

第2回地震・津波技術検討会

議事録

1. 日時

平成27年3月26日（木）10:00～11:51

2. 場所

原子力規制委員会 13階 A会議室

3. 出席者

外部専門家

岩田 知孝 京都大学防災研究所教授

庄司 学 筑波大学大学院システム情報工学研究科 構造エネルギー工学専攻准教授

原子力規制庁

高松 安全技術管理官（地震・津波担当）

飯島 首席技術研究調査官（地震・津波担当）付

川内 首席技術研究調査官（地震・津波担当）付

石田 上席技術研究調査官（地震・津波担当）付

中村 上席技術研究調査官（地震・津波担当）付

呉 技術研究調査官（地震・津波担当）付

小林 技術研究調査官（地震・津波担当）付

迎 技術基盤課企画調整官

坂本 技術基盤課課長補佐

4. 議題

(1) 平成26年度 安全研究プロジェクトの技術的評価
(地震・津波技術中間評価)

(2) その他

5. 配付資料

名簿

資料1 外部専門家による安全研究の技術的評価について

資料2 平成26年度 中間評価調査票

参考資料 平成26年度 中間評価調査票説明資料

6. 議事録

○迎企画調整官 それでは、定刻になりましたので、第2回地震・津波技術検討会を開催いたします。

本日は、お忙しい中、検討会に御出席いただきありがとうございます。

本検討会は主査を設定いたしませんので、原子力規制庁長官官房技術基盤グループ技術基盤課の迎が、事務局として議事を進行させていただきます。よろしくお願いいたします。

御発言につきましては、マイクを使用させていただきたいと考えています。マイクの使い方なのですが、お手元にスイッチがございますので、御発言される時はスイッチを押していただいて、御発言が終了した場合は、もう一度、スイッチを押していただいて使っていただければと思います。

それでは、事務局より事務的な連絡と資料の確認をさせていただきます。

○坂本課長補佐 技術基盤課の坂本です。

それでは、事務局より事務的な連絡と資料の確認をさせていただきます。お手元に、座席表とともに議事次第、名簿、本日の資料を準備してございます。クリップどめの資料のクリップをお外しいたきまして、2枚めくっていただきますと名簿をつけてございます。

地震・津波技術検討会の委員は、こちらの5名で構成してございますが、今回、委員の御都合によりまして、検討会を2回開催させていただくこととしております。5名のうち、本日の第2回地震・津波技術検討会には、京都大学の岩田委員、筑波大学の庄司委員に御出席いただいております。

なお、第1回の技術検討会は、3月24日に、ほかの3名の委員に御出席いただき開催いたしました。

資料の確認を続けます。次に、資料1でございます。こちらは、「外部専門家による安全研究の技術評価について」でございます。次に、資料2としまして、評価の対象となる安全研究プロジェクトの成果をまとめました、調査票を2件御準備してございます。また、参考資料といたしまして、本日のスライドのコピーを用意しております。過不足等ござい

ましたら、事務局のほうへお知らせください。

○迎企画調整官 よろしいでしょうか。

それでは、評価に向けた御説明に先立ちまして、資料1、外部専門家による安全研究の技術評価についてを用いて、技術評価の流れについて、引き続き事務局より説明いたします。

○坂本課長補佐 技術基盤課の坂本です。

では、資料1に基づき、本検討会の趣旨について簡単に説明させていただきます。

昨年4月、原子力規制庁は、規制ニーズへの適合性等の観点から、当庁が実施している安全研究について評価を実施することといたしました。この評価のうち、中間評価及び事後評価については、技術評価検討会を開催し、外部専門家から安全研究プロジェクトに対する技術的評価を得ることといたしました。本検討会は、この外部専門家によります評価を得るために設置したものでございまして、会議は、議事、議事録、資料を公開することといたします。

1枚めくっていただき、別添1を御覧ください。この資料に示しますとおり、会合は、プラント安全、燃料・材料、シビアアクシデント、核燃料廃棄物、地震・津波の五つの技術分野に区分し、技術分野ごとに3名以上の委員を選定しております。

続きまして、次ページ、別添2を御覧ください。この別添2には、今期評価対象となる安全研究プロジェクトを記載してございます。1ページ目が、今回、対象となります中間評価対象プロジェクトのリストでございます。対象となりますのは、研究期間が5年以上の安全研究プロジェクトのうち、研究開始から3年以上経過したものでございまして、平成26年度の評価対象は19件となります。

次のページが、後日、実施していただく事後評価対象プロジェクトでございます。今年度が最終年度となる安全研究プロジェクトでございまして、地震・津波関係は1件を予定しております。

なお、評価の進め方でございますけども、本日、資料2としてお配りしておりますが、これまでの成果を10ページ程度の論文形式で記載した調査票を作成しております。委員の先生方には、この調査票に対し、コメント形式での評価をお願いいたします。

次に、A3で準備させていただきましたコメントシートを御覧ください。ここに記載しましたとおり、評価といたしましては、国内外の過去の研究、最新知見を踏まえているか。解析実施手法、実験手法が適切か、解析結果の評価手法、実験結果の評価手法が適切か、

重大な見落としがないかという点を評価の観点としてコメントを頂戴いたしたく存じます。

なお、評価のスケジュールでございますが、中間評価に関しましては、まさに、今、3月末に技術評価検討会を実施いたしまして、委員の先生方からいただいたコメントをまとめて、4月末を目処に、事務局のほうで総合的な評価として取りまとめて、規制委員会のほうへお諮りする予定でございます。

なお、事後評価につきましては、4月ごろに今回と同様な技術評価検討会を開催いたしまして、5月末～6月初旬に向けて、事務局のほうで総合的な評価を実施し、原子力規制委員会に諮る予定としてございます。

事務局のほうからは以上でございます。

○迎企画調整官 本件について、御質問、御意見ございますでしょうか。よろしいでしょうか。

では、安全研究プロジェクト成果の説明に移らせていただきます。

地震動評価技術の整備について、技術基盤グループ安全技術管理官（地震・津波担当）付の飯島首席技術研究調査官から説明をお願いします。

○飯島首席技術研究調査官 地震・動津波担当の飯島でございます。よろしく願いいたします。

それでは、地震動評価技術の整備について、説明いたします。

まず、研究の概要でございますけれども（参考資料D02の1p）、平成25年7月に、原子力規制委員会は、新規制基準と、それからあと、関連するガイドといたしまして、「基準地震動及び耐震設計方針に係わる審査ガイド」を施行しております。この中で、基準地震動策定に係わる要求事項というのを述べています。

さらに、その基準地震動策定に関しましては、規制委員会のほうで課題を挙げてございます。四つ挙げております。一つが、地震動評価における不確かさの評価手法の整備、そして、サイト特性の評価手法の整備、断層変位の評価手法の整備、そして、震源を特定せず策定する地震動の評価手法の整備です。このプロジェクトにおきましては、この四つの項目について研究を進めております。

これは、4項目のスケジュールでございます（参考資料D02の2p）。平成24年度～28年度にわたり研究を行います。このうち、四つ目の震源を特定せず策定する地震動の評価手法の整備につきましては、平成25年度をもって終了ということで、現在は、上の三つのテーマについて、研究の継続を行っております。

本日、26年度までの主な成果ということで、ここに示してございます（参考資料D02の3 p）、青色で示した項目について説明いたします。2.1の地震動評価、それから、2.2のサイト特性の評価ということで、残りの項目につきましては、申し訳ございませんが、時間の関係上、今日は説明は省略させていただきます。

最初に、2.1、地震動評価における不確かさの評価手法の整備ということでございますけれども（参考資料D02の4 p）、この研究の中で行ってございますのが、まず東北地方の太平洋地震3.11地震と、それから、兵庫県南部地震以降の国内内陸地殻内地震を対象といたしまして、強震動生成域の抽出方法、それと震源スケーリング則の改良等の検討を行っております。

ここの研究の中で扱ってございますのは、震源モデルに基づく地震動でございます。ここで、震源モデルを用いた地震動評価の流れが書いてございますけれども、2.1は、このうちの震源特性についての検討でございます。具体的には、地震動評価における震源の影響の評価を行うということで、特性化震源モデルについて検討を行ってございます。

具体的には、二つの方法でやっているわけでございますけれども、一つが、従来の調査・観測データに基づく運動学的な検討、それからもう一つが、動力学知見に基づく検討ということで、これは二つのアプローチから、強震動の生成域の抽出手法の検討、それから、震源スケーリング則等の改良というものを行ってございます。

最初に、2.1.1ということで（参考資料D02の5 p）、海溝型巨大地震の地震動評価手法の高度化ということで、この研究の中で対象といたしましたのは3.11地震です。御存じのとおり、3.11地震におきましては、数十メートル程度の大きなすべり量が発生した海側の浅い震源域で長周期地震動が生成され、数メートル程度のすべり量が発生した陸側の深い震源域で短周期地震動が生成されているという特徴があります。それに対しまして、従来の最終すべり分布、すべり量に基づいた手法では、その強震動の生成域の抽出が困難であるということ、そういう課題がございます。この研究では、それにかわる新たな強震動の生成域の抽出方法の検討を行ってございます。

こちらが、観測記録に基づくインバージョン解析の結果から設定した強震動の生成域を示してございます。上のほうが従来の最終すべり分布に基づくモデルです。この絵は、3.11地震の震源域を上から見た絵でございまして、こちらの図の上側が海側の浅い領域、それから、こちら側が陸側に近いほうのプレートの深いほうの領域を示してございます。

従来の最終すべり分布に基づくようなモデルですと、この海側の浅い領域にのみ強震動

生成域が設定されるような形になっていて、先ほど申し上げたような課題があるということです。

同じインバージョン解析の中の量で、今回はそのすべり速度に着目した強震動生成域の抽出を行ってございます（参考資料D02の6 p）。最大すべり速度分布に基づいた強震動生成域ということで、こちらがその結果でございますけれども、これによりますと、海側の浅い領域のみならず、陸側に近いほうの深い領域のほうの領域についても、強震動のアスペリティ領域が設定がされているということで、より3.11地震の特性に近いものが得られたという結果でございます。

