

産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会電気設備自然災害等対策ワーキンググループ

(第6回) 一議事録

日時：平成26年6月3日(火曜日) 10時00分～12時00分

場所：経済産業省別館11階1111会議室

出席者：

横山座長、井口委員、大町委員、金谷委員、佃委員、西内委員、野沢委員、白銀委員、藤原委員、山崎委員

オブザーバー

電気事業連合会工務部 早田部長

電源開発株式会社経営企画部経営管理室 阿部室長

議題：

- (1) 大規模地震に対するダムの耐震性能照査について(事業者)
- (2) 水力発電設備(ダム)の検討結果(集中豪雨・地滑り)について(事業者)
- (3) 水力発電設備の耐性を検討するに当たっての評価の視点及び残された論点—改訂(案)(事務局)
- (4) その他

○渡邊電力安全課長　それでは、定刻となりましたので、ただいまから第6回電気設備自然災害等対策ワーキンググループを開催いたします。

本日は本当にご多用の中、また暑い中、ご出席いただきまして、大変ありがとうございます。事務局の電力安全課の渡邊です。どうぞよろしくお願いいたします。

本日でございますが、委員13名中10名ご出席いただいております。定足数を満たしているということでございます。

本日の第6回でございますけれども、先々月の第4回的时候、ダムの耐震性について8つのダムを対象にご議論いただいたところでございますが、各委員からさまざまな指摘、ご質問なりいただいております。本日は引き続きましてということでございまして、その指摘に対するお答えといえますか、ご説明をさせていただければということでございます。ダムの耐震性について一件一件ご議論いただきたいと思っております。また、前回8つということでございましたので、時間的にも不十分だったかなと思っております。したがって、今回、より代表性のあるもの4つに絞らせていただきまして、それについて事業者からご説明いただき、評価をいただくということでございますが、よろしくお願いいたします。

続きまして、配付資料の確認をいたします。配付資料一覧のとおり、資料1から資料6でございます。資料がないなどございましたら、議事進行中でも挙手をしてお知らせいただければと思います。

それでは、以降の進行を横山座長にお願いいたします。よろしくお願いいたします。

○横山座長　それでは、皆さん、おはようございます。先ほど渡邊課長さんからお話がありましたように、本日は4件のダムにつきまして1件ずつご説明いただき、そしてご質問、ご意見をいただくということで進めさせていただきたいと思っております。

きょう、資料1から4までが4件のダムで、資料5が集中豪雨、地すべりについての前回のワーキングにおいて委員の皆様から出ました質疑に関します補足資料、資料6で評価の視点、残された論点等をまとめていただいております。

ということで、ご説明は各資料10分ぐらいでお願いして、あと議論させていただくことにしたいと思います。

それでは、早速入りたいと思っております。資料1、アースダムの耐震性能照査について、東京電力さんからご説明をお願いいたします。

○説明者（東京電力）　東京電力でございます。

それでは、まず資料1についてご説明させていただきます。大規模地震に対するダム耐震性能照査ということで、アースダムをご説明いたします。

ページをめくっていただきまして、1ページ、対象ダムの概要でございます。これは前回もご説明いたしましたが、大正元年に築造されましたコンクリート芯壁を有するアースフィルダムでございます。堤高が18メートル、総貯水容量が9万2,000トンとそれほど大きいダムではございません。

続きまして、2ページに行ってくださいまして、フィルダムの耐震性能照査についてということで、耐震性能照査における確認事項ですけれども、大きく2つございます。

1つ目は、貯水機能の維持ということで、L2地震によるすべり等の変形に伴う沈下が生じない、もしくは沈下が生じた場合、沈下量が貯水の越流のおそれがないほどに小さく、かつ地震後において浸透破壊が生じないことという1つの要件と、もう1つ、液状化により著しい強度低下が生じるおそれがない、あるいは生じても局所的なものにとどまるということで、今回、対象がアースダムですので、この2つ目の要件をあわせて検討してございます。

大きな2つ目、修復可能な範囲にとどまるということで、こちらは当たり前なのですが、特に関心があるのは、越流のおそれがなくても、ある程度沈下が発生するという場合には、沈下後の構造物が安定であるか、実用上、使用に耐え得るかの検討を含むということでございます。

3ページ目に行ってくださいまして、照査用地震動の策定でございます。弊社の方法は、まず右の上、青い四角の中にごございます文献の調査、過去の地震ですとか、あとはこういった活断層もろもろのデータを調査して、まず対象地震を選定いたします。

あと、これは前回もご説明いたしましたが、真ん中の黄色のところ、建設年代が古く、 V_s 、S波速度が700メートル/sec未満の場合のダム直下に未知の断層が存在すると仮定した場合、前回もいいましたが、揺れです。断層の変位ではございません。揺れに対応した場合の未知の活断層に対する揺れの検討を含めまして、それぞれ照査用地震動の候補を選定いたしまして、距離減衰式による経験的手法によってスペクトルを比較いたしまして、ダムの固有周期で最もスペクトルが高くなる、大きくなる場所を対象地震として選定します。最後、それと国交省指針に示されました下限加速度応答スペクトルを比較いたしまして照査用地震動を決定するといったような流れでございます。

その具体例ということで、4ページ目以降をご説明いたします。照査用地震動の策定と

ということで、先ほど申しました文献等からダム地点周辺に位置する活断層といたしまして評価してございます。栃木県の北部にあるダムでございまして、過去には1683年に日光地震というのもございました。これも候補といたしまして、あと内陸の活断層地震ということで、ここには断層がいろいろ出ておりますが、距離とマグニチュードの関係から主なものだけを載せております。関谷断層、関東平野北西縁断層、会津盆地東縁断層ということで考慮しておりますし、あと、プレート境界はあるのですけれども、ご存じのとおり、栃木県は内陸部に位置しておりますので、検討はしましたが、やはり遠いということで影響が小さいということを確認してございます。

一番下、地表面にあらわれていない活断層を震源地とする地震ということで、1つは、国交省の下限スペクトルがございまして。もう1つが、先ほど申しました基盤がV s 700メートル未満の場合の直下型地震ということで、それぞれ候補の対象として選定を行いました。その具体的な比較結果が次の5ページでございまして。

照査用地震動の設定ということで、右の図、減衰が5%のときの加速度応答スペクトルの一例なのですけれども、先ほど申しました直下型地震、関谷断層、あと下限スペクトルということで並んでございます。このダムはアースダムですので、固有周期が0.36秒ということで、0.36秒で応答スペクトルが最も大きくなる関谷断層による地震動を照査用L2地震動として選定いたしました。これは前回もご説明いたしましたが、直下型地震と余り差がないものですから、直下型地震でも動的解析を実施して、関谷断層より応答が小さいことは確認してございます。

加速度時刻歴波形の作成ということで、L2地震は関谷断層のマグニチュード7.5、地震種別は内陸活断層ということで、基本的に指針に載っております内陸活断層で、かつマグニチュード7.5の地震は日本全国どこかで発生しておりますので、その波形をもってくるのでもよかったですのですけれども、震源を同じにする地震がある場合、それをういたほうが位相特性がより正確になるかと考えまして、このダムには地震計が設置されていないのですが、後ほどご説明しますが、近くに栗山東地点というところのK i k—N e tがございまして、K i k—N e t地点の関谷断層を震源とする観測波形を用いまして時刻歴波形を作成してございます。

一番下、波形作成方針というところのポツの1つ目、関谷断層を震源とする地震記録を有し、当該ダム近傍約5キロの地点にK i k—N e tがございまして、これを種波形といたしましてマグニチュード7.5の地震波形を作成いたしました。ただし、このK i k—

Net 地点とダム基礎はVs がちょっと違いますので、経験的グリーン関数法で合成したスペクトル自体は直接使えません。したがって、先ほど申しました距離減衰式により求めた応答スペクトルをターゲットスペクトルといたしまして、それに合うように振幅だとか周期を調整して求めてございます。それを行った結果が5ページの右下の加速度波形になります。最大加速度が370ガルということで関谷断層を震源とする地震波でございます。

次の6ページに行ってくださいまして、これは前回もご説明しましたので、簡単にご説明します。フィルダムということで対象としているのですが、先ほども申しましたフィルダムのうちアースダムですので、上から3分の2ぐらいにございます四角の中、赤字で書いております①液状化の判定というところが通常のロックフィルダムと異なりまして、アースダムが加わります。こちらをやった後、通常のフィルダムで行われます②すべりを考慮した塑性変形解析というのをおこなってございまして、先に結論を申しますと、沈下量は生じるのですけれども、許容範囲内ということで損傷は軽微で、貯水機能の維持を確認したというようなストーリーになってございます。

次の7ページをお願いいたします。解析モデル等なのですけれども、解析モデルにつきましても前回ご説明したとおり、堤体からボーリング調査を行ってコアを採取してございます。堤体盛り土、コンクリート芯壁、あと玉石混じり砂れきということで、こういった分布になっていることを確認いたしまして、基盤はVs が約1,000メートルでございます凝灰角れき岩であることも確認しております。モデル上、解放基盤面で照査用地震動が作用するよう引き戻し計算を行った地震波をモデル下面に入力しております。下部は粘性境界、側方はエネルギー伝達境界ということで境界条件を設定してございます。

次の8ページでござらんになっていただきたいのですけれども、物性値の設定ということで細かくご説明します。まず静的物性値なのですけれども、堤体盛り土と申しますのは、先ほど申しました不攪乱試料を用いた土質試験を行っておりますので、静的物性値を設定しております。

玉石混じり砂れき、角れき凝灰岩、コンクリート芯壁というのは、ボーリングのコアが得られる材料が少ないものですから、あとは現地試験でコアを抜きますので、それによって推定した岩級によって——通常、土木学会である岩級の範囲を指定して一般値が載っているものですから、その一般値のうち、安全側を考慮して下限側で設定してございます。

具体例を申しますと、堤体盛り土は、先ほど申しました不攪乱試料を用いた試験を行っ

ておりますので、密度ですとか有効応力表示の強度。あと変形係数は、繰り返し動的試験を行って求めております。非線形性というのは、通常、一般的な構成則のうち、Duncan-changモデルを用いまして表現しております。

