

5 - 8 応力解放法による地殻応力測定

(5) 近畿・大谷鉦山

(6) 近畿・長峰トンネル

Absolute Measurements of Crustal Stress by a Stress Relief Method

(5) the Ōtani Mine, Kinki

(6) the Nagamine Tunnel, Kinki

西日本地殻応力調査班

The Research Group for Crustal Stress in Western Japan

1981年7,8月に京都府亀岡市の大谷鉦山で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11月には和歌山県有田郡で掘削中の日本道路公団長峰第2トンネルにおいて、同じ方法により応力測定を実施した(第1図参照)。また大谷鉦山では同一地点で鉛直ボーリングにより、孔底ひずみ解放法による測定実験に成功した。

大谷鉦山

鉦区域は、丹波古生層に第三紀初期に貫入した花崗岩を母体とし、鉦床は花崗岩中の割れ目を充填した熱水型の錫-タングステン石英脈である。鉦脈の走向はN40°E系とN20°E系の2つに大別され、傾斜は55°から85°Wで脈巾は平均1.2mである。測定地点は地表下310m, 平均海面下109mの最下部坑道であり、まだ採鉦は行われていない。地形地質断面は第2図に示す通りで、地形影響、採鉦影響はほとんど受けていないと考えられる。測定のため水平2本のボーリングと実験用に鉛直1本のボーリングを行った。岩盤は節理が少なく、風化も進んでおらず、1本目のボーリングでは、6回の測定のうち5回に成功したが、2本目のボーリングではやや亀裂が多くなり、10回の測定で3回の失敗があった(第3図参照)。鉛直ボーリングによる実験は、ゲージの水中はりつけとクリコの除去の問題のため、今まで実施されなかったが、圧さく空気を送りながら、クリコをゲージのまわりに吹送し、水中接着剤を使用して3回の測定のうち2回に成功し、孔底ひずみ法においても、鉛直ボーリングによって地表面から測定可能なことを確認した。

測定結果は第1表と第4図に示す通りである。左は水平ボーリングによる測定結果、右は鉛直ボーリングのみの結果を示す。両者は見掛け上かなり良い一致を示している。しかし後者は鉛直ボアホールにおける第3回目の測定の結果だけから求めたものであるため、精度に関しては議論のできる段階ではない。ただ、測定は良好で、鉛直方向に引張りが出たのは地下坑道床面から浅いため、坑道の影響、すなわち、鉦山でみられる水平圧縮による床面の盤ぶくれ現象を反映しているのかもしれない。

水平面内主応力方向は、地震発震機構から期待される方向とは一致しない。北西－南東方向の応力が小さいのは、微小地震多発域の北西境界域に位置するためかもしれない。また、鉱床生成時の応力が残留しているとも考えられる。今回の測定精度はかなり高いと思われるので結果についてはなお検討を加えたい。

