

今月は 10 月号に引きついで論文集第 77 号登載論文として、次の 2 論文を紹介します。

斜板の解法について (英文)

岡 元 北 海

本論文は、相対 2 辺単純支持の斜板の解法について取扱っている。その解析方法、斜板の相対 2 辺単純支持の境界条件および平衡条件を満足する一般解より、残りの相対 2 辺の境界条件を適用して条件式を求めた。この条件式の形は複雑なのでフーリエ変換を行ない、式を単純化するとともにこの式の持つ特性

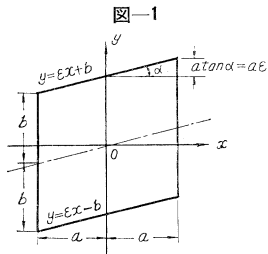


図-1

を求めて、これにより数多くの 2 元連立 1 次方程式に分解し未知数を求めた。なお本論文は斜板において最も応用範囲の広い残りの相対 2 辺自由なる場合について解析を行なった。

図-1 において、 $y = \epsilon x + b$ および $y = \epsilon x - b$ なる辺、

単純支持とすれば、この境界条件および平衡条件を満足する板のため、は、次のように表わされる。

$$\zeta = \frac{\rho}{24 D(H \epsilon^2)^2} \{ (y - \epsilon x)^4 - 6 b^2 (y - \epsilon x)^2 + 5 b^4 \} \\ \frac{1}{b^4} + 2(x + \epsilon y) \epsilon \frac{1}{b} \sum_{n=2,4,6,\dots} \varphi_n C_n + 2(x + \epsilon y) \frac{1}{b} \sum_{n=1,3,5,\dots} \tau_n D_n \\ - \epsilon \sum_{n=2,4,6,\dots} \phi_n A_n - \sum_{n=1,3,5,\dots} f_n B_n \dots \dots \dots (1)$$

上式中

$$\varphi_n = \sin \frac{n \pi}{2b} (\epsilon x - y) \cosh \frac{n \pi}{2b} (x + \epsilon y) \frac{1}{\cosh \frac{n \pi}{2} \epsilon (a' + 1)}, \\ \tau_n = \cos \frac{n \pi}{2b} (\epsilon x - y) \sinh \frac{n \pi}{2b} (x + \epsilon y) \frac{1}{\cosh \frac{n \pi}{2} \epsilon (a' + 1)}, \\ \phi_n = \sin \frac{n \pi}{2b} (\epsilon x - y) \sinh \frac{n \pi}{2b} (x + \epsilon y) \frac{1}{\cosh \frac{n \pi}{2} \epsilon (a' + 1)}, \\ f_n = \cos \frac{n \pi}{2b} (\epsilon x - y) \cosh \frac{n \pi}{2b} (x + \epsilon y) \frac{1}{\cosh \frac{n \pi}{2} \epsilon (a' + 1)}$$

式中、 A_n, B_n, C_n, D_n の 4 つの未知数は、 $x = \pm a$ なる辺が自由なる条件より求められる。この条件を適用し y について、フーリエ変換を行えば、次の 2 つの式をうる。

$$\sum_{n=2,4,6,\dots} g_n C_n + \sum_{n=1,3,5,\dots} h_n D_n + \sum_{n=2,4,6,\dots} i_n A_n + \sum_{n=1,3,5,\dots} j_n B_n = R_s \dots (2) \\ \sum_{n=2,4,6,\dots} g_n' C_n + \sum_{n=1,3,5,\dots} h_n' D_n + \sum_{n=2,4,6,\dots} i_n' A_n + \sum_{n=1,3,5,\dots} j_n' B_n = R_s' (3)$$

