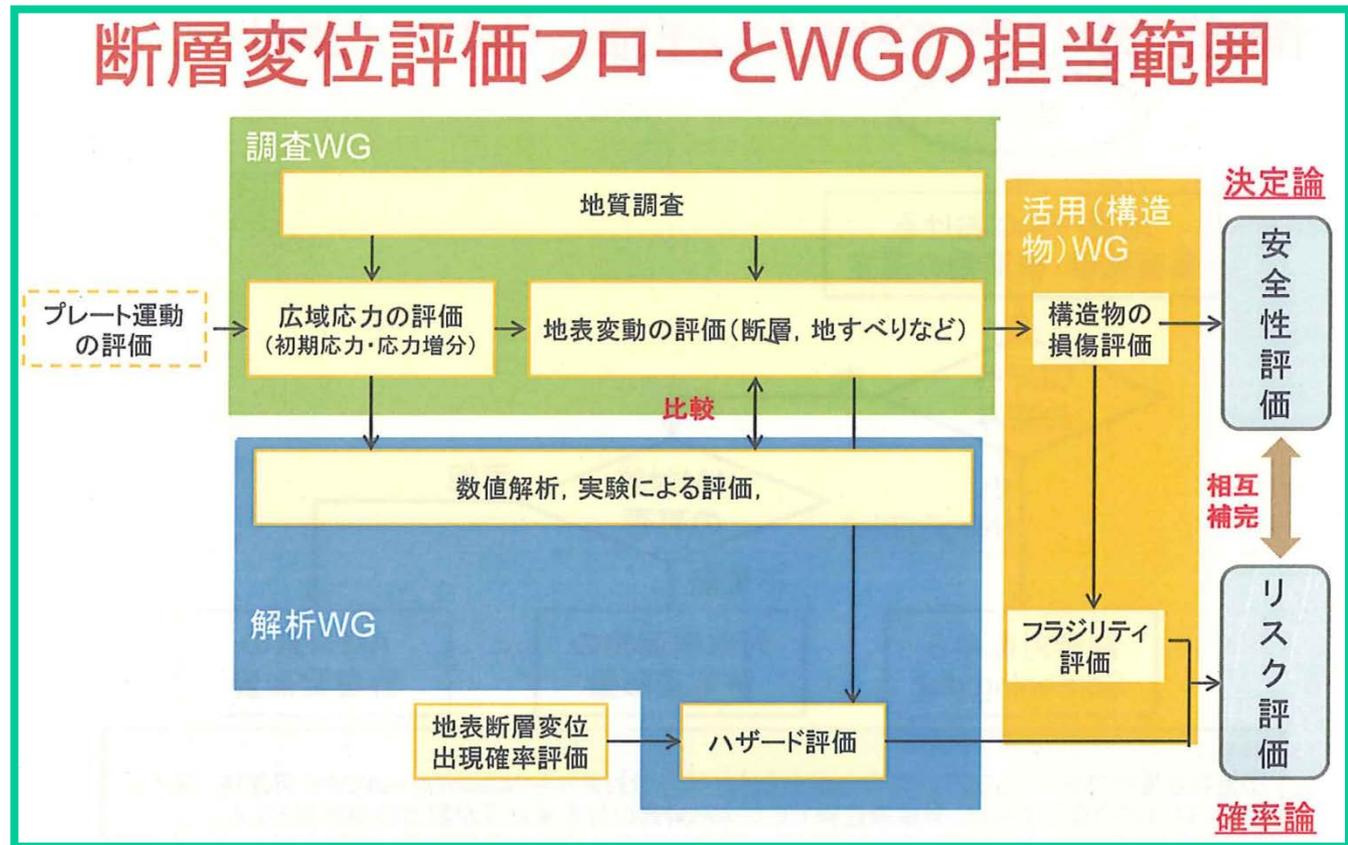


断層変位評価小委員会講演会 第5回 断層変位評価の解析技術

「エンジニアリングにおける地圧測定と二～三の例、 地圧のばらつきなど」

(財)電力中央研究所

新 孝一



(地下深部での応力測定に関する話題) ⇒新

「エンジニアリングにおける地圧測定と二～三の例, 地圧のばらつきなど」

エンジニアリングにおける地圧評価の重要性

浅部

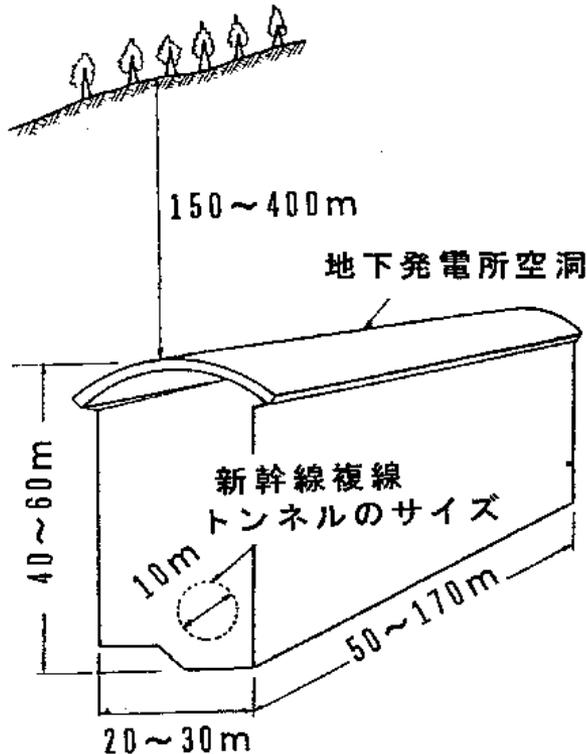
深部

小空洞(一般トンネル)

大空洞



揚水地下発空洞の規模



トンネルでは地表弾性波探査などに基づく岩盤分類から支保パターンを設定している。

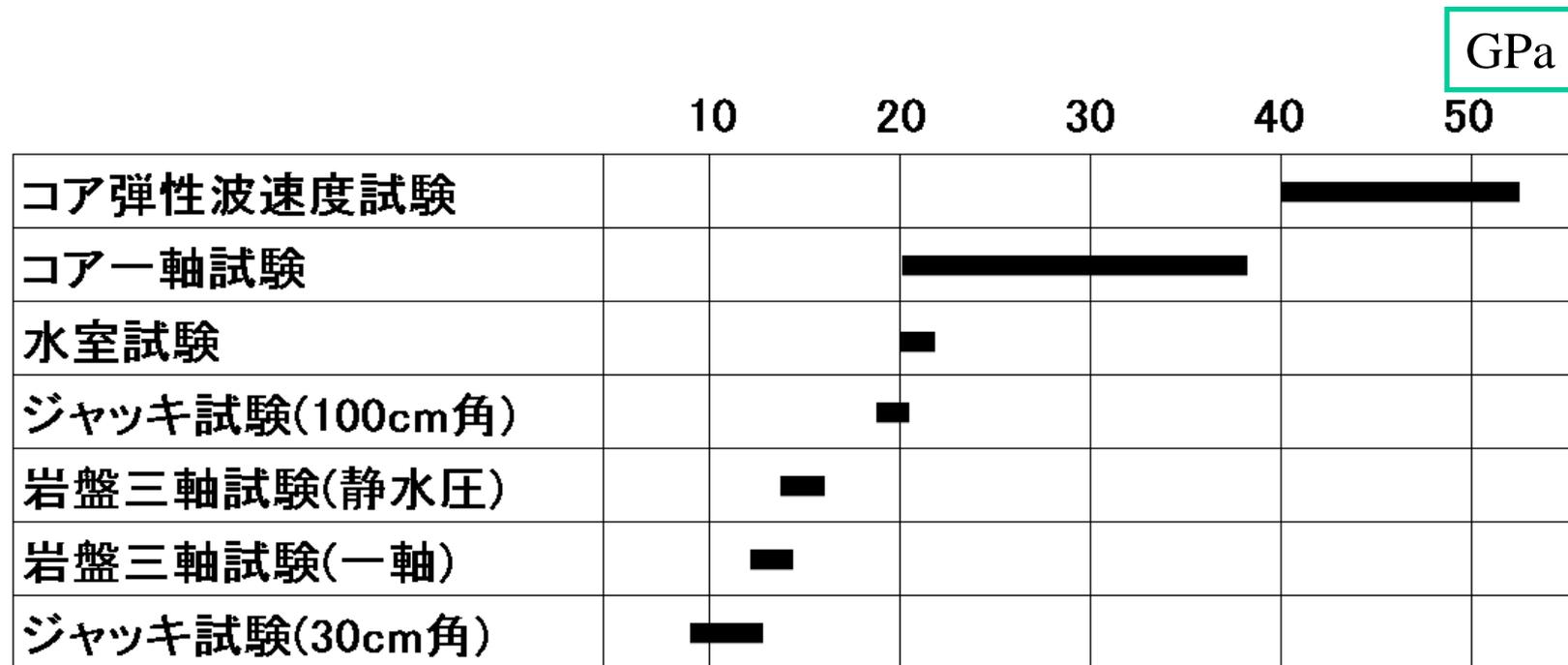
大規模空洞では、力学的安定性の確保が大きな課題。合理的な支保設計のために、詳細な坑道調査に基づいた定量的評価が必要。

地下構造物設計に必要な事項（調査項目）

- 地質
 - 物理探査、水文調査、節理・亀裂調査、岩級区分
- 材料(岩盤)の特性
 - 変形の特徴
 - 強度の特徴
 - それらの空間分布（主に地質調査に基づく）
- 材料に作用する力
 - 地圧など

地圧ではないが、解析において地圧とセットで入力される
変形係数についても、留意点としてコメント ①

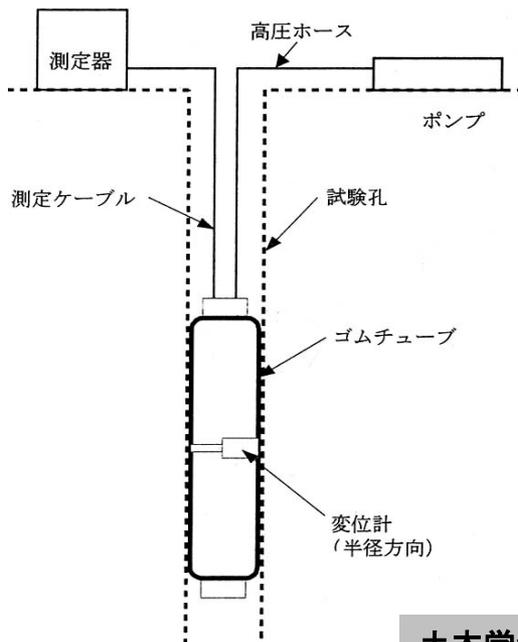
試験方法によるEの違い(ST地点 花崗岩 B級岩盤)



- ・コア vs 岩盤
- ・ジャッキ30cm vs 100cm
- ・一軸 vs 三軸

あくまでも一地点の例

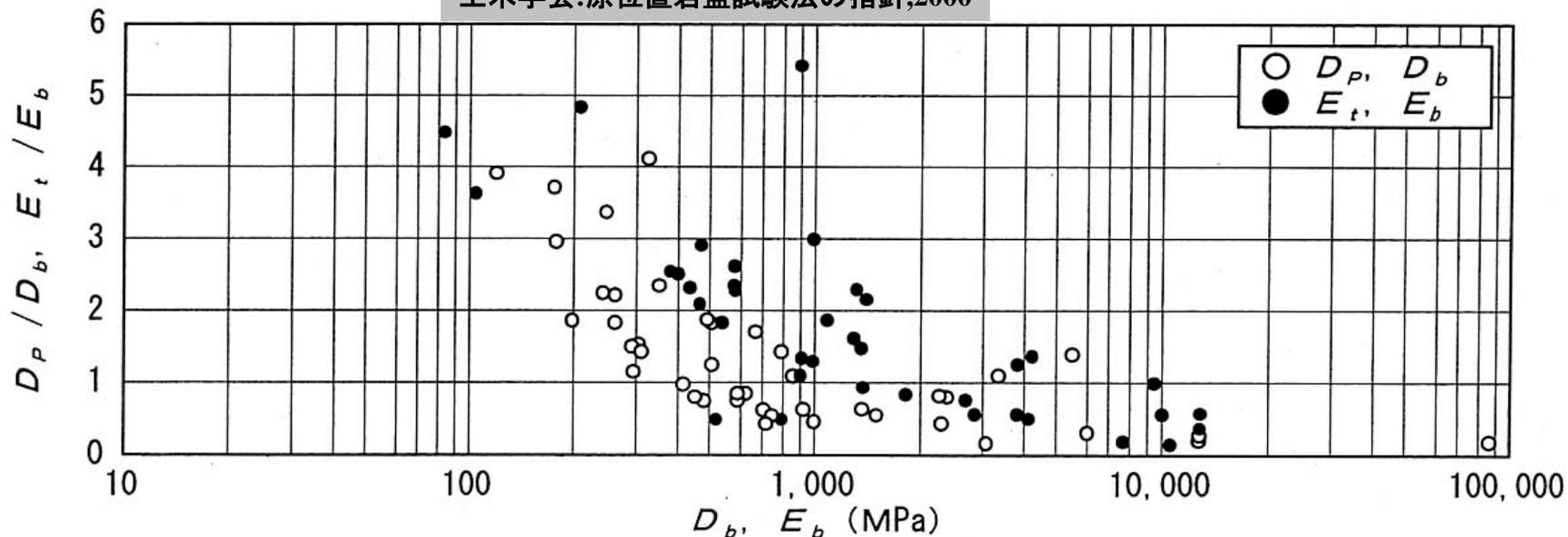
地圧ではないが、解析において地圧とセットで入力される
変形係数についても、留意点としてコメント ②



試験方法によるEの違い
孔内载荷試験 vs 平板载荷試験
結果の比較

孔内载荷では
軟質岩: 平板载荷より小さめ
硬質岩: 平板载荷より大きめ

土木学会: 原位置岩盤試験法の指針, 2000



1. 地圧の測定・試験方法

1.1 概説

(1) 地圧の由来

外的作用	残留応力	物性
重力	不連続面での摩擦 (ex. 断層での変位)	弾性
造構力(テクトニック)	凝固による収縮 (ex. マグマの固結)	粘性
他の外荷重 (ex. 地下水圧・貫入圧など)	弾性係数の差 (ex. 隆起・侵食)	塑性
熱応力		不連続面の接触・摩擦 に関する物性

a. 応力解放法

b. 応力補償法

c. 破砕法 (代表的なものは水圧破砕法)

d. 岩石内部に残された過去の応力の痕跡を用いる方法

e. 逆解析による方法

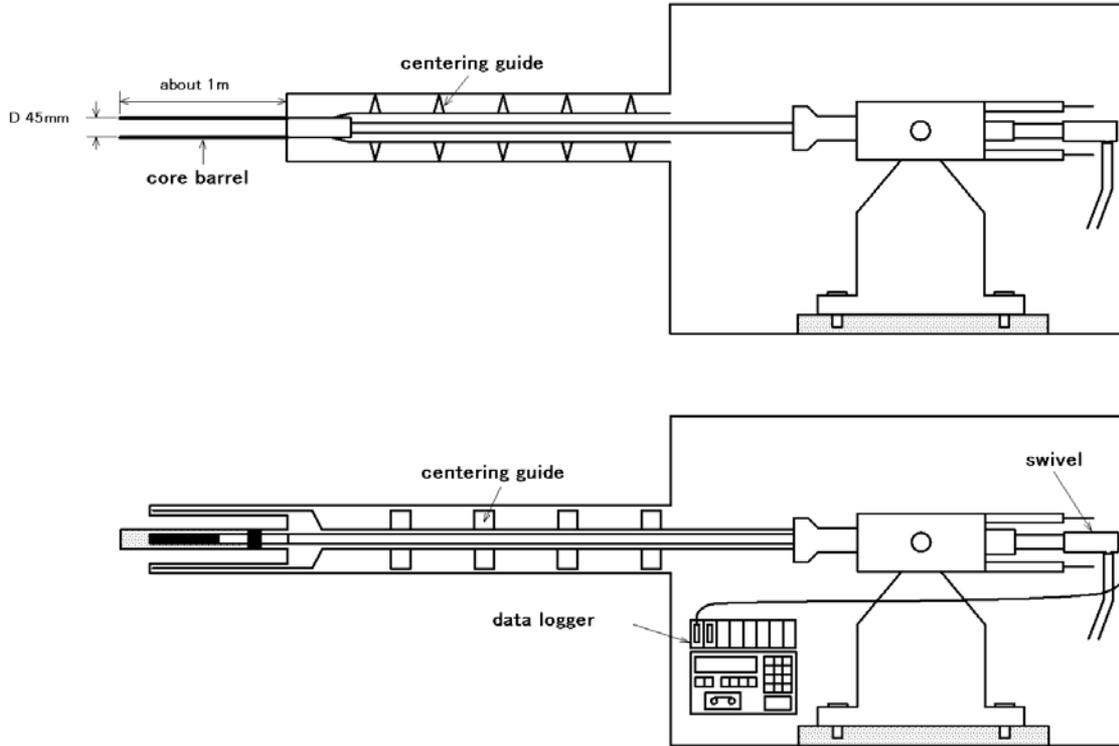
f. その他の方法

(地圧に起因した孔壁やコアの破壊現象、地震波、等)

1. 地圧の測定・試験方法

1.2 原位置測定・試験

(1) 応力解放法

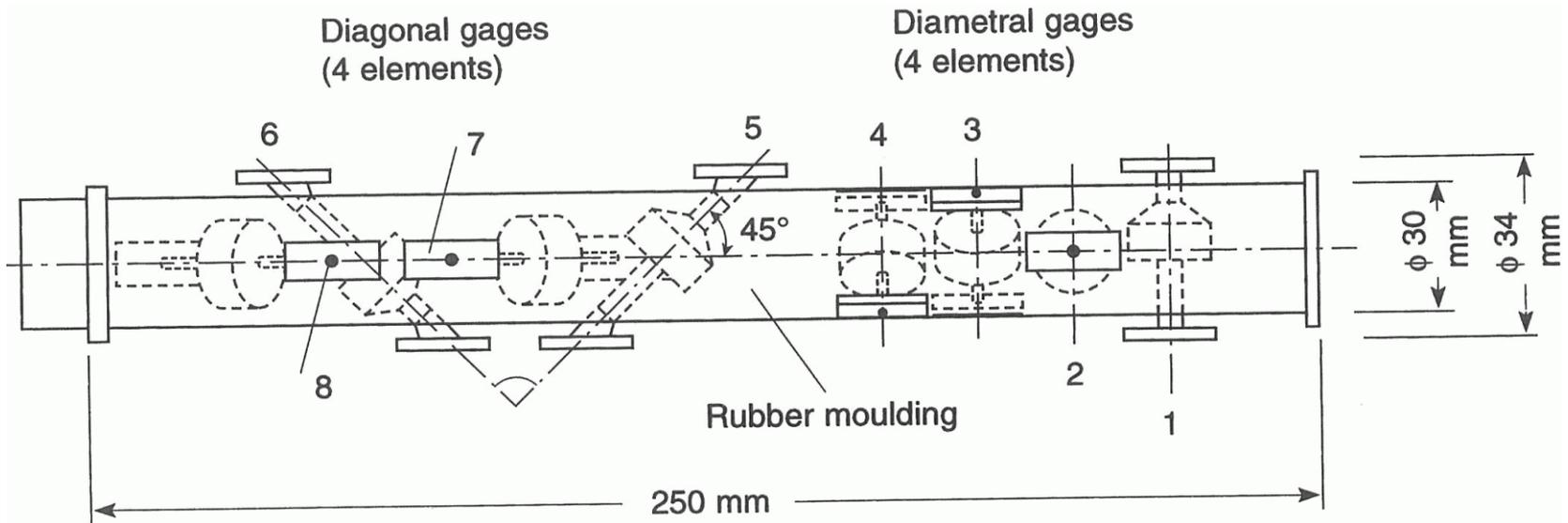


応力解放法の例 (電中研式)
上段:パイロットボーリング
下段:オーバーコアリング

1. 地圧の測定・試験方法

1.2 原位置測定・試験

(1) 応力解放法 - 2

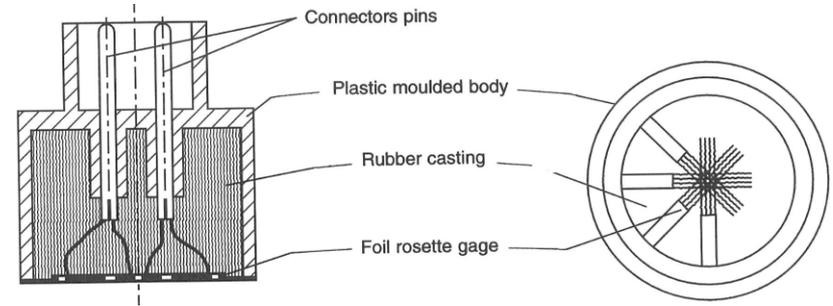
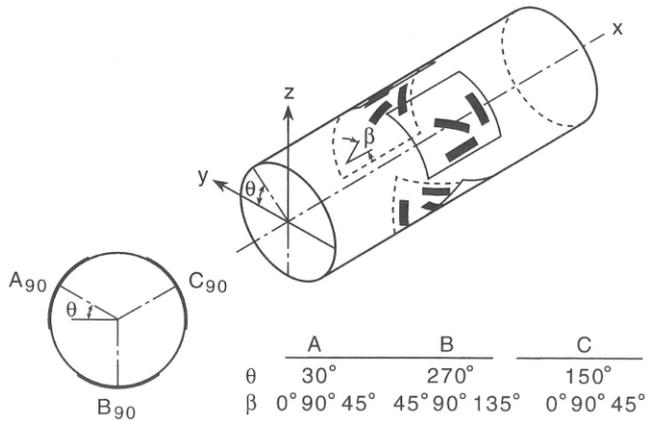


電中研式応力解放法のゲージ(3DDG)

1. 地圧の測定・試験方法

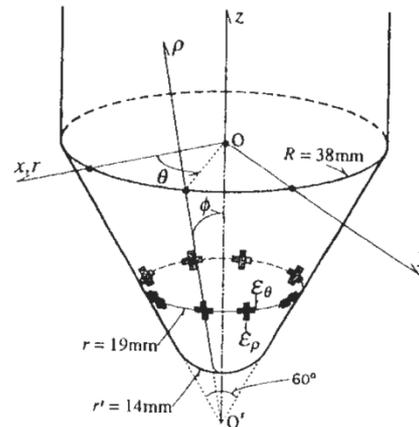
1.2 原位置測定・試験

(1) 応力解放法 - 3



ドアストップ法で用いるゲージ

CSIRO-HI cell と呼ばれるゲージの概念



円錐孔底法のモールドのゲージ配置例

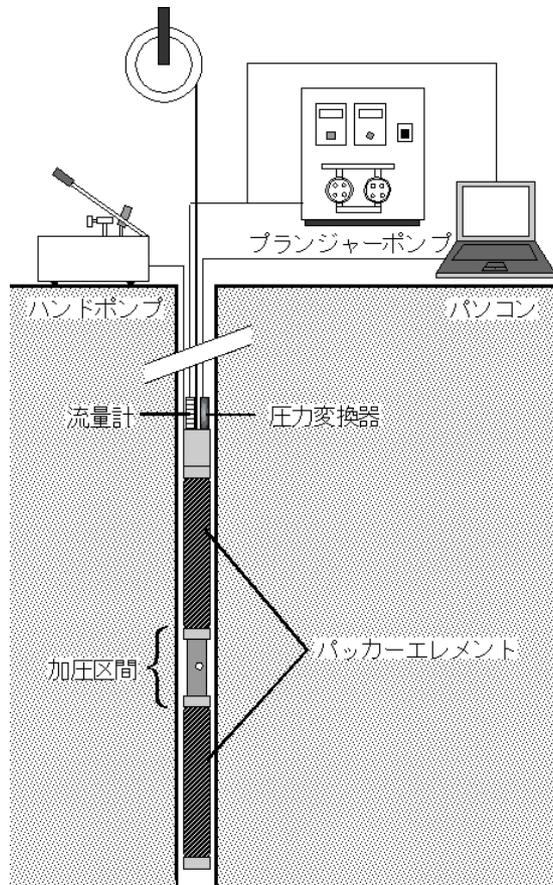
地盤工学会基準 (JGS3741-2009)

埋設ひずみ法による初期地圧の測定方法

地盤工学会基準 (JGS3751-2009)

円錐孔底ひずみ法による初期地圧の測定方法

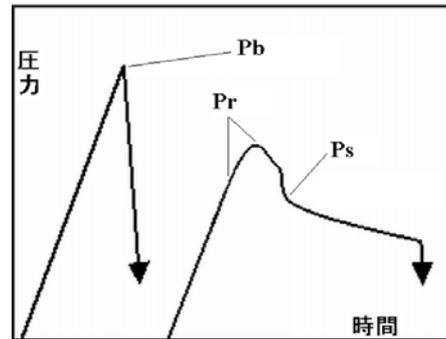
1. 地圧の測定・試験方法



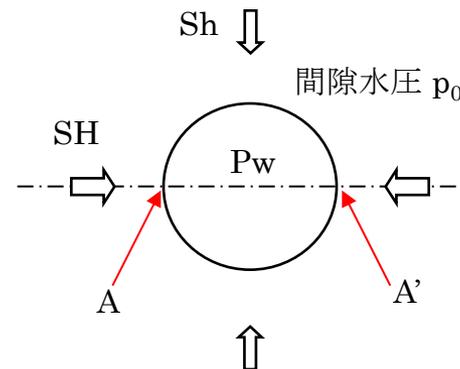
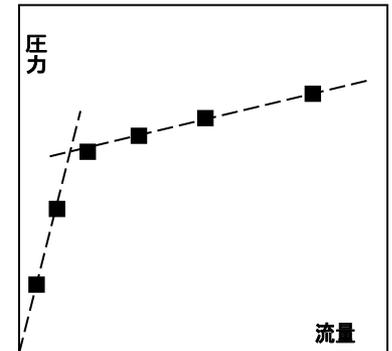
水圧破砕法実施の模式図

