

断層変位に対する社会基盤施設の課題

早稲田大学
アジア防災センター
濱田 政則

平成27年2月17日

土木学会原子力土木委員会 断層変位評価小委員会

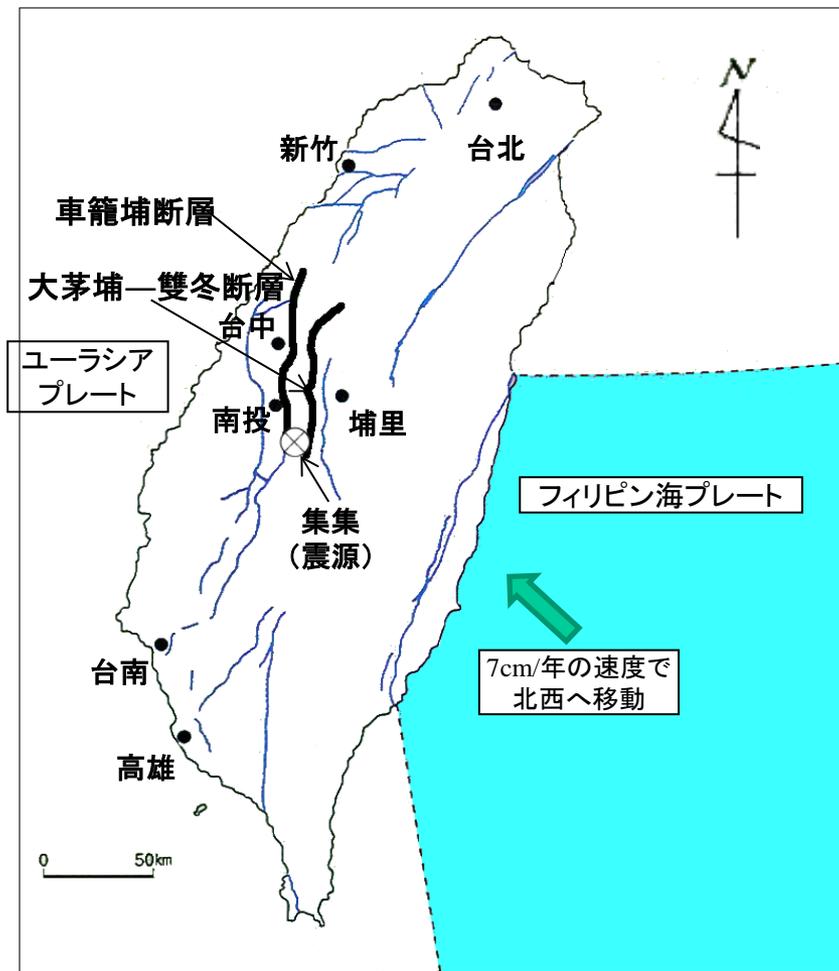
断層変位に対する社会基盤施設の課題

1. 断層変位による社会基盤施設の被害事例
2. 社会基盤施設の断層変位への対策事例と課題
3. 原子力発電所の断層変位に対する安全性
検討への所感

1. 断層変位による社会基盤施設の被害事例

(1) 1999 台湾集々地震

$M_w=7.6$ 1999/9/21



グラウンドに出現した地表地震断層



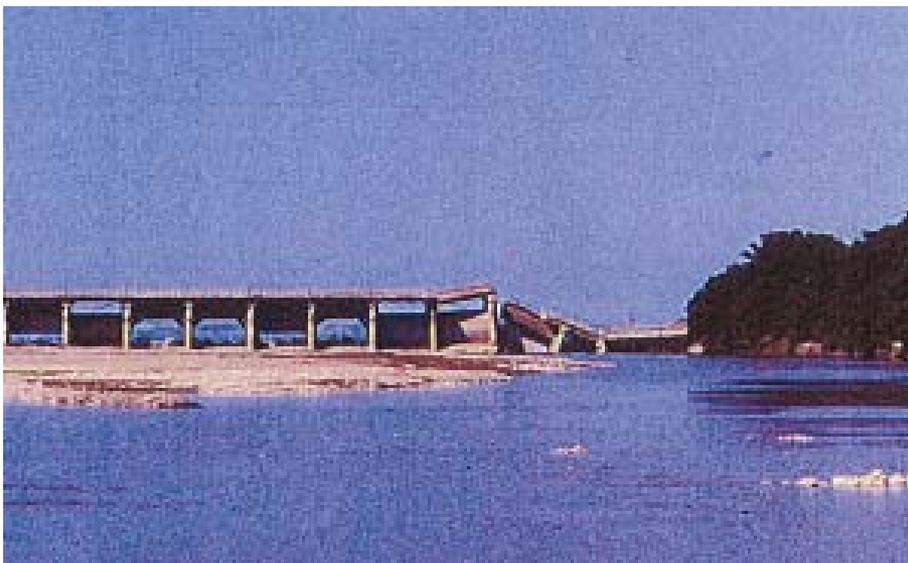
道路、カルバートの被害

Shih-Kang Damの被害

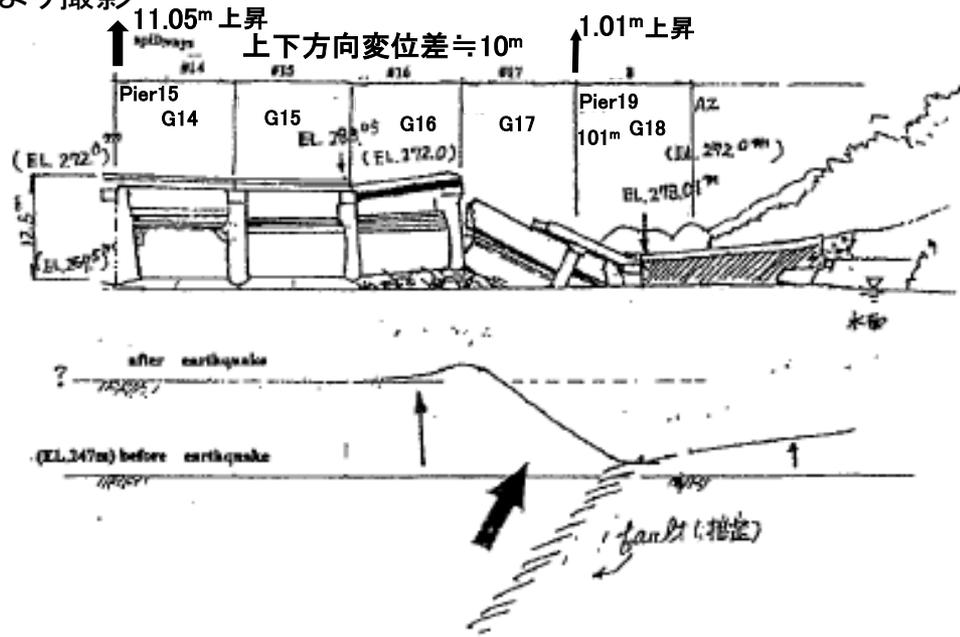
(コンクリート重力式、堤高: 25m, 堤長: 357m)