式中

$$g_n = 2 \frac{n}{\pi} \{ \epsilon^2 (1 - \nu) f_{ns}^{(1)} + \epsilon (1 + \nu \epsilon^2) \phi_{ns}^{(1)} + \frac{1}{2} (1 - \nu) \epsilon^2 n^2 \\ [(a' + 1) \{ \varphi_{ns}^{(1)} (1 - \epsilon^2) + 2 \epsilon \tau_{ns}^{(1)} \} - 2 \{ (1 - \epsilon^2) \\ (\varphi_{ns}^{(1)} - \varphi_{ns}^{(2)}) + 2 \epsilon (\tau_{ns}^{(1)} - \tau_{ns}^{(2)}) \}] \} \\ h_n = 2 \frac{n}{\pi} \{ (1 + \nu \epsilon^2) f_{ns}^{(1)} - \epsilon (1 - \nu) \phi_{ns}^{(1)} + \frac{1}{2} (1 - \nu) \epsilon n^2 \\ [(a' + 1) \{ (1 - \epsilon^2) \tau_{ns}^{(1)} - 2 \epsilon \varphi_{ns}^{(1)} \} - 2 \{ (1 - \epsilon^2) \\ (\tau_{ns}^{(1)} - \tau_{ns}^{(2)}) - 2 \epsilon (\varphi_{ns}^{(1)} - \varphi_{ns}^{(2)}) \}] \}$$

$$j_{ns} = - \frac{n^2}{4} (1 - \nu) \{ (1 - \epsilon^2) f_{ns}^{(1)} - 2 \epsilon \phi_{ns}^{(1)} \} \\ i_{ns} = - \epsilon \frac{n^2}{4} (1 - \nu) \{ (1 - \epsilon^2) \phi_{ns}^{(1)} + 2 \epsilon f_{ns}^{(1)} \}, \\ R_s = \frac{8(\nu + \epsilon^2)}{\pi^5 (1 + \epsilon^2)^2 s^3} \{ 1 - C_{-1} \}^s$$

および

$$g_{ns}' = \frac{n^2}{\pi} \epsilon \{ C_1 \tau_{ns}^{(1)} + C_2 \varphi_{ns}^{(1)} \} + \frac{n^3}{4} \epsilon^2 [(a' + 1) (C_4 f_{ns}^{(1)} \\ + C_8 \phi_{ns}^{(1)}) - 2 \{ C_3 (f_{ns}^{(1)} - f_{ns}^{(2)}) + C_8 (\phi_{ns}^{(1)} - \phi_{ns}^{(2)}) \}] \\ h_{ns}' = \frac{n^2}{\pi} \{ -C_1 \varphi_{ns}^{(1)} + C_2 \tau_{ns}^{(1)} \} + \frac{n^3}{4} \epsilon [(a' + 1) (C_3 f_{ns}^{(1)} \\ - C_4 \phi_{ns}^{(1)}) - 2 \{ C_3 (f_{ns}^{(1)} - f_{ns}^{(2)}) - C_4 (\phi_{ns}^{(1)} - \phi_{ns}^{(2)}) \}] \\ j_{ns}' = - \frac{n^2}{8} (C_8 \tau_{ns}^{(1)} - C_4 \varphi_{ns}^{(1)}) \\ i_{ns}' = - \frac{n^2}{8} \epsilon (C_4 \tau_{ns}^{(1)} + C_8 \varphi_{ns}^{(1)}) \\ R_s' = \frac{2}{\pi^3} \frac{\epsilon}{1 + \epsilon^2} \left(1 + \frac{1 - \nu}{1 + \epsilon^2} \right) \frac{1 + (-1)^s}{s \pi}$$

