

# 塔状構造物による地震応答観測

Response Observation of Reinforced Concrete Tower

半谷 裕彦\*・田波 徹行\*・山上 敬\*  
Yasuhiko HANGAI, Tetsuyuki TANAMI and Takashi YAMAGAMI

## 1. 目 的

地震時における地盤と構造物の相互作用を観測することを目的として、塔状構造物(応答観測塔と呼ぶ)を設置した。応答観測塔は直径5m、高さ12.5m(地下2.5m、地上10m)の鉄筋コンクリート造であり、重量は上部構造98t、地下構造86t、総重量184tである。規模の概略と外観を図1および写真1に示す。地下側壁の効果の調査や理論解析との接続等を考慮し、ほぼ円形プランをもつ、地下室付きの塔状構造物とした。地震時における収録データとしては加速度と土圧を選び、総計64成分の観測を実施している。

敷地内の地盤性状、地質構成、建設に先立って行った平板載荷実験の結果、土圧計の設置用治具、起振機実験結果(地中部分と1階床板の完成時点で実施)、等は文献1)で既発表である。観測地区内におけるせん断波の伝搬速度などを図2に再録する。<sup>2)</sup>

応答観測塔による地震時観測は1983年8月から開始しており1984年7月31日までに25回の地震に対して

データ収集を行っている。ここでは、3月6日11時19分3秒に発生した地震(震央位置:北緯29.28,東経139.8,深さ:460km,マグニチュード:7.9,震央距離:692km)時の応答結果に限定して報告する。

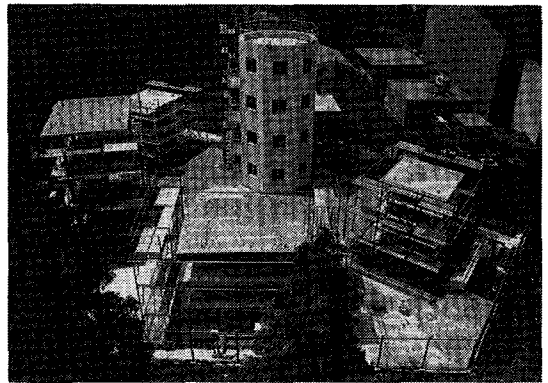


写真1 外 観

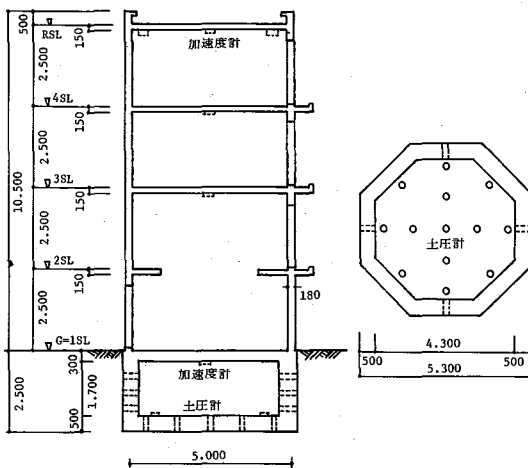


図1 応答観測塔の規模

深度(m)	$V_p$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	$\gamma_s$ (g/cm)	$\nu$	G (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )
0	140	320	1.35	0.381	269	743
5		550	1.5	0.244	1566	3896
10		320	1.7	0.481	1775	4416
20			1.7	0.481	1775	5257
30		1670	1.8	0.466	3238	9493
40	420					

図2 地盤性状

\* 東京大学生産技術研究所 第5部

2. 加速度観測とフーリエ・スペクトル

加速度計は、基礎床板のレベルと屋上階 (RL) のレベルに各 5 個、1 階、3 階、4 階のレベルに各 1 個の計 13 個 (39 成分) を設置した。なお、応答観測塔から 15 m 離れた位置において、地下 40 m および地下 1 m の埋設地震