あと、N値の説明が漏れましたが、N値はもちろん室内ではございませんで、現地の調査のときに行っております。堤体盛り土につきましては、5.6と割と小さ目の値でございます。それ以外、玉石混じり砂れきですとか、角れき凝灰岩、コンクリート芯壁は室内試験を行いませんので、現地で行った結果、それぞれ試験結果を書いております。

特に玉石混じり砂れきと角れき凝灰岩の変形係数は、3)で書いてありますとおり、P S 検層より安全側に岩級を判定の上、変形係数を設定してございます。コンクリート芯壁は、強度を括弧で書いておりますが、評価に当たって、当たり前ですけれども、コンクリートは強度がものすごく強いので、土に比べて。ただ、薄いので、基本的には無視して、堤体盛り土と同一ということで、強度的にはコア材料と同一の値を安全側ということで使っております。

次の9ページが動的物性値でございます。動的物性値は、堤体盛り土と玉石混じり砂れき、特に液状化の心配があるところにつきましては、不攪乱試料を用いた土質試験、特に繰り返し動的載荷試験というのを行っております、液状化強度を算出してございます。

角れき凝灰岩とかコンクリート芯壁に必要なものは、基本的には減衰定数 h のみですので、これにつきましてはP S 検層、現地調査試験より動的物性値を設定してございます。

その下の表なのですけれども、堤体盛り土と玉石混じり砂れきというのは、 G_0 までは全てP S 検層の結果です。

非線形特性につきましては、H-Dモデルを使いまして、双曲線モデルで非線形特性を表現してございます。基準ひずみ、減衰定数の最大値・最小値、あと液状化強度比ということで、それぞれ室内試験から求まります。

あと、一番最初に申しましたが、この地点、地震計が設置されていないものですから、この物性値等を入力したモデルが正しいかどうかを実測値から判断することができません。したがって、このモデルを使った解析値、図の中の▲と過去の実測——アースダムは日本国内にあるのですけれども、地震計が設置されているものは少ないのですが、6点ぐらいはございました。それと比較して、もちろんばらつきが大きいのですけれども、そのばらつきの範囲内、おおむね同等だということで、解析のモデルが極端に離れていることがないということは確認済みでございます。

引き続きまして、10ページ以降が解析の結果でございます。まず10ページ目は、初期応力の解析の結果です。盛り立て解析と浸透流解析によりまして初期応力を算出いたします。築堤解析を行った後に、これも安全側の配慮なのですけれども、過去に観測された堤体の最高水位——最高水位というのは、上流からの浸潤面だけではなくて、降雨のときに、堤体の浸潤線の観測孔にたまたま雨水が流れ込んで一時的に水位が上がったときも安全側として考慮いたしまして、その最高水位を用いて浸潤線を設定してございます。

結果なのですけれども、先ほど申しましたコンクリートは、強度は堤体と安全側で同値で使っているのですが、変形係数はコンクリートの値を使っておりますので、芯壁の剛性が高いために、コンクリート芯壁に応力が集中するような結果、いいかえると、堤体の中の応力が下がる傾向ですので、操作に必要なすべり円弧のときの拘束圧等が低下いたしますので、これも結果的に安全側の配慮になってございます。

次の11ページ、ここからが動的解析の結果でございます。これは前回ご説明したのと同じなのですけれども、基盤加速度と引き戻し地点におきまして目標加速度370ガルに調整いたしまして、天端は823ガルということで約2.3倍の増幅の特性が出てございます。

12ページに行ってください、まずは液状化判定でございます。これは前回ご説明いたしました。F_L値判定による液状化の判定ということで、F_L値を用いております。下流の玉石混じり砂れきと上流側の堤体盛り土の部分でF_Lが1を下回る部分が生じます。ただ、室内試験から地下水以深の緩い砂層で生じるのは、過剰間隙水圧が100%近くになった瞬間、ひずみが急増するといったような流動化を伴う液状化は、粘性土、粘着力があるがために発生いたしません。したがって、剛性低下を考慮した静的自重解析を行って、基本的には堤体の沈下量が上流の水位と比べてどうかという検討を行ってございます。それが次の13ページでございます。

繰り返しせん断による剛性低下を考慮した静的自重解析により沈下量を算定してございます。沈下量が最大となるのは、F_L値が1以下となった玉石混じり砂れき層付近、下流の末端の部分でございます。約29センチ。一番制御できない貯留の流出に係るのは堤体の天端でございますので、ここの沈下量も求めますと約15センチで、フリーボード、約5メートルございますが、これよりも小さいため、液状化の概念からは越流が生じませんという結果になってございます。

最後、14ページなのですけれども、加速度によって堤体内に生じるせん断力によってすべりの安定性はどうかということで検討を行いました。これも指針にのっとりまして、ニ

ユーマーク法のうち、渡辺・馬場法に基づき行っております。中心と半径をさまざまに変えて円弧すべりを行ったのですけれども、今、図で示している2つの円弧のみで安全率が1となりました。ただ、いずれも地震中の0.01秒というわずかな時間だけでございまして、これに伴う沈下も、図中に示しておりますとおり、かなり小さい値になってございます。先ほど申しましたフリーボードが約5メートルございまして、総体的にも小さいものですから、下流のすべりという観点からも、このダムにつきましては安定であるというように評価してございます。

最後、15ページ、まとめでございまして。ダムのレベル2地震動は関谷断層で、最大加速度は370ガル。ダムの応答は天端で最大となって823ガル。越流に対する照査結果ということで、天端の最大沈下量は、フリーボードに対して十分に小さいということから、越流に対して安全であるという評価をしてございます。

浸透破壊に対する照査結果でも上流のダム水位以下を始点とする下流側すべりが発生しないということから、これも指針に基づきまして浸透破壊が生じるおそれがないということで評価してございます。

以上により、貯水機能が維持され、若干の沈下もあるのですが、損傷が修復可能な範囲にとどまっていると評価されるため、このダムにつきましては所要の耐震性を有しているということで評価を行っております。

東京電力の説明は以上でございまして。

○横山座長 どうもありがとうございました。それでは、ただいまのご説明に関しまして、ご質問、ご意見をいただきたいと思っております。時間は10分以上でございますので、どうぞご質問をいただければと思います。いかがでしょうか。――それでは、藤原委員からお願いいたします。

○藤原委員 説明どうもありがとうございました。地震動の設定のところ、照査用L2地震動を断層モデルを用いて設定するところの考え方で、使っている手法自体は、これまでも申し上げましたように、特に大きな問題はないと考えているのですけれども、地震動のレベル設定は、こういった手法を使って考えたモデルに対しての平均値を与えるのか、あるいはさまざまなパラメーターに対する不確かさも考えて、そういった感度解析をやった上である程度余裕をもって与えるのか、いろいろな運用の仕方があろうかと思うのです。

ここでは、恐らく関谷断層でのモデルで、詳しいパラメーター設定はわからないのですけれども、当該地点でかなり厳しい状態で震源を設定した上でレシピを使った平均レベル

の地震動を設定されているのかなと思ったのですが、こういった地震動のレベル設定における不確かさの考え方とか、レシピの運用の仕方といったものがどういう考え方に基づいてやられているのかということの説明していただけるとありがたいと思います。

○横山座長　それでは、お願いします。

○説明者（東京電力）　質問ありがとうございます。これは多分各社によって違いますので、また後ほど出てくる場所でもご説明があるかもしれませんが、東京電力の例としてご説明いたします。

まず3ページをみていただきたいのですが、東京電力の基本的な考え方としては距離減衰式を使ってございます。したがって、応答スペクトルのレベル感という意味では、3ページの真ん中の黄色い四角の中に書いておきますとおり、地震動のばらつきに対して安全側になるようにプラスシグマということで距離減衰式は示してございます。

今、先生にご質問いただいたのは、このダムにつきましては、関谷断層を震源とする地震がK i k—N e t地点でとられていて、その波形を求めるときに経験的グリーン関数を使ったので、そのときのという意味でございますね。

○藤原委員　そうです。

○説明者（東京電力）　わかりました。そういう意味で申しますと、応答スペクトル自体を求めているわけではございませんで、位相特性を求めているので、結論から申しますと平均的な値を使ってございます。ですから、今回は応答スペクトルの絶対値自体はターゲットにしています。距離減衰式プラスシグマから求めたターゲットに合うように、経験的グリーン関数を用いて求めた地震の観測記録をターゲットスペクトルに合うように調整してございます。ですから、縦軸は……

○藤原委員　わかりました。東京電力さんのやり方では、レベル設定は距離減衰式の平均値プラスシグマでやって、ここではさらに新たな情報があるので、波形をつくるときの位相情報としてこういった解析の情報も加味したという理解でよろしいわけですね。

○説明者（東京電力）　まさにおっしゃるとおりです。

○藤原委員　わかりました。

○川原電力安全分析官　済みません、それに追加してお答えさせていただきたいと思うのですが、地震動の設定で、距離減衰式はプラスシグマを使っています。断層モデルで地震動を求めるときは、いわゆるレシピに基づいた標準的な地震動を使っています。例えば、距離減衰式ではプラスシグマを使っているのだから、断層モデルでもプラスシグマ、ある

いはマイナスシグマなりを考えることはできると思います。巨視的・微視的パラメーターそれぞれの中でシグマを考えることができると思いますけれども、そのシグマをどれぐらのパラメーターで考えると、そういったことは非常に難しいかなと思っております。

そこで私ども、資料6、1ページ目の一番おしりに残された論点ということで書いていますが、今後ともダム地震観測に努め、比較的強い地震動の観測記録が得られた場合には、観測記録を用いてダム位置での地震動の特性、ダムの挙動を把握し、今後L2地震動による耐性評価を行うダムにあつてはその評価に活用するか、またはL2地震動による耐性評価を行ったダムについては観測記録を用いた再現解析により解析モデル、L2地震動及びL2地震動による耐性評価の妥当性について再確認するべきではないかということで、断層モデルであらわしたものと実際の観測記録を比較して、どういったところのパラメーターが当該地域の震源の特性、あるいは地下構造の特性として考えられるかというのをみていこうと思っております。