上式中

$$C_1 = \epsilon (1 + \epsilon^2) - (1 - \nu) (2 \epsilon - \epsilon^3), \quad C_2 = 1 + \epsilon^2 + \frac{1}{2} (1 - \nu) (5 \epsilon^2 - 1) \\ C_3 = (1 - \nu) (3 \epsilon^2 - 1), \quad C_4 = (1 - \nu) (3 \epsilon^2 - 1) \\ \varphi_{ns}^{(1)} = \sum_{s=1}^{\infty} (\theta_{ns}' - \theta_{ns}^{(1)}) \sin s \pi y, \quad \tau_{ns}^{(1)} = \sum_{n=1}^{\infty} (\omega_{ns}' - \omega_{ns}^{(1)}) \sin s \pi y \\ \phi_{ns}^{(1)} = \sum_{n=1}^{\infty} (\alpha_{ns}' - \alpha_{ns}^{(1)}) \sin s \pi y, \quad f_{ns}^{(1)} = \sum_{s=1}^{\infty} (u_{ns}^{(1)} - u_{ns}^{(1)}) \sin s \pi y$$

式中

$$u_{ns}^{(1)} = \frac{1}{\pi \lambda_{ns}} \{ n \epsilon a_{ns} - (n + s) b_{ns} \}, \quad u_{ns}' = \frac{1}{\pi \lambda_{ns}} \{ n \epsilon a_{ns} - (n - s) b_{ns} \} \\ \theta_{ns}^{(1)} = \frac{1}{\pi \lambda_{ns}} \{ n \epsilon c_{ns} + (n + s) d_{ns} \}, \quad \theta_{ns}' = \frac{1}{\pi \lambda_{ns}} \{ n \epsilon c_{ns} + (n - s) d_{ns} \} \\ \omega_{ns}^{(1)} = \frac{1}{\pi \lambda_{ns}} \{ -n \epsilon d_{ns} + (n + s) c_{ns} \}, \\ \omega_{ns}' = \frac{1}{\pi \lambda_{ns}} \{ -n \epsilon d_{ns} + (n - s) c_{ns} \} \\ \alpha_{ns}^{(1)} = - \frac{1}{\pi \lambda_{ns}} \{ n \epsilon b_{ns} + (n + s) a_{ns} \}, \quad \alpha_{ns}' = \frac{1}{\pi \lambda_{ns}} \{ n \epsilon b_{ns} + (n - s) a_{ns} \} \\ \lambda_{ns} = n^2 \epsilon^2 + (n + s)^2, \quad \lambda_{ns}' = n^2 \epsilon^2 + (n - s)^2, \\ a_{ns} = \frac{-(-1)^{n-1/2}}{\cosh \frac{n \pi}{2} \epsilon (a' + 1)} \left\{ (-1)^s \sinh \frac{n \pi}{2} \epsilon (a' - 1) \right. \\ \left. + \sinh \frac{n \pi}{2} \epsilon (a' + 1) \right\},$$

$$b_{ns} = \frac{-(-1)^{n/2}}{\cosh \frac{n \pi}{2} \epsilon (a' + 1)} \left\{ (-1)^s \cosh \frac{n \pi}{2} \epsilon (a' - 1) \right. \\ \left. - \cosh \frac{n \pi}{2} \epsilon (a' + 1) \right\},$$

$$c_{ns} = \frac{-(-1)^{n/2}}{\cosh \frac{n \pi}{2} \epsilon (a' + 1)} \left\{ (-1)^s \sinh \frac{n \pi}{2} \epsilon (a' - 1) \right. \\ \left. - \sinh \frac{n \pi}{2} \epsilon (a' + 1) \right\},$$

$$d_{ns} = \frac{-(-1)^{n-1/2}}{\cosh \frac{n \pi}{2} \epsilon (a' + 1)} \left\{ (-1)^s \cosh \frac{n \pi}{2} \epsilon (a' - 1) \right. \\ \left. + \cosh \frac{n \pi}{2} \epsilon (a' + 1) \right\}$$

