

6 - 11 応力解放法による地殻応力測定

(7)近畿・城見台トンネル, (8)近畿・宝殿採石場

Absolute Measurements of Crustal Stress by a Stress Relief Method

(7) the Shiromidai Tunnel, Kinki

(8) the Hōden Quarry, Kinki

西日本地殻応力調査班

The Research Group for Crustal Stress in Western Japan

1982年7月に兵庫県姫路市北東部の山陽自動車道城見台トンネル(道路公団, 未供用)で8素子ゲージを用いた孔底ひずみ解放法により絶対応力測定を実施した。また同年8月には城見台トンネルの南東約10kmの高砂市宝殿採石場で, 地表よりの鉛直ボーリングを行い, 同方法により応力測定を実施しいずれも測定に成功した(第1図参照)。

城見台トンネル

城見台トンネルの岩質は古生層粘板岩の間に凝灰岩質砂岩の層をはさみ, 水平2本のボーリングの1本目は粘板岩, 2本目は砂岩で亀裂が多く, 測定条件は必ずしも良好ではなかった(第2図参照)。付近の地形は単純で, 測定点は北東~南西に走る尾根の直下深度115mにある。

測定は合計17回のうち13回に成功した(第3図参照)。結果は第1表および第4図に示す通りである。主応力方向はほぼ水平東西であり, 中間主応力は鉛直であるが, この値は地形も考慮すれば理論的な覆り圧に比べてかなり大きい。トンネルの左右両側の地山では鉛直応力が特に大きいと考えられるのでこれが原因かも知れない。

宝殿採石場

宝殿採石場は建築用石材・竜山石の石切り場で, 白亜紀の流紋岩質溶結凝灰岩から成り, きわめて均質で亀裂のほとんどない岩体であった。現場は沖積平野内に独立した小山であるが, 地形の影響が少なく, 採石後年数を経た場所を選点し(第5図参照), 海拔4mの地表から鉛直7.5mのボーリングにより7回の測定を行い, 6回の測定に成功した。このうちゲージの水中接着は3回, 排水乾燥による通常の接着3回で, 結果にその差は見られない。全測定値からの解析結果は第2表および第6図左に示す通りである。

なお各測点の応力値に明らかに鉛直勾配が認められたので, 6回のうち測定値が4つしか得られなかった1-2を除き, 5つの異なる深度の測定から, 各深度における平均水平応力と鉛直応力を求めたのが第7図であり, 値の特に大きい1-7を除き4回の測定から応力成分の鉛直勾配を求めた結果が第3表左である。

鉛直勾配は深部における結果にくらべてかなり大きい。これは地表付近において急激に応力

値が減少することを示しているのであろう。また各応力成分の鉛直勾配から平均海面上の値を計算した結果を第6図右，第3表右に示した。いずれの場合も水平面内最大主応力方向は東西から 20° 余り時計まわりに偏れているが，城見台の測定結果とよく一致する。

兵庫県南部の地殻応力状態

水平面内最大圧縮応力方向はほぼ東西であり，測地測量，発震機構解析，地形地質学的推定とよく調和している（第8図参照）。また応力値も第9図に示す通り平均的な値を取っている。せん断応力がとくに卓越しているという事実も認められない。

第1表 城見台トンネルにおける応力測定結果

Table 1 Results of stress measurements at the Shiromidai tunnel.

SHIROMIDAI TUNNEL		
PRINCIPAL STRESS (MPa)		
(azimuth/dip)		
σ_1	8.2±1.1	N87°E/11°
σ_2	7.0±0.8	N33°W/68°
σ_3	3.7±1.1	S 1°W/18°
σ_{h1}	8.2±1.1	E-W
σ_{h2}	4.0±1.2	N-S
σ_v	6.7±0.8	($\rho g H=3.0$)
(Depth : 115m)	slate, tuffaceous sandstone Palaeozoic	