○横山座長 よろしゅうございますか。

○藤原委員 はい、結構です。

○横山座長 それでは、また後の3件のご説明におきましても、今の論点を含めましてご説明の中に入れておいていただければと思います。よろしく申し上げます。それでは、大町委員からお願いいたします。

○大町委員 大町です。地震動のことについて、資料4ページの右の表がございまして、基盤の V_s が700メートル以下の場合には直下型の地震を考えるとございますけれども、この場合には、考えるべきマグニチュードですとか震源の距離とか、こんなものはどのように考えることになっているのでしょうか。

○説明者（東京電力） ご質問ありがとうございます。これ、勝手に設定することができませんので、基本的には照査用下限スペクトルを国交省の指針で求めたときと全く同じ考えです。それに基づきますと、前のページに戻っていただきたいのですが、3ページ目の黄色い上の四角の中に※で書いてありますが、「安中・野沢の距離減衰式より」の後、マグニチュード6.5、最短距離が3キロということで、下限スペクトルと同じ考えでございます。

○大町委員 わかりました。2つ並べて書いてあるので、それぞれ別になさるのかと思いましたが、基本的には照査用下限スペクトルと同じようなことをやるのだということによろしいですね。

○説明者（東京電力） これ、前回もご説明したのですが、照査用下限スペクトルの求め方のターゲットとなる V_s が700～1,500m/secと規定されてございますので、700メートル未満のところは本当にその値でおさまるかというのを確認しているといった位置づけでございます。

○大町委員 わかりました。ありがとうございます。ついでにもう1つよろしゅうございますか。

○横山座長 どうぞ。

○大町委員 コンクリート芯壁がございいますが、コンクリート芯壁の強度は盛り土と同じと書いてございます。コンクリートの圧縮強度とか引っ張り強度を考えるのではなくて、粘着力内部摩擦角を考えるということでしょうか。

○説明者（東京電力） これは仮定しているのですけれども、結論はおっしゃるとおりなのですが、最後の円弧すべりのときに、コンクリート芯壁を横切る円弧があったときに、コンクリート強度自体はかたいので、そこがあるだけで円弧すべりの安全率が上がってしまうのです。それを排除するために、安全側ということで、強度的にはコンクリートの強度を全く無視しております。

○大町委員 円弧すべりの場合には、おっしゃることはわかるのですけれども、この芯壁が揺れでクラックが入るということは考えていらっしゃらないのですか。

○説明者（東京電力） ターゲットとしては考えていません。ただし、結論としてみると、コンクリートが耐えられるひずみのレベルではないので、恐らくクラックは入ってしまうと思います。ただし、別にコンクリート芯壁で遮水しているわけではございませんので、アースダムというのは堤体の全体でもっている構造物なので、基本的にそれがあがるためにコンクリート芯壁が最後まで残るという結論にせずに、安全側ということで検討を進めている状況でございます。

○大町委員 ありがとうございます。

○横山座長 それでは、山崎委員からお願いいたします。

○山崎委員 ちょっと簡単な質問ですけれども、5ページの波形に時刻が書いていないので、入れてもらわないと、どれぐらいの継続時間の波形なのか……。

○説明者（東京電力） 申しわけございません。これ、多分消えています。

○山崎委員 入れておいてください。

○説明者（東京電力） はい、失礼いたしました。

○山崎委員 多分数秒ということはないと思うので。

あと、もう一点、資料としては簡潔によくまとまっているのですが、7ページ、ダムの大サイズに関する情報が、1ページ目の堤高18.18メートル以外数字が全然ないので、大体の寸法を入れておいていただけると感じがわかる。例えば、ハイウオーターレベルというのも実際何メートルぐらい貯水深があるのかとか、簡単なコメントとして。

○説明者（東京電力） ありがとうございます。

○横山座長 ありがとうございます。ほかにいかがでしょうか。——よろしゅうございましょうか。また後で総合的にご質問いただければと思います。

それでは、続きまして資料2に移らせていただきます。ロックフィルダムの耐震性能照査についてということで、電源開発株式会社さんからお願いします。

○説明者（電源開発） 電源開発でございます。よろしくお願いいたします。

資料2でご説明させていただきます。第4回のワーキング資料に今回のワーキング用に技術的な情報をつけ加える形で構成していますので、前回と重複する部分については割愛しながらご説明したいと思います。

右下のほうにページ番号を打っていますけれども、2ページ、1の概要ですが、対象となりますダムはロックフィルダム、1961年竣工のものでございます。堤高が131メートル、堤頂長が405メートルのダムでございます。

もう1つめくっていただきまして、3ページにつきましては、前回ご説明しておりますので、本日は割愛させていただきます。

下のほうの4ページになりますけれども、2番のダムの耐震設計、国交省さんの照査フローということで、今回対象としていますダムにつきましては、具体的な照査のフローといたしまして、まず地震動を設定いたしまして、その後、等価線形化法等による動的解析を行っております。

フローの中では、液状化に関する検討が入っておりますけれども、指針の中で未固結の堆積層を基礎地盤とするロックフィルダム、堤体の締め固めが十分でない場合、あるいは強度低下が考えられるアースダムにおいて判定しなさいということで書いてあります。ということで、これに該当しないと判断いたしまして、弊社では特に液状化判定は行っていませんけれども、コア材料の粒度分布の情報がございましたので、これは一般的によく言われている液状化しやすい粒度分布等と比べて外れているということで、粒度分布から液状化は発生しないと判断しております。

その後、すべり破壊が生じるかしないかということで、このダムにおきましてはすべりが発生するというので、フローでいいますと右側に移りまして、すべりを考慮した塑性変形解析並びにすべりに伴う浸透破壊に伴う地震後の安定性検討ということで照査を行いまして、結果としては、貯水機能を維持するという結果を得ております。

その後におきましては、修復方法の検討がフローに書かれてはいますが、実際には修復方法の検討までは行っておりませんが、過去の地震被災事例等を参考にすれば修復は可能と今のところ考えている次第でございます。

次のページに移っていただきまして、5ページになりますけれども、これは前回お示したフローと同じでございます。想定地震候補を選定いたしまして、ダム距離減衰式によって照査用下限スペクトルとの比較を行います。このダムにおきましては、ダム距離減衰式で求めたスペクトルが下限スペクトルを上回るということで、半経験的手法と経験的グリーン関数法を採用してはいますが、これによる波を作成いたしまして、この波とダム距離減衰式で求まるものを比較いたしまして、大きいほうをレベル2地震動として設定しております。

次の6ページに関しては、設定した断層とダムの位置関係、あと、断層について国の地震調査研究推進本部がどのように評価しているかということを一覧にまとめたもので、これも前回示していますので、本日は省略させていただきます。

次の7ページに移っていただきたいと思いますが、ここではダム距離減衰式によるスクリーニングということで、左側に水平方向、右側に鉛直方向の加速度応答スペクトルを示しております。白黒刷りなのでちょっとみづらい絵になってございますけれども、左側の水平方向をごらんいただきたいと思いますが、加速度レベルが一番小さい、図でいいますと、下のほうから下限スペクトル、引き続きましてダム距離減衰式の最短距離式、一番上の黒い線が等価震源距離式のプロットであります。ということで、下限スペクトルを上回る地震動をここでは考える必要があるということで、これについて検討を行うことにしました。

次の8ページに移りまして、地震動につきましては、一応下限スペクトルによっても波がつくれるのですが、より安全を考えようということで、半経験的手法、経験的グリーン関数法を使った波を作成しております。基本的には、2番目のポツのところに書いてございますけれども、推本で示されておりますレンピに従って波をつくっております。採用したのは、経験的グリーン関数法ということで、左下のほうですけれども、グリーン関数法で用いる波形合成法の概念図を載せてございます。

続きまして、9ページに移っていただきたいと思います。経験的グリーン関数法を採用した理由といたしましては、こちらのダムにおきまして、ダムの地震観測が行われているということでこの手法を採用してございます。図の中に、土質遮水壁の一番下のほうとダムの天端のところに丸い印がございますけれども、ダムの基礎レベル、あと天端におきましてダムの地震計観測を行っております。

次の10ページに、ダムサイトで観測された地震の震源マップがございます。こういった地震記録がとられているわけなのですけれども、数としてはそれほど多くの記録はとられていないような状況です。

次の11ページをごらんいただきたいと思います。こちらは、実際に経験的グリーン関数法を用いた際に採用した小地震の記録を示しております。左側が小地震記録の位置図になりますけれども、図に途中で折れています直線がございますが、これが設定いたしました断層のラインでございます。ダムの起点がございまして、ダムから北側に十数キロ離れたところに☆印がございますけれども、ここを震源といたします1999年8月22日に発生しました気象庁マグニチュードで3.8、震源の深さ9.5キロの地震が観測されております。

この震源機構解をみますが、☆印から引っ張った形で書いてありますけれども、横ずれモードということで、この波を採用いたしました。採用した波の時刻歴波形を右側に示しております。上から上下流、ダム軸、鉛直方向となっておりますけれども、上下流方向で最大加速度が約7ガル程度の波でございます。

まず、この波を使うことの妥当性については、1983年にBooreという方が示された研究論文の中で理論スペクトル、統計的グリーン関数法で使われているものなのですけれども、それとの比較を行いまして、この波が妥当であるということを確認してこれを使うことにいたしました。

続きまして、下の12ページ、断層モデルの設定に移ります。下のほうには断層モデルの図がございますけれども、基本的には地震動策定は、先ほど申し上げましたように、レシピにのっとり行っております。

この断層なのですけれども、図の上のほうに四角で囲ったものがございますが、三尾河、白川、加須良と3つのセグメントから構成されております。それぞれのセグメントの中にアスペリティーを設定するような形で配置しております。基本的にレシピにのっとりいますので、先ほど藤原先生からご指摘がありましたものについての回答となりますと、断層パラメーターとしてはレシピにのっとり平均的なものを使っているということになり