下流側より撮影



上流側より撮影



橋梁、ガス管、変電所等の被害



地表地震断層による橋梁(Bei-Fon)の破壊と滝の出現



地表地震断層変位による一江(Li-Jiang)橋の落橋



8# ガス管

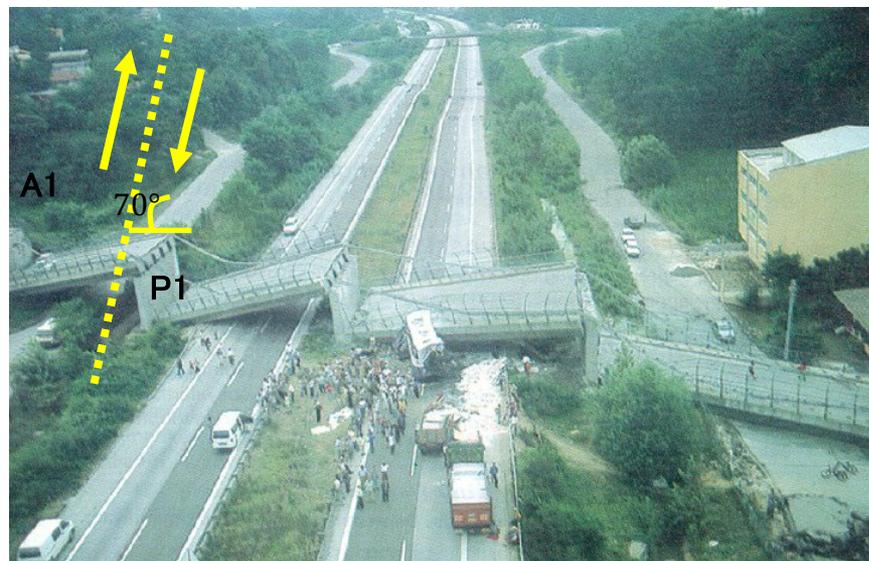
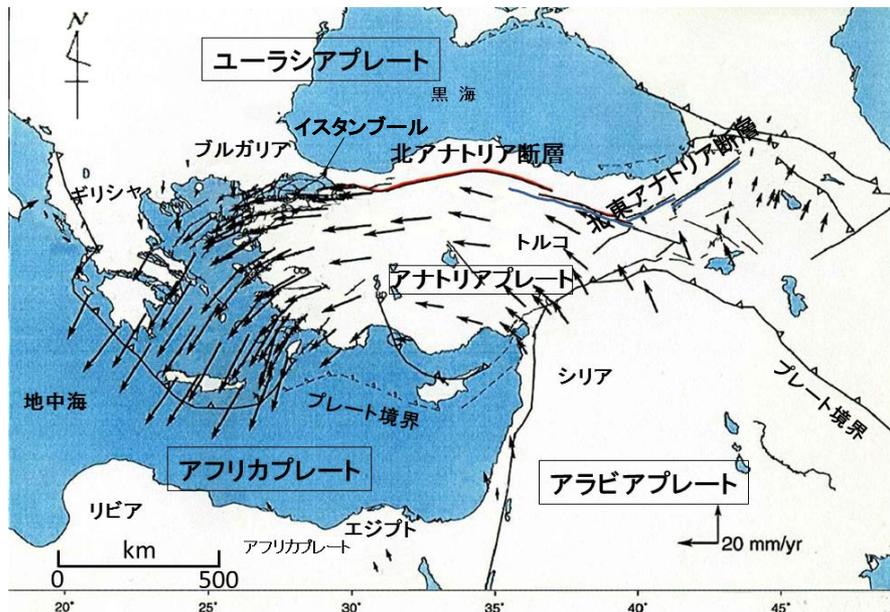
地表地震断層変位によるガス管の座屈



地震動と断層変位による変電所空気遮断器の破壊

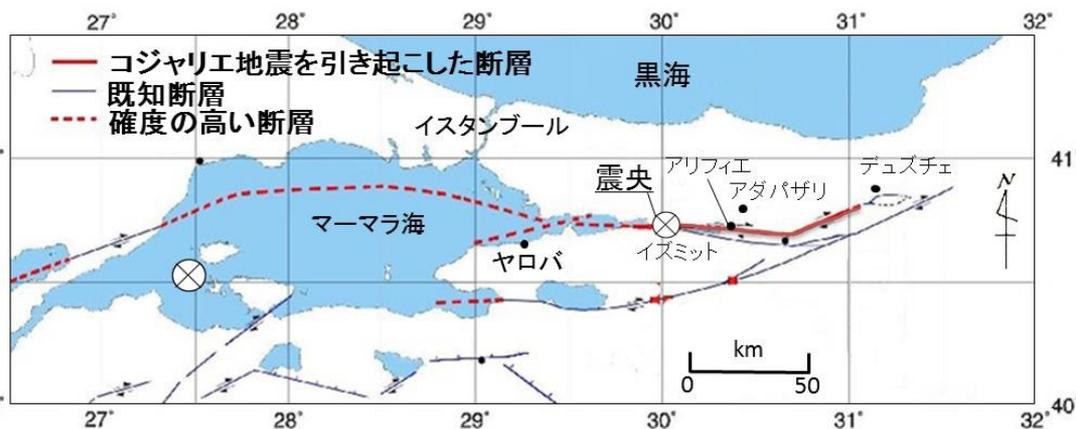


(2)1999 トルコ・コジャエリ地震 高速道路跨道橋の落橋

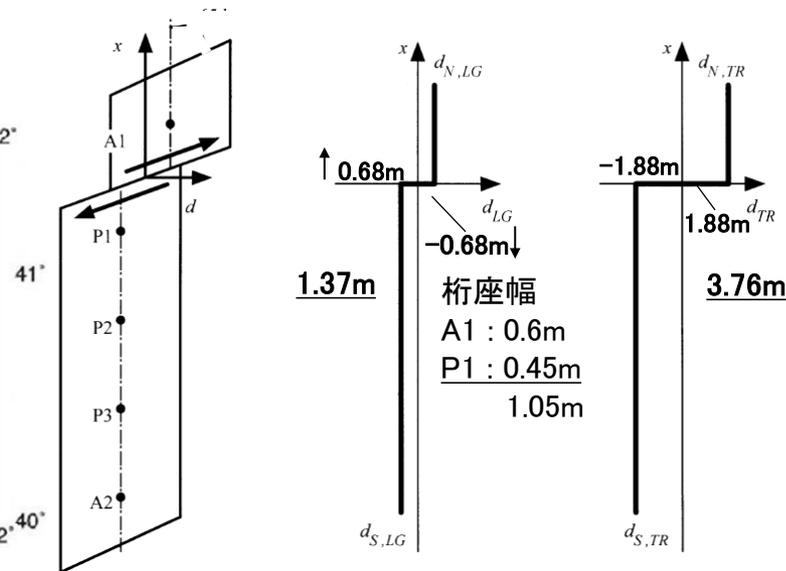


地表地震断層による橋桁の落下

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)

