

断層変位に対する社会基盤施設の被害と対策

アジア防災センター
濱田 政則

2020年10月23日

土木学会地震工学委員会

「断層変位を受ける地中管路の設計手法に関する研究」小委員会

講演の内容

1. 社会基盤施設の断層変位による被害事例
2. 社会基盤施設の断層変位への対策への課題と事例

1. 社会基盤施設の断層変位による被害事例

我国の既往地震により出現した地震断層の例

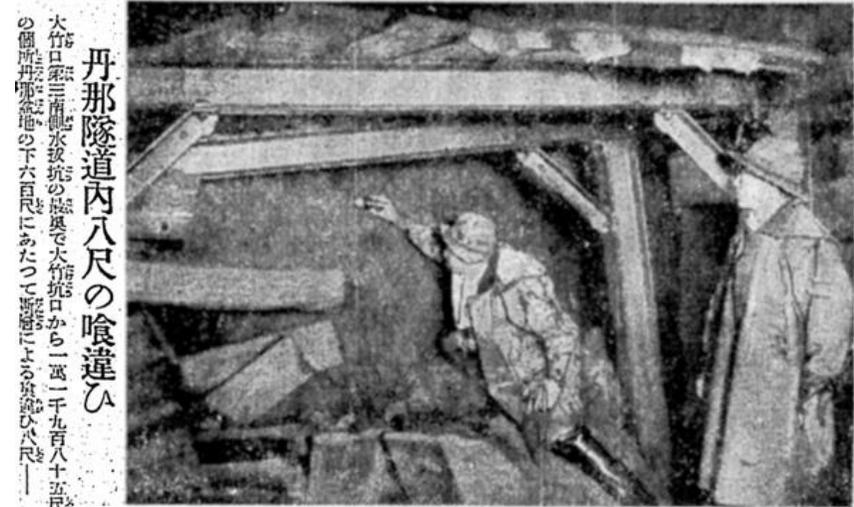
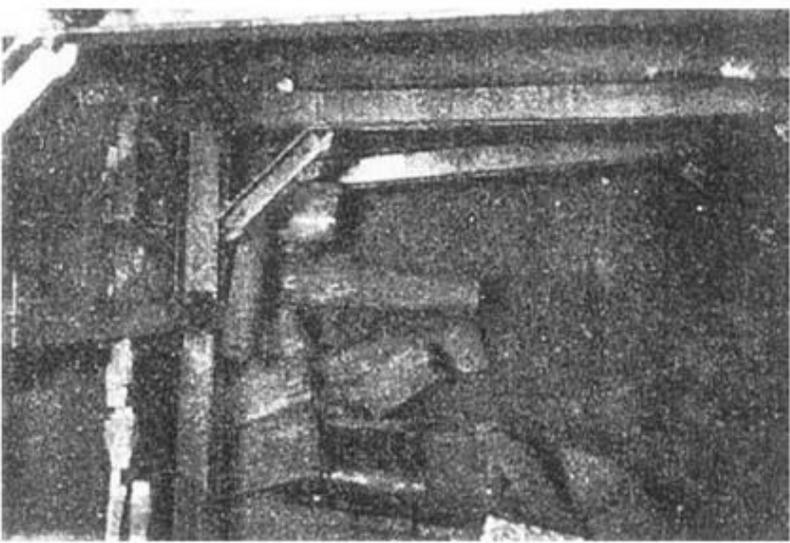
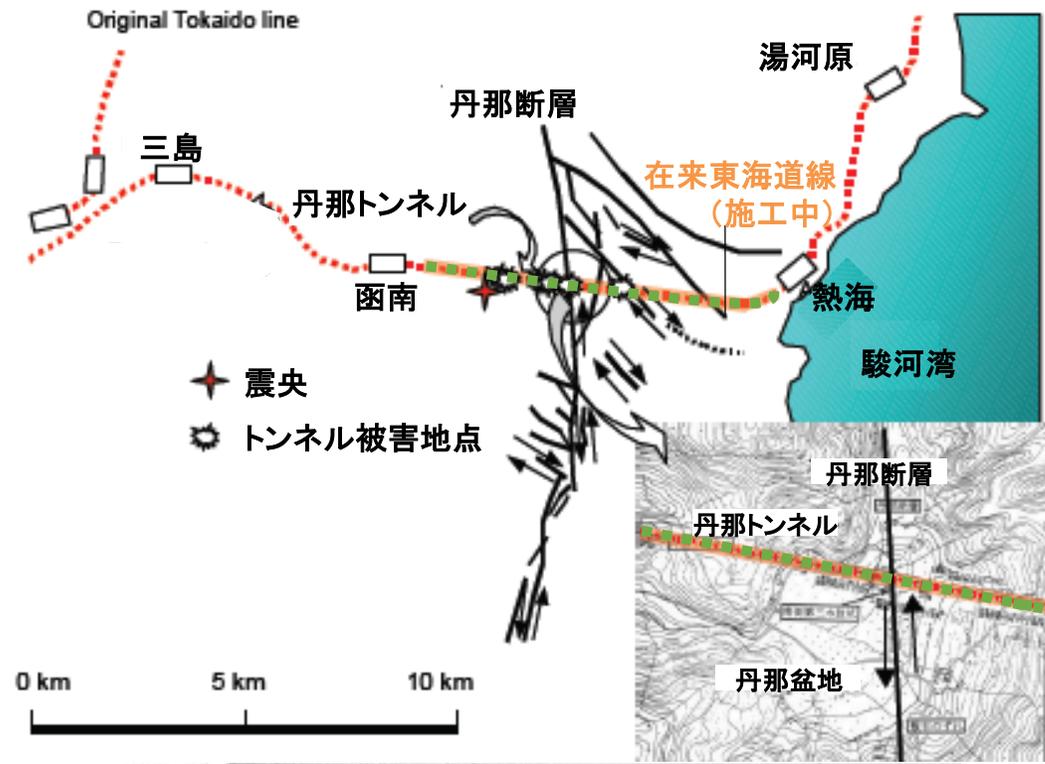
1)1981年	濃尾地震	根尾谷断層	V 4.0 m, H 6.0 m
2)1896年	陸羽地震	千屋断層	V 3.5 m,
3)1923年	関東地震	延命寺断層	V 1.9 m, H 1.2 m
4)1925年	但馬地震	田結断層	V 1.0 m,
5)1927年	北丹後地震	後村断層	V 0.5 m, H 3.0 m
6)1930年	北伊豆地震	丹那断層	V 1.8 m, H 3.5 m
7)1938年	屈斜路地震	屈斜路断層	V 0.9 m, H 2.6 m
8)1943年	鳥取地震	鹿野断層	V 0.5 m, H 1.5 m
9)1945年	三河地震	深溝断層	V 2.0 m, H 1.3 m
10)1948年	福井地震	福井地震断層	V 0.7 m, H 2.0 m
11)1978年	伊豆大島近海地震	稻取-大峰山断層	V 0.36 m, H 1.15 m
12)1995年	兵庫県南部地震	野島断層	V 1.2 m, H 2.5 m
13)2016年	熊本地震	布田川断層、日奈久断層	V 0.6m , H 2.0 m