同様に

$$\varphi_{ns}^{(2)} = \int_0^1 \varphi_{ns}^{(1)} dy = \sum_{s=1}^{\infty} (\theta_{ns}^{(2)} - \theta_{ns}^{(2)}) \sin s \pi y,$$

$$\begin{aligned}\tau_{ns}^{(2)} &= \int_0^1 \tau_{ns}^{(1)} dy = \sum_{s=1}^{\infty} (\omega_{ns}^{(2)} - \omega'_{ns}^{(2)}) \sin s \pi y, \\ \phi_{ns}^{(2)} &= \int_0^1 \phi_{ns}^{(1)} dy = \sum_{s=1}^{\infty} (z'_{ns}^{(2)} - z_{ns}^{(2)}) \sin s \pi y, \\ f_{ns}^{(2)} &= \int_0^1 f_{ns}^{(1)} dy = \sum_{s=1}^{\infty} (u_{ns}^{(2)} - u'_{ns}^{(2)}) \sin s \pi y,\end{aligned}$$

上式中

$$\begin{aligned}u_{ns}^{(2)} &= \frac{-1}{\pi \lambda_{ns}} \{n \varepsilon \omega_{ns}^{(1)} + (n+s) \theta_{ns}^{(1)}\}, \\ u'_{ns}^{(2)} &= \frac{-1}{\pi \lambda'_{ns}} \{n \varepsilon \omega'_{ns}^{(1)} + (n-s) \theta'_{ns}^{(2)}\}, \\ \theta_{ns}^{(2)} &= \frac{1}{\pi \lambda_{ns}} \{-n \varepsilon z_{ns}^{(1)} + (n+s) u_{ns}^{(1)}\}, \\ \theta'_{ns}^{(2)} &= \frac{1}{\pi \lambda'_{ns}} \{-n \varepsilon z'_{ns}^{(1)} + (n-s) u'_{ns}^{(1)}\}, \\ \omega_{ns}^{(2)} &= \frac{-1}{\pi \lambda_{ns}} \{n \varepsilon u_{ns}^{(1)} + (n+s) z_{ns}^{(1)}\}, \\ \omega'_{ns}^{(2)} &= \frac{-1}{\pi \lambda'_{ns}} \{n \varepsilon u'_{ns}^{(1)} + (n+s) z'_{ns}^{(1)}\}, \\ z_{ns}^{(2)} &= \frac{1}{\pi \lambda_{ns}} \{-n \varepsilon \theta_{ns}^{(1)} + (n+s) \omega_{ns}^{(1)}\}, \\ z'_{ns}^{(2)} &= \frac{1}{\pi \lambda'_{ns}} \{-n \varepsilon \theta'_{ns}^{(1)} + (n-s) \omega'_{ns}^{(1)}\}\end{aligned}$$

(2), (3) 式より n 個の未知数に対して, 同数の方程式をうるゆえ, 解を求めうるが, この式は斜角が大になるとなかなか求めにくいので (3) 式を変形して, この 2 つの式の中にある, 特性を見出し, これにより数多くの 2 元連立 1 次方程式に分解して未知数を求めた。なお, この方法については論文集で詳述する。例題として $\varepsilon=0.7^\circ$ $a=b$ full uniform load についてモーメント, せん断力, 反力の値を求め, 斜板の特性を明らかにした。【筆者: 正員 工博 北海道開発局土木試験所構造研究室長】

コンクリートの水密性の研究

村田 二郎

本文は, コンクリートの透水試験の一方法を考案し, その試験方法を用いコンクリートの水密性について基礎的に研究した結果を述べたものである。

コンクリートの透水試験方法として, 従来, 一般に用いられている供試体からの流出量を測定するアウト プット方法は透水の解析は容易であるが, 比較的高い長期材令のコンクリートの場合には, 試験にはなほだしく長時日を要するばかりでなく, 流出量が得られず試験できない場合も多い。そこで, 筆者はまず十分に養生した長期材令のコンクリートにも適用できる透水試験方法について研究した。すなわち, 供試体に圧入した水の平均浸透深さを測定し, これと水圧の大きさおよび水圧を加えた時間との関係を理論的実験的に研究し, これらの関係から得られる拡散係数をコンクリートの水密性の尺度とする浸透深さ試験方法を考案し, その信頼度を検討した結果, 長期材令のコンクリートの場合も短時日内で試験でき, 試験誤差も比較的少なく, 入念に打込み締固めた場合におけるコンクリートの水密性を試験するための満足な方法であることが確かめられたので, この試験方法を用い次の諸点について研究した。