断層変位による被害

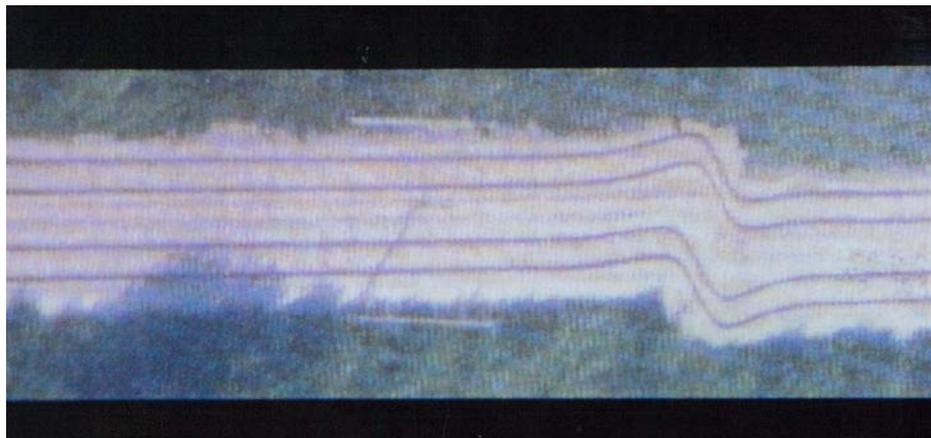
(1999年トルコ・コジャエリ地震, アリフィエ付近)



水道管の座屈



下水道管の被害(水平ずれ3.6m)



鉄道線路の蛇行(水平ずれ≒4.3m)

我国の既往地震により出現した地震断層の例

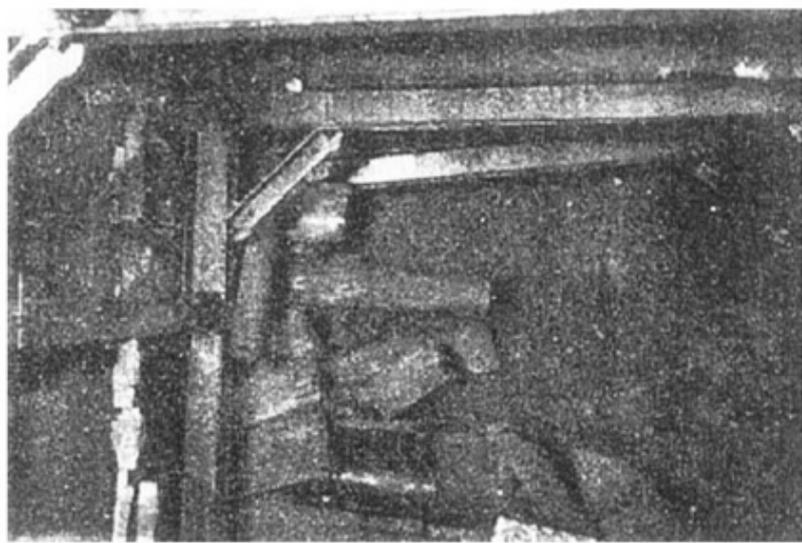
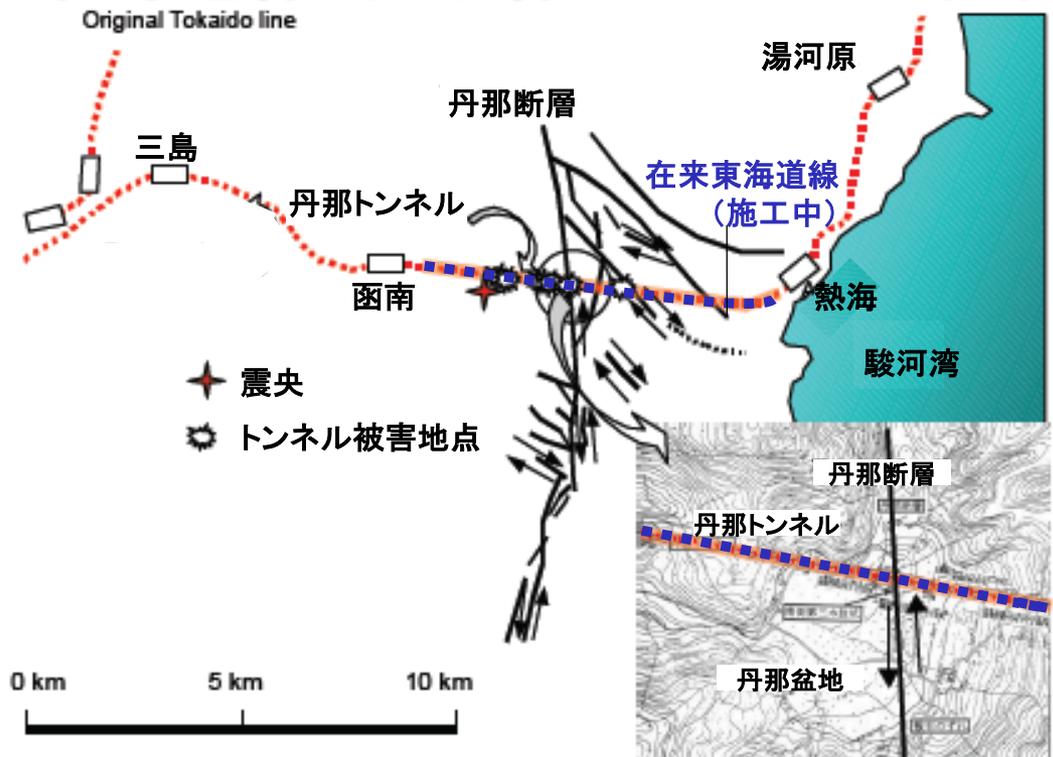
1) 1981年	濃尾地震	根尾谷断層	V 4.0 m, H 6.0 m
2) 1896年	陸羽地震	千屋断層	V 3.5 m,
3) 1923年	関東地震	延命寺断層	V 1.9 m, H 1.2 m
4) 1925年	但馬地震	田結断層	V 1.0 m,
5) 1927年	北丹後地震	後村断層	V 0.5 m, H 3.0 m
6) 1930年	北伊豆地震	丹那断層	V 1.8 m, H 3.5 m
7) 1938年	屈斜路地震	屈斜路断層	V 0.9 m, H 2.6 m
8) 1943年	鳥取地震	鹿野断層	V 0.5 m, H 1.5 m
9) 1945年	三河地震	深溝断層	V 2.0 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