第2表 宝殿採石場における応力測定結果

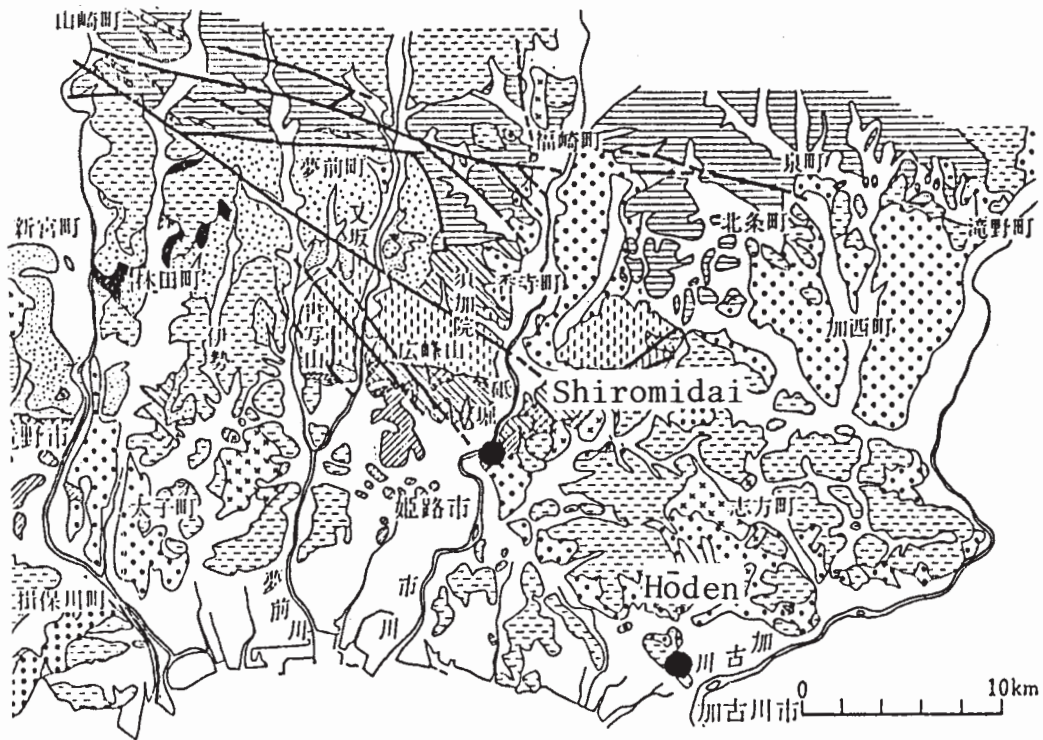
Table 2 Results of stress measurements at the Hoden quarry

HODEN PRINCIPAL STRESS		
(MPa) (azimuth/dip)		
σ_1	2.6±1.0	S86°W/80°
σ_2	1.2±0.3	S64°E/ 9°
σ_3	0.9±0.3	N25°E/ 5°
σ_{h1}	1.2±0.3	S69°E
σ_{h2}	0.9±0.3	S21°W
σ_v	2.5±1.0	
(depth : 2.5-7.5m)	rhyolitic tuff Cretaceous	

第3表 左：4つの測定点における応力値から求めた各応力成分の鉛直勾配（宝殿）
右：各応力成分の鉛直勾配から計算した平均海面での主応力値（宝殿）

Table 3 Left : Vertical gradient of stress components obtained from 4 measuring points at Hōden site.
Right : Principal stress at sea level calculated from the vertical gradients of Hōden site.