1.2 原位置測定・試験

(2) 水圧破砕法



水圧破砕の圧力曲線の概念

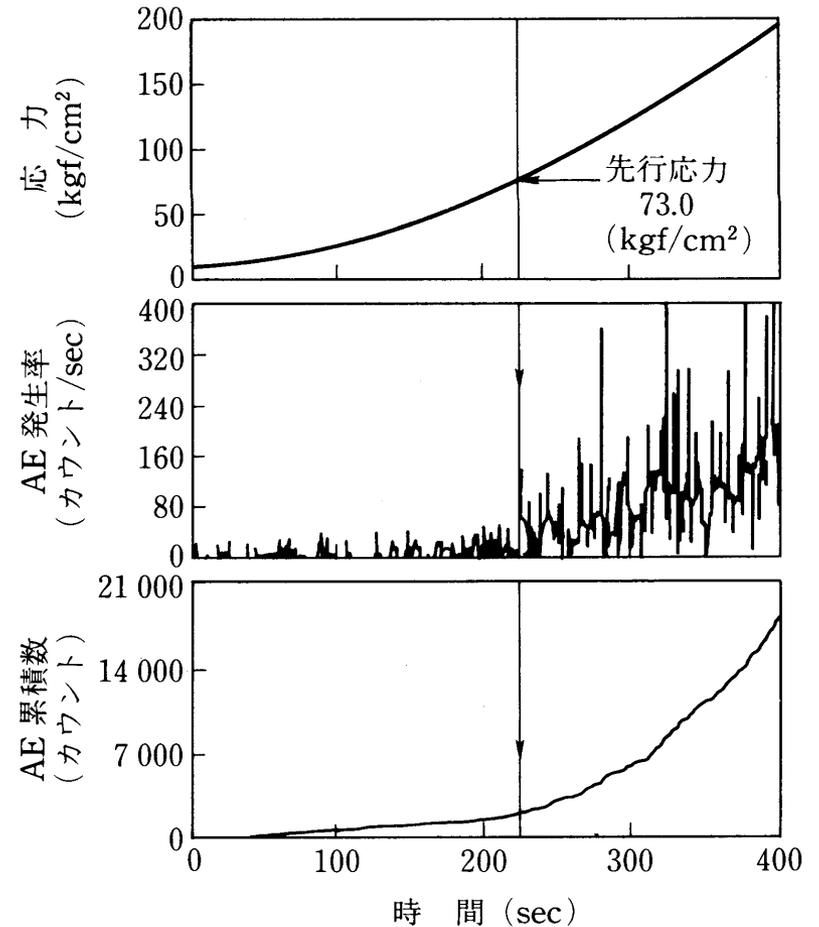
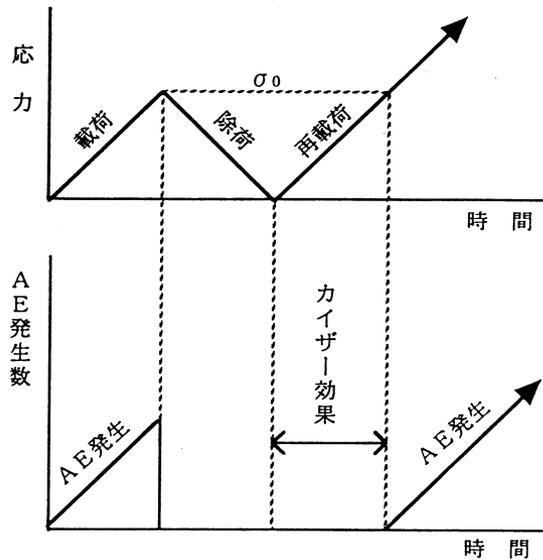
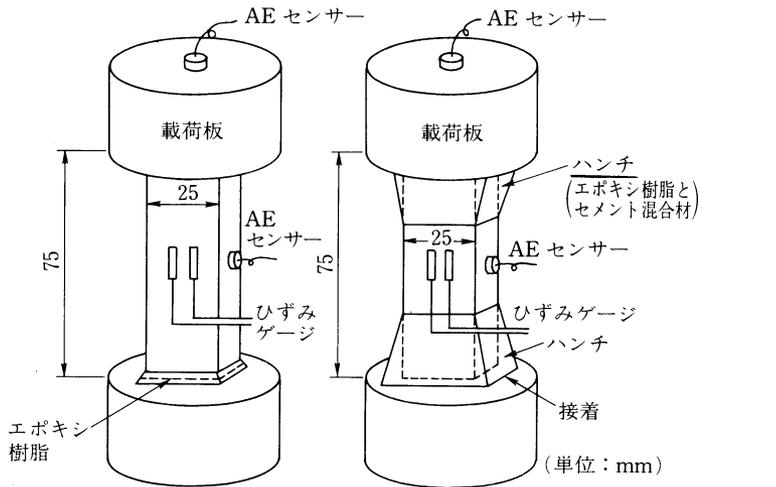


水圧破砕の亀裂発生

A, A' 点で引張応力が引張強度に達して破壊する

1. 地圧の測定・試験方法

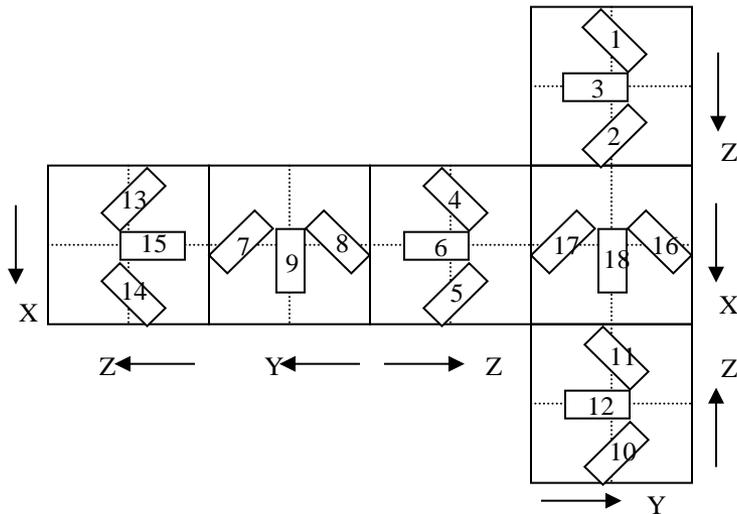
1.3 室内試験 (1) AE法



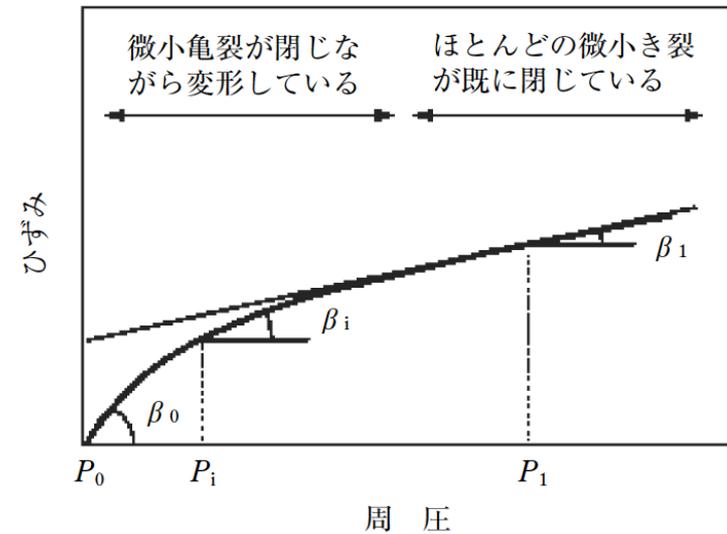
1. 地圧の測定・試験方法

1.3 室内試験

(2) DSCA法



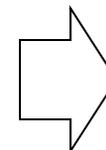
DSCA法における歪ゲージ貼付パターン例



DSCA法による計測データの概念図

仮定:

試料を地山から採取すると、初期地圧の解放により、マイクロクラックが開口する。その方向は初期地圧に依存する。

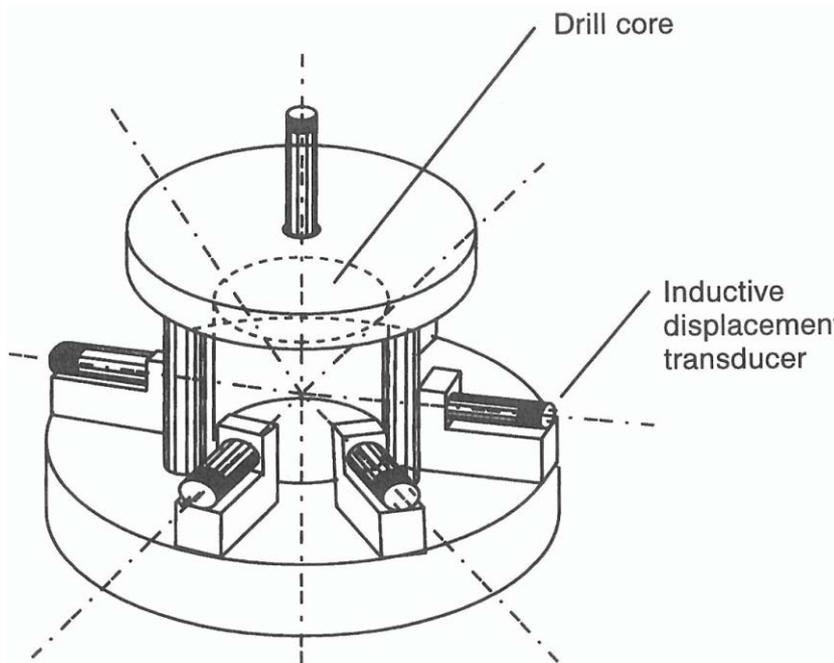


方向ごとのマイクロクラック量を測定して、初期地圧を解析する。

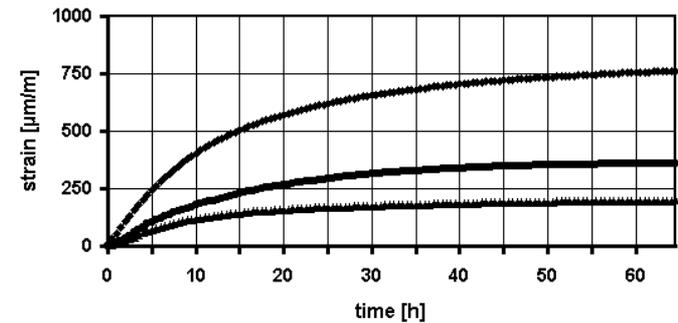
1. 地圧の測定・試験方法

1.3 室内試験

(3) ASR法



ASRの計測例(Wolterら,1989)



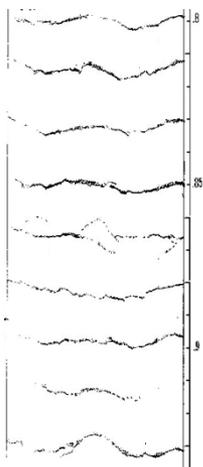
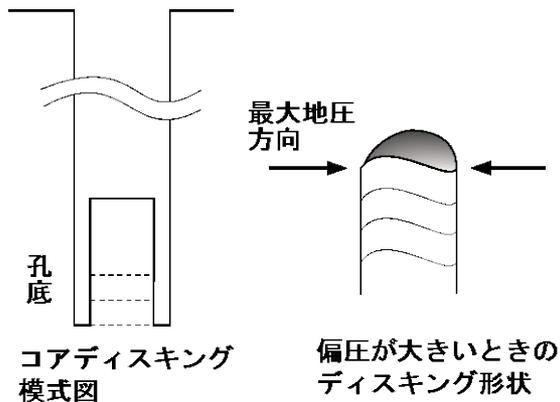
ASR法におけるひずみの経時変化の概念例

いわば、粘性部分を対象
 にした応力解放法

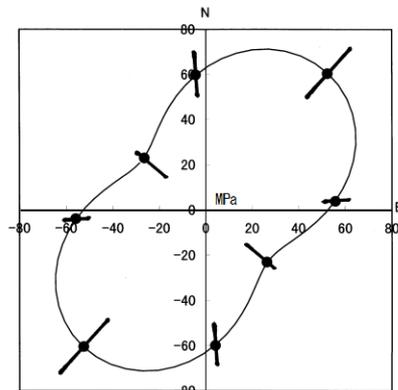
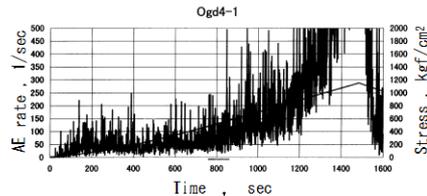
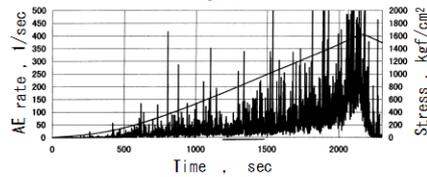
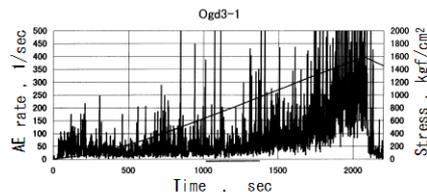
1. 地圧の測定・試験方法

コラム : コア法の実例 (秋田 雄勝)

(コアディスクキング)



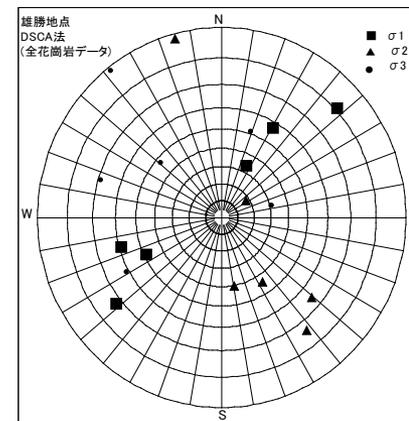
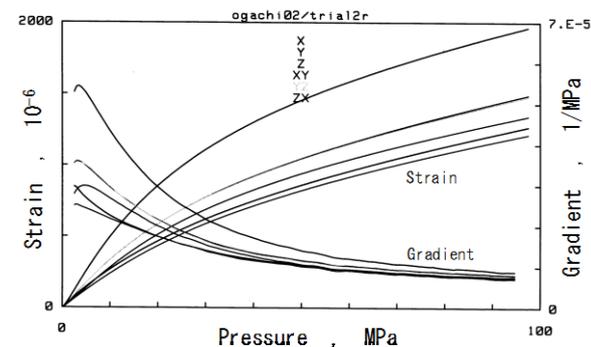
AE法



1.3 室内試験

新ほか: 資源と素材, Vol.116 p.965-971

DSCA法



2. 設計用初期地圧の評価

2.1 概説

地圧評価は容易でない。評価の参考になる事項について既往事項を中心に解説

自重による地圧の理論式 (テクトニク的作用無視 / 半無限体)

$$\sigma_v = \gamma H$$

$$\sigma_h = \sigma_v \cdot \nu / (1 - \nu) \quad (\text{半無限体の場合, ほか球殻による理論あり})$$

- (1) 日本、世界の初期地圧の傾向。鉛直成分、水平成分、側圧比 / 深度、地質
- (2) 地形との関係、断層や岩盤の硬さの影響
- (3) プレート運動などの地学現象との関係
- (4) 設計用初期地圧設定の方法

2. 設計用初期地圧の評価

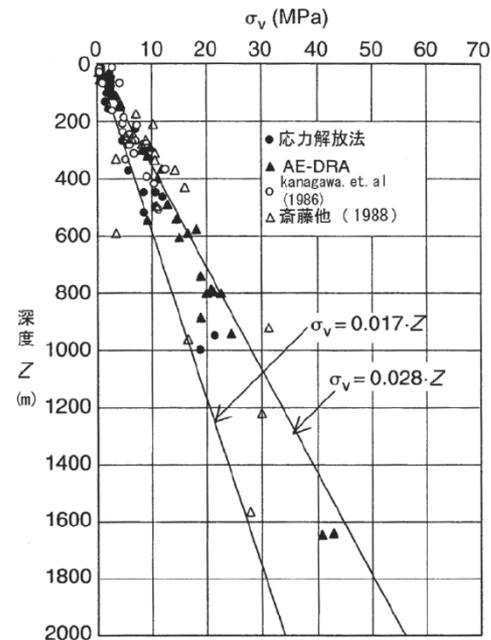
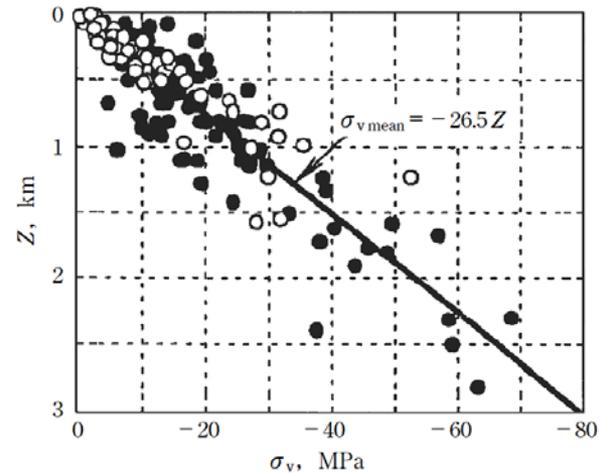
2.2 初期地圧の評価

(1) 既往・・・傾向

i) 鉛直成分

世界の測定値	$\sigma_{v,mean} = 0.0265 Z$
日本の測定値	$\sigma_v = (0.017 \sim 0.028)Z$
結晶質岩	$\sigma_{v,mean} = 0.0255 Z$
堆積岩	$\sigma_{v,mean} = 0.0249 Z$
軟岩	$\sigma_{v,mean} = 0.0153 Z$

(MPa , m)