ますけれども、アスペリティーに関しては、特に図の中に「ダム位置（投影）」とありますが、1番目のアスペリティーに関しては、ダムに近いところに寄せているということ。

あともう1つですけれども、断層の破壊開始点といえますか、震源位置がどこなのかというのが非常に大事になってくるかと思いますが、断層破壊開始点につきましては、この図の中でいいますと、アスペリティー3の右下のほうに☆印がございますけれども、ダムの位置からみて一番遠い側のところに破断層破壊開始点をもってきております。これによりまして地震動の指向性といえますか、ディレクティビティー効果によって、ダムサイトにとってはエネルギーとして集中する波を設定しているような状況でございます。

次のページをごらんいただきまして、13ページは、前回もお示ししていますけれども、結論といたしましては、ダムの固有周期のところ、上下流方向の例ではちょうど0.65秒付近のところ縦のラインを入れていますが、これより短周期側につきましては、ダムの距離減衰式プラスアルファを考慮したものよりも、断層モデルで設定した波のほうが大きいということで、弊社といたしましては、安全側を考慮いたしまして、この波を使って照査を行うことにいたしました。

次に、地震応答解析に移りますけれども、14ページは国交省さんの指針に書いてあることとございますので、ここでは割愛させていただきたいと思えます。

引き続き15ページ、地震応答解析の解析フローということで簡単にご説明いたしますけれども、まず解析に当たりましては、ダム堤体の浸透流解析を行いまして、ダム堤体内の水位の分布を求めます。この結果を使いまして盛り立て解析をやった後、湛水解析をやるわけですけれども、動的解析を行うに当たっての初期条件、いわば地震が発生する前の応力分布ですが、これを求めることとなります。

その後、等価線形解析によって動的解析を行って、すべり安定性の検討ということですべりの有無を判定します。今回はすべり自体が発生してしまうので、右のほうのフローに進みますけれども、天端沈下量のところをみながら越流が生じるかどうか、あとは浸透破壊があるかどうか、こういった流れで計算を行っております。

次の16ページは、前回もお示ししました解析モデルになります。基本的には2次元のモデルを使って照査を行っております。

次の17ページに移っていただきたいのですが、まず浸透流解析を行っております。この浸透流解析におきましては、建設時にコアの中に間隙水圧計を設置いたしまして、湛水試験のときに水位と間隙圧の連動性について記録が残っておりますので、これとの相

関から、透水係数等の解析のパラメーターを逆解析的に設定いたしまして計算を行っております。

次の18ページ、湛水解析ですけれども、先ほどの浸透流解析の結果、あと、物性値につきましては工事記録ですとか、下のほうに示しております参考文献を参考といたしまして設定しまして、常時満水位を対象としました初期状態の静的荷重を求めております。

続きまして、19ページに移っていただきたいのですが、ここから動的解析の話に移ります。まず動的に解析に用いました物性値について示しております。初期せん断弾性係数、ポアソン比、基準ひずみ、最大減衰定数につきましては、表に示していますような形で設定しています。

初期せん断弾性係数、ポアソン比に関しては、通称澤田式と呼ばれております堤体内の V_s 構造が求まる式が示されています。それと、密度情報は工事記録からわかりますので、そこから逆算して初期のせん断弾性係数を求めています。ポアソン比も澤田式から求めておまして、基準ひずみ、最大減衰定数につきましては、ロック、フィルタ、コア、それぞれ異なりますけれども、過去の技術論文、文献3)、4)、5)は次のページに書いてございますが、こういったものを用いまして設定しております。

次の20ページの上のところですが、ロック、フィルタ、コアそれぞれの G/G_0 ~ γ の曲線と h ~ γ の曲線を示しております。こちらの解析モデルの妥当性、物性値の妥当性なのですが、固有値解析を行いまして、その結果と、昔、岡本舜三先生が示されたダムの高さと固有周期との関係式の比較によって確認を行っております。ダムの一時固有周期につきましては、固有値解析で0.67秒、岡本先生の式ですと0.66秒ということで、おおむね一致していると判断いたしました。

こちらのダムにおきましては、先ほど地震計があるという話をさせていただきましたけれども、地震記録、ダム基礎と天端との伝達関数から、そういったことのキャリブレーションもちょっと試みようとはしたのですが、今までとれたダム基礎での地震記録の最大加速度がいずれも10ガルに満たないような非常に微小のレベルで、高周波数のほうが卓越するような伝達関数になっていたのもう少し大きな地震記録がとれないと精度は上がらないかなと考えておりますので、この点は今後新たな記録が出れば対応したいと考えているところでございます。

次の21ページに移りますけれども、解析モデルの境界条件と地震動の入力方法です。解析モデルの境界条件につきましては、下に図がございますけれども、基礎岩盤部の側方、

あるいは下方は、山口大学の三浦先生が提唱されております粘性境界の理論を導入して粘性境界といたしております。

地震動の入力に関してなのですけれども、経験的グリーン関数法ということで、ダム基礎でとれた記録から波をつくっておりますので、いわばE + F相当になると判断いたしまして、今示しております解析モデルの中で○印がついています地震計の位置が設定した波になるように、この2次元のモデルの中で引き戻し計算を行って、岩盤下方の入力地震動を設定しております。

その解析の結果ですけれども、22ページになります。白黒になりまして非常にみづらく大変恐縮なのですけれども、全加振時間における最大値のコンター表示、左側が最大加速度、右上がせん断応力、右下がせん断ひずみになっております。最大加速度ですけれども、上下流方向ですと、ダム天端で約4,500ガル程度になっております。最大のせん断ひずみですと、局所的ですが、5,000マイクロを若干超えるような結果となっております。

次に、23ページになりますけれども、最後、耐震性能照査ということで、まず照査方法についてです。①の越流の有無に関する検討——これはすべりの検討になりますけれども——については、渡辺・馬場法を用いて計算を行っております。右下のほうに設定しました強度定数とかを記載しております。

結果としてすべりが発生いたしましたので、浸透破壊に関する検討を②で書いています。これについても行っていますが、日本大ダム会議のダム設計基準の中に記載されていますJustinの提唱式を使って照査を行っております。

最後の24ページになります。検討結果ということで、①の越流に関してなのですけれども、右のほうに天端沈下が最大となる円弧すべりの絵がございまして、予想される天端の最大沈下量は1.37メートルになっています。こちらのダムにおきましては、常時満水位と天端の標高差が6メートルございまして、これに対して余裕があると考えております。

②の浸透破壊に関する検討結果ですけれども、浸透流速はすべり線沿いに流れていく浸透流の速度を示していますが、左側で0.00064とあります。これに対して土粒子が流れていく限界の流速は、例えば土粒子径が0.001ミリの場合は0.32ということで、十分安全側であるということ。

最後の照査結果です。大規模地震に対する耐震性能照査を行ったところ、①ダム本体は若干の変形を伴いますが、地震後のダム天端標高は常時満水位より十分高いので越

流しないということと、②ですが、浸透流によって材料が流出しないということで、所定の耐震性能を有していると考えております。

以上になります。

○横山座長 どうもありがとうございました。それでは、ご質問、ご意見をお願いいたします。藤原委員、お願いします。

○藤原委員 11ページ目からのところで、経験的グリーン関数法を用いた波形合成を行うということで、やり方は理解いたしました。

結果をみてみますと、種というか、もとの要素地震となる地震のマグニチュードが3.8と割と小さ目ということで、恐らくその影響があるのか、13ページのスペクトルの図でみますと、ダム固有周期を超えて、より長周期側では余り振幅のない波形になっている。これはこういう解析手法のもつ性質といいますか、こういうものである程度しょうがないのですけれども、固周側はもう十分必要な地震動レベルが予測できていると思うのですが、長周期側で地震動レベルが余りない波形で以下の解析を行ったときに、何らかの考慮すべき影響とかがあるのかないのか、ここについて私ははっきりわからないのですけれども、どんなものでしょうか。

○横山座長 どうぞ。

○説明者（電源開発） まず、先ほど説明において割愛させていただきましたけれども、ご指摘のとおり、種地震、マグニチュードは非常に小さいということで、Booreの理論式と比較した場合、実は周期といたしましては0.3Hzから、長い周期帯におきましてはノイズ成分が非常に卓越しているという状況がございました。そういったこともありまして、0.4Hzから長周期側はフィルターカットを行っております。

一方で、マグニチュードが小さいものを使うことに対してなのですが、電中研さんですとか、東大の地震研さんと、たしか産総研さんの共同研究で、安政の東海地震といったシミュレーションのときに、一発で大地震を模擬するのではなくて、中間波を一回つくって模擬するというので、ある意味、入倉先生が指摘されているようなターゲットスペクトルに対する落ち込みを回避するような手だては行っております。

ということで、13ページのご質問のメインのところに移るわけなのですが、ご指摘のとおり、ダム固有周期から長周期側に関しては、スペクトルの振幅としては落ち込んでいる。先ほど述べた理由なのですが、長周期側の波がないことによって解析がどうなのかについては、私どもといたしましてはダムの固有周期、ここは1次のモードを

示していますが、2次、3次は短周期側にどんどんシフトしていきます。ですから、縦の0.65より長周期側に関しては、ある意味、どんな入力があっても、ダムは共振作用が起きない、いわば地面とダム堤体が一緒に動いて、相対変位がそれほど生じないということで、長周期成分によって余り大きな応力は発生しないだろうと考えておりますので、そういう理解のもとで一応この波を採用しております。

○横山座長　ほかにいかがでしょうか。大町委員、お願いします。

○大町委員　最後の24ページの浸透破壊に対する検討結果と書いてございます。この浸透流速はどうやってお求めになったのか。それから、土粒子径0.001ミリというのはどういうものなのか、この辺を教えてくださいたいと思います。

○説明者（電源開発）　まず、浸透流速の求め方についてなのですが、右上のほうに円弧すべりの事例がございますが、こちらにダムに対しては600を超える円弧すべり線を設定して、安全率をそれぞれ求めています。すべりが生じる円弧が実際には複数あるわけなのですが、その中でコアを横切るところの動水勾配が最大となる円弧すべりを対象にいたしまして、浸透流速が一番大きくなる数字ということでそれを求めています。