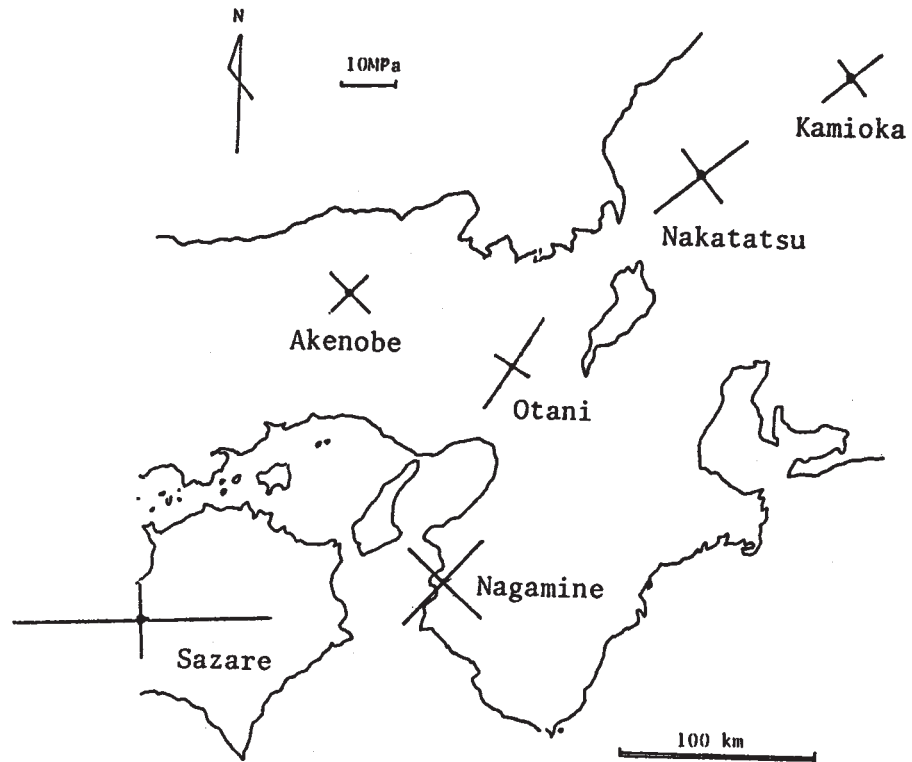
長峰トンネル

日本道路公団海南湯浅道路の長峰第2トンネルの先進導坑において実施した。トンネルは長さ3820mで測定点はそのほぼ中央部にあり、地表からのかぶりは約460m、第5図の地形断面からみて地形の影響は少ないと思われる。測定点は三波川帯の南限に近く、緑色片岩でやや軟弱であったが異方性は余り認められない。測定には水平ボーリング2本を行い、1本目では11回のうち8回、2本目では13回のうち7回の測定に成功した。測定に際してはこのトンネル中では岩盤のもっとも堅固なところを選んだが、なお成功率が悪いのは、岩盤が全般に軟弱なためである。

測定結果は第2表と第7図に示す。これからわかるように、 σ_1 と σ_2 はほぼ水平であるが差が小さく応力楕円体は円盤に近い。

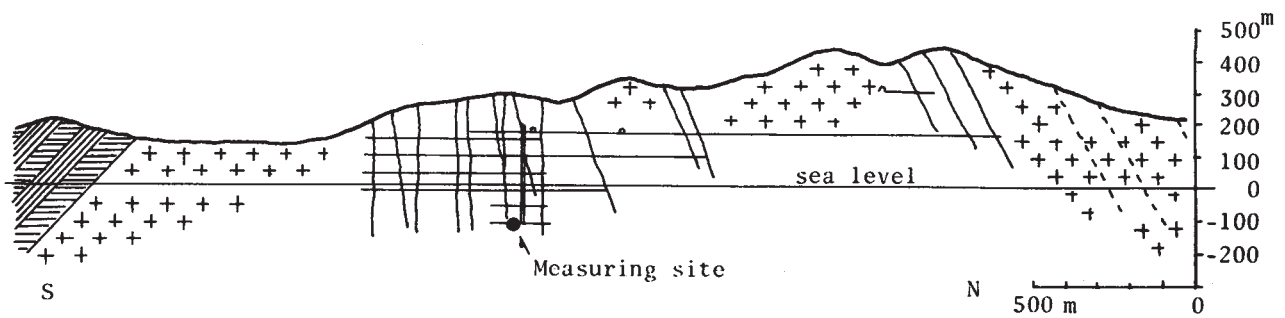
和歌山有田地域では深さ1kmという浅い地震が発生する。この地域の極浅発地震の発震機構解析から求められたP軸T軸は第8図の通りであるが、これに今回測定の σ_1 軸と σ_3 軸を記入した結果をみると、これらのP、T軸の方向と誤差範囲内で一致している。また水平面内の主応力軸は測地測量の結果と矛盾するものではない。今回の応力測定結果から発震機構と測地測量の結果から得られる最大圧縮軸が一致しない地域について、その理由を解明できるかも知れない。

