

断層変位評価小委員会講演会
第4回 構造物への影響から見た断層変位評価

断層変位の構造物への影響評価手法開発及び 評価基準整備の進め方の提案

平成26年7月18日（金） 13:00～14:45
土木学会 講堂

蛭沢 勝三
土木学会/原子力土木委員会副委員長
電力中央研究所/東京都市大学

I. 背景・目的

- 台湾集集地震（1999. 9, M7. 6）では、断層変位によってダムや家屋が倒壊し、断層変位の構造物への影響について注目された。
- 我が国では、近年、分岐断層、副断層による変位の原子力施設への影響について注目され、喫緊の課題となっている。
- 講演では、断層変位の構造物への影響に係る国内外活動状況を紹介する。
- 上記国内外活動を参照し、断層変位の構造物への影響評価手法の開発、同手法に基づく評価技術基準の整備の進め方について提案する。



ダム側面から撮影



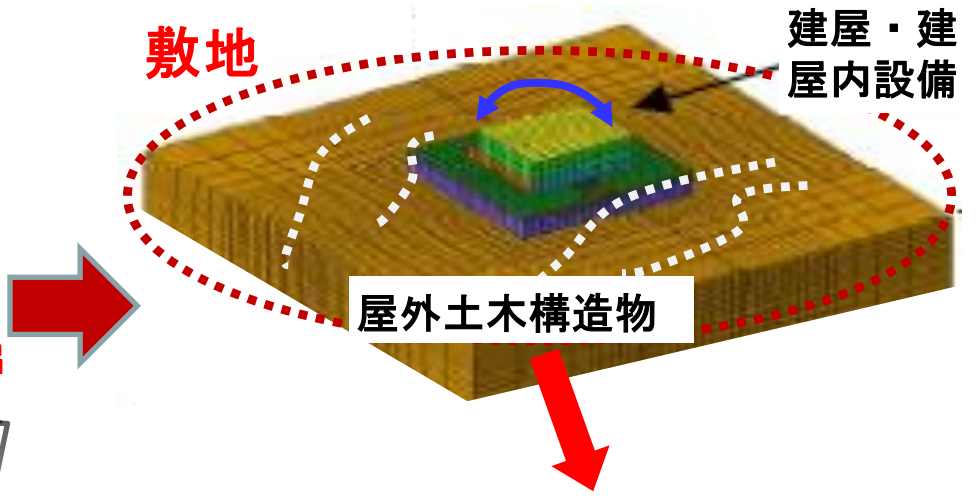
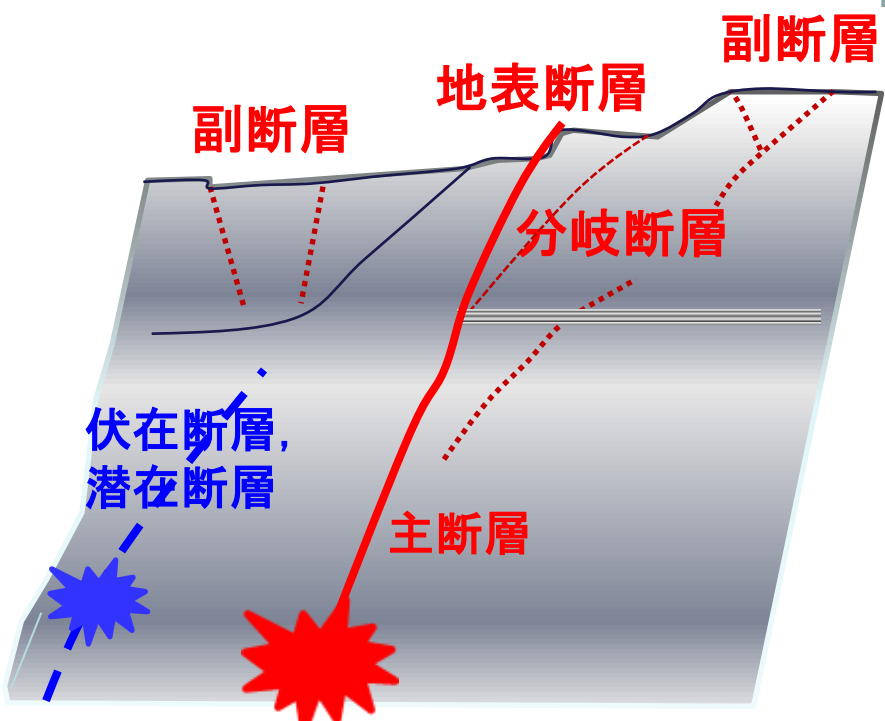
上流から撮影



下流から撮影

台湾集集地震（1999. 9、M7. 6）

主断層、分岐断層、副断層の定義



断層変位による屋外土木構造物・建屋・建屋内設備への影響

断層変位関連の指針

■ 原子力規制委員会新規制基準(地震・津波) (平成26年6月28日)

1. 地震及び津波に対する設計の基本方針

【基本的要求事項】

- 1 原子炉施設は、全体として高い安全性を有する必要があるため、次に示す基本的な設計方針を満足すること。
 - 重要な安全機能を有する施設は、将来活動する可能性のある断層等の露頭が無いことを確認した地盤に設置すること。

【要求事項の詳細】

- (1) 「将来活動する可能性のある断層等」とは、震源として考慮する活断層のほか、地震活動に伴って永久変位が生じる断層に加え、支持基盤を切る地すべり面が含まれる。
- (3) 第1項第一号については、重要な安全機能を有する施設が、将来活動する可能性のある断層等の露頭がある地盤面に設置された場合、その将来の断層等の活動によって安全機能に重大な影響を与えるおそれがあるために規定したものである。

■ IAEA指針

IAEA Safety Standards Specific Safety Guide No. SSG-9:
Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations

○ 新設サイトにおける断層の問題

- 8.8. 敷地発電設備の安全性に影響を及ぼす恐れのある断層が存在することを示す信頼し得る証拠がある場合には、**発電設備の設計、建設、運転の実現可能性が再評価されるべきであり、必要に応じて、代替地が考慮されるべきである。**

○ 既設サイトにおける断層の問題

- 8.9. 原子力発電施設に要求される建設前の広範な調査の観点では、一般に、既設の原子力発電施設の敷地において断層変位の可能性により、多くの考慮が必要となるような状況は避けるべきである。

しかしながら、断層変位に関する新たに評価をしなければならなくなるような情報が見出される場合も起こりうる。

- 8.10. このような状況下では、対象となる断層に係る多くのデータを取得することに、努力が払われるべきである。

断層が変位し得るものではないとの結論を判断するためには、8.3~8.7で記述の定義と決定論的手法の活用では、十分な根拠が得られないかもしれない。

この場合、地表若しくは近傍における様々の**断層変位に関する年超過確率の推定のため**に、活用し得る全データを用いて、地震動ハザード評価と類似した、若しくは同様の**確率論的手法が用いられるべきである。**

国内外の活動状況

国内

■学協会

- ・ 土木学会
- ・ 日本原子力学会

■産業界

- ・ 原子力安全推進協会
- ・ 電力中央研究所

■国関連

- ・ 旧原子力安全基盤機構 (JNES) 安全研究
- ・ 資源エネルギー庁公募研究

国外

■国際機関

- ・ 国際原子力機関 (IAEA) / 国際耐震安全センター (ISSC) / 特別拠出金事業 (EBP)

■米 国

○学協会

- ・ 米国原子力学会 (ANS)