セメント, 骨材および混和材料の種類, コンクリートの配合, 供試体の材令および養生方法がコンクリートの水密性におよぼ

す影響について実験し, その結果, 良質な AE 剤ならびにセメント分散剤の使用は, 水密コンクリートを安全に造るための便利な方法であって, 特に, 負配合コンクリートの場合, 骨材の形状が適当でない場合, 加わる水圧が小さい場合にその効果が大きいこと。

水セメント比とコンクリートの水密性との関係をコンクリートの厚さと関係づけて考察し, 水密的なコンクリート部材を経済的に造るためにも所要のウォーカビリチーが得られる範囲内で単位水量を最小とすることがきわめて大切であること。

材令にともなうコンクリートの水密性の増加の割合は初期材令においていちじるしいから, 水密性を増すためには初期養生を十分に行なうことが大切である。しかし, 初期養生を十分に行なっても, その後にコンクリートを乾燥すれば, 乾燥期間の増加にともなう水密性はいちじるしく低下するから, 水密的コンクリートを造るためには初期養生のみならずコンクリートが水に接するまで湿潤養生を継続する必要のあることを示した。

重力ダムに用いるコンクリートは水密性の大きいことが大切であって, 従来, マスコンクリートの水密性については多くの貴重な研究がある。しかし, これらの研究の多くは試験装置その他の都合から, マスコンクリートから 60 mm 程度以上の粒をふるい去ったコンクリートについて実験したものであり, このような試験方法によって得られた透水試験の結果からマスコンクリートの水密性を論ずることの可否について検討したものはほとんどない。筆者は粗骨材の最大寸法を 100 mm とした 5 種類の配合のマスコンクリートを用い, マスコンクリートの拡散係数とこれから 40 mm 以上および 25 mm 以上の粒をふるい去ったコンクリートの拡散係数とを比較し, これらの間にはマスコンクリートの配合にかかわらずほぼ一定の関係のあることを確かめた。この関係を用いれば, マスコンクリートそのものの透水試験を実施できない場合でも, 湿式ふるい分けしたコンクリートによる小型供試体の試験値から, 入念に打込み締固めた場合におけるマスコンクリートの水密性をある程度推定できると述べた。そして, AE 剤, セメント分散剤およびフライアッシュの使用, 打込み時のコンクリートの温度および養生温度がマスコンクリートの水密性におよぼす影響について研究し, これらの混和材料を用いてマスコンクリートの単位セメント量を少なくすると, 打込み時および硬化後のコンクリートの温度をなるべく低く保つことは, マスコンクリートにおける温度ひびわれの発生を少なくするのみでなく, 長期材令におけるコンクリートの水密性の増進にも有効であることを示した。

次に, 構造物からのろう水は新旧コンクリートの打継目の施工の不備による場合が非常に多いのであって, 水密打継目の施工方法の研究はきわめて重要である。筆者は, 東京大学 国分教授の考案された直径と軸とをふくむ面を打継目とする円柱形供試体を用い, 浸透深さ試験によって打継目の各種施工方法と水平および鉛直打継目の水密性との関係を数量的に示し, 水密的な打継目を造るための施工方法を論じた。

コンクリート部材の水密性は用いるコンクリートの品質のみでなく, 部材の厚に関係のあることは当然である。浸透深さ試験によって, コンクリートの配合および厚さと水密性との関係がある程度示しうることから, その試験結果を用いて水密性から必要なコンクリートの配合および厚さの大体のめやすを与える方法を述べ, 水密性を必要とするコンクリート部材に関する一方法を提案した。

【筆者: 正員 東京都立大学助教授 工学部土木工学科】