最大すべり速度分布に基づく強震動の生成域については、動力学的な観点からも検討を行ってございます。一番左側の絵が、これはモデルでございますけれども、この青い部分がアスペリティ領域ということで、そこにすべりと応力との関係をそれぞれ特性として入れるということで、この薄いブルーのところと、濃いブルーのところでは、異なった構成則を入れるようなモデルにしております。そのモデルを使って行った動的な破壊シミュレーションがこちらでございます。海側のほうでは比較的ゆっくりとした破壊挙動、それから、陸に近いほうの深いエリアでは早い破壊挙動というのが出ております。

さらに、それに基づいた強震動の波形シミュレーションの結果がこちらでございます。黒が観測、それから赤が計算値ということで、比較すると、パルス波の形状ですとか、あるいは各観測点への到達時間、これが観測地震動と概ね整合したという結果が得られております。ということで、この動力学的な観点からも、最大すべり速度に基づく強震動の生成域の抽出方法の妥当性というものを確認したということで考えてございます。

次に、内陸地殻内地震の地震動の評価でございます（参考資料D02の7 p）。この研究の中では、特性化震源モデルの巨視的パラメータについて検討を行ってございます。地震動の特性を特徴づけるような、その巨視的パラメータ、この中では断層の長さですとか、破壊面積ですとか、そういったものについて検討を行うわけですが、中身は、そういった巨視的パラメータの既往の経験式の適用性についての検討でございます。

一つの例といいますか、ここに下に書いてございますのが、地震モーメントと、それから破壊面積との関係です。既往の経験式をこの実線で示してございます。これで地震モーメントと、それから破壊面積との予測値を与えると、得ることができるというものでございますけれども、この既往の経験式は、海外の地震を中心としたデータから提案されたものです。ということで、この研究におきましては、この経験式の国内への地震の適用性に

ついて検討を行っています。

具体的には、1995年以降に発生した18件の国内の地震を対象といたしまして、そのデータ分析を行って、その経験式との比較を行ったということです。ここで示してある黄色の点、それから赤い点が、その18個の地震に対応しているわけですが、比較すると、既往の経験式との整合性がよい、スケーリング則との対応がよいということがわかりました。

国内の内陸地震につきましては、さらに微視的パラメータ、アスペリティですとか、ライズタイムですとか、応力降下量ですとか、そういったパラメータについての、やはり同様に、スケーリング則との比較を行ってございます（参考資料D02の8p）。

内容としては、2008年の岩手・宮城内陸地震と、三つの地震を対象として検討を行いました。下のこの二つの絵が、2008年の岩手・宮城内陸地震の検討の例でございます。一番左側がインバージョン解析によります最大モーメントレートの分布、こういったものをベースといたしまして策定した特性化震源モデルを策定して、あるいは、それに基づいてフォワードモデリングを実施したと。フォワードモデリングによりまして、この岩手・宮城内陸地震につきましては、10Hz程度までの強震動波形の再現が確認できております。

さらに、先ほど申し上げたスケーリング則との比較ということで、こちらに結果の例を示してございます。アスペリティの面積、それからライズタイムでございます。既往の経験式をこれも実線で示してございますけれども、ライズタイムにつきましては、その既往のスケーリング則に比べて、やや下回る傾向が出てきております。この点につきましては、さらにデータ等の蓄積を踏まえて、検討を行っていきいたいというふうに考えております。

次に、2.2ということで、サイト特性の評価手法の整備でございます（参考資料D02の9p）。2007年の新潟県中越沖地震における、その柏崎サイトでの地震の増幅効果、増幅したというようなそういった事例を踏まえまして、新しい規制基準ガイドにつきましては、基準地震動策定におきまして、サイトの三次元の地下構造について評価するように要求がされています。この研究の目的は、その地震動評価のための三次元地下構造のモデル化の作成手法の整備ということでございます。それで、この研究では、硬岩サイトと、それから軟岩サイト、二つについて、三次元地下構造モデルの作成手法の整備を行ってございますけれども、こちらに示してございますのは軟岩サイトの例の結果でございます。軟岩サイトとしまして柏崎地区を対象に、評価、検討を行いました。

具体的にやった中身でございますけれども、物理探査ですとか、水平アレーによる地震

動観測あるいはボーリング、こういったものからデータを収集しました。広いエリアでやや粗く、実施したのは10km×10kmのエリアで細かいデータを取得しまして、それらを総合的に評価して、地下構造の評価を行ったということです。

ここの破線に示した部分の断面の得られた地下構造の結果をこちらに示してございます。ここ、ちょっと絵があれですけど、S波の速度分布のコンタで示してございます。従来と比べて、今回の検討によりまして、より詳しいというか、精緻な地下構造のモデルが得られております。

このモデルを使って、地震動に関してのS波、それから伝達関数の比較をしています。ちょっとわかりづらいかもしれませんが、青で示したのが実際の観測データに基づくものです。それから、緑色の線で示してございますのが、この新しいその詳細なモデルをもとに比較したものでございますけれども、観測データとよく合っています。

それから、下につきまして、観測データをベースに解析した例でございますけれども、この青と緑の比較がされて、よく合っているということで、地震動のより高精度な地震動評価指標につなげられることができたというふうに考えております。

それから、サイト特性につきましては、もう一つ、その広帯域における実用的な三次元地震波動伝播シミュレーション手法についても検討を行っています（参考資料D02の10 p）。柏崎地区のような不整形地域につきましては、表層地盤での低速度層の考慮が、普通の通常の計算機環境ではなかなか難しいという実情があります。ということで、今、普通はそれを分離解析をしているというのが現状です。そうすると、どうしても地盤増幅率の精度がよくないというような指摘もあります。今回、ここで提案しているのが一体モデルということで、この表層地盤につきまして、実際の詳しいモデルではなくて、単一の特性を持つような簡易なモデルで、まず仮置きした上で一体の解析をして、その結果をベースに、得られた波を詳細な表層地盤のところに入れて地震動評価するようなやり方です。

ということで、このような精緻な解が得られるようなモデルに入れて、その両者の比較を行った結果がこちらということで、新しい表、一体解析によって、より精緻な解と整合するような結果が得られるということで、おおよそ0.1～10Hzの広域帯における実用的な手法を整備することができたということでございます。

まとめでございますけれども（参考資料D02の11 p）、ちょっと文章をたくさん書いてございますけど、今、説明したようなことですので、すみません、このページは省略します。

今後の展開でございますけれども（参考資料D02の12 p）、「地震動評価における不確か

さの評価指標の整備」、それから「サイト特性の評価手法の整備」につきましては、引き続き検討を行っていきます。それから、今日、説明を省略させていただきましたけれども、「断層変位の評価手法の整備」につきましても、断層の破壊進展には対応できるような、断層変位が評価できるような数値解析手法の検討、それから、断層変位の距離減衰式の検討、こういったものを行っていく予定でございます。

それから、結果の知見の反映でございますけれども、新しい規制の基準の中では、その安全性の向上に係る運用ガイドというのがございまして、その中で、事業者は、自己のサイト、プラントに対して、総合的な安全性の評価を定期的に、原則5年ごとにやるというのを求めています。

このような、今回のような安全研究の成果は（参考資料D02の13 p）、事業者の行う安全性向上評価の妥当性について、確認に適用すると、反映するという事を考えてございます。特に地震動につきましては、安全性向上評価につきましては、地震PRAというのが多分活用されるであろうということで、その中で確認のために用いていくという事を考えてございます。さらに、安全研究で得られた知見につきましては、安全規制の継続的な改善につなげていくということが全体的なスコープでございます。

以上でございます。

○迎企画調整官 本日、説明を割愛させていただきました「断層変位の評価手法の整備」及び「震源を特定せず策定する地震動の評価手法の整備」も含めまして、御質問、御意見がございましたらお願いいたします。

それでは、岩田委員、お願いします。

○岩田教授 それでは、非常にたくさんのお話をやられていることはよくわかったんですけど、幾つかお聞きしたいことがありますので。最初の、これはどう言ったらいいのか、特性化の最大すべり速度に着目されるというのは、その最大すべり速度に着目して、これでどのぐらいの周期帯域の地震動を生成するものをもともと考えておられるのかというのが、ちょっとこれと、あと動力学的な話がちょっとよくわからなかったんですけども、教えていただけたらと思います。

○呉技術研究調査官 地震・津波担当の呉です。

まずは、周期帯のほうが、インバージョン自体は、長周期地震動を使っています。結構長い周期、10秒以上、20秒以上の200までの非常に長い周期の波形を使ってインバージョンして、こういう求められた震源モデルを使って、強震動生成域を抽出しています。しか

し、このような収集した強震動生成域としては、もちろん短周期地震動を説明できるような目的です。

実際にインバージョンを使うのは長周期地震動です。長周期地震動から得られるような結果を使って、例えば強震動生成域を特定できれば、そうすると、短周期地震動も予測できるという考え方です。

○岩田教授 わかりましたが、最大すべりに着目すれば、多分解析している周期帯域でも短周期側を見ていることにはなるとは思うんですけども、この地震に関しては、強震、SMGAと言っていない人もたくさんいるから、我々はSMGAと言っていますけども、そのSMGAモデルの既往研究のばらつきについて、やっぱり検討されるようなこともやってもいいんじゃないかというふうにちょっと思いました。

それで、引き続き、申し訳ないですけど、その動力学的なほうなんですけども、これも結果は、やはり長周期の特徴というのか、これはちょっと微妙なんですけど、これで、逆に、どうしてこの記録には何十秒の波が出てこないのかというのをちょっと教えてほしいんですけど。

○呉技術研究調査官 実際、動力学的シミュレーションのほうで、かなり試行錯誤してモデルを構築して、実際、最初の目的はもちろん強震動まで、例えば短周期を再現していくような、まず最初の目標です。ここで示したのは平成26年度の解析結果なんですけど、主に長周期地震動だけを、フェース、波群の形状とか、到達時間だけを見えています。

