

第3回地震・津波技術検討会

議事録

1. 日時

平成27年4月20日（月）10:00～11:00

2. 場所

原子力規制委員会 13階会議室B

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

呉 主任技術研究調査官（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・津波技術事後評価)

(2) その他

5. 配付資料

名簿

資料1 平成26年度 事後評価調査票

参考資料 平成26年度 事後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3回地震・津波技術検討会を開催いたします。

まだ、酒井委員、山中委員が到着しておりませんが、このまま開催させていただきたいと思えます。

本日は、お忙しい中、検討会に御出席いただきましてありがとうございます。

今回は、前回と同様、技術基盤課企画調整課の迎が進行させていただきます。

前回の検討会では中間評価をいただいたところですが、今回は、平成26年度に終了したプロジェクトの事後評価をお願いいたします。

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。

本日は、お手元に、座席表とともに議事次第、名簿、本日の資料を御用意しております。議事次第、名簿をめくっていただきますと、資料1といたしまして、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た調査票を用意してございます。次に、参考資料として、本日のスライドのコピーを用意しております。

また、A3サイズの資料でコメントシートを用意しております。このコメントシートに、成果に対する技術的コメントを記載いただきたいと思いますと考えております。このシートにつきましては、追って事務局から電子媒体をお送りいたしますので、1週間程度を目安に事務局までメール等にて御返送いただければと考えてございます。

資料について、過不足等ございましたら、事務局のほうまでお知らせ願います。大丈夫でしょうか。

○迎企画調整官 それでは、よろしいでしょうか。

では、安全研究プロジェクトの成果の説明に移らせていただきます。

福島第一事故を踏まえた震源極近傍の地震動評価の高度化について、原子力規制庁長官官房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いたします。

○飯島首席技術研究調査官 飯島でございます。よろしく申し上げます。

それでは、福島第一事故を踏まえた震源極近傍の地震動評価の高度化について説明します。

このプロジェクトは、平成25年度、26年度にわたってやったものでございまして、本日はその成果について簡単に御報告いたします。

研究の概要、背景でございますけれども、御存じのとおり、平成25年7月に規制委員会のほうで、新規制基準、それから「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」を施行しております。このプロジェクトは、その基準あるいは審査に記載されております基準地震動に係る二つのテーマについて扱ったものです。一つが震源極近傍の地震動評価、それからもう一つが、長大断層による内陸部地殻内地震の地震動評価でございます。

震源極近傍の地震動評価につきましては、基準の中に基準地震動の策定におきまして、震源が敷地に極めて近い場合には、地表に変位を伴う断層の全体を考慮するということがうたわれております。それから、長大断層の地震動評価につきましては、最新の研究成果を十分考慮して、地震規模や震源断層モデルを設定するというようなことがうたわれてございます。この研究は、この二つ、そういったことに即した形で行ったものでございます。

これは既にお配りしてございます調査票の目次でございますけれども、今日はこれに沿った形で二つのテーマについて説明いたします。

最初に、震源極近傍の地震動評価でございますけれども、これは基準でもうたわれておりますように、震源が極近傍にある場合には、表層地盤の地震動、震源域による基準地震動への影響というのを評価する必要があるということで、この研究の目的は、そういったところについて定量的に評価するというところでございます。

こちらに検討の手法というか、手順を示してございます。この研究では、まず最初に、動的な断層破壊のモデルの構築を行っております。具体的には、実際の地震動の特性を模擬する。それと整合するように地震動評価に係る経験式を満たすということと、それと同時に、地表の断層変位に係る経験式、観測記録から得られた経験式を満たすということで、この両方を満たすようなモデルを、まず最初に構築します。

このモデルを使いまして、動力的な破壊のシミュレーションを行います。その結果得られました地震動につきまして、表層地盤の震源域によるものと、それから地震発生層による地震動、それぞれ分けまして、表層地盤の震源域による地震動の寄与度の評価を行うという、こういった手順でやっております。

こちらにモデルが示してございますけれども、このプロジェクトの、この研究の中では、鉛直の横ずれ断層と、それから逆断層、60度の傾斜角を持つ逆断層について取り扱っているわけですが、こちらのほうに代表的なといいますか、今回の断層のモデルの処理を、主

要な量を示しています。基本的にはその震源、地震発生層から地表に至るようなこういう矩形の断層を考慮しております。断層の長さが25km、それから幅が18km、それから表層地盤の震源域の厚みを3kmというような、こういったモデルで評価を行ってございます。

最初に、モデルを構築するということですが、地震動評価に係る経験式を満たすということで、地震動の特性を表すようなこういう経験式、二つございますけれども、これに合う、この式を満足するように、その他の断層モデルのパラメータを設定いたしました。それと同時に、こちらの経験式(3)に示してございますような、表層変位と断層長さの経験式、これを満足するように地表地盤の物性値というものを求めたということで、そういったパラメータの設定を行って、断層モデルの構築を行ってございます。