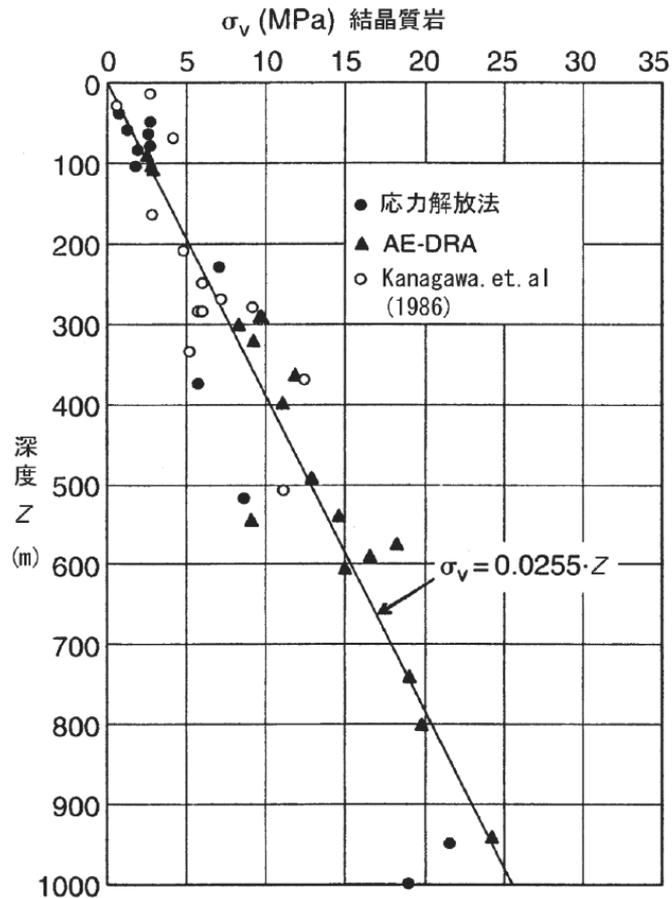
日本

2. 設計用初期地圧の評価

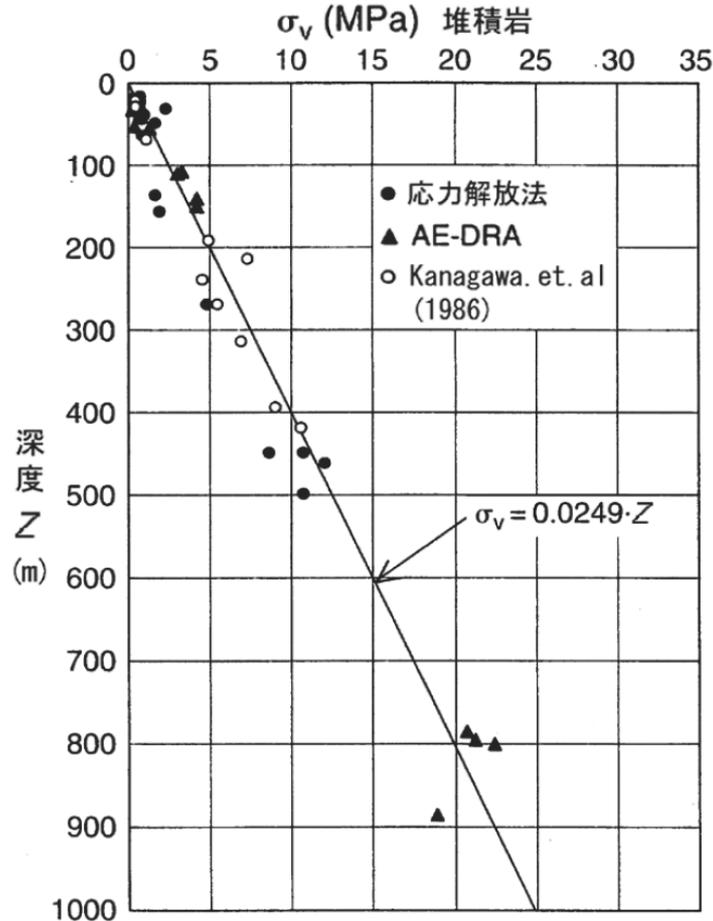
2.2 初期地圧の評価

(1) 既往・・・傾向

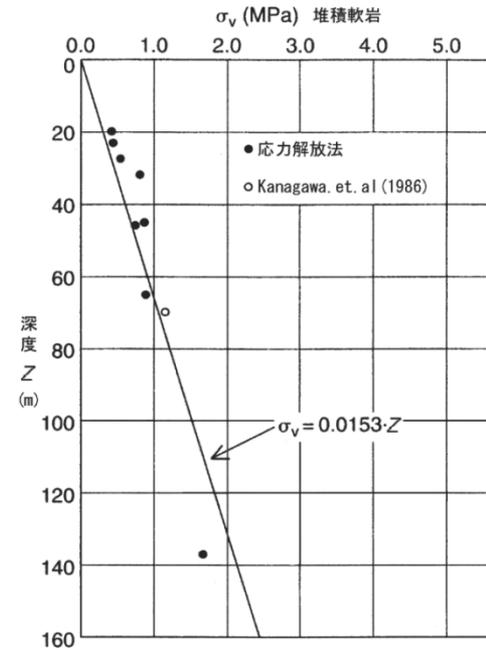
i) 鉛直成分



日本 結晶質岩
 σ_v, mean = 0.0255 Z



日本 堆積岩
 σ_v, mean = 0.0249 Z



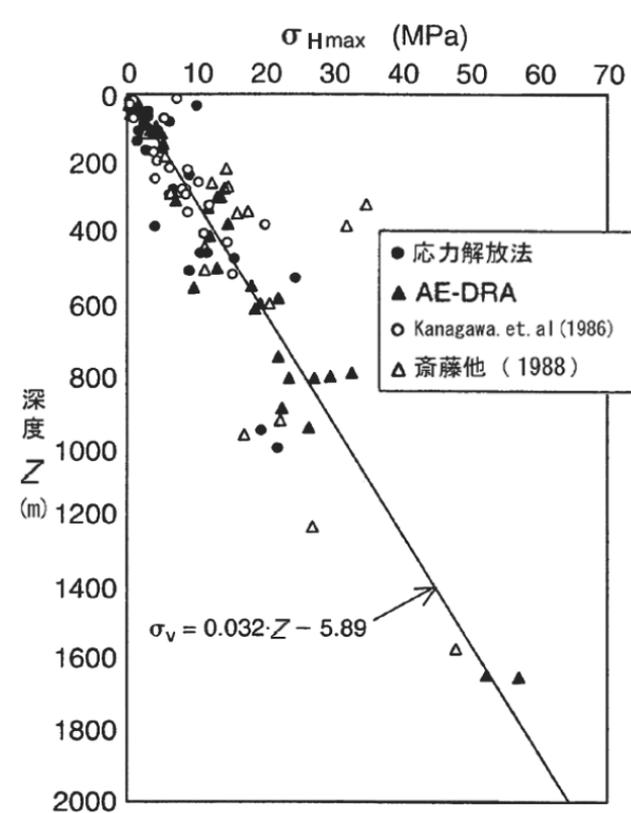
日本 堆積軟岩
 σ_v, mean = 0.0153 Z

2. 設計用初期地圧の評価

2.2 初期地圧の評価

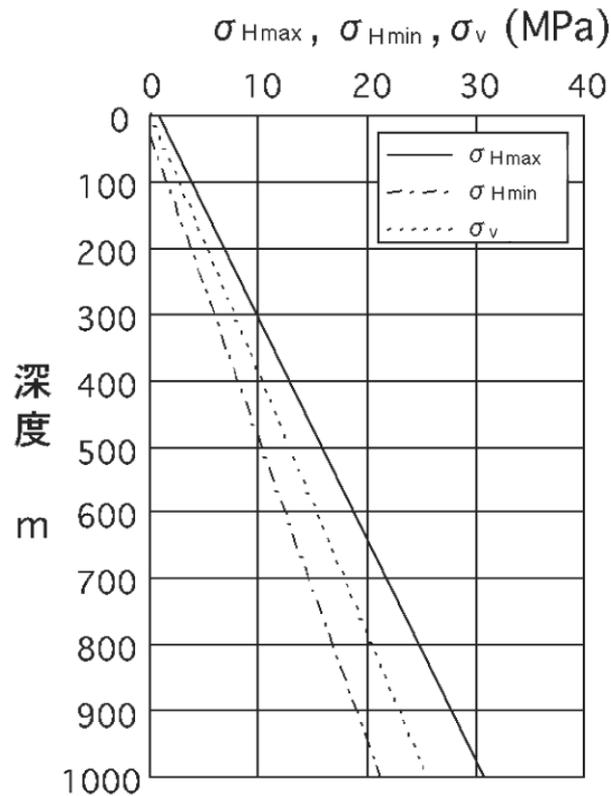
(1) 既往・・・傾向

ii) 水平成分 主に OC



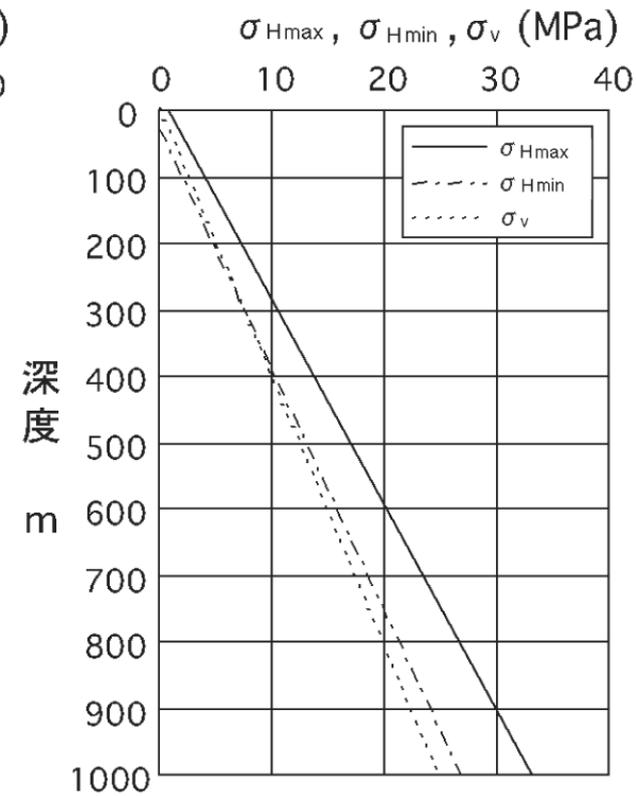
深度との相関あるもσvよりバラツキ大

日本 σ_{H, max}



日本 結晶質岩

$\sigma_h < \sigma_v < \sigma_H$



日本 堆積岩

$\sigma_h = \sigma_v < \sigma_H$

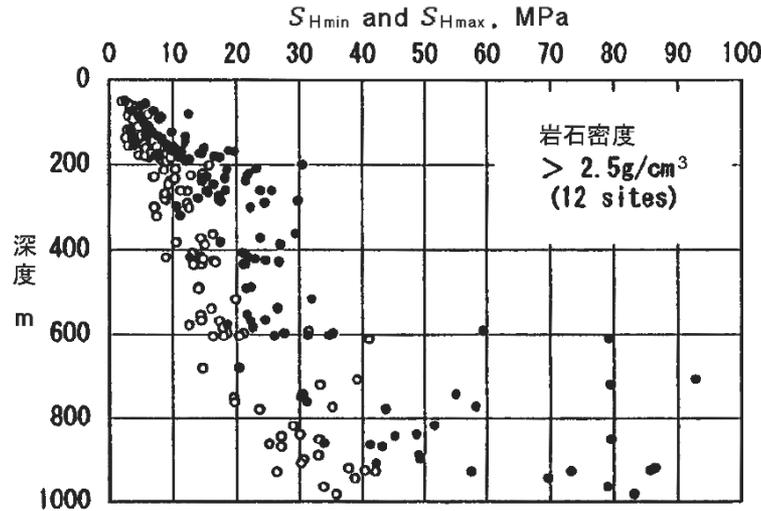
2. 設計用初期地圧の評価

2.2 初期地圧の評価

(1) 既往・・・傾向

ii) 水平成分

水圧破碎

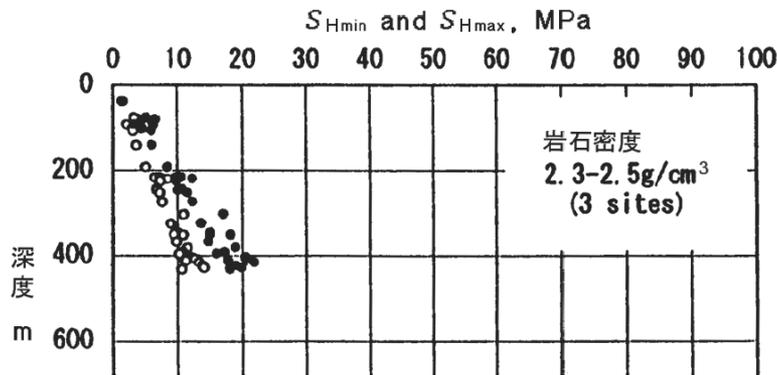


水圧破碎 $2.5 < \rho$

$\sigma_v < \sigma_h < \sigma_H$

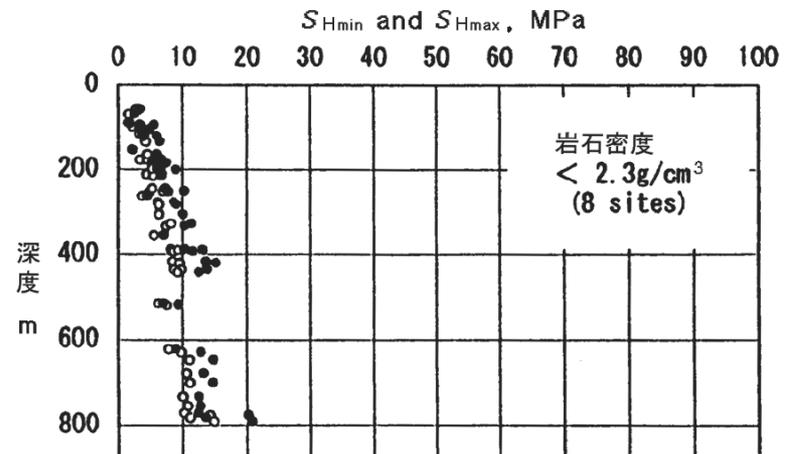
700m以深で大きく増加

(OCデータにはみられない)



水圧破碎 $2.3 < \rho < 2.5$

$\sigma_v < \sigma_h < \sigma_H$



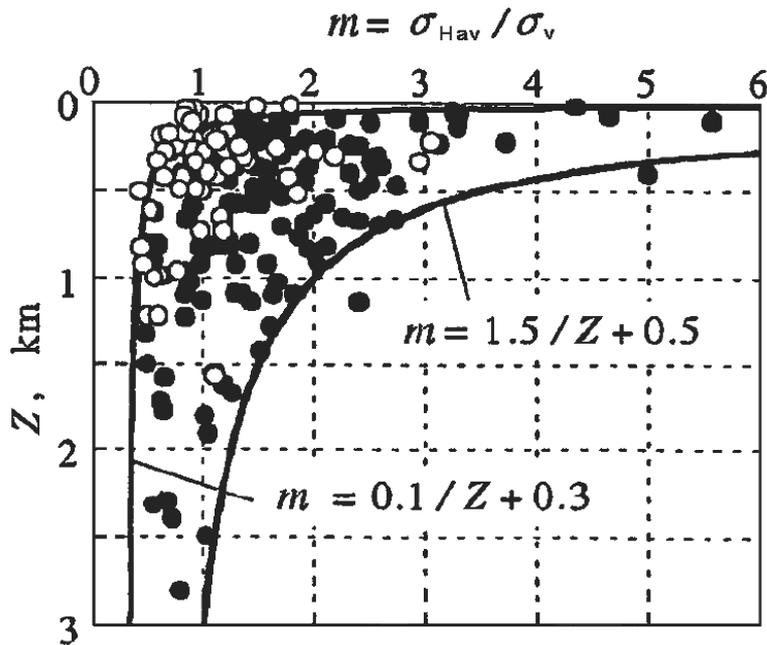
水圧破碎 $\rho < 2.3$ $\sigma_v = \sigma_h < \sigma_H$

2. 設計用初期地圧の評価

2.2 初期地圧の評価

(1) 既往・・・傾向

iii) 側圧比



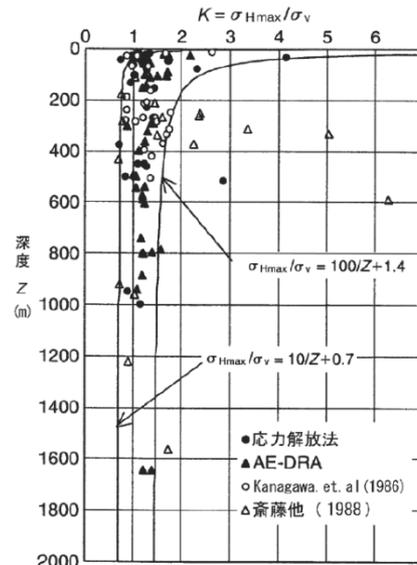
浅部で大きく深部で1近くなる、と言われることもある

○日本 ●外国

日本のデータは世界傾向の
下限に近い

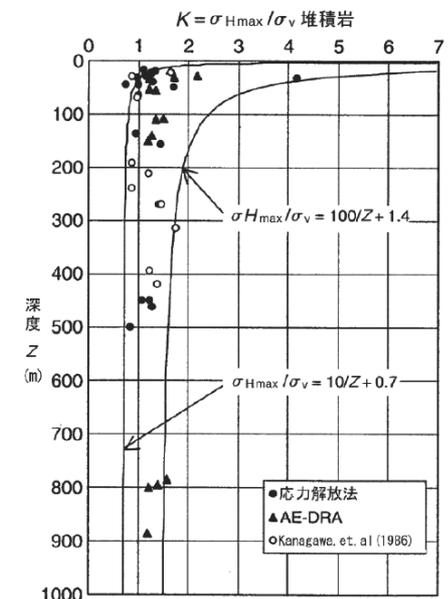
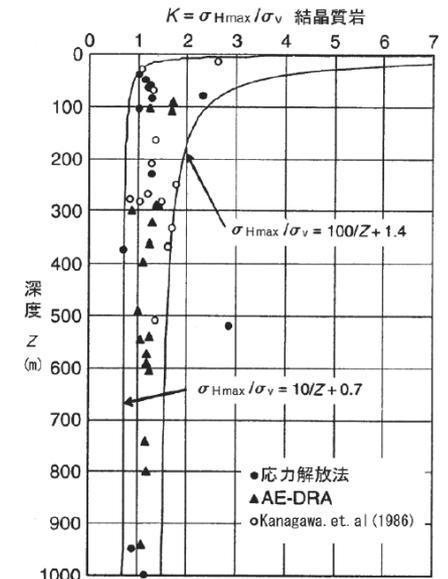
結晶質岩では堆積岩
より大きい

日本 ⇒ 結晶質岩



日本 総合 ↑

日本 堆積岩 ⇒

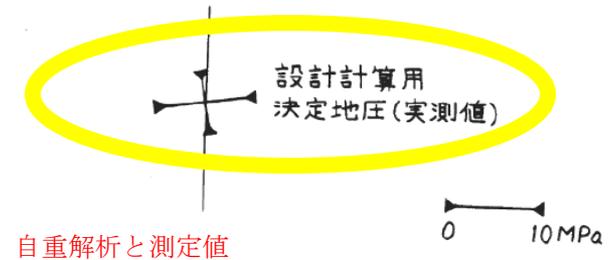
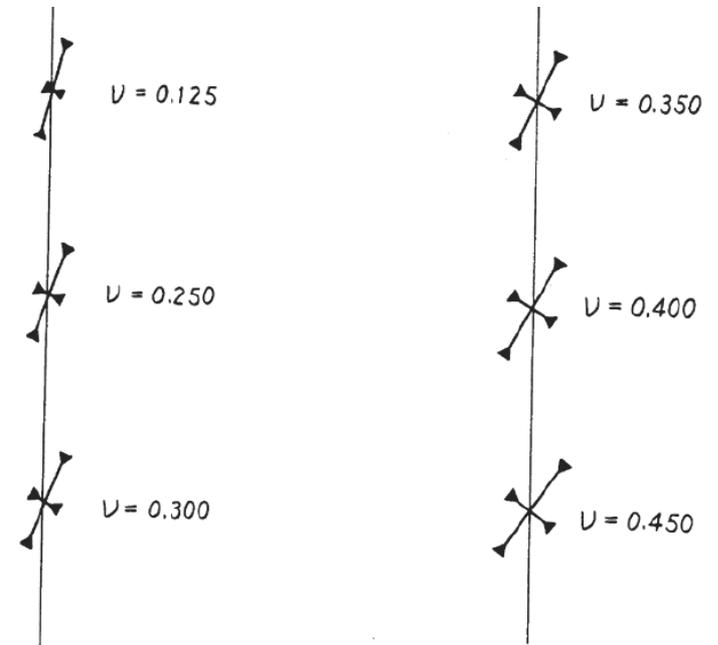
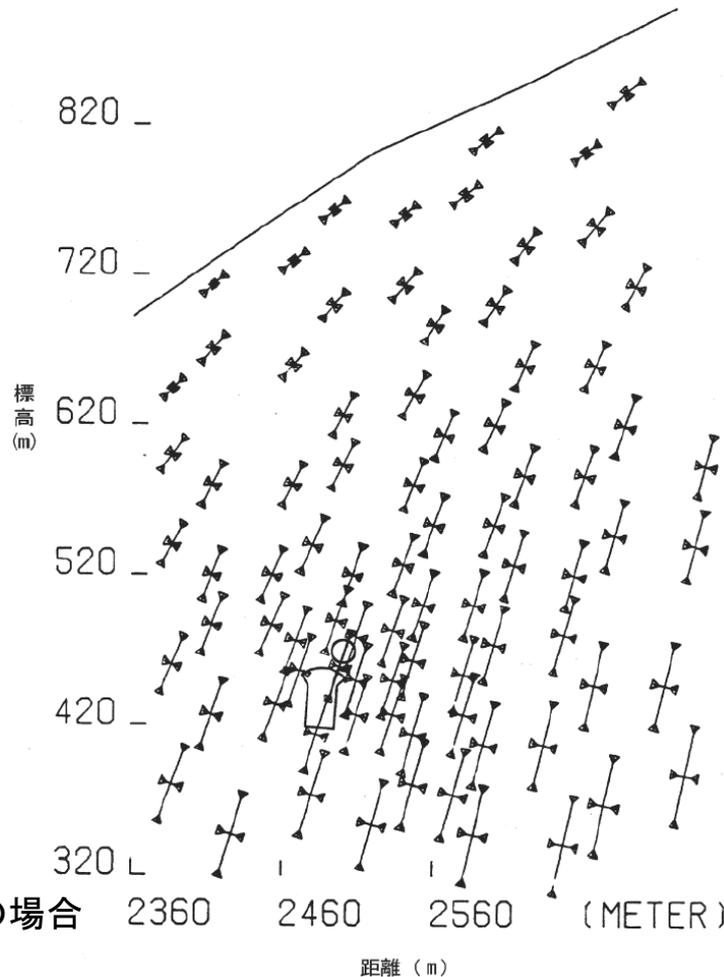
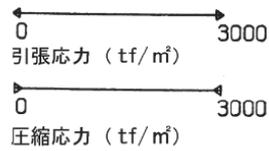


2. 設計用初期地圧の評価

2.2 初期地圧の評価

(2)・・・測定値の・・・例

i) 地形との関係



σ_v 成分はほぼ一致、
 σ_h は不一致

2. 設計用初期地圧の評価

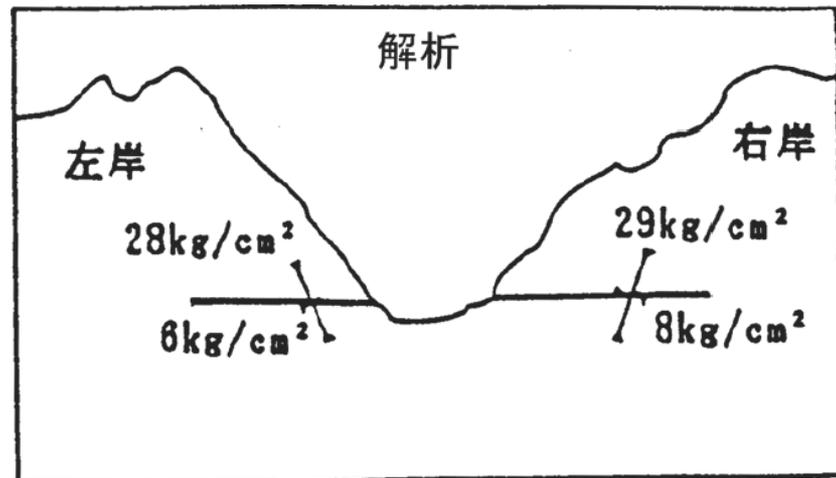
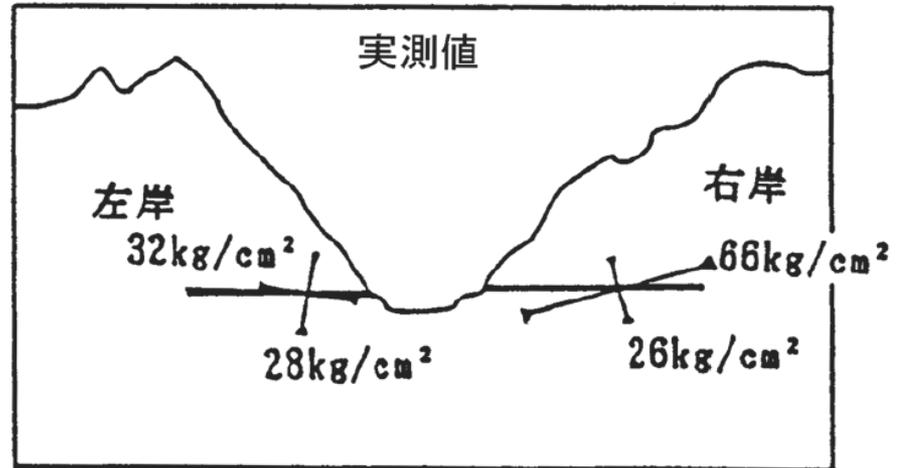
2.2 初期地圧の評価

(2) …測定値の…例

i) 地形との関係

その2

温井ダム



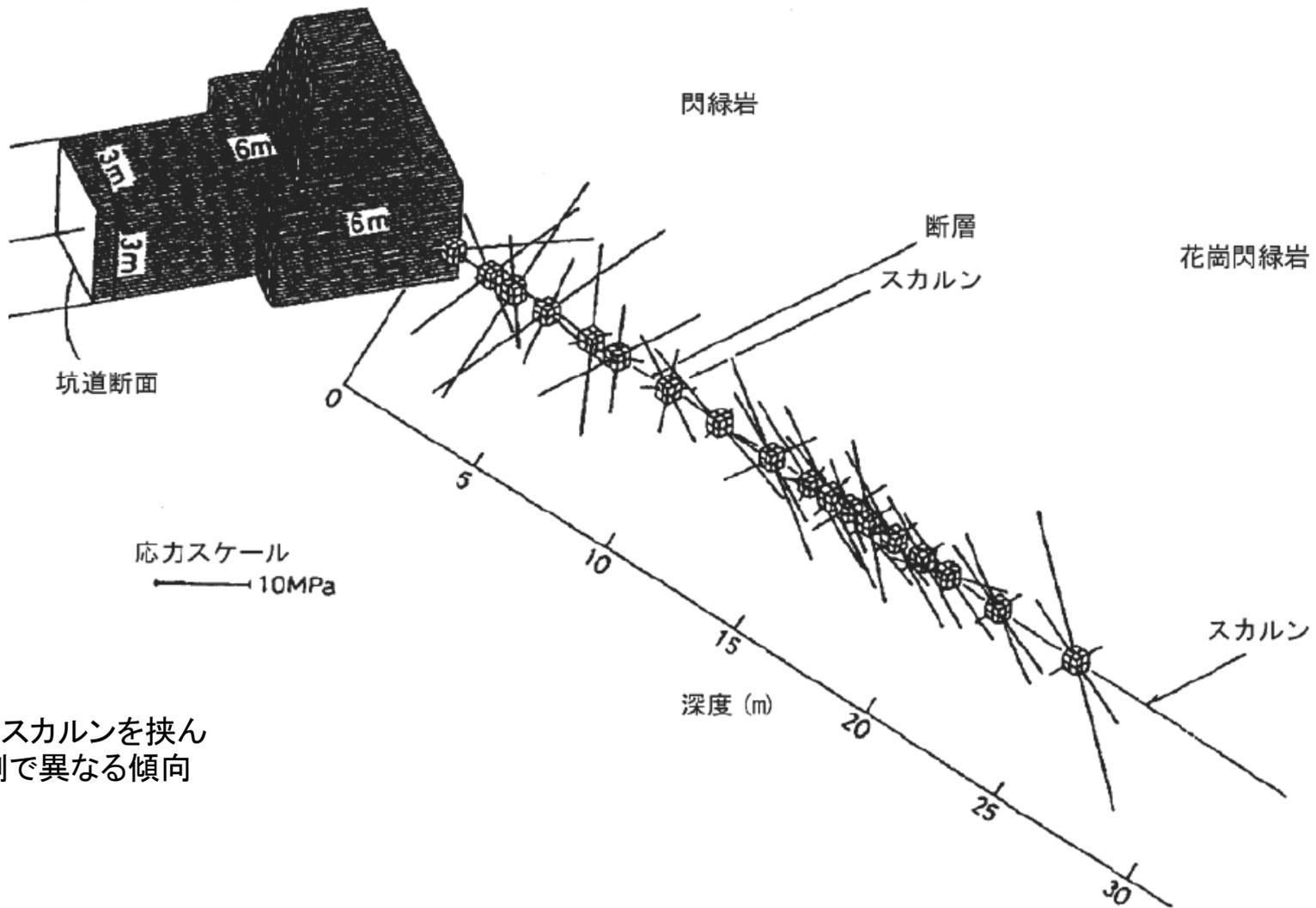
σ_v 成分はほぼ一致、
 σ_h は不一致

2. 設計用初期地圧の評価

2.2 初期地圧の評価

(2) …測定値の…例

ii) 断層・破碎帯との関係



断層、スカルンを挟んだ両側で異なる傾向

2. 設計用初期地圧の評価

2.2 初期地圧の評価

(2) …測定値の…例

ii) 断層・破砕帯との関係

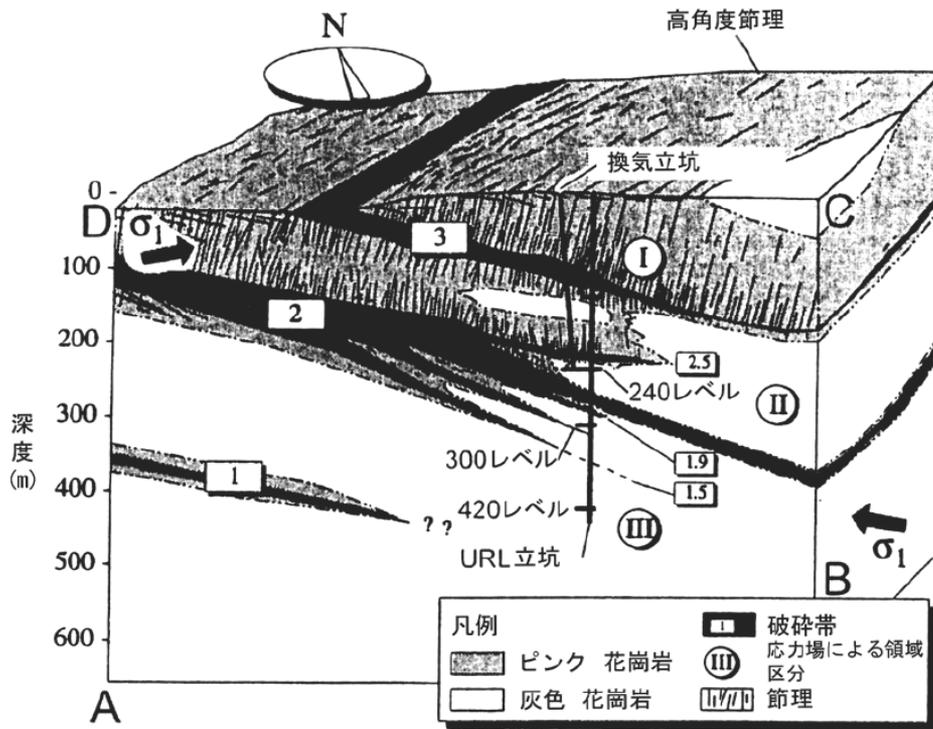
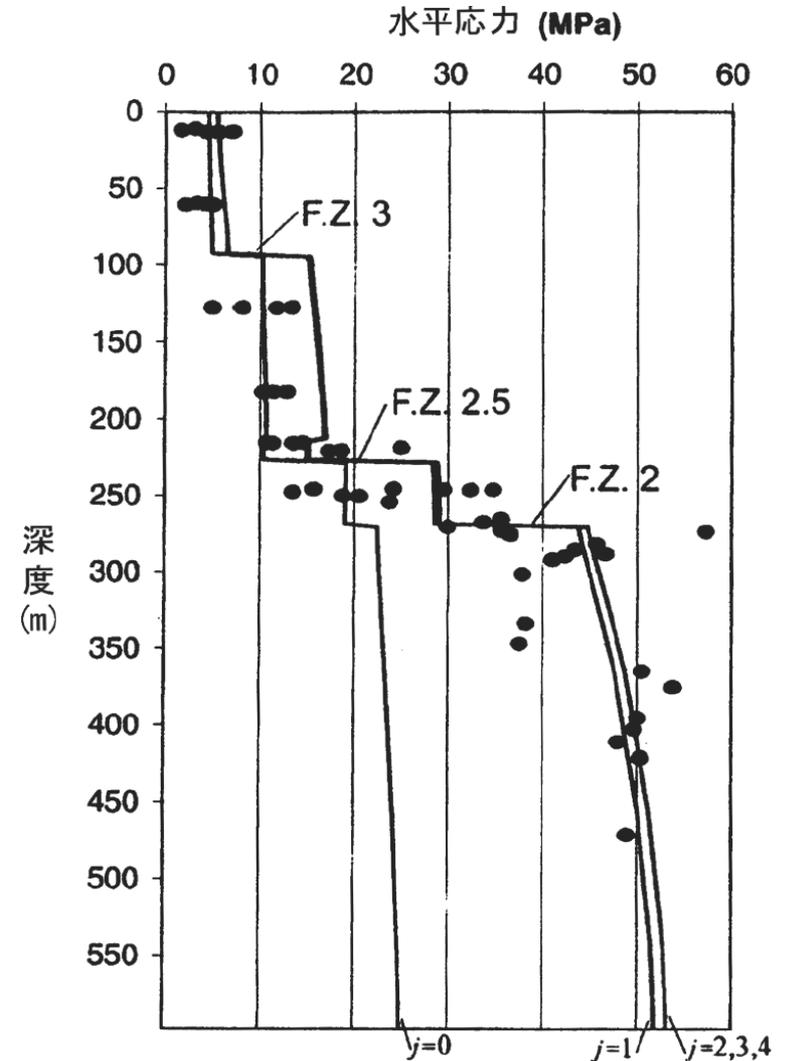


