

土木学会 原子力土木委員会 平成 28 年度第 3 回 津波評価小委員会 議事録 (案)

日 時 平成 29 年 1 月 12 日 (木) 13:30~17:20

場 所 土木学会 AB 会議室

出席者 高橋小委員長、天野委員、有光委員、安中委員、今村委員、加藤委員、後藤委員、佐竹委員、嶋原委員、菅原委員、高橋氏 (平田 (一) 委員代理)、谷委員、平田 (賢) 委員、松崎委員、八木委員、山中委員、米山委員
奥寺常時参加者、川真田常時参加者、坪田氏 (清水常時参加者代理)、野瀬常時参加者、森野常時参加者、宮本氏 (中嶋常時参加者代理)、松山幹事長、池野幹事、内野幹事、木場幹事、佐藤幹事、芝幹事、玉田幹事、殿最幹事、藤井幹事、藤田幹事、山木幹事
飯塚オブザーバー、甲斐田オブザーバー、木村オブザーバー、栗田オブザーバー、志方オブザーバー、鈴木オブザーバー、高吉オブザーバー、土屋オブザーバー、文屋オブザーバー、保坂オブザーバー、松田オブザーバー、森オブザーバー

議 題

- (1) 前回議事録の確認 (資料-1)
- (2) 非地震性津波の実験および取水設備内の津波による砂移動実験 (実験状況) (資料-2)
- (3) 非地震性津波の実験の再現計算
 - 陸上地すべり (本実験・二層流モデル) (資料-3-1)
 - 海底地すべり (本実験・二層流モデル) (資料-3-2)
 - 海底地すべり (予備実験・三次元モデル) (資料-3-3)
- (4) 取放水設備内の確率論的評価手法に関する検討
～地すべり等による津波の三次元解析手法の検討～ (資料-4)
- (5) 既存の砂移動評価手法の再現性検証 (資料-5)
- (6) 水塊落下時に水平床に作用する波力評価手法に関する検討 (資料-6)
- (7) その他

内容

(1) 前回議事録の確認 資料-1

特記事項なし

(2) 非地震性津波の実験および取水設備内の津波による砂移動実験 (実験状況) 資料-2

Q : 資料 10 ページの実験結果において 10 秒~15 秒付近で短周期波が発生している。H1 計測点でも 20 秒付近で水位が高くなっているが、これは水槽の壁の反射波なのか、もしくは斜面のエッジ波のようなものか。

A : この短周期波の原因は現時点では不明である。再現計算でも再現できていない。20 秒

付近のものはおそらく反射波ではないかと考えているが、今後詳細に検討する。

Q：資料 24 ページ、50 秒付近で入射波の中に短周期波が出ているが、原因は何か。

A：水路内の反射波だと考えている。

(3) 非地震性津波の実験の再現計算 陸上地すべり (本実験・二層流モデル) 資料-3-1

Q：粒状体は水槽斜面下部のどこかに溜まることになるが、計算結果ではどうか。

A：斜面下部で扇状に広がる。

Q：再現解析については、粒状体の挙動を二層流で再現できるようにマンニングの粗度係数で合わせこんだ、ということか。

A：その通りである。

C：第 1 波の再現性が低いことが一番大きな問題と考える。原因としては土砂突入時の形状が違っていることのように思われる。計算では粒状体突入時の断面形が丸みを帯びている。一方、実験では気中で楔形となっているが、水中では気中と異なり抵抗があるため、水中でも同じような楔形になっているかどうかの確認が必要。

C：陸上地すべりでは、水中に突入するまでは気中実験と状況は同じのため、楔形になると推測できる。

C：資料 9 ページからは、水中ではある程度丸みを帯びているようにも見えるので、計算と実験とで大きく異なっていないかもしれない。

C：鮮明な画像では無いが、動画で確認した限りでは楔形であった。

Q：初期条件のうち、地すべり体形状を変更することで突入時の形状を実験に近づけることも可能なのではないか。

A：突入形状を再現する、という観点ではそれも方法の一つであると思われる。第 1 波を再現できれば、第二波以降も再現できる可能性がある。

C：断面二次元で流下させた実験は実施していないのか。米国では実験が行われていると記憶している。

C：第 1 波は上層に分散波を入れればより再現性が向上すると考えられるが、計算コストが大きくなる。他には、水位計測結果を固定境界としてブシネスク方程式によって計算するという方法も考えられる。また、再現には空間波形が重要であるが、現状のデータでは計算と比較しづらいのではないかと思う。