Ⅱ. 国内の活動状況

1. 土木学会/原子力土木委員会/断層変位評価小委員会

■ 活動方針

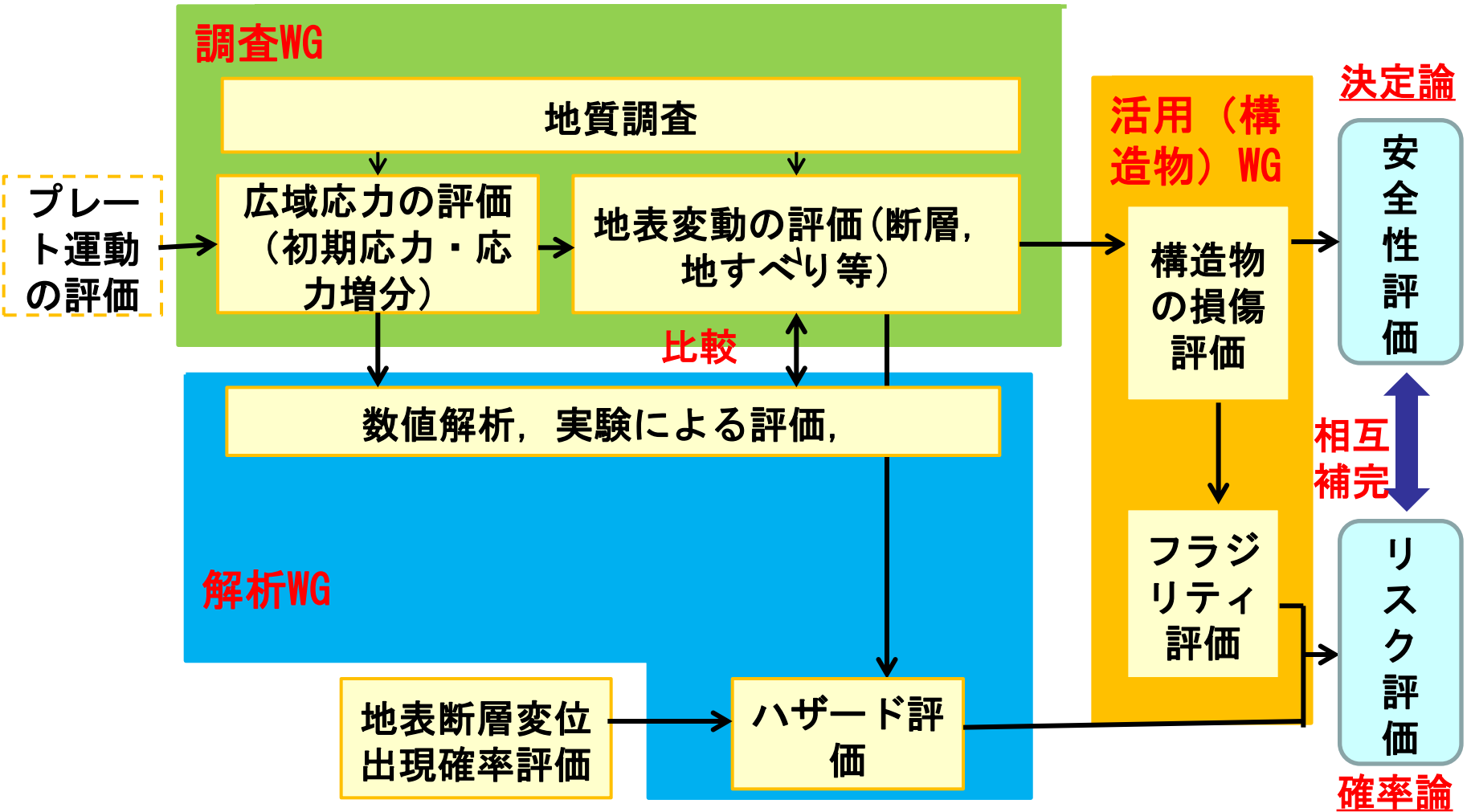
(1) 断層変位評価に関する技術の現状の取りまとめ

- ・現状技術把握のために、委員や外部識者に話題提供をしていただく
- ・話題提供は公開講演会の形式をとる
- ・断層の調査法，解析方法，それらの活用方法に分け，現状技術を取りまとめる（WGで作業），話題提供の資料を束ねる。
- ・現状技術を俯瞰できるような断層変位評価のフローについて議論する

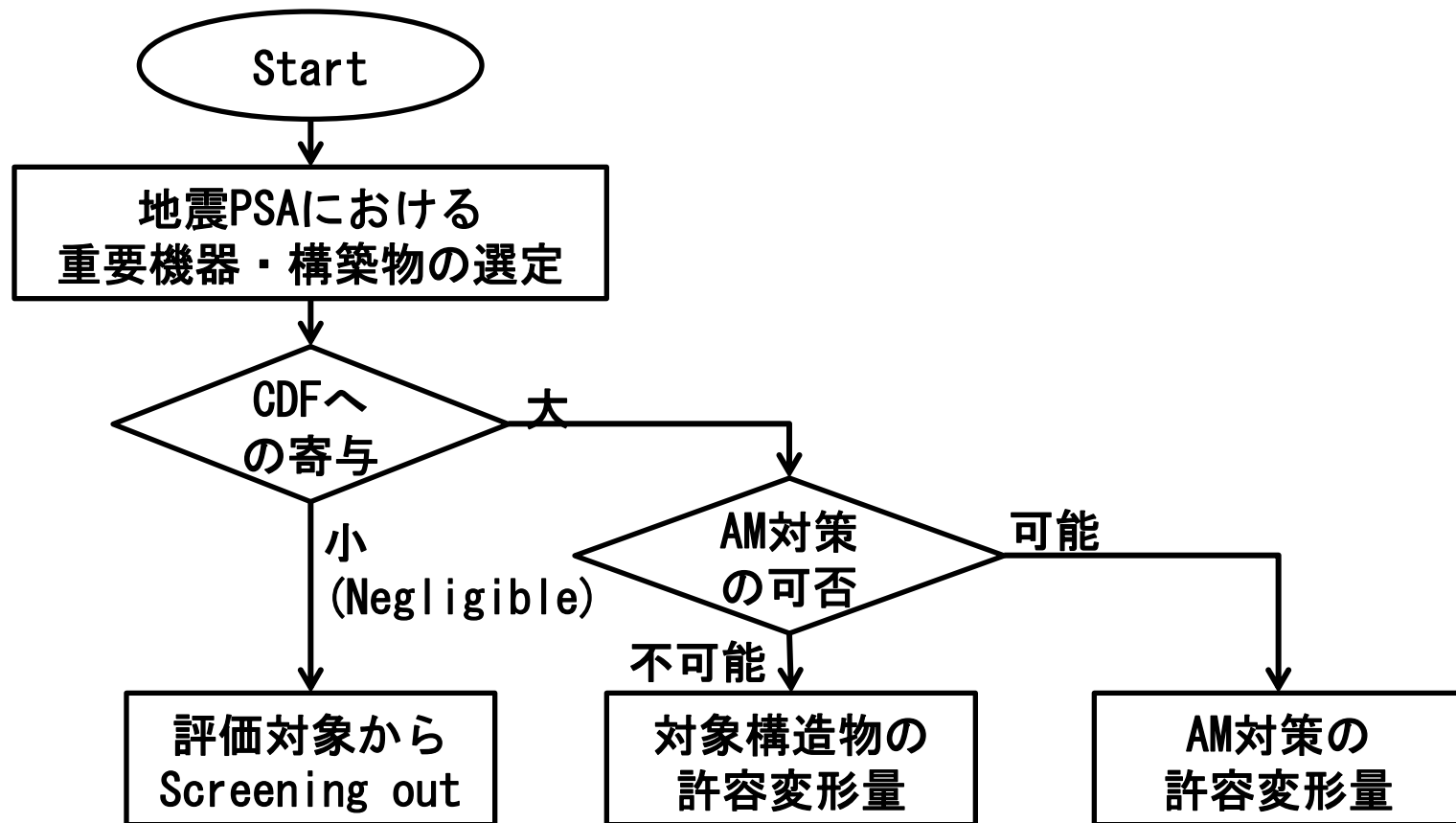
(2) 断層変位評価に関するメッセージ・提言の発信

- メッセージ・提言の例
 - ・広域，敷地内／外の調査に関するメッセージ
 - ・原子力立地地点選定に関連したメッセージ
 - ・個別地点の思考実験からの提言の作成
- 公開講演会の内容を踏まえて，委員会で議論する。
- 成果物のイメージ：断層変位評価に関する技術資料
- 期間：2年ずつの2フェーズ（合計4年）※必要に応じて延長

断層変位評価フロー（案）とWG担当範囲



建造物の許容変位評価フロー（案）



例えば、

- ① 重要建造物であっても、炉心損傷頻度への寄与が小さければ、評価対象から Screening out できる可能性がある。
- ② AM対策が可能であれば、対象建造物でなく、AM対策の許容変形量が耐力の中央値となる。

2. 日本原子力学会/地震PRA実施基準

- 地震PRA実施基準は、2007年9月に発行。
- 同基準は、5年の定期改定作業を終え、2014年9月に発行予定。
- 改定基準には、断層変位ハザード評価、同ハザードに対するフラジリティ評価、事故シーケンス評価が追加された。