さらに、次に、アスペリティについても二つ考えてございます。ケース1といたしましては、従来の考え方を踏襲した形で、アスペリティを地震発生層の中央レベル、中央値に配置したモデル。それから、ケース2といたしまして、それよりも上の領域にアスペリティを設置したものという2つのモデルをつくって、評価を行っています。

この絵は、その得られた解析結果でございまして、上のほうが最終すべり量の分布、それから下がすべり速度時間関数です。最終すべり量につきましては、表層地盤の変位が経験式と合うような結果になって、当然そういうにしたんですけれども、そんな結果になっていると。

それから、すべり速度時間関数につきましては、アスペリティにおいてはすべり速度が大きくて、それから表層地盤域におきましては、速度が小さくて比較的ゆっくり、継続時間が長いような、そういった結果が得られました。

そのようなモデルを使って地震動を評価したわけですが、次に、それぞれ地震発生層と、それから表層地盤の寄与分についてのそれぞれ分割、地震波を分けまして、寄与分について評価を行いました。

具体的には、これは平面図ですけれども、地表の断層の中央位置のaというラインで、断層の近い位置から最大10kmまで離れた、こういう8点について地震動評価をしています。さらにb、cということで、こういったb、cラインにつきましても同様に8点、合計24点について地震動を評価しました。

こちらは、ケース1の結果で得られましたこのラインaの中のa1ということで、50m、それから1km、2km離れた点での結果です。こちらの左側がFN成分ということで、断層に対して直交の地震動の整理。それから、真ん中がFP成分、平行な成分。それから、一番右側が

鉛直の成分です。

さらに、ここに三つ縦に並んでございますけれども、一番上がトータル地震動、それから真ん中、Faultと書かれてございますのが地震発生層による地震、それから一番下、Shallow Layerと書かれてございますのが、これが表層地盤の震源域による地震動です。

この結果からですけれども、まず、FN成分につきましては、成分的には一番大きいということで、基本的にはこの真ん中の震源域、地震発生層によるものがほとんど支配的であるということがわかります。

もう一方、FP成分につきましては、ごく近傍、例えば数百メートル以下のレベルにおきましては、こちらの表層地盤の地震がほとんど支配的であるということで、さらに、だんだん距離が断層から離れるにしたがいまして、地震発生層の成分がだんだん大きくなってきて、逆に表層地盤の成分については小さくなってくるような、そういう結果が得られました。

次のページ、これが、ケース1による水平成分の応答スペクトルを比較したものでございます。

断層の近い位置から1番～8番まで、それぞれ色を変えて示してございますけれども、一番こちら側がトータルです。それから真ん中が地震発生層による地震動。一番右側が表層地盤の震源域による地震動でございます。一番上が、この三つがFN成分ということでございますけれども、FN成分につきましては、三者比較いたしますと、この地震発生層によるものがほとんど支配的であると。この表層地盤につきましても1km未満程度である程度落ちつきますけれども、こちらの地震発生層によるものが9割程度を占めているという結果でございました。

FP成分につきましては、やはりこのスペクトルを比較しますと、特にこの赤いライン、黄色のラインで示したような数百m以下のところにつきましては、この表層地盤による成分が効いているということがわかります。逆に、さらにだんだん断層から離れますと、影響度は下がってくる。逆に、この地震発生層による効果といいますか、寄与度が逆に今度は上がってくるような、そういった結果です。

ということで、寄与度という観点から見ますと、断層から2km以上、この場合ですけど、約2km以上程度離れば、表層の震源域による影響というのは、無視できる程度に下がってくるという結果が得られました。

それからもう一つ、逆断層についても同様の評価をしてございます。いわゆる断層の

基本的な寸法は一緒でございます。こちらのほうに、中央ラインのa点、近いところと2km程度離れたところの地震動の寄与度を示してございますけれども、FN成分、それからFP成分につきましても、この地震発生層による寄与分が大きいということがわかります。さらに2km以上離れてしまうと、この表層地盤の影響というのは下がってくると。無視できる程度小さくなるということがわかりました。

震源極近傍の地震動評価のまとめてでございますけれども、最後この三つ、横ずれと逆単層について評価したわけですが、まとめて書いてございます。

横ずれ断層の場合には、断層の極近傍におきましては、直交成分は地震発生層の震源域、それから平行成分につきましては、表層地盤の震源域に支配されるということ。

それから、逆断層の場合は、概ね地震発生層の震源域からの地震動が支配的であって、表層地盤からの影響は小さいということがわかりました。

今回は、ある限られたパラメータでの結果ということで、今回の設定条件ではということなんですけれども、断層から2km以上離れますと、表層地盤の震源域による影響は無視できる程度に下がるということがわかりました。

