

等分布 荷重을 받는 4邊固定인 鐵筋콘크리트 斜板의 解析(Ⅱ)

— 第 2 報 邊長比의 影響 —

An analysis of uniformly loaded R/C skew-Plates with all edges built-in (Ⅱ)

— Part 2 effects of edge ratio —

曹 鎮 久* · 李 元 俊**
Cho, Jin Goo · Lee, Won Joon

Summary

In this paper, the characteristics of mechanical behaviour due to various edge-ratio of uniformly loaded clamped skew-plates has been described.

In this study, the skew-plate was discretized using 8-noded isoparametric element and Mindlin's plate theory was adapted in finite element formulation.

The edge-ratio 0.5, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0 and 2.5 were considered. Hence, five conditions of the skew-angle, the seven levels of edge ratio were tried.

When the edge-ratio was 2.5 or the edge-ratio was 2.0 and the skew-angle was less than 45 degree, the behaviour of the uniformly loaded the skew-plate with all edges clamped was independent of the skew-angle.

I. 序 論

建築物의 바닥 슬랩이나 물 탱크의 바닥 등에서 흔히 사용되고 있는 4邊 固定 斜板은 解析時 많은 數學의 어려움이 있어서 微分方程式의 解法에 의존하기 보다는 오히려 有限差分法이나 有限要素法과 같은 數值解法에 의해서 解析되어지고 있다.

一般으로 斜板의 舉動에 影響을 미치는 支配的 因子로서는 斜角의 크기, 境界條件, 邊長比 및 荷重의 狀態 등이 있다. 筆者는 等分布 荷重을 받는 4邊 固定 斜板의 力學的 舉動이 斜角의 크기에 따

라 어떻게 變하는가를 第 1 報¹⁾에서 報告한바 있다. 여기에서는 邊長比의 크기에 따른 斜板의 舉動 特性을 取扱한다. 解析方法으로는 第 1 報에서와 同一하게 8-節點 아이소 파라메트릭 要素를 使用하여 斜板을 離散化 시켰으며 要素의 定式化에는 板解析의 古典的 理論인 Kirchoff-Love의 假定 代身 剪斷變形의 影響을 考慮할 수 있는 Mindlin의 板理論이 採用 되었다.

II. 解析方法

解析方法에 관해서는 第 1 報에 상세히 報告되었

*全南大學校 農科大學

**慶尙大學校 電子計算所

으므로 여기서는 要點만을 記述 하기로 한다.

任意的 斜角과 邊長比를 갖는 斜板은 Fig.1 (a)와 같은 8-節點 아이소 파라 메트릭 平板要素로서 離散化 되었으며 要素內의 變位 $\{\delta\}$ 에 대한 近似函數를 設定함에 있어서 다음과 같은 形狀函數가 使用되었다.

$$\text{偶節點: } N_i(\xi, \eta) = \frac{1}{4}(1 + \xi\xi_i)(1 + \eta\eta_i)(\xi\xi_i + \eta\eta_i - 1)$$

邊節點:

$$\xi_i = 0 \quad N_i(\xi, \eta) = \frac{1}{2}(1 - \xi^2)(1 + \eta\eta_i)$$

$$\eta_i = 0 \quad N_i(\xi, \eta) = \frac{1}{2}(1 - \eta^2)(1 + \xi\xi_i)$$

여기서 ξ_i, η_i 는 Fig.1(a)와 같이 붙인 要素別 節點番號에 대한 ξ, η 의 값이다.

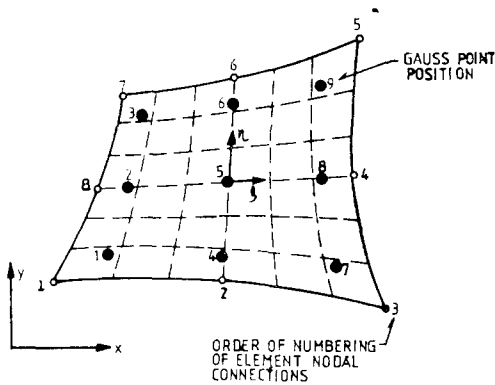


Fig.1(a) Orientation of local axes ξ, η and order of Gauss point numbering for two dimensional parabolic iso-parametric element