4. 評価手順

5. サイト・プラント情報の収集・分析

- 5.2 サイト・プラント関連情報の収集・分析
- 5.3 サイト・プラントウォークダウンの実施

5. 事故シナリオの概括的分析

- 5.4 事故シナリオの概括的な分析及び選定
- 5.5 事故シナリオの明確化と起因事象の分析
- 5.6 建屋・機器リストの作成

6. 地震ハザード評価

6.1 地震PRA実施基準策定後の地震からの知見と地震動ハザード評価の流れへの反映

6.2 東北地方太平洋沖地震等巨大地震からの知見の反映、不確かさの取扱い及び地震ハザードの妥当性確認

6.3 震源モデルの設定

6.4 地震動伝播モデルの設定

6.5 ロジックツリーの作成

6.6 地震動ハザードの評価

6.7 フラジリティ評価用の地震動の作成

6.8 複数プラントにおけるハザード評価の留意事項

6.9 断層変位及び地殻変動のハザード評価

6.10 複合ハザード評価及び地震随件事象PRAに用いる地震動ハザード

7. 建屋・機器フラジリティ評価

7.2 評価対象と損傷モードの設定

7.3 評価手法の選択

7.4 現実的耐力の評価

7.5 現実的応答の評価

7.6 フラジリティの評価

7.7 損傷の相関及び免震型原子力施設・設備のフラジリティ評価

8. 事故シーケンス評価

8.2 起因事象の設定

8.3 事故シーケンスのモデル化

8.4 システムのモデル化

8.5 事故シーケンスの定量化

8.6 格納容器機能喪失シナリオの分析

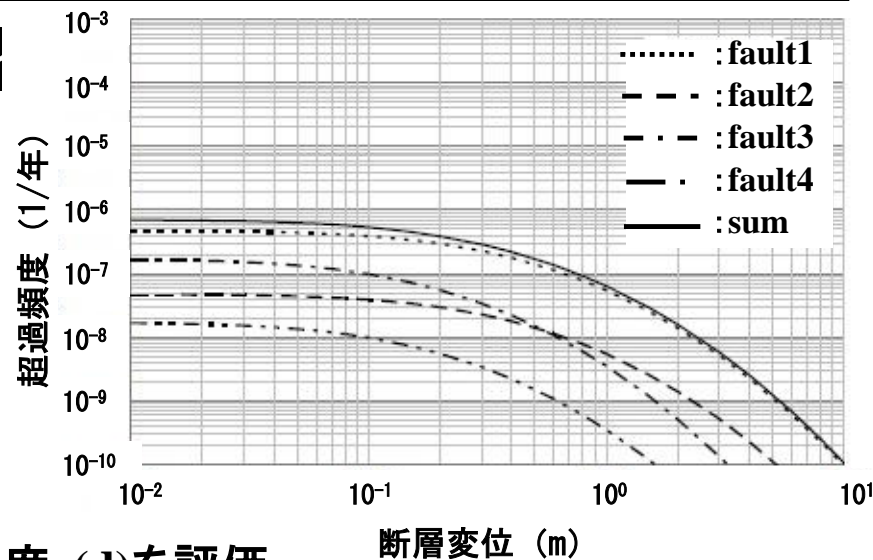
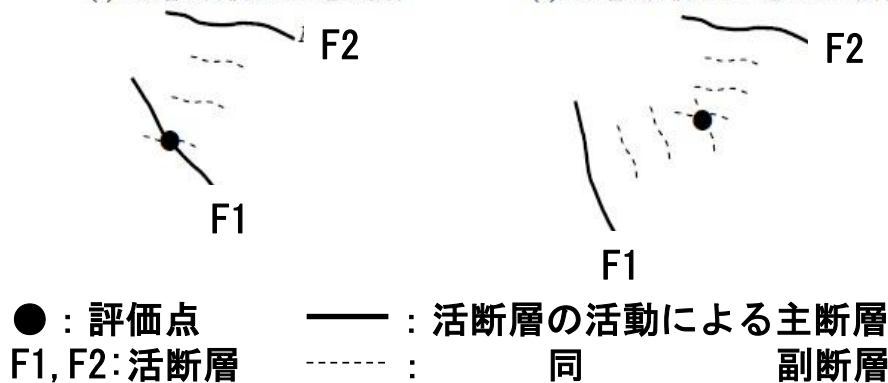
地震ハザード評価 —断層変位ハザードのモデル及び評価例—

■ 評価手順

- (1) 断層変位の年超過頻度は、図に示すように地表面での主断層及び副断層の2種類の断層による断層変位の頻度の和として評価する。
- (2) 主断層による断層変位の年超過頻度の評価
- (3) 副断層による断層変位の年超過頻度の評価

主断層が評価点を通る場合

主断層が評価点を通らない場

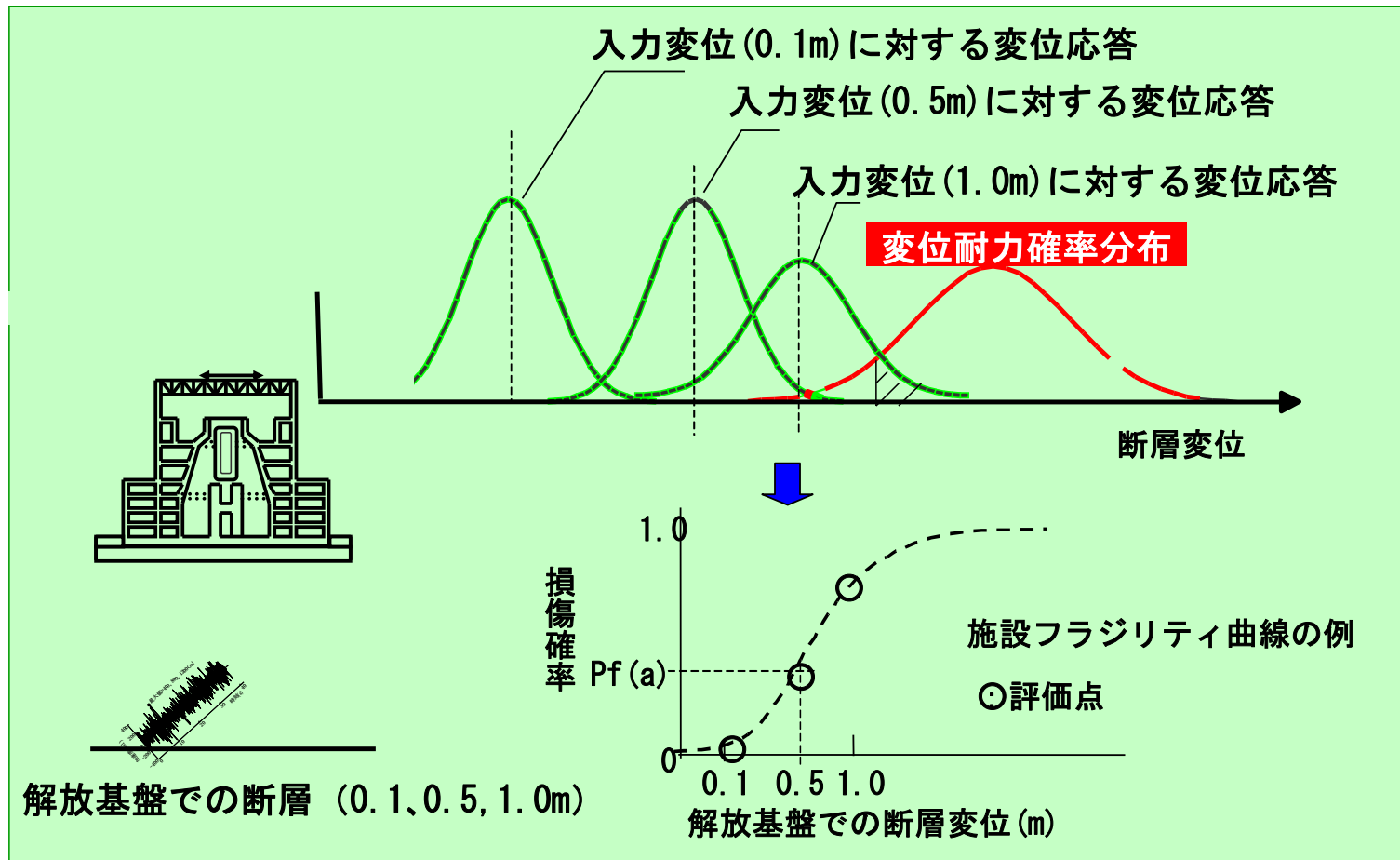


評価地点における断層変位が d を超える年発生頻度 $v(d)$ を評価

$$v(d) = v(d)_{p1} + v(d)_{d2}$$

構造物・機器のフラジリティ評価

- 本震以外の余震、断層変位及び地殻変動に起因した地盤変状によるフラジリティ評価を要求事項として明確化。



事故シーケンス評価

■地盤変状の影響に関する感度解析の方法

○地盤変状の炉心損傷への寄与に関する事故シナリオ

- ① 当該活断層又は付随する副断層が活動する。
- ② ①の活動により、当該原子炉建屋、熱交換器建屋などの重要建屋及び重要な屋外施設のある領域で地盤変状が発生する。
- ③ ②の地盤変状の発生により、安全機能の一部が喪失する。
安全機能喪失のメカニズムとしては、次が想定される。
 - ・ 建屋直下の地盤変状により建屋が損傷又は崩壊する
 - ・ 建屋の傾きにより建屋内のSSCsが損傷する
 - ・ 建屋間の変位により渡り配管、ケーブル、タンクなどが損傷する
 - ・ 屋外に設置された配管、ケーブル、機器が損傷する
- ④ ①の活動により、地震動が重畳する。
- ⑤ ④の地震動により、安全機能の一部が喪失する。
- ⑥ ③及び⑤の結果、炉心損傷に至る。

○上記事故シナリオによる炉心損傷頻度の感度解析手順

- 1) 現在知見での評価のため、過大評価との仮定をあえて用いている。
- 2) よりよい精度を得る方法があればモデルの詳細化は望ましい。

3. 原子力安全推進協会

- 敷地内断層評価手法検討委員会
 - ・ 平成25年3月～8月 計6回開催
- 原子力発電所敷地内断層の変位に対する評価手法に関する調査・検討報告書
 - ・ JANSI HPで公開
- 敷地内断層評価手法の検討フロー
 - ・ 右図
- 評価手法の検討項目
 - (1) 断層の調査と区分
 - (2) 断層変位の評価方法
 - (3) 荷重の組み合わせと許容限界
 - (4) 建物・構造物の耐変位安全性評価
 - (5) 機器・配管系の耐変位安全性評価