○迎企画調整官 すみません。ちょっとここで、事務的な連絡等があります。

酒井委員と山中委員が、日にちを勘違いされていたということで、今日は欠席ということになります。

それと、テーマが二つ、大きく分かれていますので、ここで一旦切って、ここで御意見、御質問を伺いたいと思います。

何か御質問ございますでしょうか。

岩田委員、お願いします。

○岩田教授 非常に興味深い研究というか、やっていただいて、おもしろい、興味深いところだと思うんですけども、幾つかちょっと細かい点で教えてほしいところがあるんですけども。

パラメータのセッティングとかについて少し聞きたいことがあるんですが、例えば4ページ目、フローがありますよね。例えばここで、次の計算で用いるときの、例えば経験式というのを与えるときに、ここは面積というのは、面積を算定する段においては、浅い部分というものは加味していないものを使われているのかどうかということについて、教えてください。

○呉主任技術研究調査官 地震・津波担当の呉です。

例えば4ページのほうで、近傍の計算の経験式のほうは、断層全体の破壊領域を考慮しています。面積のほうですね。

○岩田教授 浅いところも入れているんですか。

○呉主任技術研究調査官 そうです。計算しています。

○岩田教授 それは、もともとのこのデータベースはそういうところに立地していたかどうかで、ちょっと微妙なところだと思うんですけども。

○呉主任技術研究調査官 実際、例えば経験式1のほうが、入倉・三宅先生のほうの式です。もともとの式のほうが、実際には断層の破壊の全体面積を指しています。今回の場合も、同じく表層の破壊面積も考慮して全体のモーメントを計算しています。

○岩田教授 経験式のほうは多分ケース・バイ・ケースで、地表のそういう浅いところへ入っている場合と入っていないデータが、多分混在していたように記憶するんですけども、それは今回は全体の値だということですね。

○呉主任技術研究調査官 そうです。

○岩田教授 それで、その次に、いいですか、細かいことばかりで。これで非常に工夫されているのは、経験式(3)と書いてある地表のずれ量を見積もるために、浅いところのインピーダンスを繰り返し変えられているんですよ。

○呉主任技術研究調査官 はい。

○岩田教授 そのパラメータは、この動力的なシミュレーションのほうに反映されているんですか。

○呉主任技術研究調査官 そうですね。実際に、例えば2回の繰り返しがあります。右の一回繰り返しのときが、影響するほうはもちろん書いてあるような。大雑把なパラメータも既に左側のを繰り返してパラメータを設定します。右の繰り返しのほうは主に表層地盤の物性だけで、例えば β_1 のほうで決められますから。そうすると、最後、全体のすべりの分布が影響します。しかし、具体のパラメータ設定のほうが、例えば応力降下量のほうが、左側の繰り返しで設定していますから、あそこは影響していません。もちろん、物性が違うほうが最終すべり量の分布が若干下がっています。そのとき結果に影響します。

○岩田教授 もう少し。具体的には、例えばちょっと次の絵を見せてもらえますか。これで、その浅いところをいっぱい線が引いてありますけれど、これは多分、物性値が違うのを与えているという意味ですか。

○呉主任技術研究調査官 そうです。

○岩田教授 このところですけど。これは、つまりだんだんと、例えばS波速度が遅いとかというものを与えているということですか。

○呉主任技術研究調査官 そうです。

○岩田教授 そこで、さっきの経験式が一番適切になるように、ここの物性値を調整しているというふうに理解したらいいですか。

○呉主任技術研究調査官 そうです。

○岩田教授 その値については、何か、どこにも書いてないけれど。

○呉主任技術研究調査官 申し訳ありません。調査票のほうに書いています。説明資料には確かに書いてないんですが。実際には、表層地盤のほうは、今は3kmの表層地番を設定しています。その中をさらに5層に分けて、5等分で区分して、その中で例えば第1層から地表5層まで、あと第6層のほうが地震発生層です。線形的にだんだん段階的にs波速度が増加していく。このような設定をしております。

○岩田教授 わかりました。

それに関連して、動力学的なほうの構成則は、空間的に何種類使われていますか。

○呉主任技術研究調査官 スライド3のほうに戻してください。

今のほうが非常に単純で、真ん中のほうで、層の一つ、みんな、例えば D_0 のほうです。右側のすべりのほうが一応0.4mで設定しています。あと、応力降下量のほうで、例えば動的応力降下量のほうが、アスペリティと背景で分けて設定しています。

○岩田教授 浅いところはどうですか。

○呉主任技術研究調査官 浅いほうが、背景領域と同じに設定しています。

○岩田教授 わかりました。 D_0 は一緒に、応力降下量を……。

○呉主任技術研究調査官 応力降下量のほうを調整しています。

○岩田教授 場所によって違うということですね。

あと、この計算は有効周波数ってどのくらいなんですか。

○呉主任技術研究調査官 実際、計算は50mメッシュの計算をしていますが、結構細かいところを計算しています。しかし、最後の背景計算のほうは一応2Hz以上で計算しています。これより細かいところを計算できますが、一応、強震動評価から見ると、理論計算がほぼ2Hz以上で、より短い、長い周期のほうです。2.5より長い周期の理論計算で、もとのほうがほかの、短周期側のほうをほかの手法で計算して。これは現状を踏まえて今回のほうに、2Hz以上のより短い、より長い周期の対応を計算しています。