1930年北伊豆地震による東海道線(在来線)トンネルの被害

M=7.3 1930/11/26

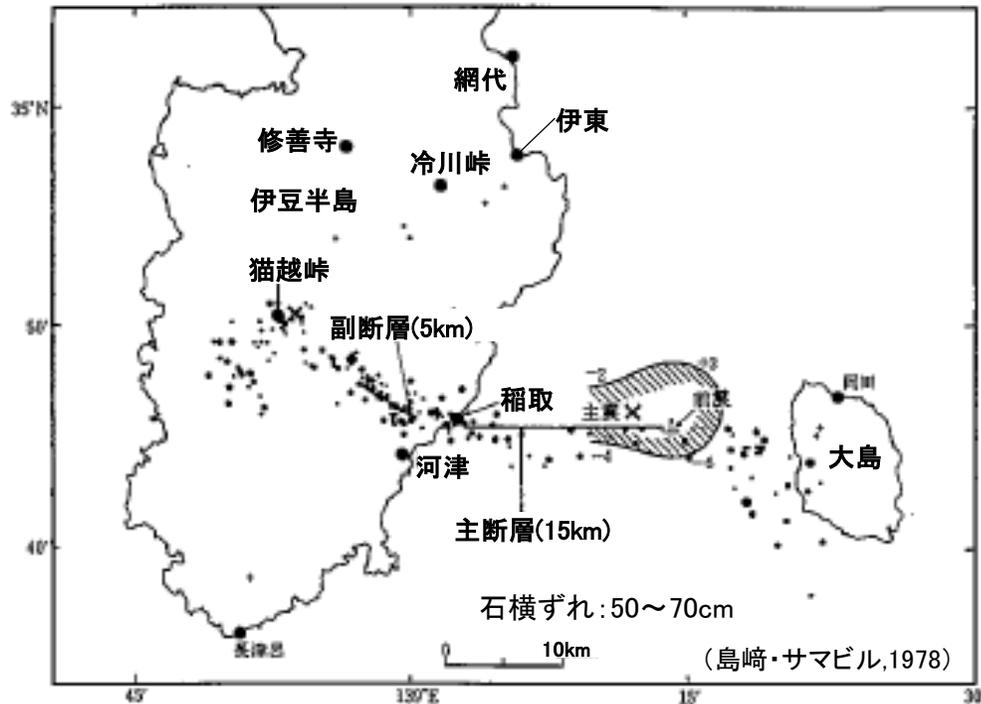


東海道線の杭口

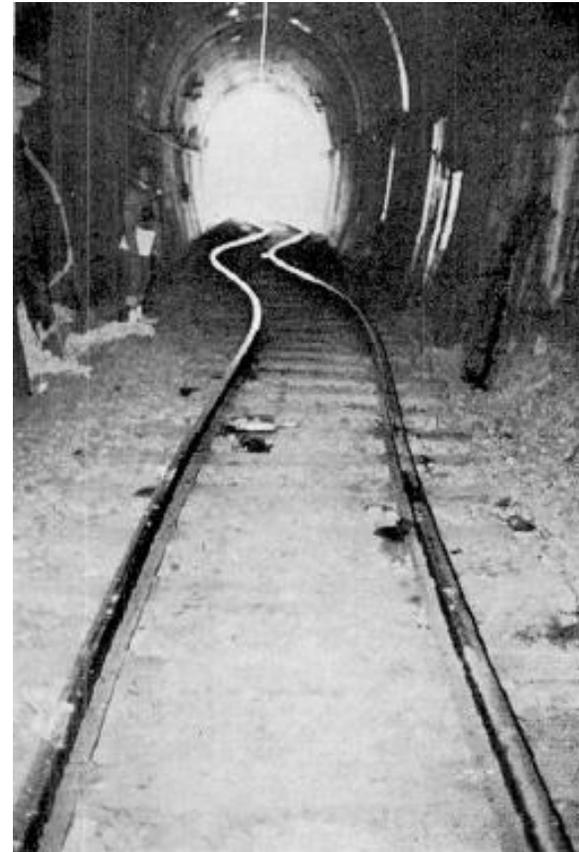


先進導坑 2.5m水平ずれ、鏡面の喪失

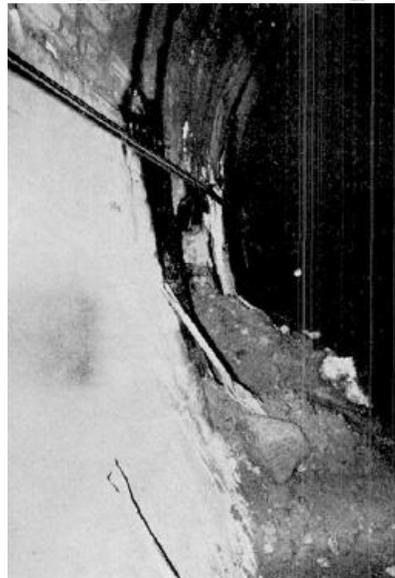
1978年伊豆大島近海地震による伊豆急行稲取トンネルの被害



マグニチュード 7.0
(稲取-大峰山断層、水平ずれ50~70cm)

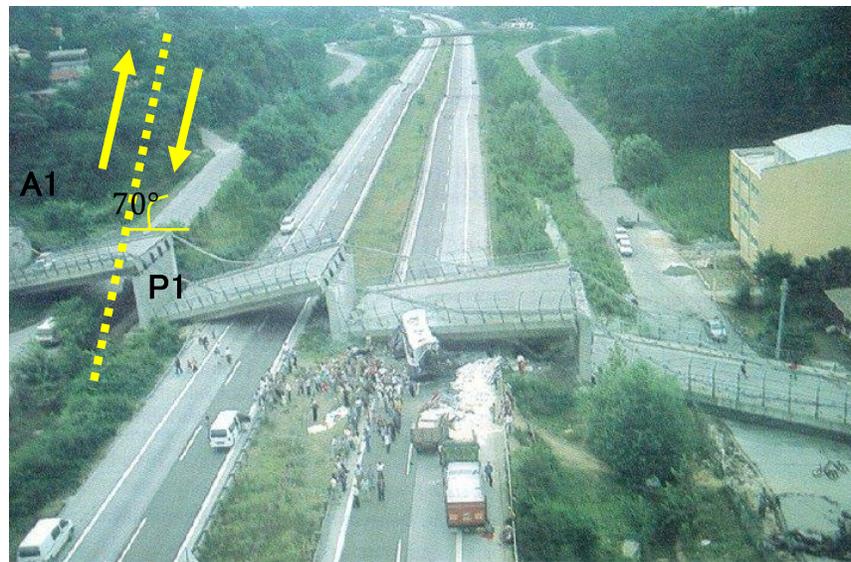
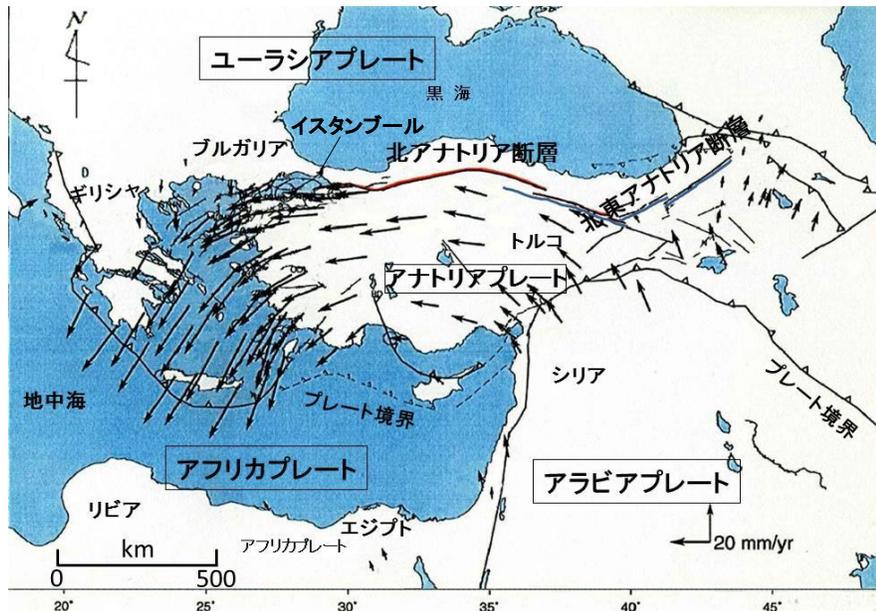


レールの蛇行(約50cm)
(伯野, 1978)



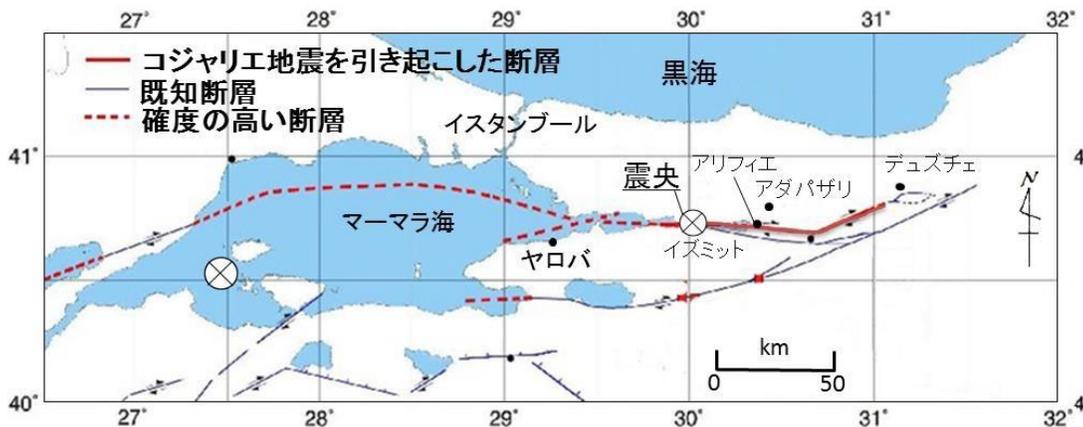
トンネル覆工の破壊と土砂の流入(伯野, 1978)

1999 トルコ・コジャエリ地震 高速道路跨道橋の落橋

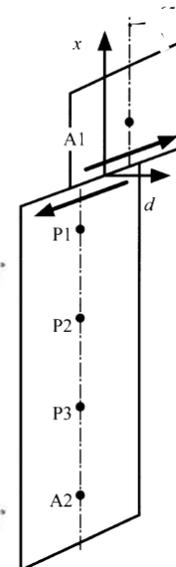


地表地震断層による橋桁の落下

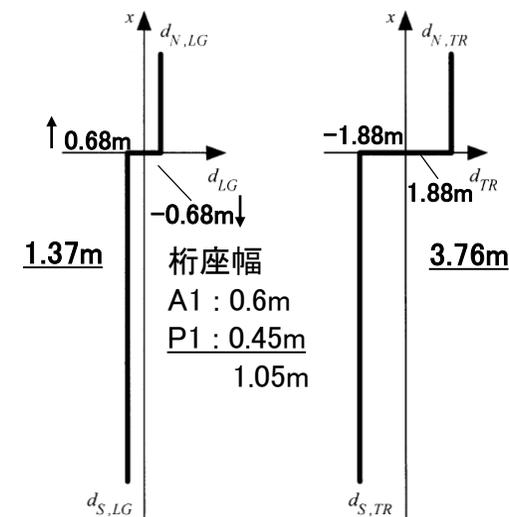
トルコ周辺のプレートと主要断層
(出典: R. Reilingerらによる図を加筆)