図6.2.16 図6.2.17
 カナダ URL



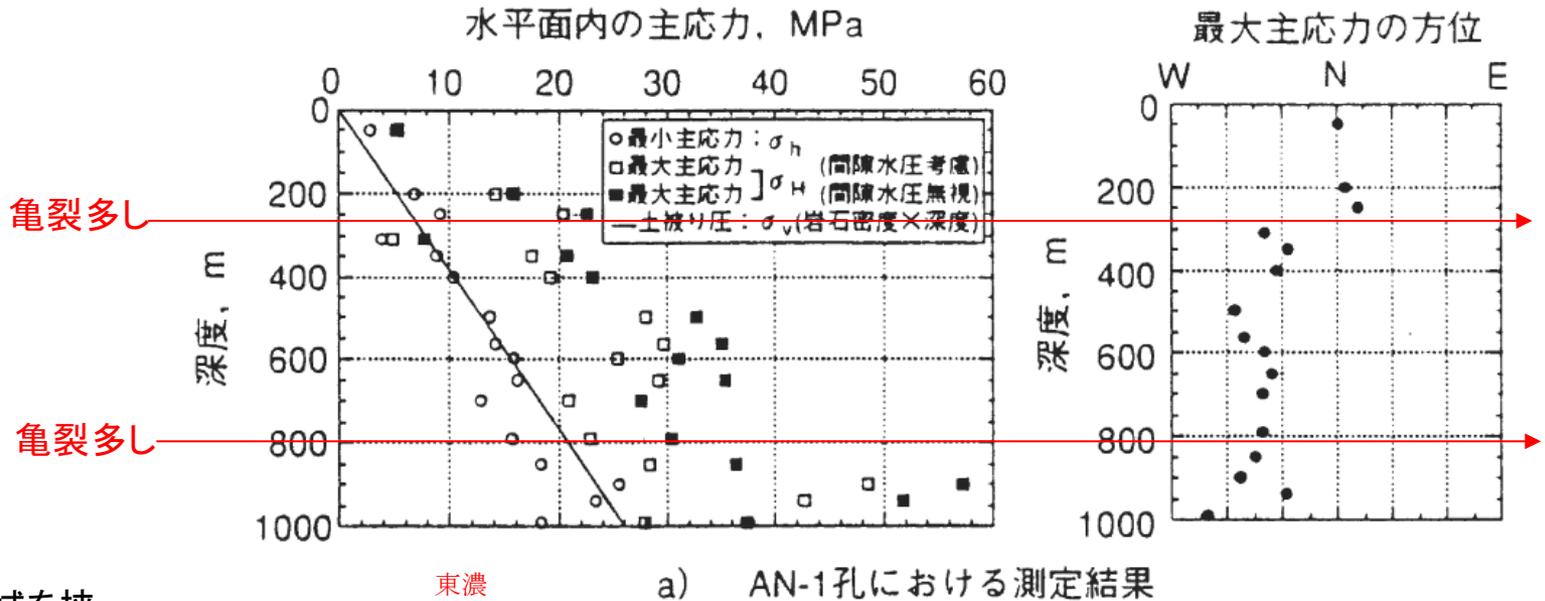
破砕帯を挟んで応力が変わる傾向

2. 設計用初期地圧の評価

2.2 初期地圧の評価

(2) …測定値の…例

ii) 断層・破碎帯との関係



亀裂の多い領域を挟んで応力値や方向が変化

浅部で逆断層型の応力状態
($\sigma_v < \sigma_h < \sigma_H$)

深部で横ずれ断層型に変化
($\sigma_h < \sigma_v < \sigma_H$)

深部の地圧方位が広域応力場に近い

2. 設計用初期地圧の評価

2.2 初期地圧の評価

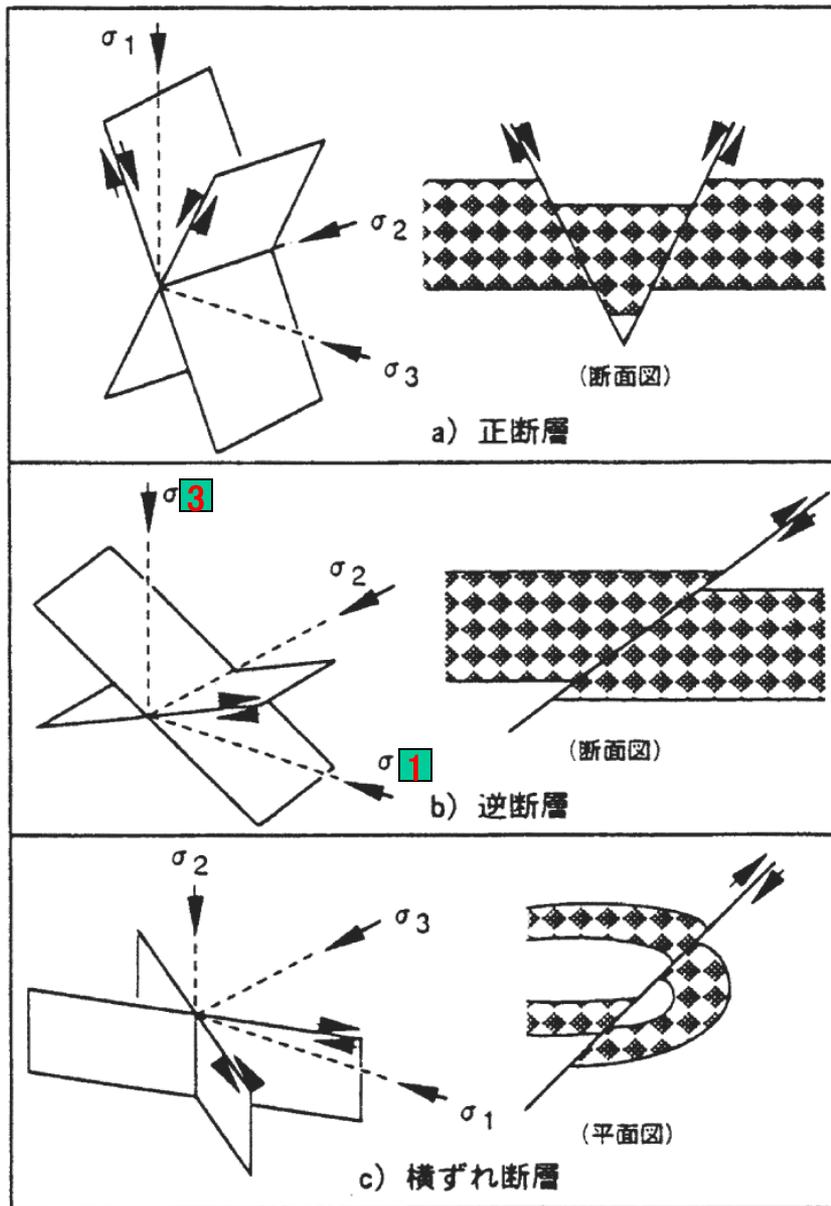
(2) …測定値の…例

ii) 断層・破碎帯との関係

$\sigma_1 < \sigma_2 < \sigma_3$ (圧縮:正)

(地圧と断層型)

σ_1 最大圧縮



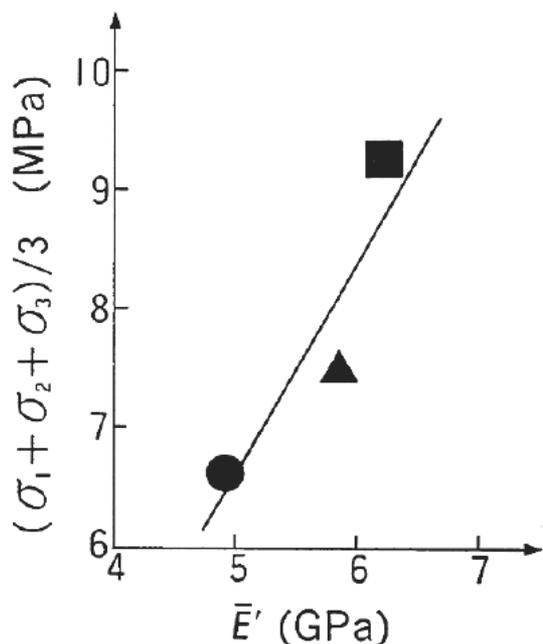
2. 設計用初期地圧の評価

2.2 初期地圧の評価

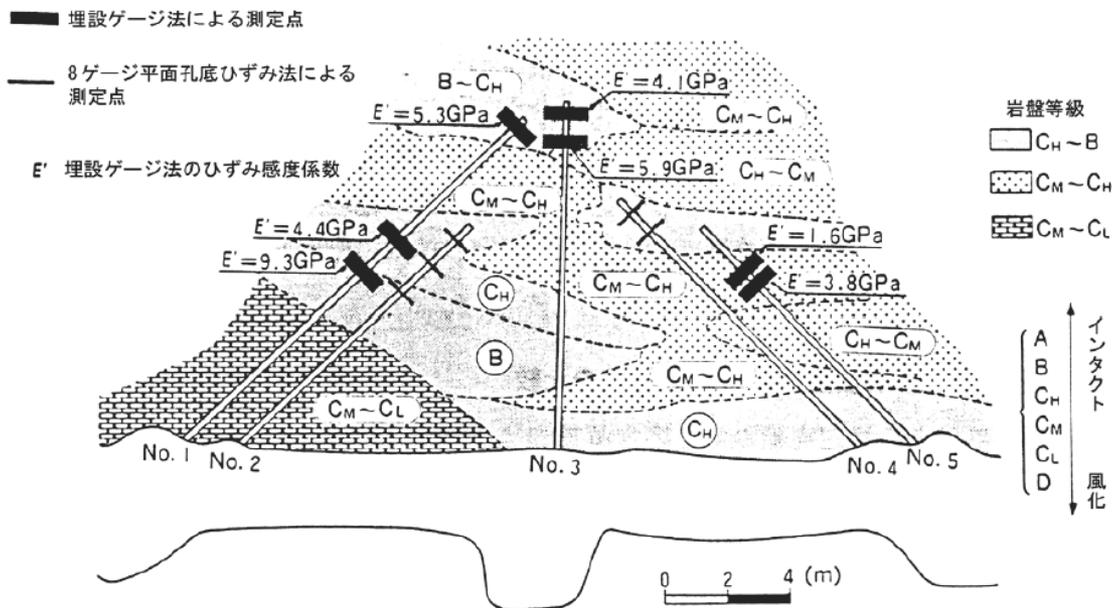
(2)・・・測定値の・・・例

iii) 不均一性の影響 K地点

mのスケール



岐阜県 北部



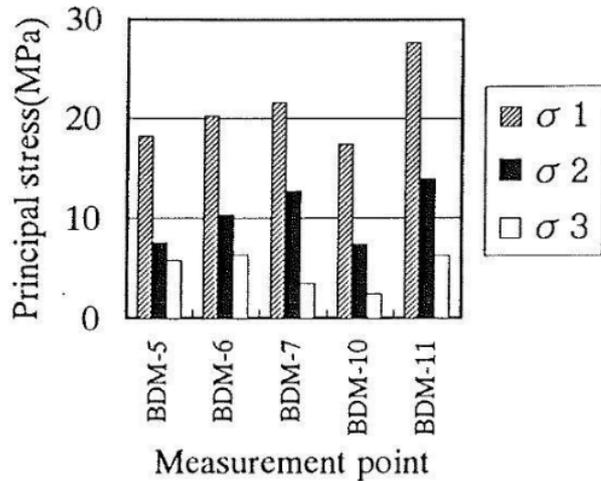
ケース および 記号	データ (Bor.No.)	\bar{E}' (GPa)	主応力の大きさ			
			σ_1	σ_2	σ_3	$(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3$
1 ■	1	6.3	6.6	9.4	11.7	9.2
2 ▲	1, 3	5.8	5.5	7.3	9.9	7.5
3 ●	1, 3, 5	4.9	4.6	6.2	9.0	6.6

データ：応力場の決定に用いたデータ。データが得られたボーリング孔の組み合わせを示す。

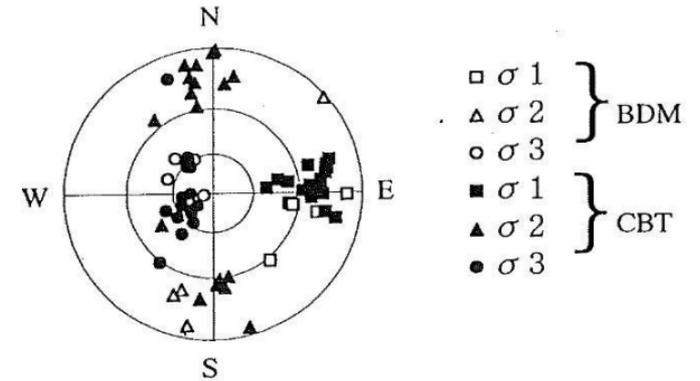
\bar{E}' ：応力場の決定に用いた埋設ゲージのひずみ感度係数の平均値

iii) 不均一性の影響 K地点

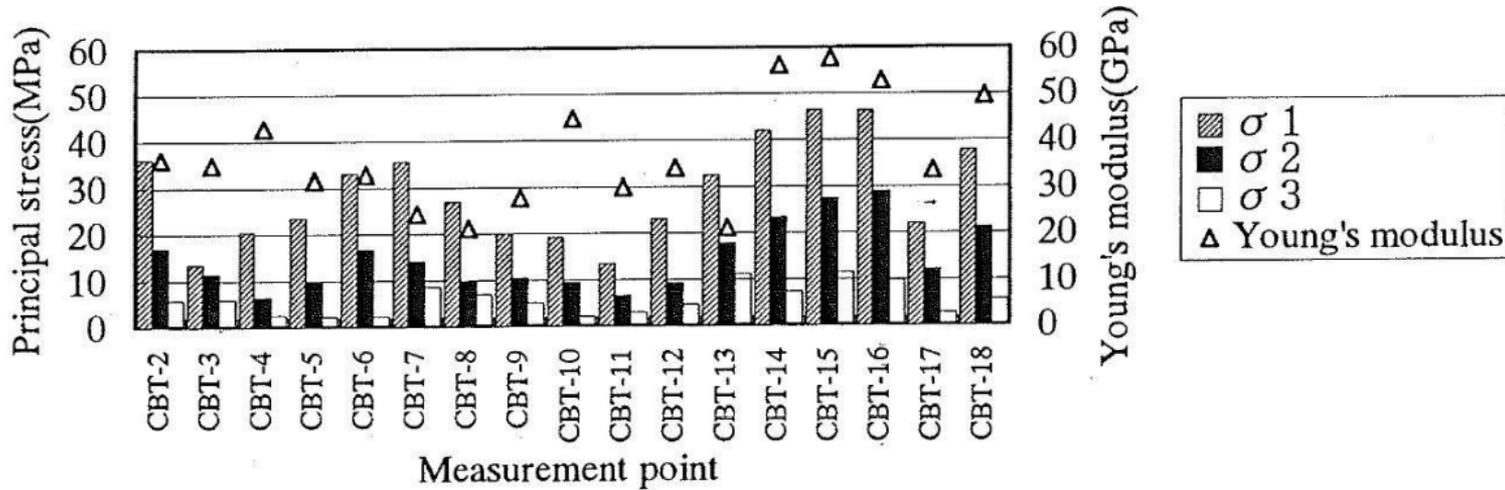
~100m のスケール



(a) Borehole deformation method (BDM)



(c) Orientation of principal stress
(Stereographic lower hemisphere projection)

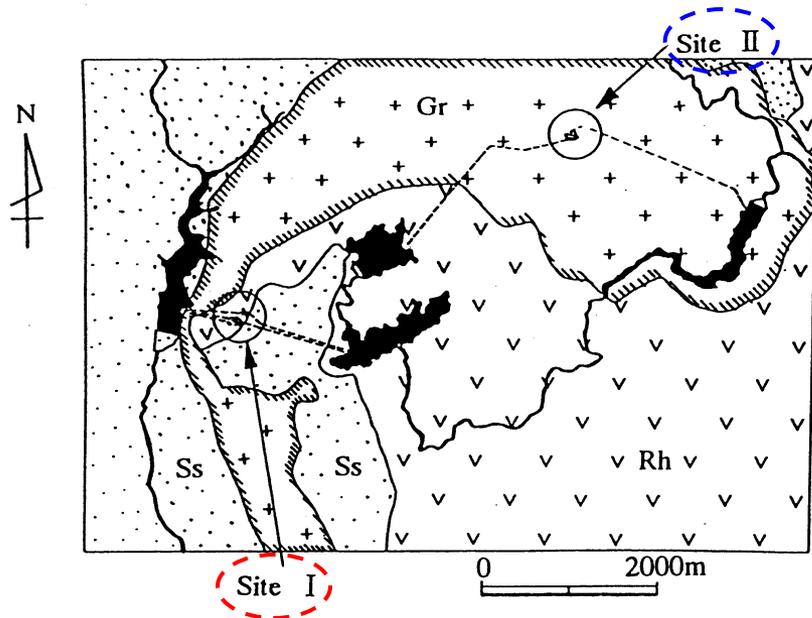


(b) Conical-ended borehole technique (CBT)

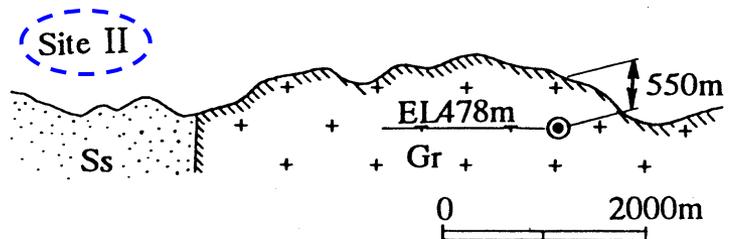
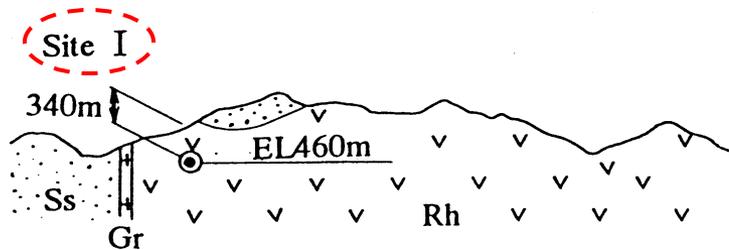
2. 設計用初期地圧の評価

2.2 初期地圧の評価

(2) …測定値の…例



iii) 不均一性の影響 K地点



Condition & properties	Site I	Site II
Rock type	Rhyolite	Granite
Depth (m)	340	550
Joint spacing (cm)	50	200
RQD (%)	69	90
The Young's modulus of core under uniaxial compression (GPa)	39	38
The Young's modulus of rock mass by in-situ jack test (GPa)	13	23