○岩田教授 わかりました。どうもありがとうございました。

○迎企画調整官 庄司委員、お願いします。

○庄司准教授 結果の部分で、加速度の時系列と、速度応答スペクトルが出てきたところで、前だと思うんですが。確かにおっしゃるとおり支配的だと思うんですけど、この極近傍というものの定義をもうちょっと明確にさせていただいたほうがいいかなと思うんですよね。これだと400Galぐらい出ている。50mのところ、ここもそれなりに10%くらいですか、この量を見ると加速度にして120Galぐらいですか、表層の部分出ているんですよね。

ここが1kmぐらいのところ、それくらい出ているということですから、確かに定性的には支配的だと思うんですけど、ここの極近傍というものの、そちらがおっしゃっているそれなりに定量的な定義と、あと、じゃあ支配的と言っている数字のその割合、それをちゃんと示していただきたいなと思います。

次の速度のスペクトルのほうも、ここはそれなりに大きいんですよね。もちろん、その50mとかめっちゃくちゃ近いところですけど、ここの2kmということをおっしゃっていますが、1kmぐらいのところとか、いわゆる極近傍とおっしゃっているその空間の敷居とか、そこをもっとよりクリアに表現していただけたらなと思いました。

○呉主任技術研究調査官 御指摘ありがとうございます。

実際、非常に難しい問題で、極近傍の距離をどこまで極近傍とするかどうか、これは非常に難しい問題だと思いますが。実際、例えばサイトの地下構造とかも影響しています。計算はもちろん、波長とか計算に影響しています。実際に普通で考えると、波計算のときは、今までの計算では、近地項、中間項なんかや遠地項とか、こういうような波計算のときは、普通で、今までだと、経験的関数法とか統計的関数法でほぼ遠地項だけで見て、大体今までの手法が妥当で。

そうすると、極近傍の場合のほうが中間項も遠地項も入っていると。そのときに単に単一の距離だけではなくて、多分周波数の依存性、波長の依存性。そうすると、一つの距離がなかなか難しく、我々は一応結果的にどのくらい影響があるのかどうか、そこを見えています。最初は距離を、例えば極近傍の距離を定義するのはなかなか難しいです。あと、結果的にこういう結果になっています、これを注意をする必要があると、こういう考え方です。

○庄司准教授 今の波長のリゾリューションと、それでこちらの空間的な極近傍の定義の距離とか、その辺りは、この研究の中での扱っている対象の領域とか、それはより

明確にしておいたほうが、定性的な表現をしちゃうと、やっぱり非常にひとり歩きしちゃうかもしれませんから。それだけです。

○呉主任技術研究調査官 ありがとうございます。

○庄司准教授 この結果は十分理解できるんですけども。

○呉主任技術研究調査官 ありがとうございます。今後とも、実際今回も示したのが2ケースしかないのも、もしケースが増えて、いろいろ考えて、できれば定量的な表現をしたほうがわかりやすいですね。今回は2ケースだけで、一応現状としてこういう設定条件でまとめています。

○迎企画調整官 ほかに。

では、岩田委員、お願いします。

○岩田教授 今の庄司先生のコメントにも関連するんですけども、その距離をどのぐらいのところをどういう特徴があるかというところでまとめることと、あと、さっき教えていただきましたけれど、表層地盤、浅いところの動力学モデルだから何でもできると言えば何でもできるんですけど。どちらかといったら、今、背景領域と同じにしているという事は、応力降下量を起こしているわけですね、そこ。

だから、どちらかといったら、本当はそんな浅いところで応力降下量がないかもしれないけれども、応力降下量を与えているという意味においては、揺れを出すセンスのモデル化を今ここではやっているという立場は取り得ると思うんですけども、その浅いところの、例えば D_c の特徴とか、そういうものについて、この研究というか事業だけではなくて、既往の研究でどういうふうなことがやられていて、この位置づけはどうだというようなことをされる、もしくは今後どういうふうに展開するということを考えられるのは、いいのではないかというふうに思います。

それともう一つは、スペクトルとかを見ていて、ちょっとだんだん思ってきたんですけども、Fault Parallelのほうは、実は速度とか変位にするとそこそこありますよね。当然、向こうとこっちで変位がいくらかあるわけですから。だから、そのところの注意とか、もちろん断層の片方であればまたいでないわけですから横ずれになって、極端な変位の差というのはできるわけじゃないですけども、それで片方のところであっても、例えば速度なんかも割と大きくなる可能性があるのも、必ずしも最大加速度で見た場合に、こういう例えば直近から2kmぐらい離れるとあまりないけれどもというのはわかるんですけども、もう少し低周波数のほう、つまり速度とか変位で見ると、もっと影響がないわ