C：これまでの経験上、今回の粒状体のゲートのようなダムブレイクの計算では、どのようにパラメータ設定でも先端に壁のようなものが形成されてしまう。

Q：粘性係数のパラスタを行っているが、これは上層か下層か。

A：下層を対象とした。

C：粘性係数を変化させればある程度は突入形状が変わってくると予想されるため、粘性係数のパラスタをさらに進めることも考えられる。ただし、研究全体としては、粒状体実験の再現性をどこまで追求するのか、といった観点でも考えなければならない。

(3) 非地震性津波の実験の再現計算 海底地すべり (本実験・二層流モデル) 資料-3-2

Q：資料 28 ページ、実験では陸側の計測点で短周期波が出ている。これは粒状体を流下させていることが原因か。

A：支配方程式が浅水長波理論で良いのかということも要因かもしれない。計算にゲートを考慮すると位相が早くなるので、そのあたりについても分析しつつ、まずは 10 秒程度までの第 1 波を再現することを目標としたい。

C：二層流モデルは連続体を対象としているのに対し、今回は粒状体実験であることも要因となっている可能性もある。

Q：実験パラメータのうち、粒状体密度は何に影響するのか。

A：水と土砂の界面抵抗係数にのみ影響する。

Q：密度が大きくなればさらに流下が早くなるはずと考えられるが、界面抵抗係数のみしか影響しないのは、モデルとして適正なのか。

A：その点については、結果として粗度係数で調整していることになっている。

Q：空隙率が一定になっているが、流下するに従い変化していくのではないか。

A：流下するにしたいが密度は変化すると考えてはいる。ただ、造波時点では今回の計算で用いた密度を適用可能と想定される段階であるため、あまり影響はないと考える。

(3) 非地震性津波の実験の再現計算 海底地すべり (予備実験・三次元モデル) 資料-3-3

Q：実験では再現可能なように設定すれよいが、実スケールでは $C\alpha$ を適切に設定するのはどうするか、という課題がある。この点について先行研究はあるのか。

A：先行研究はあまりない。空気 - 水であれば川崎らの既往研究はあるが、土砂 - 水ではない。 $C\alpha$ を大きくして圧縮性を高くすると発散しやすくなるので、その点も難しい。

C：課題はあるものの三次元モデルで実験結果を良く再現できているという印象である。

Q：粒状体の重さは三次元モデルではどのような影響があるか。

A：軽くすれば流下が遅れる、といった影響がある。

Q： $C\alpha$ は再現計算でどのように設定しているか。

A : $C\alpha = 1$ としている。OpenFOAM では 2 程度が良い、とも言われている。

Q : 川崎らの先行研究において、 $C\alpha$ として 0.5 が良いとしているのはなぜか。

A : 実験の水面形を再現可能なように設定しているようである。

Q : 物理的な根拠をもって設定しているのではないということか。

A : その通り。

Q : 固定形状のときには鉛直方向の速度ベクトルが出ていたが、粒状体ではどうか。

A : まだ把握していないので、今後分析していきたい。

Q : 資料 P17 (計算結果のスナップショット) の 0.6 秒後の地すべり体の隙間のようなものは空気を取り込んで形成されたのではないのか。

A : 数値拡散的に広がったものだと考えている。

Q : $C\alpha = 1$ でもこのような結果となるのか。

A : $C\alpha = 1$ としても、固定形状を模擬した地すべり体容積は若干減少してきている。

Q : 今回の計算においては、固定形状模型の容積は時間が経過すると減少しているということか。

A : 非常に小さくではあるが減少している。要因は計算誤差であると考えている。

Q : 時間を補正した件については、差が 0.3 秒程度と小さいから補正しているだけなのか。他に何か理由はあるのか。私見ではあるが、後続波形が良く再現できているので、補正しても問題ないと思われる。

A : 実験での造波は手動で実施しているため、0.3 秒程度の時間的なずれはどうしても生じる。このため補正しても問題はないのではないかと。

(4) 取放水設備内の確率論的評価手法に関する検討

Q : 立坑位置を変えた場合に、中央のケースだけ再現性が低いのは何故か。

A : 立坑位置変更ケースのみが再現性が低いわけではなく、立坑 3 本の周期 10 秒のケースでも中央の立坑では過大評価になっている。

Q : 立坑位置変更ケース①の結果について、立坑水位が 40 秒～50 秒では解析結果が大きくなっているが、この関係が溢水升の水位では逆転している原因は何か。

A : 溢水量の算定に本間公式を用いていることが要因である。

Q : 周期が長いケースは再現性が高いとしているが、それらのケースの大部分では溢水升から立坑への逆流が生じている。これでは最終的に溢水した総量が再現できているかどうか分からないのではないかと。

