方より波動が伝播してくるとき、構造物とその周辺地盤との相互作用の結果から、それぞれ両者の挙動が決定される。このとき構造物から放射される波動が無遠慮に逸散するため、構造物の運動に減衰効果が現われることになる。

そこで本研究では、堅い基盤の上に載った等方質な表層地盤中に剛な構造物が根入されているようなモデルを設定し、表層地盤に対して波動論的解析を試みた。かかる問題に関して、構造物が円柱である場合についてはすでに解析されているが、この場合は地震波動の方向性を考慮することができない。そこでわれわれは、地中構造物が楕円柱である場合について、単弦波動がその断面の短軸方向あるいは長軸方向に作用する場合のロッキング振動について解析を行なった。

ところで上述のことは、地震動が単弦波動である場合なので、その解析は周波数応答を求めるところまでであって、それはいわば Fourier 変換形あるいは周波数応答関数を求めることにはほかならなかった。しかるに、実地震動のように時間的・空間的に不規則に変動する現象に対して、応答を解析的に表現するには上述の結果をそのまま適用することはできない。なぜならば、周波数応答関数が周波数の複雑な関数となっているため、それから得られる伝達関数もまた複雑となり、これに初期条件等を考慮してその逆変換より単位衝撃応答関数を得ることは容易ではないからである。そこで周波数応答における表層の動的効果のある近似的な式で置き換えて行ない、相互作用を考慮した構造物に関する単位衝撃応答関数を求め、これを用いて基礎的な確率量について若干の検討を行なった。

1. 周波数応答解析

地中構造物は剛な楕円柱であり、その下端を中心にし

てロッキング振動をするものとし、表層地盤の鉛直変位成分を無視する。かくして、運動方程式を解くことにより、結局剛な楕円柱の角振幅 φ_0 はつぎの形に定められる。

$$\varphi_0 = \frac{\frac{H_g}{i_0^2} + \frac{\pi}{2H} \left(\frac{\omega_s}{\omega_g} \right)^2 \chi (g_1 + i g_2)}{-\omega^2 + 2 i h_s \omega_s \omega + \omega_s^2 + \omega_s^2 \chi (f_1 + i f_2)} \cdot u_0 \omega^2$$

このとき $f_1 + i f_2$ は表層の複素ばね効果であり、 $g_1 + i g_2$ は振動土圧効果であって、それぞれの計算結果の一例を図-1, 2 に示した。

図-1 表層の複素ばね効果 (短軸方向)

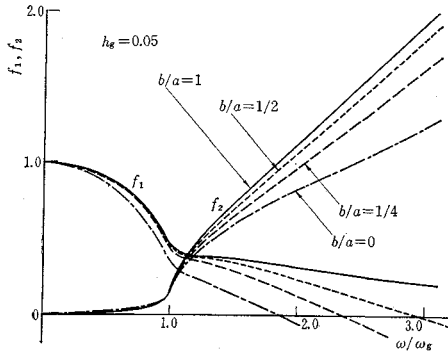
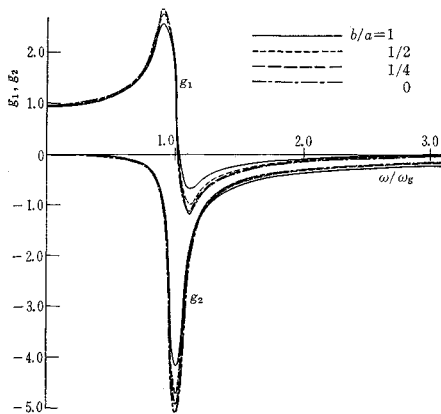


図-2 表層の振動土圧効果 (短軸方向)