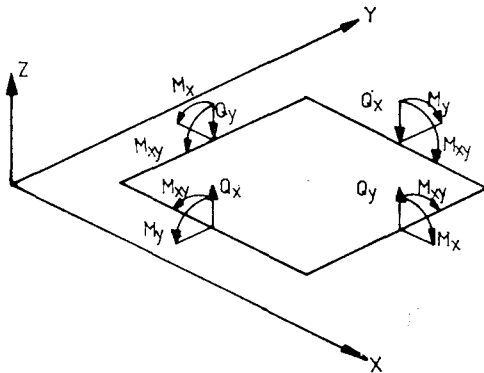


Fig.1(b) Sign convention for bending moments and shear forces (+ve sense indicated)

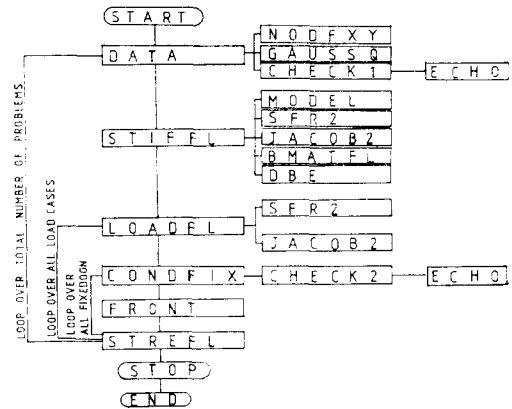


Fig. 2. Computer program flow chart

또한 筆者¹⁷⁾에 의해서 作成된 컴퓨터 프로그램은 1개의 메인프로그램과 16개의 썬브루틴으로 構成되어 있으며 그의 flow chart는 Fig. 2와 같다.

Ⅲ. 解析例

앞에서 說明한 프로그램을 使用하여 Fig.3과 같은 R/C 斜板에 等分布 荷重이 作用하는 경우 邊長比의 값을 달리하여 解析하였으며 이때 使用된 諸係數는 다음과 같다.

- $E_c = 240,000 \text{ kg/cm}^2$ 콘크리트 彈性係數
- $\nu_c = 0.17$ 콘크리트의 포아송比
- $\gamma = 2,400 \text{ kg/m}^3$ 콘크리트 自重
- $t = 30.0 \text{ cm}$ 斜板의 두께
- $q = 0.05 \text{ kg/cm}^2$ 分布荷重의 세기

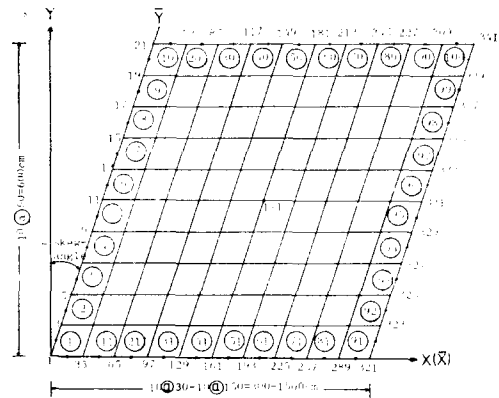


Fig. 3. Geometry of R/C skew-plate and mesh generation

要素의 分割은 Fig.3 과 같으며 이때 邊長比는 0.5, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0 및 2.5의 7 경우로 하였으며 이들 各各에 대해서 斜角을 0°, 15°, 35° 45° 및 60°의 5 경우로 하였다. 따라서 본 論文에서 的 結果는 全部 35 경우에 대해서 解析한 것이다

1. 鉛直變位 特性

斜板의 中央에서 各 邊長比에 따른 鉛直變位를 圖示하면 Fig.4 와 같다.

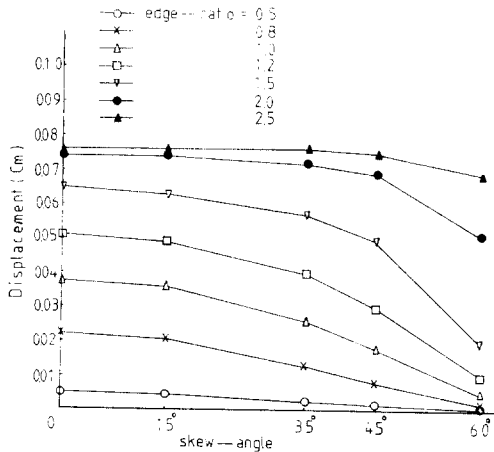


Fig. 4. Lateral displacements, central region

邊長比 1.5까지의 경우는 斜角의 增加에 따라 鉛直變位가 점차 減少되었으며 特히 斜角 15° 以上에서 현저히 減少되었다. 그러나 邊長比 2.0 以上의 경우는 이러한 減少 現象은 크게 줄어 들었다. 즉 斜角 45°까지는 거의 影響이 없음을 알 수 있다. 特히 邊長比 2.5의 경우는 鉛直처짐에 대한 斜角의 影響은 거의 없음을 알 수 있다.

