

L型平板の応力集中について

第2報 図式積分と有限要素法

望月太喜雄*・畠山 耕治**・小川 寿*

On the Stress Concentration of L-type Plate (2nd Report) Shear Difference Method and Finite Element Method

Takio MOCHIZUKI, Koji HATAKEYAMA and Hisashi OGAWA

Abstract

In the preceding report, the relationship between the dimensions of Lib and the vertex of the crossed part of member was investigated in order to reduce the stress concentration arised using the specimens of L-type plate as a model of ordinary frame of a right angled member.

This report offers the result of the comparison of the stress analyses of internal part of the member using both Shear Difference Method and Finite Element Method. Referring to Shear Difference Method the three-dimensional graphical expression of stresses was endeavoured to.

Zooming method was tried to obtain the approximate values of the solution of the problem and save the core memory of computer.

1. ま え が き

部材が直角に交差するような場合は常に応力集中が問題となりリブ等による補強が行われる。その応力集中を下げる方法としてはリブの形状、大きさが問題であり、リブ内部の縮次数が零となる点、すなわち剪断応力が零となる点を切り取ってもその集中度には影響を及ぼさぬ¹⁻⁴⁾と仮定して、部材の軽減も行われている⁵⁾。前報ではL型平板について、応力集中部の ρ と頂部切り落とし量の関係並びにその応力集中について調べた。

本報ではL型平板の交差部の内部応力を図式積分法⁶⁾で解析し有限要素法による解と比較してみた。とくに図式積分については、平板を出来るだけ多くの基盤の目で覆い応力の立体的表示を試みた。有限要素法についてはゾーミングの手法(ステップ解法)による解に就いても調べた。

2. 試験片および実験装置

試験片材料としては市販のエポキシ樹脂を使用した。厚さ 6.08mm, ヤング率 $E=302.0\text{kg/mm}^2$ 光弾性感度 $\alpha=0.89\text{ mm/kg at } \lambda=5461\text{ \AA}$ 形状は前報の図1に示すL型平板で $\rho=20\text{mm}$, $S=40\text{ mm}$ を採用し、荷重装置は前報に示したものを使用した。

3. 図式積分法による応用解析

3.1 等傾線, 等色線, 主応力線⁷⁾

最大縮次数は Tardy 法によって読み取り, 等傾線は数値計算による誤差をなるべく少くするために出来るだけ詳しく読み取ることにした。図1に $W=11.76\text{kg}$ の場合の等色線写真を, 図2, 図3に等傾線, 主応力線をそれぞれ示す。