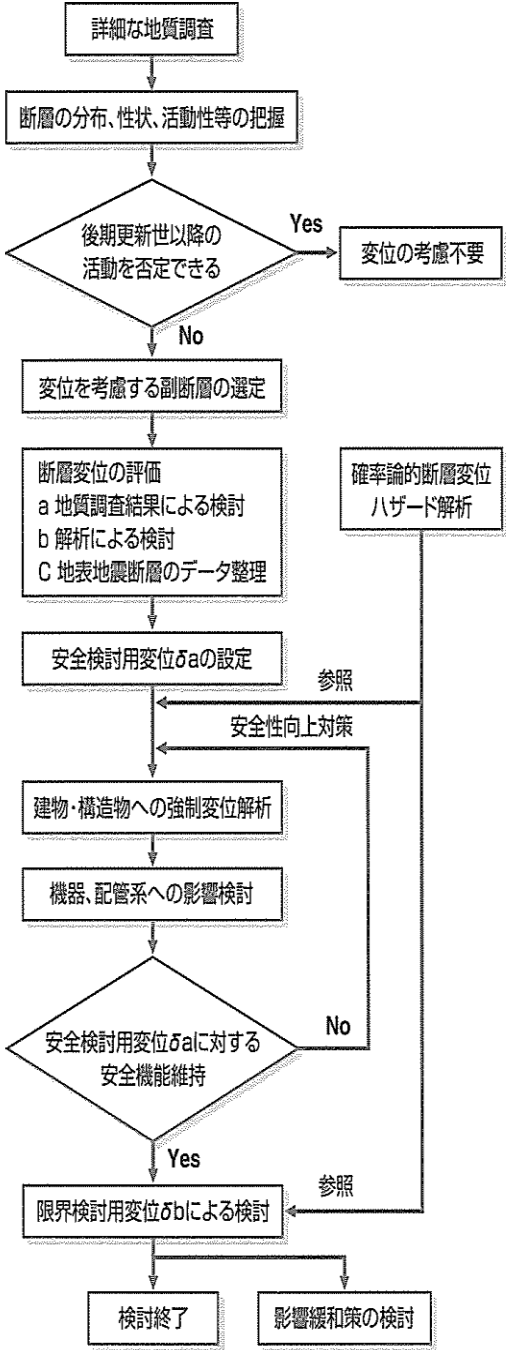


図-2 検討フロー

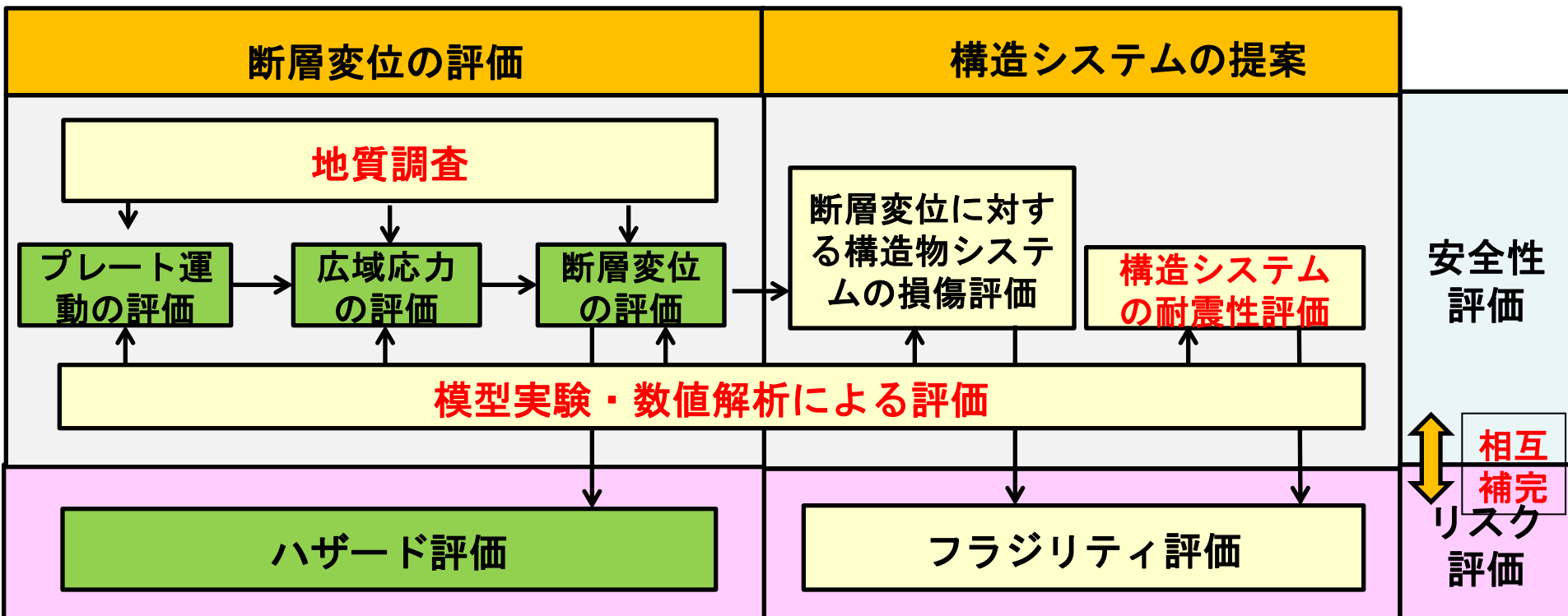
【出典】月刊エネルギーレビュー「原子力発電所敷地内断層の変位に対する評価の基本的な考え方」(2013. 11)別刷りより抜粋