第9図は今までの測定結果のうち、水平面内平均応力と測定深度の関係を示したものである。長峰の測定値は他に比してかなり高いことがわかる。大谷の測定値も平均に比しやや大きな値となっている。



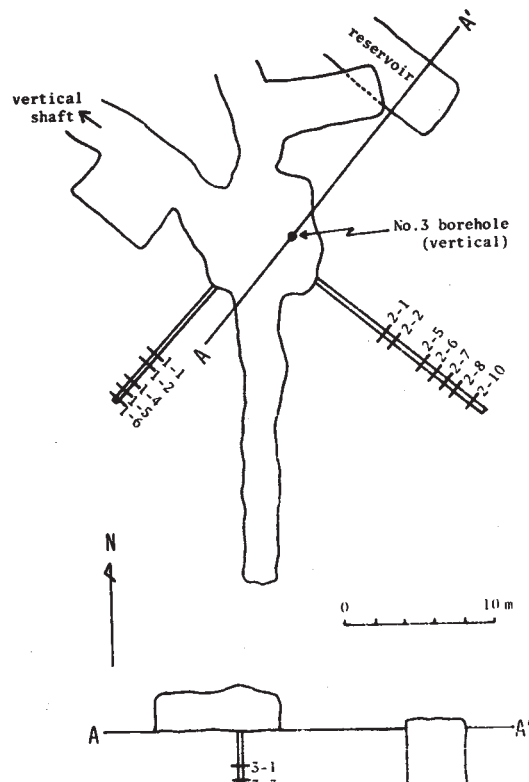
第1図 大谷鉱山および長峰トンネル位置図。十字線は水平面内主応力軸を示す。

Fig. 1 Location of the Ōtani mine and the Nagamine tunnel. Crosses show the principal axes of horizontal stress.



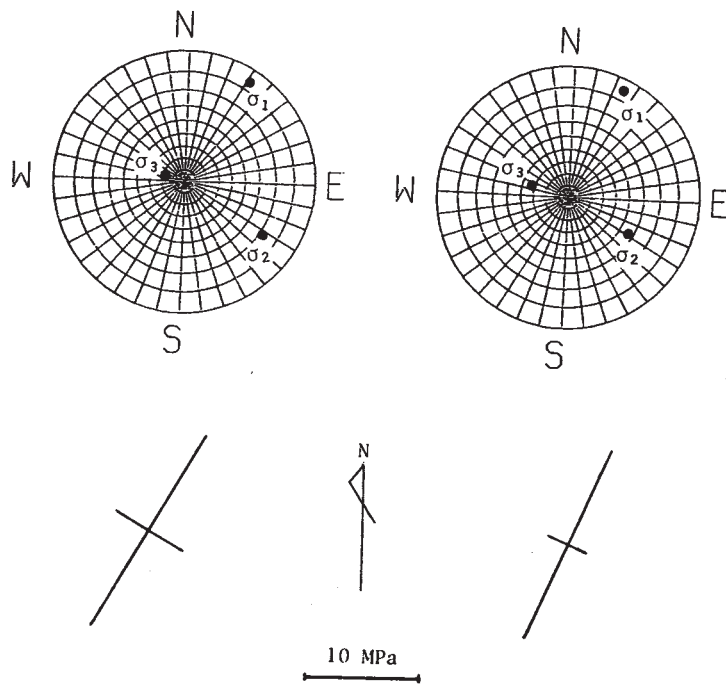
第2図 大谷鉱山の応力測定点を通る南北断面図

Fig. 2 N-S cross section of the Ōtani mine through the measuring site.



第 3 図 大谷鉱山における測定坑道およびボーリング方向。数字は測定番号を示す。

Fig. 3 Measuring site at the Ōtani mine and directions of boreholes. Numerals show the numbers of measuring points.