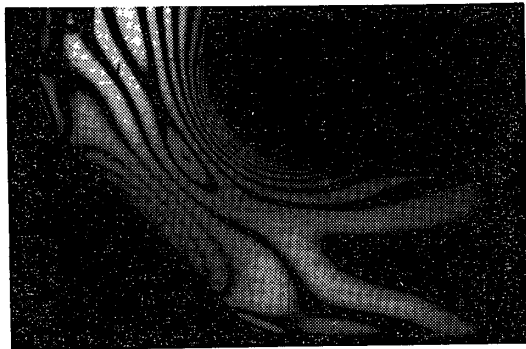


Fig. 1 Isochromatic fringe photograph

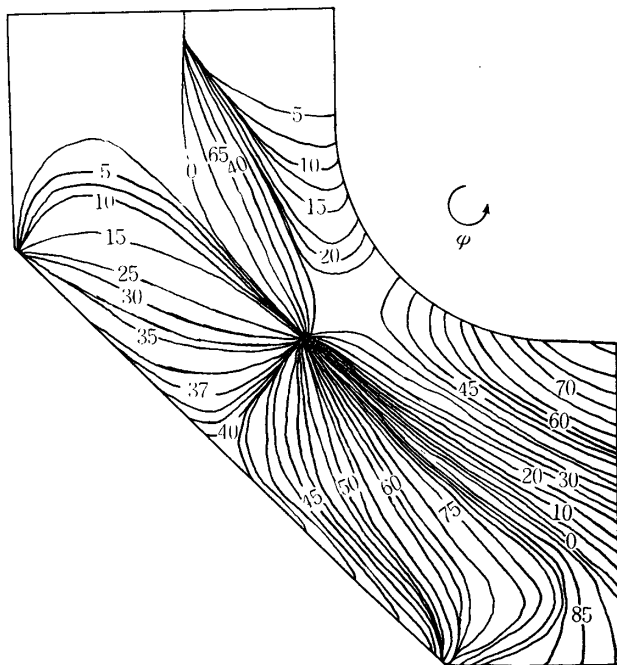


Fig. 2 Isoclinic fringe photograph

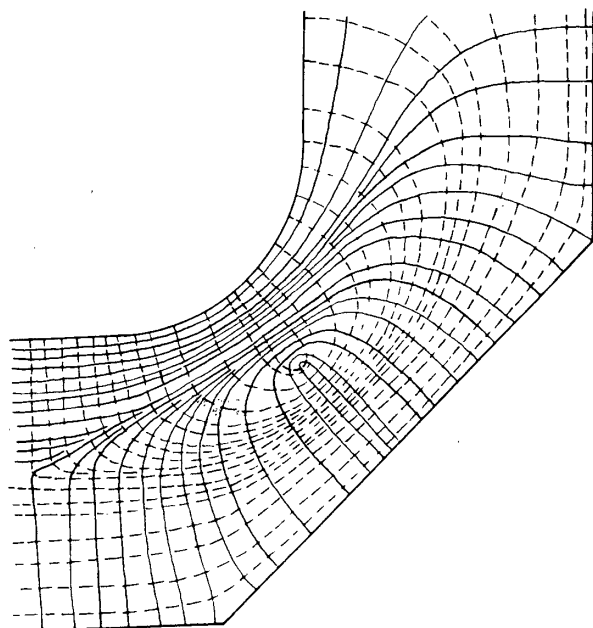


Fig. 3 Principal stress trajectories

3. 2 結果および考察

図4に解析した断面, J, K, N, L, M, P, Q, I,

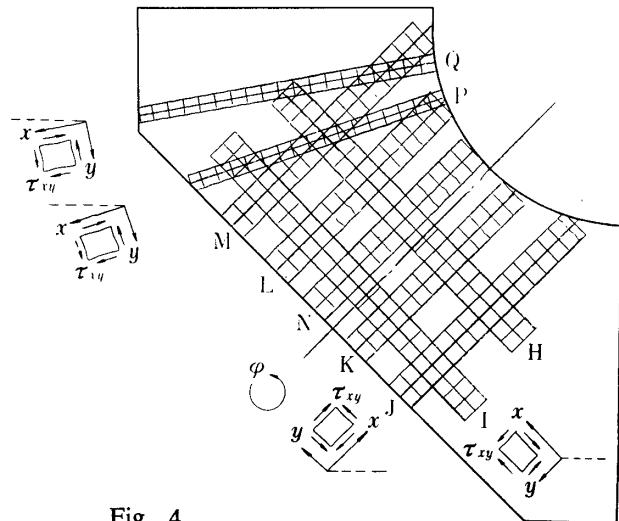


Fig. 4

Analyzed sections and their coordinate axes

H とそれぞれの座標軸を示す。ただし σ_x は x 方向の引張応力を正, σ_y は y 方向の引張応力を正とする。剪断応力 τ_{xy} は図に示す方向をそれぞれ正とする。 ϕ は偏光子の回転方向を示す。

