海岸工学講演会(2021)企画セッション 実施メモ

波動と地盤の複合場における地盤材料の取扱方法に関する研究会

旧：水理模型実験における地盤材料の取扱方法に関する研究小委員会

テーマ： 波動と地盤の相互作用について考える

日時： 2021年11月10日 15:00—16:30

開催形態： オンライン (Zoom ウェビナー)

開催人数 (概数)： 230名 (zoom) , 50名 (YouTube)

司会： 有川太郎 (前小委員長)

前半部

成果出版物の紹介と質疑

第1章 出版にあたり	小竹康夫 (東洋建設 (株))
第2章 模型実験の方法論	松田達也 (豊橋技術科学大学)
第3章 模型実験における相似則の考え方	高橋英紀 (港湾空港技術研究所)
第4章 模型実験のケーススタディ	鈴木高二朗 (港湾空港技術研究所) 加藤史訓 (国土技術政策総合研究所)
第5章 波浪・地盤数値計算の方法論	中村友昭 (名古屋大学) 藤澤和謙 (京都大学)

①第1章—小竹委員 (副小委員長)

有川世話人：

小委員会では3人委員長であったが、副委員長として、一番誰が大変だったか？

小竹委員：

皆さん大変。立ち上げのころは水谷先生、強力に引っ張っていただきまして軌道に乗せていただいたところで、荒木先生に上手くバトンをつないでいただいた。最後のとりまとめで有川先生にはまとめをしっかりといただいたので、皆さんに感謝をしている。

②前半部—第2章 (松田委員)

有川世話人：

地盤と水理の実験で最も大きく違うところは何か？

松田委員：

自分がおこなった実験、移動床実験を例に挙げると、水理学の分野のこれまでの研究は、比較的波によって地盤が密になっているという条件を元に実験をしているのがメイン。地盤工学の研究では、例えば応力状態であったり、地盤の飽和度や密度等を重視して研究しているという点で、地盤の取り扱いをどういうふうにか考えるのかという点で違いがあると思っている。

有川世話人：

海岸工学の波の最後の変形のところに地盤の応力を加えて変形させるみたいなのはあんまり見たことがないので、これからそういう研究も進んでいくと良いと思うが？

松田委員

そうだ。

③前半部—第3章（高橋委員）

有川世話人

ここが出版本の一番ポイントの1つである。今回の講演会も色々ところで実験と数値計算で相似則を意識されてるが、(本の3章を)参考にしていただければと思う。スライド7の説明をもう一度お願いします。

高橋委員

スライド7の説明

(沈降速度があくまでこの(スライド7)左上の式に従うとして、例えば想定する実物が20度の水で(これは粘性を規定するため)、砂の粒形が0.2mm、水中比重が0.9だと仮定して、今やりたい実験が例えば1/16スケール重力場の実験で、砂の水中比重が同じ0.9だと仮定すると、(スライド7)左上の式に入れていくと、沈降速度 W_s が1.46cm/sと計算される。この W_s 1.46cm/s を、先ほどの(スライド6)一番右下のDean数が揃うようにしてあげると、重力場だと、 $1/N^{0.5}$ にしてあげないといけない、つまり1/4にしてあげないといけない、 W_s 0.363 cm/s にしてあげないといけない、逆算すると、粒形を0.088mmに落としてあげないといけない。)

有川世話人：

とてもよく分かった。要するに矢印的には、下の緑の矢印が逆向きになってると使いやすいという事？

高橋委員：

求める過程としてはそういう事である。

④前半部—第4章の1（鈴木（高）委員）

有川世話人：

先ほどの講演会セッションでも大規模実験が使われた実験結果を見せていただいて、非常によく分かった。

こういう事をやっていくと、大規模実験も遠心模型実験も施設が非常に重要になってくる。一方で、大規模実験で何でも全部出来るわけでもないと思う。そんな事をしたら、永遠に(実験の)順番待ちになる。この辺はどう考えるか？

鈴木委員：

大規模実験はコスト大、準備も大変で1つの断面作るのに一か月とかかかる。ある程度は実験をしぼっていくことが必要。今回の検討で、砂の粒形さえ変えていけば、比較的再現できることが分かったので、相似則がよく分からない現象を検討していくとか、そういうのに限って大規模実験をやっていくのが賢明かなと思う。

有川世話人：

今後も大規模水路を活用しながら、様々な現象を解明していただければと思う。

⑤前半部—第4章の2（加藤委員）

有川世話人：

次の課題に踏み込まれている印象。このような現象について、現地を見られているが実験ができそうな雰囲気か？

加藤委員：

今回は非常に小さいスケールの実験だったので、これ以上議論しようがないところはある。やるとすれば現地と同じスケールで出来るような大型施設を使ってやってみる価値はあるんじゃないかと思う。具体的な予定はないが。