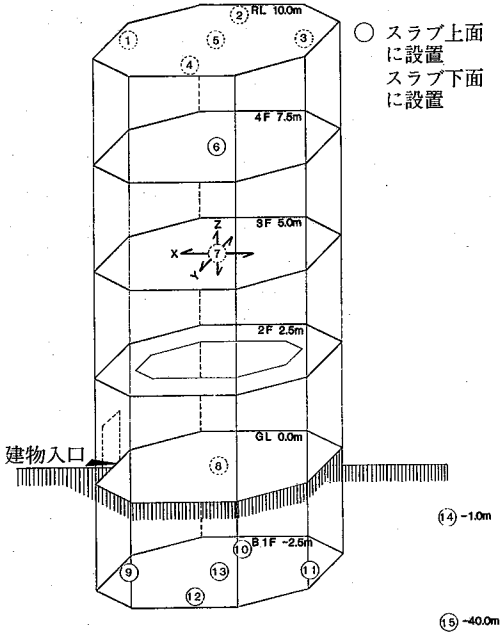


図 3 加速度計配置図

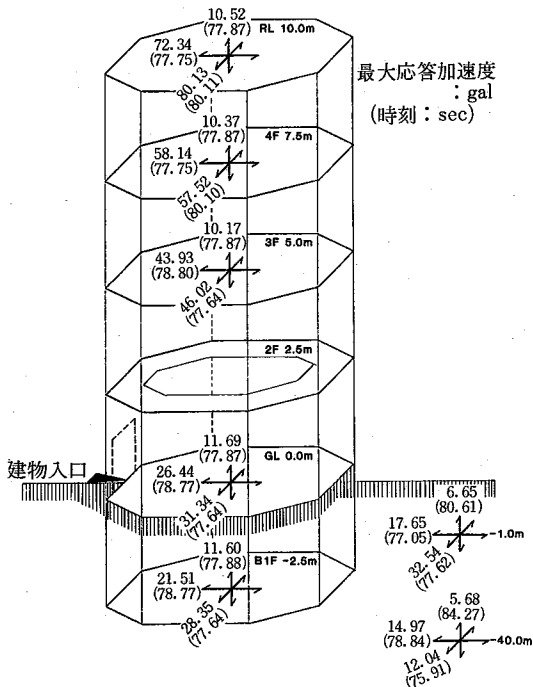
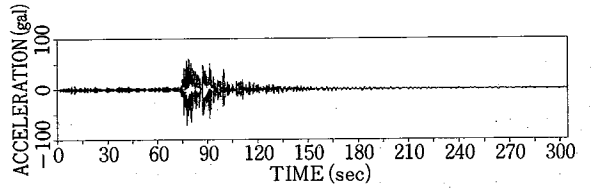


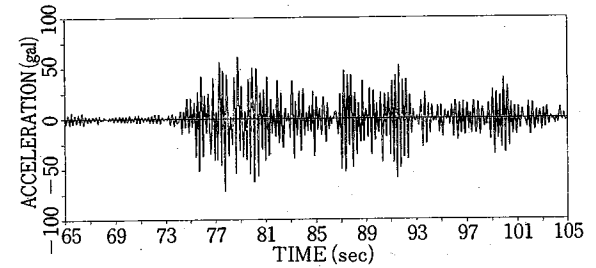
図 4 最大応答加速度分布図

計による加速度観測を行っている。加速度計の設置位置と番号を図 3 に示す。

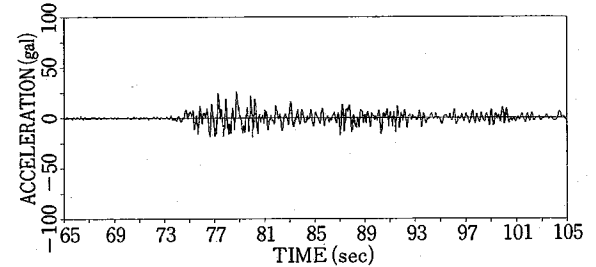
図 5 と図 6 は代表的な位置における X 方向 (水平方向) と Z 方向 (鉛直方向) の加速度時刻歴を 65 秒から 105 秒まで区切って示したものである (この区間を用いて応答スペクトル解析を実行している)。なお、図 5(a) に記録を行った全時間に亘る時刻歴を示す。図 5(d) と図 6(d) は地下 40 m の水平および鉛直加速度の時刻歴である。鉛直方向の時刻歴で特徴的なことは、図 6(b) と (c) の比較からわかるように、応答観測塔の中心軸の応答はほぼ同一であること、かつ (a) と (b) の比較より、ロッキング振動が顕著であること、である。