Fig. 5~13 に解析した各断面の応力 σ_x , σ_y , σ_1 ,

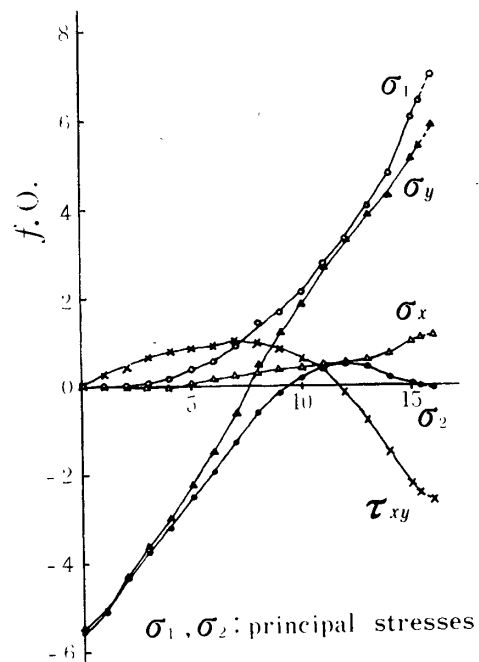


Fig. 5 J-SECTION

σ_2 , τ_{xy} を示す。横軸に各周辺からの距離 x を, 縦軸に各応力値を繰回数で示す。

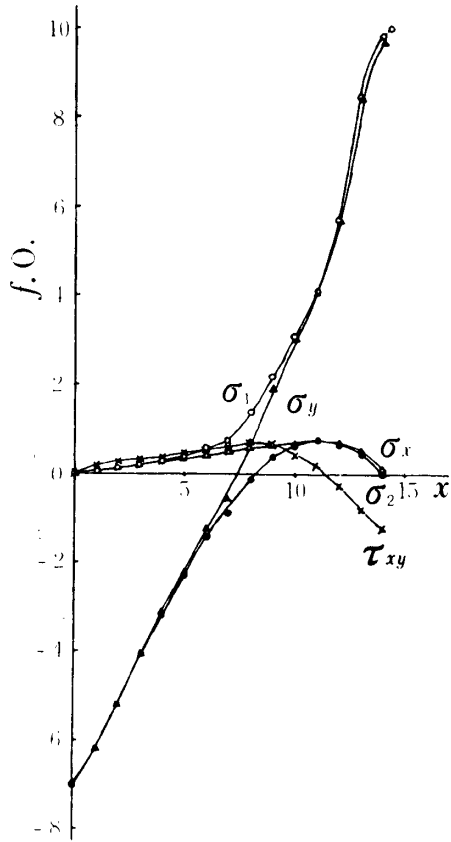


Fig. 6
K-SECTION

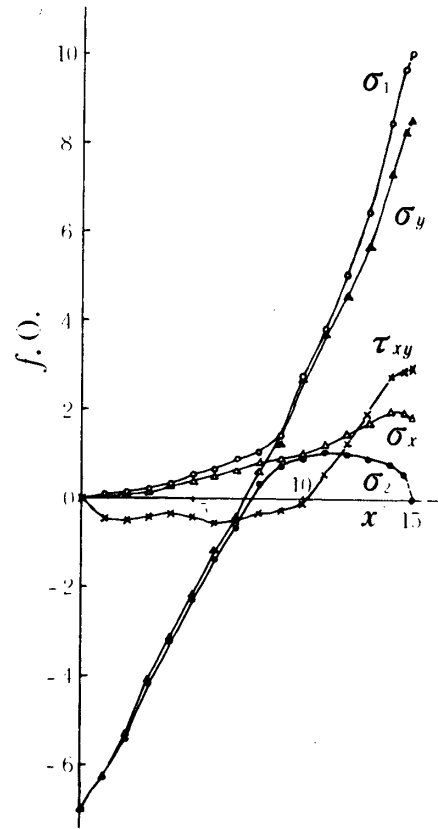


Fig. 8 L-SECTION

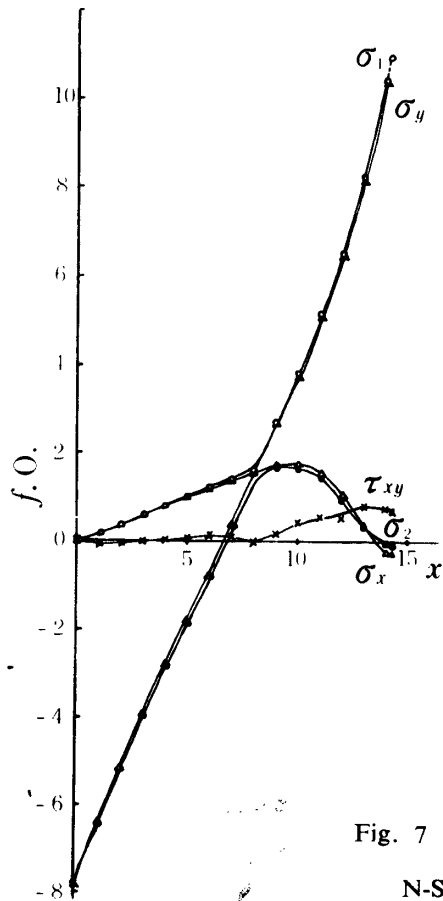


Fig. 7
N-SECTION

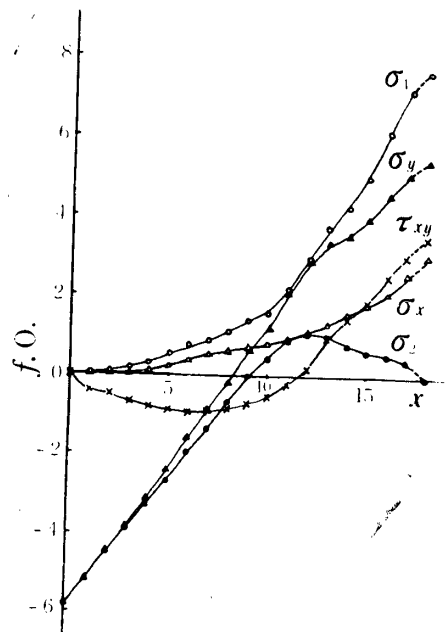


Fig. 9 M-SECTION

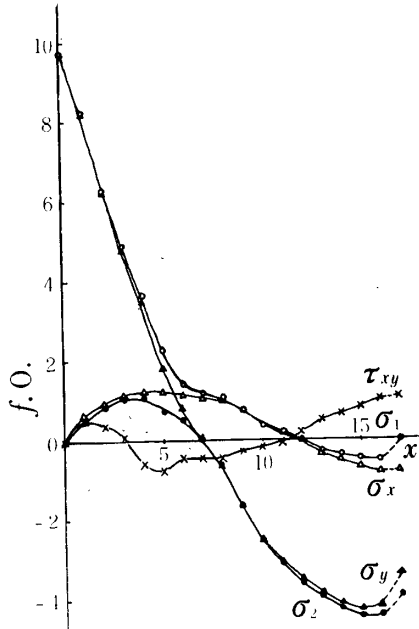


Fig. 10 P-SECTION

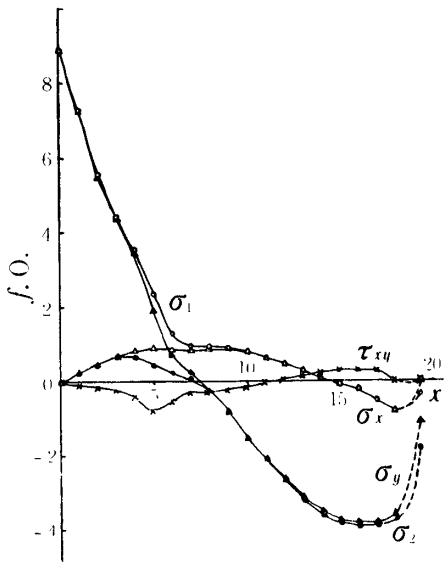