有川世話人：

現地の状況から、このぐらいの実験スケールであればできそうだという雰囲気が今後もしかしたら分かってくるかもしれないということか？

加藤委員

そうであるが、現地の状況もあまりモニタリングされていないというのも事実。養浜して終わりという感じである。モニタリングもやらないといけない。

有川世話人

やることが多い。

⑥前半部—第5章の1（中村委員）

有川世話人：

まとめがとても分かりやすいが、1つだけ質問。先ほどの Dean 数，大きさ 1cm のところで， $1/N \cdot 1/N^{0.25}$ があったが，何で決まってくるか？そのちょうど 1cm くらいのところ。

中村委員：

これは基本研究でここらへんが線形が卓越するか，線形も非線形もどちらも卓越するか，そういう境目を基本の研究でピックアップしてきたので，ちょっと何 cm かまで調べられていない。この境目はだいぶ重要になってくると思っている。

⑦前半部—第5章その2（藤澤委員）

有川世話人：

流速と圧力のどちらも連成させるというのは非常に難しいか？自分も今やっているが，自分は圧力しか連成させてない。

藤澤委員：

圧力を連続にした場合，質量保存は諦めないといけないということです。

有川世話人：

その通り。なので，どちらが良いのかなと思う。藤澤先生の研究は，流速も連成させ質量保存を満たして解くことができる，ということか？

藤澤委員：

そうだ。ただ質量保存がどこまで大事かというのは問題次第なので，そこは妥協するという作戦も現実的にはある。

有川世話人：

不飽和度土にも活用できるか？

藤澤委員：

不飽和土への拡張は，式としては終わっており，この前の土木学会年次講演会でその内容を発表したところ。一応可能であるがまだ研究段階。

⑧前半部—Q&A 質疑

田島芳満教授： 小竹さん，大人なご回答さすがです

有川世話人： はい，さすがでした！皆様のご質問どしどしお願いします！コメントでも何でも良いです

永井紀彦氏（（株）エコー，港空研 OB）：古くて新しいテーマだと思いますが，体系的にしっかりと教科書に取りまとめられたことに敬意を表します。1983年の海岸工学講演会で，やわらかい粘土地盤による波浪減衰をとりまとめた模型実験結果を発表したことが，懐かしく思い出されました。

有川世話人：ありがとうございます。でも，まだまだ未解明なことが多いと感じます。それを皆さんにご理解いただき，議論が活発化し，将来，もっとまとまっていくといいなと思います。

藤原隆一氏（東洋建設（株））：なかなか質問が出にくいようなので口火を切らせていただきます。遠心模型実験では、マウンド内部の流れについては着目する現象によって、流体の粘性を高めることが有効との説明がありました。例えば、本日の講演にもあった津波によるマウンド内の浸透現象など、かなり流速が大きくなるような場合については、どのような考え方が現状では妥当なのでしょう（実験、数値モデルも含めて）。地盤材料の大きさなども関連するので何を対象にするかによって変わりうるものだと思いますが、よろしくお願ひします。高橋委員：ご質問、ありがとうございます。今日ご紹介したのは、ダルシー則を仮定しておきまして、地盤内の水の流れは層流になります。この場合、粘性が効いてきますので、粘性流体を用いると相似則を満たせることになります。一方、マウンド内の流れはダルシー則に従わず、乱流状態になります。こうなると慣性抵抗を考えれば良いので、粘性はあまり関係なくなります。このため、水を用いた実験で問題ないと思います。

稲垣聡氏（鹿島建設（株））：港空研 鈴木様への質問をよろしいでしょうか。防波堤マウンドの砂の吸出しの実験で、マウンド材の石の大きさの設定について、どのような相似則を考えられているのでしょうか。特に、砂との粒径比についていかがでしょうか。先ほどの中村先生のご発表内容になりますでしょうか。

鈴木（高）委員：砂の洗堀には、砂が削られるための流れによるせん断力が再現される必要があるように思います。そのためには、石の中の乱流がある程度再現される必要があり、レイノルズ数がある程度大きくい必要があると考えています。捨石傾斜堤の実験では、レイノルズ数が 10^3 のオーダー以上で実施する必要があるように、いくつかの文献に記載があると思うのですが、少なくともその程度の大きさの実験をする必要があるように思います。