一方で、限界流速についてですが、実際の計算においては土粒子径、例えば1ミリとか0.1ミリとか、それぞれに対して限界流速は求めているのですが、コア材料の粒度分布からみて、最小の土粒子径は0.001ミリまでみておけばほぼ100%包含されるだろうということで、その中で最小の土粒子径は0.001ミリと設定しまして、いわば限界流速が一番小さくなる数字を求めて、安全側、安全側を比較してでもこれだけの差があると私どもでは評価しているところでございます。

○横山座長　よろしゅうございましょうか。

○藤原委員　ありがとうございました。

○横山座長　山崎委員、お願いします。

○山崎委員　1つ教えていただきたいのですが、20ページにダムの1次固有周期、固有値解析で0.67秒とありますが、結局、詳細をレベル地震動のよしあしを固有周期で決めていると思うのです。例えば、21ページの図にあるように、基盤岩の上にダムが乗っているときの1次固有周期は、基盤岩を固定した条件でのダム堤体のみの周期と。

○説明者（電源開発）　基盤を固定したダム堤体の固有周期を求めます。

○山崎委員　あと、基盤岩位置と堤体位置に地震計があって、同じ地震の記録がもしと

れていれば、そういうのをフーリエスペクトル比等で1次固有周期というか、伝達関数のピークが簡単に求まると思うのですが、それはやっていないのでしょうか。

○説明者（電源開発） 実際には求めております。先ほど駆け足でちょっとご説明しましたけれども、1つは、ダム基礎で上下流方向で、例えば7ガルとか6ガルとか、非常に小さい記録しかとれていないということもあって、そういった地震が震源に非常に近いということで、伝達関数を求めた場合、高次モードのピークが非常に卓越してしまっているのが実情でございます。

1次のところをよくみますと、1.8、1.9ヘルツぐらいのところにピークがあるかなという状況ではございますけれども。今、2次元の調査をしていますが、実際の構造物の場合ですと3次元の構造ということで、左右岸、岩盤での拘束等も考えると、もっと大き目の地震記録——フィルダムに関しては、どうしても入力が大きくなればなるほど実際に傾向として、みかけ上の固有周期が長くなる傾向がございますので、そういったものに合わせておけばとりあえずよろしいかなと我々のほうで判断いたしました。

○山崎委員 そうすると、この0.67秒というのは、観測記録よりも少し長目のイメージなのですか。岡本式という相当昔の式を比較に出されているので、その辺を……。

○説明者（電源開発） 岡本先生の式は100分の0.5掛ける堤高で求めていますが、最近の論文ですと100分の0.45とか、そういった大ダム会議の論文とかでもございますので、どちらかという、長周期側の評価が岡本先生の式かなと考えております。

○山崎委員 わかりました。

○横山座長 ほかにいかがでございましょうか。よろしゅうございましょうか。——それでは、どうもありがとうございました。

それでは、資料3に移りたいと思います。中空重力式コンクリートダムのダム耐震性能照査についてということで、中部電力さんからご説明をお願いします。

○説明者（中部電力） 中部電力でございます。よろしくお願いいたします。

資料3ということで、中空重力式コンクリートダムの照査事例につきまして、前回ワーキングでいただいたご意見を踏まえ、報告させていただきます。

2ページでございますけれども、今回の対象ダムの概要でございます。静岡県大井川にございます中空重力コンクリートダムでございます。堤高が125メートル、堤長、竣工年はごらんのとおりとなっております。

続きまして、3ページでございますけれども、耐震性能照査の進め方。私ども、耐震性

能照査では、簡便的な評価といたしまして、静的解析による照査をまず行い、静的解析による裕度が小さい場合、動的解析による照査を実施することとしております。今回の事例ですと、フロー図の赤矢印でお示ししております静的解析による照査と、その後、動的解析のうち、線形解析による照査を実施いたしております。

引き続きまして、4ページでございますけれども、静的解析につきましては、まず剛体計算を行い、ダム堤体に発生する引っ張り応力及び圧縮応力に対する照査を行っております。この段階では、対象ダムの固有周期に関する情報を得られていないため、静的地震力にはレベル2地震動による加速度応答スペクトルの最大値を用いて静的解析をまず行っております。

引き続きまして、5ページでございます。地震力の設定でございます。レベル2地震動の設定に当たりましては、プレート境界地震、内陸活断層、それと国交省さんの照査用下限加速度応答スペクトルを考慮いたしております。

このうち、プレート境界につきましては、想定東海地震及び想定東海・東南海・南海地震を考慮いたしております。中央防災会議から公開されております工学的基盤波を用いまして、ダム基礎位置での加速度応答スペクトルを算定いたしております。

また、内陸活断層につきましては、対象ダム周辺の活断層を対象といたしまして、国交省さん指針案の距離減衰式、こちらでは地震タイプ別補正係数を標準プラスシグマというものを用いて加速度応答スペクトルを算定いたしております。

引き続きまして、6ページ、地震力の設定の2番でございますけれども、静的解析では、これから求まる加速度応答スペクトルの最大値を静的地震力といたしまして設定しており、今回の事例で申しますと、想定東海地震による加速度応答スペクトルの最大値1,510ガルを水平震度として設定いたしております。

引き続きまして、7ページでございます。まず静的解析の解析条件でございますけれども、コンクリートの強度につきましては、建設時の記録があるものは建設時の記録を用いることとしておりますが、年代が古く、建設時の記録が残っていないものについては、現地コア試験を行ったり、また同年代のダムの記録を参照いたしたりしております。今回の事例では建設時の記録が残っておりますことから、コンクリート強度は建設時の品質管理試験結果に基づき設定いたしております。

なお、コンクリートの強度の設定に際しましては、地震時の割り増しを考慮しており、引っ張り強度は圧縮強度の10分の1としております。

荷重につきましては、常時荷重といたしまして、自重、機器荷重、静水圧、それと堆砂による泥圧及び揚圧力を考慮いたしております。地震時荷重といたしましては、慣性力及び動水圧を考慮いたしております。

照査基準といたしましては、堤体コンクリートに発生する応力が堤体コンクリートの強度を十分に下回ることを確認し、静的解析による裕度が小さい場合には、動的解析による詳細検討を実施することとしております。

なお、静的に解析における照査の目安といたしまして、当社は静的解析と動的解析の両方を複数のダムで比較いたしております。そのダムの解析結果から発生応力を比較いたしまして、その比較の最大値を1つの目安として、静的から動的に移る考えといたしております。

8ページでございますけれども、今回の対象ダムに当たりましての静的解析による結果でございますけれども、今回の結果からは、堤体コンクリートに発生する引っ張り応力に対する裕度が非常に小さいことから、動的解析による照査に移行しているという内容でございます。

引き続きまして、9ページでございます。それでは、動的解析について、今回の事象でどのようなことを行っているかという内容でございます。

今回の事例の動的解析では、越流部と非越流部のダム堤体をモデル化いたしました2次元線形解析を行い、ダム堤体に発生いたします応力に対する照査を行っております。線形解析によってダム堤体に引っ張りクラックが発生する場合には、2次元の非線形解析による詳細評価を行うこととしております。

10ページでございます。解析条件の1番目、コンクリートの強度といたしましては、静的解析と同様、建設時での品質管理試験結果に基づき設定いたしております。

コンクリートの弾性係数につきましては、コンクリートの圧縮強度から、コンクリート標準示方書に基づき算定した値を設定いたしております。

なお、対象ダムでは、堤体内部に上段、中段、下段といった3種類のコンクリートを用いており、それぞれの部位に応じた材料物性を設定いたしております。

また、動的解析では、2次元でモデル化いたしておりますので、中空重力ダムの中空部分につきましては、単位奥行きあたりに換算いたしました等価な物性値を設定しております。

引き続きまして、11ページ、動的解析の2番でございます。荷重につきましては、常時

荷重といたしまして、先ほどと同じ自重、機器荷重、静水圧、それと堆砂による泥圧及び揚圧力を考慮いたしまして、地震時荷重といたしましては、慣性力及び動水圧を考慮しております。

境界条件につきましては、初期の応力解析では底面ばね境界を用い、地震時の解析では底面固定境界といたしております。

照査用地震動の入力につきましては、解析モデル底面に水平動と鉛直動を入力しております。

堤体の減衰につきましては、国交省指針案の事例を参照いたしまして、15%のレーリー減衰を用いております。

今回の事例につきましては、線形解析で照査を完了しているため、非線形解析を行っておりませんが、非線形解析を行うモデルといたしましては、引っ張りを単直線の軟化構成モデルといたしまして、圧縮を線形弾性モデルとしたモデル化を進める予定でございます。

照査基準につきましては、線形解析では堤体コンクリートに発生する応力が堤体コンクリート強度を下回ることを確認し、また、非線形解析では、堤体に発生するクラックが貫通しないことを確認することといたしております。

引き続きまして、12ページ、照査用地震動の設定(1)でございます。動的解析で用います照査用地震動には、ダム基礎位置での加速度応答スペクトルのうち、ダム堤体固有周期の値が最大となる地震動を選定いたしております。

今回の事例につきましては、越流部モデルは想定東海地震、非越流部モデルでは中央構造線赤石山地西縁断層帯による地震動を選定しておりますが、今回の事例では両方の照査用地震動により照査を行っております。

ここで少しおわびでございます。今ごらんいただいております図中の表でございますけれども、横軸の対数グラフの起点を0.02からの表示としておりまして、大変みづらくて申しわけございません。補足でございますけれども、この固有周期につきましては、非越流部が0.25秒、越流部が0.27秒程度となっております。6ページと14ページに同じような横軸の図表をお載せいたしておりますけれども、大変みにくくて申しわけございませんでした。

引き続きまして、照査用地震動の設定の(2)でございますけれども、想定東海地震につきましては、中央防災会議から公開されている工学的基盤波を用いて算定したダム基礎位置での地震波を用いております。

次に、14ページ、照査用地震動設定の(3)でございますけれども、中央構造線赤石山地西縁断層による地震動につきましては、加速度応答スペクトルに適合する時刻歴波形を用いております。種波形につきましては、国交省指針案で例示されております一庫波を用いております。