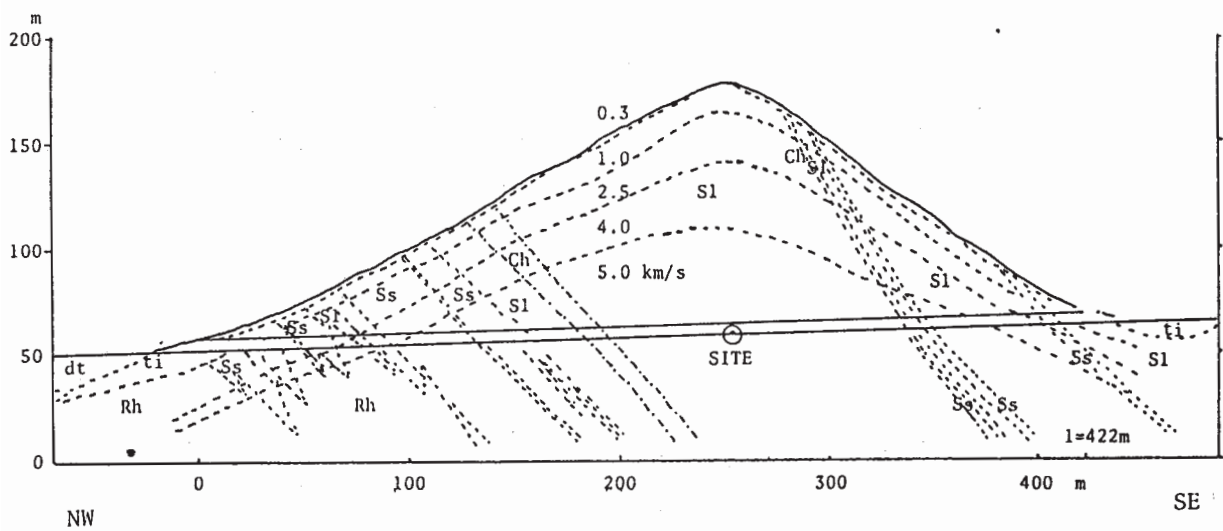
STRESS GRADIENT			PRINCIPAL STRESS AT SEA LEVEL		
(MPa) d=3.5(m)			(azimuth/dip)		
σ_n	-0.21+0.27d ==>	0.73	σ_1	2.3 MPa	S63°W/78°
σ_w	-0.21+0.32d ==>	0.90	σ_2	0.9	S68°E/ 8°
σ_v	0.75+0.41d ==>	2.20	σ_3	0.7	N21°E/ 9°
τ_{wv}	-0.27+0.00d ==>	-0.25	σ_{h1}	0.9	S77°E
τ_{vn}	0.48-0.09d ==>	0.15	σ_{h2}	0.7	S13°W
τ_{nw}	-0.21+0.05d ==>	0.04			
$\overline{\sigma_h}$	-0.21+0.29d ==>	0.91	σ_v	2.2	