第 4 図 主応力軸方向（下半球ステレオ投影）および水平面内主応力軸（大谷鉱山）

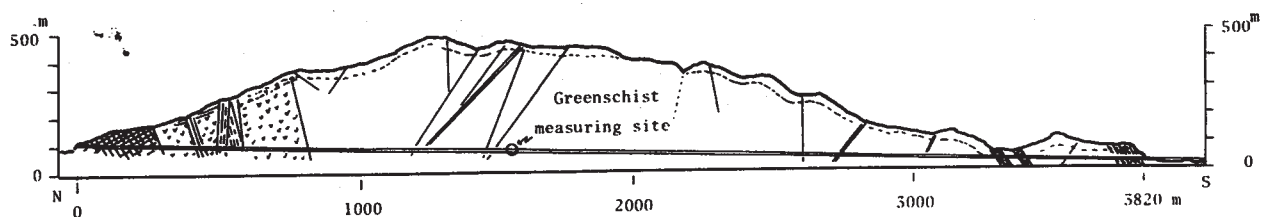
左：水平ボーリングによる結果

右：鉛直ボーリングによる実験結果

Fig. 4 Directions of principal stress shown on stereographic net of lower hemisphere and principal axes of horizontal stress at the Ōtani mine.

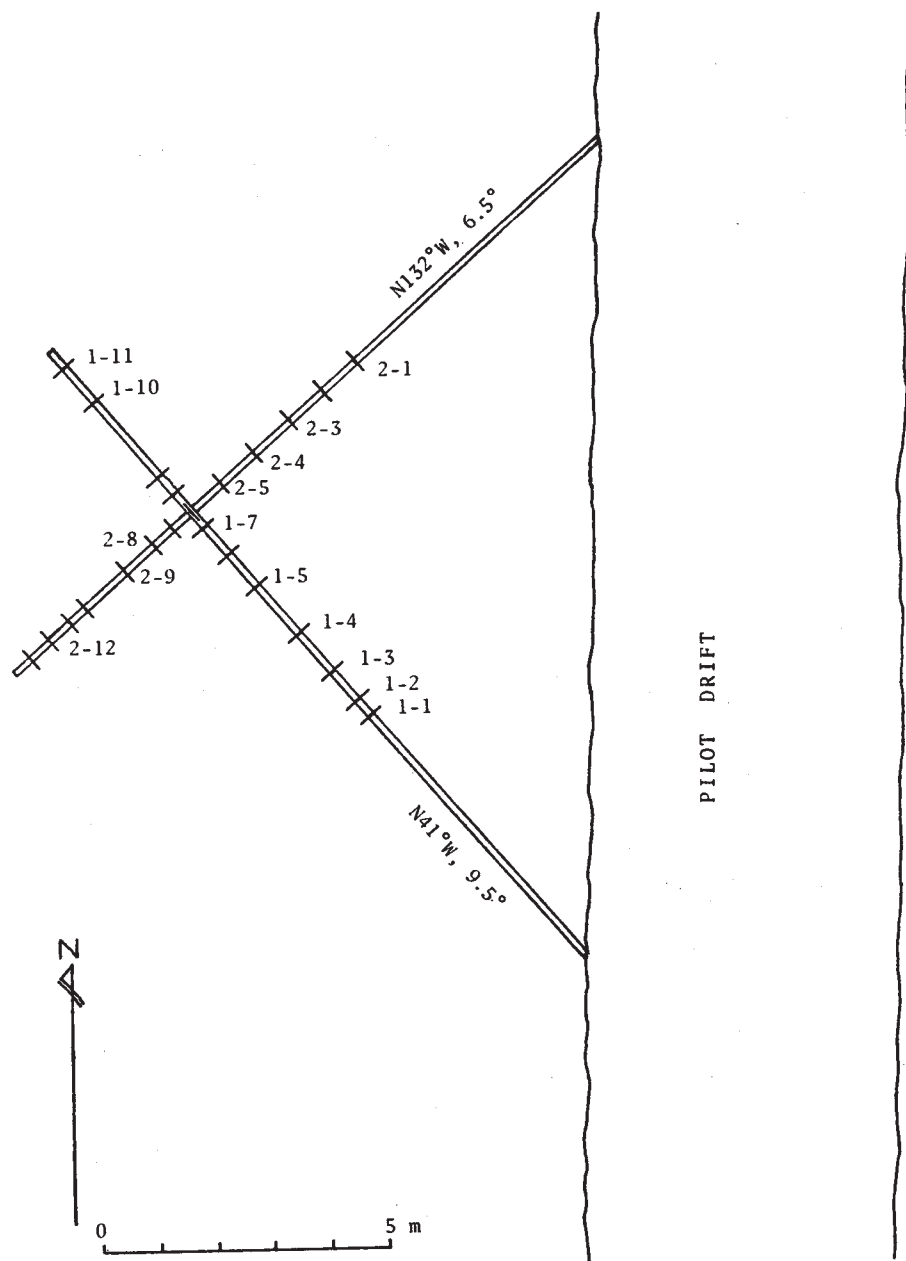
Left: reduced from measurements at horizontal boreholes.