続きまして、15ページでございます。動的解析による照査結果でございます。線形解析による地震応答解析の一例でございますけれども、越流部モデルの想定東海地震による最大応答加速度は堤頂部で1,287ガルとなっております。

続きまして、16ページ、動的解析による照査結果の2番目でございますけれども、また同じく越流部モデルの想定東海地震による堤体コンクリートの最大引っ張り応力は2.8ニュートン、最大圧縮応力は13.3ニュートンであり、照査の結果、今回の事例では、ほかのケースを含め堤体コンクリートに発生する引っ張り応力及び圧縮応力は、堤体コンクリートの引っ張り強度、圧縮強度を下回ることを確認いたしております。

最後になりますが、17ページでございます。堤体底面のせん断につきましては、局所せん断摩擦安全率が1.0を下回る範囲は上流端付近のごく一部でございます。堤敷長全体に対しては十分小さい結果となっております。

これらの結果から、今回の事例につきましては、線形解析により照査を完了いたしております。

中部電力からの報告は以上でございます。

○横山座長 どうもありがとうございました。それでは、ただいまのご説明に関しまして、ご質問、ご意見がありましたらお願いしたいと思います。それでは、西内委員、お願いいたします。

○西内委員 位置づけをちょっと確認させていただきたいのと、あと一点、教えていただきたいことがございます。

3ページ目で、耐震性能照査の進め方というところで、静的な、いわゆる震度法の解析がありますけれども、全てのダムを動的解析で実施するには時間とか費用がかかるということから簡便に、場合によってはスクリーニング的な目的で使われているという考えでよろしいのかということ。

あとは、7ページの一番下、括弧のところに、発生応力を比較し裕度の目安を設定という言葉があるのですが、これの解釈なのです。いろいろな条件、仮定を設けて今回用いられていると思いますけれども、場合によっては動的解析よりも厳しく、安全側の評

価結果が得られるように十分な安全係数を用いて評価しているというようなやり方をされているのかという、そこをちょっと確認させていただきたい。

最後に、1点教えてほしいところですが、こういった均一の震度を用いて計算しているのですが、結果的にこのやり方でオーケーになりそうなのは、やはり考え方からして低いダムになっているのか、そのあたりを確認、教えていただきたいと思います。

○横山座長　　お願いします。

○説明者（中部電力）　　ありがとうございます。まず1点目でございますけれども、3ページのフローに沿った静的解析の位置づけでございます。今、西内さんがいらっしゃった簡便法として試行的に実施という位置づけで、今、スクリーニングというお言葉をいただきましたけれども、まさしく全てのダムを最初から動解をやるのではなくて、静的で十分安全とみなせるものでいいのではないかという内容のもと、私ども、スクリーニングという位置づけで静的解析をまず実施いたしております。

今回のこの事例ですと、3ページのフロー、静的解析ではダム高125メートルということで、最初から静的解析では難しいということは当然わかっておりましたけれども、一応静的解析という位置づけを踏まえて、その後、動的な解析に移った事例をご報告させていただきました。

2点目でございますが、7ページの今の静的解析と動的解析の考え方でございます。ご指摘いただきましたように、あくまで当社内におきましての実施の結果でございますけれども、静的解析と動的解析の両方を実施した十何ケースのダムの発生応力を比較いたしまして、静的解析で十分に安全であろうと思われる内容、当社といたしましては、3という安全係数的なものを目安として進めておりますが、3倍程度あればそこで十分ではなからうかという私どもの考え方のもとで、そういう内容で進めさせていただいております。

最後のご指摘でございますけれども、今の考え方のもとに、私どもの重力ダムにつきまして幾つか比較いたしますと、これもあくまで私どもの限られたケースからでございますが、堤高長でいきますと、30メートルより低いものについてはほとんど静的解析で大丈夫、それより大きいものについては、やはり動的解析を先ほどの目安に基づいて行っている。30メートルというものも当然高さだけの一律の決めではございませんが、結果としてそのような大まかな結果となりました。

○横山座長　　よろしゅうございましょうか。

○西内委員　　ありがとうございました。

○横山座長　ほかにいかがでしょうか。大町委員、お願いいたします。

○大町委員　1つ伺いたいことは、中空重力式で軽いので、揚圧力がかなり重要な要素かなと思いますけれども、ここで考えられた揚圧力分布というのはどんなもので、それは実測されているものなのか、あるいは設計時に仮定されたものなのか、その辺を少し教えていただきたいと思います。

○説明者（中部電力）　揚圧力分布ですが、今回のケースにおきましては、国交省さんの指針の中、ダム・堰施設技術基準にのっとった考え方で揚圧力を作用させております。実際、設計時ですともう少し小さい値を用いております、実測におきましては、揚圧力は余り観測されていないというのが現状です。

○大町委員　わかりました。

○横山座長　ほかにいかがでしょうか。それでは、山崎委員、お願いいたします。

○山崎委員　ちょっと確認したいのですが、13ページの想定東海地震の波形なのですが、海溝型地震にしては継続時間が実質15秒程度なのです。それと、横軸の時刻が、スタート点が15となっていて、何となく波形が一部消えているようにもみえるのですが、これではよろしいのでしょうか。

○説明者（中部電力）　海溝型地震ですが、中央防災会議から示された想定東海地震、3連動地震の地震動を用いておりますので、実際解析するときには主要動を含んだ前後の秒数でやられておりますので、実際はゼロ秒から地震動はあります。今回、紙面上の記載の関係で15秒から50秒というところでこちらの紙面には記載させていただいております。

○山崎委員　この前のほうにも波形があるということですか。それと、想定東海で出したのは10年以上前ですよ。その後、東南海、南海、3連動のときの波形のほうが恐らく長いでしょうし、一番最近のトラフのものは波形は公開していないのでしょうか。どちらにしても波形がちょっと短いのかなと。それと、短周期が全然載っていない感じがするのです。次のページの波形と活断層型のと比べると、何でこんなに短周期がなくて、主要動がこんなに短いのかなというのがちょっと疑問なのです。

○説明者（中部電力）　想定東海と3連動につきましては、両方とも弊社の中では比較しております、その中で最大のものを用いているというのが現状です。

あと、想定東海の公開波なのですけれども、継続時間は163秒が公開されておまして、先ほどと説明が少し重複されておりますが、今回はそのうち35秒を取り出して動的解析を行っております。

○横山座長 14ページと比較すると、短周期成分が少ないというご質問がありましたけれども、それについては特に何かございますか。

○説明者（中部電力） 14ページの中での短周期成分、加速度応答スペクトルの中でのということで……。

○山崎委員 後ほどで結構ですので、13ページの波形はこれで本当に正しいか確認だけしていただけますか。もし正しければ別に結構です。

○横山座長 よろしゅうございませうか。後ほどまた文書でご回答いただければと思います。ほかにいかがでしょうか。よろしゅうございませうか。——それでは、どうもありがとうございました。

それでは、最後のプレゼンでございます。アーチ式ダムに対するダム耐震性能照査についてということで、関西電力さんからご説明をお願いいたします。

○説明者（関西電力） 関西電力です。よろしくお願ひいたします。資料4を用いまして説明させていただきます。

大規模地震に対するダム耐震性能照査についてということで、前回もお示しさせていただいているダムではございますけれども、ダムの諸元につきまして1ページめくっていただいたところに記載させていただいておまして、竣工年が1963年、ダム高は186メートルということで、記載の諸元のダムでございます。

アーチダムですけれども、正確にはドーム式アーチダムということで、お茶わんを半分にしたような形のダムでございます。

次のページをめくっていただきまして、レベル2地震動に対するダム耐震性能照査の進め方は、国交省の指針に基づいて行うということで、右側にアーチダムの耐震性評価実施フローということで指針の中に記載がございますので、基本的にはそれを用いて照査を行っております。

3ページ目は、そのうち、まず最初に求めるべき地震動の設定ということで、詳細は4ページから説明させていただきます。

4ページなのですが、レベル2地震動ということで、将来にわたって最大級の地震動を求めるわけですが、地震調査研究推進本部等の文献でありますとか、当該ダムで過去に発生した地震を調査いたしまして、さらに内陸ですので、ほぼ関係はないのですが、海溝型地震に対する影響のないこと等を確認した上で、以下に示します①から③の手順を踏まえまして決めております。照査指針の中に照査用下限加速度応答スペクトル、

いわゆる下限スペクトルが示されておりますので、最終的にはそれと比較して、どちらがダムに影響が大きいかということで照査用地震動を設定しております。

①のダムへの影響が大きい近傍の活断層抽出というところが次のページに具体的に示しているものでございまして、5ページをみていただきますと、主要の活断層ということで、右図に赤い小さい点でダム地点を示しておりますけれども、その中心、これは約50キロ半径を描いているのですが、主要な断層というのが幾つかございます。これら全てについて地震動の算定を行ってもいいのですけれども、1次スクリーニングということで、このうち、ダムに影響の大きいものを最初に若干絞り込ませていただくという作業を行っております。

そのやり方なのですけれども、この活断層につきまして、司・翠川先生らの距離減衰式を用いて計測震動及びその減衰式における最大加速度を求めまして選定しているというものでございます。

選定基準につきましては、計測震度が5以上、あるいは司・翠川の式による距離減衰式の加速度で250ガル以上を考えております。その表を下に示しております、赤で示されたものが先ほどの選定基準によって、「または」ですので、白抜きが若干抜けているところがありますけれども、上の4つが選定されるというものでございます。

この算定に当たります断層規模につきましては、地震調査研究推進本部等の文献により設定させていただいております。

次のページに行ってくださいまして、先ほど抽出しました4つの活断層につきまして、実際にモデル地震動を作成したものでございます。それが6ページにあるのですけれども、方法としましては半経験的手法ということで、距離減衰式による方法もあるのですが、若干アドバンスな方法ということでこの方法を採用いたしまして、それらのうちでも微小地震の記録等がそれぞれとれていればいいのですけれども、なかなかそういう適切なデータがないということで、今回はそれらのうちの統計的なグリーン関数法を採用いたしまして作成いたしております。