コジャエリ地震を引き起こした断層
(ボカジチ大学地震工学研究所の図を修正加筆)



(a)断層変位



(b)橋軸方向変位

(c)橋軸直交方向

断層による橋梁の変位(川島、2001)

Shih-Kang Damの被害 (1999年、台湾集集地震)

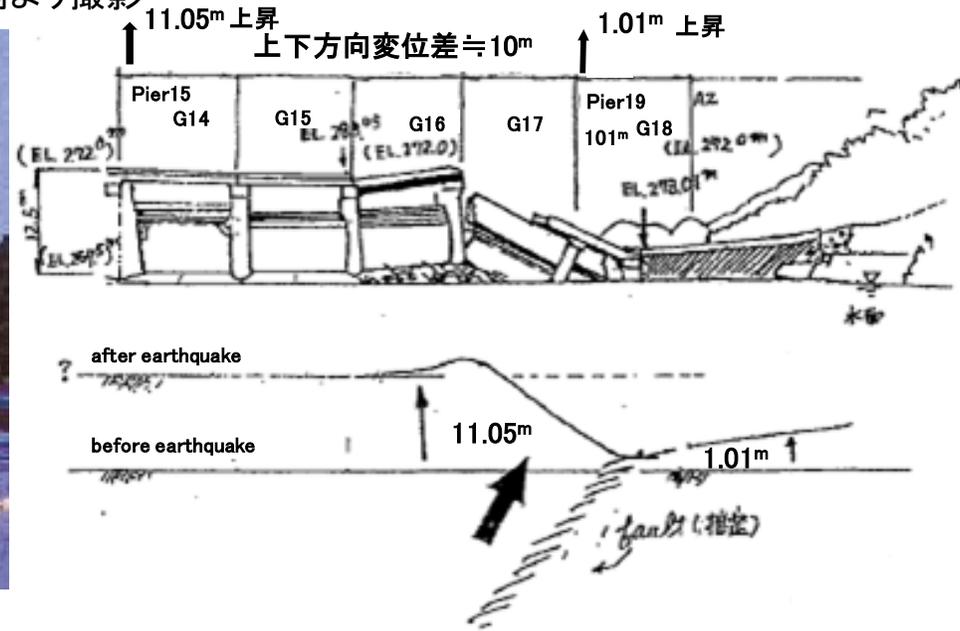
(コンクリート重力式、堤高:25m, 堤長:357m)



下流側より撮影



上流側より撮影



2016年熊本地震、大切畑ダム ダム堤体を断層が横断



((国研)産業技術総合研究所・吉見雅行)



上流面及び堤頂部の被害状況
((株)エイト日本技術開発)



洪水吐きの被害状況
((株)エイト日本技術開発)

地表地震断層による埋設管路の被害事例(1999年トルコ・コジャエリ地震)



水道管の座屈



下水道管の破断



ガス管の座屈

8# ガス管

1999年台湾・集集地震

断層変位による電力施設の被害



断層変位が生じた発電所
(1999 台湾集々地震)



空気遮断機の破壊
(1999 台湾集々地震)

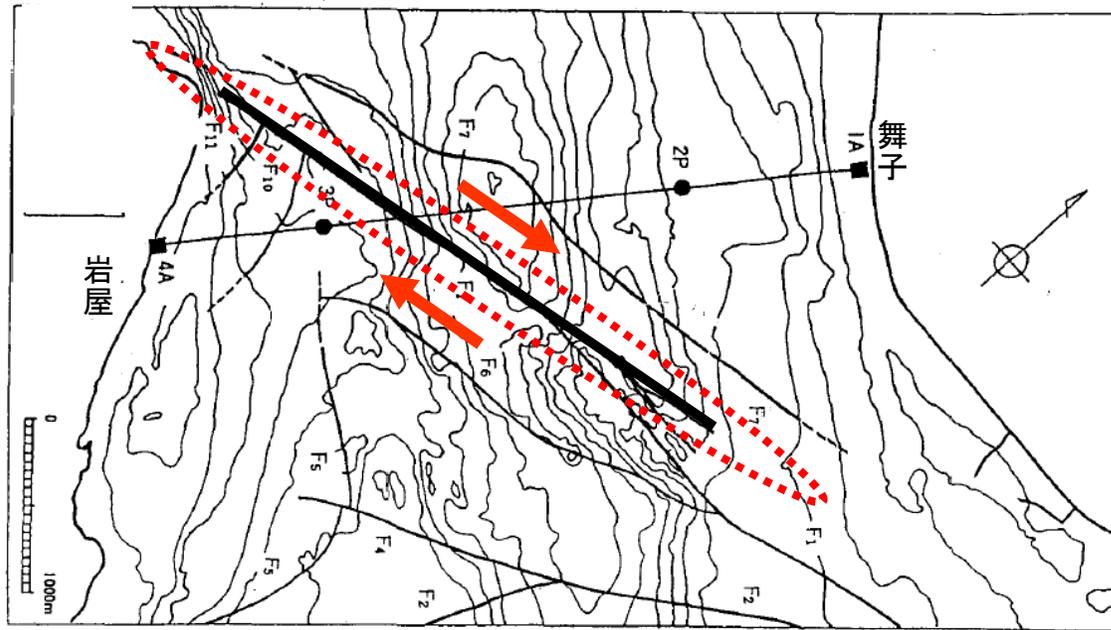


送電鉄塔の被害
(1995 兵庫県南部地震)

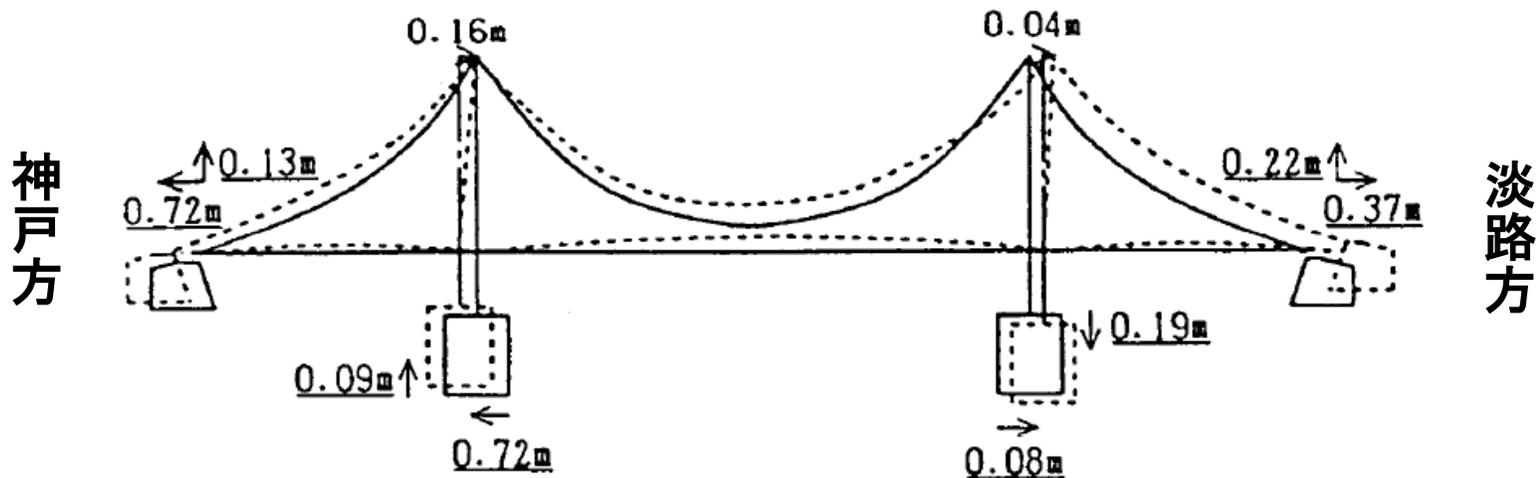
断層変位による家屋・建物の被害



1995年兵庫県南部地震の明石海峡大橋への影響



野島断層：石横ずれ：(最大2.5m)
 南東側上り：(最大1.2m)
 長さ：10.5km



2. 社会基盤施設の断層変位への課題と対策事例

研究課題

1) 断層変位出現位置と地表変状量の予測技術

- ・ 理学分野における既存の研究成果と工学的手法(岩盤力学、破壊力学)の活用の可能性

2) 断層変位に対する構造物の耐震性向上と社会基盤の防災性向上の方策

- ・ 断層変位に対抗し得る構造形式
- ・ 人命・生存に対する影響の少ない破壊様式
- ・ 復旧・復興が容易な構造様式
- ・ ライフラインシステムの代替性等の確保