けじゃないと思いますので、そういうところは整理されて、記載されておくのがいいのではないかなというふうに思いました。

○呉主任技術研究調査官 御指摘ありがとうございます。

まず、先ほどの第2問から回答しますと、もちろん御指摘のとおり、表層地盤のほうが、先ほども申し上げたとおり、近地項、中間項も影響がありますが、そもそもあそこは長周期のほうが出やすいんですね。これは最初から理論的にもわかっていますから。もちろん、そこへほかの、今のアプローチのほうが、地震工学分野のほうは、皆応答スペクトルだけでプロットしています。そうすると、応答スペクトルのほうが、実際には速度の応答スペクトルをプロットしており、加速度、速度が出ます。これから、もちろん、さっきの波形のほうで、今見ているほうが加速度波形です。もちろん速度波形とか変位波形も比較していくことを今後、考えています。これは非常に重要な課題だと思います。

もう一つのほうが、表層地盤のほうです。すみません、補足、説明不足なんですけど、実際にアスペリティと今回の動力シミュレーションのほうで、スライド3をお願いします。

調査票で、例えば表3のところで書いていますが、実際、動的応力降下量のほうが、2つアスペリティのほうが大きく設定して、実際、背景応力は0にしています。そうすると、実際、動的に、例えば破壊により、応力超過のほうで効いています。もちろん、そうすると表層地盤のほうが若干大きいすべりを出すことが出ていますが、これが応力降下量のほうで、設定のほうで今回のケース。

もう一つの D_c のほうですが、これも確かに御指摘のとおり、 D_c が例えば深さ依存性も考えられます。深いところに小さい設定をして、浅い部分のほうを大きい設定にして、そうすると表層地盤のほうがゆっくりすべる、安定したすべりも十分考えられます。

あと、実際にもう一つ考えられるほうは、応力降下量の設定です。応力超過と動力学的割合とか、いろいろなパターンが考えられます。今後こういうような異なるパラメータの設定による影響も検討していくことを考えています。

以上です。

○迎企画調整官 ほかに御質問ございますでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、長大断層による内陸地殻内地震の地震動評価について、引き続き御説明させていただきます。

○飯島首席技術研究調査官 それでは、2番のテーマです。

まず背景でございますけれども、こういう長大な極めて長い断層の場合、御存じのと

おり、円形クラックの理論式からアスペリティの設定というのができなくなってしまうということで、下に断層パラメータの設定例、円形クラックの式によるものの例を示しています。例えば、断層の長さが200km、400kmということで長いものになりますと、このアスペリティの面積が非常に過大なものになって、あとパラメータもちょっとおかしい値になってしまうということです。ということで、このプロジェクト、この研究の目的は、長大な逆断層を対象といたしまして、断層のモデルのパラメータの設定方法について提案するというところでございます。

ここで、この研究の中で最初にやったこととございますけれども、平均動的応力降下量の算定式についての、まず最初に妥当性を確認しました。具体的には、こちらに入江・他の近似式ということで、応力形状係数についての近似式が提案されています。これは、この入江・他の研究の中で、アスペリティの位置を断層の左上端ということで、ごく限った形での動学的モデルから算定したものです。この研究におきまして、まず最初にこの提案式、近似式の適応性というか、そのあたりを最初に検討しました。

具体的には、応力形状係数 c への影響度ということで、アスペリティの位置を4パターン、それから断層の長さを8パターン設定しまして、動学的モデルをつくってシミュレーションして出したと。さらに、断層の長さが50kmを超えたような断層につきましては、25kmごとにセグメント区分して、セグメントにアスペリティを設けるというような動学的モデルをつくって評価しました。

こちらに結果を示しています。この近似式に対して、今回、動学的な解析を行って得られた応力形状係数 c の値がここに示してございますけれども、アスペリティの位置、セグメント、こういったいろいろ変えた場合におきましても、近似式というのは、これとほぼ、概ね整合した結果が得られました。ということでございます。

次のステップでは、平均動学的応力降下量と、それからアスペリティの動的な応力降下量の算定ということで、まず最初に地震モーメントが $2 \times 10^{19} \text{N} \cdot \text{m}$ 以上の大きな地震についてデータを調査しまして、地震モーメントですとか、あと断層の面積あるいは短周期レベル、こういったデータを調査いたしました。それをもとに先ほどの応力形状係数の式に当てはめまして、平均動的応力降下量の算定を行って平均値を求めています。それから、アスペリティの動的応力降下量につきましても、応力降下量と、それから短周期レベルとの関係式等を使いましてアスペリティの動的応力降下量の算定を行って平均値を出しているということでございます。

さらに、このようなフローに乗せた形で、それ以外の強震動の計算に必要な断層パラメータ、アスペリティの面積ですとかすべり量、それから背景領域のパラメータ、こういったものを設定いたしました。それで強震動の評価を行ったということですが、具体的に、断層の長さが50km、100km、400kmの3ケースについて、今、説明したような設定方法について断層パラメータを設定しました。これが、その設定した例でございます。それで、強震動を計算いたしました。