2. 不規則振動を受ける構造物の過渡応答

上記 1. における $f_1 + i f_2$, $g_1 + i g_2$ の近似的な置き換えを行なうにあたり、実部 f_1 は振動数の 2 乗に比例して減少するばね効果であり、虚部 f_2 は振動数に比例した減衰効果を持つものとみなした。一方 $g_1 + i g_2$ は 1 自由度系の応答特性に近似させた。すなわち $f_1 + i f_2 = 1 - (\omega/\omega_g)^2 / (k_1^2 + 2 i k_2 \omega/\omega_g)$, $g_1 + i g_2 = k_s \omega_g^2 / (-\omega^2 + 2 i \zeta_g \omega \omega_g + \omega_g^2)$ として与えるとき、表層の動的効果を考慮した単位衝撃応答関数 $w(t)$ の解析的表示を得るが、表層と基盤の静的反力比 χ の値のいかんによって以下のように 2 つの場合にわかれる。

$\mu_0(1+\chi) - h_g^2 \geq 0$ のとき :

$$w(t) = \frac{\alpha'}{\omega_1} e^{-\delta_1 t} \sin \omega_1 t + \frac{\beta' k_s \omega_g}{\zeta_g^* \omega_1} \times \frac{\omega_2 e^{-\delta_1 t} \sin(\omega_1 t + \delta_1) + \omega_1 e^{-\delta_2 t} \sin(\omega_2 t + \delta_2)}{[\{(D_1 - D_2)^2 + (\omega_1 + \omega_2)^2\} \{(D_1 - D_2)^2 + (\omega_1 - \omega_2)^2\}]^{1/2}}$$

$\mu_0(1+\chi) - h_g^2 < 0$ のとき :

$$w(t) = \frac{\alpha'}{\omega_1'} e^{-\delta_1' t} \sinh \omega_1' t + \frac{\beta' k_s \omega_g}{\zeta_g^* \omega_1'} \times \frac{e^{-\delta_2' t} \sin(\omega_2 t - \delta_1')}{[\{(D_1 - D_2 - \omega_1')^2 + \omega_2^2\} \{(D_1 - D_2 + \omega_1')^2 + \omega_2^2\}]^{1/2}}$$

これより、所期の単位衝撃応答関数が得られると、いわゆる不規則振動論の手法をかりて、応答変位の分散 $\sigma_x^2(t)$ 、応答速度の分散 $\sigma_{\dot{x}}^2(t)$ 等の基礎的確率量が誘導される。さらにまた、これら応答量がガウス分布にしたがうとすると、応答変位の絶対値 $|x(t)|$ がある設定レベル A を単位時間あたりに超過する平均超過回数 $m(A; t)$ も解析的に導かれる。

かくして数値計算を実施した結果より、概略的に以下のようなことがわかった。すなわち周波数応答解析の結果より、短軸方向の振動では、表層のばね効果が振動数の増加とともに著しく減少し、長軸方向の振動では表層における波動の逸散現象のため応答はあまり大きくならない。一方不規則な地震動を受ける構造物は、短軸方向の振動では過渡応答は長く続くが、長軸方向の振動では急速に定常状態に落ち着く傾向にある。

(1969.11.11・受付)

〔後藤：正会員 工博 京都大学教授 工学部〕
〔秋吉：正会員 京都大学助手 工学部〕

粘性土のときほぐしの度合いがソイルセメントの収縮特性および粘弾性性質におよぼす影響

加場重正・川村満紀・大深伸尚

1. まえがき

粘性土塊を適当な粒度にときほぐすことによって圧縮強度の点から考えて、粗粒子土と同様にソイルセメントとして十分使用できることが著者らによってすでに示されてきた。このようなときほぐし粘性土を使用したソイルセメントの収縮特性およびき裂発生においては粘性土のときほぐしの度合いおよびときほぐし時の含水比が重要な要因であると考えられる。しかし同一のときほぐしの度合いを有する粘性土を比較的多量に得ることが困難であるということもあって、ソイルセメントの収縮特性および収縮き裂発生に重要な役割をはたす粘弾性性質におけるときほぐしの影響について言及した論文はみられないようである。