断層変位出現位置と地表面変状量の予測

地形調査(1)

■空中写真判読等により**変動地形**※の可能性のある地形(**リニアメント**)を抽出する。

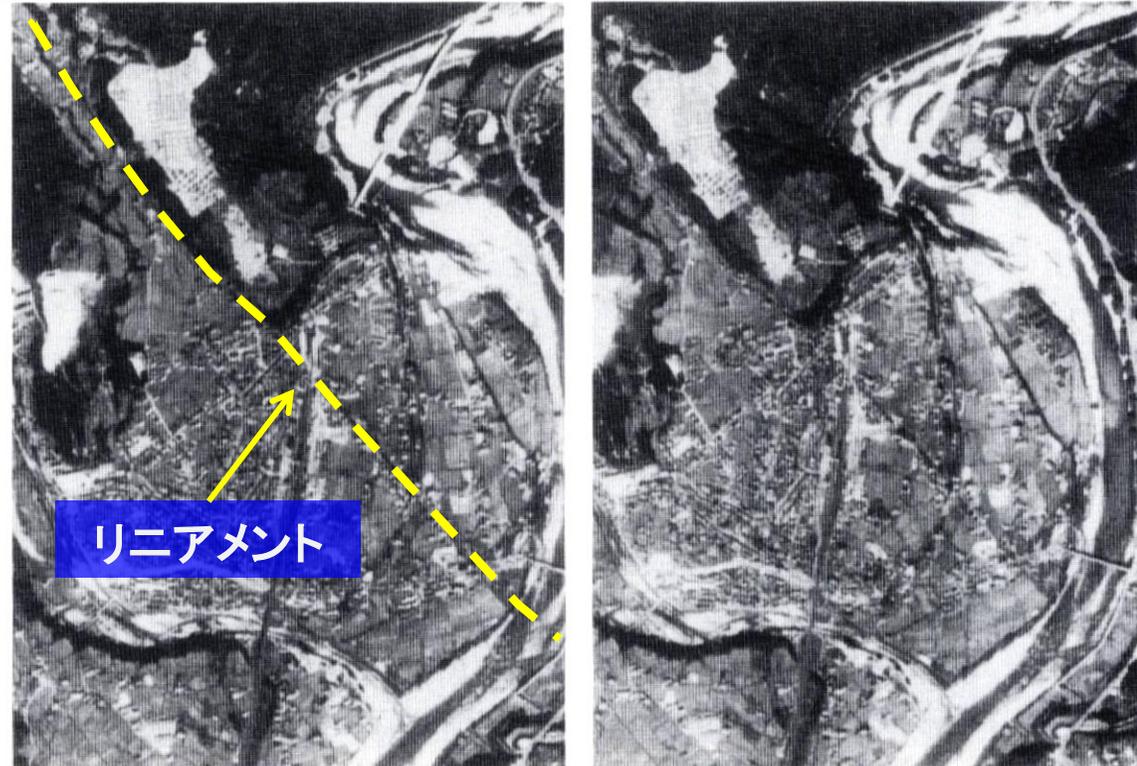
※ 変動地形とは、地殻変動に起因する特徴的な地形。地形の切断・屈曲、撓み、傾斜などとして確認される。活断層を発見するための重要な情報となる。

空中写真判読の例 (岐阜県 阿寺断層)



空中写真の実体視
(イメージ)

出典：文部科学省「日本の地震防災
活断層」パンフレット



出典：国土地理院「空中写真による活断層の判読法」

断層変位出現位置と地表面変状量の予測

地形調査(2)

右横ずれ断層による変動地形（リニアメント）の例



右
ず
れ
断
層

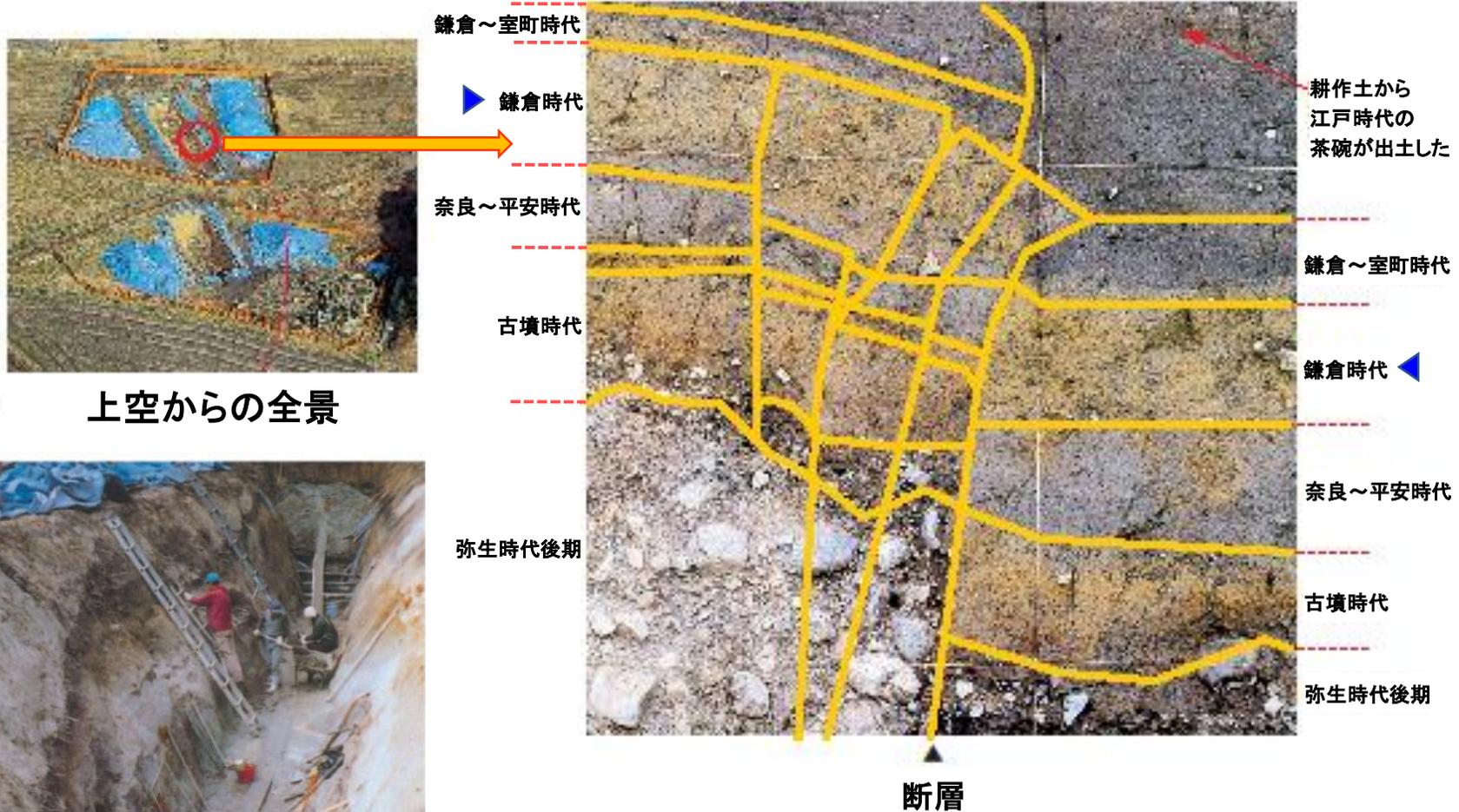
- ・ 谷や尾根が断層を挟んで右側にずらされている
 - ・ 尾根が断層で切断され三角形の崖ができている
- などの特徴から、右横ずれ断層が存在すると推定される。