1930年北伊豆地震による東海道線(在来線)トンネルの被害⁹

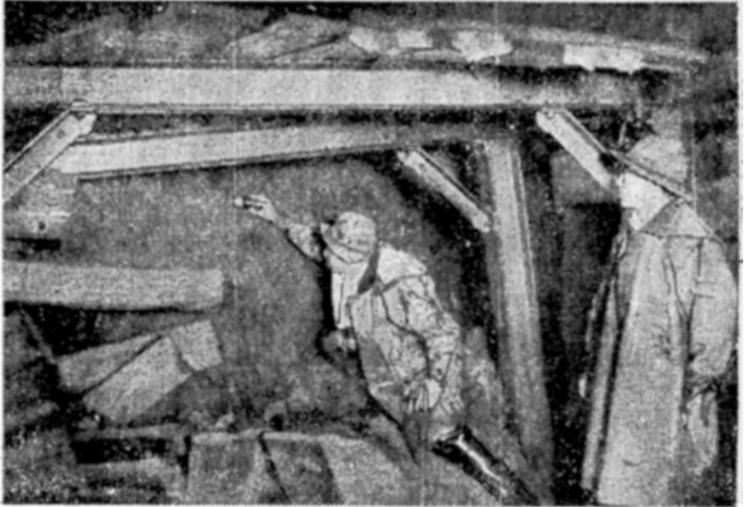
M=7.3 1930/11/26



東海道線の杭口

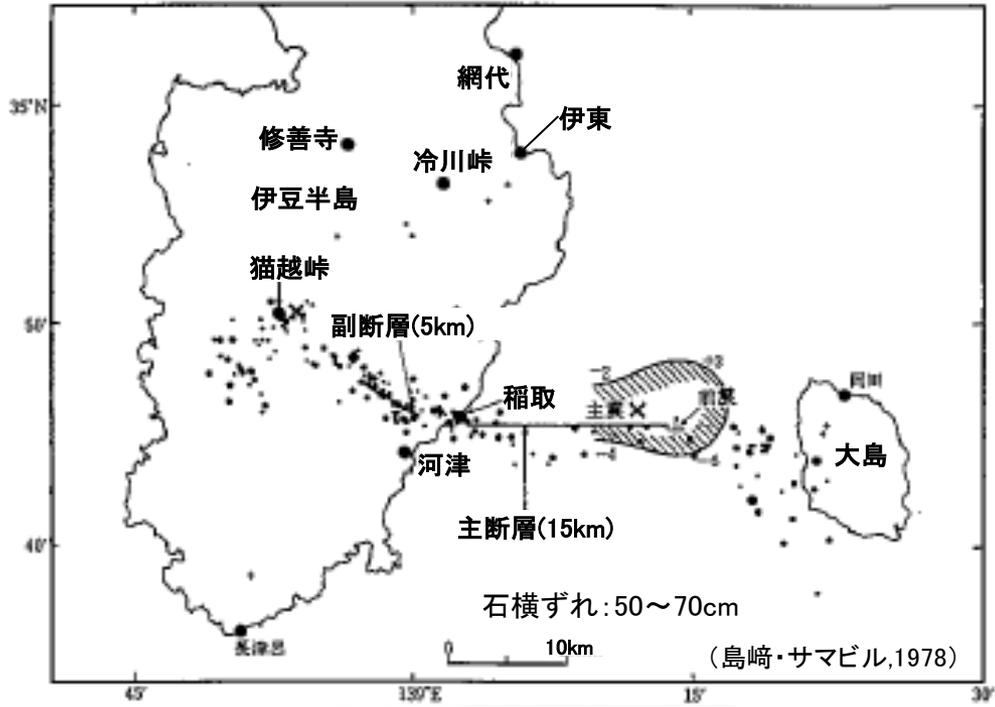


丹那隧道内八尺の喰違ひ
 大竹口家三浦町水抜坑の根奥で大竹坑口から一萬一千九百八十五尺の箇所丹那盆地の下六百尺にあたって断層による喰違ひ八尺

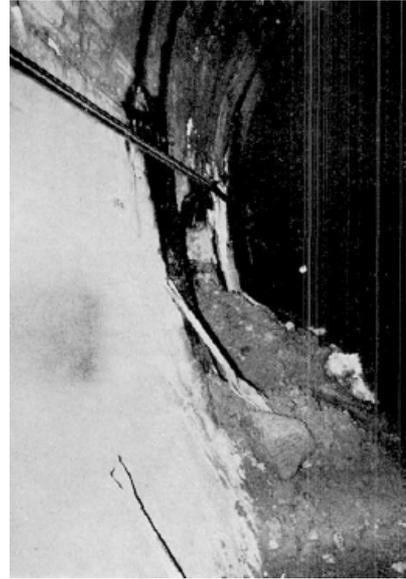
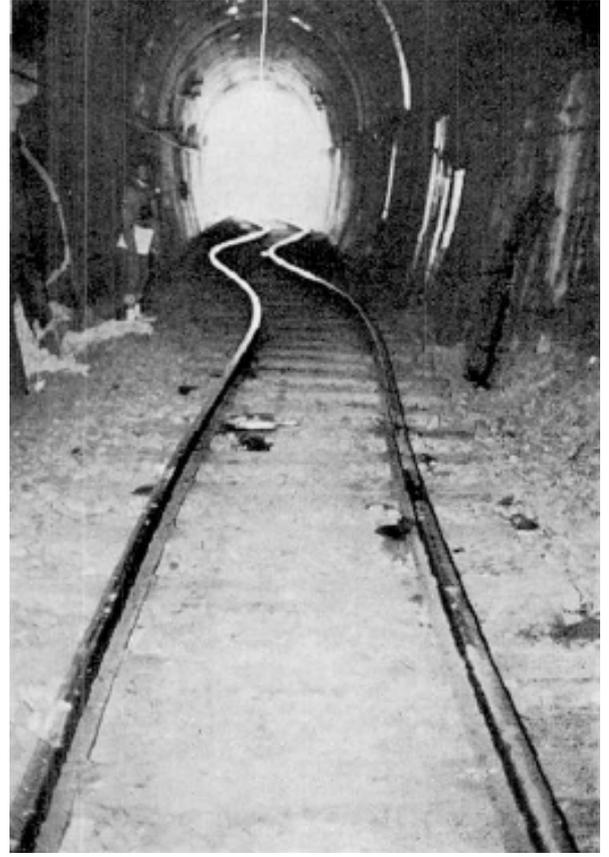


先進導坑 2.5m水平ずれ、鏡面の喪失

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⁰



マグニチュード 7.0
(稲取-大峰山断層、水平ずれ50~70cm)

