

## 6-19 岡山市万成における地殻応力の深度分布測定

### In Situ Measurements of Depth Distribution of Crustal Stress -Mannari Site, Okayama City -

西日本地殻応力調査班

The Research Group of Crustal Stress in Western Japan

地震活動度の低い地域の応力状態を調べることを目的として、岡山市内の万成花崗岩採石場近くで（第1図参照）、1990年11月に200mの鉛直ボーリングを実施し、水圧破砕法により深度の異なる10点で地殻応力を測定した。第3図左のボーリング柱状図に示す通り、岩盤は盛土と表面の風化層を除き、ほぼ均質な白亜紀後期の花崗岩である。

#### 1. 水平面内主応力方向

深度50mまでの2点では、第3図中および右図に示すように、最大主応力方向は、ほぼN20°Eで、測定地付近の斜面の等高線にほぼ平行であることを考慮すると、地形の影響（差応力が小さく、最大応力軸が傾いているため、 $\sigma_{h_1}$ と $\sigma_{h_2}$ が入れ替わった、すなわち、図中白丸が真の方位）と考えられる。深度60m以深では、平均してN45°Wの方向を示し（差応力が小さいため、従来と比べて精度が悪い）、この付近の地震発震機構から求められた圧縮軸方向と大略一致する（第1図）。

#### 2. 応力深度分布

応力値は、第4図及び第5図に示す通り、深度100mまではほぼ西日本標準応力勾配（図中の直線）上にあるが、最大と最小の主応力値の差は小さく、剪断応力はかなり低い。破碎部のある90mより以深では応力値はさらに低くなり、静岩圧状態を示し、平均応力値も剪断応力値も極端に小さくなる。ところが、ディスクリングが発生し、大きな亀裂や古い断層と考えられる破碎部を含む深度170mより深いところで、応力値は急激に増加し、とくに183m点では平均応力値は極めて高くなる。つまり、破碎部を含むこの深度で応力集中が起こっているものと考えられる。しかし、この点においても、剪断応力値はそれほど高くない。

#### 3. 平均応力と剪断応力の比 $\mu_m$

第6図は平均応力に対する剪断応力の比 $\mu_m$ を示すが、 $\mu_m$ の値は0.2以下で、最深の183m地点でやっと0.3になる。この値は、従来の測定に比較しても小さい。ディスクリングが生じた高応力部でも、主応力値は高いが、剪断応力値は低く、すべり破壊の発生するような応力状態ではない。

#### 4. 考察

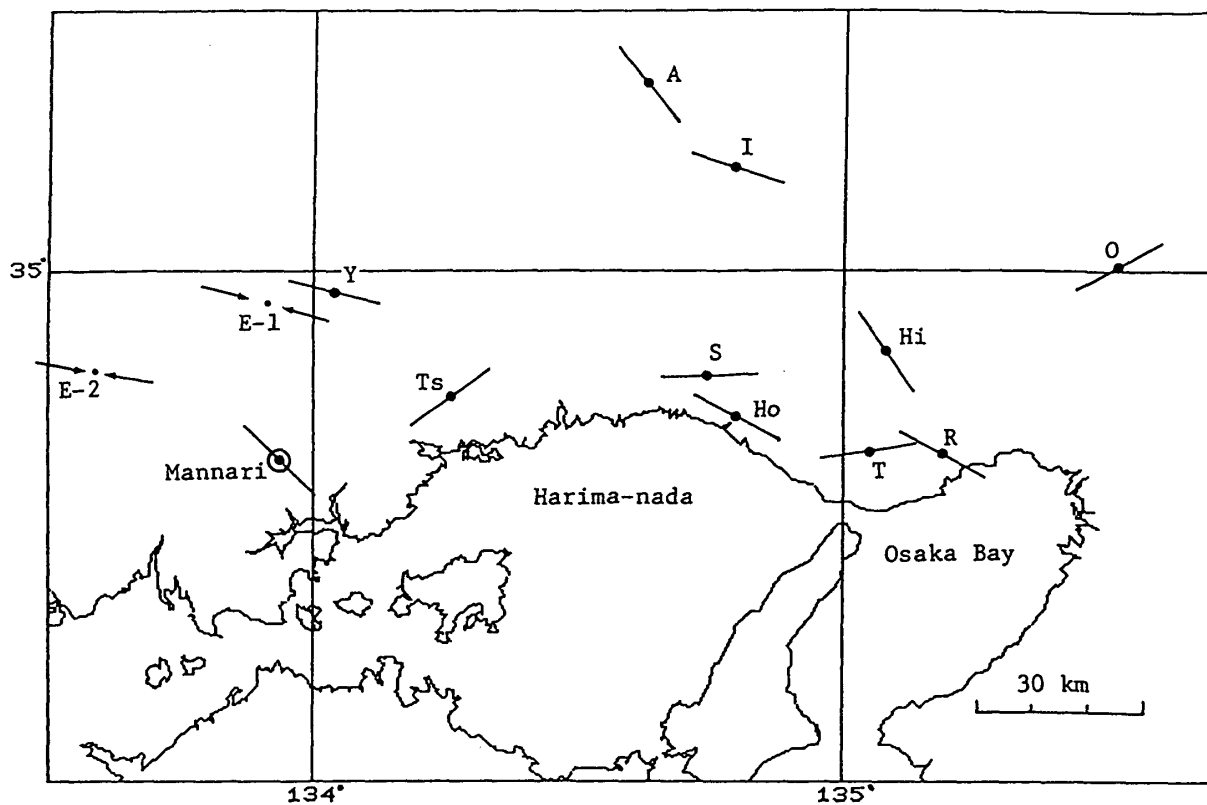
深度90~170m間は極めて均質で、亀裂も少ないにもかかわらず、応力値は静岩圧的でかなり低く、応力緩和が起こっているように見える。逆に、縦亀裂や破碎部がある170m以深では応力が急増し、応力集中を生じているように見える。高応力であることは、ディスクリング現象がこの付近で発生したことにより裏付けられる。しかし、 $\mu_m$ が極端に小さいことは、この地域の地震活動が不活発であることと調和的である。