⑨後半部 パネルディスカッション

司会：有川太郎

パネラー：主に上記登壇者

（松田達也・高橋英紀・加藤史訓・鈴木高二朗・中村友昭・藤澤和謙・宮本順司（東洋建設（株））

有川世話人：

今後の課題について、それぞれの思いを2分程度で願ひする。

松田委員：

最近の話題について関連するような内容を共有。モデルを縮尺していった際に、そのモデルが正しく現象を表しているのかどうかという Modeling of models という検討がある。詳細は明日講演会にて発表する。

（スライドの紹介）

今回はケーソンとマウンドからなる構造体を対象にし破壊モードがどの程度再現性があるのかを検討した事例を紹介する。菊池らの大型実験（1/10）と実際の1/25の実験の比較。マウンド材で幾何学的な相似則を考慮、ケーソンについては摩擦を考慮。下の図はケース1と2のケーソンに作用する水平荷重と変位を表しているが、1/10実験に対し1/25実験は比較的良好な結果。さらにケーソンの滑動、マウンドの変状をみても、1/25は1/10の実験にあってくることを確認した。実物に対してはどうかというのは詳細に検討できていない。

有川世話人：

この話題は個人的にとっても興味がある。

高橋委員：

思うことは、今回のテーマは漂砂を取り上げているが、海岸工学は漂砂が先行しているので漂砂を取り上げたが、私は地盤工学の研究者なので、地盤工学では、浸透の話もあり、土砂流動も結構やられているので、もう少し地盤工学で取り上げられているものを、海岸工学で紹介して、その相似則などを考え、展開していきたいと思っ

ている。あと今日も説明の中で、基本的に水分野の方では”フルード則に従うと仮定すると・・・”みたいな言い訳が多く、本当は地盤が変わることによって水に対して影響があり、ほんとに狭い境界の中の話ですが、そういった水と地盤の相互作用といったものも本当は考えていけないのだろうと思っている。

有川世話人：

ちなみに地盤工学で取り上げられているものを海岸工学へというのは、例えば思いつくものはあるか？

高橋委員：

先ほどの藤澤先生の浸透の話もそうであり、土と水が混ざって土石流、海底地すべりもそうですけど、土と水が混ざって土ともいえない流体的な挙動をするようなものが流れ最終的には堆積するが、流体から地盤にまた戻っていくみたいな問題はけっこうやられているので、地盤全体かもしれないが、そういったところのアプローチもあると思う。

有川世話人：

たしかにそこはすごく重要である。

鈴木委員：

今、私達の方で悩んでいるのが港湾構造物で防砂シートがよく使われているが、最近その信頼性が問われており、それに代わるもの、例えば捨石フィルター、それに関する検討をもっと進めるべきという話もある。意外に、捨石に関する研究はそれほど多くなく、捨石フィルターのフィルタールールみたいなものはなかなかない。捨石の実験をしようとする、さまざまな粒径があったり、岩ずりがあったり、クラッシャー岩があったり、かなりたくさんの種類があって、それを全部やろうとするものすごい労力が必要ということもあって、そのあたりの検討を今後さらに進めるべきなのか、かなり悩んでいるところである。

有川世話人：

捨石の研究が少ないというのは、捨石の材料を変えた場合の研究ということか？

鈴木委員：

おそらく例えばダムとか定常流だと比較的たくさんあるんだろうと思うが、海だと、いわゆる振動流だと押し波と引き波でどう変わるかとか、あるいは境界層の問題もあつたりすると思うが、定常流と比べると難しいと思う。なので、振動流の場合の現象を深めていくというのはちょっとまだ難しいと思っている。

有川世話人：

このへんは大学の、少なくとも自分の持っている水槽ではちょっと小さいなという感じがするが、小さい実験と大きい実験の比較で役に立てればと思うので宜しく願います。

加藤委員：

最近計算の技術もだいぶ進歩し、構造物の安定性とか考えるときに、昔から使ってる式に加えて、最近の手法を入れれば、ちゃんとした港湾/海岸施設が造れるんじゃないか、模型実験をやる時代は終わったんじゃないかという話も多々あると思う。一方で、なかなか現場でおこっている水理現象がよく分からない、分からないから測ろうと思っても測れない、という状況の中で、大型模型実験、相似則の問題ももちろんあるが、そこを解決しながら、やっていくことが数値計算の進歩にもつながっていくのかなと思う。そうした中で、我々大型施設を持っているところは、そういったデータも皆さん使っていただけるようにしながら、計算と模型実験が上手くいところを組み合わせやっていけたらと思う。