震源モデルにつきますパラメータ的なものにつきましては、地震調査推進本部のレシピを基本として設定させていただいております。また、サイト増幅特性については、一般的に硬岩サイトにおける記録をもとに得られた経験則を参考として用いております。それがイメージ図としては6ページの下側に書いているものなのです。

ちなみに、先ほど藤原委員からご指摘がありました、ここでの安全側の評価という考え

方につきまして、当社の場合はこういうセグメントを1つに仮定しまして、アスペリティーにつきましては、ダム側に寄せるということを考慮いたしております。

次の7ページなのですが、それらの統計的グリーン関数法を用いて実際の断層モデル地震動をつくりましたのが左側のグラフでございまして、上から跡津川が一番卓越したものの、次が糸魚川静岡構造線、そういうのが出ておりまして、そのほかは若干低いようなものになっております。

ちなみに、跡津川断層帯モデルによる断層モデルの地震動は右側のような波形が得られております。ダムへの影響が大きいということであれば、跡津川断層帯が選定されることになろうかと思えます。

ちなみに、長期評価ということで、地震調査研究推進本部の表現によりますと、よく使われている発生確率でいきますと300年以内でほぼゼロ%、最新活動時期で1858年の飛越地震で実際に起きたのではないかとされているものでございます。

次に、それらの地震動と国交省の指針の中に書かれております下限スペクトルというのがございますので、その下限スペクトルを実際に比較しようとするわけなのですが、そのやり方としまして、一応適合波というものを時刻歴で求める必要がございます。その適合波をつくるに当たりまして位相特性が要るということで、これは前回もちょっと話題になったのですが、一庫ダムの観測記録を位相特性と継続時間において採用しているというものでございます。

採用しました理由としましては、やはりダムの硬岩、アーチダムとしては岩盤の非常にかたいところにあるダムでございまして、非常にかたいところでとれた地震記録が非常に望ましいであろうと。かつ、マグニチュードもそこそこ大きい記録であろうということがその特性を非常にあらわすのではないかとということで、それをターゲットとして採用させていただいております。それをもとに、下限スペクトルに適合するような波をつくったということでございます。

次の9ページには、前回、一庫ダムの観測記録が10秒ちょっと行ったところで、若干ぶつんと途切れているような波形で、質としては余りよろしくないのではないかと委員からのコメントがございまして、それについてはおっしゃるとおりということで、当然否定するものではございませんけれども、その波形が10秒ちょっと以後実際どうなっているかというところをほかの記録等で比較して確認してみたのが9ページの絵でございまして。

非常に近いところに箕面川ダムというのがございまして、震源近くには神戸大学でも震

源記録はとられているのですけれども、それを横軸の秒数としては3つとも合わせておりまして、時間スケールを合わせております。

これは仮になのですけれども、ピンクの位置を赤の点線でありますように縦に並べて描いてみたというところではいきますと、今回の一庫ダムの観測波形も主要動は十分に包含しているということが確認できるかと思えます。

そういったことで、この記録を用いること自体が解析結果に大きく影響して、不適當ではないかというところについては否定できるのではないかとこのところでご説明を加えさせていただいているものでございまして、そうはいいまして、ダムの近くでとれた地震でありますとか、もうちょっと規模の大きい地震がありましたら、当然それを考慮して、必要に応じてそれをあわせた検討を今後進めていくべきであろうというご意見に対しましては全くそのとおりと考えておりますので、参考までにこれはつけさせていただきます。

次の10ページでございますけれども、最終的に最初につくりました跡津川断層における速度スペクトルと加速度スペクトル、それと下限スペクトルから適合波をつくったものを実際に比べてみたものでございます。当然、下限スペクトルのほうが若干大きいような値になっています。ただし、周期帯によって、短周期の部分で若干逆転している部分がございますので、それについては参考に解析等は行っているのですけれども、結果としてこういう周期のあたりで卓越している下限スペクトル適合波というのがクリティカルになるということは確認してございます。

今回お示しする結果としましては、下限スペクトル適合波による解析結果でございます。次の11ページに、実際の解析ということでそのフローがあるのですけれども、そこは線形動的解析と書いているのですが、ただしアーチダムの構造といたしまして、横継ぎ目といわれています鉛直方向の打ち継ぎに対する構造が継ぎ目ということで存在しております。それはもともと構造的につくった継ぎ目でございますので、そこは実際、揺れのときに開くということが現実的でございますので、そこだけは圧縮は伝えるけれども、引っ張り開放するというようなモデルはそこに組み込んでございます。

その辺を絵であらわしましたのが12ページのところでございまして、今回、3次元モデルなので、計算時間等かかる非常に大変な計算なのでございますけれども、地震波の周波数等を考慮できるメッシュの大きさを考慮しまして、接点としましては約3万接点、ダム堤体の上下流方向は3分割、ダム軸方向は7メートル、高さ方向は5メートルぐらいにメ

ッシュを区切っております。貯水位としまして、動水圧的なものがかかるものですから、それはウエスターガードの近似式を用いて、ダムに対して負荷重量で評価しております。

先ほどいいました堤体の継ぎ目なのですけれども、横継ぎ目。右側の絵に薄く出ているのですけれども、文字は横ですが、実際は縦方向にある継ぎ目なのです。その縦の継ぎ目を非線形のジョイント要素をつけて考慮いたしております。

先ほどから話が出ていますけれども、どのダムでも境界条件としましては、基礎岩盤底面及び側面は粘性境界ということで一応考慮はしております。

地震動は、引き戻し計算を実施した上でモデル底面を入力しております。

次に、13ページの地震応答解析なのですけれども、荷重条件としましては、右に示しております荷重を入力しております。解析用物性値につきましては、一応建設時の記録があるものにはそれを尊重して採用しております。これらの値を入れております。

ダム堤体のコンクリート強度につきましては、これも建設時に実施した試験結果のデータが非常に多くございますので、信頼性が高うございますので、これを採用しております。果たして、これが経年的にどうなのかというところは、定期的に非破壊の試験およびコアを抜いて強度をチェックしておりますけれども、その結果から、建設時に実施した試験結果を下回るようなことはなく、むしろ強度はどんどん増加していっているという傾向は別途確認してございます。

次に、減衰定数のところなのですけれども、ダム堤体というところで20%、これを地震観測記録の再現解析をもとに設定しております。基礎岩盤は一般的な5%を用いております。この20%という数字が一般的な解析に比べるとやや大きいかなというところがございますので、その辺の説明を次のページから加えさせていただいております。

それが14ページでございまして、先ほどパラメーターの1つとして減衰定数を振らすことによって、実際のダムに設置しております地震の観測記録を解析で再現できるかどうかというところでチェックをいたしました。

最近とれた中で大きいものを5つピックアップいたしまして、この表が地震の観測記録でございます。当然そのときの水位はいろいろばらついてはいるのですけれども、記録的にはそこそこあるというところで、このダムの場合は地震計も非常にたくさんついているというところでこの解析をやっております。

その結果が次の15ページでございまして、左側のグラフは5つございます。これは先ほどの5つの地震観測記録を用いて解析したということで、5つあるということでみていた

だいたらいいかと思います。

下に凸の右下がりの曲線がございますけれども、これは実際に減衰定数といわれるパラメーターを幾つか変えまして、天端の計算上の加速度を算定したのがこのグラフでございます。実際には天端の加速度というのは記録として観測されておりますので、それをどこにフィットするかというところで、この赤線で観測記録の値を右側にずっともっていったというところで、下に凸の曲線とぶつかるところが、その解析における地震の観測記録を再現できる減衰定数であろうという見方をしていただければいいかと思います。

そのプロットを全部したグラフが、右側の真ん中にごございます線形近似と書いているグラフになります。これをみますと、若干ばらついてはいるのですけれども、基盤の最大加速度が大きくなるに従って、先ほどの非線形性というのが若干出てきたところで、減衰定数が若干大きく設定できるような傾向がみてとれます。

今回、下限照査用の地震動のレベルというのは、ここでとれている記録よりもかなり大きな記録でございますので、この再現解析で設定できる減衰定数よりはまたさらに大きくとれるのではないかという推定はできますけれども、今回の解析ではこのプロットの中で一番大きい20%を採用して、大規模地震時の耐震性評価を行ったというご説明でございます。

16ページが、その再現解析結果の一例ということで、ダム底部とダム天端のそれぞれの時刻歴の解析値と観測記録及びそのフーリエスペクトルを書いたものですが、このダムの再現解析としては非常にうまく合っているのではないかと評価しております。

実際にもうちょっと大きなレベル2相当の地震を入力した結果を17ページに記載させていただいてまして、基盤で348ガル、天端で2,375ガルというような結果がえられました。そのときの最大引っ張り揚力の発生箇所というのは、下に示しているような場所に出ているというところでございます。

この分布的なものを次の18ページに描いているのですけれども、最大は下流側の中央部で出たのですが、時刻歴を当然やっていきますので、その途中で最大が出るところがちょっと変わっていくということで、これもアーチダムの特性で、一般的には上流下端、あるいは中央部の上下流がうまく出ているのですけれども、応力的にはさほど違いはないということがわかりました。この堤体内発生応力自体は、先ほどの引っ張り強度以下ということで照査結果は得られております。

次の19ページなのですけれども、先ほど横継ぎ目の非線形部分というのは解析に若干考

慮したものですから、その開口というのが計算で出ております。その開口量を計算でみてみますと、最大で約3ミリ程度ということで、設計上考慮している横継ぎ目のキーと止水板の構造を考慮しても十分に対応できる量の開き量であったということがわかりました。

以上まとめまして、最後20ページで、ダムで発生する引っ張り応力としましては、ダム堤体の引っ張り強度以下であって弾性範囲内であったということと、堤体の横継ぎ目の開きは最大で3ミリ程度になるのですけれども、キーや止水板の構造を考慮しても十分に許容できる範囲にあったこと。

以上のことから、レベル2地震動に対しても本ダムの貯水機能は維持され、耐震性能を有していることを確認したということでまとめさせていただいております。

説明は以上でございます。

○横山座長 どうもありがとうございました。それでは、ただいまのご説明に関しまして、ご質問、ご意見がありましたらお願いしたいと思います。西内委員、お願いいたします。