このような応力の深度分布が花崗岩体に特有な現象であるのか（防災科学技術研の測定例あり）、単に地域的なものか、今後の測定が必要である。応力深度勾配は現段階では求められないが、平成3年度はこのボーリング孔を300mまで延長し、高応力帯の厚さを確認する予定である。

第1表 万成において、水圧破砕法により求められた各深度の水平応力値及び最大主応力方位

Table 1 Horizontal stress values and azimuths of principal stress at different depths obtained by hydrofracturing measurements at Mannari site.

Depth(m)	$\sigma_{h1}$ (MPa)	$\sigma_{h2}$ (MPa)	Azimuth of $\sigma_{h1}$	$\sigma_h$	$\tau_h$
35.5	—	2.90	N 21.9° E	—	—
52.0	2.45	1.82	N 16.4° E	2.14	0.32
63.0	4.80	3.78	N 22.2° W	4.29	0.51
74.7	3.42	3.03	N 46.7° W	3.23	0.20
86.5	4.49	2.83	N 40.2° W	3.66	0.83
119.0	3.26	2.74	N 43.5° W	3.00	0.26
138.0	3.65	2.42	N 84.2° W	3.04	0.62
157.0	3.75	2.89	N 58.5° W	3.32	0.43
179.0	7.18	4.57	N 10.2° W	5.88	1.31
183.5	11.12	6.08	N 64.8° W	8.60	2.52