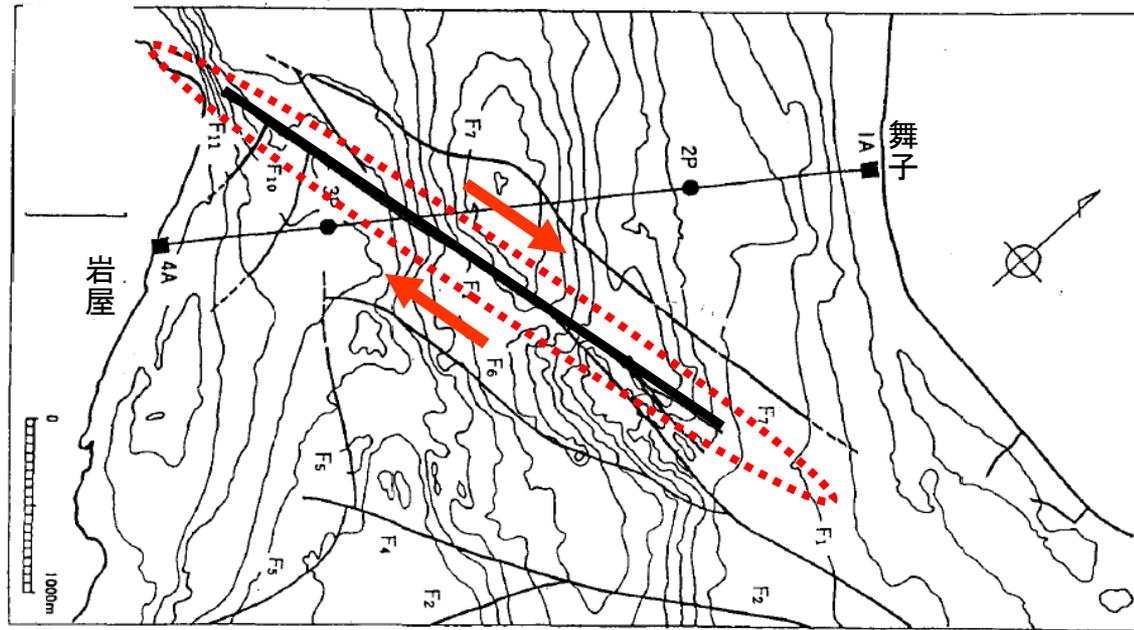


トンネル覆工の破壊と土砂の流入(伯野, 1978)

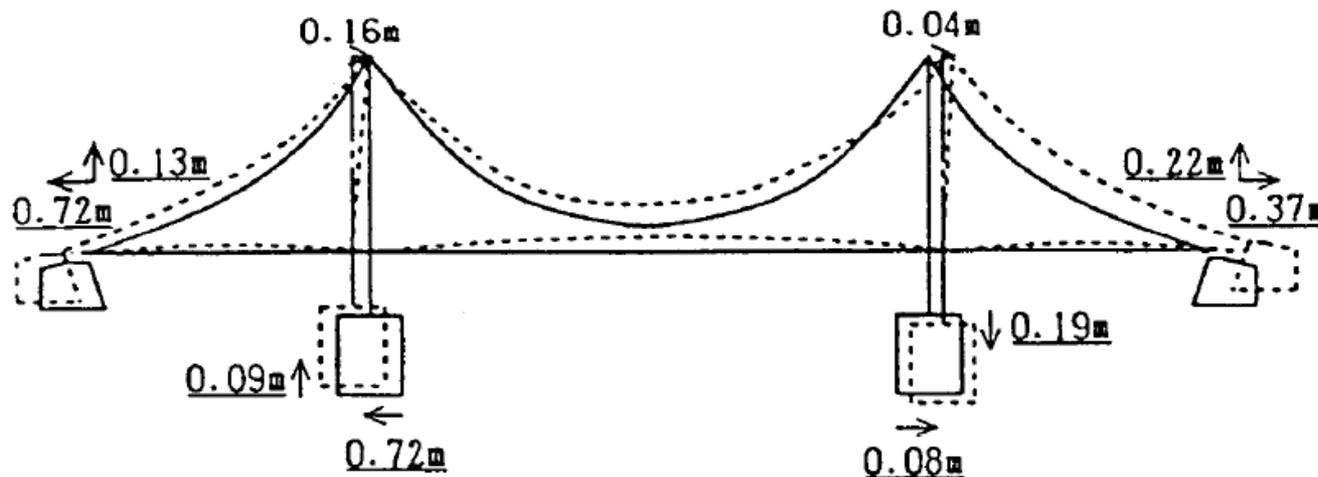
1995年兵庫県南部地震の明石海峡大橋への影響



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



神戸方



淡路方

2. 社会基盤施設の断層変位への対策事例と課題

研究課題

1) 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

社会基盤への断層変位の対策事例

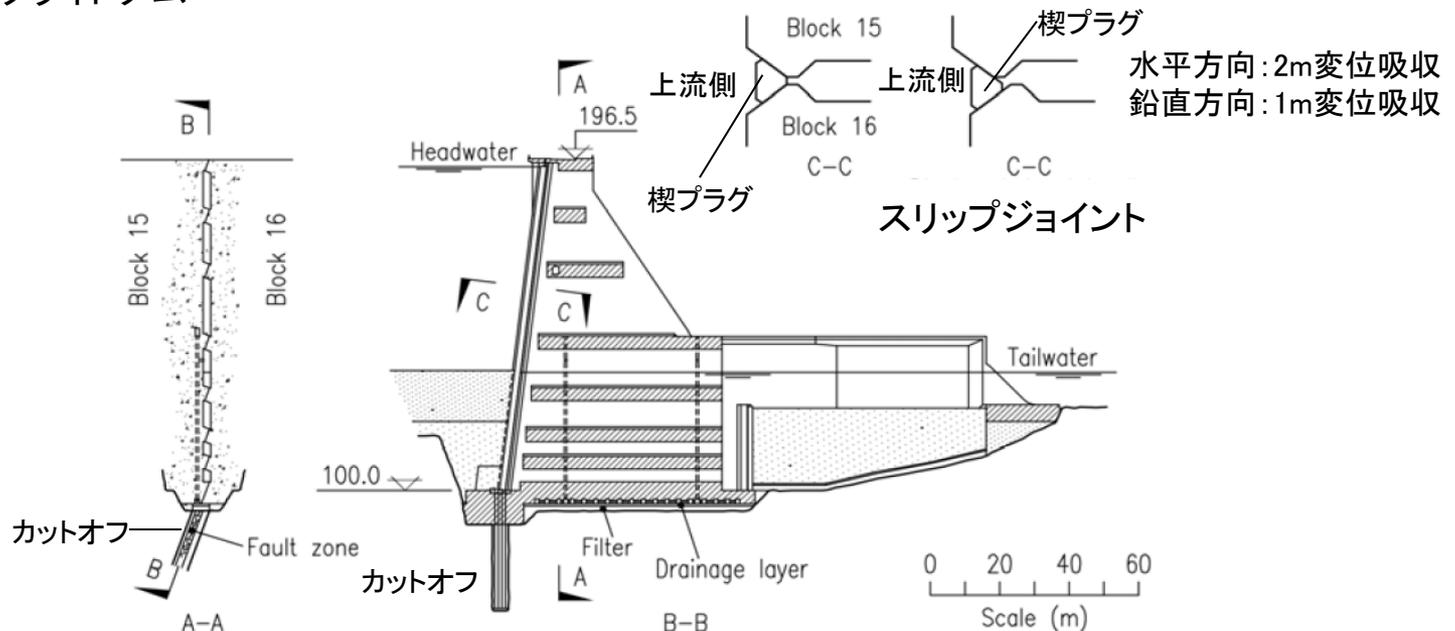
ニュージーランド南島クライドダム(高さ:102m, 重力式コンクリートダム)