本論文は粘性土のときほぐしの割合が現在ソイルセメントの分野で問題となっている収縮および粘弾性性質におよぼす影響についてクリープ試験、収縮試験によって実験的検討を加えたものである。

2. 実験概要および解析法

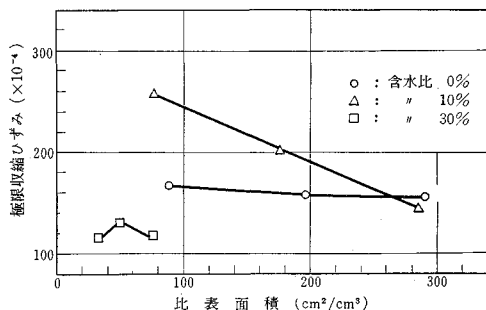
種々の粒度および含水比のときほぐし粘性土試料を製作するために、30%、20%、10% および 0% の含水比をもつ一辺 4 cm の粘性土立方体をときほぐし機によってときほぐした。また各含水比に対してときほぐしの割合の異なる 3 種類の粘性土試料を機械の回転速度を変化させて作った。ソイルセメントの供試体はセメント量はすべて 10% として、最適含水比で最大乾燥密度になるようランマーで突固めることによって作製した。クリープ試験結果については分布関数の概念、四要素模型、双曲線関数などによって解析し、また収縮試験からは極限収縮ひずみ、ひずみの進行状況を示す係数を求めることによってときほぐし粘性土を使用したソイルセメントの収縮特性および粘弾性性質について 2, 3 の興味ある事実が明らかになった。

3. 結果および考察

得られたおもな結果についてまとめるとつぎのようになる。

(1) ソイルセメントの極限収縮ひずみは粘性土のときほぐしの割合およびときほぐし時の含水比によって支配され、ときほぐし時の含水比を 30% 程度に高めるとかまたは 0% まで乾燥した粘性土を使用すればときほぐしの割合があまりすすんでいなくても極限収縮ひずみは小さい。しかし含水比 10% 程度ではある程度ときほぐしの割合をあげて比表面積の大きい粘性土を使用しなければ極限収縮ひずみはかなり大きくなる(図-1 参照)。

図-1 極限収縮ひずみと粘性土の比表面積の関係



(2) ときほぐし時の含水比 0% の粘性土を使用したソイルセメントの遅延時間の分布関数は異なるピークをもつ 2 つの分布関数を合成したような形になり、

図-2 ときほぐし粘性土を使用したソイルセメントの遅延時間の分布関数

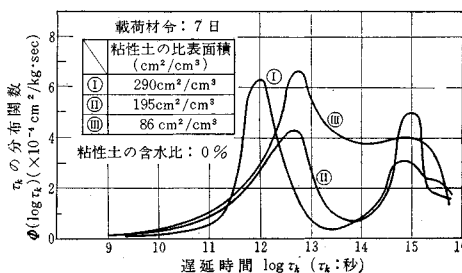
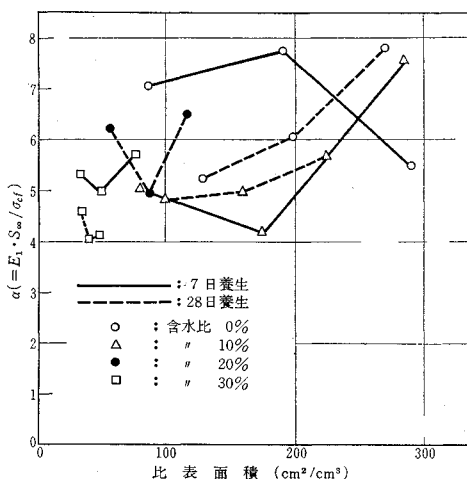