出典：文部科学省「日本の地震防災 活断層」パンフレット

断層変位出現位置と地表面変状量の予測

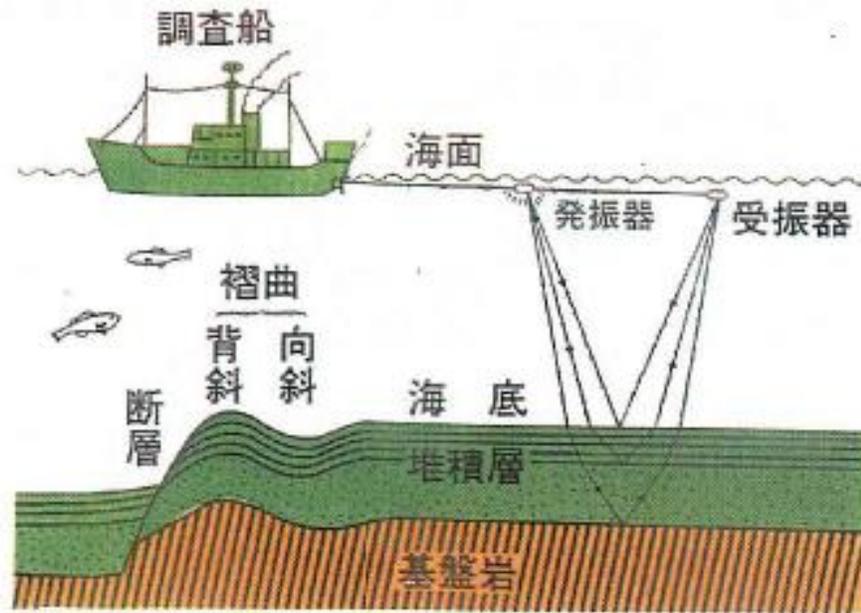
地表地盤調査（トレンチ調査）

トレンチ調査の例

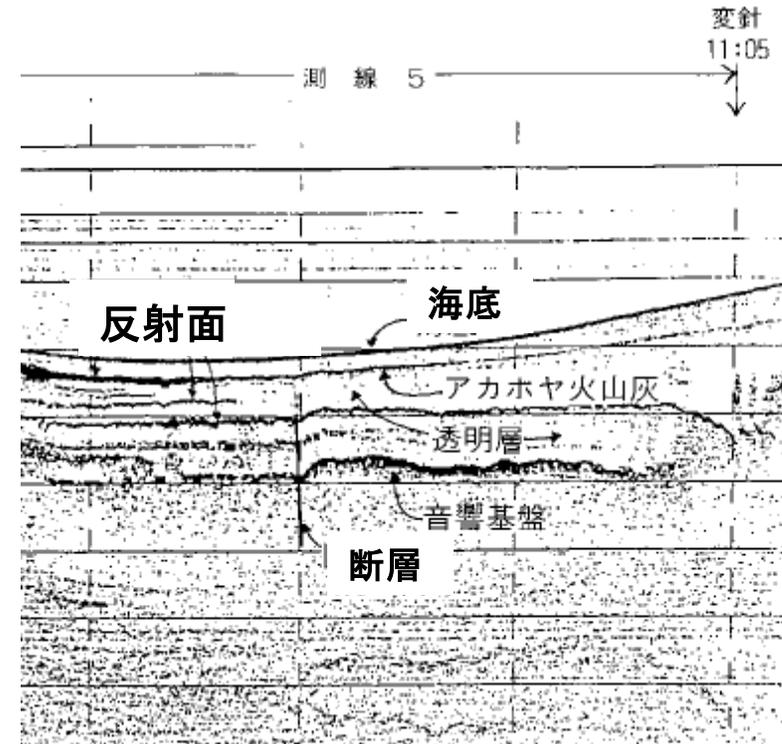


出典：文部科学省「地震の発生メカニズムを探る」パンフレット

海底の断層の調査方法と例

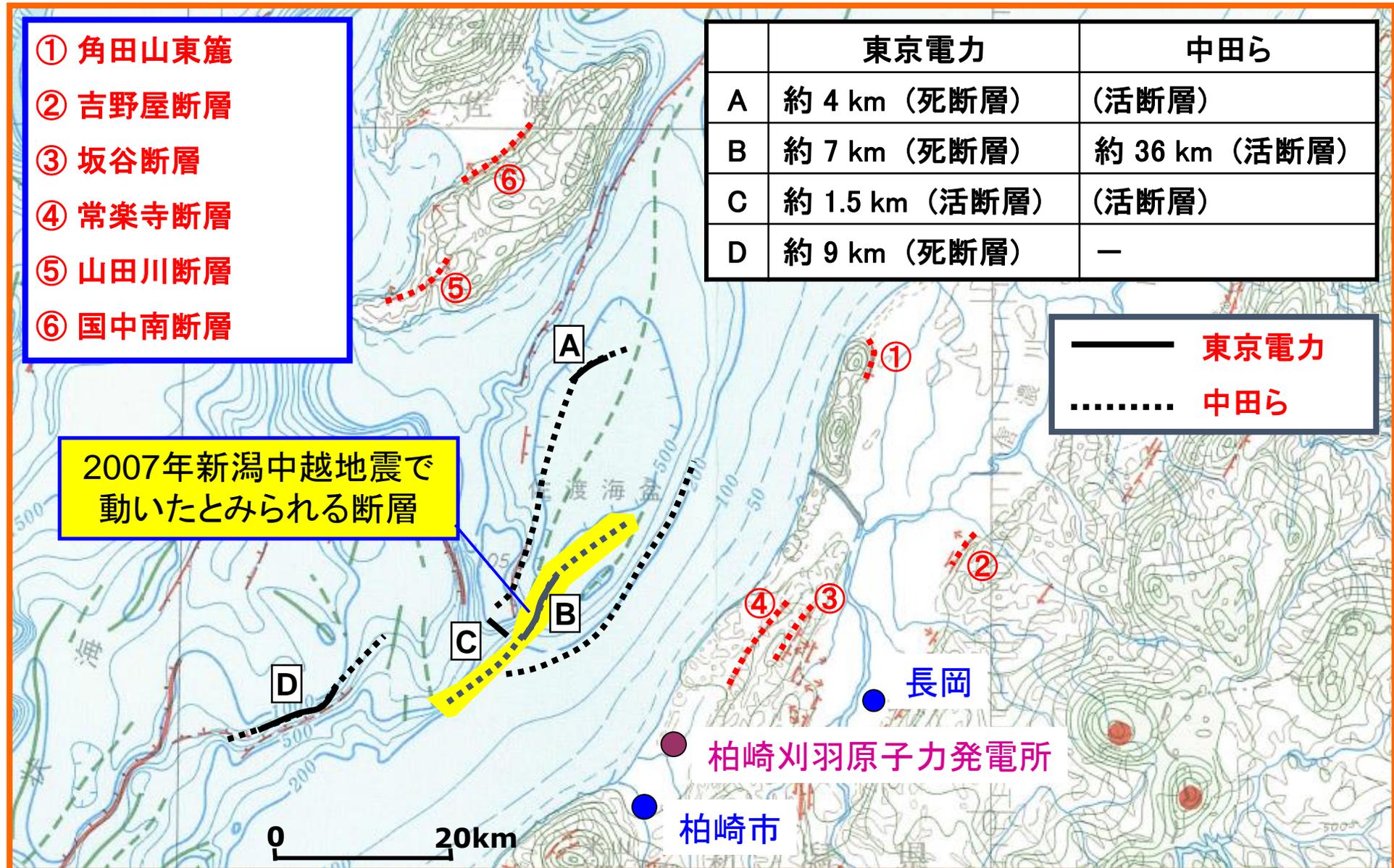


海底の断層の調査(音波探査)