Right: reduced from measurements at a vertical borehole.



第5図 長峰トンネルの応力測定点を通る南北断面図

Fig. 5 N-S cross section of the Nagamine tunnel through the measuring site.



第6図 長峰トンネルにおける測定坑道およびボーリング方向。
数字は測定番号を示す。

Fig. 6 Measuring site at the Nagamine tunnel and directions of boreholes. Numerals show the numbers of measuring points.

第1表 大谷鉱山における応力測定結果

左：水平ボーリングによる結果

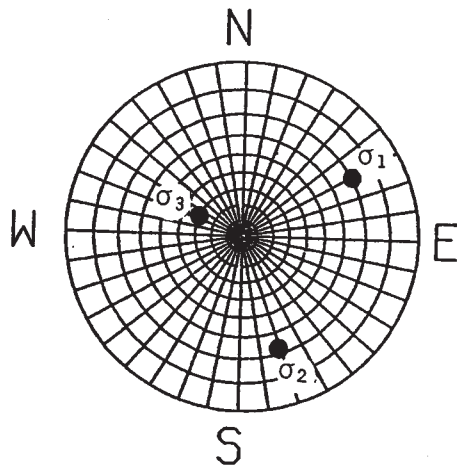
右：鉛直ボーリングによる実験結果

Table 1 Results of stress measurements at the Ōtani mine.
Left: reduced from measurements at horizontal boreholes.
Right: reduced from measurements at a vertical borehole.

Principal stress [MPa]				
		(Azimuth/Dip)	MPa	Azimuth/Dip
σ_1	19.3±1.1	N31°E / 5°	σ_1	18.3 N25°E / 5°
σ_2	8.3±1.1	S58°E / 19°	σ_2	6.8 S62°E / 32°
σ_3	2.7±0.7	N73°W / 72°	σ_3	-3.7 N73°W / 57°
σ_{h1}	19.2±1.1	N30°E	σ_{h1}	18.2 N23°E
σ_{h2}	7.7±1.1	N60°W	σ_{h2}	3.7 N67°W
σ_v	3.3±0.7	($\rho g H=8.1$)	σ_v	-0.5
Depth	310m	(Granite)		

第7図 長峰トンネルにおける測定結果
から得られた主応力軸方向
(下半球ステレオ投影)