σ_1 :	9	22
σ_2 :	6	11
σ_3 :	5	6
	MPa	

Ishiguro

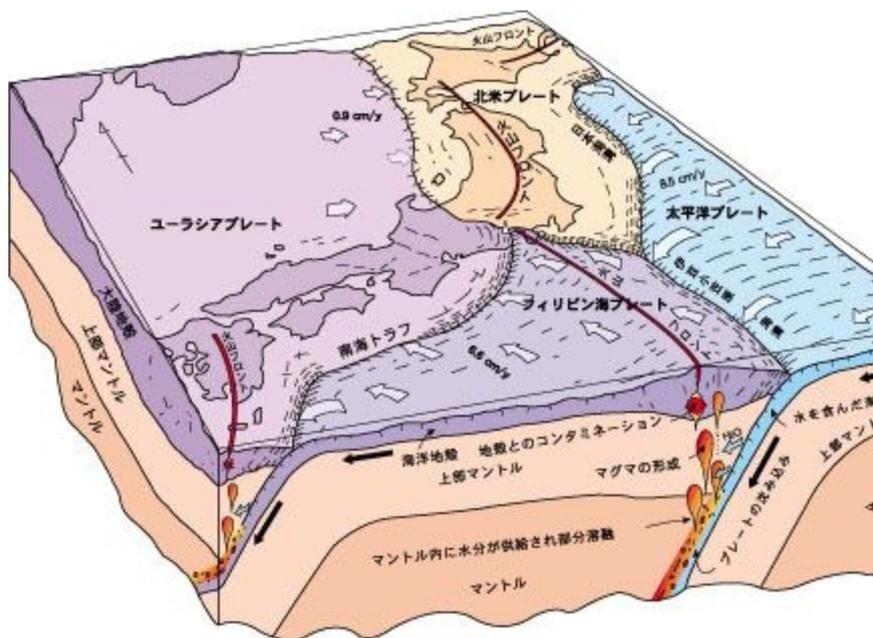


図6. 2. 22

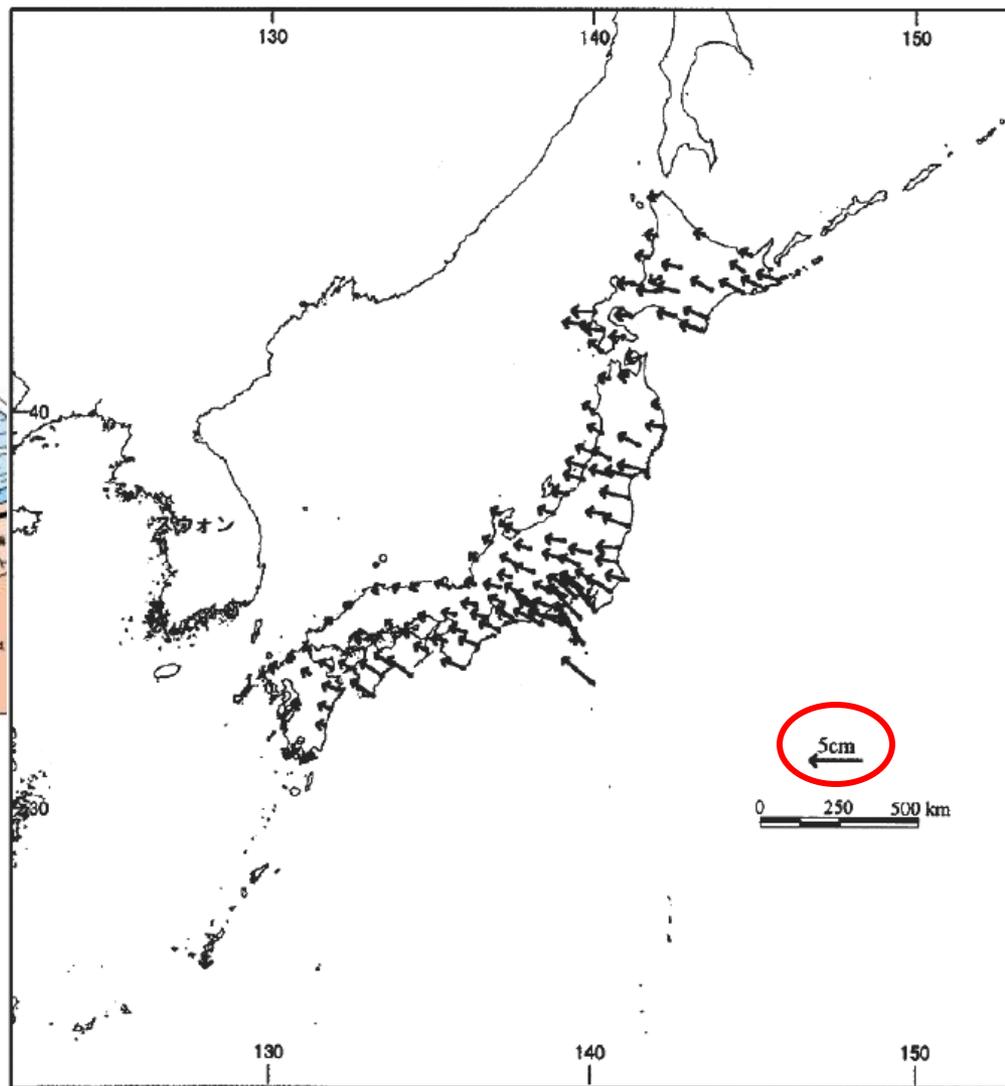
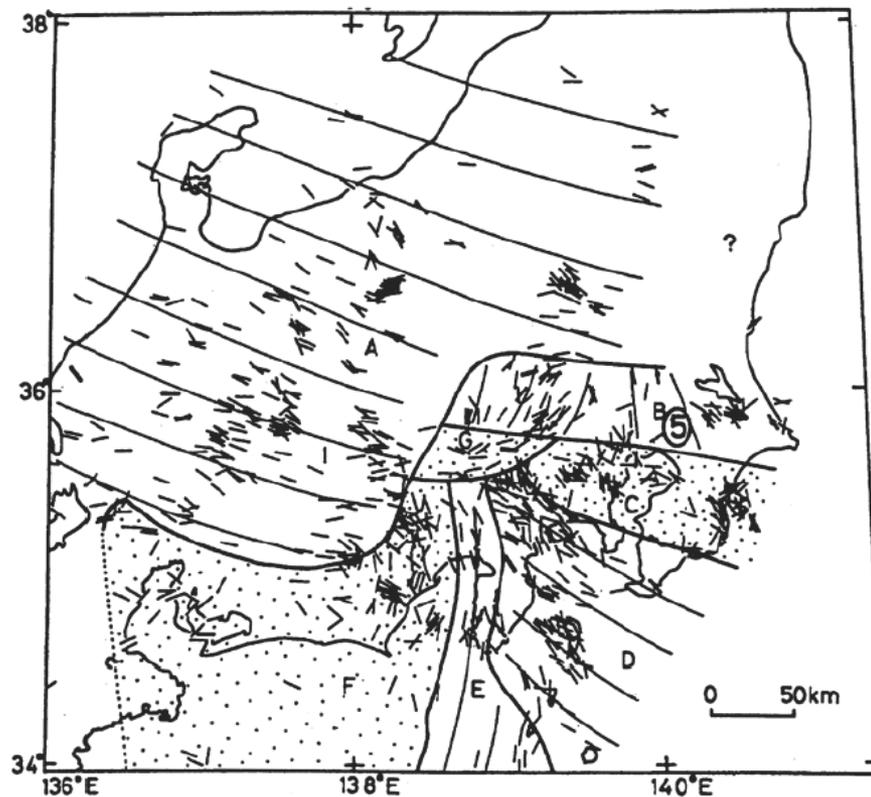


図6. 2. 23 GPSによる変位
(スウオン基準)

i) 地震の発震機構

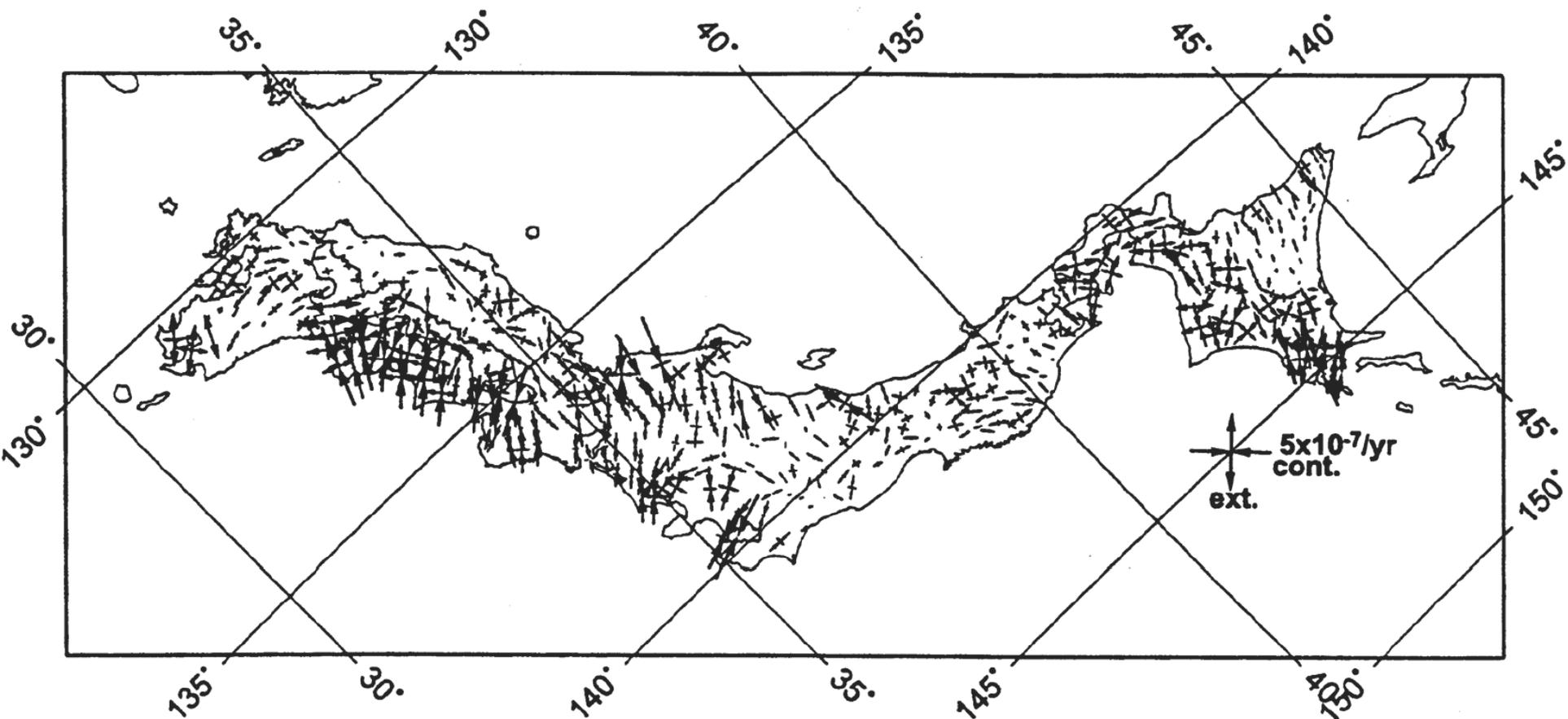
図6.2.24 & 25

発震機構からの応力場 30km以浅



ii) 測地学的主ひずみとの相関

図6. 2. 26



100年間の三角測量による

2. 設計用初期地圧の評価

2.2 初期地圧の評価

(3) プレート…応力場

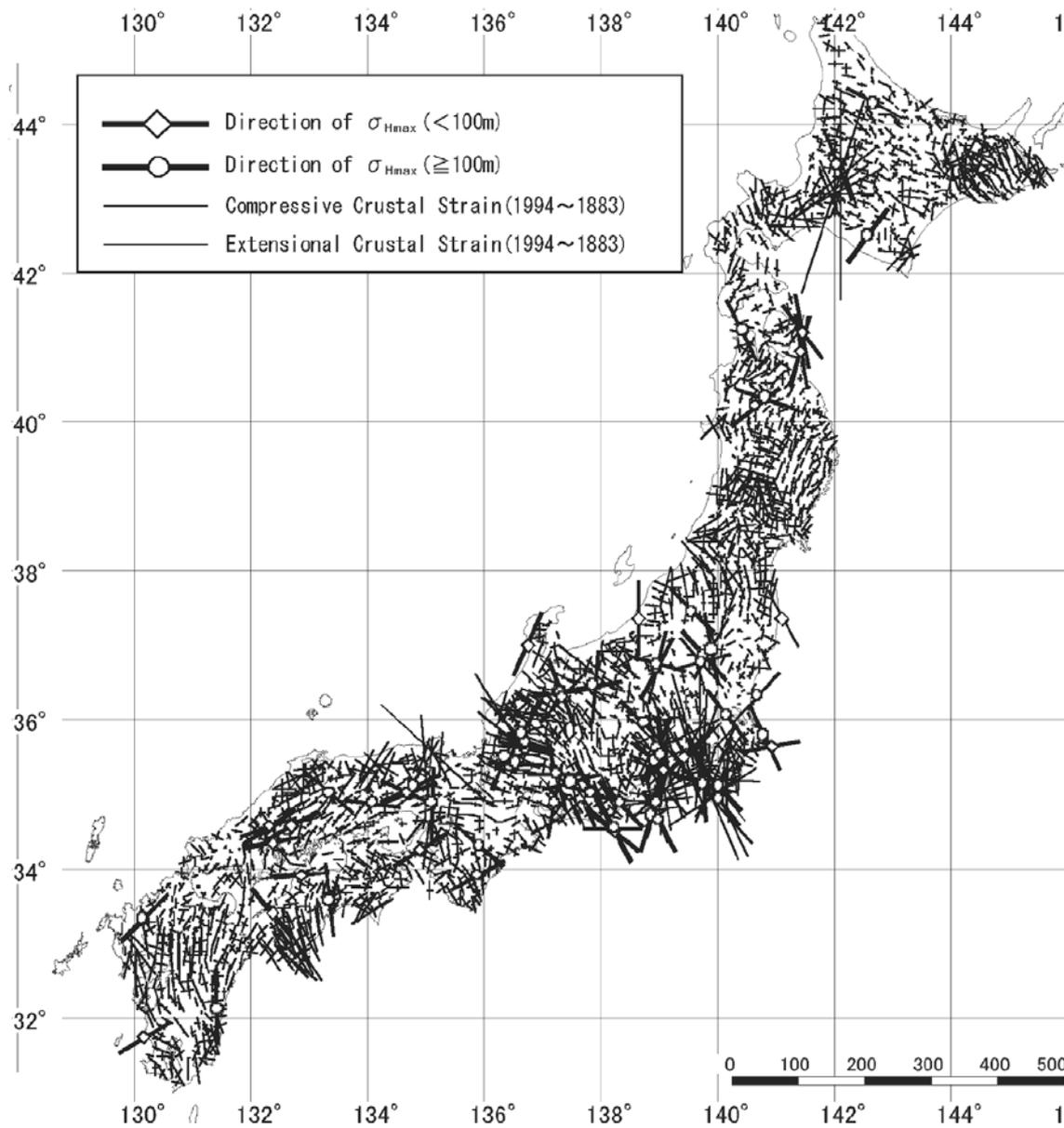
ii) 測地学的主ひずみとの相関

主ひずみ方向と 地圧方向(OC)

応力の実測値と広域の
測地的主ひずみ方向

必ずしも一致しない

実測は浅い／局所、



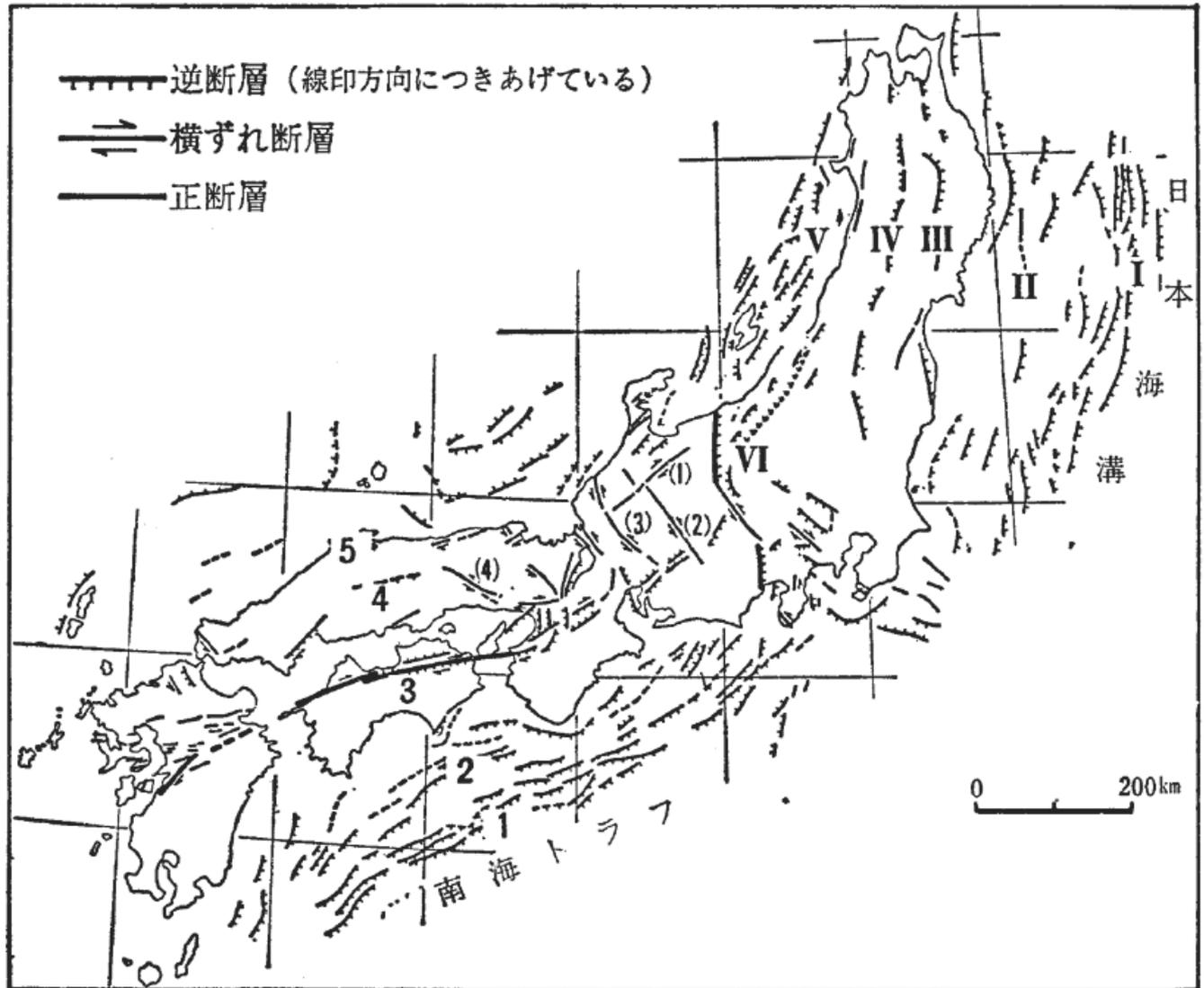
2. 設計用初期地圧の評価

2.2 初期地圧の評価

(3)プレート…応力場

iii) 活断層分布

と 応力場



活断層の方向、タイプは、広域の地殻応力場を反映

2. 設計用初期地圧の評価

2.2 初期地圧の評価

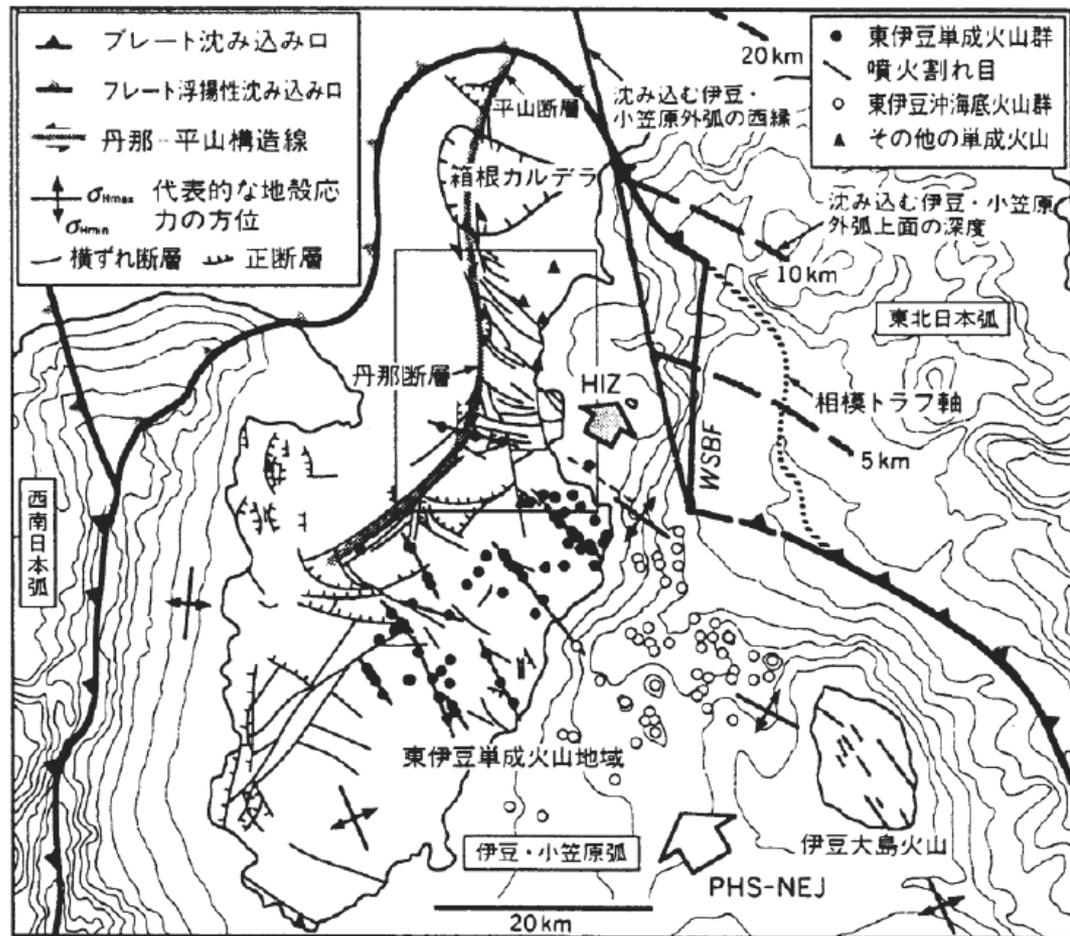
(3) プレート…応力場

iv) 寄生火山・岩脈 と 応力場

単成火山、寄生火山は広域の圧縮方向に沿って並ぶ
(1つの火口から何度も噴火する複成火山とは異なる)

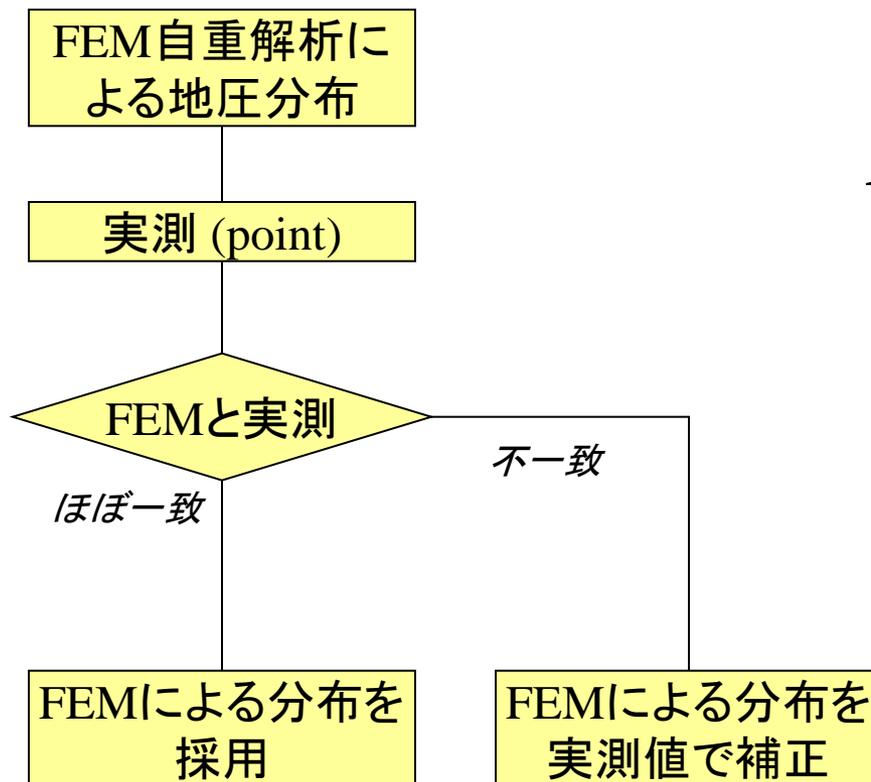


伊豆大島火山の岩脈と割れ目噴火



伊豆半島付近 単成火山と地圧など

大規模地下空洞 設計用初期地圧評価 (土木学会1996)



- 世界的に見ると地圧は小さい方、
- 深成岩系では、地圧や水平面内主応力差が大きい傾向
- 剛性の高い大きな岩体には大きな地圧が作用している可能性

補正法 (例)

測定点での実測値とFEM値の比を全領域に適用するなど。

他

実測値は、自重分+水平成分と考え、実測値を再現する水平外力を考慮して、FEMにより広域の地圧分布を算定、など

2. 設計用初期地圧の評価

2.2 初期地圧の評価

(4) 設計用・・・設定

コラム： 地下発電所空洞の場合の実績

	実績	硬岩・軟岩	簡易さ	その他
電中研式埋設法	◎	同一手順が適用可	モルタル養生に時間	OCコアを用いた感度係数(E)により、安定した結果
円錐孔底法 (コンパクトOC)	○	接着剤を変えて適用可 (軟岩ではゲージ感度が低下する。また別途校正試験が必要)	簡易・迅速 ⇒空間分布 二次地圧	別途のコア試験によりE
その他のOC	△	例えば、平面孔底ひずみ法 大口径の円錐孔底法 USBM		大口径OCでは直接に感度係数 コンパクトOCでは別途コア試験
水圧破碎法	少し	(硬軟とも適用可)	簡易・迅速	—
AE法 ほかコア法	少し (中小水力)	硬岩が主	簡易、 現場工程を拘束しない	—