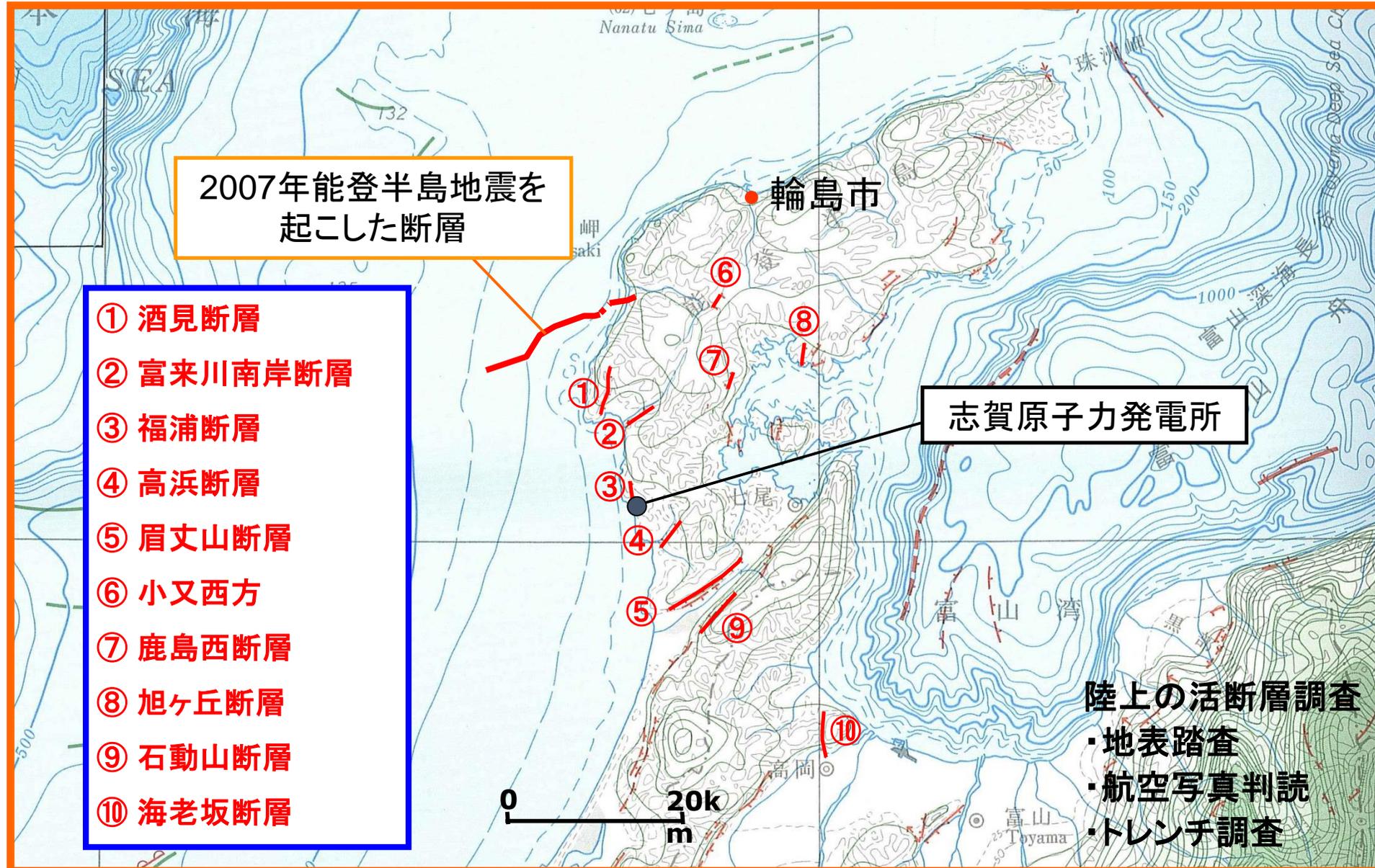


音波探査結果の例

2007年柏崎刈羽原子力発電所の耐震設計のための活断層評価

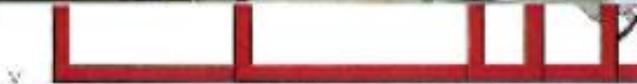


2007年能登半島地震を引き起こした断層 (マグニチュード=6.8)



断層変位の表層地盤中の伝播に関する実験的研究

重力場



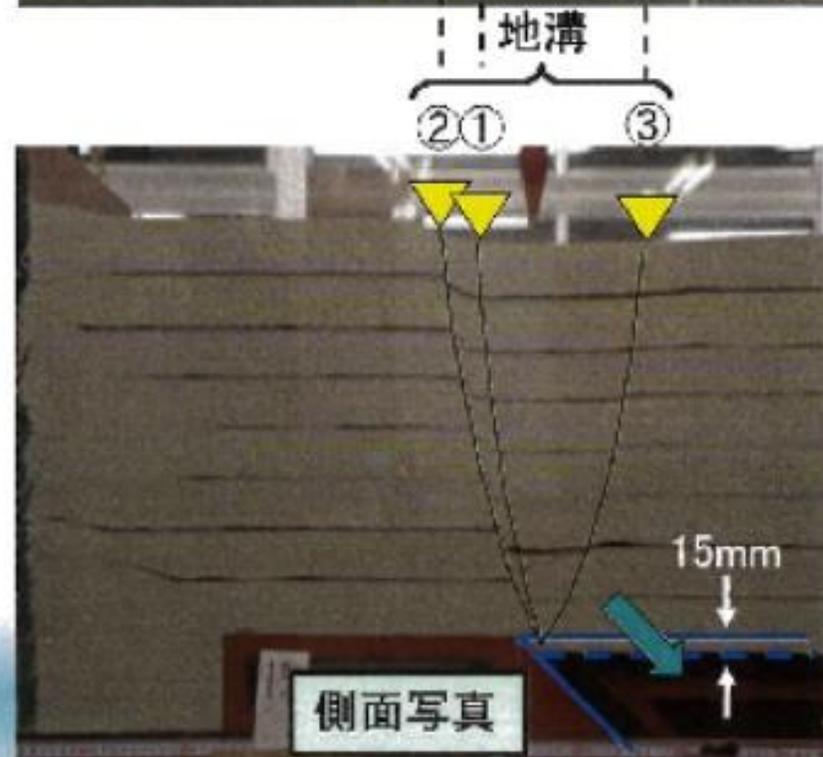
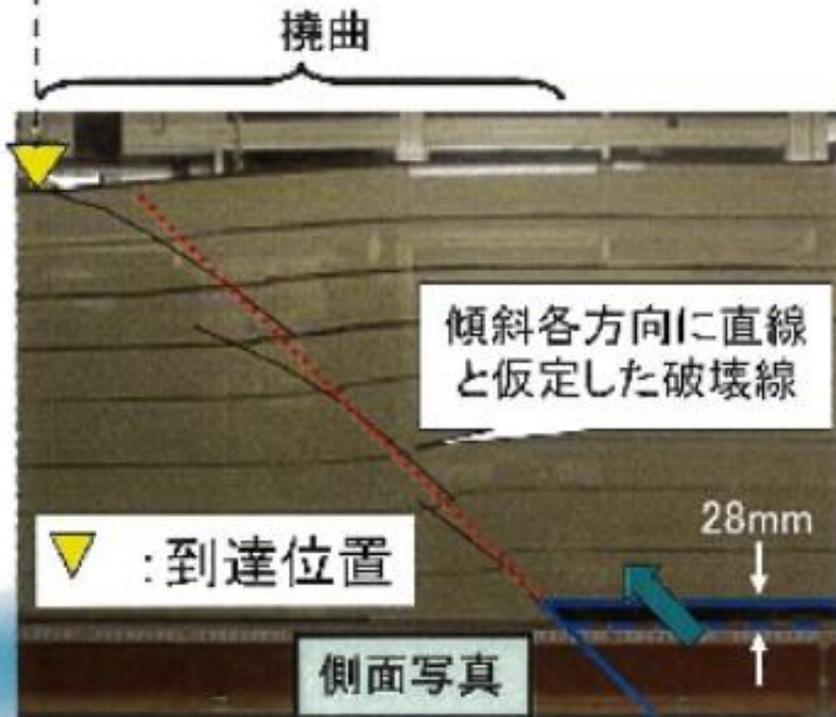
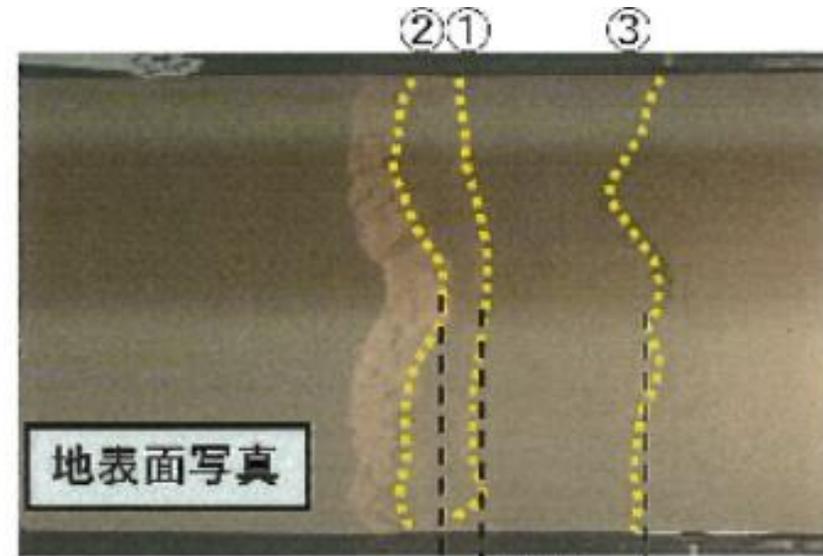
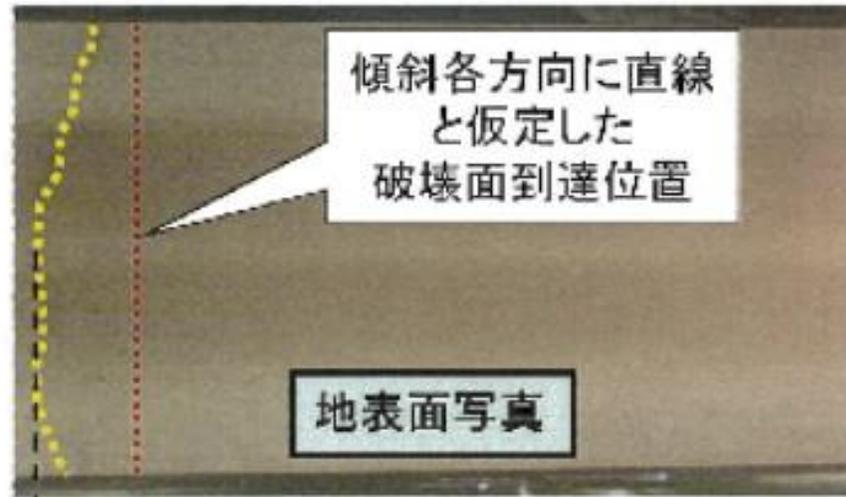
Electric Motor