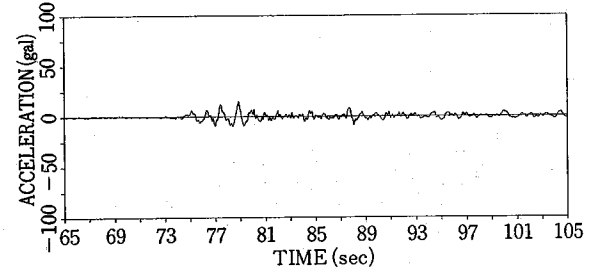
(a) 1X (0.0 sec~304.75 sec)



(b) 5X



(c) 8X



(d) 15X

図 5 X 方向加速度の時刻歴

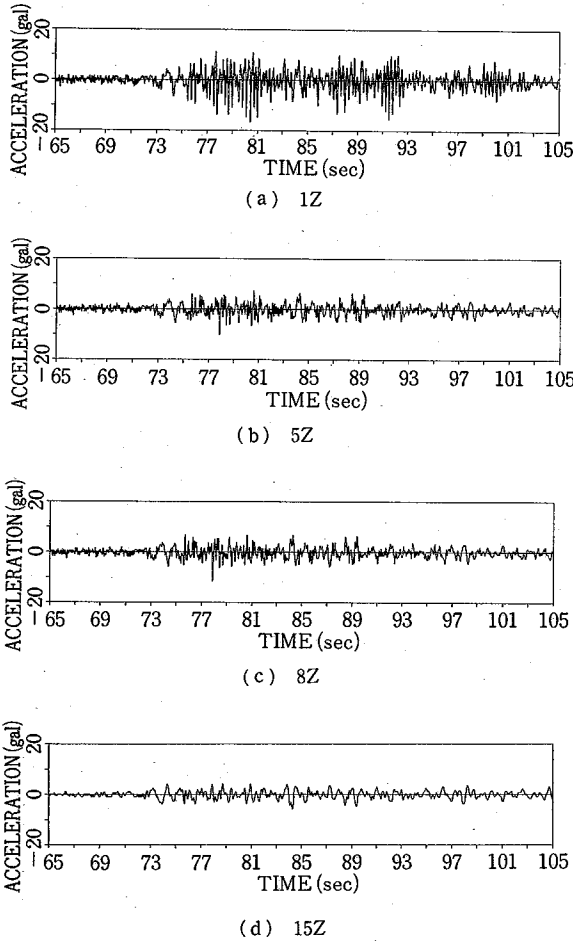
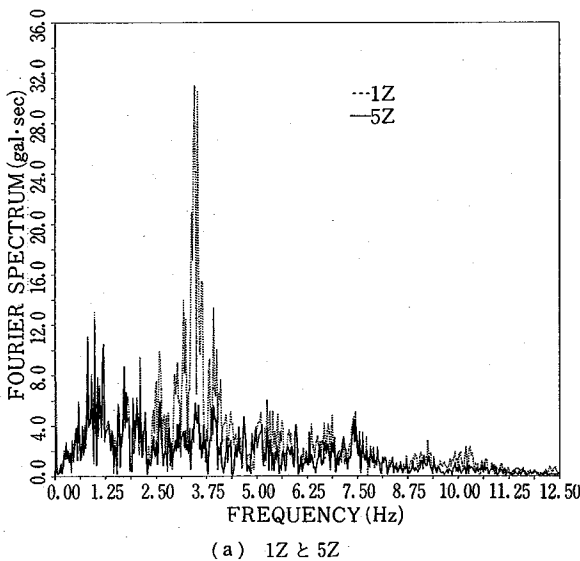
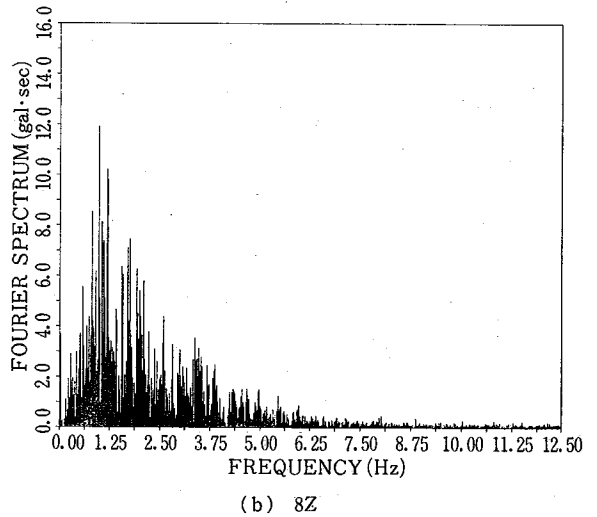