2. 邊長比에 따른 모멘트의 變化

邊長比의 增加에 따른 斜板의 中央部, 鈍角部 및 銳角部에서의 모멘트의 變化를 圖示하면 Fig.5, Fig.6 및 Fig.7과 같다.

먼저 中央部에서의 \bar{X} -모멘트의 경우 邊長比 0.8 以下에서는 斜角의 增加에 따라 全般的으로 減少되었으며 特히 斜角 45° 以上에서는 급격히 減少되었다.

邊長比 1.0, 1.2 및 1.5의 경우는 斜角이 增加함에 따라 약간 모멘트가 增加하다가 45° 以上에서는

다시금 減少되기 始作하였다. 그러나 邊長比 2.0 以上의 경우에는 계속해서 \bar{X} -모멘트의 값이 增加되었다. 한편 \bar{Y} -모멘트의 경우는 모든 邊長比에서 減少되는 傾向을 보였다. 最大 主 모멘트 및 最小 主 모멘트는 完만하기는 하지만 \bar{X} -모멘트 및 \bar{Y} 모멘트와 類似한 傾向을 보였다.

鈍角部에서의 모멘트의 變化를 보면 모든 모멘트

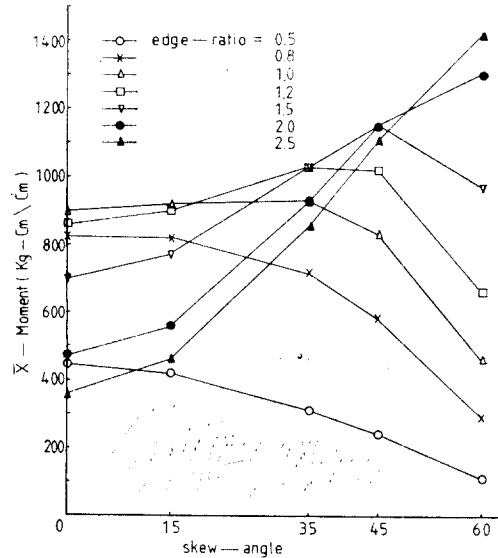


Fig.5(a). \bar{X} -Moments, central region

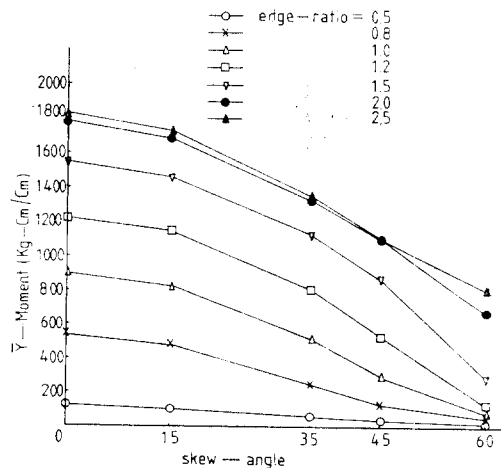


Fig.5(b). \bar{Y} -Moments, central region

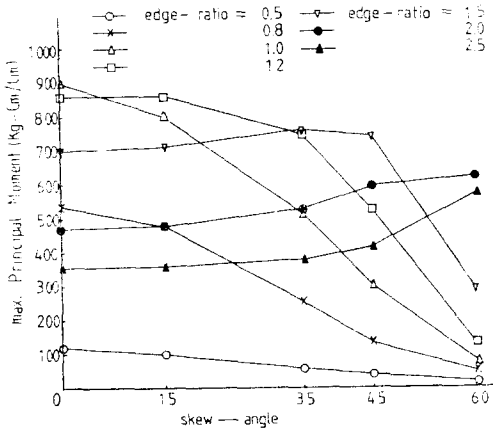


Fig.5(c). Max. Principal Moments, central region

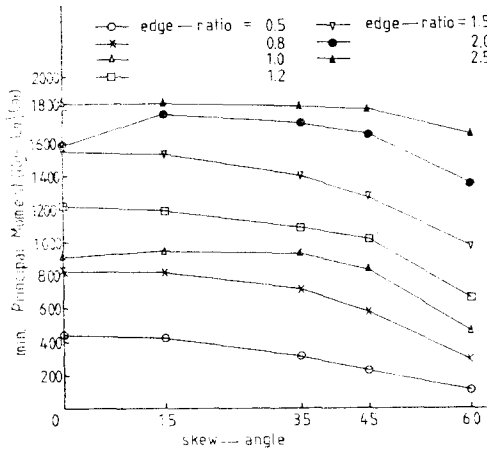


Fig.5(d). Min. Principal Moments, central region

가 邊長比 1.5 까지는 斜角의 增加에 따라 增加하는 傾向을 보이다가 斜角 45° 以上에서는 다시 급약간 減少되었으나 邊長比 2.0 및 2.5의 경우는 모든 斜角에서 增加되었다.

한편 銳角部에서의 모멘트는 모든 邊長比에서 斜角의 增加에 따라 減少되었으며 斜角 35° 以上에서는 無視할 수 있을 程度의 모멘트만이 作用되고 있었다.