H A R I M A N A D A

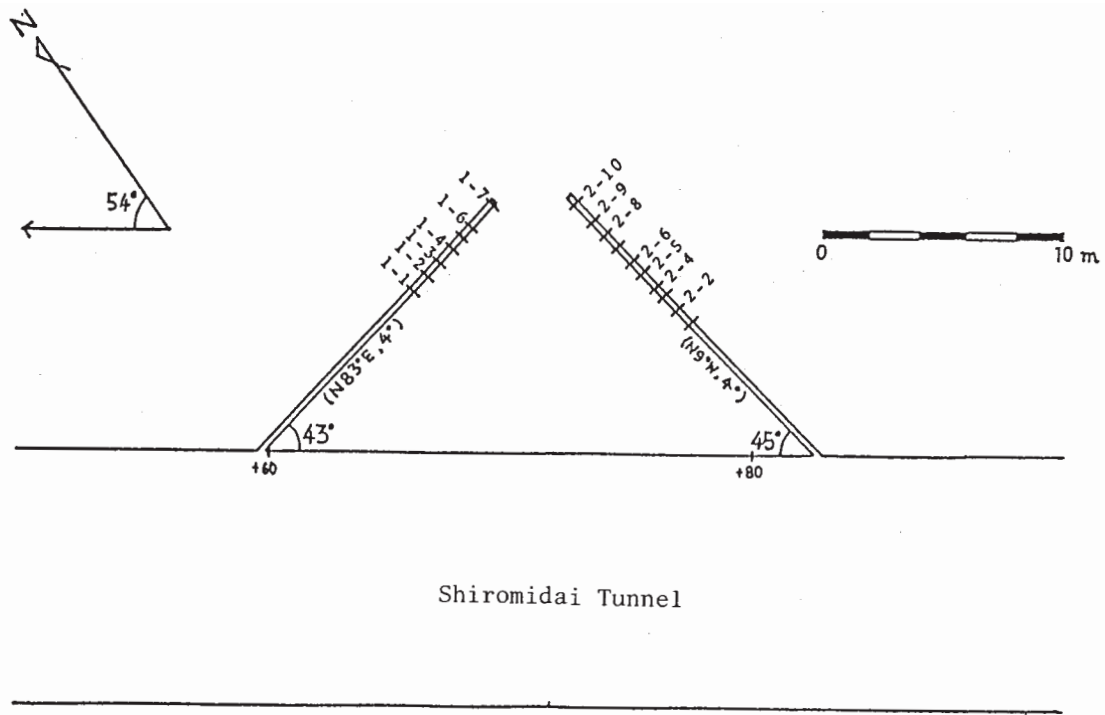
第1図 城見台トンネル及び宝殿採石場位置図

Fig. 1 Location of the Shiromidai Tunnel and the Hōden Quarry.



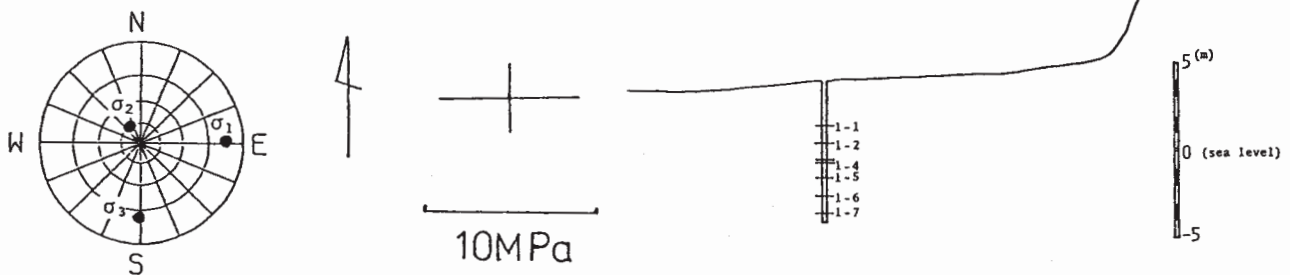
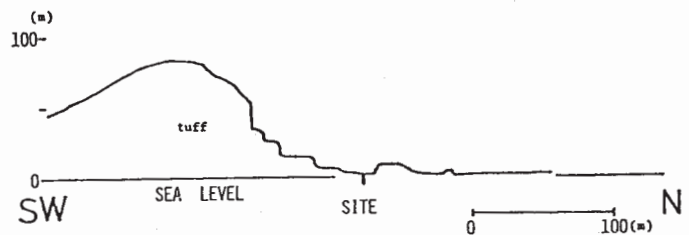
第2図 城見台トンネルの応力測定点を通る地質断面図

Fig. 2 Geological cross section of the Shiromidai tunnel through the measuring site.



第3図 城見台トンネルにおける測定用ボーリング方向と測定点番号

Fig. 3 Directions of boreholes and the numbers of measuring points at Shiromidai measuring site.

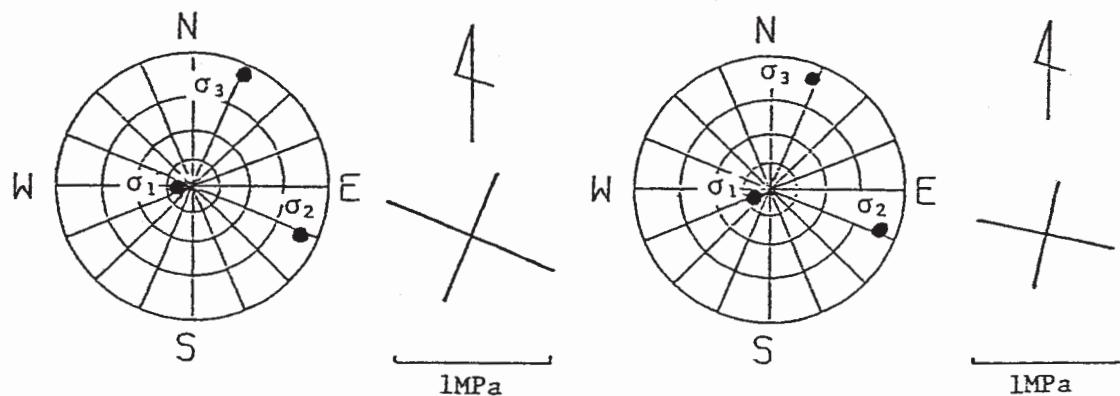


第4図 城見台トンネルで測定された主応力軸方向（下半球ステレオ投影，左）及び水平面内主応力軸（右）。

Fig. 4 Directions of principal stress shown on stereographic net of lower hemisphere (left) and principal axes of horizontal stress at Shiromidai tunnel.