クライドダム

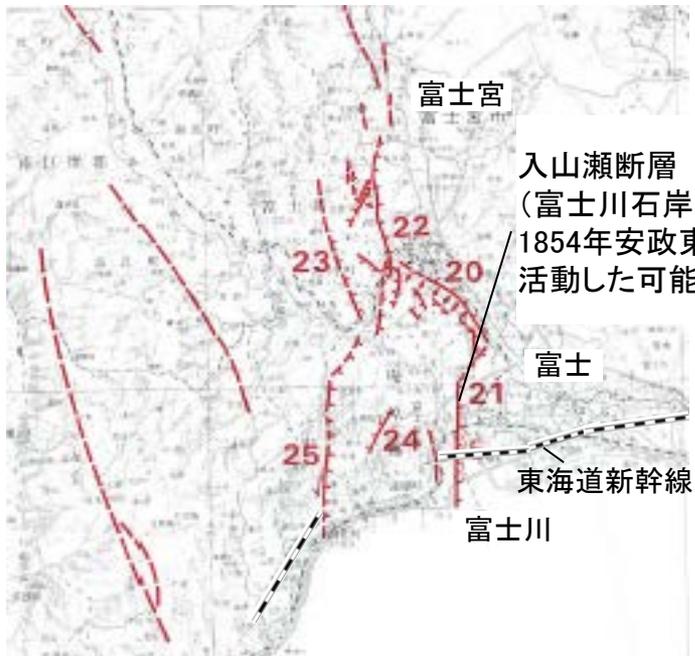


クライドダム スリップジョイント



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

東海道新幹線富士川橋梁



入山瀬断層
 (富士川石岸, 活動度A, 確実度I)
 1854年安政東海地震によって
 活動した可能性(日本の活断層)

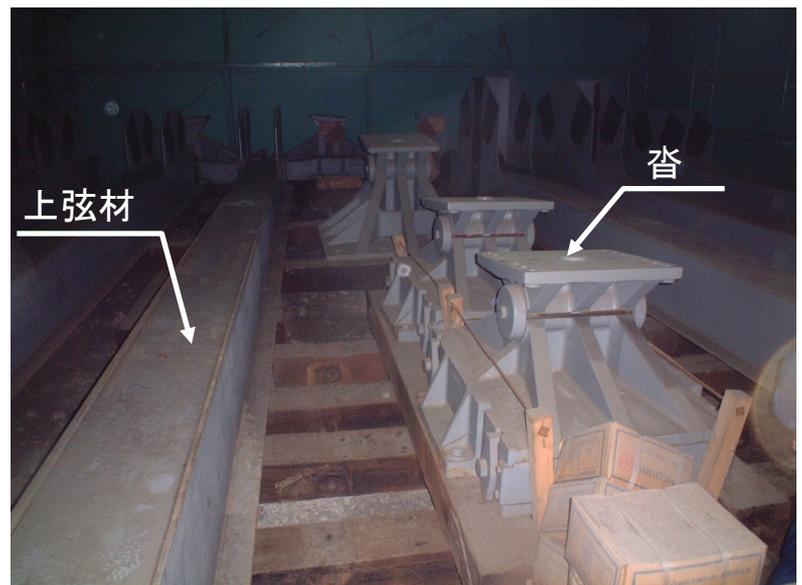


拡幅された桁座

落橋防止のための桁座の拡幅



構造部材の備蓄用倉庫

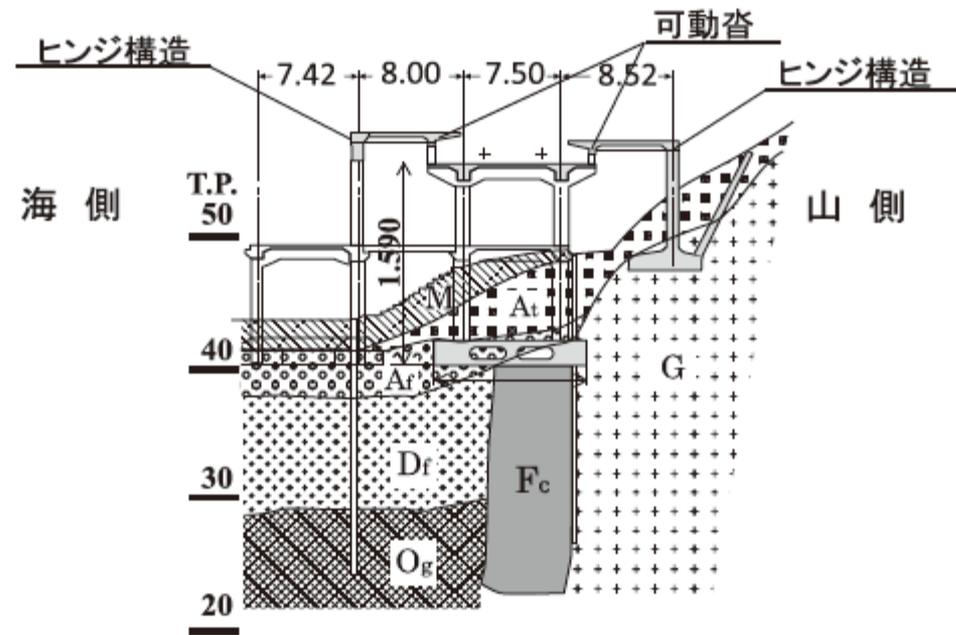


上弦材

脊

復旧部材(上弦材, 脊)