4. 電力中央研究所

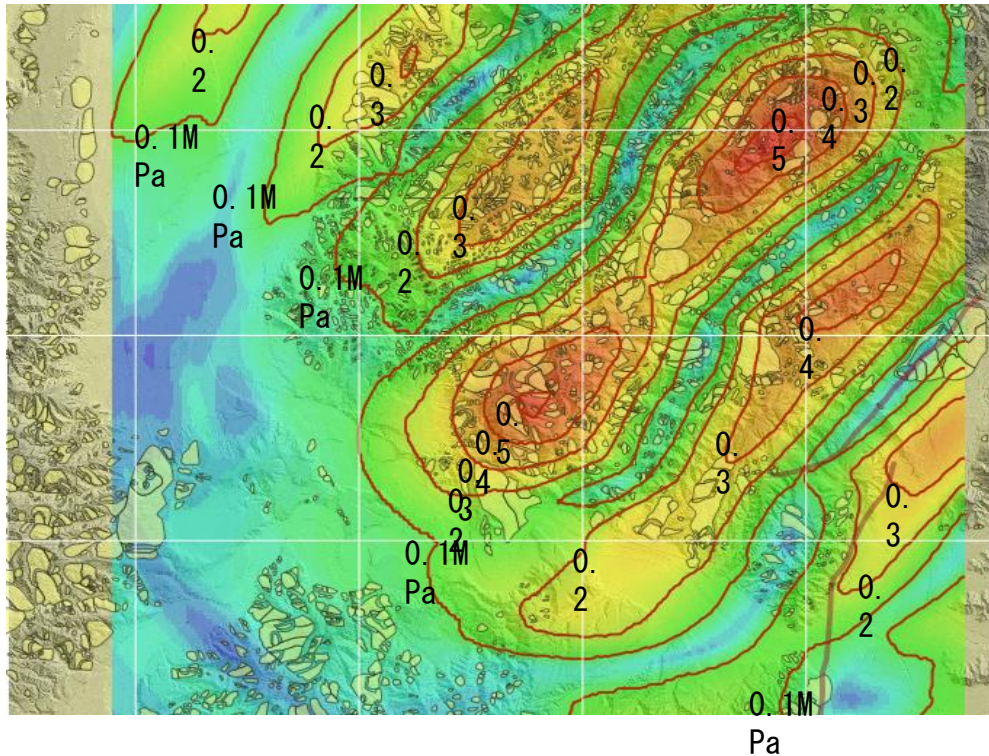
■ 研究の背景・目的

- ・ 原子力発電所建屋等構造システムに対する耐震性評価・対策を実施。
- ・ 断層変位評価が未実施で，断層変位に対する構造とはなっていない

■ 研究フロー（案）



地質調査：広域応力の評価の例



新潟県中越地方で、
深度75mでの地盤
の変形に係る $\sqrt{J_2}$
を評価

↓
 $\sqrt{J_2}$ の帯が特徴的
で、地すべり地形
分布と重なる。

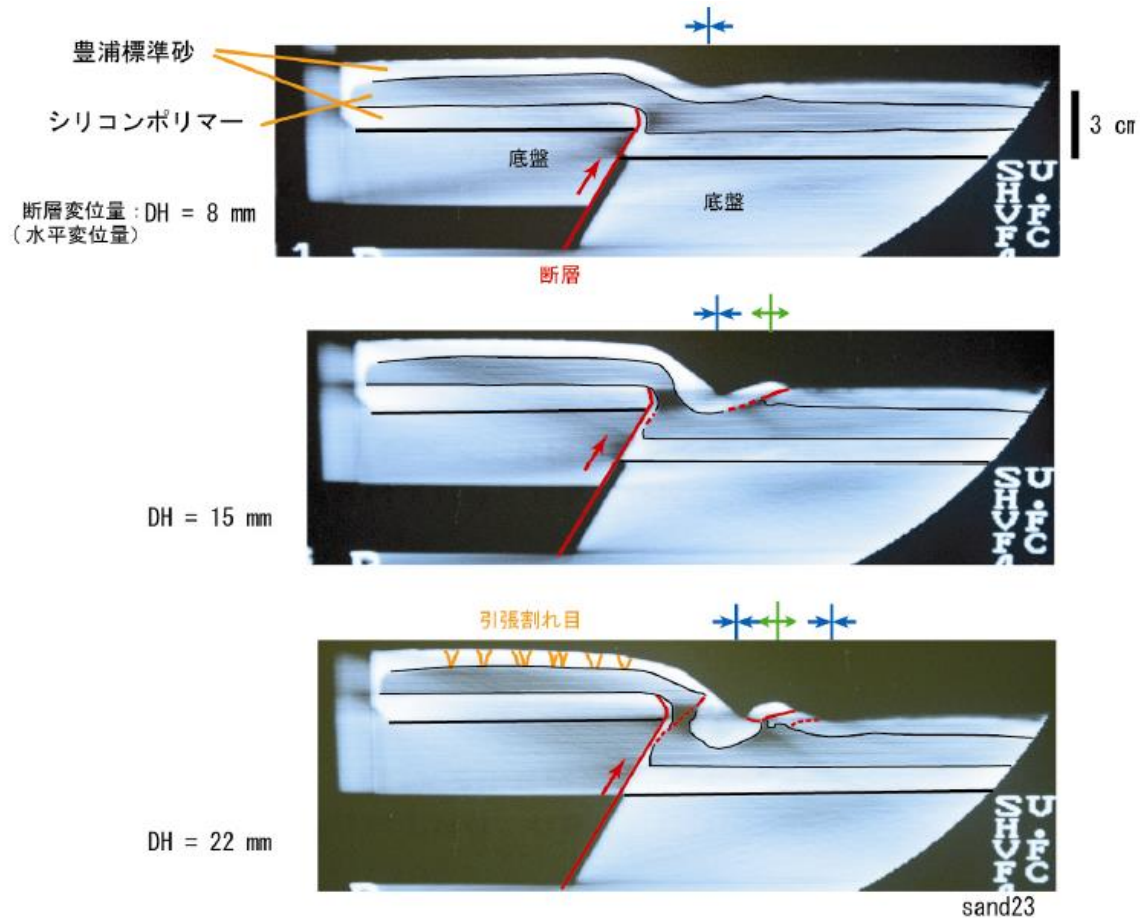
- ・ DEM（数値標高モデル）やInSAR（干渉合成開口レーダ）画像を用いて評価
- ・ 防災科学技術研究所判読による斜面崩壊地分布（2001年）

【出典】原子力土木委員会 地盤安定性評価部会公開シンポジウム「地盤・斜面の変形量評価」（2013.6）講演資料より抜粋

模型実験手法の開発： 室内実験例（X線CTを用いた実験）



（ベッド上は横ずれ断層模型実験装置）



【出典】 上田、模型実験による逆断層・活褶曲帯の発達過程の検討、電中研報告 N10049 , H23. 6

数値解析手法の改良：地盤変形量の算定の例

集集地震による断層変位の例

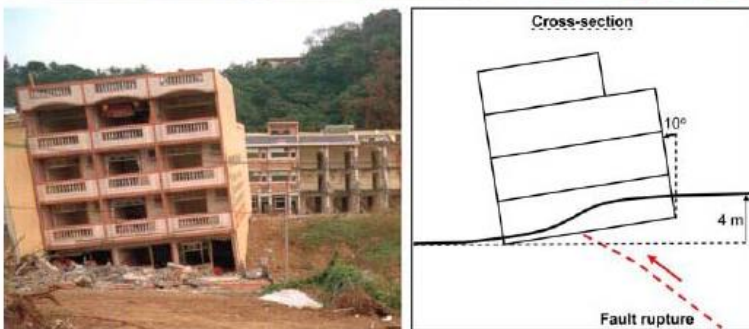


Fig. 7 Chelungpu thrust fault, Chi-Chi, Taiwan 1999 earthquake—Chung-Cheng Park, Fung-Yan City: 4-story building resting on a continuous and rigid foundation (photos adapted from Hwang 2000). The building survived 4 m of upthrust without substantial structural damage, but subjected to approximately 10° of rigid-body rotation

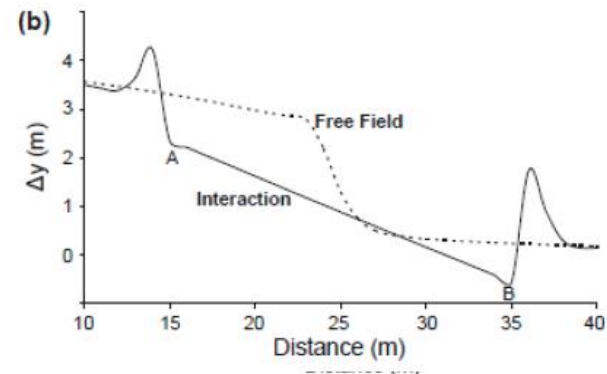
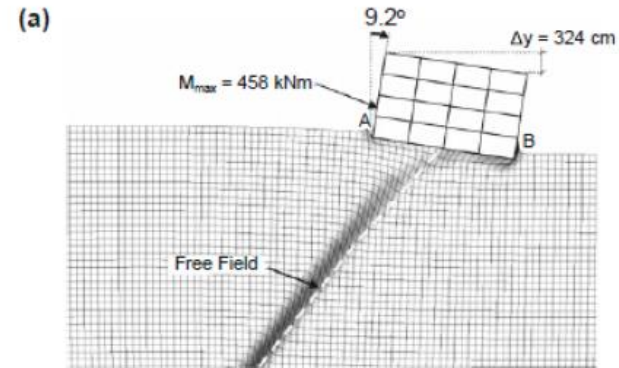


Fig. 8 Chelungpu thrust fault, Chi-Chi, Taiwan 1999 earthquake—Chung-Cheng Park, Fung-Yan City—s2-D finite element analysis of the 4-story building of Fig. 6 ($h = 4$ m): a Deformed mesh and plastic strain, b Vertical displacement Δy at the ground surface. The structure is subjected to rigid-body rotation, without excessive stressing. Analysis results can be seen to be in qualitative agreement with field observations

【出典】発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる新安全設計基準に関する検討チーム 第11回会合 (2013.4) 資料 震基11-2-1「断層変位による影響評価への取り組みについて」より抜粋

対断層変位構造システムの現状

- ・ 部分的に開発され、実現されている
 - パイプラインなどの線状構造物
 - 構造システムを構成する構造体の一部（壁）
- ・ 日本では実績がない。（アイディアは提示されている）
- ・ 実現されている構造が、十分な耐震性能を有しているか明らかでない。
- ・ 原子力発電所内の各種構造に適用できるかどうか不明



写真1 アラスカ横断石油パイプラインの活断層対策



A. Right-lateral displacement of stadium parapet at expansion joint between Sections K-KK (south end of stadium).

【出典】Sloan, D. et.al.(2006): The Hayward fault, Geological Society of America, Field Guide7.

【出典】山口(2008):活断層情報を社会に生かすために, 活断層研究, Vol. 28, pp. 123-13.

対断層変位構造システムのアイデアの例

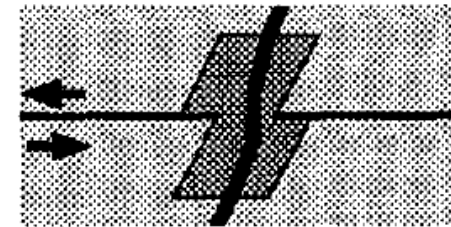
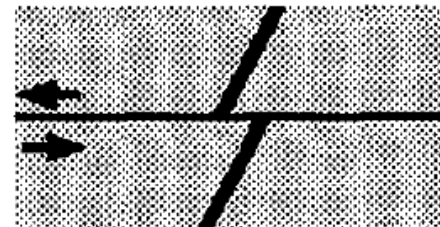
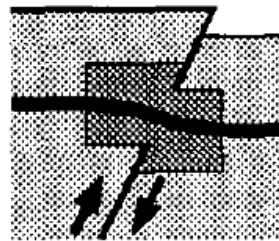
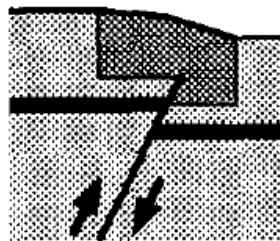
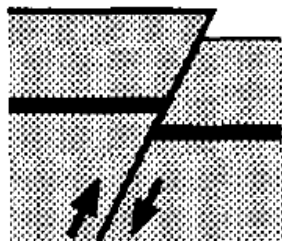
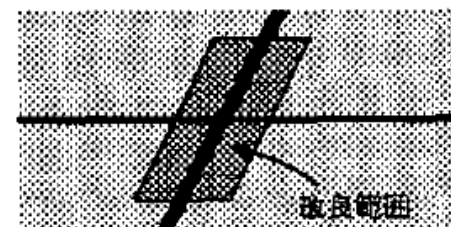
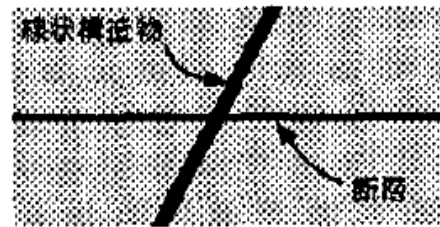
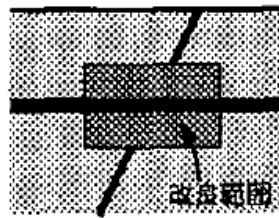
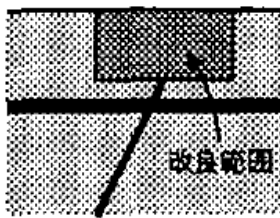
地盤を改良しない場合