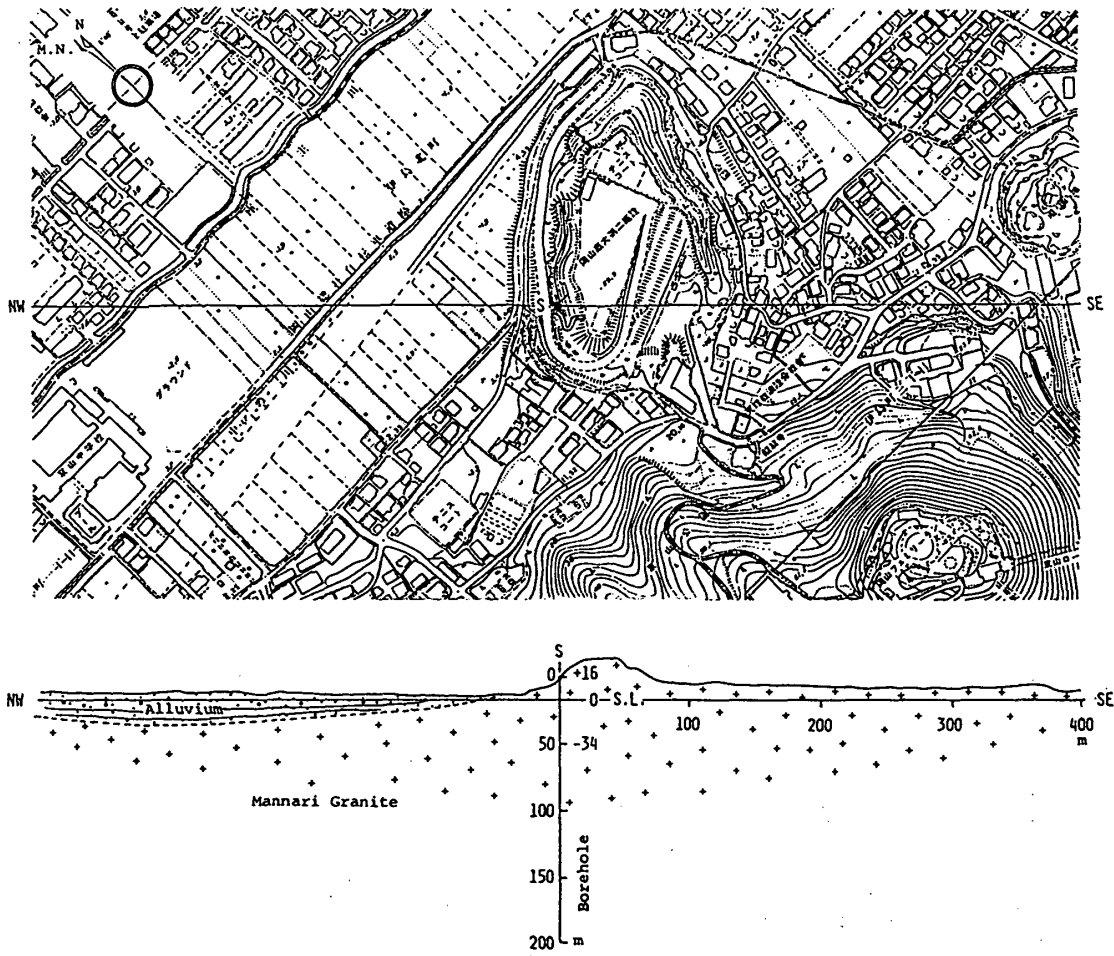
第1図 岡山市万成測定点位置と水平面内主応力方向，及び中国・近畿北部において過去に測定された主応力方向