3. 長・短邊 方向에의 荷重傳達

斜板에서 長-短邊比에 따른 荷重 傳達 機能을 알

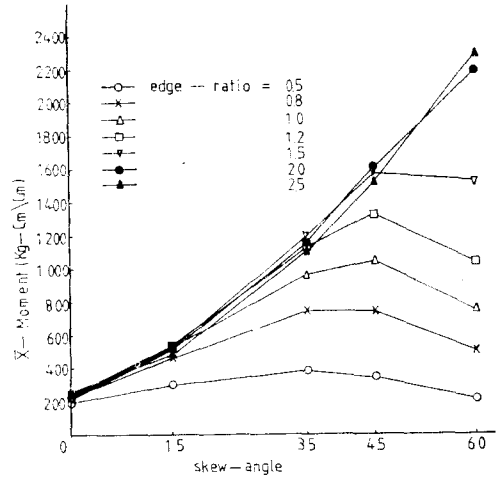


Fig.6(a). \bar{X} -Moments, obtuse-angle region

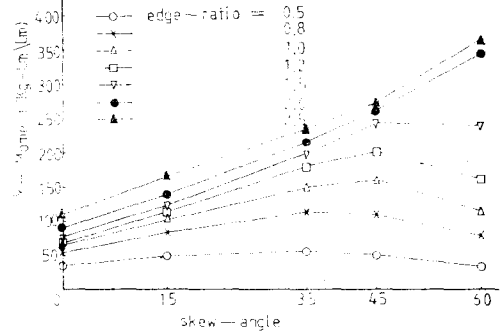


Fig.6(b). \bar{Y} -Moments, obtuse-angle region

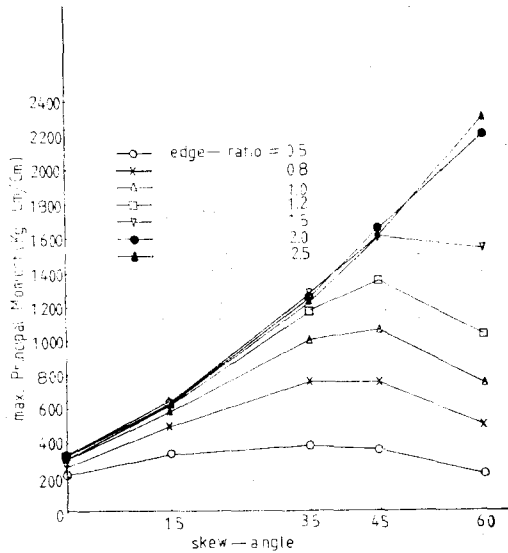


Fig.6(c). Max. Principal Moments, obtuse-angle region

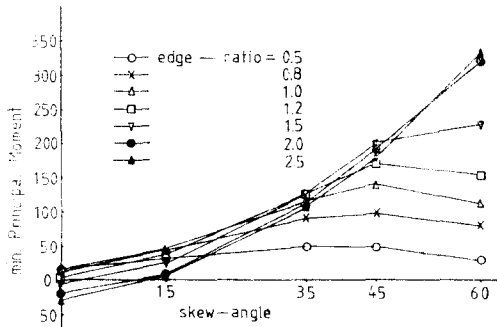


Fig.6(d). Min. Principal Moments, obtuse-angle region