第5図 上：宝殿採石場の測定点を通る地形断面図。下：鉛直ボーリング孔と測定点番号。

Fig. 5 Upper : Topographic section through measuring site at the Hōden quarry. Lower: Vertical borehole and the numbers of measuring points at Hōden measuring site.



第6図 宝殿採石場で測定された主応力軸方向（下半球ステレオ投影）と水平面内主応力軸。

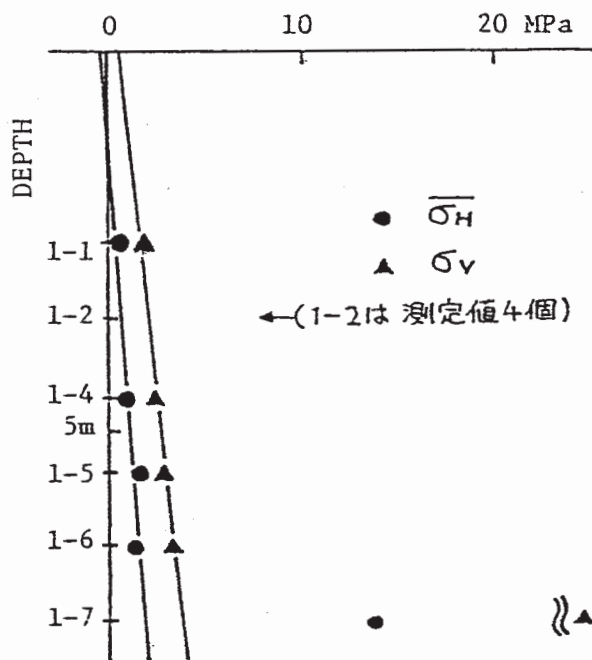
左：全測定値を用いた通常の方法による。

右：第3表の各応力成分の鉛直勾配から平均海面での状態を求めたもの。

Fig. 6 Directions of principal stress shown on stereographic net of lower hemisphere and principal axes of horizontal stress at the Hōden quarry.

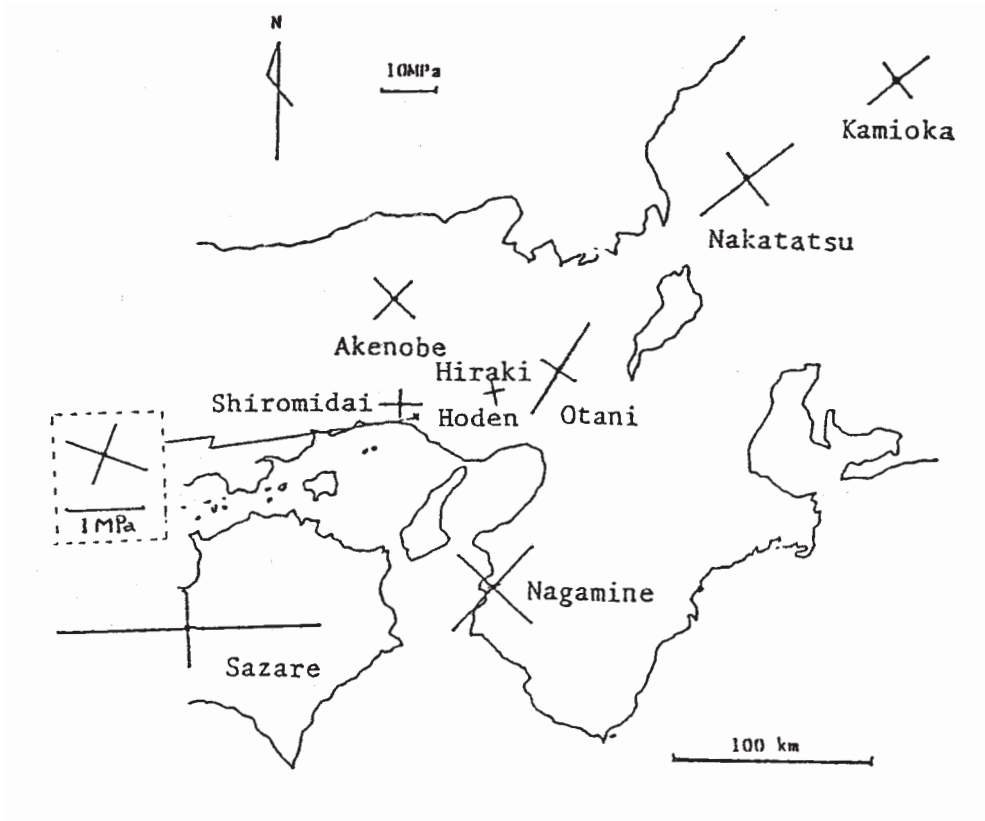
Left : Calculated from all measuring values.