有川世話人：

養浜問題とかは数値計算で出来るのか、まだまだなのか、計画されてるものはあるのか？

加藤室長

養浜の方は研究的な話なので、あまりその先を考えていない。例えば粘り強い海岸堤防の話、施設周りのところ

など、実験をやっていく余地があると思っている。

有川先生

ちなみに「粘り強い」はまだまだ設計上の工夫か？個人的な質問である。

加藤室長

それは法律がそうになっているからということであるけれども、やはり技術革新を進めて「壊れない施設」を造るに向けて、開発はしていくべきだと私も思う。

中村委員：

本日講演会第2会場の午前中のセッションいくつかあったが、DP則でどうパラメータ α β を調整するか、調整した結果、どのくらい反射率が合うか、みたいな検討がいくつかあったが、そういう実験スケールに対していろいろ合わせていくというのはあるが、現地に展開する時にどうしたらよいかと思う。今、実験に対して合わせていっている所があって、それをどう現地に展開したら良いかというのは、アイデアがあまりない。そういうことを考えると漂砂のパラメータはもっとよく分からなくて、現地の侵食なり洗堀なりを実験に対して合わせた時、現地で展開する時にどう使ってよいかというのは、今後の課題になってくると思う。

有川世話人：

現地に展開するにあたって、先ほどの加藤室長・鈴木領域長が持たれているような大規模実験施設でいったん実験するのか、いきなり現地へ持って行くのか、その辺のところも非常に興味深い。

中村先生

そういった大規模な実験を間に挟んだ方が良いと思っている。

有川先生

ますます連携が必要そうですね。よろしくお願いします。

藤澤委員：

先ほど発表が途中で終わってしまったので、少しだけ計算例を示しながら説明する。

(スライドを紹介)

(例えばキャビティ流れ、四角の領域で上だけ水平方向流があるが、この下の部分に土の領域を入れるという計算をする。土の中の乱流モデルも入れて、レイノルズ数が大きい状態を解くと、もちろん流体の中では渦とかも計算できるが、土の中の流速分布がこれで、水が上から当たるところで入り込んだり複雑に流れが変わっていったりと、こういうのも計算できる状態にあるが、本日はじめに説明したすべての条件(質量保存則、接線方向流速の条件、圧力の連続性)を満たし、土の変形を解いていくというのは難しい状況にある。従って、どこかあきらめる(例えば圧力を連続にしたら流速をあきらめるあるいは質量保存をあきらめる)ことは必要。土の場合だと **u-w-P formation**、その中では土の中で浸透流の流速と圧力は独立に計算される。従って、**u-w-P formation** 使うと質量保存と圧力の連続性を保つことができる。が、その中では接線方向の流速の連続を保つために必要な **Brinkman** 項いわゆる粘性項は入っていないのでそこは柔軟な対応が必要。完全な解析は研究段階。現状としてはどこか諦めながらやっているというのが現実かと思っている。

有川世話人：

藤澤先生、諦めないでがんばってほしい。

不飽和の方もだいぶ進まれているということで非常に心強い。また研究会の方で紹介してほしい。

今後の活動報告・閉会

有川世話人：

本の出版にあたり事務局としてずいぶん頑張ってくれた、東電設計の緒方委員、鹿島建設の小林委員、五洋建

設の池野委員に、改めてこの場を借りてお礼を申し上げたい。編集がある中で、非常に大変だったと思うが、一手に引き受けていただき、感謝している。

もう一つ、電力中央研究所の池野委員の原稿のうちのひとつが、もう少しの所で掲載することが出来なかったので、非常に心苦しく思う。この池野委員の発表は、今回の講演会3日目の9時から第5会場で発表であるのでぜひ聴いて意見いただければ今後研究会でも反映させ次の課題へと進めていきたい。次の研究会の主査である宮本委員、最後取りまとめていただきたい。今後どのようなことを考えながらやられようとしているのか、1分程度でお願いします。

宮本委員：

この小委員会の続きの研究会を立ち上げておりその主査を務めている。今回の出版物で、私は普段遠心模型で現象に迫っているが、元々遠心模型というのが海岸工学の中ではなかなかよく分からない実験だということがあったが、この小委員会、出版物を通じて、遠心模型というものが海岸工学の方に上手く伝わりつつあるというのが、私は普段遠心を使っているところで、大変うれしく思っている。何でも遠心というわけではなく、上手に活用して、港空研の高橋リーダーおっしゃってましたけれど、使えるとこ、そこが重要となるとなるところでは上手く使って、海岸工学の現象に貢献出来たらと思って、やっていきたいと思っている。今後も研究会をよろしくお願いします。

有川世話人：

まとめていただきありがとうございます。パネラーの皆さま顔を出していただいて、最後ご挨拶して終わろうと思います。皆様の中で興味がある方がいらっしゃれば、研究会の方にぜひ参加いただいて、また今日の説明のところで、分からないところがあれば、ぜひ本を読んでいただいて、また先生方にも直接お聞きできると思いますので、直接お聞きしていただければと思います。