実際は、例えばアスペリティの置く場所とか、アスペリティの応力降下量とか、こういう破壊開始時間が微妙に下がるときが、短周期地震動が結構影響していますから、そこまでは多分。将来的にまだ試行錯誤、まだ改良の余地があると思います。

○岩田教授 ちょっと細かいことを聞いて悪いですけど、6ページのこの波形は、実際には何波形で、フィルタは。

○呉技術研究調査官 フィルタをかけている波形です。観測もフィルタをかけています。

○岩田教授 どのぐらいなんですか。わかりますか。

○呉技術研究調査官 後ほど確認します。すみません。

○岩田教授 わかりました。

それで、引き続きでいいかどうか、ちょっとわかりませんが、もう言っちゃうと、7ページ、8ページは、最近起きた日本の記録をいろいろ、今まで、Somervilleほかなどがやったやつに比較されているというのはいいんですけど、最後の発表者の強調されていたラ

イズタイムなんですけど。

このSomervilleのライズタイムというのは、インバージョン結果のライズタイムで、それに対して、多分ここでプロットされているのは、広帯域強震動モデルのライズタイムではないかちょっと思うんですけど、それがまさっているんじゃないかと思うんですけども、それをちょっと整理して、系統的なものがあるかどうかとかというのは確認されたほうがいいと思うんですけども。

○呉技術研究調査官 御指摘ありがとうございます。確かに、今、見ているのはSMGAのところですよ。そこでプロットした赤いところが実際のSMGAで使った、経過のやつを使ったときのライズタイムですね、確かに。

○岩田教授 この赤いやつがSMGAのライズタイムなんですよ、多分ね。

○呉技術研究調査官 はい。

○岩田教授 だから、それと、そのインバージョン結果のライズタイムというのは区別するなりして……。

○呉技術研究調査官 もっと長いところで。

○岩田教授 もしくは、何か比例関係があるとかということも含めて、見られるのがいいかなとちょっと思いました。

○呉技術研究調査官 ありがとうございます。基本的に、今年、三つの地震しかないんですが、これから多分、一応結果だけでプロットして、これから解析データを蓄積するとともに、特徴を検討していこうと思います。

○庄司准教授 最初のほうの、岩田先生が御質問のあった最大すべり速度の分布のものと、あと、動力学のシミュレーションのほうのすべりの弱化モデルのやつですね。これ、3.11のときのすべりの方向に向かって200kmぐらい、深さ方向というか、潜り込んでいる方向を見ているわけですよ。

○呉技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 最大すべりの速度のこの分布のモデルのすべりが大きいところと、この6ページの応力とすべりのこの関係の図が描いてある図、これですか、これは見方によって、それなりに対応しているわけですよ。

○呉技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 それで、この深いところの福島沖合とか、これが、この6ページのほうの最大すべり速度の分布のやつで言うと、どの辺りにこれはなるんですか。

- 呉技術研究調査官 6ページの真ん中の最大すべり速度、真ん中。
- 庄司准教授 その分布の浅いところのこれはわかるんです。深いところの軸方向に見て、100kmとか、200kmとか、150kmとか、そういう方向のところですね。
- 呉技術研究調査官 確かにこういう海溝沿いのところが100秒の長さ、これは10秒、ここはもっと短いです。3秒程度です、時刻。一応すべり速度、時間関数のところもですね。
- あともう一つが、色だけで最大すべり量をプロットしています。この図をプロットしたものが正規化されたすべり速度、深部のほうです。
- 庄司准教授 福島の沖合のところと、茨城のここの……。
- 呉技術研究調査官 ここの辺ですね。
- 庄司准教授 いわきというか、北茨城の辺りの。
- 呉技術研究調査官 福島は多分この辺ぐらいです。茨城はもっと下のほう、ここです。
- 庄司准教授 そうですね。だから、それとこちらの最大すべり、前のページのこちら、これはそれに対応しているわけでしょう、本来。
- 呉技術研究調査官 そうですね。大体対応していると思いますが、例えばこのほうが、この大きいほうが海溝沿いのところで、やや海溝が深いところもあります。
- 庄司准教授 そうですね。深いところですね。
- 呉技術研究調査官 それと、例えば茨城沖のこの辺で、福島は大体この真ん中ぐらいで。
- 庄司准教授 横軸に見て300kmぐらいのところは福島沖合ぐらいになるんですか。
- 呉技術研究調査官 この辺ぐらい、福島沖が大体この350ぐらい、これが福島沖です。これは400ぐらい、多分宮城沖のところに対応していると思います。
- 庄司准教授 茨城沖か。
- 呉技術研究調査官 茨城です。すみません。
- 庄司准教授 そうすると、少しこっちの最大すべり速度の分布のほうと、こちらのすべりの弱化のモデルのほうですね。
- 呉技術研究調査官 そうですね。
- 庄司准教授 位置関係が少しずれているような感じがするんですけど。
- 呉技術研究調査官 これは、まず5ページのほうは、先ほどのインバージョン、観測のデータに基づき求められる分布。下のほうが一応、こういうある程度、参照をして設定したモデルですから、最初からそこまで、もちろん、これから運動学的なモデル、例えば5ページのモデルを、完全ではなくて、よく一致しているモデルを改良していくと。確かに

これからの仕事です。

○庄司准教授 わかりました。

この合わせている波形なんかも、観測波、いわゆる南部ですよ。

○呉技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 多分銚子とか、そちらのほうというのは、少し波形に、この間どうかなというか。

○呉技術研究調査官 そうですね。先ほどとやはり同じで、このほうでアスペリティと例えば到達時間とか応力降下量、初期応力状態、いろいろなパラメータがありますから、まだ調整する必要があります。

○庄司准教授 わかりました。

○迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。

○庄司准教授 じゃあ、少し取っかかりで、後半のほうの例の広帯域の三次元の差分の計算されているやつで、柏崎の次のやつで、例の浅部と深いところを一体に解析するというやつですね。ここは、じゃあ、浅部のどれくらいの深さの領域をいわゆる平均化しているんですか。200mぐらい、どれぐらい。

○小林技術研究調査官 御質問ありがとうございます。地震・津波担当の小林と申します。

まず、浅部と深部の地盤という、その定義なんですけど、そのバウンダリは、いわゆる工学的基盤で区切っています。具体的には、大体S波速度400m/sとか、500m/sですね。そこを境に、浅いところ、深いところということですね。

今回お示しました右上のほうの、これ、ちょっと小さくて大変恐縮なんですけど、もう絵のとおり、大体200m行かないかぐらいのところ、これ、ちょうど線がちょっと説明されていると思うんですけど、その部分を、上の部分を浅部と称してやっています。

少し子細に申し上げますと、これはもともとアイデアとしては、従来だったら、なかなか考慮できないところを、一回、分離解析と称して、完全にモデルをちぎっちゃって、下の部分は差分法でやったりで、上の部分は一次元の重複反射理論だったり、単純に地形のデータから増幅率とか、そういった形で立ち上げているわけなんですけど、今回に考えたのは、浅部地盤、あくまでも仮想的な地盤で、こちら、真ん中の上のほうに書いていますけど、浅部等価地盤というのを一つ設けていると。もう一つ、浅部一様地盤、その二つ設けています。その意味合いの違いなんですけど、浅部等価地盤というのは、それはもと

もとリアルな浅部地盤、複数層にまたがっていますけど、その等価なものですね。

ですから、各層の例えば速度とか、密度とか、減衰とかの調和平均をとったものをやっています。ですから、この部分は、例えばS波で言うと、これは走時、往復走時が合うというモデルですね。

一方、その浅部一様地盤というのは、字のちょっとイメージとして、要は、これは工学的基盤面のS波速度をそのまま上に地表に投影して、これも実務でよくやることがあると思うんですけど、そういったモデルを構えているというところですね。その両方のもので適用性を少し見ているということです。

ちょっとポンチ絵に描いていますとおり、基本的には、やはり一体解析でやるということとを重視してまして、この要は仮想的なモデルを与えて、これは差分で三次元で計算します。一旦地表で設けた波動場を、今度はさきに設けた仮想モデルに対して、一次元で引き戻しをして、再度、リアルの地盤を用いて、一次元でまた立ち上げるという、そこで極力真値を得ようということ、下のほうでお示した結果の事例、そういったことを示したところです。

○庄司准教授 非常にこれ、この精度で結構計算できるとすると、非常に有用ですよ。

それで、今、この資料の中の提案Aと言っているのは、先ほどおっしゃっていたあれですか、空間的に平均化するほうですか。工学的基盤のやつをそのまま一様にしちゃって計算するというのは、どっちのリッカー波を入れているやつですか。

○小林技術研究調査官 大変申し訳ございません。ちょっと調査票には載せているんですけど、提案手法Aとしたものが、先ほど私が言った前者の浅部等価地盤です。こちら、申し訳ないですけど、結果は載せていなくて、調査票にも載せていないんですけど、提案手法Bに関してが浅部一様地盤です。

ほぼほぼ結果はうまくいってまして、若干後者のほうの浅部一様地盤のほうが、少し後波のコーダの部分が劣化するとか。ただ、いずれにせよ、従来の分離解析することによる記録に対しては、両手法とも非常にいい成績結果は上げているということで、提案させていただいているものです。

○庄司准教授 すみません、細かいことで。じゃあ、工学的基盤の、これ、430mとか、この辺りですか。430、510以上ですか、430m。

○小林技術研究調査官 ありがとうございます。工学基盤は430m/sです。

○庄司准教授 430で計算された。

○小林技術研究調査官 具体的に、前者の等価地盤は、S波速度が、すみません、302m/sで等価地盤です。これ、もしリアルな実際のものに対して、430に対して302m/sで下がっていますので、ちょうどグリッドは、倍のグリッド、実はこのモデル、もともと精算解やるときは、これ、5mメッシュでやっています。これ、領域が2kmなので、400×400×深さ600で、全部で9,600万格子ですね、約1億格子でやっているんですけど。