表層地盤を改良する場合

深部地盤を改良する場合

表層または深部の地盤を改良しない場合

表層または深部の地盤を改良する場合



縦ずれ断層の縦断図(上段:変位前、下段:変位後)

横ずれ断層の平面図(上段:変位前、下段:変位後)

「岩盤の表面ないし内部の一箇所に集中して発達するせん断変形（地盤のずれ）を覆い隠すようにインコンピーテントな（強度や剛性が低い）地盤を造成する」

【出典】谷和夫（2003）：岩盤の表面ないし内部に立地する構造物を地表地震断層から守るために地盤を改良する工法の提案，第32回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，pp. 101-160.

5. 資源エネルギー庁公募研究/断層変位の構造物への影響評価

■ エネ庁公募研究の背景・目的

- エネ庁は、確率論的リスク評価（PRA）手法高度化及びその原子力安全への適用促進のため、「**確率論的リスク評価日米ラウンドテーブル**」を平成26年2月に開催し、PRA 分野での日米協力の進展をまとめた。
- エネ庁公募研究では、日米におけるPRA関連の調査・研究・実験等を実施し、PRA 高度化のために必要となる各種技術基盤について整備を行う。
- **電力中央研究所は、エネ庁公募研究を受託した。**

■ エネ庁公募の実施項目

- (1) PRAの動向に関する調査（日米ラウンドテーブルのフォローアップ）
- (2) 外的事象PRA等に関する日米協力の可能性の調査・検討
- (3) **地震動評価手法の高度化**
 - ① **「断層変位」、「Diffuse Seismicity」等の構造物フラジリティへの影響、及び国内外における規制運用の実態等に関する調査・検討**
 - ② **今後の研究計画等のとりまとめ**
- (4) レベル3PRAの検討
- (5) PRA のコンピュータ・コードと基盤データベース整備
- (6) 既存の原子力発電所におけるPRAの実施

■ 断層変位の構造物への影響評価の概要

○ 第1段階

(1) 構造物への影響評価

- 1) 対象構造物：海水管ダクト等屋外土木構造物、建屋、建屋内設備
- 2) 対象地盤：硬岩、やや硬岩、軟岩
- 3) 影響の概略把握：
 - ① 断層変位を、例えば0.01, 0.1, 0.5, 1.0, 5.0m・・・と与える
 - ② これら断層変位に対する上記構造物毎の概略の影響評価を行い、変位応答及び変位機能喪失基準に関する重要要因を検討する
 - ③ 構造物毎に、断層変位の影響範囲の概略 (X1~X2m) を把握する

(2) 確率論的断層変位ハザードの高度化の検討

- ・ 重要な不確実さ要因を検討・同定する

○ 第2段階

(1) 構造物への影響評価

- 1) 上記影響範囲 (X1~X2m) を対象として、上記変位応答・変位機能喪失基準の重要要因の不確実さを考慮して、確率モデルを検討する
- 2) 1)の確率モデルを用いて、フラジリティ評価を行う

(2) 確率論的断層変位ハザードの高度化の検討

- ・ (X1~X2m) を対象として、上記重要不確実さ要因に基づく高度化を検討する

■ エネ庁のIAEA/ISSC/EBPドナー登録

エネ庁は、IAEA/ISSC/EBPドナー会議（平成26年7月14日、ウイーン）において、ドナー登録し、以下の内容を提案した。

(1) Seismic Hazard分野

- ① 確率論的変位ハザード評価による断層変位の構造物への影響評価とそれに基づく新たな技術基準の検討
- ② 震源を特定できない地震に対する確率論的地震ハザード評価手法の高度化

(2) Seismic Design, Qualification and PSA分野

- ① 地震に対するシビアアクシデント対策設備のフラジリティ評価手法の整備と、同手法によるリスク低減効果の定量化
- ② 地震に対するレベル2 PRA手法の整備
- ③ プラントにおける免震装置の機能限界試験データベース等の整備

(3) Public Communication分野

過去のEBPで作成したTiPEEZ TECDOCのサイトへの適用と、適用例に基づくTiPEEZの機能の高度化に関する提言等を行っていく。

Ⅲ. 海外の活動状況

■ IAEA/国際耐震センター（ISSC）

*Plenary Meeting of the
International Seismic Safety Centre's Program*

Special Session 1:

**EVALUATION OF STRUCTURAL INFLUENCE INDUCED BY
SLOPE COLLAPSE**

- APPLICATION TO FAULT DISPLACEMENT ANALYTICAL CONSIDERATION -

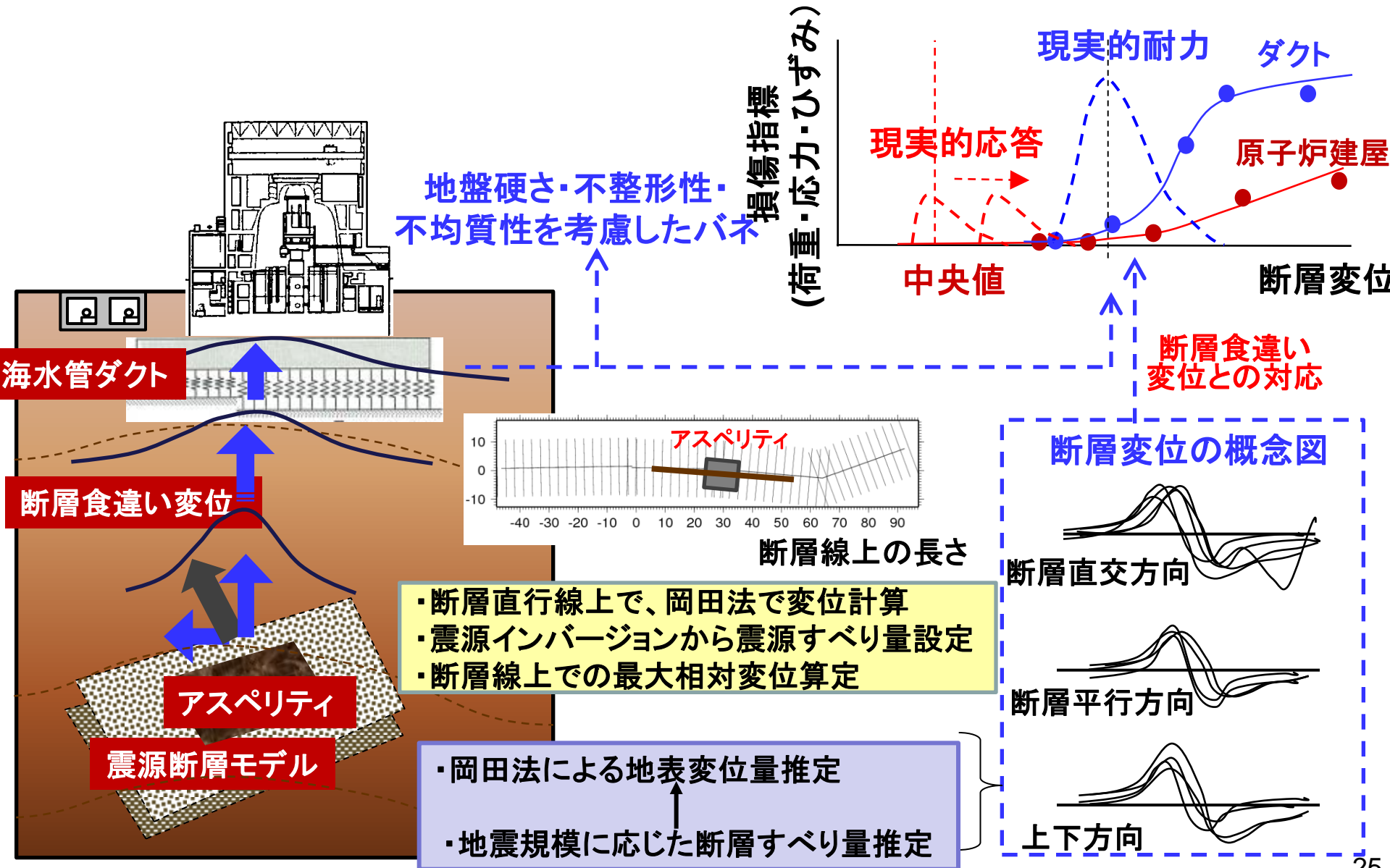
Jointly organized by IAEA/ ISSC and JNES

30 January, 2014

IAEA Headquarters, Vienna Austria

Chairpersons and Participants of the Special Session 1

断層変位による建屋・構造物の損傷状況の試解析の考え方



Purpose of the Special Session 1

Recent research projects in Japan, analytical method considering the dynamic behaviour from non-linear response to collapse such as the particle method was applied to evaluate the slope collapse obtained by the shaking table tests, and could results into good agreement with the experimental data. That is one of enhancement of the review guideline on ground and slope stability evaluation.