矢印は発震機構から得られた最大圧縮軸を示す。E-1，E-2はそれぞれ西田，竹内（私信）による。

Hi：平木，Ho：宝殿，Ts：土橋，R：六甲諏訪山，I：生野，  
A：明延，S：城見台，T：高塚山，Y：棚原，O：大谷

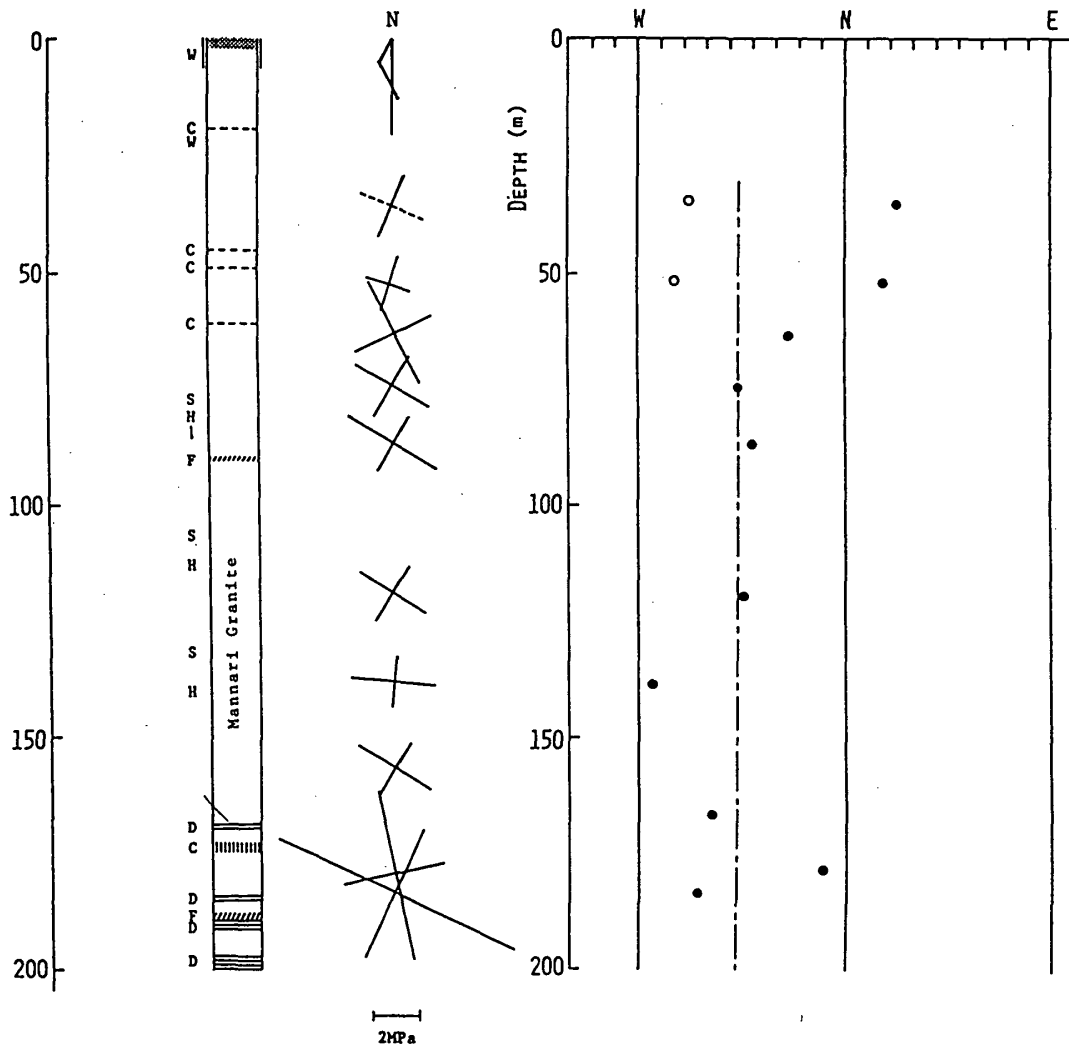
Fig. 1 Location of Mannari measuring site (⊙) in Okayama city. Short lines show the azimuths of principal stress by in situ measurement. Stress measurements except at Mannari were made from 1977 to 1990. Arrows indicate the maximum pressure axes obtained from earthquake mechanisms by Nishida (E-1) and Takeuchi (E-2).