Fig. 11 Q-SECTION

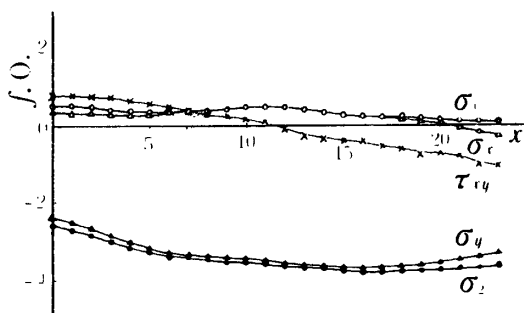


Fig. 12 I-SECTION

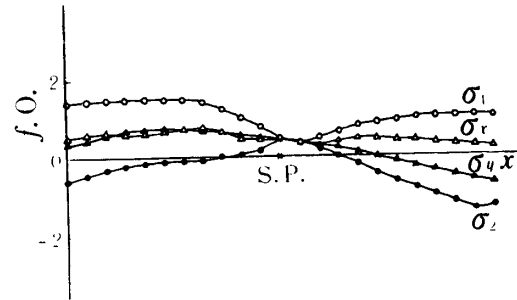


Fig. 13 H-SECTION

J, K, N, L, M断面は共通した性質を示している。なわち σ_1 はゼロから、 x の増加と共に急激に増加するが、 σ_2 は圧縮応力で始まり、途中引張りに転じ、終りゼロに近づく。しかし剪断応力は J, K 断面では符号が正から負に変わるのに対して、L, M 断面では N 断面を境にして負から正に変化する。また N 断面では剪断応力は殆んど生じていないことが推定できる。P 断面と M 断面の交差点における主応力および Q 断面、M 断面における交差点における主応力はそれぞれ大体一致した値を示している。H 断面は中央附近に特異点（この場合は $\sigma_1 = \sigma_2, \tau = 0$ のゼロ点）を有し、解析値は、その附近で少し誤差を含んでいる。