各断層モデルに対して、やはり25kmごとにセグメントを区分しまして、各セグメントごとにアスペリティを2個ずつ配置してあります。得られた強震動について、既往の距離減衰式との比較を行った例がこちらでございます。上が最大加速度、それから下が最大速度についての比較でございます。最大加速度、それから速度についてですが、ほぼほぼ距離減衰式、司・翠川の減衰式と整合している結果が得られました。

次に、横ずれ断層と逆断層が混在した場合の長大断層における地震動評価についてでございます。横ずれ断層と逆断層が混在した場合ということで、断層のモデルを2ケース用意しまして地震動の評価を行っています。地震発生層の深さが3km～18km、それから傾斜角が60度、それから断層の長さが横ずれと逆断層、それぞれ80kmということで、トータル160kmの断層モデルを想定いたしまして計算を行っています。ケース1としては、平均応力降下量として藤井・松浦をベースにいたしました値を設定したもの、それからケース2といたしましては、横ずれ断層部分には壇・他によって提案されている手法、それから逆断層については、この研究での提案した手法を採用した形を使いまして強震動を計算しました。

こちらが、既往の距離減衰式との比較です。ケース1とケース2ということで、最大加速度についての比較を行っています。両ケースとも最大加速度、それから最大速度の減衰式と整合する結果が得られました。

ということで、長大断層による地震動評価の成果のまとめでございますけれども、まず動力的数値解析で得られた平均動的応力降下量の算定式、これを使いまして、実際の地震動のデータを使って平均動的応力降下量、それからアスペリティの動的応力降下量、それから、その他、計算に必要な断層パラメータというものを求めるような、そういう設定の方法というものを提案いたしました。提案した方法を使って地震動を評価した結果、既往の距離減衰式あるいは観測地震動と整合しておりまして、手法の妥当性が確認されたというふうに考えております。

まとめでございますけれども、先ほど話をしたとおりです。震源断層の地震動評価、それから長大断層につきましては先ほど説明したとおりですので、このページについては重複しますので割愛いたします。

それから、今後の展開でございますけれども、震源極近傍の地震動評価については、まだ課題があるというふうに思っております。具体的には、今回、このプロジェクトで検討したアスペリティ値のほかに、強度超過あるいは動的応力降下量または臨界すべり量、こういったパラメータについての影響も考えられますので、こういったものも含めて今後、極近傍の地震動評価の精度を図っていくということで。

このD05の研究は26年度で終了なんですけれども、極近傍の地震動評価につきましては、今、私たちがやっております別のプロジェクトがございますので、そちらのほうに引き継ぐ形で引き続き検討を行っていく予定でございます。

以上でございます。

○迎企画調整官 御質問、御意見、ございますでしょうか。

庄司委員、お願いします。

○庄司准教授 取っかかりとして。最初の部分の入江さんの近似式との整合性のところで、これですか、11枚目でしょうか、アスペクト比と応力の形状係数の関係の図で、いわゆる断層面の左、いわゆる、それだけ深いんですか、そこが大きい目に出ていて、あと断層中心の上端が、いわゆる三角ですね、だから上端のほうですか。あと、こっちの四角のほうの、いわゆる左のほうですか、少しというか大きくなっている。これは理学的に整合している話なんですよ。

○呉主任技術研究調査官 はい、そのとおりです。

○庄司准教授 したがって、何か、ここのばらつきというか、多少のばらつきというよりも、いわゆる理学的に整合している話というふうに言ったほうがいいのかないかと思いました。報告書の中の記述の問題なんですけど。

○呉主任技術研究調査官 コメント、ありがとうございました。

御指摘どおり、こういうアスペリティを異なる場所に置くケースによって、結果的にそうなるはずですよ。これは多分、そこのばらつきのほうが、式自体、この式が近似式で、近似式がいろいろな、例えばアスペリティの位置とか、そこは反映ができないから、その意味でのばらつきです。

○庄司准教授 こちらの式のほうの意味のということですね。

○呉主任技術研究調査官　そうです。式が一番単純で、このようなアスペリティの具体的な場所とか、あそこが考慮していないから、そういう意味でのばらつきです。

○庄司准教授　そういうことですか。わかりました。そういうような、じゃあ、意味合いで報告書の記述を書かれたほうがいいかなと思いました。

　ちなみに、要は、Lが0になっちゃって0.45という値を持っていますね、入江さんのやつ。これは、いいんですね。

○呉主任技術研究調査官　多分、一番左のケースのほうがL=Wだと思います。スタートの係数、一番、例えば、断層の長さと同軸幅のほうが……。

○庄司准教授　そういうことですか。じゃあ、線としては、ここは0のところは載っていないんですね、これはね。

○呉主任技術研究調査官　そうです。ここは、そもそも検討していないんです。スタートはここからです。正確な……。

○岩田教授　書いちゃいかん。

○庄司准教授　そういうことですね。

○呉主任技術研究調査官　その線が多分、余計なもので。

○庄司准教授　わかりました。

○迎企画調整官　岩田委員、お願いいたします。

○岩田教授　後半の混在型というのを、もう少し説明していただければありがたいんですけど。横ずれ断層と逆断層、混在といっても、横ずれ断層と逆断層がつながっているぐらい。こうなっているわけじゃないですよ。