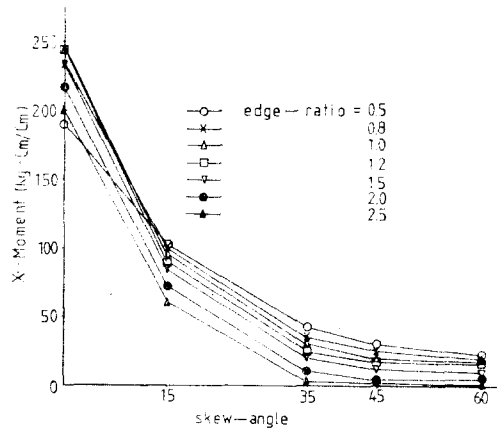


Fig.7(a). \bar{X} -Moments, acute-angle region

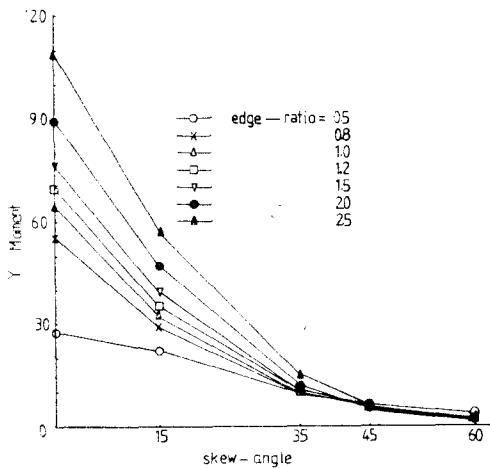


Fig.7(b). \bar{Y} -Moments, acute-angle region

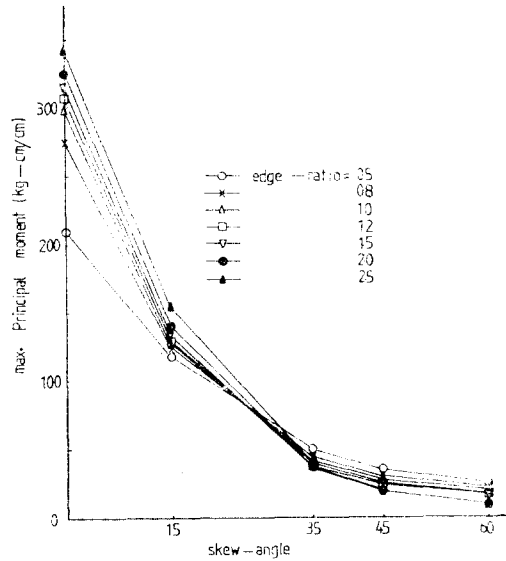


Fig.7(c). Max. Principal Moments, acute-angle region

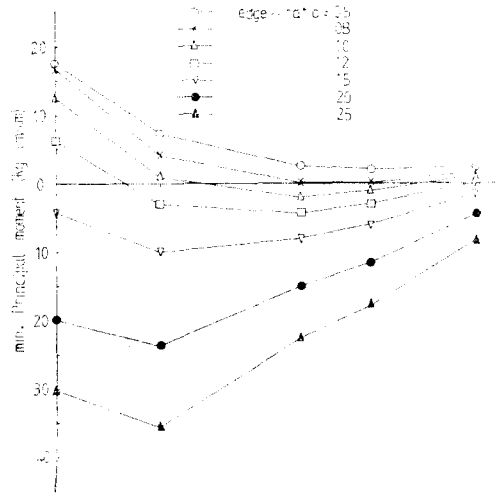


Fig.7(d). Min. Principal Moments, acute-angle region

아보기 위하여 斜板 中央部 및 鈍角部에서의 \bar{X} -모멘트에 대한 \bar{Y} -모멘트의 비를 圖示하면 Fig.8과 같다.