Hi: Hiraki, Ho: Hoden, Ts: Tsuchihashi, R: Rokko-Suwayama, I: Ikuno, A: Akenobe, S: Shiromidai, T: Takatsukayama, Y: Yanahara, O: Otani



第2図 万成及びその周辺の地形図と測定点を通る北西—南東断面図

Fig. 2 Topography of Mannari and its vicinity, and NW-SE cross section through the measuring sites.



第3図 左：ボーリング柱状図

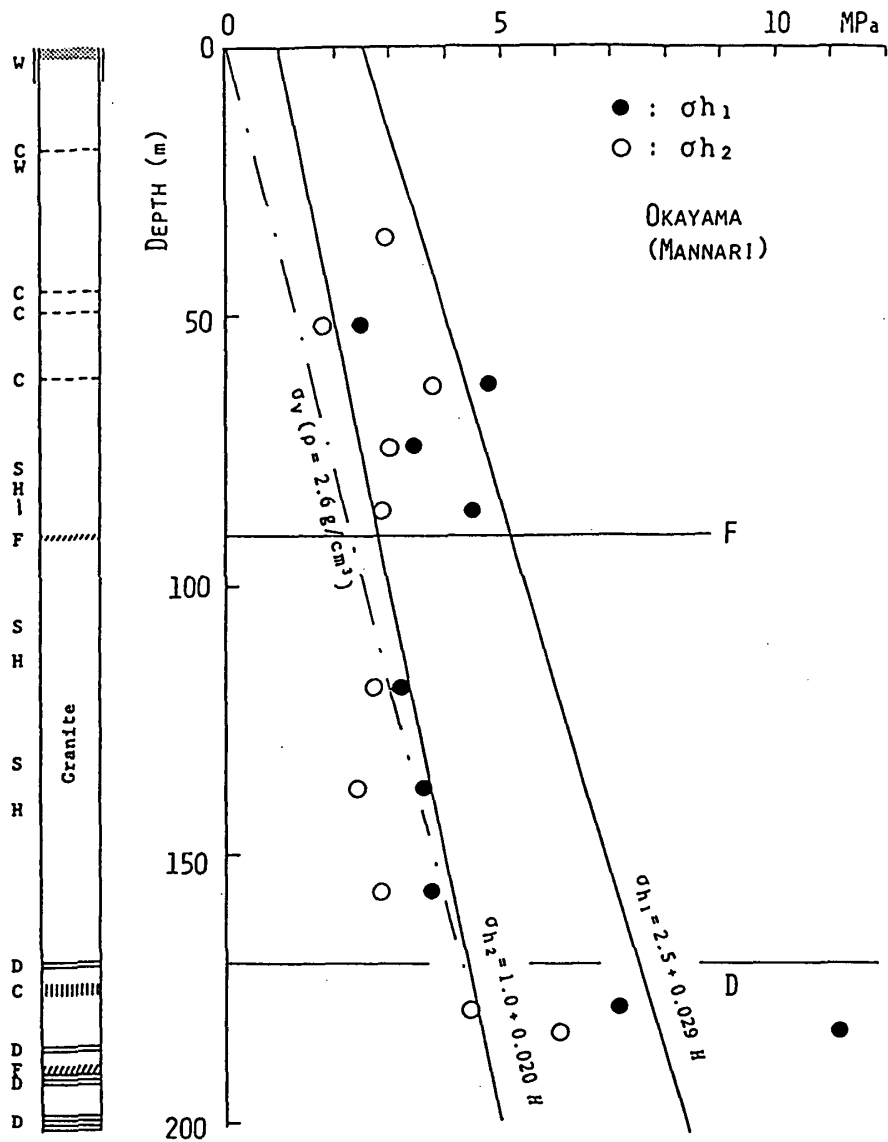
C：亀裂部，F：破碎部，D：ディスクング現象，S：軟質部，  
H：硬質部，W：風化部