○呉主任技術研究調査官　はい。御指摘のとおりで、今回の検討は非常に単純なケースで、今検討したケースのほうが、断層全体の長さが160kmで80、80に二等分して、傾斜角も同じ60度で設定して、半分が純横ずれ、半分が純縦ずれと、こういう単純なケースを検討しました。

○岩田教授　わかりました。そのときに、すぐにわからないんですけど、単独で設定したやつと連結して設定するということは、どこに違いが出るのかというのが、すぐにはちょっとイメージがわからないんですけど、どういう形が出るんですかね。

○呉主任技術研究調査官　今回のほうが、実際、両方とも、二つ、例えば、左側のほうが横ずれ断層を設定している場合、右のほうが、80kmの断層が逆断層で、両方起きている場合にはこういう検討をしました。

唯一違うのが、ケース1のほうが、地震本部のほうで、Fujii and Matsu'uraの式で応力降下量を3.1MPaで固定して、あとアスペリティの割合を22%に固定します。このような設定手法と。

次のケース2のほうが、基本的に同じ手法で、壇・他(2011)のほうが、こういう考え方のほうが、今回の、先ほどの2.2.1のほうで、断層のタイプが違うだけで、考え方は似ている考え方で、このような設定を設定しました。

○岩田教授 そうすると、ケース2の場合が、逆断層のほうと横ずれでそれぞれ式を立てられているので、80km、80kmでつくったやつを単に並べているというふうに思ったらいいのですか。

○呉主任技術研究調査官 そうです。ケース1、ケース2、両方とも同じで立てています。

○岩田教授 わかりました。

○迎企画調整官 ほかに御質問、御意見ございますでしょうか。

庄司委員、お願いします。

○庄司准教授 距離減衰式の整合性で確認されていらっしゃるところで、図の13枚目ですか。どちらでもいいんですけど、横軸が距離で、距離にして、例えば、これ2kmなんかの点、2kmちょっとぐらいのところ四川のデータがありますよね。

○呉主任技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 これは、どこですか、四川の。

あと、この辺りの5kmとか。いわゆる四川のときの地震の、この辺りの黒い点がありますね、10kmぐらいまでの間に。

○呉主任技術研究調査官 申し訳ございません。これ、実際に、このデータは引用のデータで、司さんの論文の中で、引用した結果だと思いましたが、後ほど確認します。具体の場所が、報告書の中でも掲載しておりません。申し訳ございません。後ほど確認します。

○庄司准教授 岩田先生と議論したんですけれども、要は、この辺りの領域が合っているということなんですよね。距離にして、いわゆる近いところのデータについては、これは基本的には合っていると。ですよ、今回の結果。

○呉主任技術研究調査官 はい。

○庄司准教授 だから、こっちの距離が離れたところについては、基本的に今回は問うていないというか。

○呉主任技術研究調査官 下のほうが若干、まだ大丈夫ですね。上の図が確かに距離のほ

うで。今、見ているほうが、30kmより短いほうが若干、整合性がとれていると理解したほうがいいと思います。

あと、こちらの補足なんですけれど、この背景をちょっと説明したほうがいいと思います。10ページの背景のほうで、内陸の地殻内地震のうち、従来のクラックモデルとか、こういう背景がありまして、実際、先ほども少し触れましたが、地震本部のほうでこの現状を受けて、長大断層は設定できないではない。かわりに例えば、応力降下量3.1MPaを基本研究のFujii and Matsu'uraの研究結果を踏まえて3.1MPaに設定しました。後のほうで、アスペリティの面積割合を22%と固定しています。これは、地震本部の暫定的な対策として書かれております。これらの背景があります。

しかし、このような設定のほうが、研究から見ると、アスペリティの面積の割合を固定すると、長大断層もだんだん大きくなる、面積も、絶対値が大きくなりますと。そうすると、実際が、例えば、短周期レベルの経験式の整合性とか、このような検証とかは全然触れていないので、そこを研究の目標として一貫性があるモデルです。同じ、例えば、動的応力降下量と短周期レベルの観測値から見ると、経験式と整合性がある設定手法を提案します。これが背景になります。単に、長大断層が今まで設定できないではなく、ある分析モデルを見てから、整合性あるモデル、手法を提案します。

以上、補足します。

○迎企画調整官 岩田委員。

○岩田教授 先ほどの庄司先生の汶川の、四川の地震の距離減衰式について、ちょっとコメントというか、私もちゃんと研究をしているわけじゃないんですけれども。複数の研究があって、これ、特に日本国内ではないので、多分、断層面の設定とかが人によっていろいろありますよね。