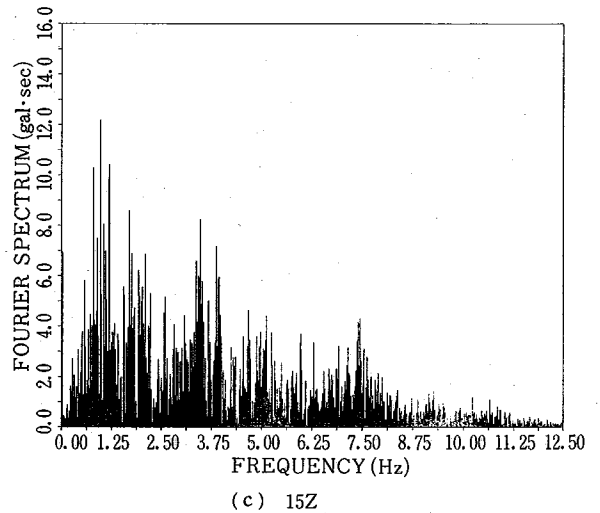
図 6 Z 方向加速度の時刻歴



(a) 1Z と 5Z



(b) 8Z



(c) 15Z

図 7 加速度応答のフーリエ・スペクトル (Z 方向)

図 7 と図 8 は加速度応答のフーリエ・スペクトルを描いたものである。図 7(a) は最上階の 2 点における鉛直方向のスペクトルを比較したもので、点線は測定点 1、実線は測定点 5 に対応している。この図には、ロッキング振動の振動数が 3.5 Hz であることがよく表されている。この振動数は、水平方向のスペクトルである図 8(a) の最大応答を示す振動数と当然ながら一致している。

以上の結果を裏付けるため、種々の 1 次振動数を既往の理論式を利用して計算すると次のようになる。床の振動 (固定円板として) : 29.5~33.4 Hz, 上部構造の伸縮振動 : 57 Hz, 地上部の横振動 (せん断変形を考慮した梁として) : 24.6 Hz, 応答観測塔を剛体とした場合のスウェYROッキング振動 : 2.3~6.3 Hz の間に分布 (地盤係数や埋込みの効果の扱いによる差), 上下振動 : 7.7 Hz である。

図 4 は応答観測塔の中心軸に沿っての最大応答加速度と発生時刻を图示したものである。

### 3. 土圧観測とフーリエ・スペクトル

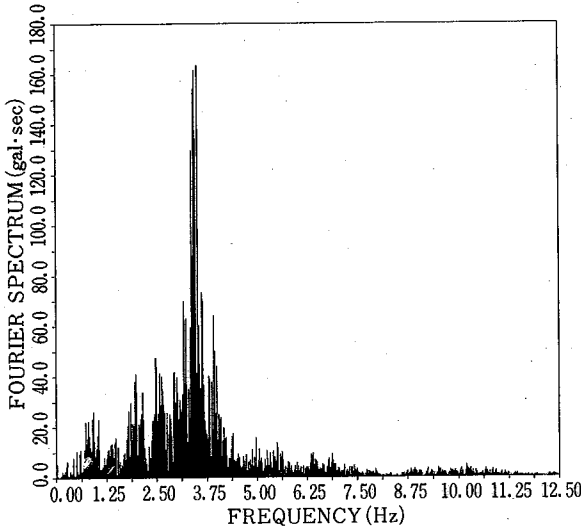
土圧計は図 1 に示すように、基礎床板に 13 個、側壁に 12 個 (高さ方向に 3 個で 4 方向)、計 25 か所に設置している。土圧計としては一方向型 (直圧) を用いている。図 9 は土圧計の配置 (側壁は展開してある) と最大土圧を  $g/cm^2$  の単位で記入したものである。