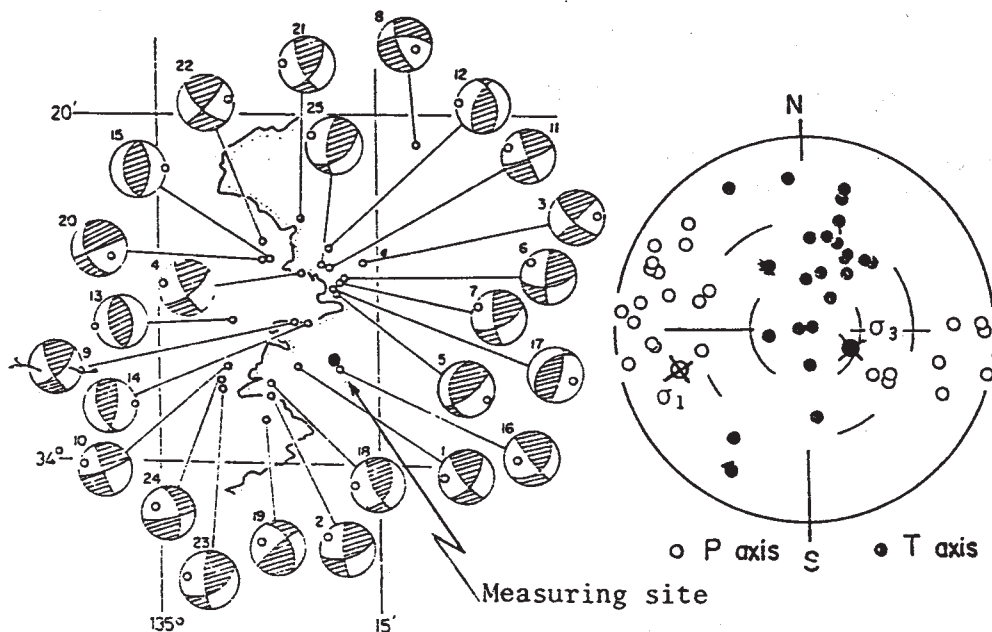
Fig. 7 Directions of principal stress shown on stereographic net of lower hemisphere at the Nagamine tunnel.



第2表 長峰トンネルにおける
応力測定結果

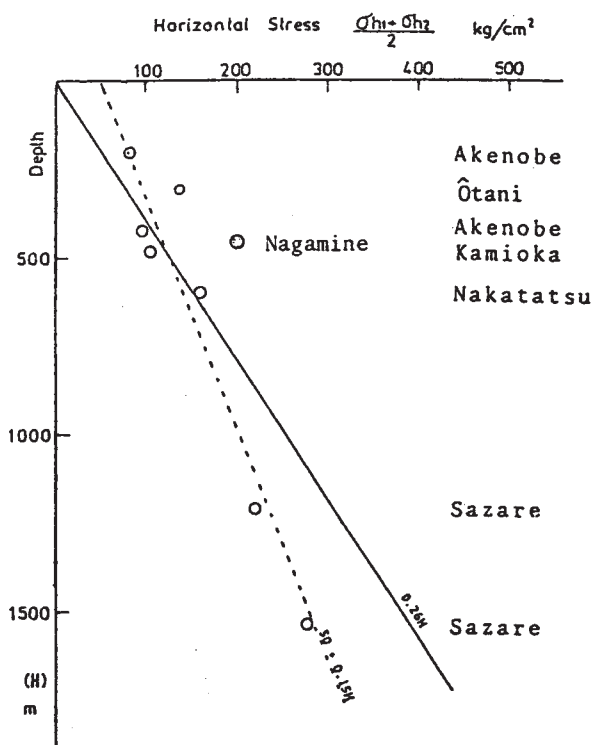
Table 2 Results of stress measurements
at the Nagamine tunnel.

Principal stress [MPa]		
		(Azimuth/Dip)
σ_1	22.7±2.3	N62°E / 19°
σ_2	20.6±2.4	S20°E / 22°
σ_3	10.3±1.7	N65°W / 60°
σ_{h1}	22.1±2.3	S41°W
σ_{h2}	18.5±2.3	N49°W
σ_v	13.0±1.5	($\rho g H=13.1$)
Depth	460m	(Schist)



第 8 図 左：和歌山－有田地域の極浅発地震の発震機構
 右：左図に示す 25 の地震の P 軸，T 軸の方向（上半球投影）。（塩野，1973），X，M は長峰トンネルにおける応力測定から得られた σ_1 軸， σ_3 軸方向を示す。

Fig. 8 Left: mechanism solutions of very shallow shocks in a seismically active area near Wakayama and Arita.
 Right: upper hemisphere projection of the P (open circles) and T (closed circles) axes of 25 shocks shown in the left figure. (Shiono, 1973).
 Marks X, M show the axis of σ_1 and σ_3 obtained by in situ stress measurements respectively.



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.