そうすると距離がいろいろ変わると思うんですけれども、それは仕方ないところだと思うんです。それで、実際に決定打がなかなかないと思うんですけれども、要するに、分布がちゃんと決まっているとか、いろいろ不明な点が多いと思うんで。だから、そういうところの不確定性というんですかね、そういうのもちょっと含まれているということはチェックしておいたほうがいいんじゃないかと思いました。

○呉主任技術研究調査官 ありがとうございます。確かに、御指摘どおり、そもそも、あそこの地表断層の真ん中の部分、確かに、平行して地表断層が出ていますが、どっちが正しい、どっちが正とか副とか、これは議論の余地が確かにあります。

今回のほうは、一応、既往研究の結果、引用の形です。もちろん、ほかの複数の既往研究結果などを比較したほうがいいと思います。今後、このような比較をこれから検討していくと思います。

実際、長大断層のほうが、横ずれ断層はまだ観測データがありますが、逆断層の長大断層はなかなか珍しいです。多分、四川地震のほうが、これからも最大限活用していく必要がありますので、これからも検討していくと思います。ありがとうございます。

○岩田教授 御指摘のとおりだと思います。逆断層は多分、四川しかないと思うんで、よろしくお願いします。

○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、どうしましょう。先ほどの四川の質問の回答というのは、時間がかかりますか。

○呉主任技術研究調査官 四川の観測点の場所の確認は、こちらから直接、庁舎のほうで、司さんところへ連絡をとって。多分、少し時間がかかるとは思いますけど回答したいと思います。

○庄司准教授 浅いところですね。10km、20kmぐらいまでのところに数点、出た状態で。

○呉主任技術研究調査官 具体的場所ですね。こちらで確認したいと思います。結果が出次第、また先生に連絡したいと思います。

実際、今回は全然触れていないほうで、岩田先生のほうに御意見を伺いたいんですが、表層地盤のほうです。応力降下量のほうで表層地盤の、単に応力降下ではなくて応力上昇とか、あと、例えば表層地盤の破壊によって余計にひずみエネルギーが消耗されて、地震動の影響が逆の効果になる可能性があるのです。これを今度どうやって検討していくか、こちらも悩んでいます。何か先生からの御意見をいただきたいと思うんですが。

○岩田教授 今の指摘は非常に重要なところだと思うんで。ただ、どういう、私も直接的に動力学のことを自分の手でやっているわけじゃないので。多分、強度を上げても動かすことはできますよね。だから、そういうのをちょっと見せていただくほうがうれしいんですけど、という言い方をしてはいけないんですけども。それを試してみたいのは非常に重要なことだと思います。すみません、答えになっていないです。

○呉主任技術研究調査官 ありがとうございます。確かに、こちらあまり、実際、原子力防災以外のほうが、このような要求が求められていないので、このような研究はほとんど世の中に出ていないので。理論屋さんのほうが結構計算しています。

しかし、こういう観測事実も説明できるようなモデル、我々が求めるほうが。そうするとなかなか難しいです。これから、ある程度でトライアンドエラーして、いろいろなケースをやって、パラメータを調整して最適なモデルを構築していくと考えています。

これからの、今後のモデル設定のときには、また先生の御意見を伺いたいと思います。よろしくをお願いします。

○飯島首席技術研究調査官 地震動の研究は、D05はこれで終わりますけれども、ほかに我々のほうで一つ、地震動、強震動についてやっておりますので。地震動については、今後、我々の非常に一つの重要な、重要なというのは、安全性向上検討の中で地震動のほうは基準地震動の設定ですとか、あるいは地震ハザードの評価ですとか、そういったところで今後反映していく予定ですので、そういったことを考えてやっていきます。ということで、今後とも御指導、御鞭撻をよろしくお願ひしたいと思います。どうもありがとうございました。

○迎企画調整官 ほかに御質問、御意見ございませんでしょうか。

それでは、全体、最初の極近傍等も含めて、もう一度、何かございませんでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、全体を通じて、運営とかそういったところでも結構ですので、何か御意見、コメント、ございましたらお願いします。

庄司委員、お願いします。

○庄司准教授 私、それなりに調査票を読み込んでから今回、参加しているんですけども、これが送られてくるのがなかなか、もうちょっと早目に送っていただくと。金曜の夜に送られてきても、これ、ちょっとなかなか何ともしがたいので。もう数日、早目に送っていただきたいというのが希望です。よろしくをお願いします。

○迎企画調整官 わかりました。次回といっても、もう来年になってしまいますが、委員の先生に事前に読んでいただける時間を十分確保させていただきます。

ほかにごございますでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、事務的な連絡なんですけど、冒頭に御説明したとおり、コメントシートは別途、後ほど事務局のほうからお送りさせていただきます。コメントを記載していただいて、1週間程度を目安に事務局まで、メールで結構ですので御送付いただければと存じます。

それでは、これで第3回地震・津波技術検討会を終了いたします。本日は、どうもありがとうございました。