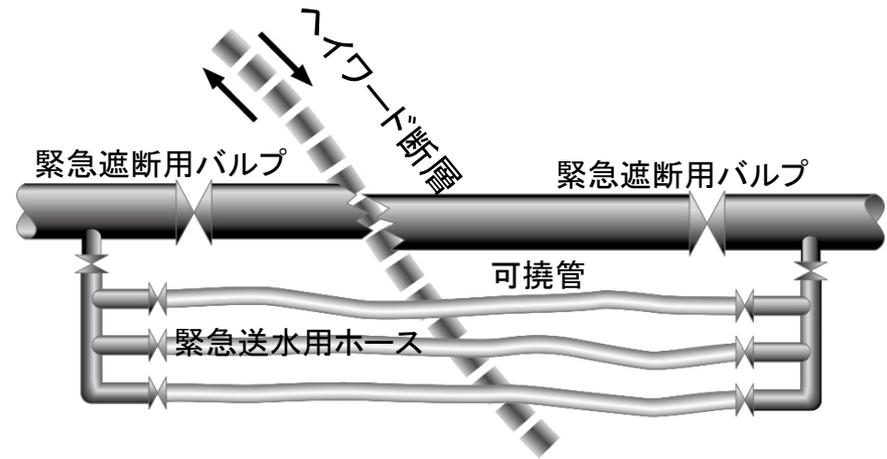
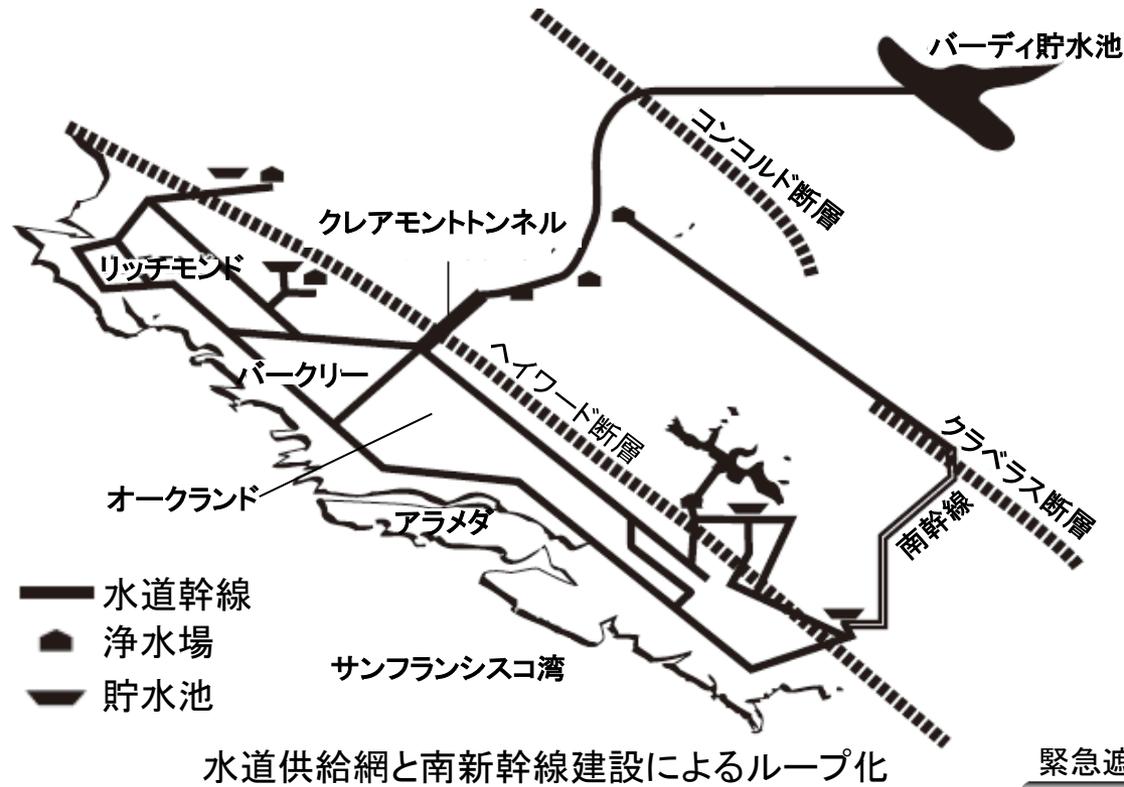
山陽新幹線新神戸駅



- | | | | |
|--|----------|--|--------------|
| | M 表土 | | Fc 断層(粘土) |
| | At 沖積崖錐層 | | Og 大阪層群(洪積層) |
| | Ar 沖積堆積層 | | G 花崗岩 |
| | Df 洪積堆積層 | | |

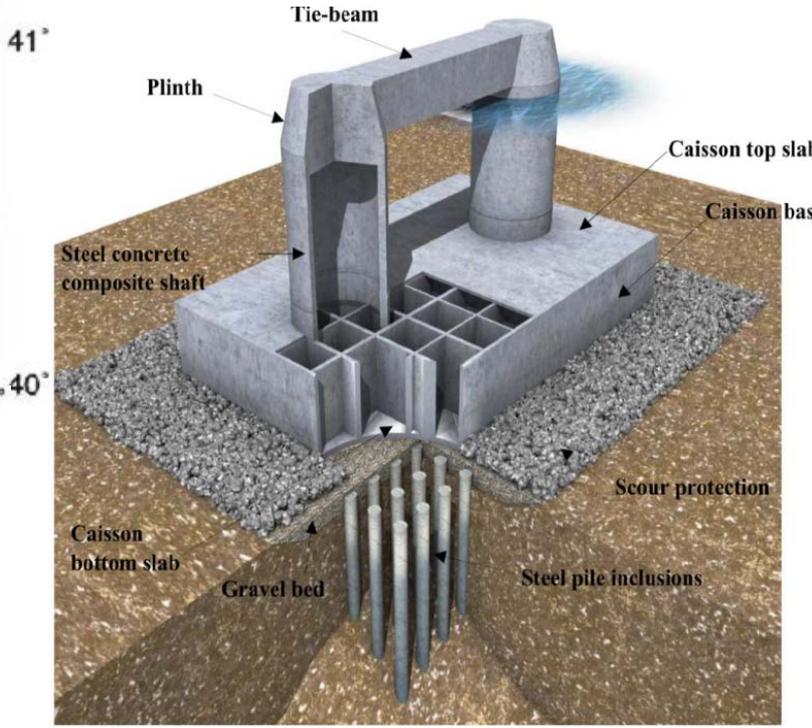
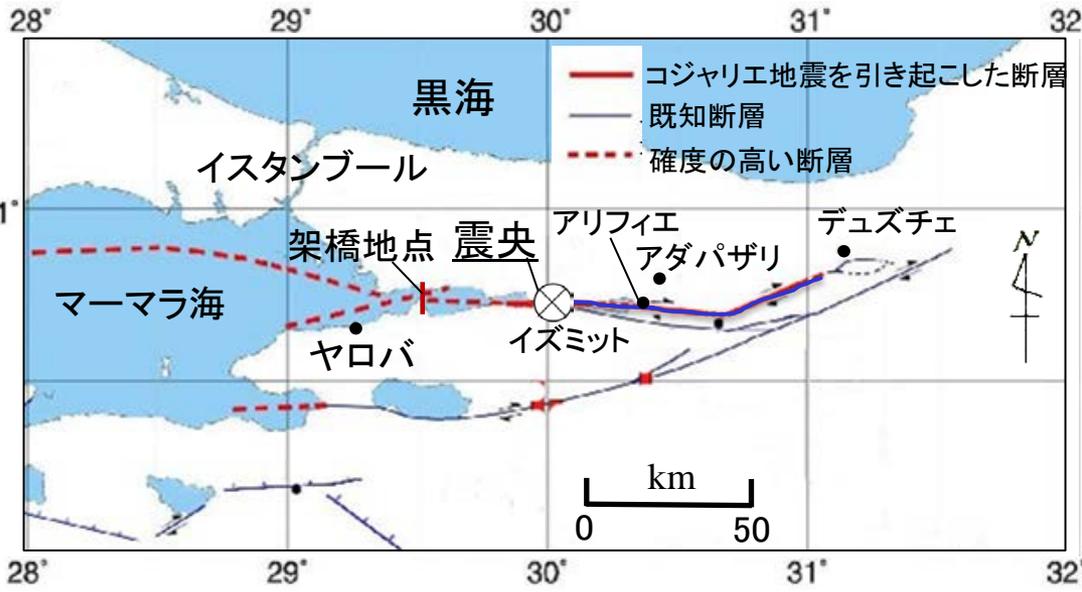
(森重, 1970)