図 10 は土圧の時刻歴を示したものである。(a) は側壁

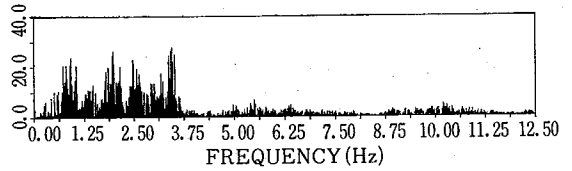
の上部の土圧計によるもので、地盤と構造物の接触振動の特徴を表している。(b)~(d) は基礎底板における土圧の時刻歴で、中央にある (c) は比較的小さく、(b) と (d) が逆位相であり、ロッキング振動による地盤反力が扱えられていることがわかる。以上の様子は、図 11 に示すフーリエ・スペクトルによく表現されている。

### 4. おわりに

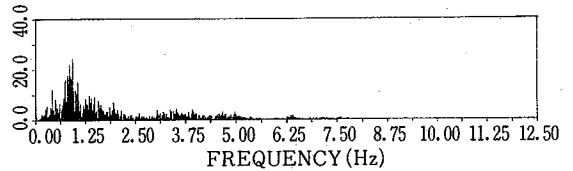
地盤と構造物の動的相互作用効果を検討するため、基礎データの集積を目標として、塔状構造物による自然地震時の応答観測を継続的に実施している。本報告はその一部を紹介したものであるが、今後、理論解析結果なども含め、逐次紹介していく予定である。



(a) 5X



(b) 8X



(c) 15X

図 8 加速度応答のフーリエ・スペクトル (X 方向)

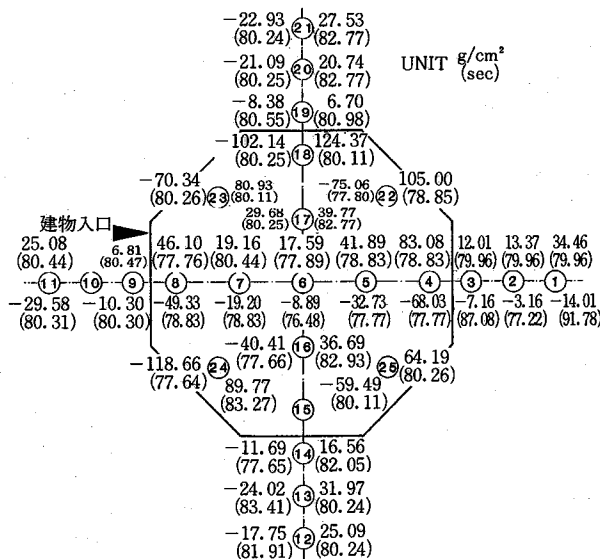
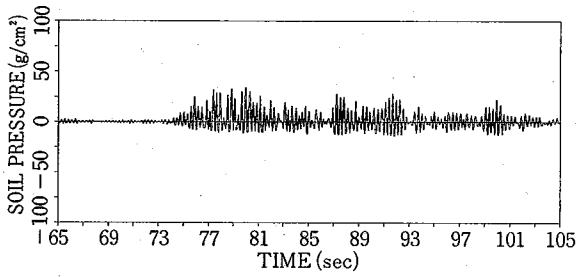
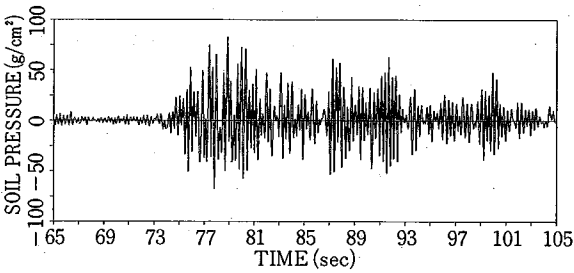