3. 事例

3.1 地下空洞

(1) 地下発空洞設計と初期地圧

●地下発空洞

- > 深部-----地圧が大きい
- > 大空洞

∴ 地圧評価が重要

a) 空洞レイアウト

(短軸)断面内に大きな偏圧がない方が望ましい。 ∴ 長軸と最大地圧方向が近い方が望ましい

cf: 不連続面の向きに別途注意

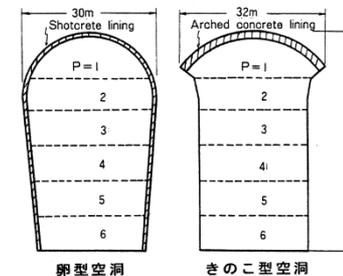
また水路流線も考慮

b) 断面形状

縦長断面が必要のため、側壁部の安定検討が必要。

掘削に伴う応力再配分に留意して、経済性・安定性から設定。

たまご型／弾頭型／きのこ型、など



c) 支保設計

緩み域の評価が重要

それは地圧と岩盤強度に依存。

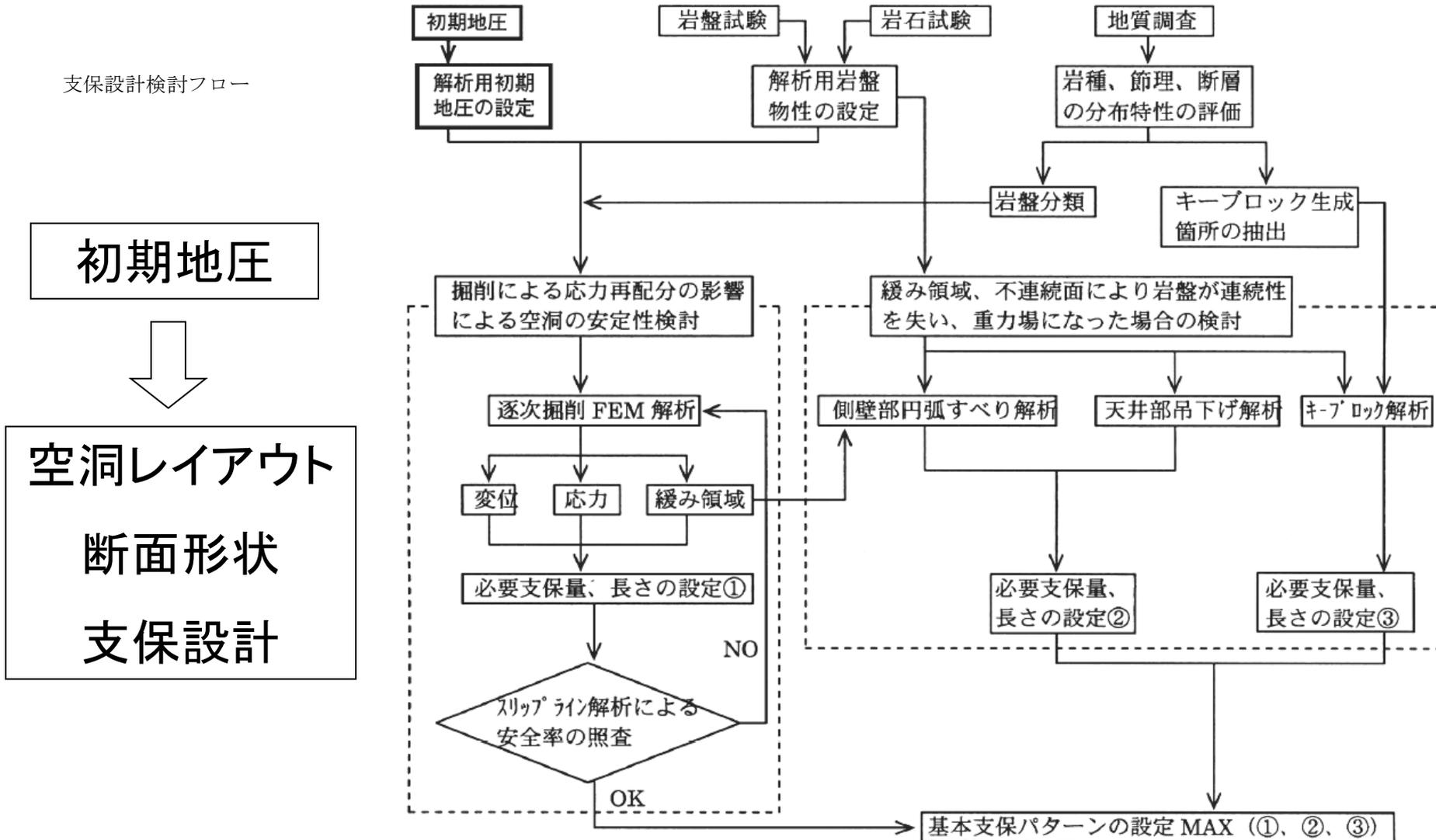
⇒支保設計検討フロー(図)

3. 事例

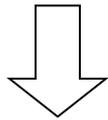
3.1 地下空洞

(1) 地下発空洞設計と初期地圧

支保設計検討フロー



初期地圧



空洞レイアウト

断面形状

支保設計

3. 事例

3.1 地下空洞

(3) 葛野川…

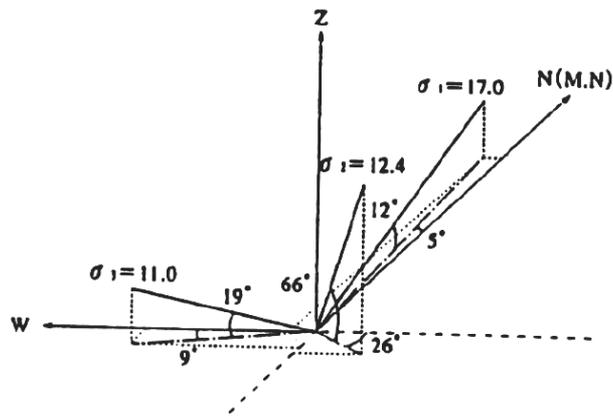
葛野川地下発電所

幅34, 高さ54, 長さ210 m, 25万 m^3

深度500m

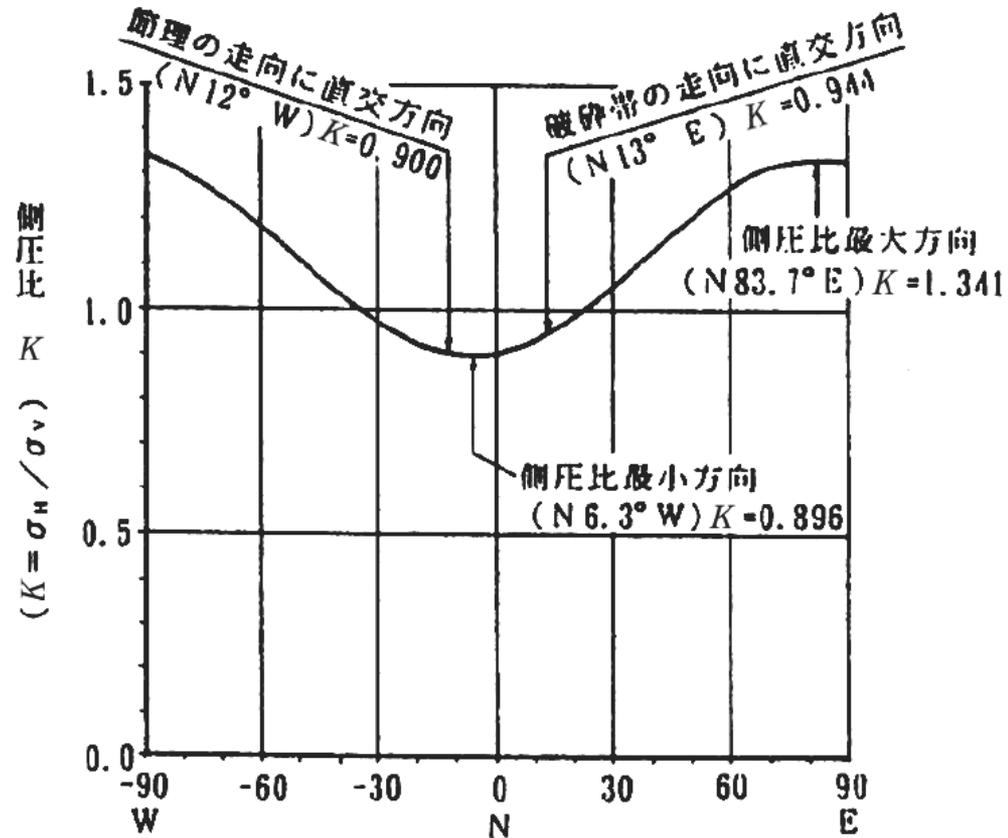
節理が一定方向に卓越

a) 調査坑での地圧測定



$\sigma_1=17$ $\sigma_2=12.4$ $\sigma_3=11$

※ σ_v は土被り圧とほぼ一致



発電所空洞回転角 θ (°) (磁北からの角度, 時計回りを正)

※ 節理等に起因する異方性も考慮した解析により側壁変位が最小になるように長軸方向を設定した

3. 事例 3.1 地下空洞 (3) 葛野川...

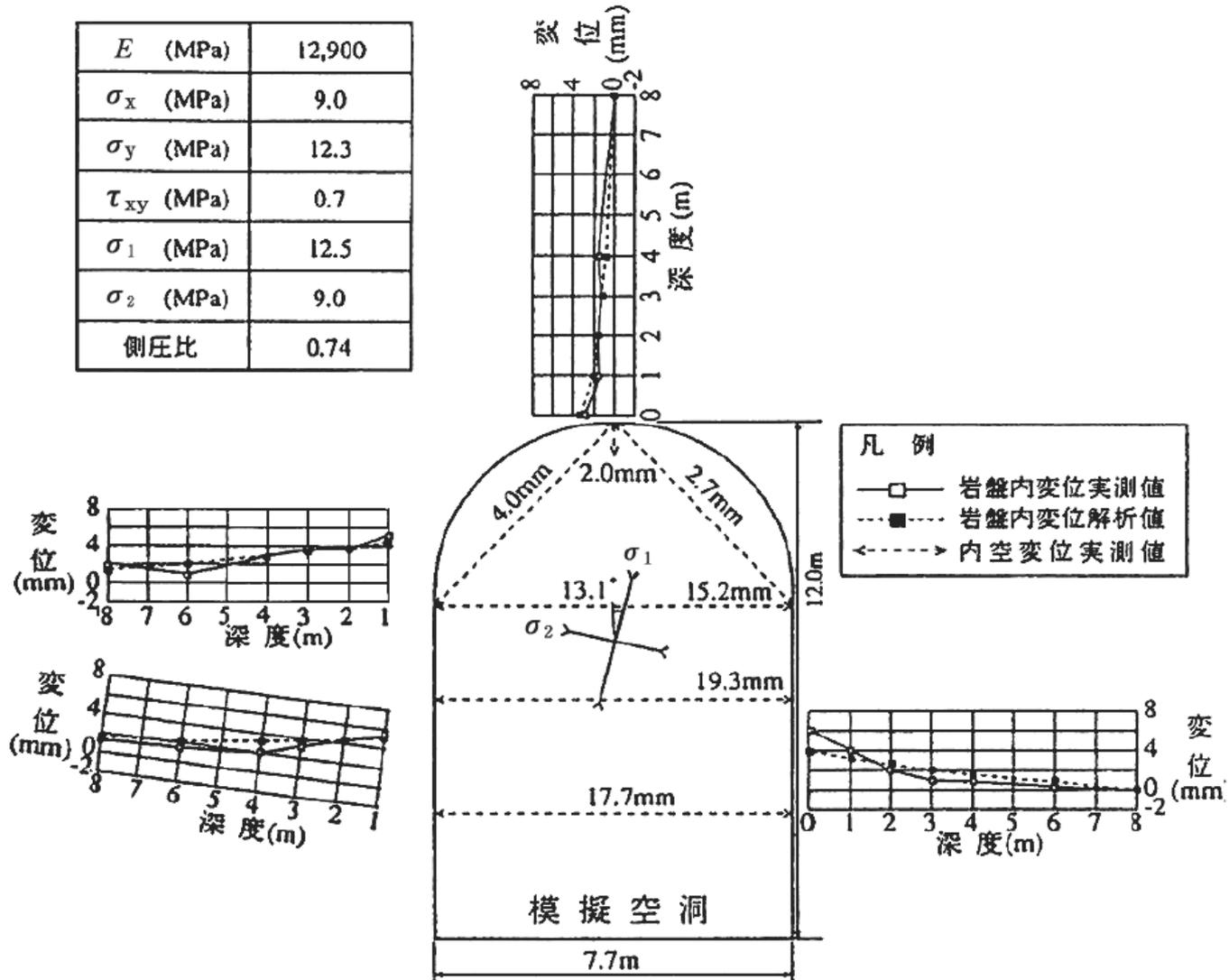
b) 模擬空洞掘削時の挙動を逆解析⇒照査

(本体空洞の1/5規模)

E (MPa)	12,900
σ_x (MPa)	9.0
σ_y (MPa)	12.3
τ_{xy} (MPa)	0.7
σ_1 (MPa)	12.5
σ_2 (MPa)	9.0
側圧比	0.74

模擬空洞は本体空洞と同じ向き。

模擬空洞掘削時変位の逆解析による地圧は、測定値とよく整合した。



3. 事例

3.1 地下空洞

(3) 葛野川...

c) 評価と適用

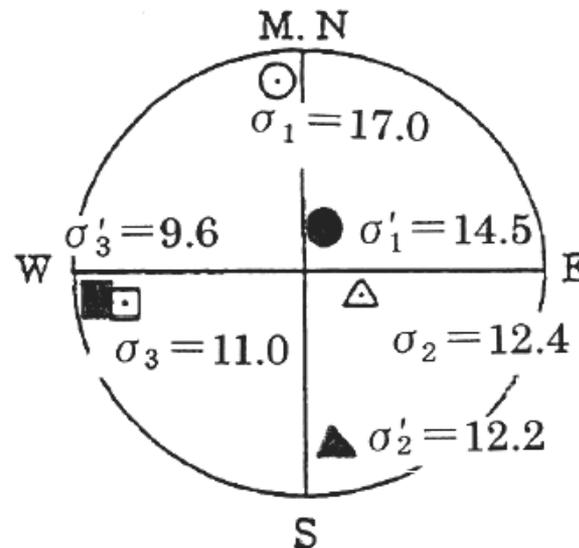
● 位置により測定値が異なる

- ・ 旧計画位置での測定値
- ・ 施工位置での測定値
- ・ 模擬空洞での変位による検証

● 安全側をとり、(また空洞位置に近い)施工位置での測定値を設計に採用。

※ 場所による変化もあるので、複数の測定結果から総合的に判断する必要あり

	調査坑 (発電所直上)	調査坑 (旧発電 所計画箇所)	模擬空洞 逆解析結果
σ_w (MPa)	11.3	9.7	9.1
σ_z (MPa)	12.5	14.1	12.3
τ_{wz} (MPa)	0.3	0.6	0.7
σ_1 (MPa)	12.6	14.2	12.5
σ_2 (MPa)	11.2	9.6	9.0
側圧比	0.90	0.69	0.74



凡例

直上	南側	
○	●	σ_1
△	▲	σ_2
□	■	σ_3

単位：MPa

(上半球ステレオ投影)

3. 事例

3.2 トンネル

(1) トンネル工事と初期地圧

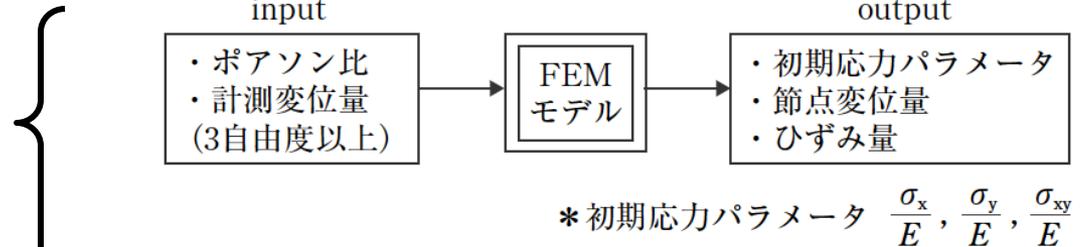
実測されることは少ない。

(2) △ 自重解析

(3) ○ トンネル変位から側
圧係数の逆解析

(4) ○ 実測

長大トンネル や 山はねが
あった場合など。



● 土被りが小さい第四紀の軟質地盤

⇒ K 小さい傾向

● 第三紀より古いか硬質の岩盤

⇒ K 大きい傾向

3. 事例

3.2 トンネル

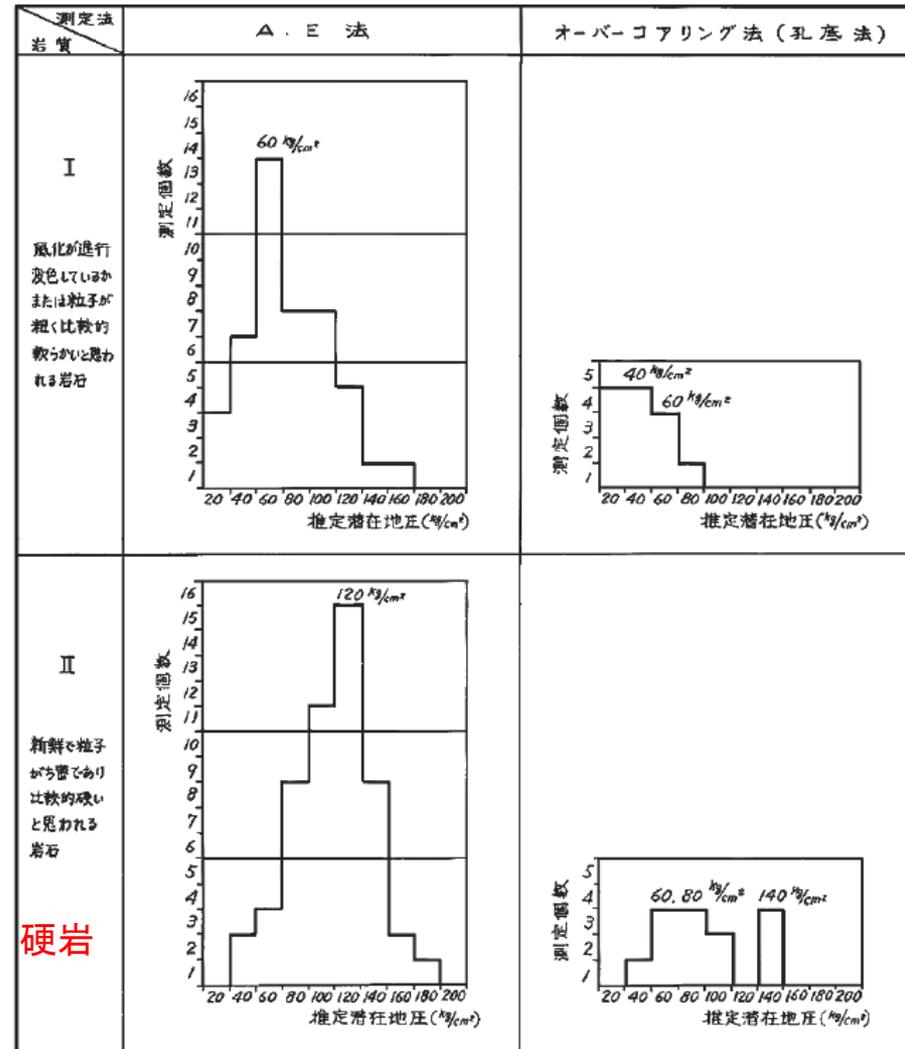
(4) …事例

a) 青函トンネル

地質: 新第三紀中新世 緑色凝灰岩

測定方法: 平面孔底ひずみ法 & AE法

※ 亀裂性に富み軟弱な領域で、地圧の絶対値が小さく、ばらつきが大きかった。代表値としては、地質状況のよいところを採用した。



b) 雁坂トンネル

地質：花崗岩、砂泥互層、
測定方法：球面孔底ひずみ法 & 二面破碎法

「山はねあり。この箇所ので圧が岩の破壊基準に抵触」

c) 鷲羽山トンネル (上下2段の双設)

地質：花崗岩、閃緑岩、
測定方法：(孔内初期応力試験、逆解析)

「実測と地盤変位からの逆解析は概ね一致した」

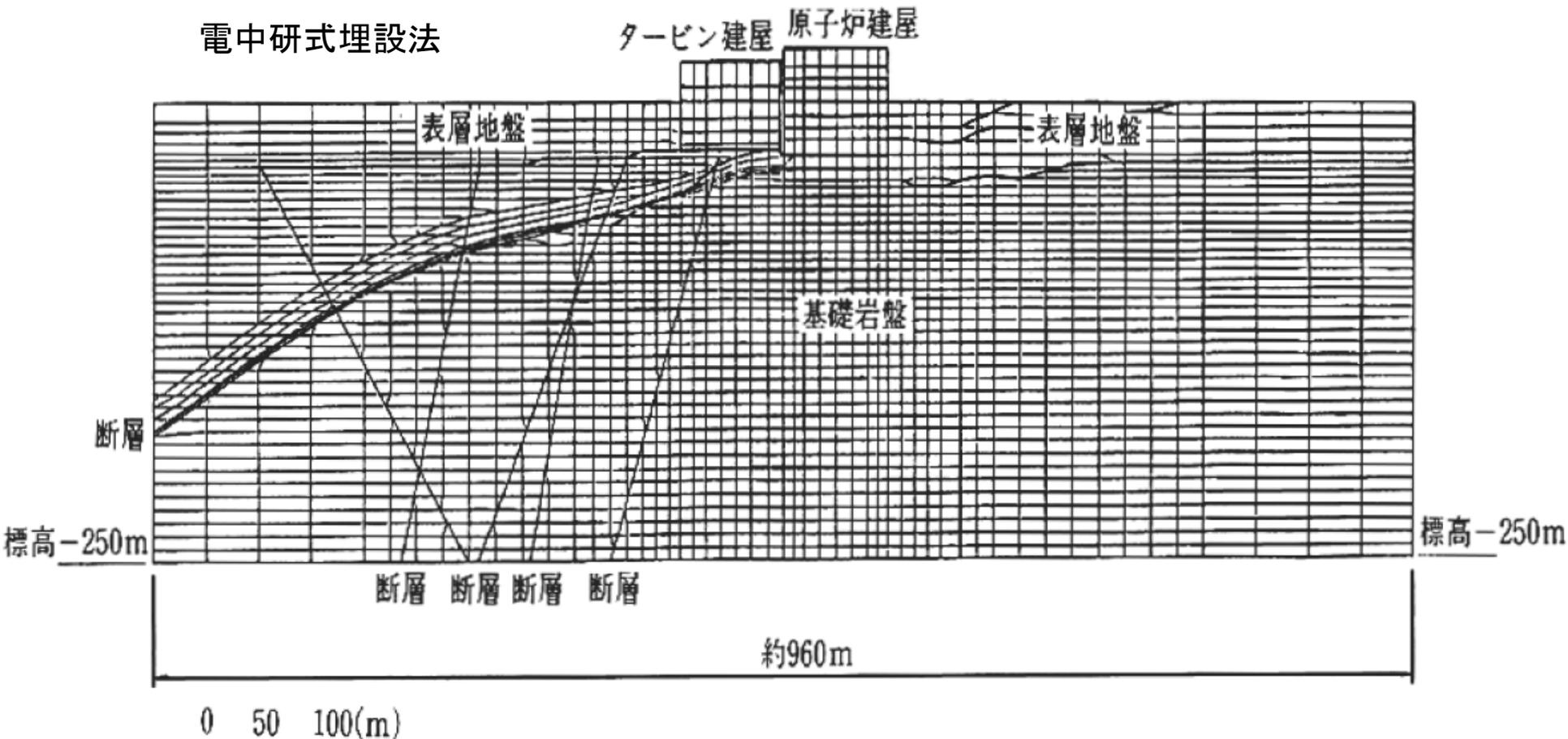
3. 事例

3.3 原子力発電所基礎

(1) …地盤の耐震安定性評価

(2) 基礎地盤のモデル化
と地盤物性

(3) 初期地圧測定
硬質岩～軟質岩、
電中研式埋設法



3. 事例

3.3 原子力発電所基礎

(4)・・・事例

原子力発電所等での初期地圧測定結果

No.	岩種	深さ (m)	鉛直応力 (MPa)	平面最大主応 (MPa)	側圧比
1	堆積岩	70.0	1.17	1.16	0.99
2	結晶質岩	32.0	0.71	0.77	1.08
3	堆積岩	22.0	0.55	0.88	1.60
4	堆積岩	30.0	0.55	0.49	0.89
5	堆積岩	32.0	0.82	0.80	0.98
6	結晶質岩	40.0	0.82	0.85	1.04
7	堆積岩	65.0	0.90	0.90	1.00
8	堆積岩	23.0	0.46	0.59	1.28
9	堆積岩	20.0	0.44	0.59	1.34
10	堆積岩	27.5	0.55	0.62	1.13
11	堆積岩	23.0	0.79	1.01	1.28
12	堆積岩	16.5	0.73	0.82	1.12
13	堆積岩	46.1	0.75	0.56	0.75
14	堆積岩	29.0	0.53	0.63	1.19
15	堆積岩	39.0	1.05	1.35	1.29
16	結晶質岩	85.0	1.98	2.57	1.30
17	堆積岩	30.0	0.46	0.52	1.35

浅部(数10m)の測定結果

- ・側圧比 0.75～1.60
(1に近い場合が多い)
- ・3応力成分でみても等方圧に近い場合が多い

3. 事例

3.4 ダム基礎

(1)・・・概説

(魚切地点の事例)

ダム地点:

通常は、初期地圧は考慮しない

魚切ダム (ダム協会Web site より)



魚切ダム地点では、河床掘削時に、地圧起因の岩盤破壊があり、地圧を測定して安全性照査を行った。

3. 事例

3.4 ダム基礎

(2) 地形・地質

(魚切地点の事例)

主な地質:

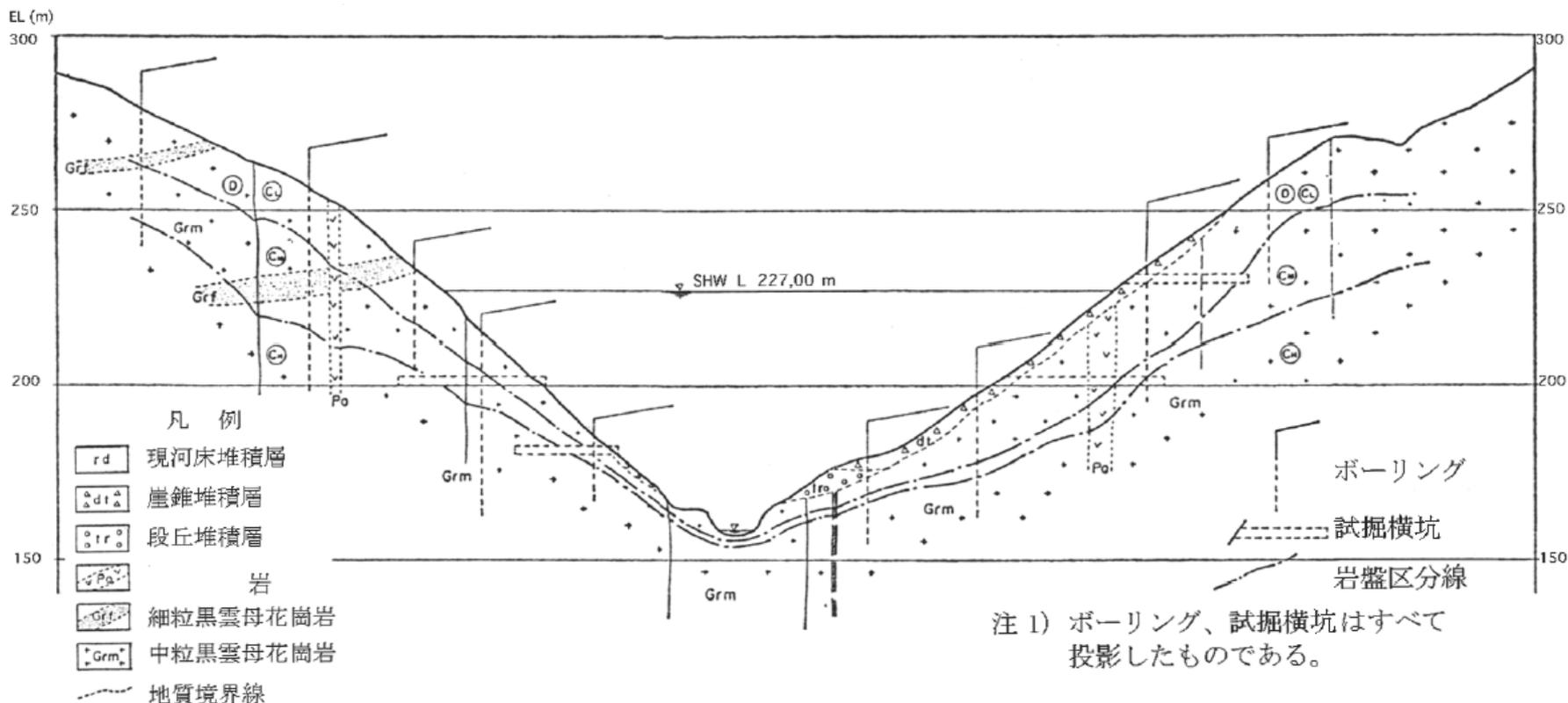
広島花崗岩類(中生代白亜紀後期)

中粒(～細粒)黒雲母花崗岩

閃緑ひん岩が貫入

低角度傾斜の割れ目が顕著 (地表にほぼ平行)

コンクリート・ダム
 約80m高



3. 事例

3.4 ダム基礎

(3)・・・基礎岩盤の変状状況

- ・基礎掘削が河床部に至って、異様な破壊音が発生し始める、
- ・仕上げ掘削が完了する頃、岩盤が0.5～1m隆起、
- ・連続的な破壊音とともに一枚岩が剥離する状態が続く、
- ・多数の破壊音が続いたが10日後くらいから減少しはじめて、1ヵ月後にほぼ沈静化

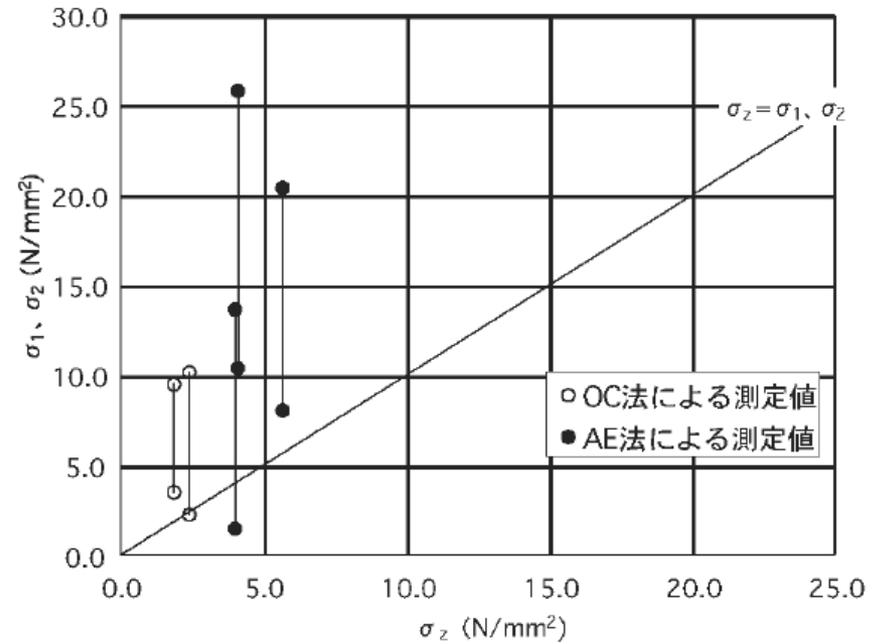
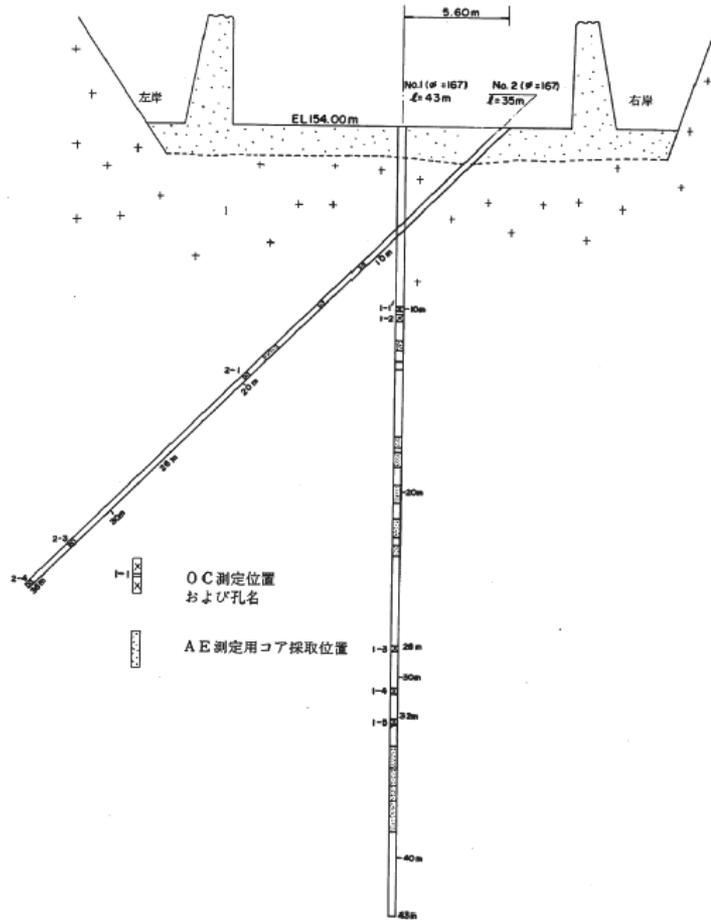


(魚切地点の事例)

3. 事例

3.4 ダム基礎

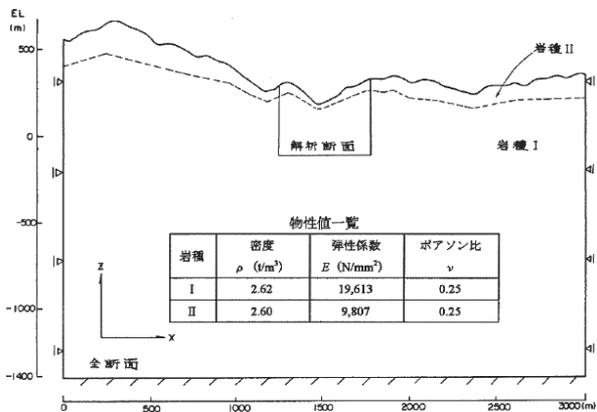
(4) 地圧測定



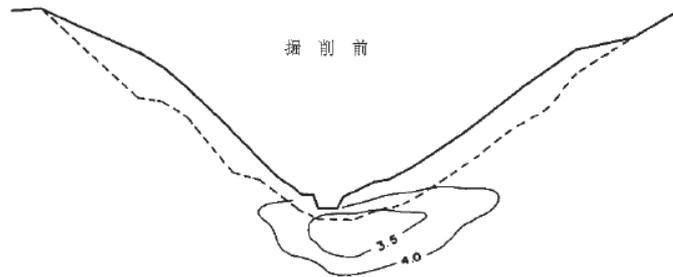
3. 事例

3.4 ダム基礎

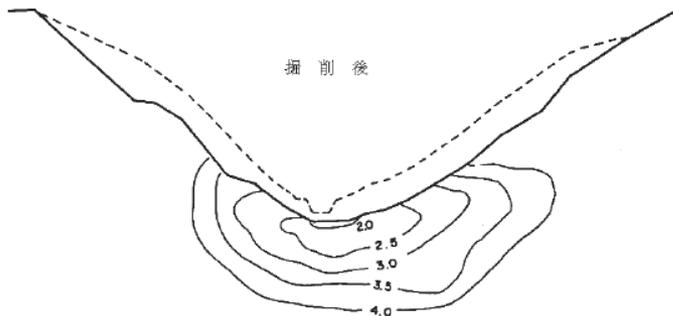
(5) 岩盤変状現象の考察



掘削前

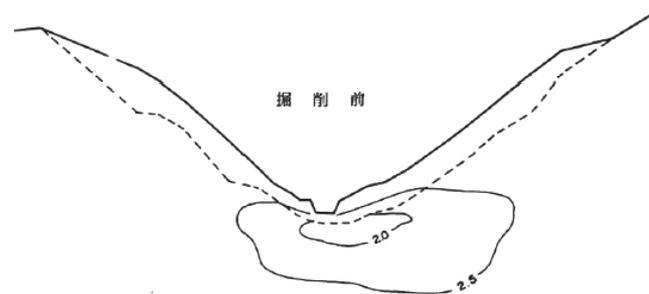


掘削後

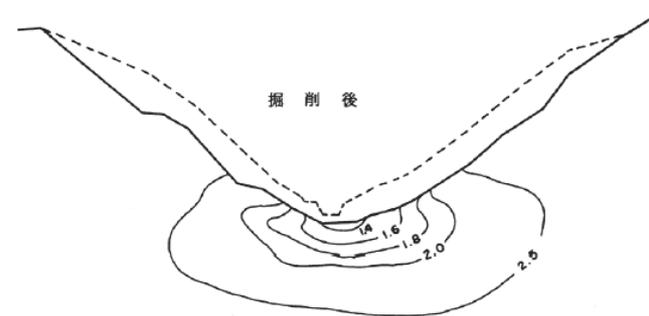


自重のみ

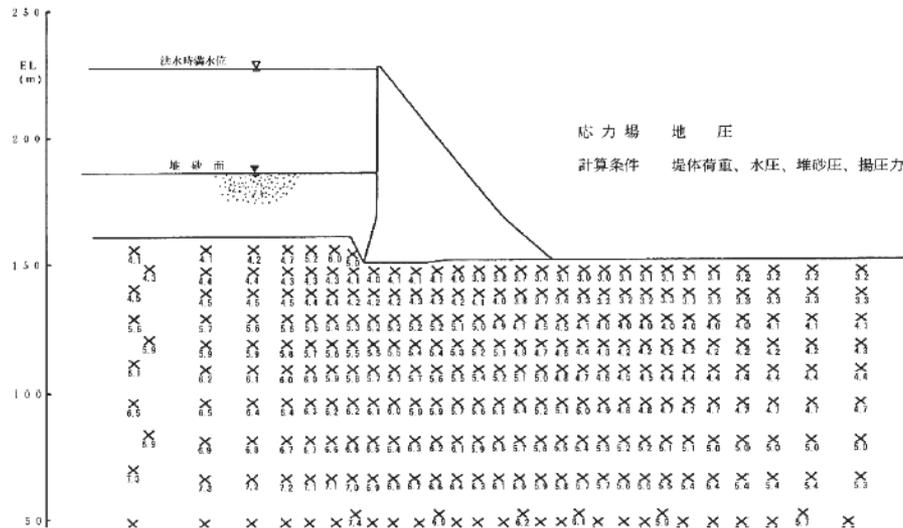
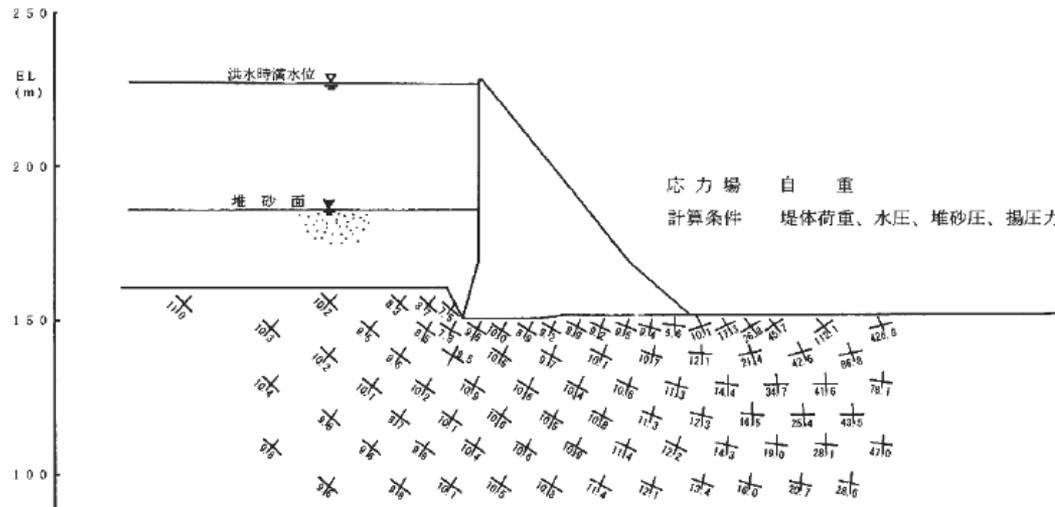
掘削前



掘削後



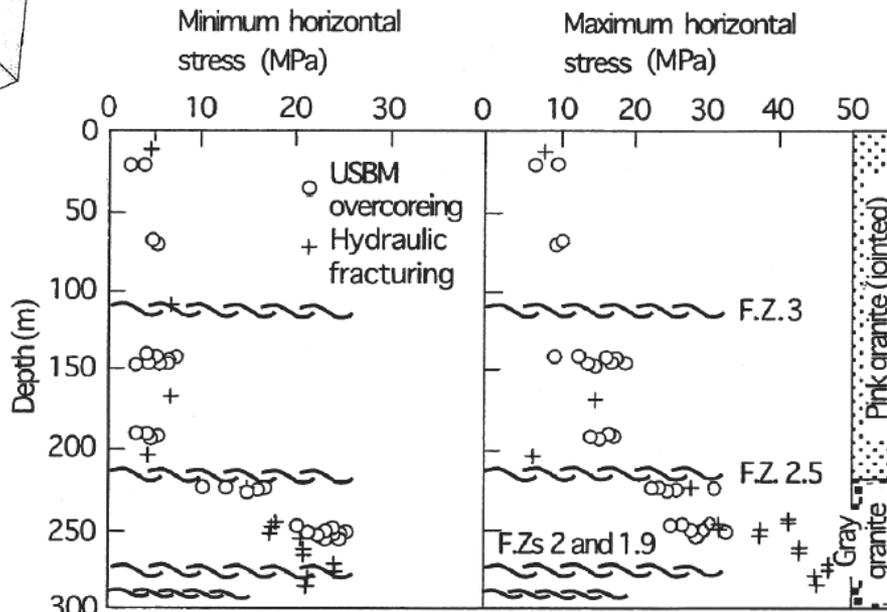
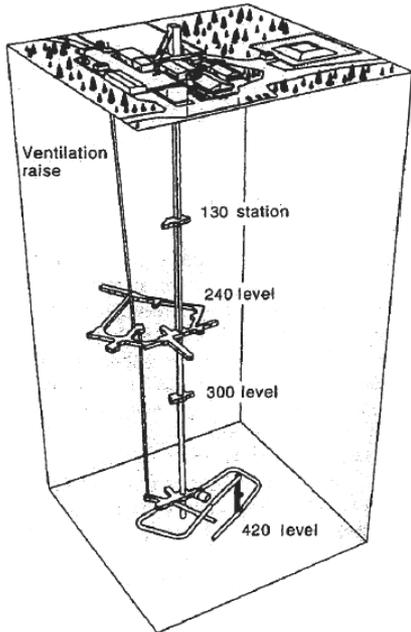
地圧考慮



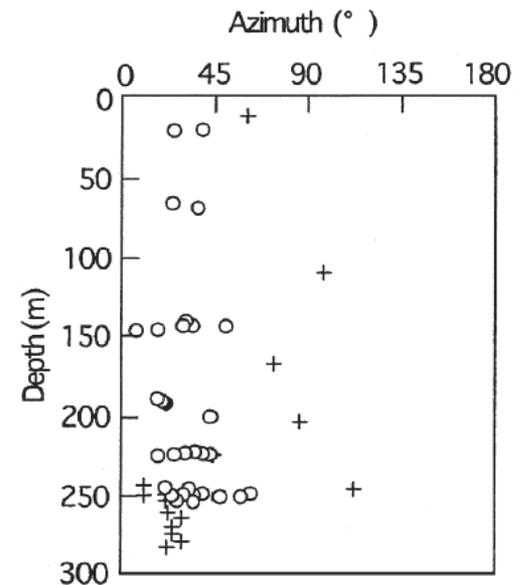
3. 事例

3.5 深部岩盤 (1) 硬岩(主として結晶質岩)

i) カナダURL



(a)



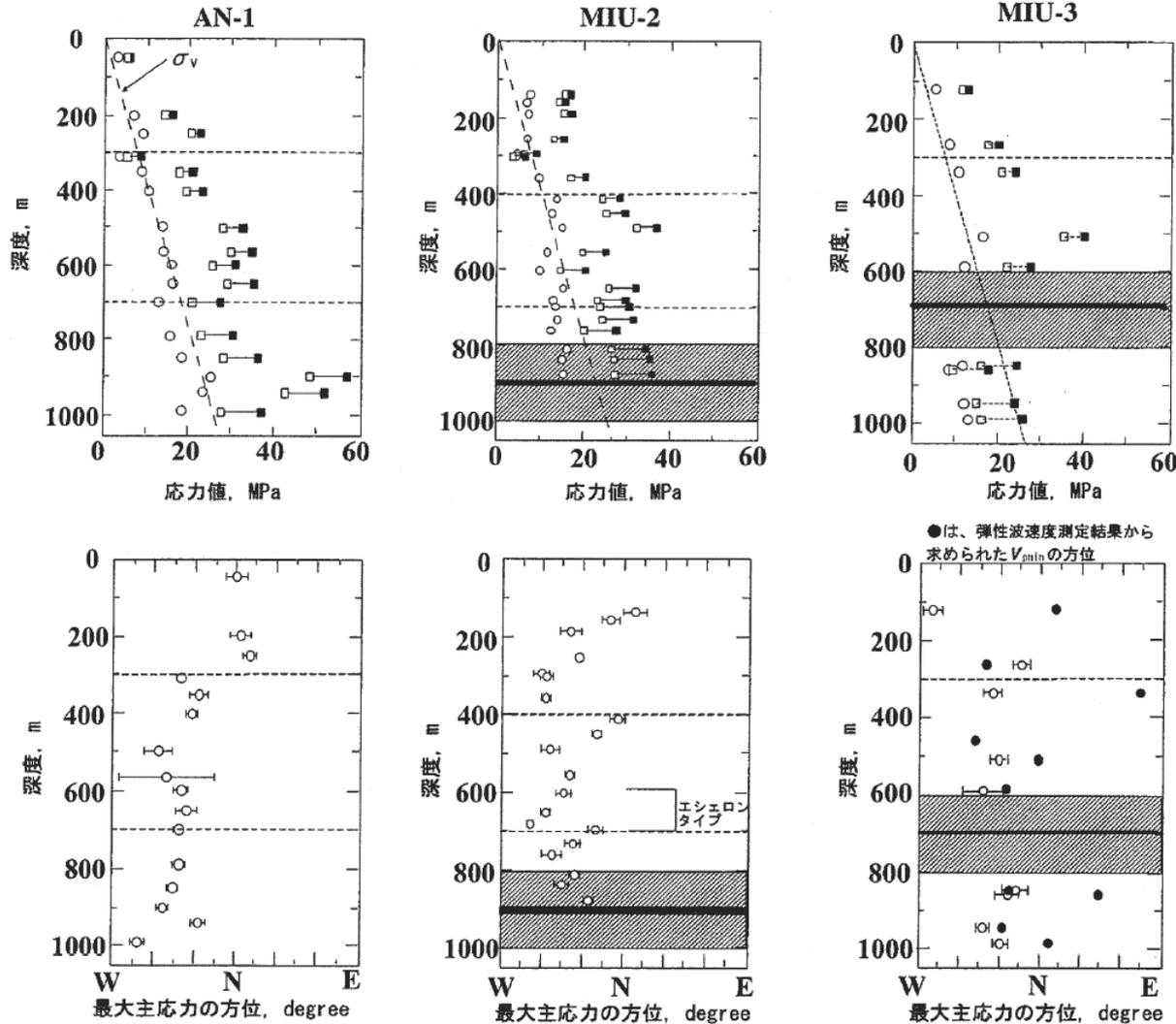
(b)

3. 事例

3.5 深部岩盤

(1) 硬岩(主として結晶質岩)

ii) 瑞浪
 水圧破砕



亀裂頻度の変化している位置や断層位置の前後で、地圧の大きさ・方向が変化

○ 最小主応力 (σ_n)
 □ 最大主応力 (σ_{Hmin})
 (間隙水圧を考慮)
 ▲ 最大主応力 (σ_{Hmax})
 (間隙水圧を考慮しない)

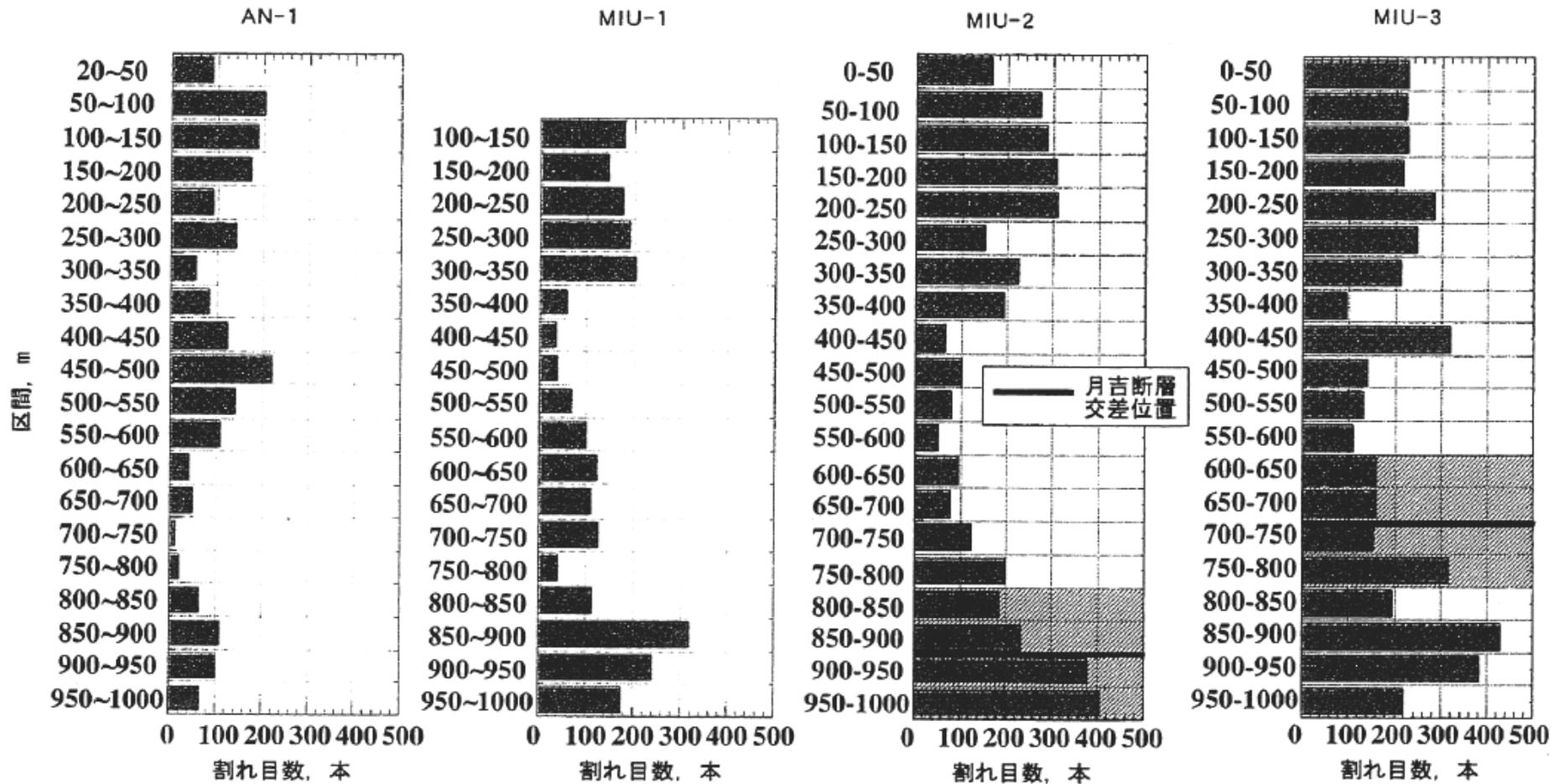
■ 月吉断層
 ▨ 断層に付随する割れ目帯
 - - 推定土被り圧 s_v
 (比重を2.6として計算)