中央部에서 長·短邊 方向 모멘트비를 볼때 모든 邊長比에서 斜角이 增加함에 따라 모멘트비가 減少되는 傾向을 보이고 있다. 즉 \bar{X} -모멘트에 비해서 \bar{Y} -

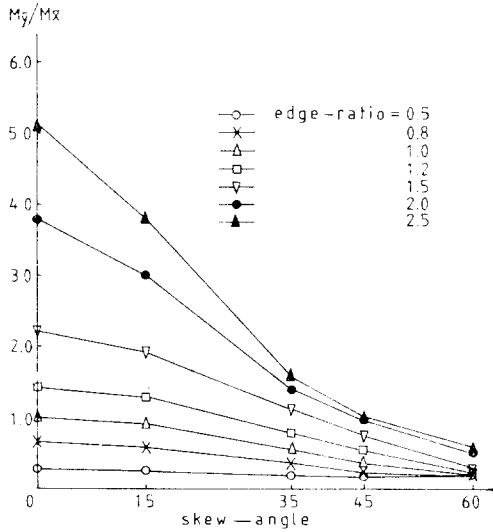


Fig. 8(a). \bar{X} -moment and \bar{Y} -moment ratio, central region

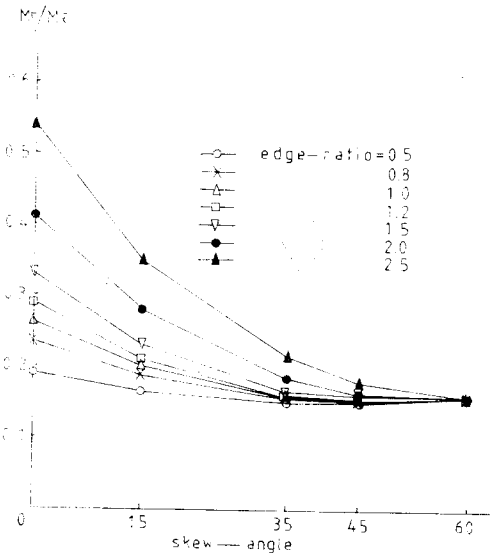


Fig. 8(b). \bar{X} -moment and \bar{Y} -moment ratio, obtuse angle corner

모멘트의 減少率이 더 크다는 것을 알 수 있다. 다시 말하면 短邊 方向에의 荷重傳達이 短形板 보다는 斜板에서 더 적게 일어나고 있음을 알 수 있다. 이것은 斜角의 增加에 따라 斜板의 短邊(\bar{Y} -方向) 方向의 길이가 增加되는 影響이 클 것으로 思料된다.

한편 鈍角部에서의 荷重傳達을 보면 斜角의 增加

에 따라 모멘트비가 減少되는 傾向을 보이는 것은 中央部의 경우와 類似하지만 荷重의 傳達이 中央部와는 달리 長邊方向으로 더 많이 일어난다. 있음을 알 수 있으며 斜角 45° 以上の 경우 모멘트비는 거의 一定한 傾向을 나타냈다. 이들을 綜合할때 中央部에서는 \bar{Y} -모멘트가 鈍角部에서는 \bar{X} -모멘트가 設計의 支配因子임을 알 수 있다.

4. 反力分布 特性

斜板의 支持邊에 發生하는 反力分布의 特性을 알아 보기 위하여 支持邊上의 支持 節點中 中央節點, 鈍角部 偶節點 및 銳角部 偶節點에서의 反力을 圖示하면 Fig. 9와 같다. 먼저 邊 中央에서의 反力은 邊長比 1.5까지는 모든 斜角에서 反力이 減少되고 있으며 邊長比 2.0 및 2.5의 경우는 斜角 35° 까지는 거의 一定 하였다. 즉 斜角이 反力에 미치는 影響은 거의 없었다. 그러나 그 以上の 斜角이 되면 反力은 현저히 減少되었다.

鈍角部 偶節點에서의 反力은 모든 邊長比에서 斜角 45° 까지는 增加 되었으며 邊長比 1.5 以下の 경우는 斜角이 45° 以上으로 되면 反力도 減少하였다. 그러나 邊長比 2.0 以上の 경우는 이러한 現象을 볼 수 없었다. 즉 모든 斜角에서 反力이 增加되었다. 다만 邊長比 0.8 以下の 경우는 鈍角部 偶節點에는 斜角 45° 및 60°의 경우 미소하나마 上向 反力이 發