中：各深度における水平面内主応力軸

右：各深度における最大主応力方位

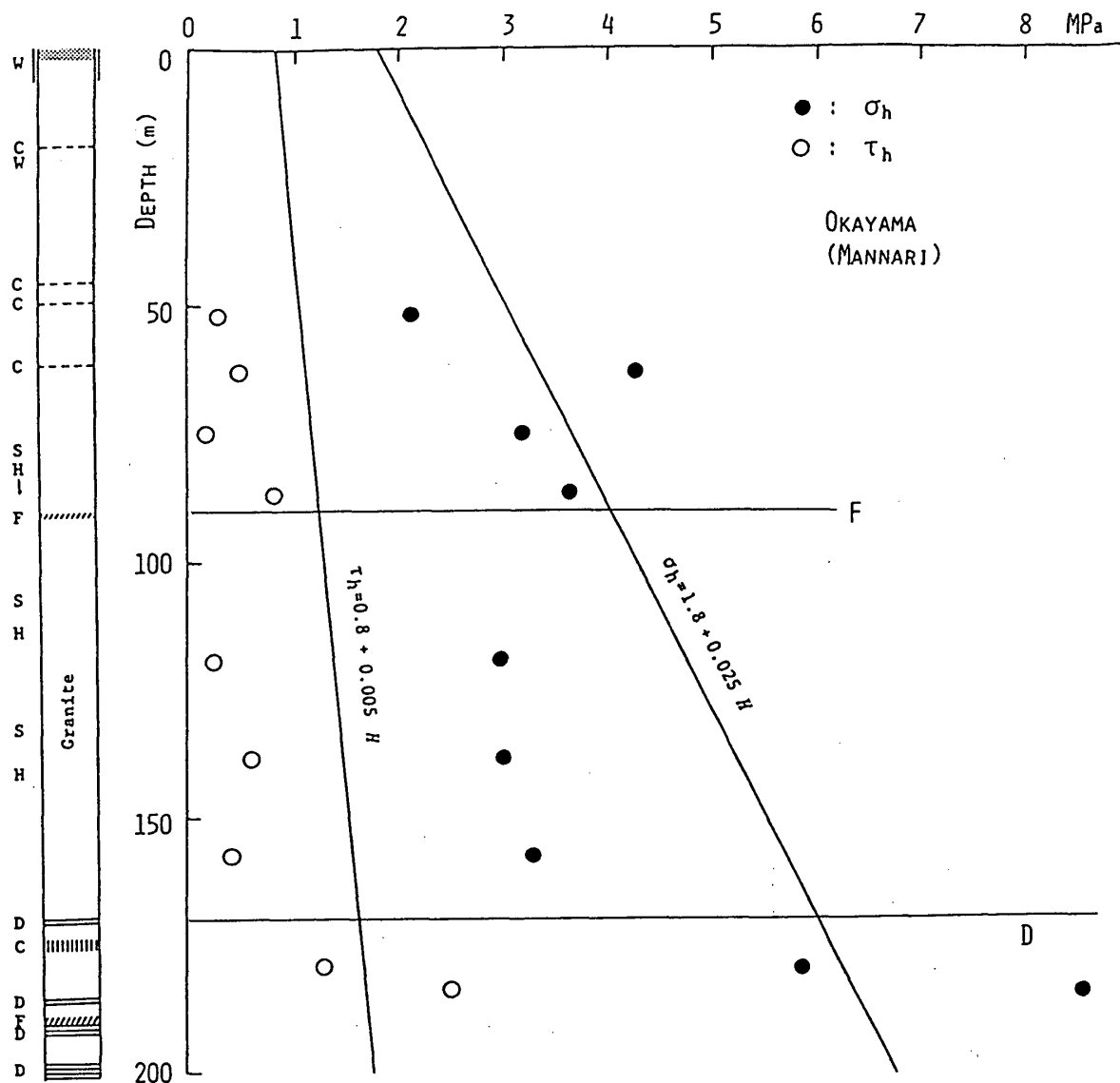
○：地形影響を考慮して推定される最大主応力方位

Fig. 3 Left: columnar section of borehole. C: crack, F: fracture, D: discing, S: soft, H: hard, W: weathered  
Middle: principal stress axes in horizontal plane at each depth.  
Right: azimuths of maximum principal stress at each depth.  
○: estimated maximum stress azimuth after excluding topographical effects.



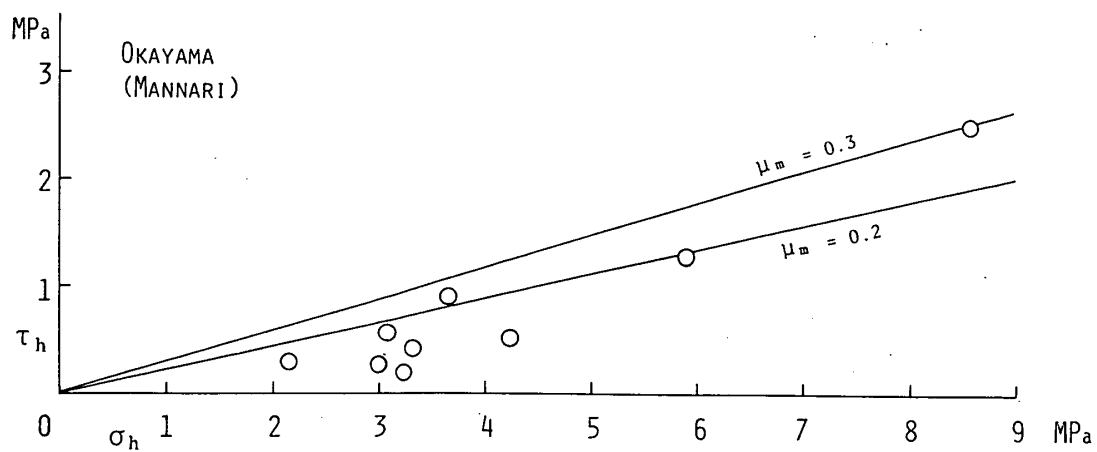
第4図 水平面内最大主応力  $\sigma_{h1}$  と最小主応力  $\sigma_{h2}$  の深度分布。  
 実線は西日本標準深度勾配を，鎖線は密度を  $2.6 \text{ g/cm}^3$  にした場合の  
 かぶり圧を示す

Fig. 4 Depth distribution of maximum ( $\sigma_{h1}$ ) and minimum ( $\sigma_{h2}$ ) principal stresses in horizontal plane. Solid lines indicate West Japan standard depth gradients. Chain line shows theoretical overburden pressure ( $\rho = 2.6 \text{ g/cm}^3$ ).



第5図 水平面内平均応力  $\sigma_h$  と最大剪断応力  $\tau_h$  の深度分布。  
実線は西日本標準深度勾配を示す

Fig. 5 Depth distribution of mean stress ( $\sigma_h$ ) and maximum shear stress ( $\tau_h$ ) in horizontal plane. Solid lines indicate West Japan standard depth gradients.



第 6 図 平均応力に対する剪断応力の比  $\mu_m$

Fig. 6 The ratio ( $\mu_m$ ) of mean stress value and maximum shear stress value.