Right : Reduced to sea level from stress gradient (ref. Table 3).



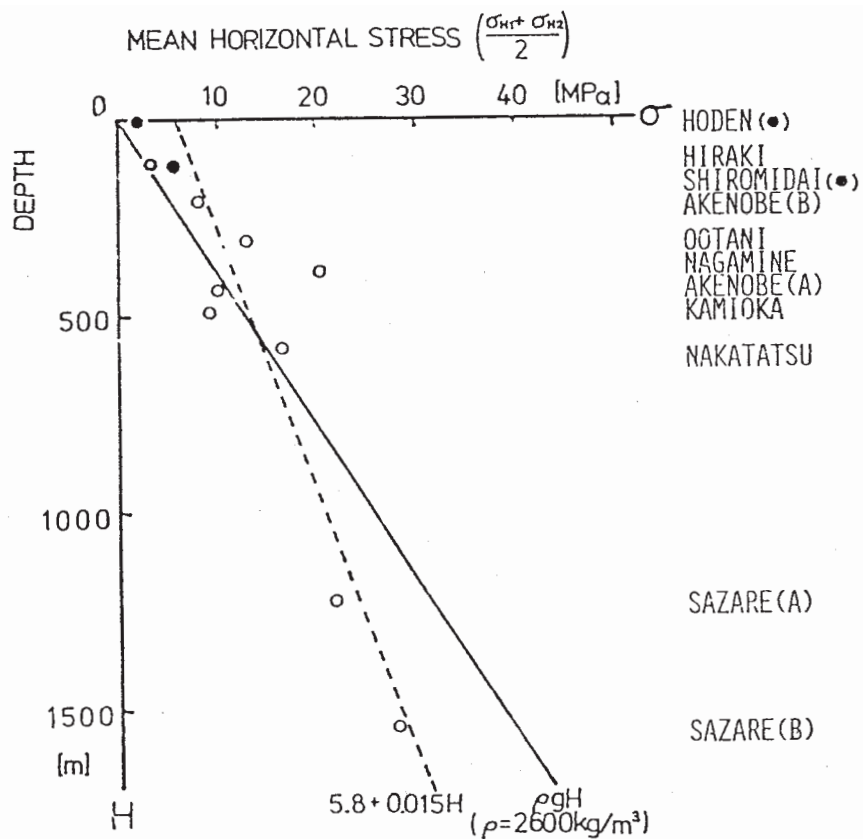
第7図 各測定点の測定結果から求めた鉛直応力値(▲)と水平面内平均応力値(●)

Fig. 7 Vertical stress (▲) and mean horizontal stress (●) obtained at each measuring point.



第 8 図 水平面内主応力の地域分布

Fig. 8 Distribution of the principal axes of horizontal stress.



第 9 図 水平面内平均主応力の深度分布

Fig. 9 Mean horizontal stress as a function of depth.