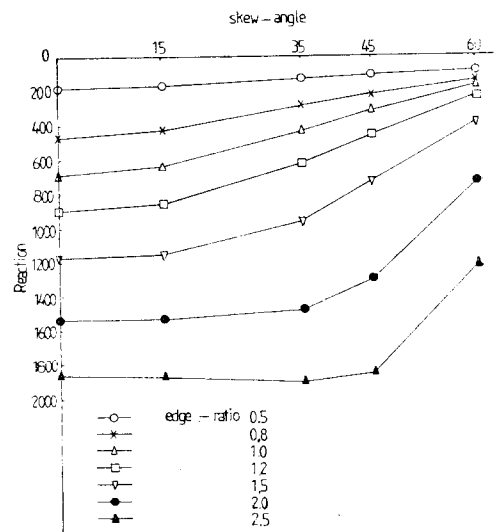


Fig. 9(a). Reactions, mid point in \bar{X} -direction

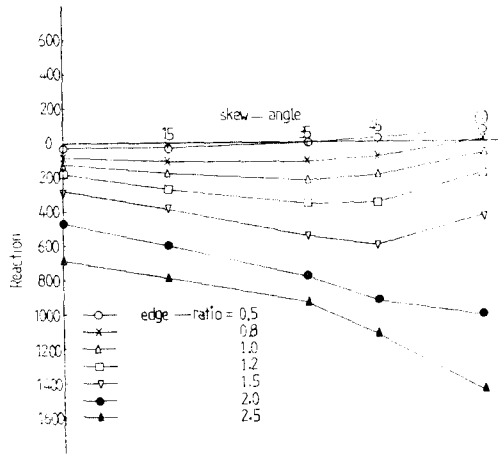


Fig.9(b). Reactions, corner point in obtuse-angle region

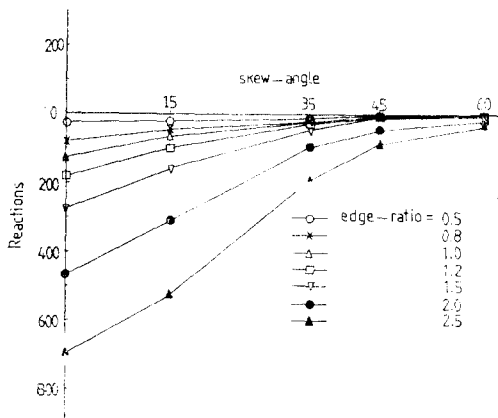


Fig.9(c). Reactions, corner point in acute-angle region

生되고 있음이 特異하다.

IV. 結 論

等分布 荷重을 받는 4邊 固定 鐵筋 콘크리트 斜板에서 邊長比를 0.5, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0 및 2.5로 하고 이들 各各에 대하여 斜角을 0°, 15°, 35°, 45° 및 60°로 變化시켰을 경우의 解析例로부터 다음과 같은 結論을 얻을 수 있었다.

1. 邊長比 1.5까지는 斜角의 增加에 따라 斜板 中央의 鉛直치짐은 점차로 減少되었으며 특히 斜角 15° 以上에서 減少現象이 현저히 일어났다. 邊長比

2.0의 경우는 斜角 45°까지는 影響이 없었으며 특히 邊長比 2.5의 경우는 거의 斜角의 影響을 받지 않았다.

2. 中央部에서의 모멘트는 斜角의 增加에 따라 다음과 같은 特性을 나타냈다.

가. \bar{X} -모멘트 및 最大 主 모멘트는 邊長比 0.5 및 0.8의 경우는 全般적으로 減少傾向을 나타냈으며 邊長比 2.0 및 2.5의 경우는 繼續해서 增加되는 反對傾向을 나타냈으며 邊長比 1.0, 1.2 및 1.5의 세 경우는 약간 增加되다가 斜角 45°부터는 다시 減少되기 始作했다.

나. \bar{Y} -모멘트 및 最小 主 모멘트는 邊長比 2.0의 경우를 除外하고는 모두 減少되는 傾向을 보였다.

3. 鈍角部에서의 모멘트는 斜角의 增加에 따라 邊長比 1.5 以下에서는 모멘트도 增加되다가 斜角 45° 以上 에서는 다시 약간 減少되는 傾向을 보였다. 그러나 邊長比 2.0 및 2.5의 경우는 모든 斜角에서 모멘트의 값은 增加되었다.