これが、例えば提案手法Aでやった場合は、基本的に、例えば深いところは不等間隔格子とか、不連続格子とか、いろいろな形で間引くんですけど、ちょっとその原則を抜いた場合は、これ、提案手法Aでは、一応、要素数は 2^3 分の1の8分の1に落ちます。一様地盤の場合は、これは430m/sをそのまま挙げていますので、基本的には 3^3 分の1の27分の1にまで、格子数、計算数が落ちますので、こういった工夫をすることによって、少なくとも従来の分離解析よりはうまくいくのではないのかなということを考えています。

これは、最初の取っかかりは、やはり次元の重複反射理論でその応答を見て確認して、ほぼほぼ伝達関数、あとインパルス波形を入れて、時間領域でも見ているんですけど、位相も含めて精算解に戻っているということで、この仮想的なものを与えるというのが一つの工夫で、うまくいっているというふうにちょっと考えております。ありがとうございます。

○庄司准教授 わかりました。

○迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。

○岩田教授 今のは非常に興味のあるところなんですけども、その10ページなんですけど、しかしながらとっては文句つけているんですけど、単独の計算で計算量が減るのはわかりましたが、それに加えて、まだ下げて上げてをしないといけないわけですよ。ですから、何かトータルの効率みたいなものも、ちょっと示していただいたほうがいいのかと思います。

○小林技術研究調査官 先生、御質問ありがとうございました。再び、小林です。

確かにそうですね。これ、事例を示したのは、これ、確かに地表に11点の計算ポイントを設けていますので、それを1個1個、やはり計算を引き戻して、また立ち上げているという計算をしています。

ただ、恐らく差分の、先ほど言った8分の1、27分の1という、そういった計算量に比べたら、これは自動的に解析できますので、その労力、時間的な制約を考えると、やはり有意かなと。それ以上に、やはり分離解析していたものを一体解析することによる、特に長

周期側のところ、これの改善がよくいっているというところで、非常にユニークな結果が出ているところというふうに理解しております。

○岩田教授 今のでちょっと気づいたんですけど、これ、引き戻して上げるのは一次元にしかしていないんですね。

○小林技術研究調査官 はい、そうです。

○岩田教授 そうすると、非常に浅いところの不整形はまだ、そういうものだと多分、逆伝播とかを、つまり、ここも差分をしないといけないとかということはあると思うんですけど、それはチャレンジしない。

○小林技術研究調査官 ありがとうございます。実は今回——指ささせていただきますけど、確かに浅部地盤は、ここは成層構造でやっていますけど、実は、やっぱり同じように、浅部地盤もこういう盆地構造になるように、モデルを擬似的なあれでやっています。同じような形で、場所によって、観測ポイントによって、当然盆地の構造の鉛直の一次元の構造、速度構造が変わってきますので、それも考慮して計算しますと、若干やっぱりこれに見られるよりは、どうしても、先生御指摘のとおり、本来だったら三次元の浅部の波動場があるのに、それを無理くり一次元でやったこの部分を仮定しているので、若干波形の乱れ、その部分は少し再現が悪いという結果になっていまして、このやはり一次元で上げ下げを仮定しているという、そのエラーがやはり出ているかなど。

いずれにせよ、でも、やはり従来の分離してやるよりは、はるかにいい結果を得ているということに感じています。

○岩田教授 将来的には、多分それこそ、ここ、問題においては、問題によっては、例えばここに非常に強い不整形が入る場合もあるわけですね。だから、それも解決できるような方策を、一次元で下げるんじゃなくて、ここで逆伝播をさせて上げるとかというのが、どのくらいエフェクティブかというのもちょっと確認してもらおうと、非常にレベルの高い研究をやっているように思いますけども。

○小林技術研究調査官 どうもありがとうございました。引き続きちょっと検討したいと思います。ありがとうございます。

○迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。

○岩田教授 それでは、一個前のこの辺にジョイントインバージョンと書いてあるんですけど、9ページですね。これ、ちょっとやり方をもう少し教えていただくとありがたいんですが。

○小林技術研究調査官 ありがとうございます。再び、小林です。

ジョイントインバージョン手法ですけど、まず従前のこの記録、これはほぼほぼJ-SHISのモデルと同じ、等価なものとお考えください。今回、平成24年度からの成果ということで挙げさせていただいていますが、私どもは、旧JNESの時代から、新潟工科大学で3,000mのボーリングを掘ったり、こちら、その上から見た平面図なんですけど、大体45km×15kmぐらいのエリアで、こういったちょっと小さくて恐縮なんですけど、微動アレーとか、水平アレーの地震動探査（観測）とか、ボーリング3,000mですね。こちらに書いていないんですけど、重力探査もやっていたり、そういったデータをやっています。

基本的に、ジョイントインバージョンと称しているのは、こういった複数の探査、観測データを一挙に何か載っているのを総称してジョイントとしています。具体的にやり方なんですけど、基本的にはS波速度構造がキーとなりますので、一方、それぞれ探査の性格としては、一次元のデータであったり、例えばこういったものは二次元のデータだったり、あと、重力の場合は三次元のデータですけど、そういったものを統一的に扱うという、指向をしている、ジョイントインバージョンの中です。それが一つのユニークな点なんですけど。

基本的にはS波速度で求めていますので、それぞれ、例えば重力の場合は密度、こういった、反射法探査データ、これは屈折のデータを使っているんですけど、その場合はP波速度ですけど、これは狐崎ほか(1990)とか、Ludwig et al (1970)とか、そういった関係式を求めて、全てS波の関数として計算しています。それぞれのやり方としては、それぞれの探査ごとに、いわゆるこれ、非線形最小二乗法ですから、偏微分係数、ヤコビアンですね。ヤコビアン（行列）の行ベクトルを計算して、それぞれのもののL2ノルムを1にするように与えて、それで、偏微分係数を求めて、観測方程式をやって、それをイタレーションするような形で考えています。これ、イタレーション、大体20回ぐらいなんですけど、計算の途中で収束が悪いものは、これはまだ手解析の部分が一部残るんですけど、計算をとめて、重み付けを変えたり、そういった工夫をしながら、大体20回ぐらいイタレーションで、トータルの残差を小さくするような形で計算しています。

以上です。

○岩田教授 ここにちょっと「地震動観測」と書いてあったので、ちょっと気になったんですけど、イベントの実際にできたやつをどういう形で、この研究全体の方向性であるところの地震動評価、予測とか、そういうのに使えるかどうかということについては、ど

のぐらい進んでいるかというのを教えてください。

○小林技術研究調査官 ありがとうございます。まさに、御指摘のとおりでして、実は大変恐縮なんですけど、こちらの成果は、基本的には平成25年度、26年度は少し頭出しているんですけど、その成果にとどまっています。その成果というのは、先ほど申したジョイントインバージョンでこれらの、地震の観測データも、これはスペクトルを扱っています。基本的にある基準の観測点からスペクトル比を相対的なスペクトルとして、この地盤の応答を持たせているんですけど、この中では、旧JNESで水平アレーと称して、28観測点を、この狭い4km×4kmの中にやっていました。そういったものもやっているんですけど、少なくとも、それはあくまでもスペクトルだったり、物理探査だったり、そういったもののデータを最も確からしく説明するモデルにすぎないということです。

今、平成26年度以降というふうに、ちょっとこちら、書いていますけど、本来であれば、やはり一番観測地震動を説明するものが必要ということで、今現在、トライしているのは、やはり実際に、例えば長野（県）北部地震とか、そういった余震があったり、近場では栃木県北部の本震があったり、そういったデータを方々でとられていますので、そういったものを、実際、震源から考えて、観測の時間波形をどこまで説明できるかというのは、現在、まさに実施中でして、検討中です。

最終的には、それらの地震動の応答を最も確からしい地盤をもとに、地震動の応答を確認することによって、一つの事例ではあるんですけど、どこまで、いわゆる短周期領域の地震動をデータミスティックに求められるかということを経済総合解析と称しています。

現在、このスペクトル、伝達関数、これ、少し子細に御説明をしますと、先ほど来申しています、新潟工科大学で3,000mのボアホールを掘ってやっている、そのプロファイル、深さ方向とS波速度ですけど、原位置のロギング、ダウンホールPS検層とソニックログをやっているんですけど、そういったものはあります。

一方、各モデル、旧JNESのモデルが、これが赤で示されています。ジョイントインバージョンモデルというのが緑なんですけど、こういったところで、やはりジョイントインバージョンモデルのほうが非常に近くなっている。

もう一つ、断らなくちゃいけないのが、これ、ジョイントインバージョンの際には、3,000mのボアホールのこの検層のデータは抜いております。使ってしまうと、当然合うのはわかっていますので、抜いた結果、どういう結論になるかということですね。そういう形で見ただけならば思っているんですけど。これらの速度構造がわかれば、あとはQ

値を与えれば、こういった形で伝達関数がありますので、同様の観点で、原位置の伝達関数に対して両モデルがどれだけ合うかということを見ています。

現時点、いわゆる地下構造の応答、一次元の応答としては、この3,000mのポイントは10Hzぐらいまでは優に説明できるモデルが構築されたというふうに考えています。水平アレーの観測点もいっぱいあるんですけど、地震動のスペクトルも、5Hz～10Hzぐらいのスペクトルを合わせるようなジョイントインバージョンをしています。

懸案の、今、シミュレーションの観測の地震動に対しては、大体2Hz～5Hzぐらいのスペクトルベースなんですけど、観測地震動を説明し得るデータとなっているということを確認しています。