遠心場



Hydraulic Jack

破壊面の伝播の状況



2. 社会基盤施設の断層変位への課題と対策事例

研究課題

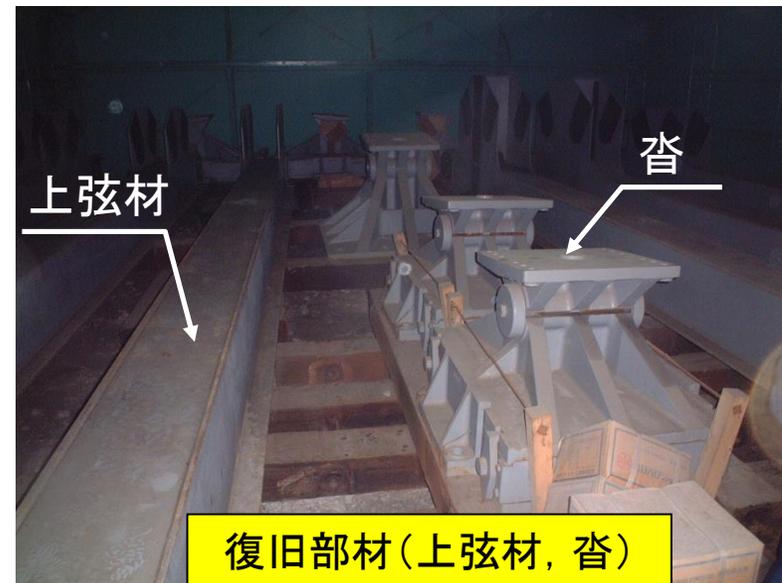
1) 断層変位出現位置と地表変状量の予測技術

- ・ 理学分野における既存の研究成果と工学的手法(岩盤力学、破壊力学)の活用の可能性

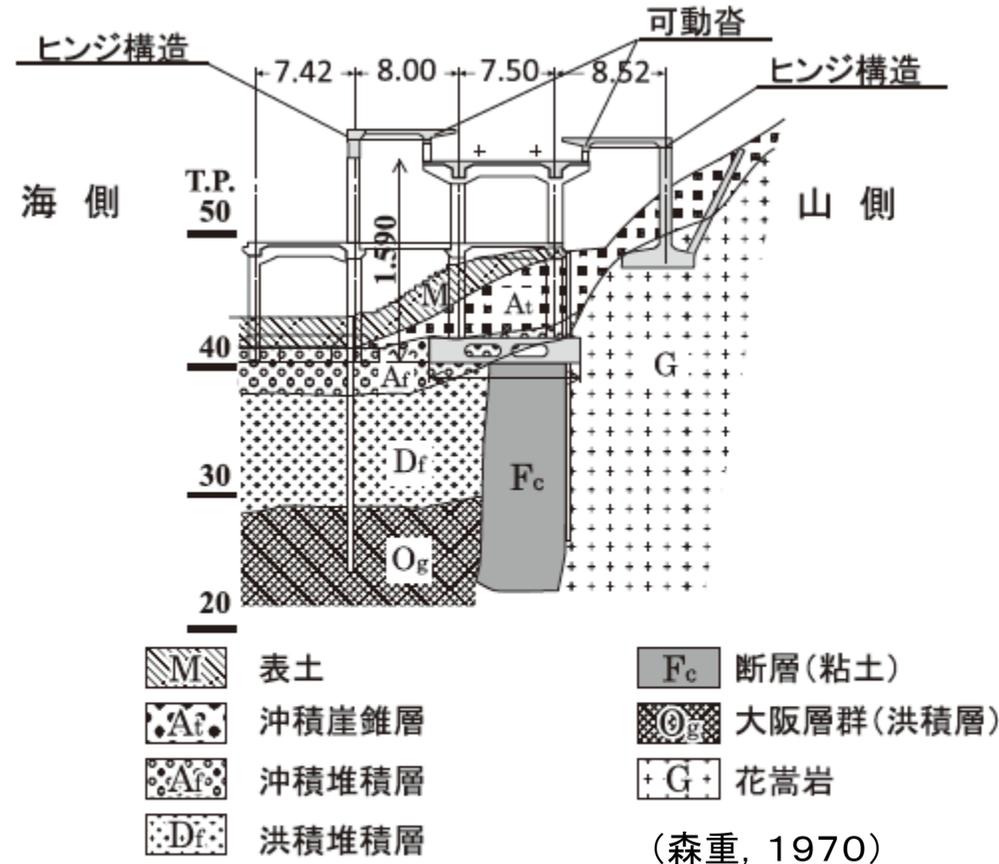
2) 断層変位に対する構造物の耐震性向上と社会基盤の防災性向上の方策

- ・ 断層変位に対抗し得る構造形式
- ・ 人命・生存に対する影響の少ない破壊様式
- ・ 復旧・復興が容易な構造様式
- ・ ライフラインシステムの代替性等の確保

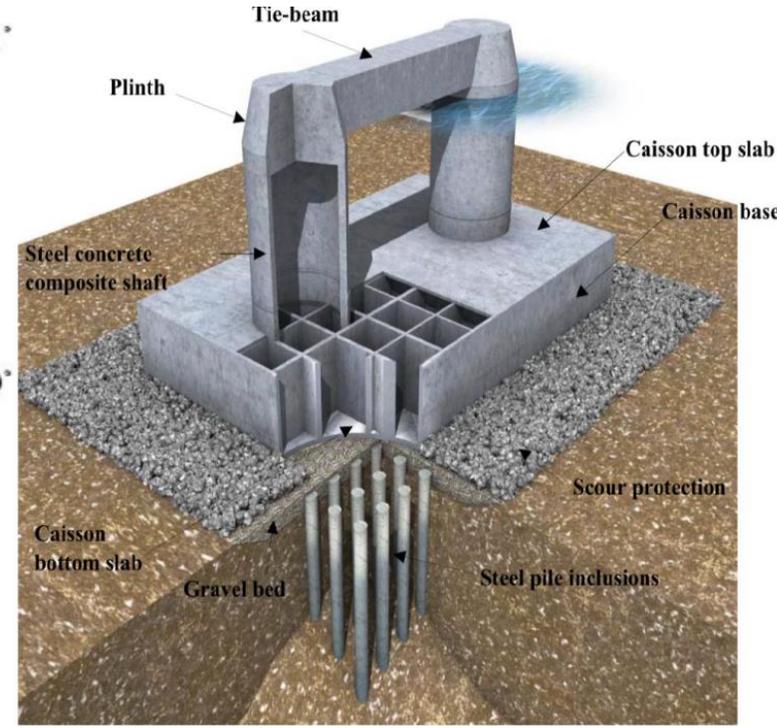
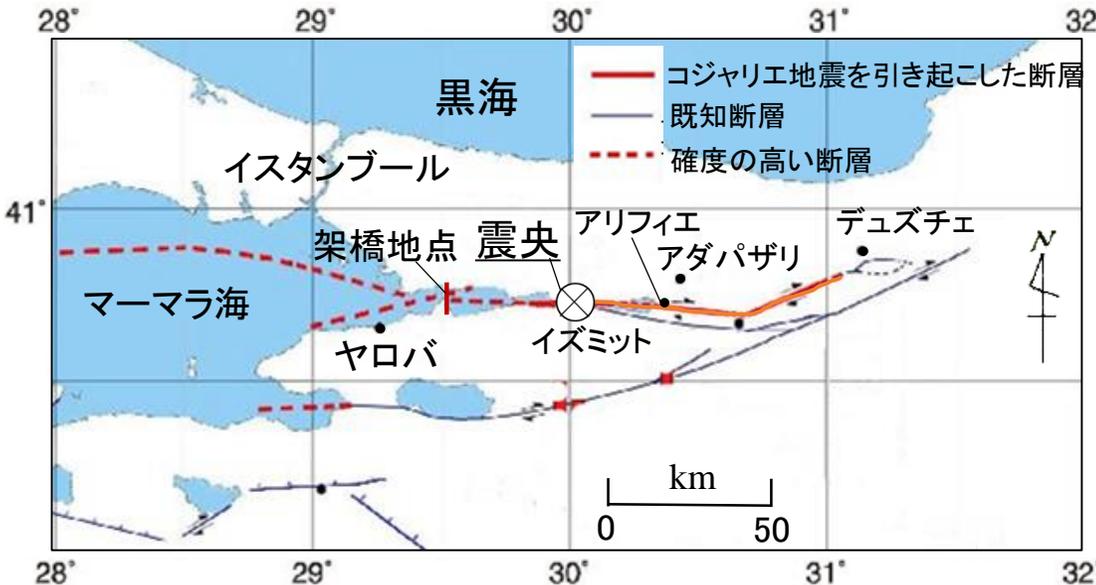
新幹線富士川橋梁の対策



山陽新幹線新神戸駅



トルコ・イズミット湾大橋の断層変位対策



イズミット湾大橋の完成予想図
(全長:2,682m, センターズパン:1,550m)

断層変位対策の考え方(2011年時点)

- ・ 砂礫層の設置による断層変位の吸収
- ・ 北側アバットメントを断層を避けて移動

断層変位対策事例(1)