On the other hand, there are some events that surface deformation induced by fault rupture has destroyed buildings, bridges, and roads. Besides, **it is worrying possibility of existence of fault which may induce surface deformation around nuclear installation.**

The analytical methods shall be verified based on the sufficient bench mark test before simulating fault rupture. After that, **the influence of surface deformation caused by fault displacement on structure of building and equipment in nuclear installation site can be evaluated.**

This Special Session 1 program will discuss the current evaluation technologies for ground and slopes around nuclear installation sites, and **will provide an outline of one of new activities in the framework of ISSC EBP phase 2.**

Program of the Special Session 1

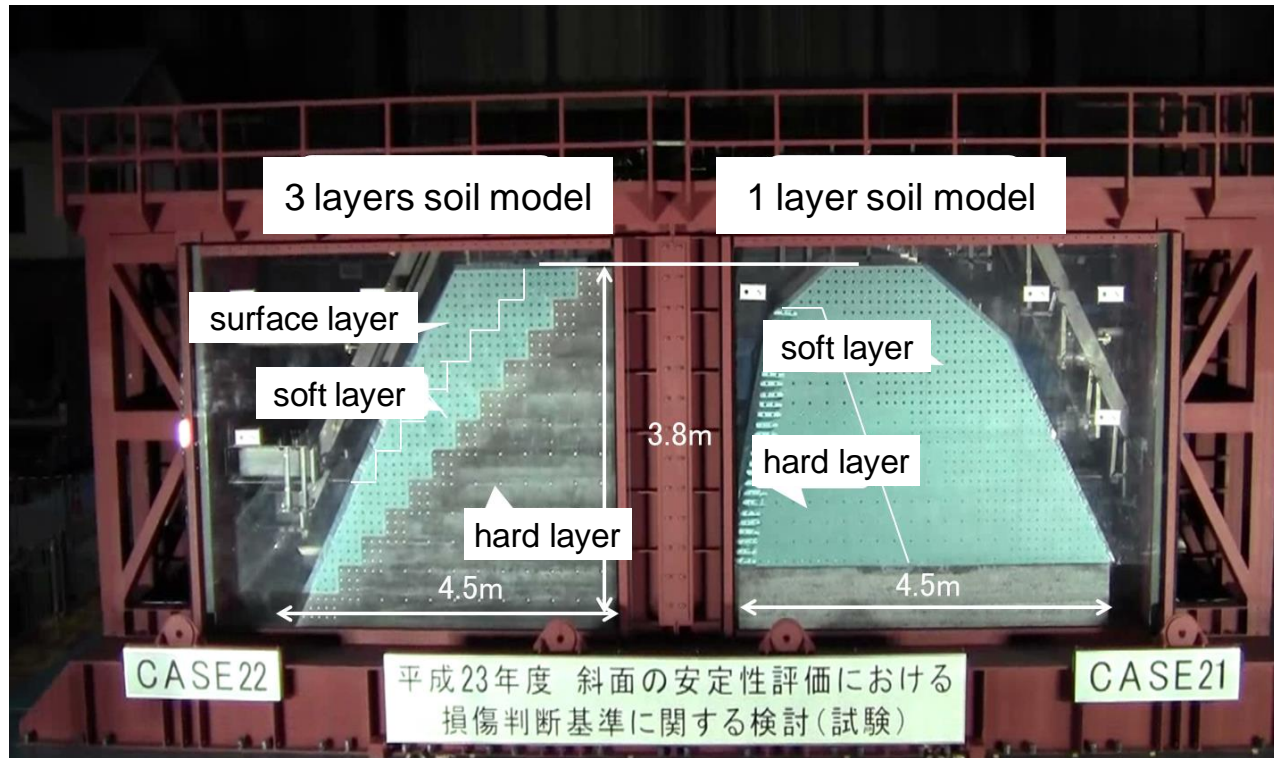
| Time | Subject | Speaker |
|---|---|---|
| Plenary Session | | |
| 09:00-09:10 | 1. Opening Remarks | Hibino (IAEA) |
| 09:10-09:30 | 2. Outline of the Special Session: Background and Objective of the Special Session 1 | Nakamura (Nihon Univ./Japan) |
| 09:30-10:10 | 3. Keynote Speech: General Description of Seismic Strong Ground Motion which Causes Slope Collapse or Fault Displacement Forwarding to Ground Surface | Irikura (Leader of ISSC-EBP WA1) |
| 10:10-10:30 Coffee Break | | |
| Technical Session 1: Effect of Ground Deformation such as Slope and Ground Failure on NPP and its Evaluation Chair: Nakamura (Nihon Univ./Japan) & Romeo (Univ. of Urbino/Italy) | | |
| 10:30-12:00 | 1. Development of Evaluation Method of Rock and Soil Behaviour Induced by Slope Failure on the Facilities in NPP based on Shaking Table in JNES Research Project | Nakamura (Nihon Univ./Japan) and Mori (JNES/Japan) |
| | 2. Analytical Evaluation of Rock and Soil Behaviour Induced by Slope Failure and Verification in Comparison with the Examination Data | Shinoda (JRTRI/Japan) |
| | 3. Ground Failures Affecting the Stability of Structures Including Landslides Triggering Water Run-up | Romeo (Univ. of Urbino/Italy) |
| | 4. Regulatory Perspective on Liquefaction Assessment | Weaver (USNRC) |
| 12:00-13:30 Lunch Break | | |

| Time | Subject | Speaker |
|---|--|-------------------------------|
| Technical Session 2: Effect of Ground Deformation such as Fault Displacement on NPP and its Evaluation | | |
| Chair: Petersen (USGS/USA) & Weaver (USNRC/USA) | | |
| 13:30-15:30 | 1. New approaches in addressing fault displacement hazard at nuclear power plant sites | Gürpınar (PC/Turkey) |
| | 2. Fault Displacement Assessment Methods for Nuclear Power Plant | Suzuki (JANSI/Japan) |
| | 3. Analytical Evaluation of Ground Deformation due to Fault Displacement and Verification in Comparison with the Examination Data | Johansson (NGI/Norway) |
| | 4. Establishment of Evaluation Formula for Probabilistic Fault Displacement Hazard Analysis in Japan | Takao (JSCE/Japan) |
| | 5. United States Engineering Treatment for Assessing Tectonic Surface Fault Rupture and Deformation | Petersen (USGS/USA) |
| | 6. Differential Interferometric SAR as Potential Monitoring Tool for Surface Deformation at NPP Sites | Stramondo (INGV/Italy) |
| 15:30-15:50 Coffee Break | | |

| Time | Subject | Speaker |
|--|--|---|
| Panel Discussion Chair: Nakamura (Nihon Univ./Japan) & Gürpınar (PC/Turkey) as the rapporteur | | |
| 15:50-16:50 | <p>Key issues:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Influence of Slope Collapse or Fault Displacement on Facility Structure in Nuclear Facilities 2. Awareness of Displacement Hazards Caused by Fault Rupture and Slope Collapse. 3. Significant Shaking Table Test and Applicability of Particle Methods for Slope Stability Evaluation 4. Application of Particle Methods to Fault Displacement Evaluation 5. Necessary Bench Mark Test for the Analytical Method Application 6. Next Stage of the ISSC-EBP Phase 2 | <p>Irikura (Leader of ISSC-EBP WA1) Shinoda (JRTRI/Japan) Romeo (Univ. of Urbino/Italy) Weaver (USNRC/USA) Suzuki (JANSI/Japan) Johansson (NGI/Norway) Takao (JSCE/Japan) Petersen (USGS/USA) Stramondo (INGV/Italy)</p> |
| 16:50-17:10 | Coffee Break | |
| 17:10-17:30 | Resolution | Gürpınar (PC/Turkey) |
| 17:30-17:40 | Closing remarks | |
| | | Hibino (IAEA) |

Development of Evaluation Method of Rock and Soil Behaviour Induced by Slope Failure on the Facilities in NPP based on Shaking Table in JNES Research Project

Large Scale Shaking Table Test Equipment (50m height real slope modeled by centrifugal force test)