○西内委員 細かいことで確認だけさせていただきたいのですけれども、19ページの横継ぎ目の開口についてということで、例えば左の図面で、赤で囲ってあるところより左岸側のウイングダムの横継ぎ目が、見た目、もっと開いているように見えるのですが、あえて赤で囲っていないのは、ここは例えばいわゆるオープンジョイントのような特殊ジョイントで、もともと設計とか実構造上もそれを想定していて、要するに対応しているようなものなのでつけていないのか、そこを確認させてください。

○説明者（関西電力） このダムはウイングダムがついておりまして、そことアーチ本体との間はオープンスロットという構造をもっておりまして、非常に大きな、もともと構造上の開きを有しているダムでございます。それを再現している関係で、ここに開きが出ているということでございます。ですから、ここの継ぎ目の許容変形量というのは、この解析で出ている量を十分満足できる量であるということは確認してございます。

○西内委員 ありがとうございます。

○横山座長 ほかにいかがでしょうか。よろしゅうございますでしょうか。——それでは、また後ほど資料6で評価の視点、残された論点等についての議論をしていただきまして、そこでまた全体的なご意見をいただければと思いますので、まずは続きまして資料5の、前回の水力発電設備（ダム）の検討結果（集中豪雨・地すべり）についての補足資料ということで、電気事業連合会と電源開発さんからご説明をお願いしたいと思います。

○説明者（電気事業連合会） 電気事業連合会でございます。資料5についてご説明させていただきます。

前回のワーキングにおきましてご指摘いただきました3つの内容につきまして、改めて補足という形でご提出させていただいた資料になっております。

まず1つ目のご指摘ですが、異常洪水流量の扱いに関する整理の仕方について問題はないのかという点に関しまして、先般のご質問の回答の中でも設計時に考慮した洪水流量と異常洪水流量の考え方、いずれかで安全性を確認しておりますが、そこをより明確にお示しさせていただくということで回答させていただきました。

そして、前回、提出いたしましたフローのうち、今回変更した箇所を赤字で記載させていただいております。検討完了区分（I）を200年確率洪水流量が設計洪水流量よりも小さい場合を（I）—1、200年確率洪水流量が異常洪水流量よりも小さい場合を（I）—2と2つに区分させていただいております。

これに基づく検討結果が2ページから4ページに記載しておりまして、右端のところ区分、右から4列目のところに設計洪水流量と括弧書きで異常洪水流量、2つの数値を記載させていただいております。どちらにつきましても、設計当時に洪水処理能力に関する妥当性を確認しておりますので、今回の検討結果については問題ないと考えております。

5ページ目をごらんください。前回のご説明で完了区分（I）に36ダムありましたが、今回、再度整理し直しました結果、（I）—1が31ダム、（I）—2が5ダムということで記載を分けさせていただいております。

6ページをごらんください。2つ目のご指摘でございますが、評価事例のNo.6ダムのケースにつきまして、水位が下がり過ぎているのではないかということをご指摘いただいております。

1点、ここで誤記がございますので、訂正させていただきたいと思っております。表題のI(2)を「評価事例④」と書いておりますが、「評価事例⑤」となります。申しわけございません、ご訂正をお願いいたします。こちらにつきましては、水理公式集に基づきまして記載のような数式、各係数を採用して計算いたしました結果、右の図のように水位が低下するという結果を確認させていただいておりますので、こちらで妥当性をご確認いただければと考えております。

7ページをごらんください。3つ目のご指摘でございます。運用の見直し等により、ダムの洪水処理の能力を確認しているものについても、ハード的な対策を検討すべきではな

いかというご指摘に対しまして私どもとしての回答でございます。事業者といたしましては、ダムの放流能力強化は自主保安の観点からも重要な課題であると認識しており、引き続き真摯に取り組んでまいりたいと考えております。また、現在検討中の既設設備の具体的改修計画につきましては、河川管理者のご理解が得られるよう、引き続き河川協議を進めてまいりたいと考えております。

説明は、以上でございます。

○横山座長 どうもありがとうございました。それでは、ただいまのご説明に関しまして、何かご質問、ご意見がございましたらお願いしたいと思っております。よろしゅうございますでしょうか。——それでは、どうもありがとうございました。

それでは、最後の資料6でございます。水力発電設備の耐性を検討するに当たっての評価の視点及び残された論点一改訂（案）ということで、事務局からご説明をお願いいたします。

○松尾補佐 水力発電設備を担当しております松尾と申します。どうぞよろしくお願いたします。資料6につきまして、私からご説明させていただきます。

資料6は、前回のワーキンググループまでの検討結果をまとめたものと、本ワーキンググループの原案でございます。L2地震動に対する耐性評価の素案につきまして、委員の皆様方にみていただきまして、事前にアドバイスをいただいたものをまとめたもの、となっております。アドバイスにつきましては、非常に短時間でいただきまして、まことにありがとうございました。この場をかりてお礼を申し上げます。

具体的に申しますと、1ページの2ポツ、残された論点の(1)残された論点のL2地震動のところ、いただきましたアドバイスをまとめております。破線で書いておりますが、○の2番目、○の3番目、○の4番目になります。

○の2番目でございますが、L2地震動における耐性評価において、ダムに著しい沈下等、ダムに機能に影響を与えるおそれのある損壊が生じる場合は、対策等を含めて貯水機能の維持に係る解析、評価を行うべきではないかというのが1点でございます。

次に、コンクリートダムについては、その構造形態も考慮し、耐性評価を優先すべきと考えられる場合には、ダム全体の耐性についてできるだけ早く解析評価すべきではないかというのが1点でございます。

もう一点目は、先ほど川原からのご説明いたしましたが、今後もダムの地震観測に努め、比較的強い地震動の観測記録が得られた場合には、観測記録を用いてダム位置での地震動

の特性、ダム挙動を把握し、今後L2地震動による耐性評価を行うダムにあつては、その評価に活用するか、またはL2地震動による耐性評価を行ったダムについては、観測記録を用いた再現解析により解析モデル、L2地震動及びL2地震動による耐性評価の妥当性について再確認すべきではないか。また、得られた観測記録については、日本大ダム会議で進められています地震波形のデータベース化等、今後の照査の向上に資するように努めるべきではないか。このようにまとめております。

それから、前回のワーキングでご検討いただきました地すべりに関しましては、○の3つ目でございます。越流によって下流に影響を及ぼすような地すべりが確認された場合に、越流に関する下流への警報をどうすべきか。このあたりが今後の論点であるとまとめております。

それから、(2)で合意が得られた論点でございます。これはL2地震動に関してですが、前回の分を追記しております。一番下の○でございます。下から3行目ですが、下から2行目は、地震計の設置促進を書いているのですが、それに加えて、地震記録の活用を進めるといふ部分をつけ加えております。

それから、一番最後の部分ですが、地震計の設置につきまして、ダム高総貯水量を考慮とあつたのですが、これに地域性というものを加えさせていただきました。この地域性は、日本全国オールジャパンで見たときに、ある地方が空白になるとか、そういう手薄な部分がないようにといった観点で書かせていただいております。

以上でございます。

○横山座長 どうもありがとうございました。それでは、ただいまの説明に関しまして、ご質問、ご意見がございましたらお願いしたいと思います。——いかがでしょうか。よろしゅうございますでしょうか（「ほかのことでもよろしゅうございますか」の声あり）。それでは、特にこの資料についてはございませんので、きょうの全体討論をいただければと思います。それでは、大町委員からお願いします。

○大町委員 最初に伺ったアースダムについてでございますけれども、このアースダムは建設年が少し古いこともあつて、コンクリート芯壁をもっているアースダムです。恐らくコンクリート芯壁というのは、浸透流を抑制するために設置されたものだと思います。

先ほどのお話では、L2地震動が来たときには、このコンクリート芯壁にはクラックが入るといふお話でした。フィルダムの安定性を考慮するときに浸透破壊に対する安定性を考えるというシナリオになっておりまして、浸透破壊にはご存じのように2種類、内部浸

透と外部浸透というのがございます。今検討されているのは主に外部の浸透に対する安定性だと思いますけれども、古いコンクリート芯壁をもつようなダムの上質は非常に細かい粒度の粘土を含んでいる場合がございます、もしコンクリート芯壁がやれるとどうということになるのか。インターナルエロージョンがどうということになるかも検討されたほうがいいのではないか——これは質問ではなくてコメントなのですが——と感じましたので、一言申し上げました。

以上です。

○横山座長　ありがとうございます。コメントですけれども、何かございますか。

○説明者（東京電力）　ありがとうございます。確かに先生おっしゃるとおり、完全に芯壁で遮水機能をもっているようなダムについては恐らくそうなると思います。我々としてはアースダムということで、アースダムというのは堤体全体が遮水ゾーンになっていることが常でございますので、先生おっしゃったように、芯壁がなくなることで動水勾配がきつくなるですとか、堤体の材料の流出が懸念されるといったものについてを特に重視して、そういったインターナルエロージョンの検討を進めていきたいと思っております。ありがとうございます。

○横山座長　どうもありがとうございました。ほかに全体を通しまして何かご意見ございますでしょうか。どうぞ。

○川原電力安全分析官　本日、各委員の皆様方からいただきました確認していただきたい項目につきましては、資料をつくって後ほど先生方にお送りしてご確認いただければと思いますので、よろしくお願いいたします。

以上でございます。

○横山座長　ほかに何かありますか。よろしゅうございますでしょうか。——それでは、最後に事務局から連絡事項をお願いいたします。

○金地電気保安室長　それでは、事務局からご連絡させていただきます。

第7回は6月12日木曜日、13時から15時、場所は経済産業省別館3階312で予定いたしております。とりまとめに向けた審議をお願いしたいと考えておりますので、よろしくお願いいたします。詳細につきましては、後日各委員にご連絡を差し上げます。なお、今回の議事録は、後日経済産業省のホームページに掲載させていただきますので、よろしくお願いいたします。

以上でございます。

○横山座長　それでは、きょうは活発にご議論いただきまして、ありがとうございました。これにて終わりにさせていただきます。どうもありがとうございました。

——了——