Fig. 14 に最大主応力 σ_1 の立体的分布を綫次数で示

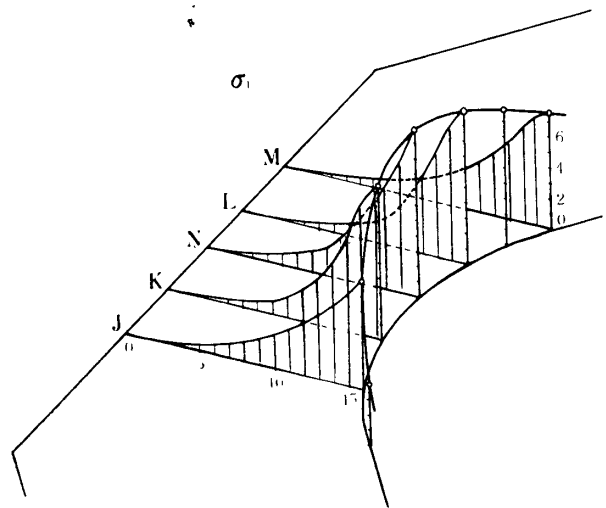


Fig. 14 Distribution of principal stress σ_1

す。Fig. 15 に最小主応力 σ_2 の分布を示す。ただし上方向を負とする。

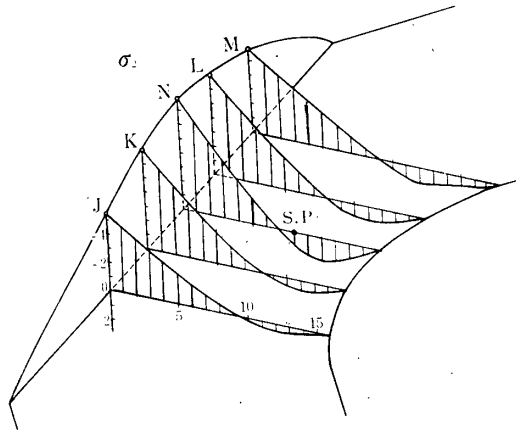


Fig. 15 Distribution of principal stress σ_2

4. 有限要素法による解析と考察

Fig. 16 に要素分割 (全要素数299) の一部を示す。

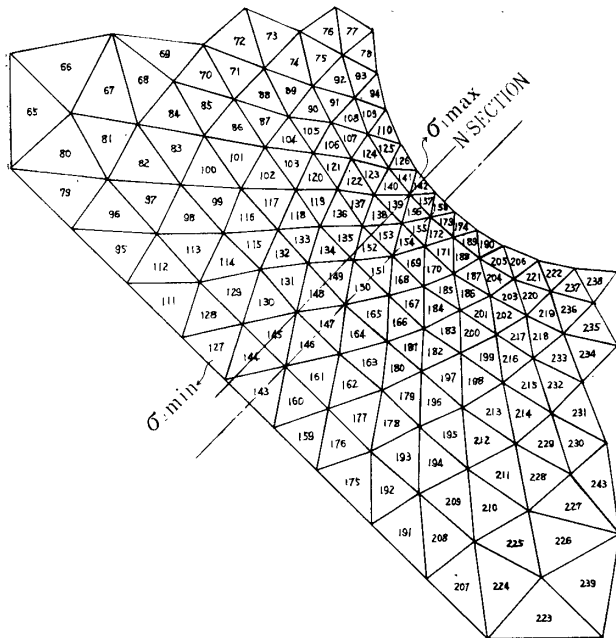


Fig. 16 Devision of Elements

最大主応力は隅肉部, 要素番号 142 に生じ, $\sigma_{1max} = 2.226\text{kg/mm}^2$, 最小主応力は切り落とし頂部, 要素番号 127 に生じ $\sigma_{2min} = 1.434\text{kg/mm}^2$ (ただし σ_1, σ_2 とも図心位置をもって代表させる修正を施ささない値) となった。ゼロ点は要素番号 135 番附近に生じた。ちなみに要素数に対する σ_1, σ_2 の変化を示すと第 1 表の通りである。

応力集中部に対するブーミングによる解析に関して, 結果のみを記す。

Table 1

Variation of principal stresses with numbers of elements

principal stress number of element	σ_1 (kg/mm ²)	σ_2 (kg/mm ²)
82	2.038	-1.206
193	2.171	-1.335
299	2.226	-1.434