A : 時系列的に確認しても大体再現できていると判断しているが、他のケースと同じような比較することに課題があると認識している。

(5) 既存の砂移動評価手法の再現性検証

資料-5

Q : 浮遊砂濃度の計算結果について、流速が小さいエリアにおいて森下・高橋(2014)では1%程度、菅原ほか(2014)では0%に近い値となっている。現実では水深が大きくなって流速が小さくても砂粒径0.2mm程度では十分巻き上がると思うが、計算では巻き上がらなくなってしまう。これを避けるためには浮遊砂濃度に下限値を設定するなどした方が良いのではないか。

A : この式は河川の洪水時におけるWash Loadを想定した式に基づいている。少なくともエネルギーバランスが考慮されている式なので、その観点からはモデルとして妥当性はあると考える。ただ、指摘のあった濃度下限値を設定するかどうかは検討する必要があるかもしれない。津波堆積物の観点からは、1km²程度でのスケールでは下限値が設定可能となるかもしれないが、実際には津波浸水が生じている場所でも砂の供給が無かった場所もある。この種の情報の分析を進めると手がかりになる可能性も考えられる。

C : 浮遊砂濃度が非常に小さくなる点は気にはなっているが、現時点で答えはないのが実情。ただし、計算結果には影響しないと思われる。

C : 巨大津波では流速が大きい時間帯が支配的で、このモデルで全体的には再現できると考えている。

C : なお、森下・高橋(2014)のモデルは、浮遊砂濃度に流速が支配的であることを示したかったもの。

Q : 第1波の押し波だとは思いますが、防波堤が壊れるタイミングは分かっているのか。

A : 富田ほか(2013)では、中央部とハネ部で倒壊状況が異なることが指摘されている。中央部は第1波の越流による背面の洗掘、ハネ部は港外・港内の水位差による圧力差が倒壊の要因。これらの状況から、大まかな時間は推定できると考えている。

Q 防波堤先端の状況について、第1波の引き波から洗掘され続けて、その後の押し波で砂が運搬されているという理解で良いか。

A : 計算結果から、8番(防波堤突端・狭窄部)は洗掘され続け、それ以外の地点は堆積し続けている。また、高橋ほか(1999)の上限浮遊砂濃度1%の結果でも狭窄部は洗掘され続けている。

Q : 実測値では、トータルでは洗掘が卓越していたが計算ではどうか。

A : まだ確認できていないため、今後確認していく。

Q : ハネ部倒壊の要因が水位差によるものでは、とのことだが、計算でそのような水位差が確認できたか。

A：まだ確認していない。

C：今後、計算水位差が最大となった時点で倒壊させるような計算を行ってはどうか。

Q：再現対象としている震災前後の地形変化量については、震災後は数か月経過後のデータだと思う。津波時に過大な洗掘を受けていれば、その後の数か月で堆積が生じて地形変化はマイルドになってきているはずである。よって、計算結果の解釈は、『実測値よりも計算結果がシャープになっていれば良い』という考えか。

A：今後、計算結果の考察において、そのような観点も踏まえて行いたい。

C：震災後は間をおかずに計測しているのでイベントの影響が濃く出ていると思う。

C：潮位データが存在しているはずなので分析に使えるのではないか。

(6) 水塊落下時に水平床に作用する波力評価手法に関する検討 資料-6

Q：原子力規制庁の委託で似たような検討を実施している。原子力規制庁は洗掘をメインの対象としているが洗掘が検討対象か。

A：洗掘については、現時点では考えていない。

Q：実験結果について、最大波圧でケース間の比較をしているが、サンプリング周期によって最大圧力値にバラつきが生じる。資料に示された圧力値は複数の実験結果の平均値なのか。

A：本実験は2回行っており、それぞれに移動平均処理を行った値の平均値である。

Q：2回の実験で結果に大きな差はないか。

A：あまり違いはない。

Q：細かい圧力値が電気信号のノイズなのかどうか重要になるが、その点はどうか。

A：圧力ゲージは検定をしたうえで実験を行っているため、ノイズである可能性は低いと考える。

C：検討対象が衝撃波力ならともかく、今回のケースでは定常的な波力が重要なので、データの整理・分析では時系列的な平均値で比較するのも良い。また、高周波数帯を除去するといった方法も考えられる。

C：高周波数の波が生じている状況で単に最大値同士を比較するのではなく、移動平均処理を行うなどして平均的な値で比較すべきではないか。物理的な分析としてはむしろそちらが重要である。

Q：再現計算の条件で流路下流端はどのような設定としているか。

A：実験と条件を同一としている。

C：実験結果はある程度トレンドも把握できるため、むしろ計算の方がよりノイズが多い印象を持った。そちらをもう少し検討したほうが良いと思われる。

以上