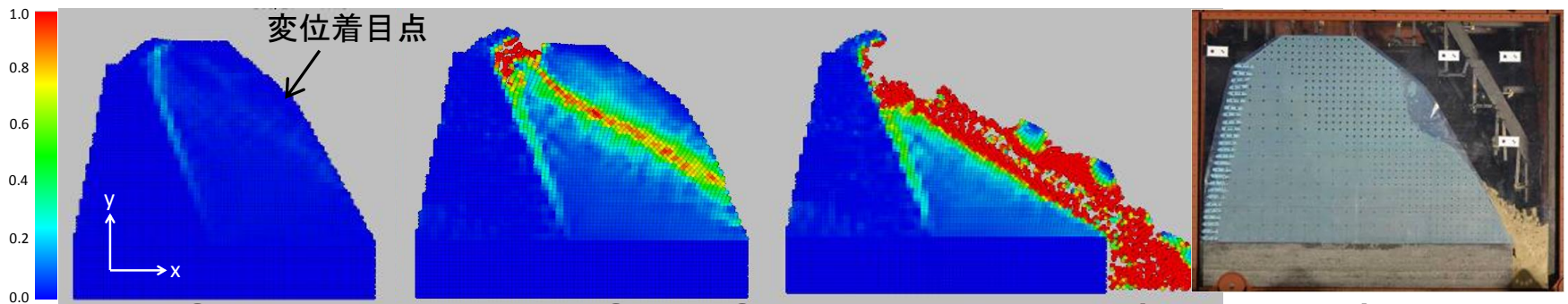


2 Slopes Model: 4.5m wide, 3.8m height, 2.5m depth

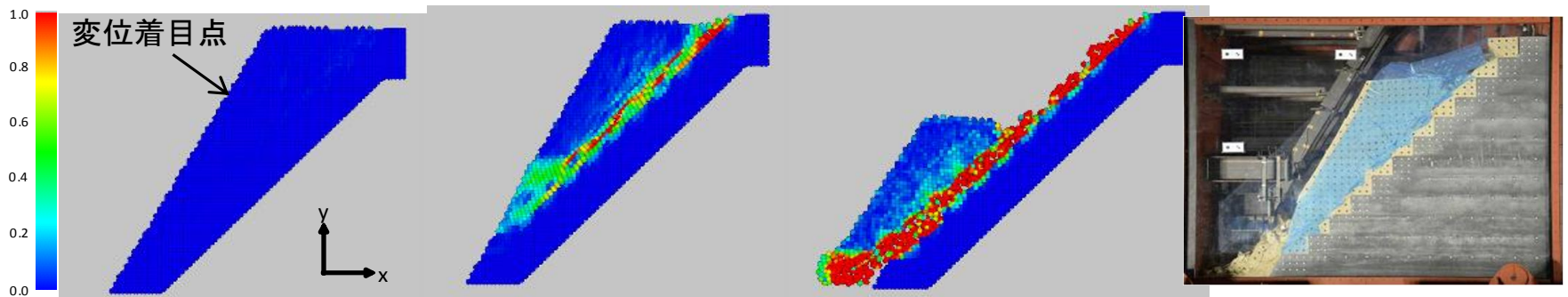
【出典】S. Nakamura and Mori: 1. Development of Evaluation Method of Rock and Soil Behaviour Induced by Slope Failure on the Facilities in NPP based on Shaking Table in JNES Research Project, IAEA Plenary Meeting of the ISSC's Program, Special Session 1, 2014.

Verification of Computing Analytical Methods in Comparison with Experimental Data

The computer simulation codes based on Discrete Element Method and Particle Method were verified in comparison with experimental data, and the codes will be applied for analytical considerations of slope failure.



Simulation of Large Scale Shaking Table Test (Right side)



Simulation of Large Scale Shaking Table Test (Left side)

【出典】S. Nakamura and Mori: 1. Development of Evaluation Method of Rock and Soil Behaviour Induced by Slope Failure on the Facilities in NPP based on Shaking Table in JNES Research Project, IAEA Plenary Meeting of the ISSC's Program, Special Session 1, 2014.

レゾリューション (RSL)

■ RSL (1)

- ・ 近年の地震は、原子力サイトの液状化や斜面不安定のような断層変位や地質工学的ハザードの重要性を示している。
- ・ これらは地震動パラメータと共に評価される必要がある。
- ・ これら多数のハザード間のインタフェースが適切に考慮されることが重要である。
- ・ 原子力安全は、適用時のこれら全ての潜在的ハザードが考慮される必要がある。

■ RSL (2)

- ・ 断層変位を含めた地盤変形の評価のための適切な数値解析が適用される必要がある。
- ・ 数値解析は適切な実験データで妥当性が評価されるべきである。
- ・ 数値解析の適用性や限界が明確にされるべきである。
- ・ JNESによる作成データベースは、妥当性評価に役立つかもしれない。

レゾリュウション（続き）

■ RSL（3）

- ・ 斜面安定のための解析方法は、JNESの斜面振動台試験結果で計測された非線形挙動と良く一致する必要がある。
- ・ 変位解析のベンチマークのためのより多くのデータが必要である。

■ RSL（4）

- ・ ISSC-EBPの次ステージでは、斜面崩壊や液状化のような地質工学的破壊に関する新しいワークエリアを設立すべきである。
- ・ 断層変位ハザードは、地震動ハザードと共に取扱われるべきである。
- ・ これらのエリアを繋ぐ活動も実施されるべきである。
- ・ 新ワークエリアでは、解析手法の妥当性を評価するため、ベンチマークテストが実施される必要がある。
- ・ 地盤破壊に関連した施設安全評価技術文書が作成される必要がある。
- ・ JNES斜面崩壊試験は全ての加盟国の地盤破壊評価に役に立つ。

レゾリューション（続き）

■ RSL (5)

- 適切なモデル使用の確認するため、データ収集が第1ステップである。
- 断層変位のような変形評価のためには、関連した地質学、地質工学、地震学のデータが必要であり、地質学分野からの貢献に価値がある。
- 数値解析は、高周期の入力地震動を使用する。
- しかしながら、現実の地盤破壊のハザードは、断層近くで発生する。
- 斜面安定や液状化のような断層変位と地盤破壊間のリンクが考慮されるべきである。
- 斜面崩壊と洪水の様な共通原因破壊も考慮されるべきである。

■ RSL (6)

- 地盤崩壊から生じる地質工学的ハザードは適切な規模で、サイト領域に限定せず、厳格に安全関連SSCsのために評価されるべきである。
- 評価は、原子力施設の安全関連SSCsや運転に影響するかもしれない潜在的な地質工学的ハザードをハイライトするために必要な最も適切な規模とタイムスパンで評価されるべきである。

IV. 断層変位の構造物への影響評価手法開発及び評価基準整備の進め方の提案

■ 評価手法開発及び関連技術基準整備の基本方針

- (1) 国内外の関連機関と連携し、国内外の研究成果を総合化し、国際的認知を受ける
- (2) 関連自然科学分野（地震学・地質学等理学と土木・建築・機械・原子力等工学）だけでなく、人文社会科学分野（合意形成・リスクコミュニケーション・メディア等）の英知も結集し、合意形成を図る
- (3) 合意形成においては、不確実さを考慮すると共に、透明性、説明性を確保する
- (4) プラント生涯（立地・設計・リスク評価・建設・運転・廃炉）における整合を図る
- (5) 断層変位のハザード側と構造・システム・機器（SSC）の構造側との連携を図る

■基本方針に基づく進め方

- (1) 研究ロードマップ(技術課題、技術難易度、達成期間)を整備した上で、工学目標を明示し、活動期間を限定し、技術基準を作成する。
- (2) 国内の複数関連学会と連携するが、土木学会原子力土木委員会が幹事学会となる。
⇒ 地震工学会との会合 (H26. 8. 26)
- (3) 同委員会のもとに担当小委員会を設置し、国内活動を実効的に開始する。
⇒ 土木学会H26年秋の大会 (H26. 9. 12) で討議を行う。
- (4) 国内での活動を踏まえ、国際活動を実践的に開始し、国際的認知を図る。
⇒ 原子力土木委員会主催「IAEA/ISSCサマダーセンター長講演会」(H26. 10. 28, 土木学会講堂)
- (5) (1)の技術基準をIAEA/ISSC技術基準作成に活用する。

国内外の活動の連携

() : これから声をかける機関の候補

国内

■学協会

- ・ 土木学会
- ・ 日本原子力学会
- ・ (地震工学会)
- ・ (日本電気協会)
- ・ (大学) 等

■産業界

- ・ 原子力安全推進協会
- ・ 電力中央研究所

■国関連

- ・ 旧原子力安全基盤機構 (JNES) 安全研究
- ・ 資源エネルギー庁公募研究
- ・ (国交省) 等



国外

■国際機関

- ・ 国際原子力機関 (IAEA) / 国際耐震安全センター (ISSC) / 特別拠出金事業 (EBP)
- ・ (経済協力開発機構 (OECD) / 原子力機関 (NEA))

■米 国

○学協会

- ・ 米国原子力学会 (ANS)

○産業界

- ・ (電力研究所 (EPRI))

○国機関

- ・ (原子力規制委員会 (NRC))
- ・ (地質調査所 (US. GS))