もともとこちらは、非常に三次元の不整形性がありますので、今、観測記録を例えば北から到来するもの、東から到来するもの、そして、南から、海側の西からというのはデータは少ないんですけど、そういった地震動をグルーピングして、その応答を見ようということ。三次元の波動場は計算できますけど、それも4方向の到来方向別に応答を見たり、そんなことをトライしながら、今、実施中でして、本日はちょっとそこまでお示しできていないんですけど、いずれにせよ、そういったものをトータル的に考えて、最終的には事例研究ですけど、どこまで新しいものを見出せるかと、適用性を見出せるかという観点でやっております。

○岩田教授 今、お話の中で、数Hzのところまで、本当に再現できるようなモデルというのができているとしたら、それはすごいことだと思うんですけどね。またいろんな場所で教えていただければと思います。

○小林技術研究調査官 ありがとうございます。

○迎企画調整官 すみません、先ほどの質問の回答を1点させていただきます。

○呉技術研究調査官 すみません、地震・津波担当の呉です。

先ほど、岩田先生からの御質問の中で、6ページのほうで波形図にフィルタをかけたような波形、この周期帯を今、確認したところで、5秒～20秒の波形のみプロットしていません。確かに長周期のほうはプロットしていません。

○岩田教授 そうすると、その大きいパッチを置いたのが、出ていないですよ。

○呉技術研究調査官 そうですね。

○岩田教授 それは、そう。

○呉技術研究調査官 5秒～20秒しか残っていません。

○岩田教授 大体このちっちゃいほうで、こっちはばかりで決まっちゃいますよね。

○呉技術研究調査官 そうですね。強調したいのは、多分、深いところのアスペリティと
いうことで。

○岩田教授 そうですか。どうも。

○迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。

庄司先生、お願いします。

○庄司准教授 今日、御説明なかったんですけど、断層変位の話はよろしいんですか。調
書も拝読させていただいたんですけども、いわゆる粒子法とか個別要素法なんかで定性
的に検討されているようなんですが、ちょっと手法について、どんな計算をされているの
か御説明いただいていいですか。

○呉技術研究調査官 すみません、説明資料を御用意していませんが、口で説明します。

手法として、今、確率論的な評価手法と、この手法について、粒子法と個別要素法、こ
の手法が結合して評価しています。多分、粒子法のほうが、大変形まで対応ができます。
しかし、例えば断層ずれが発生した場合のほうが、粒子法の適用範囲外だと考えて、その
ときには、ある値を超えたら個別要素法を、あそこを乗り切ってシミュレーションにしま
しょう、このような数字解析手法を今計算している結果です。

○庄司准教授 これは同じプロジェクトの、5年の研究の流れの中の現在の状況というの
が、こちらの状況ということですか。

○呉技術研究調査官 そうですね。あと、今後展開のほうが、今年までのほうが一応、ご
く表層だけ。例えば数十mとか100m、50mだけのみ考えて、実際が、断層破壊のほうが、結
構、地震発生層から、地震基盤から工学的基盤、あと非常に柔らかい表層まで、この全体
を考慮する必要がありますから、そうすると、実際ほかの手法のものを例えば統一したも
のがあります。多分、地震発生層のシミュレーションのときには、有限要素法のほうが得
意分野だと。より、例えば工学基盤より上のほうが、粒子法とか、あと個別要素法、こ
のような手法の結合とか、このような全体、これからの2年間の中で展開する内容だと思
います。

○庄司准教授 やっぱ断層変位にそもそも絶対値をそれなりに数値解析で計算するとい
うのは、御存知のように大変難しい話ですよ。だから、こちらの強震動の話、精度から、
さらにもう一つ精度を考えなくちゃいけないレベルだと思うんですけど。

方向性として、じゃあ、今やられている計算の手法なんかを適用して、今後というか、

どういふことをやられる予定なんですか。非常に定性的にはわかると思うんですね、こういう計算で。

○呉技術研究調査官 実際、断層変位は非常に難しい。問題自体が非常に難しい。例えばIAEAの指針等の海外のほうは、基本的にこういうような決定論的だとか、絶対値を予測するのが非常に難しいから、一応、確率論的な手法を使っています。

我々は日本として、例えば今の現状の基準の中で、ほとんど決定論的手法、評価としていますが、そういう意味で、決定論手法を整備します。一方、確率論的手法も同時に整備します。そうすると、大きな考え方として数値解析の結果がありますと、観測データもありますね、もうお互いに何か補足して評価の精度を向上すると。こういう考え方です。

もう一つの補足が、特に日本の場合で、そもそも地表断層が出現する地震が少ないです。あと、例えば日本なんかは雨が多いし、地表断層でも、例えば濃尾地震のような、現状で調べたもよくあります。ごく古い地震が、痕跡とかがほとんど残っていないケースが多いです。そうすると、観測データが非常に少ないです。これで、観測データが少ない現状を踏まえて、数値解析も導入して、ある程度評価できるような手法を開発していくということを考えています。

○庄司准教授 最近ですと、御存知のように、集集とかコジャエリ的时候に、随分、地表断層変位が出て、非常に問題になりましたけど、こういう計算をやるのに、すごく意味はわかるんですけど、どういう形で実証的なデータと合わせにかかっているのかという方向性みたいなもの、クリアにしていなければなと思います。

○呉技術研究調査官 ありがとうございます。

御指摘のとおり、実際、国内のほうは横ずれ断層だと兵庫県南部地震があります。特に逆断層の場合が、多分、台湾の集集地震のほうで。我々も実際、ターゲットとして、台湾の集集地震のような再現ができる地表断層があったり、大雑把な特徴が再現できるような、とりあえず数値解析の結果と実際の地震動と整合している結果が重要だと思います。これは認識しております。

○庄司准教授 わかりました。

○迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。

じゃあ、岩田委員、お願いします。

○岩田教授 私も、こっちの縦書きのほうでちょっと質問、今日、パワポのほうでは説明がなかった部分なんですけど、2ページの非定常地盤増幅特性というところが――図1です

ね、図1の(b)のほうなんですけども。非定常地盤増幅特性という、このフローを見ると、何となく時間依存をするような地盤増幅特性のことをちょっと非定常とおっしゃっているのかなと思うんですが、ちょっと、誰がこの名前をつけたのかじゃないけど、どういう狙いがあるのか。

○呉技術研究調査官 御指摘のように、わかりやすいほうは時間依存性、フェーズの特徴を考えています。

○岩田教授 例えば長周期はずっと長く続くけど、短周期はぷっと終わるとかというのを観測から取り出したということですよ。

○呉技術研究調査官 そうですね。図1、(b)の上で描いたように、幾つか観測波形がありますように、一応、今までのほうは、例えば振幅のみ考えています。今度のほうが、フェーズも、後で計測値、波の時間とか、そこがフェーズも考慮して、何かウェーブレットの変換とか再変換とか、こういう手法を使って。名前は、今までの研究論文のそのまま使ったんですけど、確かにわかりやすい名前もありますから、これから検討します。

○岩田教授 ああ、そうか。だから、先行研究をすればいいのかもしれないけど。わかりました。

それと、もし表現されるんだったら、ちょっとこれだと、多分、加速度だけだと、これ、有意性が本当に見えないので、多分いろんな、例えばもう少し長周期側を見ることは、波形をお見せするんだったら、見せられるんだったら、例えば速度波形とかも出されて、うまくいっていますよということを使うほうがいいかもしれませんね。

○呉技術研究長官 はい。ありがとうございます。これからも検討します。

○迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、続きまして、外的事象に係る構造健全性関連研究について、同じく地震・津波担当付の石田上席技術研究調査官及び中村上席技術研究調査官から説明をお願いします。

○石田上席技術研究調査官 地震・津波担当の石田でございます。

それでは、平成26年度の外的事象に係る構造健全性関連研究について御報告いたします。

研究概要ですけれども、平成25年7月に、新規基準並びに関連するガイド等が施行されております(参考資料D06の1p)。これに対して、現在、適合性の審査が進められているところでありますが、また「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」、25年11月のものですが、これではプラントの安全性向上を評価することを求めておりまして、評価方法の1つとして「外部事象に係る確率論的リスク評価」が挙げられております。

これらを踏まえて、地震・津波などに関するリスク評価の観点から、施設・設備のフラジリティに係る研究を進めているところでございます。

具体的には、耐津波設計・フラジリティ評価手法に関する研究テーマが①～③の三つ、それから、地震などの外部事象に関するフラジリティ評価手法の整備として①～④の四つのテーマを掲げております。

これが平成24年～28年度までの研究計画、耐津波設計に関するものです（参考資料D06の2p）。①～③の研究テーマのうち、26年度までに実際に研究を実施いたしました①と②、これについて後ほど御説明をいたします。

同様に、地震などの外部事象に関するフラジリティ評価の実行計画でございます（参考資料D06の3p）。これについても、26年度までに実際に研究を実施いたしました、①の項目についての御説明をいたします。

以上、本日は三つの研究テーマについての事例を紹介させていただきたいと思っております。

それでは、まず防潮堤の津波に対するフラジリティ評価について御説明いたします（参考資料D06の4p）。「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」の中では、防潮堤に対する津波による荷重の設定に関しては、考慮する知見、例えば国交省の暫定指針、こういったものを参照して、それらの適用性を確認するということを求めています。

ここで、防潮堤に作用する津波の波圧について御説明をいたしますが、段波波圧と持続波圧というものの2種類がございます。段波波圧は、津波が最初に防潮堤に衝突する際に与える継続時間の短い波圧、持続波圧は、段波波圧の後の継続時間が長い波圧と定義しております。これらを踏まえて、設計上考慮する設計波圧、現状の暫定指針の中では、「構造物の位置において、防潮堤がない場合を想定した津波の浸水深から得られる設計用浸水深の3倍（水深係数3）の高さに相当する静水圧より求める」としております。それが、この図2に示す概念でございます。一方、条件によっては、この水深係数3を超える場合がありますというような既往研究もございます。

こういったことを踏まえて、我々は、暫定指針にあります水深係数3の適用範囲を検討しようということで、特に、先ほど御説明した波圧の種類の中で、一般的に、より影響が大きいと言われております持続波圧を対象にして水理試験、シミュレーション解析、試験を実施いたしました。