米国EBMUD (East Bay Municipal Utility District) の断層対策¹⁶



緊急遮断用バルブの設置と送水用ホースの備蓄 (Installation of emergency shut-off valves and stocking of water supply hoses)

トルコ イズミット湾大橋の断層変位対策



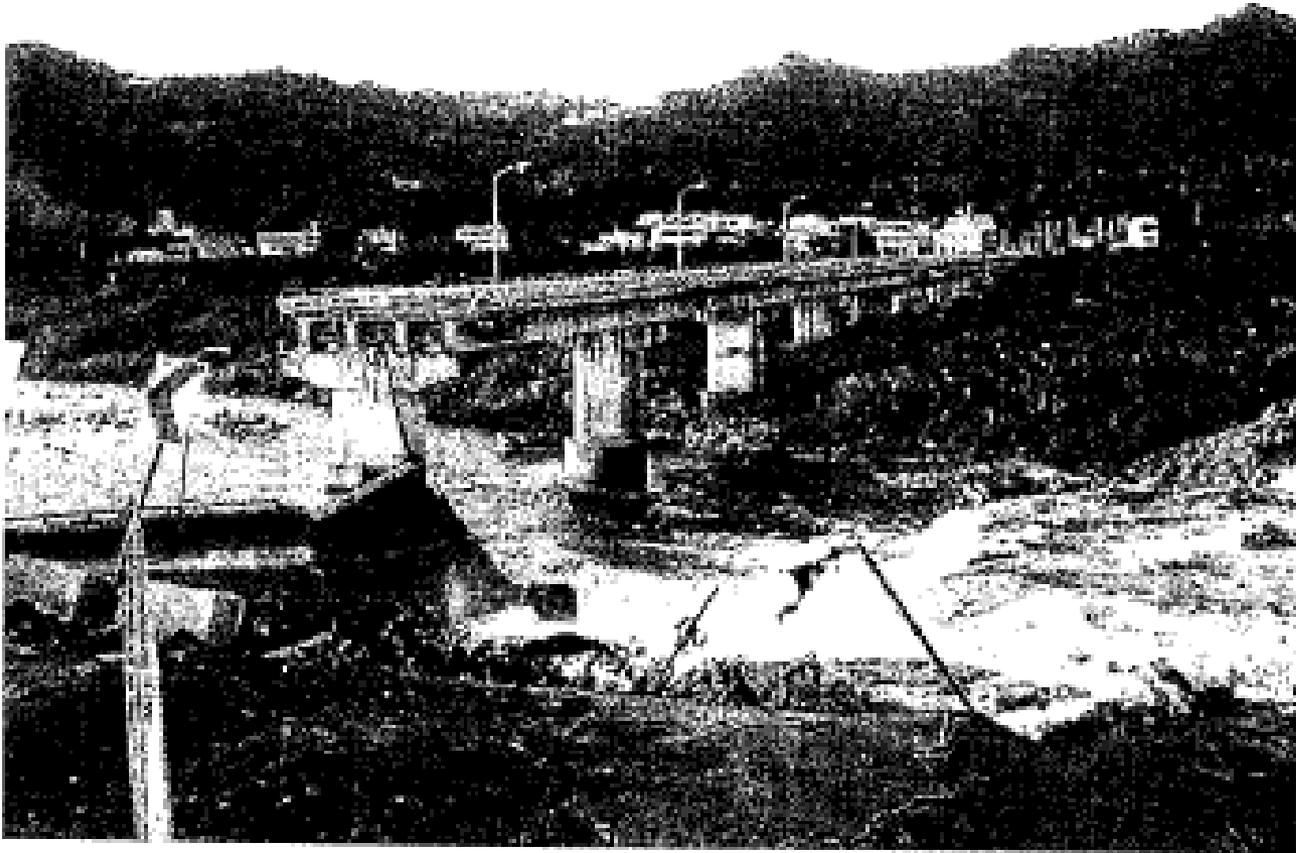
断層変位対策の考え方(2011年時点)

- ・ 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



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)

「断層変位を受ける橋梁の計画・耐震設計に関する 研究小委員会」報告書



2008年7月

土木学会地震工学委員会

断層変位を受ける橋梁の計画・耐震設計に関する研究小委員会

断層変位を受ける橋梁の計画・耐震設計に関する基本方針

修復性(復旧性)を考慮すると橋梁に比らべ土構造物などが望ましい場合が多いと考えられるが、やむを得ず橋梁とする場合は、以下の点に留意するのがよい。

- ・変位吸収(追従)性能の高い構造形式を採用する
- ・支間の長大化を検討するとともに、効果的な断層線との交差角を設定する
- ・変位吸収(追従)性能(変形性能)の高い部材断面とするが、過大な部材断面とならないよう適切なデバイスの採用を検討する。
- ・桁かかり長、落橋防止装置の適切な組み合わせにより効果的な落橋防止システムを構築する。
- ・震後の復旧シナリオを作成する。

3. 原子力発電所の断層変位に対する安全性検討への所感²⁰

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。

3. 原子力発電所の断層変位に対する安全性検討(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。学会会議の土木工学・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とし、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。

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。