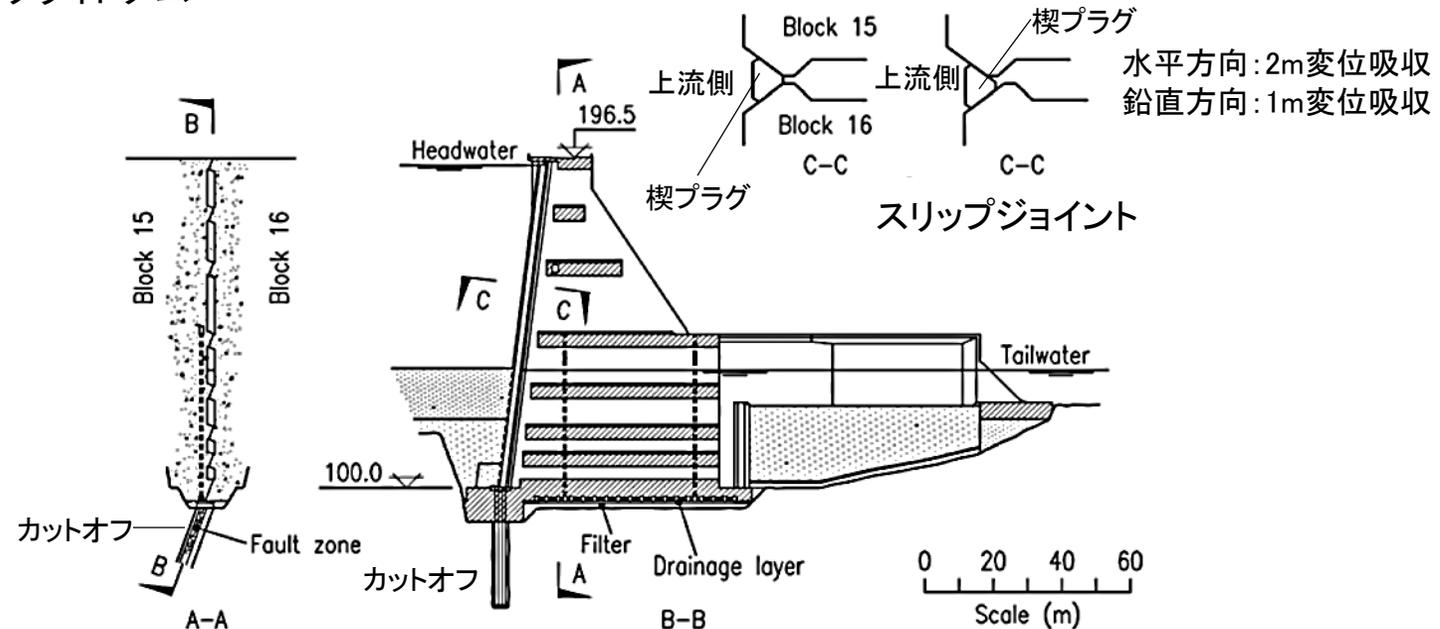
ニュージーランド南島クライドダム(高さ:102m, 重力式コンクリートダム)



クライドダム



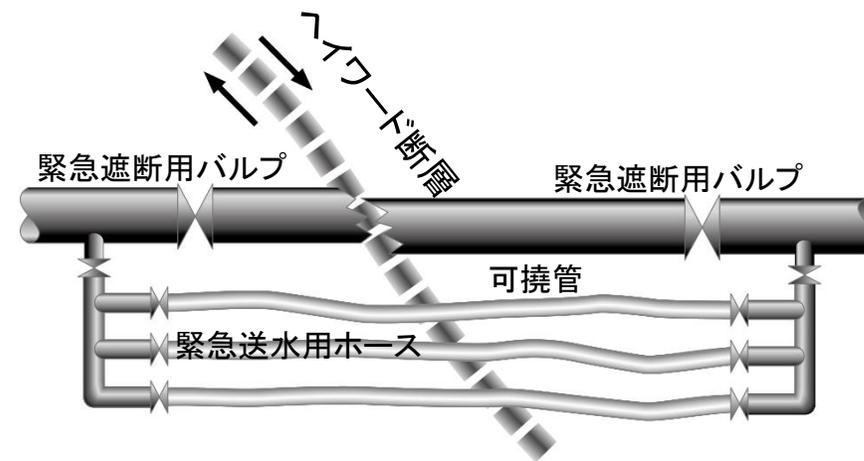
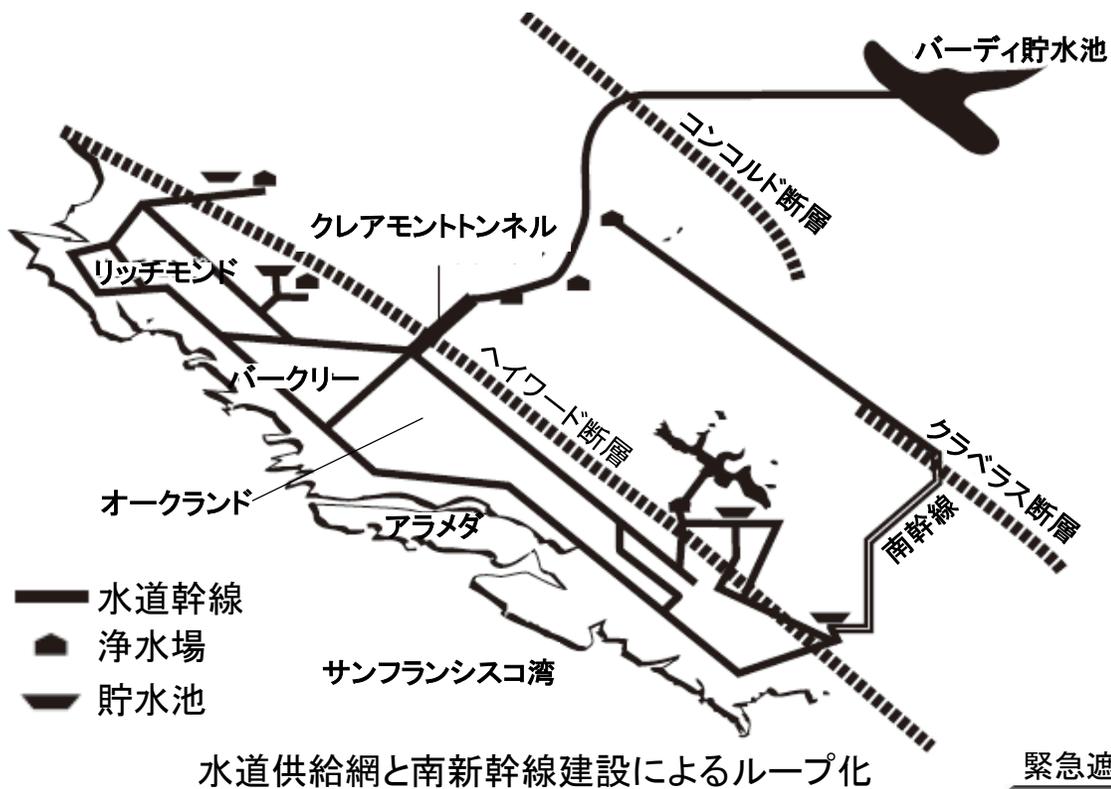
クライドダム スリップジョイント



クライドダム スリップジョイント(Hatton, 1987, 大町達夫, 2001)

断層変位対策事例(2)

米国EBMUD (East Bay Municipal Utility District)



緊急遮断用バルブの設置と送水用ホースの備蓄

原子力発電所の断層変位に対する安全性検討への所感

i) 土木学会原子力土木委員会断層変位小委員会において、断層変位が原子炉建屋等の構造物・施設にどのように被害を発生させるのかを定量的に検討していることは評価される。断層の「ある」「なし」の入口だけの議論でなく、断層が存在する場合について工学的見地より総合的に安全性を検討することはより科学的と考える。

ii) 計算手法の信頼性(特に塑性域から破壊に至る過程)および解析の前提条件の精度を高める必要がある。必要であれば縮尺模型(原子炉建屋底板版など)による破壊実験を行う。

iii) 今後、原子力発電所に要求される機能「止める」「冷やす」「閉じこめる」にどのような定量的影響を与えるかを検討する必要がある。

原子力発電所の断層変位に対する安全性検討への所感

iv) そのためには、土木学会のみならず日本建築学会、日本機械学会、日本原子力学会等と共同WGを設置することも視野に入れる。学術会議の土木工学・建築学委員会の参画も要請する。

V) 検討結果を土木学会内部のものにとせず、マスコミを含めて広く社会に発信する。上記の学会の共同発信(学会長による共同記者会見)とすることも考えられる。そのためには断層変位が原子力発電所構造物、施設および機能等に与える影響について、マスコミおよび一般の人にも分かり易い説明と資料を整える必要がある。特に原子力規制委員会委員と関係者に説明する機会を得て、理解を求める。

vi) 上記の断層変位に対する安全性の検討結果と併せて、福島第一原子力発電所の事故処理(汚染水の処理については土木学会内に特別委員会を設置)および放射性廃棄物処理に関する学会の所見を社会に発信する必要がある。