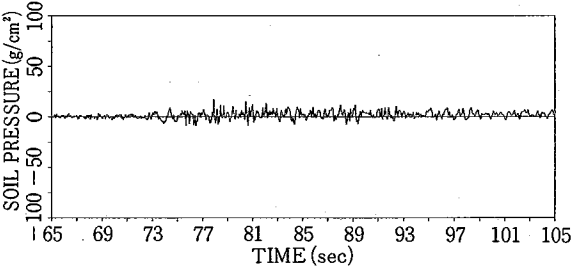
図 9 土圧計配置図と最大土圧分布図



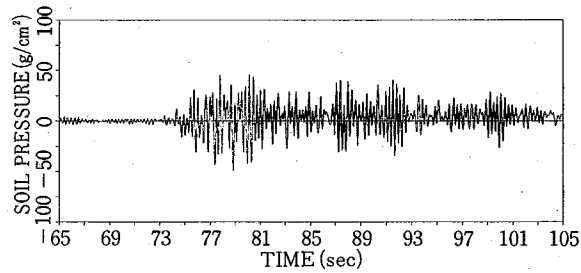
(a) 測定点1



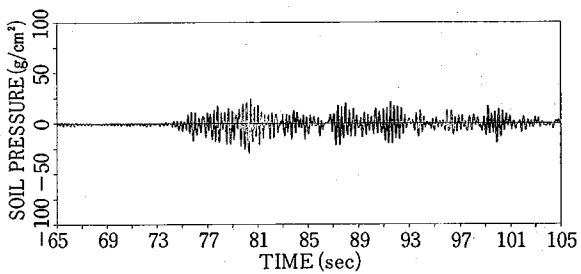
(b) 測定点4



(c) 測定点6

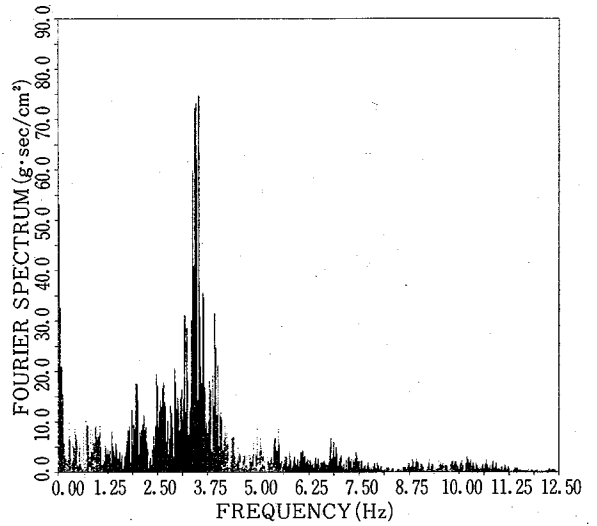


(d) 測定点8

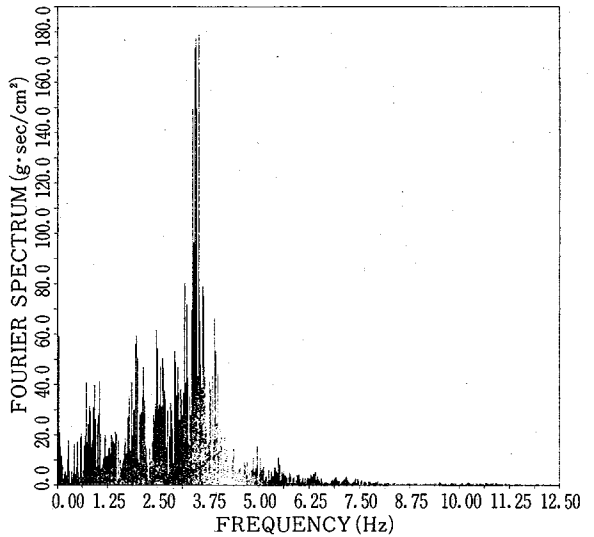


(e) 測定点11

図10 土圧の時刻歴



(a) 測定点1



(b) 測定点4

図11 土圧のフーリエ・スペクトル

最後に、データの収集や処理の過程で協力された東京大学生産技術研究所第5部の佐藤暢彦氏に感謝の意を表する。  
(1984年7月9日受理)

参考文献

- 1) 半谷, 龍岡, 佐藤: 塔状構造物による地盤・構造物の相互作用観測, 生産研究, Vol. 35, No. 9, 1983, pp. 35-38.
- 2) 佐藤, 片山: 地震動と地盤ひずみの観測, 生産研究, Vol. 35, No. 9, 1983, pp. 22-26.
- 3) 大崎: 地震動のスペクトル解析入門, 鹿島出版会, 1976.
- 4) 山原: 環境保全のための防震設計, 彰国社, 1974.
- 5) 吉田, 水津, 藤谷: 埋込み剛基礎を有する構造物の地震応答性状, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1983, pp. 832-826.