節点力を外力に選ぶと変位は真の値の約 1/2 の大きさを示し, 応力はやや大きめであるが大体真値を与えた。節点変位を外力に選ぶと変位は大体, 真値を示すが, 応力はやや小さめの値を示した。

5. 図式積分法と有限要素法による解の比較

Fig. 17 は N 断面における両者の解の比較を示す。図

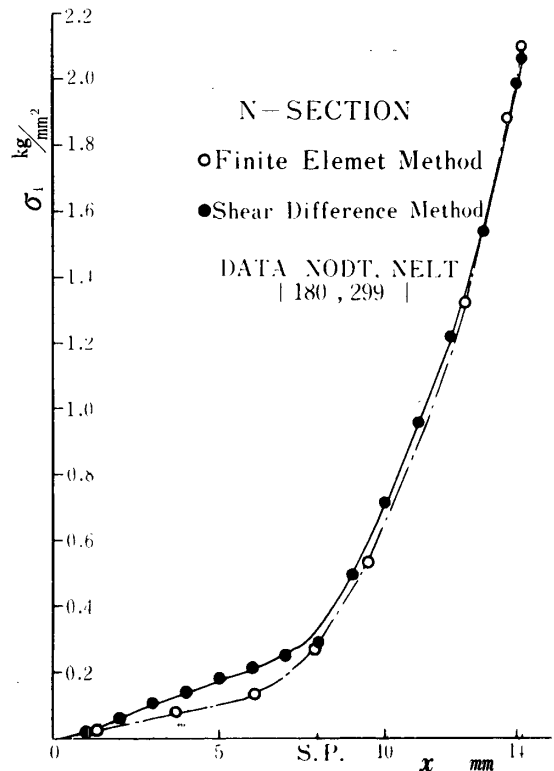


Fig. 17 Comparison of the results of Shear Difference Method and Finite Element Method

式積分法における等傾線の読み取り誤差および計算途中

における累積誤差も当然考えられる訳であるが、両者の示す応力はかなり接近した値を示した。しかし応力集中部を除いては有限要素法の値がやや小さめに出た。メッシュの関係も考えられ、また K マトリクスすなわち変位関数の性質からも当然とも解される。

また他の断面についても大体同様な結果を得た。ただし有限要素法においては応力はメッシュの大きさによる誤差を考慮して、そのままの値を採用するのではなく隣同志の図心からの距離を考えに入れての平均値を採用した。

6. む す び

以上の実験結果および数値解析をまとめると次の通りである。

1. 最大主応力は頂部より隅肉部に向かって急激に増加し最小主応力は頂部より隅肉部に向かって急激に負から正に符号を変えて終りにゼロに近づく。
2. 有限要素法による解と図式積分による解は極めて接近した値を示した。
3. ズーミングによる解析結果から、節点力を外力に選ぶと、応力値はやや大きめであるが大体真値を示すが、変位は真値の約半分の値となる。変位を外力に選ぶと、すなわち強制変形の場合は、変位は大体真値を示すが、応力はやや控えめな値を示した。

最後に本実験に対して熱心に研究を進めた46年度卒研学生、実松嘉浩、早瀬雄平の諸君、および極めて有益な助言を戴いた山口大学工学部教授清水茂俊氏に深甚なる感謝の意を表します。

参 考 文 献

1. 西岡邦夫, 久光脩文: リブ補強に関する研究 (第1報), 機械学会論文集, 27—139, p 985, (1961)
2. 西岡邦夫, 久光脩文: リブ補強に関する研究 (第2報), 機械学会論文集, 29—200, p 657, (1963)
3. 伊藤, 川原, 増田, 戸塚: 通勤電車窓すみ肉部の光弾性実験による応力集中の研究, 機械学会論文集, 32—244, p 1793, (1966)
4. 伊藤, 増田, 戸塚: 通勤電車窓すみ肉部の応力集中について, 機械学会論文集, 36—287, p1099, (1970)
5. 小川 寿, 足立拓郎: L型平板の応力集中について (第1報), 宇部高専研究報告, 13号, p15, (1971)
6. Yoshio Ohashi: Photoelastic Stress Analysis of a V-shaved Die for plastic Work, Experimental Stress Analysis, XXV—1, p182 (April 1968)
7. 信原, 桜井, 吉村: 有限要素法のプログラム・デザイン, p125, 培風館, (1972)

(昭和47年9月20日受理)