3. 事例

3.5 深部岩盤

(1) 硬岩(主として結晶質岩)

ii) 瑞浪



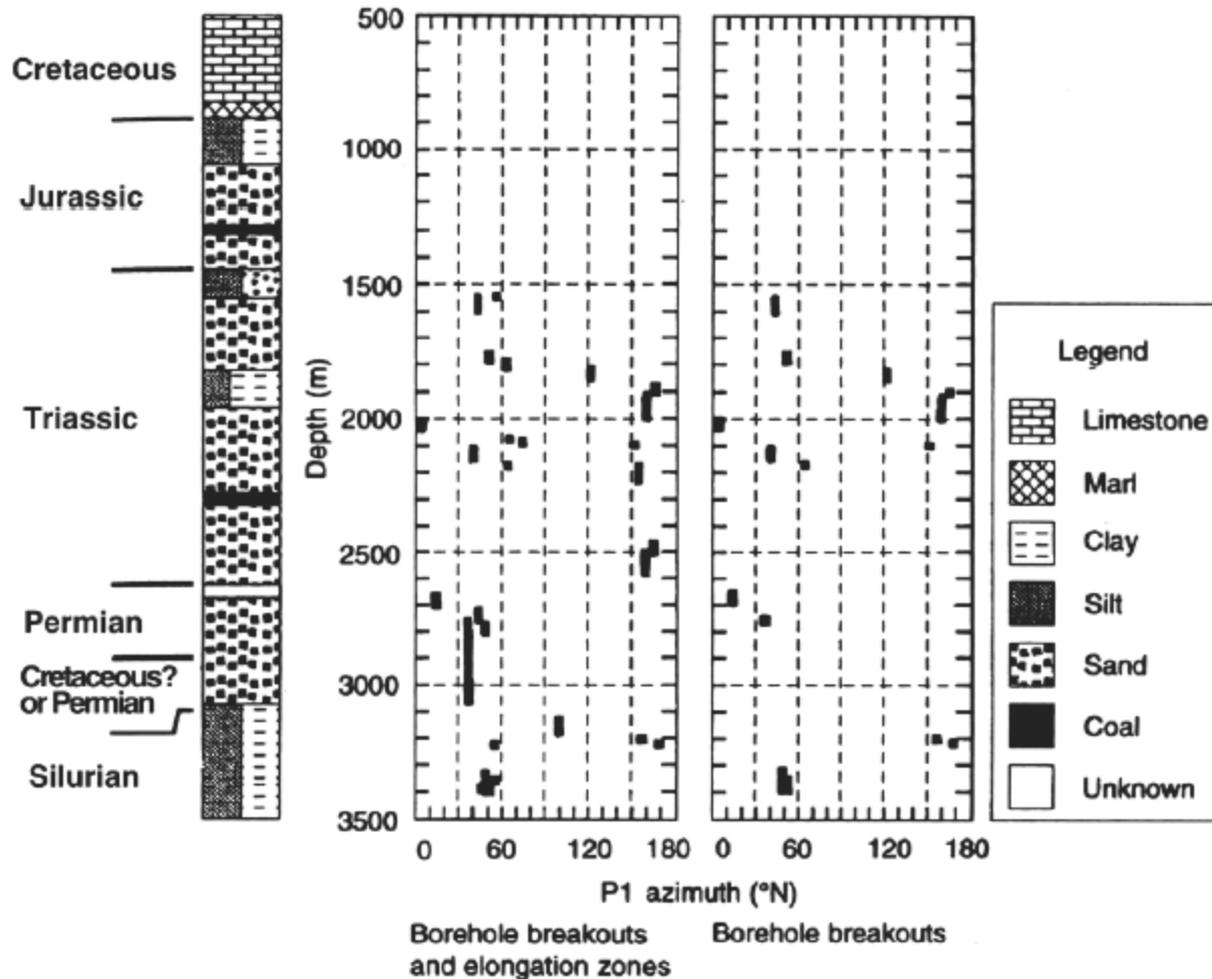
3. 事例

3.5 深部岩盤

(1) 硬岩(主として結晶質岩)

iii) デンマーク Pernille-1

ボアホール・ブレイクアウト



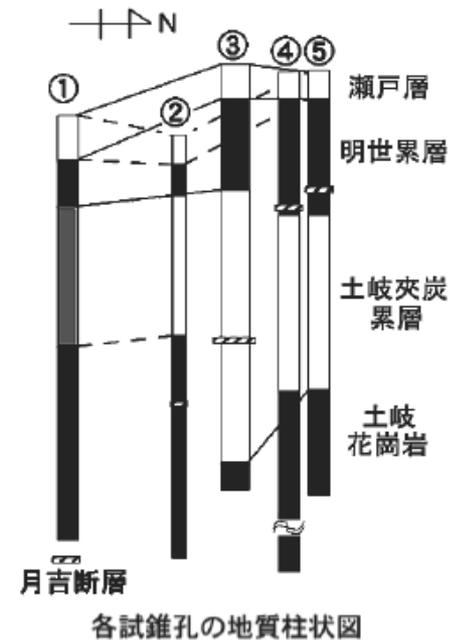
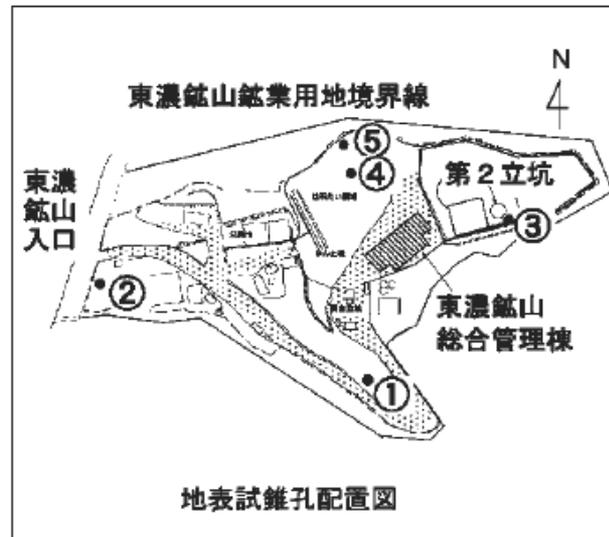
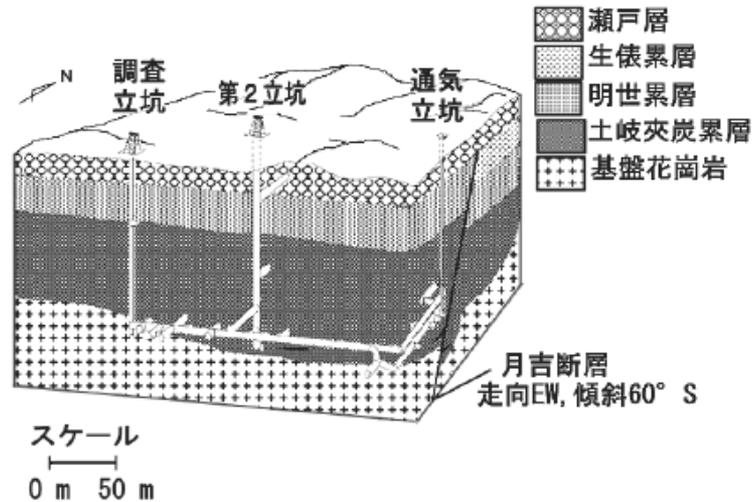
ボアホール・ブレイクアウトの方位が、地質によって変わっている例

3. 事例

3.5 深部岩盤

(2) 軟岩(堆積岩)

i) 東濃

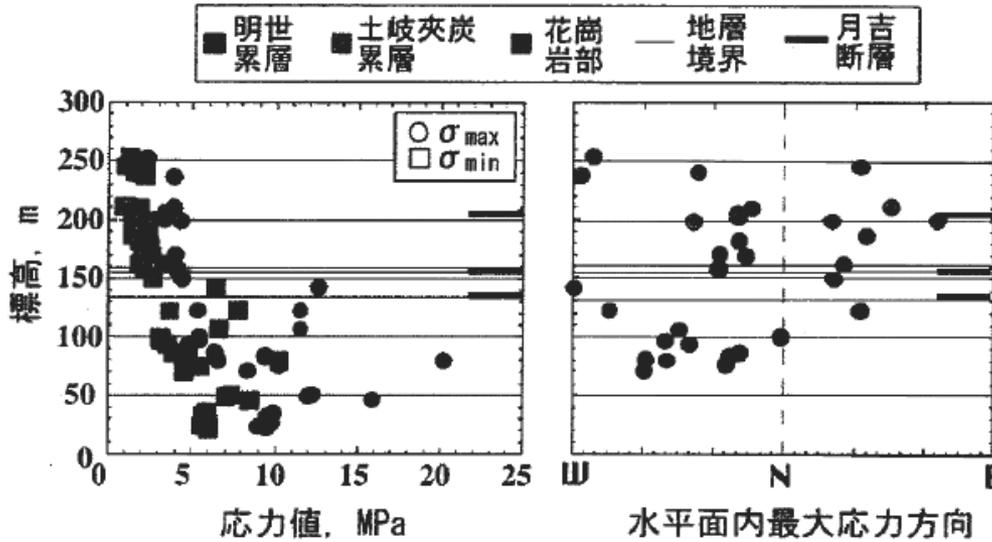


3. 事例

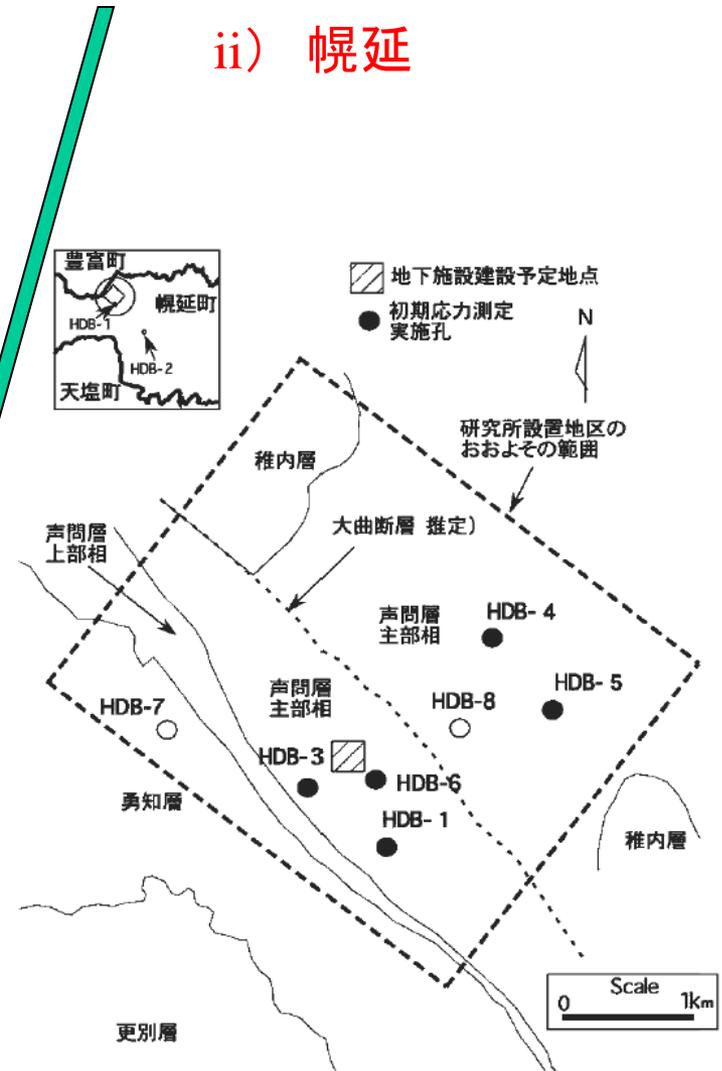
3.5 深部岩盤

(2) 軟岩(堆積岩)

i) 東濃



ii) 幌延



応力値は、花崗岩中と上部堆積岩中で大きく異なる

花崗岩中の月吉断層は前後の応力場に大きく影響。

堆積岩中では影響小。

3. 事例 3.5 深部岩盤 (2) 軟岩(堆積岩)

ii) 幌延

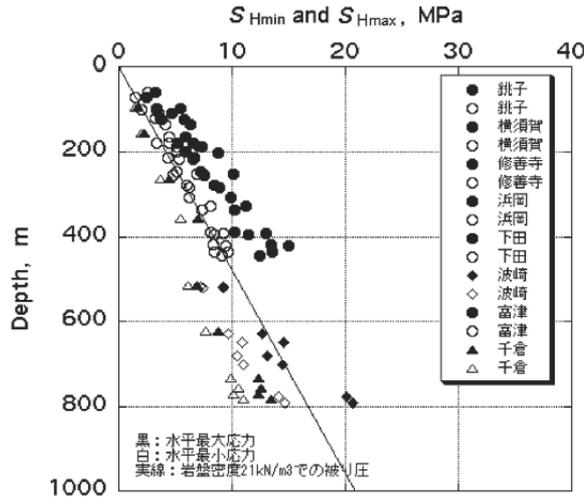
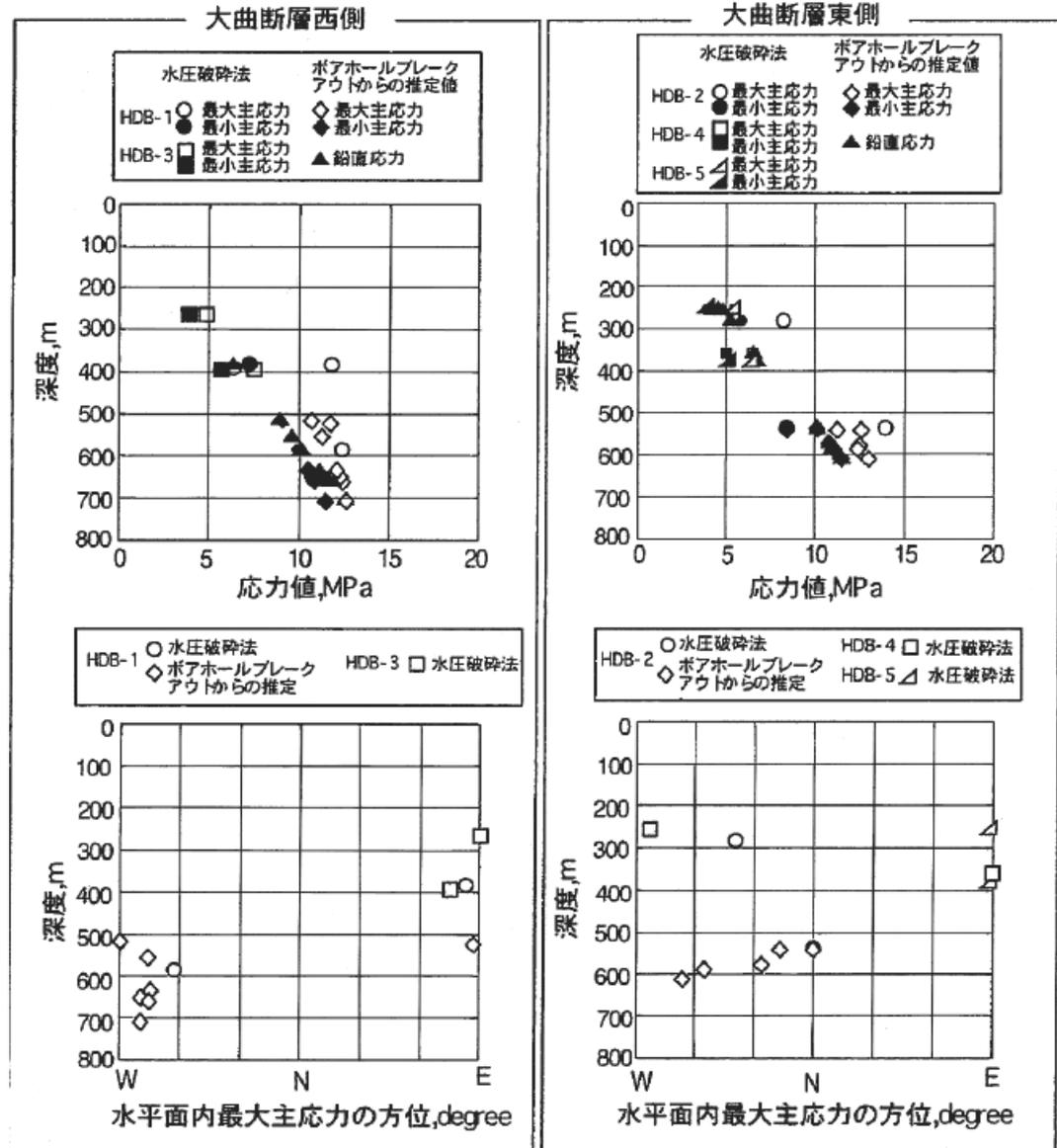


図6.2.9と同じ、日本の軟岩の HF データ

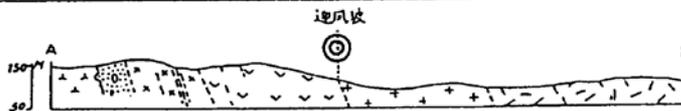
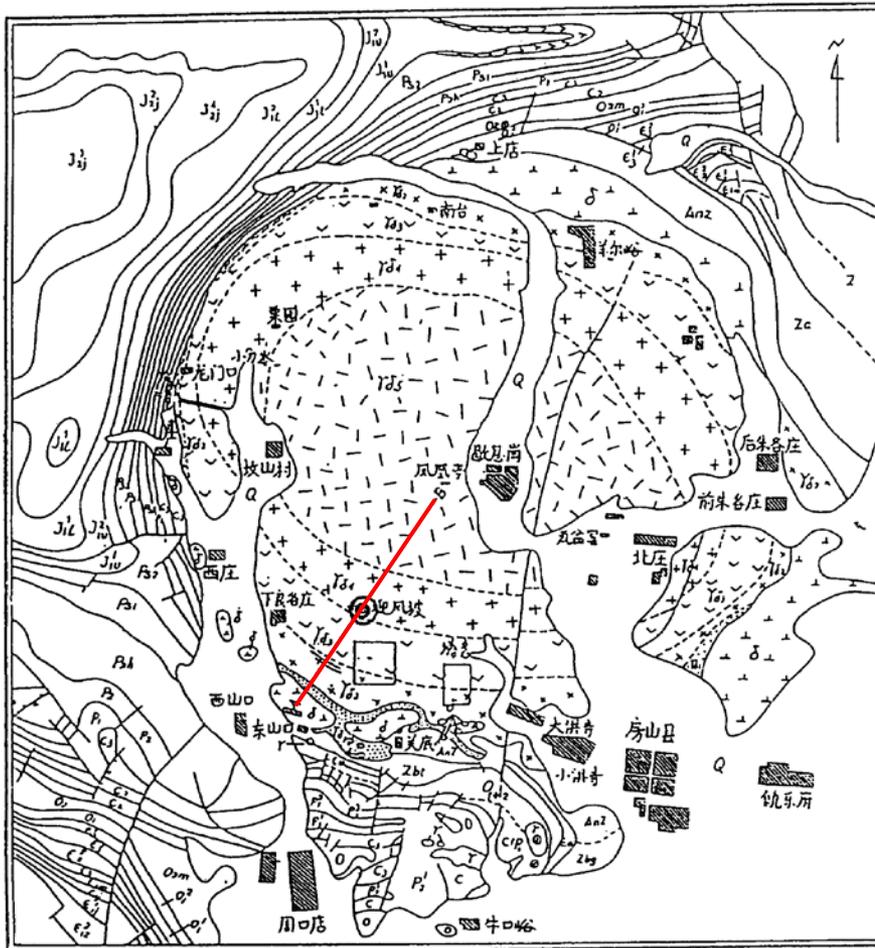
大曲断層の東西で応力方向の深度分布傾向が変化

(3) まとめ

硬岩では軟岩より不連続面が地圧に大きく影響する



500 0 500 1000 1500 2000(m)



- | | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | |
| | | | | |

房山

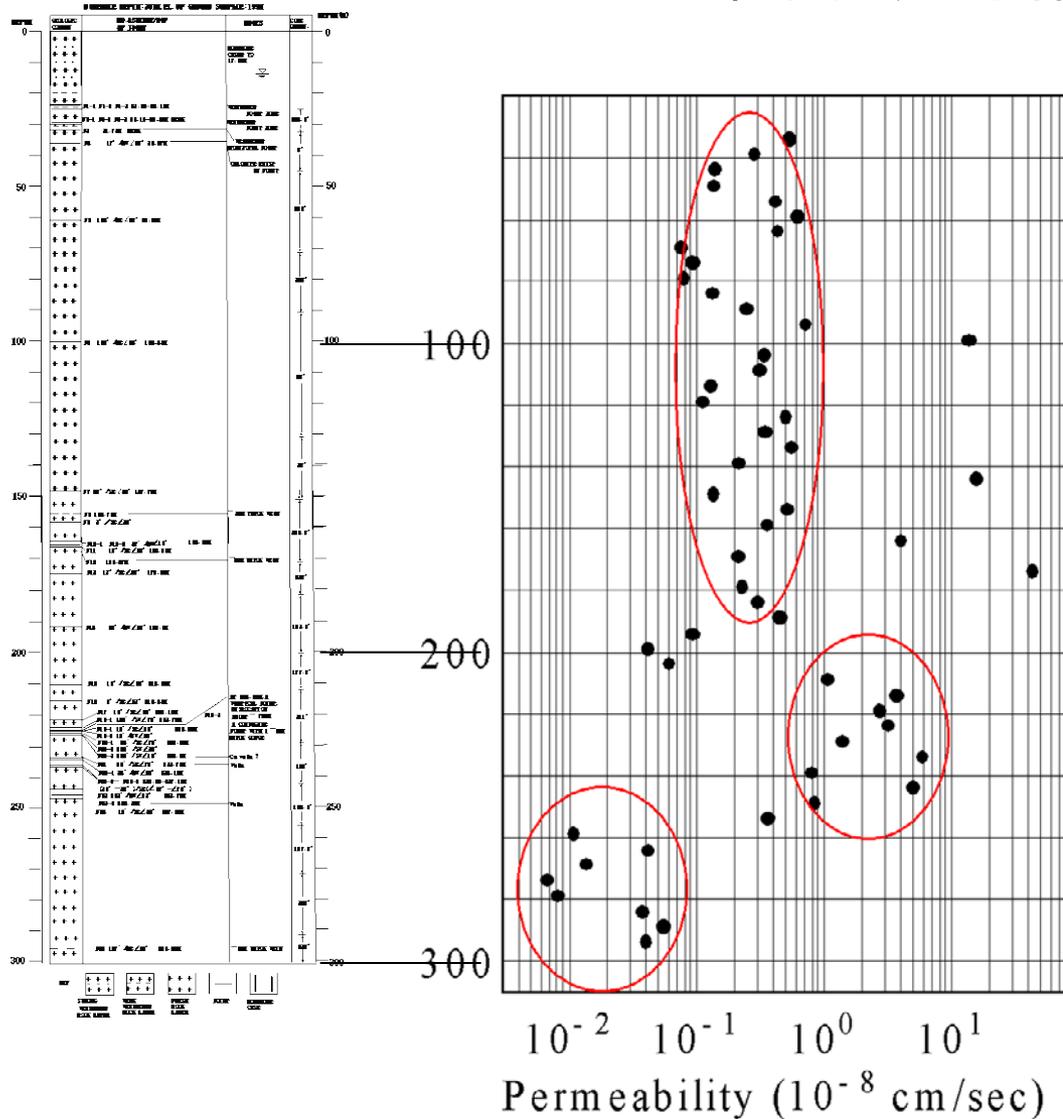
花崗質岩 貫入岩体

1~1.3億年前に形成

中国 房山 水圧破碎の事例 ②

Geologic Column of FR Borehole in Yingfengpo

柱状図、透水係数



まとめ 地圧評価に関する留意点など

- ・日本のエンジニアリングにおける地圧評価、特に重要構造物では、定量的な信頼性の高い応力解放法がよく採用される。
- ・応力解放法では、岩の変形係数を介するので、岩に異方性がある場合によっては評価の誤差が生じる。
- ・水圧破碎法は比較的容易に適用しやすく、古くから世界的には実績が多い。大深度への適用性も高い。測定原理などについて近年研究が進み改良された方法が適用されつつある。(地盤工学会では水圧破碎法地圧測定の基準化の作業中)
- ・地圧は、地質的に均一な岩体内でもmオーダー、~100mオーダーの寸法で変化する。硬い岩盤に大きな地圧が作用している場合が多いようである。
- ・また、広域応力場とエンジニアリング対象の箇所での応力(地圧)とは、方向が異なることもある。