図-3 α と粘性土の比表面積の関係



とくに比表面積の大きいものは図-2 に示されるように「二重くさび型」になる。しかし他の含水比のものはすべて鋭い「くさび型」になる。

(3) $E_1 \cdot S_{\infty} / \sigma_{cf}$ (E_1 : 弾性係数, S_{∞} : 極限収縮ひずみ, σ_{cf} : 圧縮強度) を収縮きれつの発生しやすさを示す尺度と考えるならば、図-3 より明らかなように、あまりときほぐしの割合(比表面積で示すものとする)をあげなくても高い含水比の粘性土を使用し十分な期間養生を行えば収縮きれつ発生点でかなり有利なソイルセメントになる。

(1969.8.21・受付)

柳場: 正会員 工博 金沢大学教授 工学部
川村: 正会員 工修 金沢大学講師 工学部
大深: 正会員 工修 金沢大学助手 工学部

光弾性実験用直交異方性材料の製作とその光弾性実験 (英文)

山本 稔・安井将文

直交異方性板を対象とした既存の光弾性実験法には、

林 毅氏、丹羽、川本両氏などの研究がある。林氏は、異方性を材料に付与する役割をなすガラス布と、光弾性材料であるリゴラック樹脂との強化積層材 (F.R.P.) を使用して、二次元光弾性実験を行なった。丹羽、川本両氏は、エポキシ樹脂と鋼線との F.R.P. の表面に常温で皮膜を施し、その光弾性効果を測定する光弾性皮膜法を採用した。しかしながら、既存の光弾性実験法には、材料の主弾性係数の選択にかなりの制限があり、また材料のひずみ感度が小さいため、応力判別に必要な縞次数を得るのに、大きな荷重を必要とし、また鮮明な縞写真が得がたいこと、一様均質な材料の製作にかなりの困難が伴うことなど、改良すべき点が多々存すると思われる。

かかる観点から、筆者らは、応力凍結法によって実験する新材料の開発を試み、その応用性を調査することとした。材料には、光弾性感度の高いエポキシ樹脂を中間層とし、その両外側層に異方性を与えるためにナイロン繊維を挿入したサンドウィッチ板を用い、実験法にはナイロン繊維とエポキシ樹脂の2次転位域が相違することによって、異方性を与えるとともに、そのひずみ状態を無繊維層である中間層に凍結させ、その層をスライスして行なう光弾性実験法を採用した。筆者らは、この実験方法を応力凍結サンドウィッチ法と名づける。

論文は、応力凍結サンドウィッチ法の具体について述べるとともに、材料のゴム状弾性域における弾性特性を理論的に決定する方法について述べ、これを実験値と比較検討している。また、応用例として応力凍結サンドウィッチ板を使用した、単一円孔を有する直交異方性無限板の一様引張実験を行ない、理論値と実験値の比較検討からその実験用材料としての適用性を考察している。

この方法によれば、均質でしかも初期応力の無視し得る材料の製作が比較的容易になり、また弾性主方向の弾性状態もかなりの範囲に任意に選定することができる。しかも、光弾性実験においては、写真-1に見られるように鮮明な縞写真も得られるなど、利点があげられる



が、応力凍結法の手法を利用するという間接の実験法による難点が存在することも認めざるをえない。しかし、荷重装置、その他も簡略化することが可能であるから、対象によっては林氏、その他の実験法を補う方法としての利用性が認められると考える。

(1969.10.9・受付)

〔山本：正会員 工博 東京都立大学教授 工学部〕
〔安井：学生員 東京都立大学大学院〕

【研究ノート】

剛床上で圧縮されるリンクの飛移座屈理論

川口昌宏

差分による構造解析の高精度化について

岸野佑次

佐武正雄

円柱状ぜい性材料供試体の一軸圧縮強度に対する有限要素解析について

梶田建夫

川本眺万

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な事項を記入のうえ論文集編集委員会へあてご提出下さい。
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。