まず、水理試験についてですが（参考資料D06の5p）、津波の海上伝播及び陸への遡上を模擬することのできる2種類の水路を用いて、造波装置によって津波を模擬した作用波

を発生させるという試験設備を用いております。

具体的には、中規模水理試験設備、大規模水理試験設備というもので、これは対実規模縮尺で1/40と1/102種類でございます。試験を実施するに際しては、水路の底面勾配、それから作用させる波の波形、作用波高、こういったものをパラメータとして、通過波検定試験、波圧試験、この2種類の試験を実施しております。

通過波検定試験は、防潮堤を模擬した堤体、これを設置しない条件において作用波が沖側でどういう波高、遡上後、どういう浸水深になるか、あわせて流速がどうであるかといったデータを取得いたしました。

波圧試験のほうは、堤体を設置いたしまして、その堤体に作用する圧力がどうであるかということ、データの取得を行っております。

それでは、ここで実際の水理試験の状況の動画を御紹介します。

これは大規模の水理試験で、ここに堤体が立っております。これは波圧試験に相当するものでございます。180mぐらいの水路で、これは実際に堤体に対して作用波をぶつけたところでございます。今、少し時間をスローにしてございますけれども、波の先端がここにございまして、ちょうど今、この時点で、この波が砕波したという状況が見てとれます。

このように堤体位置をいろいろ振ったりとか、波の波高を変えたりという、いろいろパラメータを振ったというものでございます。

今回、目的としておりますのは、暫定指針における水深係数3の適用範囲を検討するというところでございます（参考資料D06の6p）。これを検討するに当たって、フルード数と水深係数を用いて関係を整理していこうという方針で進めました。水理試験、シミュレーション解析、試解析、いろいろやっております。これらの結果を統一的な尺度で比較するという意味で、無次元数であるフルード数、水深係数、これを導入するというふうに考えました。

フルード数、水深係数の定義は、フルード数は、ある基準の浸水深における水の勢い、これを示す指標でございます。同様に、水深係数は圧力の強さを示す指標でございます。

これらを検討するために、まず、シミュレーション解析としては、水理試験で得られたデータをシミュレーション解析結果と比較しました。具体的に言うと、沖側の波高、浸水深、流速、それから最大堤体作用波圧、こういったようなものを比較しながら考察をいたしました。さらに、フルード数、水深係数などに係る解析手法の妥当性の確認ということを行っております。

実際、比較するに当たっては、堤体位置をパラメータとして、具体的に言いますと、堤体位置を海岸線（汀線位置）、それから陸側、さらに奥側（奥のほうの陸側の2カ所）、こういったものをパラメータにして浸水深がどのように変化していくかということを見ておられます。

実際の検討結果でございます（参考資料D06の7p）。

シミュレーション解析結果ですけれども、水理試験結果とシミュレーション解析結果を比較したところ、よく合うということがわかってございます。この図に示しますのは、その中で沖側の波高と遡上した後の浸水深を、赤の水理試験と青の解析のデータを重ね合わせたものですが、よく再現できているということから、解析におけるモデル化の手法だとか、シミュレーション解析の手法というのが妥当だというふうに評価いたしました。

それから、堤体位置をパラメータとした検討でございます。この結果を見ますと、堤体が汀線から陸側に、奥のほうに設置されるに従い、水深係数が大きくなる傾向が見てとれます。ここで示します連続右上がりの傾向でございます。

結論ですが（参考資料D06の8p）、水深係数の適用範囲として、こういった検討を踏まえまして、最終的にフルード数と水深係数の関係を整理したのが図7でございます。フルード数が1.5程度を超える領域で、水深係数が3を超える場合がある、フルード数が1以下の範囲では、水深係数が3を超えるデータは得られなかったということでございます。

まとめますと、水理試験、シミュレーション解析及び試解析を行い、水深係数の適用範囲を明確化いたしました。これらの結果を原子力規制委員会に報告するとともに、NRAの技術報告として取りまとめ、発行してございます。以上より、新規制基準適合性に係る審査における判断基準として、これらの結果が貢献できるものと考えてございます。

二つ目の事例ですが、水密扉の津波に対する浸水防止機能の評価でございます（参考資料D06の9p）。

背景ですが、先ほども御紹介しました審査ガイド等において、水密扉については、「浸水想定範囲における浸水時及び冠水後の波圧等に対する耐性等を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計すること」としております。

この背景を踏まえまして、水密扉の津波に対するフラジリティ評価手法を整備するため、水理試験を行い水密扉の浸水防止機能（漏水量）に係るデータを取得しました。対象といたしましては、片開きの水密扉、実際の寸法は幅1m×高さ2mほどのものを対象といたしま

した。実際、試験をやる場合の試験体ですが、この扉単体の場合と、それからRC壁、実際の建屋の壁に相当するものに組み込んだ状態の水密扉、これらを用いた試験を実施しております。単体の状況が図8、それからRC壁に組み込んだ状態が図9に示すものでございます。

試験条件といたしましては、地震と津波の重畳を想定いたしまして、まず、地震に相当するものとして、せん断変形をアクチュエータでもって付加させ、その状態で、水圧を連続的に上げていきながら、漏水量を測定するという試験を実施しております。

結果でございます（参考資料D06の10 p）。漏水量（枠内）、これは扉単体の例でございますけれども、水頭圧（付加する水圧）を連続的に上げていきますと、漏水量が上がっていくということがわかります。それから、図12、漏水量、これはRC壁、コンクリートの壁のほうの漏水量の関係ですが、これも水頭圧が大きくなると漏水量が増えていくんですけども、その場合、付加したせん断変形量が大きいほど漏水量が増えるという結果が出ております。

まとめますと、設計条件範囲では、許容漏水量として設定いたしました水頭圧10mで $0.02\text{m}^3/(\text{h}/\text{m}^2)$ を超えないことを確認いたしました。扉の枠内、扉単体では、設計条件を超えると漏水量が急増する傾向がある。載荷時、即ち、せん断変形を与えている場合は、RC壁にひび割れが生じ漏水量はその荷重に応じて大きくなる傾向がございます。

ただし、せん断変形を開放してあげますと、RC壁からの漏水量は極めて小さくなり、荷重をかけていたときに発生していた変形は、開放するときの水密扉の漏水量にほとんど影響しないということが推定されました。これらの結果を踏まえて、今後、扉枠内の漏水量に基づいたフラジリティ評価手法に係る検討を行い、津波PRAに反映していきたいというふうに考えてございます。

それでは、発表者をかわらせていただきます。

○中村上席技術研究調査官 続きますと、地震等の外部事象に関するフラジリティ評価手法の整備につきまして、中村のほうから御説明させていただきます（参考資料D06の11 p）。

ここで取り上げますテーマは、地震時の斜面崩壊に係るフラジリティ評価でございます。

背景といたしましては、現状の地震時の斜面安定性評価は基準地震動に対する動的解析を行うこととしておりまして、その評価手法として、時刻歴のすべり安全率のみを用いているということに特徴があります。

本研究の目的は、リスク評価の観点から、すべり安全率以外にひずみや変形等の指標を導入し、評価手法を高度化することを目的としております。

検討につきましては、斜面の変形状態、その変形状態の度合いに着目しまして、斜面崩壊前と崩壊後に分けて検討をしております。

実施内容は、振動台試験により斜面の応答加速度や土塊の移動量、距離に関するデータを取得し、斜面の崩壊形態について分析しております。

こちらがその一例でございます、斜面崩壊前の最大せん断ひずみの分布状況でございます。

これを時系列的に見たものが、こちらの右の図でございます、下の図が振動台に取りつけた加速度計の変化状況、上の図が、このすべり面に沿った上部の部分の土の移動距離と。そういったものを時間的に見たものでございます。

崩壊形態は、幾つかのパターンがこの実験でわかりまして、一つは、この青い線、滑落型というもので、地震力を受けて一気に崩壊するもの。2番目が、地震時の慣性力を受けている間は変形しますと。その間の中間型で、進行型から滑落型に変形するものと。大きくこの3点が崩壊形態としてわかりました。

一例を御紹介いたしますが、ここでは進行型の崩壊形態でございます、この形態の特徴は、地震動の作用が終わると、斜面はそのまま残っているという特徴がございます。

以上をまとめますと、斜面崩壊前の応答特性把握のために振動台試験をしまして、試験データを取得しました。今回得られた知見で、3種類の崩壊形態がわかりまして、その知見に基づいて、地震時の変状を考慮した斜面の影響評価の考え方とその手順をまとめることができました。

続きまして、斜面崩壊後の検討について御説明いたします（参考資料D06の12p）。

こちらの検討のほうは、滑落型のような場合でございます、こういった場合には、土塊の挙動だとか、それが構造物へ衝突したときの評価が必要となってまいります。そのため、どのような要因が施設に影響を及ぼすかと。そういうことを明らかにすることをこの検討では目的といたします。

右が実験の概要でございます、こちら画像のほうで御説明いたします。再現はスローで再生しておりますが、途中に勾配の違う角度を設けまして、はね返り特性を見ています。そういった実験でございます。

こちらが結果の図でございます、横軸が斜面の距離で、縦軸がこの岩塊の速度というものでございます。赤色が斜面に対して接線方向の速度、青色が斜面に対して法線方向の速度ということで、赤色の斜面接線方向の速度に関しましては、マクロ的に見ますと、落

下とともに変動は少なく、ほぼ線形に加速しているということがわかりました。一方、法線方向の速度に関しましては、この変曲点の部分ではね返って、その後は変動するという傾向が得られています。これは一例でございますが、他のケースについても、大体、この傾向が得られています。

まとめますと、このようなね返り特性の傾向とともに、斜面の勾配や模型の形状の違いが到達距離に及ぼす影響を確認することができました。

以上の結果をまとめたのが、このスライドでございますが（参考資料D06の13 p）、これまで説明したものでございまして、ここでは、本日、省略させていただきます。

最後に、今後の展開でございますけれど（参考資料D06の14 p）、本日御紹介しましたテーマのほかに、次年度以降に実施するテーマが幾つかございます。それを最後に御紹介して、御説明のほうを終了させていただきたいと思っております。