4. 銳角部에서의 모멘트는 모든 邊長比에서 斜角이 增加함에 따라 減少되었다.

5. 長·短邊 方向의 모멘트비는 斜角이 增加함에 따라 모든 邊長比에서 점차 減少되었으며 斜角 60° 에서는 모멘트비의 값은 거의 一定하였다.

6. 斜角의 增加에 따른 支持邊에서의 反力分布의 特性은 다음과 같았다.

가. 支持邊 中央에서의 反力は 邊長比 1.5 以下 에서는 減少되었지만 邊長比 2.0 및 2.5의 경우는 斜角 35° 까지는 거의 一定하였으며 그 以上の 斜角에서는 급히 減少되었다.

나. 鈍角部 偶節點에서의 反力は 邊長比 1.5 以下의 경우는 斜角 45°까지는 增加되었으며 그 以上の 斜角에서는 反력이 오히려 減少되었으며 邊長比 2.0 및 2.5의 경우는 모든 斜角에서 反력이 增加되었다.

다. 銳角部 偶節點에서의 反力は 모든 邊長比에서 減少傾向을 보였다.

參 考 文 獻

1. B. M. Irons : 1970 A Frontal Solution Program for Finite Element Analysis. Jour. for Numerical Methods in Eng. Vol.2, pp.5-32.
2. E. Hinton and D.R.J. Owen : 1979. Finite Element Programming. Academic Press Inc.

- London.
3. D.N. Buragohain and S.C. Patodi : 1977. Large deflection analysis of skew plates by Lumped Triangular Element Formulation. Computer and Structures, Vol.9, pp. 183-189
 4. Ingvaar H.E. Nilson and Anders Losberg : 1976. Reinforced concrete Corners and Joints subjected to bending moment. J. of St. Div., ASCE, Vol.102, No. ST6, pp. 1229-1254.
 5. Jan C. Jofriet and Gregory M. Mcneice : 1971. Finite Element Analysis of Concrete Slabs. J. of St. Div., ASCE, Vol.97, No. ST3, pp.373-806.
 6. John B. Kennedy and Davaiath S.R. Gupta : 1979. Bending of Skew Orthotropic Plate Structures. J. of St. Div., ASCE, Vol.210, No. ST8, pp.1559-1574.
 7. Kazuhiko Kawashima, Chiaki Seki, Tates Kajita and Masao Naruoka : 1970. Analysis of points-supported skew plates by Finite Element Method. Proc. of JSCE., No.184, pp.33-39
 8. O.C. Zienkiewicz : 1977. The Finite Element Method. McGraw-Hill Book Co. Inc., New York, pp.
 9. P. Desayi and A. Prabhakara : 1981. Load-deflection behaviour of restrained R/C skew slabs. J. of St. Div., ASCE, Vol. 107, No. ST5, pp.873-888.
 10. R. Bares : 1979. Tables for the analysis of plates, slabs and diaphragms. Bauverlag GmbH. Germany, pp.
 11. Rudolph Szilard : 1974. Theory and Analysis of Plates. Prentice-Hall Inc., New Jersey, pp.
 12. Timoshenko, S.P. and Woinowsky-Krieger, S. : 1959. Theory of Plates and Shells. McGraw-Hill Book Co. Inc., New York
 13. Timoshenko, S. P. and J. N. Goodier : Theory of Elasticity. McGraw-Hill Book Co. Inc., New York
 14. Yair Tene and Izhak Sheinman : 1974. Analysis of Skew Plates with Shear Deformation using Natural Coordinates. J. of Eng Mech. Div. ASCE, Vol. 100, No. EM2, pp. 235-249.
 15. Yau-Kai Cheung : 1968. Finite Strip Method Analysis of Elastic Slabs. J. of Eng. Mech. Div., ASCE, Vol. 94, No. EM6, pp.1365-1378.
 16. 조진구 : 1983. 탄성지반상에 놓이고 기둥 하중을 받는 skew-plate의 해석. 전남대학교 논문집 제28집 pp.345-355.
 17. 조진구, 이문수 : 1985. 등분포 하중을 받는 4-면 고정인 철근콘크리트 사판의 해석. 한국농학회지 Vol. 27. No.3, pp.76-84.
 18. 최현태 : 1984. 철근콘크리트 사판교의 주립 모우먼트의 특성에 관한 연구. 부산대학교 대학원 석사학위논문.