津波関係のテーマに対しましては、4.3構築物、設備の津波に対するフラジリティ評価を実施いたします。一方、地震等の外部事象に対する評価につきましては（参考資料D06の15 p）、4.5地震による設備のフラジリティ評価、4.6の構造物の衝撃に係るフラジリティ評価、そして最後、4.7の竜巻荷重による施設フラジリティへの影響評価と。こういったものを次年度以降、加えて実施していきたいと考えております。

以上で説明のほうを終わらせていただきます。

○迎企画調整官 御質問、御意見がございましたら、お願いいたします。

庄司委員、お願いします。

○庄司准教授 水密扉の検討結果について、御質問をさせていただきたいと思っております。

水密扉単体というのは、非常に強いものですから、RC壁との設置型というのが一番クリティカルだと思うんですね。それで、これは柱とかスタブとか水密扉とか、そもそも、その間というのは、境界というのは、どんな形の処置をされている上での実験ですか。

○石田上席技術研究調査官 地震・津波の石田でございます。

これは、RC壁のところは、まずコンクリートの実際の壁を模した壁をつくって、ここに開口をつくって、そこに扉の型枠を埋め込んで、その境界のところはいわゆるグラウトですね。それから、枠のほうは、アンカーでもって打ち込んだりはしておりますけれども、本当の境界のところは、いわゆるグラウトだったりいたします。

○庄司准教授 片扉ですね、今年というか、今やっているのは。

○石田上席技術研究調査官 はい、そうでございます。

○庄司准教授 扉の、じゃあ、片方は鋼製のフレームか何かあって、それでRCの柱か何かと埋め込んであるんですか。すごくやっぱりディテールが気になるというか、それが機能的に破壊のクリティカルなポイントになるので。

○石田上席技術研究調査官 実プラントの水密扉の設置のやり方と同じようにということなんですけれども、それを模した模型になっているんですが、扉の型枠を躯体に固定するという考え方でございます。それで、その固定方法は、型枠に対してアンカーが出ていて、躯体側に固定されていて、すき間部のところはグラウト等で埋めて、充填しているということでございます。

○庄司准教授 そしたら、せん断の変形は与えていらっしゃるんですね。

○石田上席技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 1000 μ とか。この2mって、高さに対しておっしゃっているんですか。

○石田上席技術研究調査官 この開口部の上端のところに対して、この μ の変形を与えております。したがって、4000 μ の場合ですと、大体、高さが2mぐらいですので、横方向に対して8mmとか、そういった変形量でございます。

○庄司准教授 そういうことですか。わかりました。

その場合、次のスライドでございまして、非常に性能としては高いなというのは拝見いたしました。一方で、図11のですね、最初、いわゆる0.1%かな、1000 μ 加えるところで、20mの水頭とか、15mぐらいのところ、急にちょっと上がっていますよね。これは何か、どんなようなことになっていたんでしょう。

○石田上席技術研究調査官 これは一連の連続した試験の中なので、実際上は、水圧が上がると漏水量が増えていくという関係が本来だったら得られるだろうというふうな期待の上での試験だったんですが、試験の結果を見る限りにおいては、より低い水圧でも漏水量が多いという結果が得られております。場合によって、こういう結果が出ております。

考察はしておりますが、詳細なところはわかりかねるところがあります。漏水の全体的な傾向を見ると、結局、合わせ面のところのパッキンの合わせ性能といいますか、そういうところが漏水にきいております。1回漏水が発生したりすると、そこに、パッキンのところに水みちといったようなものが形成されて、そのところから集中的に漏水が進行していくという傾向がありました。御指摘の件については、推定の域を出ないのですが、この辺で発生した水みちのようなものが、さらに過圧されることによって、そこが一旦縮まるというような現象が起こったのではないかというふうに現在推定しております。

ただ、全体傾向とは合わないところなので、その推定が本当に正しいのかというところはわかりかねるますが、現時点では、そういう状況でございます。

○庄司准教授 初期の一番最初の+1000 μ 加えて、それでまた引いたときというか、マイナス側で出ていますよね。

○石田上席技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 だから、おっしゃっていたように、非常に载荷していくときのフレームと、あと水密扉そのものとか、非常にディテールですけど、その部分の破壊というか、損傷の何か状況を丁寧に見られたらいいのかなと思いますね。

○石田上席技術研究調査官 はい、そうですね。ありがとうございます。

○庄司准教授 実験結果について、非常に強いのは確かだと思うんですけども。実際、津波の10mとか20mのクラスの水頭だと、やはり一番ディテールが弱部に御存知のとおりになりますので……。

少し計画を拝読させていただいて、片扉ならではの何か特徴というのはあるんですか。片開きならではの何か特徴というのがありましたか。

○石田上席技術研究調査官 今回、扉の試験、これが最初なものですから、まず、一番一般的な片開き扉を対象にしてまずやりました。なので、片開き扉特有の傾向というものがこれだというのは、まだ比較対象がないのでわかっておりません。

今後、例えば両開き扉のようなものをやったときは、片開き扉であれば、扉に対して4辺で支持されるので、比較的耐水能力が強いと言われているんですが、両開き扉になると、1辺が足りなくなりますので、その場合には、片開き扉よりは性能的に落ちるとか、そういうことは考えられますが、現状は、その辺の傾向というものは持ち合わせていません。

○庄司准教授 片開き扉というのは、いわゆるこの1辺のところが固定……。

○石田上席技術研究調査官 はい、そうです。

○庄司准教授 結構、ピンじゃないけど、ピンみたいな形で支持力みたいな感じになるんですね。

○石田上席技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 それで、だから最終的なこれだけの水頭が加わったときの残留変形というか、どんな形の変形になってしまっているのかとか、そういうところを少し教えていただきたいなと思ったんですけどね。

○石田上席技術研究調査官 ああ、ちょっと前に……。

○庄司准教授 いわゆる漏水は、実際、すごくわかるんですけどもね。それが当然増えてくるのは。

○石田上席技術研究調査官 そうですね。そういう意味ですと、例えばヒンジがあるところがより強いのではないかと、最初想定していたんですけど、あまりそれは関係なくて、全体を水圧でぐっと押し込みますので、そういう水圧で押し込められている効果がまずあるということと、それから、四隅のようなところからの漏水が多いというのがわかっております。なので、局所的にそこが変形するというか、パッキンの当たりが弱くなったりすることがあるのかという感じは受けております。

○庄司准教授 わかりました。

○迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。

岩田委員、お願いします。

○岩田教授 11ページの斜面のほうなんですけども、これ、この絵を拝見すると、大きいほうでは非常に単純じゃないという感じはするんですけど、例えば左の絵では、最大加速度で何か物事が決まっているわけではないということになるんだろうとは思うんですけども、どういうものをほかに考慮してフラジリティをつくられていくのかということについて、方針をちょっと教えてほしいんですけども。

○中村上席技術研究調査官 まず、第1ステップはここで示しましたとおり、力だけでは、これが滑落するかどうかまではちょっとわからない。可能性はあるのですけれど。それで今回、そういった変形量で、こういったパターンがあるかというのをまず見たということですね。

続きまして、進行型のような場合は、途中でとまるわけですから、それでフラジリティとしては対策も軽微なものでいいだろうと。ただし、滑落型になりますと、どうしても地表面まで到達して施設に影響を与える。こういったものは、かなりの大きな対策まで要ると。そういうリスク評価に役立てると。

具体的には、次の試験でやりましたが、今回、この斜面の部分の挙動しか御説明しませんでしたけど、じゃあ、一体どこまで到達するんだという、そういうデータを今とっています。

それと、次年度以降は、到達するんだけど、衝突したらどうい影響があるかと。そういったところまで影響を見て、分布の範囲と、衝撃量、そういうものも判断材料にしてフラジリティを求めていこうと。そういう方針では大きく考えているところがございます。

○岩田教授 例えば1個前のやつですと、これだとCase6と7は例えば同じ入力をされていることになるんですかね。

○中村上席技術研究調査官 はい。

○岩田教授 にもかかわらず、起きていることはかなり違いますよね。そういうのは、たくさん実験をやるとかということですか。

○中村上席技術研究調査官 そうですね。ここではパラメータの御説明をちょっとしていませんでしたけど、波形も、これは実際は100galずつ順次上げてきて、それで崩壊するパターンが最終的にどうなったかという、これは図でございます。それと、もちろん正弦波のほかに自然波、そういったものを入れると。あと、物性的には、材料の物性も変える、あるいは斜面の角度等も変えて、トータル的に見てございます。

○岩田教授 それと、さっき、次のページで、この絵の見方がちょっとわからないんですけども、もう少し教えてもらえませんか。この下の絵。

○中村上席技術研究調査官 実はこれ、黒の実線が軌跡でございます、実際、このとおり、ここから石を落として、こうはね返って、1回、ここではね返って、こういったものが岩の軌跡です。それで、薄いグレーのものが接線方向の速度 (x) 方向、青のほうは法線方向の速度と、この3本のラインが描いてございます。右の軸は斜面の距離。もちろん、整理の仕方で、ここから角度の違う部分で原点を2カ所とってまして、実際、この部分とこの部分では分析しています。それと、あと縦軸は変位のy座標、左軸のほうは速度の値と。そういうふうな図になります。

○岩田教授 最初におっしゃっていただいた実線、この人ですね、これはどこからはかった距離になりますか。

○中村上席技術研究調査官 この位置が落下点であります。ここからはかって、こう落ちていったときのx方向とy方向の軌跡です。

○岩田教授 斜面は、基準は。

○中村上席技術研究調査官 斜面はこちらですね。

○岩田教授 基準は、ここになるんですね。

○中村上席技術研究調査官 そうです。座標のとり方が、ここから上に上げたものと、ここから上げたものと、角度の違う部分で、また違う整理をしておりますので、こういう座標のとり方をしています。

○岩田教授 わかりました。

- 庄司准教授 今回の岩田先生の質問で、いわゆる斜面に沿ってy軸をとっているんですね、これ。
- 中村上席技術研究調査官 斜面の法線方向ですね。
- 庄司准教授 斜面の法線方向。
- 中村上席技術研究調査官 はい。
- 庄司准教授 横軸で左の、すなわち、例えばこの辺りだったら、こちらの軸で0.15、この斜面から見て15cmぐらい飛んで、そういう意味ですね。
- 中村上席技術研究調査官 そうです。落下されて、ぼとんと落としてということですね。
- 庄司准教授 マイナスというのはここ、9・・・ですかということは、何かここが実験で土塊がえぐれて。マイナスがありますね。
- 中村上席技術研究調査官 マイナスは、側線に対しまして奥行方向というか、面外に外れた場合は多少誤差が出て、こういうマイナスの値が出たということです。
- 庄司准教授 そういうことですか。
- 中村上席技術研究調査官 そういうことです。
- 迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。
- 庄司准教授 今回の岩田先生の質問とちょっと関連するんですけども、斜面のやつで、前のページのですね、このCase6、7、5、8の加速度のこういう形で、およそ10波ですか、これは入れていますけど、この辺りのポリシーというか、考え方は、どういうところに。振動台の加振をするときのですね。
- 中村上席技術研究調査官 まずは基本を押さえるということで、それでメインは崩壊形態がどういった崩壊形態を示すかという、それが一番目的だったので、できるだけ簡単なもので様相を見ようと。そういうことで、こういったサイン波を用いました。その後、実は新潟県中越沖地震、ああいった実測波では、この後、実際はやっております。
- 庄司准教授 500gal相当の加速度で、やっぱり10波ぐらい入れると。10波って、波形ですね。1、2、3、4というかですね、それから入れると。
- 中村上席技術研究調査官 サイン波はそうですね。100galごと上げていって、壊れそうな場合は、それをピッチを短くして50galごと上げるという処置はやっても、崩壊形態を見たいというか、先ほど申し上げましたけど、そのための加速度の絶対値は、どちらかというあまり重要視しておりません。
- 庄司准教授 これは振動台の実験ですよ。

○中村上席技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 振動台ですよ。

○中村上席技術研究調査官 そうです。これは振動台ですね。ここの位置の加速度の状況です。

○庄司准教授 したがって、非常に、加速度500galとか、今、400galとか、これくらいの状態で、これでいわゆるこれくらいの時間、周期というか、継続時間の中で10波ぐらい入れていくというのが、やっぱり一番クリティカルな最大条件なんですね。すなわち、私が伺いたいのは、例えば今回、東日本のときには、継続時間が300秒ぐらいあるわけですね。非常に長い時間で、非常に長い加速度が作用しているわけですよ。もちろん、それは斜面崩壊とは別問題、例えば液状化なんかは非常にそういう指摘を受けているわけです。

だから、この辺りの横軸の——これは実験の時間のスケールですよ、これ。5秒とか8.5秒というのは。だから、どういうポリシーで入力を考えていらっしゃるかというわけですね。もちろん、破壊の形態を見るという趣旨はわかりますけども。当然、わかりますけどね。

○中村上席技術研究調査官 基本的には、そういう特徴を調べた上で、実際問題は、実規模レベル、それは解析でやっぱり実験と合わせまして、入力波もそういったものを用いて検討は別途進めております。

○庄司准教授 じゃあ、やっぱり400galのこれくらいの加振で、こういうことが起こることなんですね。

○中村上席技術研究調査官 そうですね。

○庄司准教授 わかりました。

○高松安全技術管理官 すみません、ちょっと誤解があるといけないので。

これはあくまでも試験体として、400galで滑落が生じたということとして、実機でという話ではございません。

○庄司准教授 もちろん理解しています。だから、この模型のいわゆる振動台実験において、滑落型を起こすのに400galの——あるこの時間の中で、これくらいの10波ぐらいですか、最初少し上げて、最後は少し下げて、そのトータルで10波ぐらい入れて起こると。そういうことなんですよ。

○高松安全技術管理官 おっしゃるとおりでございます。

○庄司准教授 だから、破壊の形態を見られるとか、実験の模型のレベルでやっていると

というのは、全部理解しているんですけども、だから、実際のスケールで考えたときに、
どういう入力で、どういう破壊でと、進行型がというふうな形で起こるとか、そういうこ
とで、接続というか、その部分のロジックを明確にされるといいのかなと思いました。

○迎企画調整官 ほかにございますでしょうか。

○岩田教授 今の、私も重ねることになるんです。やっぱり継続時間の長い振動に対して、
実際に、場所によっては、やっぱり数百galを超えている時間がかかなり長い記録が3.11で
はとれているわけですね。だから、それをこういう検討に入れるのかどうかというのは、
ちょっと議論していただいたほうがいいように私は思います。これは多分、模型にしても、
多分、直下型を対象にされているように拝見できますので。

M9がそんなにしょっちゅう起きるとは思いませんけども、長時間に加速度が高いレベル
でずっと続くというのはどうかということについても、実験だからこそ今できるというか、
そういうところもあると思いますので、もしそういうことができるのであれば、ちょっと
検討していただくのがいいのではないかと思います。庄司先生と同じ意見です。

○中村上席技術研究調査官 ありがとうございます。

先ほど申しましたけれど、柏崎で起きた地震を模擬して、実は1分以上の波でも、実際、
こういった実験をやっております。それはここで示した以外にも、幾つかの継続時間の長
いのも検討している事例はございます。

○庄司准教授 こちらの検討、次のページのですね、最終的にリーチする距離というのは、
到達距離ですね。いわゆる土塊が到達する距離みたいなものに対する検討というか、定
量的——定性的なのかもしれませんが、見通しというか、そこが一番大事だと思うので、
今回のこの実験ですね、どうなんでしょうか。この辺りの斜面勾配とか、模型の。当然で
すけども。模型、当然、重々わかっている話です。今回の結果から、到達距離について、
何か言えることというか。

○中村上席技術研究調査官 今回は形状を変えたということで、この形状も3種類やって
います。球形のものと、あと、これは塊状といいまして、多面体のもの、それと平坦なも
のと。やっぱり平坦なものは摩擦が大きいですから到達距離は短いとか、球形のものは
遠くまで到達するといった、形によるもの。

あとは、粒径も違いまして、大きいものほど遠くに到達するといった定性的なものはつ
かんでおりますので。あと、斜面の角度だとか、高さだとか、そういうのも今分析してい
る途中でございます。

○庄司准教授 量的な面で到達の距離がと、何か基準とするものに対して……。例えば斜面の法面の長さとか、比高とか、いろいろありますけど、そういったものに対して、どれくらいの距離まで行くとか、実験のスケールだとなつていて、その辺りの何か定量的なことはわからないんですか。一応、わかっているらっしゃるんだと思うんですけど。

○中村上席技術研究調査官 これも研究はやっぱり難しいところがございまして、まず最初、第1ステップは、どういった要因があるかということを出して、その中でこういった実験をやって、その中で支配的なものがどういうものがあるか、高さだとか、形状だとか、その後、ばらつきは幾らだとか、そういったものをまとめます。最終的には、やはり実験も解析でも、どうしても決まったものしかできませんから、確率的なPRAの手法、そういうものを用いて最終的にはまとめていこうと考えております。

○庄司准教授 何か到達距離をはかる指標として、何か今、アイデアとかはお持ちなんですか。何か基準化して、ある量なんかに、もって基準化して到達距離を見るような。

○中村上席技術研究調査官 これはあくまでも現地のサイトで、実際の対象物との相対距離になりますが、それは幾らということは、ここはちょっと決められないとは思っています。ただ、考え方だけをこの実験では整理しようと、そういうふうに考えております。

○庄司准教授 私が申し上げたいのは、実験というのはスケールを持っているから、先ほどの水位の実験もそうですけど、フルード数みたいなものとか、いわゆる無次元量に対して、整理することにより、実験の結果を一応プロトタイプというか、本物に対して考えるというのが基本的に筋かなという気がするんですよね。それで、水理の実験なんかは、これはかなり明確になっているんですけど、こちらの確かに斜面の崩壊、崩壊という、かなり強い非線形の問題を扱っていますから、非常に難しいのはわかるんですが、到達距離は、もうそのまま、じゃあ、実験の量をどういうふうに捉えるかですね。

○中村上席技術研究調査官 その辺りは、ある程度やりますと、やっぱり解析のほうに移って、実規模で、解析でシミュレーションすると。そういう手順を踏むことを……。

○庄司准教授 じゃあ、実験を解析でフォローして、シミュレーションをフォローして、解析で、じゃあ、実際のサイトなんかは、そういう予測をしていくと。そういう方向性。

○中村上席技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 中村さんがおっしゃったように、今回の実験で何が支配的なパラメータなのかとかを一応見出して、それで、その部分を、感度を動かして解析なんかに反映させると。そういうことなんですかね。

○中村上席技術研究調査官　そうです。

○庄司准教授　わかりました。

○迎企画調整官　ほかにございますでしょうか。では、よろしいでしょうか。

それでは、中間評価に係る安全研究プロジェクトの説明は、これで終了させていただきます。

お手元に配付していますコメントシートに、もう既に記載を終了していれば机の上に残していただければ結構です。お持ち帰りになって記載をしていただく場合には、事務局から別途電子ファイルをお送りさせていただきますので、1週間程度を目処に、事務局に御返信をお願いします。

あと、あわせてのお願いなのですが、原子力規制庁では、外部有識者による研究評価というのを今回初めて開催してございます。それで、運営面など、これから積極的に改善していきたいと考えておりますので、そういう運営面につきましても、コメントがございましたら、御連絡いただければと存じます。

事務連絡は以上でございます。

本日は、どうもありがとうございました。これで第2回地震・津波技術検討会会合を終了いたします。