

戦略的国際科学技術協力推進事業
国際緊急共同研究・調査支援プログラム (J-RAPID)

1. 研究・調査課題名：「津波力・津波漂流衝突力を考慮した地域集約型居住施設の耐波設計に関する研究」
2. 研究・調査期間：平成 23 年 6 月～平成 24 年 3 月
3. 支援額： 総額 4,620,000 円 (間接経費含)
4. 主な参加研究者名：

日本側 (研究代表者を含め 6 名までを記載)

	氏名	所属	役職
研究代表者	水谷法美	名古屋大学大学院工学研究科	教授
研究者	川崎浩司	名古屋大学大学院工学研究科	准教授
研究者	李 光浩	名古屋大学大学院工学研究科	准教授
研究者	中村友昭	名古屋大学高等研究院	特任講師
研究者			
研究者			
参加研究者 のべ 4 名			

相手国側 (研究代表者を含め 6 名までを記載)

	氏名	所属	役職
研究代表者	Clay Naito	リーハイ大学工学部	准教授
研究者	Dan Cox	オレゴン州立大学工学部	教授
研究者	Patrick Trasborg	リーハイ大学工学部	大学院生
研究者	Ron Riggs	ハワイ大学工学部	教授
研究者	Kent Yu	Degenkolb	技師
研究者	Marcelo Kobayashi	ハワイ大学工学部	教授
参加研究者 のべ 6 名			

5. 研究・調査の目的

東日本大震災における津波による壊滅的被災地の復興計画策定のため、高所移転の代替案として、高層階を居住スペース、低層階をユーティリティスペースとする津波避難ビル機能を兼ねた鉄筋コンクリート製の地域集約型居住施設の建設を想定し、鉄筋コンクリート建造物に作用する津波流体力および津波漂流物の衝突力を解明するとともに、耐津波設計の基礎を構築することを目的とする。

6. 研究・調査の成果

6-1 研究・調査の成果

(1) 被災地の調査

日本側の研究者のうち、川崎・李・中村は、人命救助活動等緊急な対応が少し落ち着いたと判断された 4 月 2 日よりほぼ 1 週間にわたり、被災地を広く、かつ詳細に調査した。調査では、被災の様子を記録するとともに、浸水深などのデータの収集を精力的に行った。これらの成果は、国内の講演会で報告するとともに、韓国の学会にも呼ばれ 4 編の発表として報告を行っている。さらに、論文・報告文としても公表している。また、水谷はアメリカの調査チームとともに 6 月に現地調査を行い、特に鉄筋コンクリ

ートの建物被害の実態の調査を行った。これは現在も継続している鉄筋コンクリート構造物への津波の作用に関する研究に資料を提供するものである。

(2) 津波の伝播および浸水シミュレーション

津波の影響を定量的に評価するため、想定される津波を予測する技術が求められる。本研究では、川崎が津波の伝播・浸水シミュレーションの実施を行っている。東海地方で懸念される東海・東南海・南海の三連動地震に関して、平成 15 年に中央防災会議が公表した想定地震の規模を M9.0 に拡大し、それによる津波のシミュレーションを実施した。特に浸水計算に関して、既存の海岸構造物や河川堤防などの防災施設が地震で全て機能を失った場合と全て機能する場合の計算を実施した。それにより、最悪のケースとして、津波が来襲する前に地震により防災施設が被災し、それらの機能を失ってしまうと非常に広範な範囲にわたって津波による浸水が生じ、甚大な被害が予想されることが明らかとなった。これらの成果は論文として公表済み、あるいは公表予定である。また、講演会等でも広く発表するとともに、新聞・テレビ等でも紹介され、防災意識の高揚に寄与してきた。

(3) ビル群への津波作用に関する数値解析

中村と水谷は、複数のビル群に津波が作用したときの影響を評価するため複数のビルを配置した時の津波の状況を解析する手法の構築を行うとともに、ビルのレイアウトを変化させながらビルの間隔による津波の作用の変化を考究した。それにより格子状に配置することで2列目以降のビルへの津波作用は軽減されるもののビル間の流れは速くなること、逆に千鳥配置にすると2列目への作用は大きくなるが、さらに背後への影響は軽減される可能性があることが示された。これらの成果は論文として公表が決まっている。

(4) 避難ビルへの津波の作用に関する数値シミュレーション手法の開発

津波避難ビルや高層化集合居住ビルを設計する際に不可欠な建物への津波の作用の評価手法を構築するため、李・水谷は、窓や部屋など建物内部の構造も考慮したビルへの津波作用に関する数値シミュレーション手法の構築を行った。さらにこの手法により、不透過な建物と詳細な内部の構造を考慮した建物、およびピロティーを有する建物への津波作用の比較を行った。この比較は、数値シミュレーションだけでなく、水理実験による比較も行っている。水理模型実験では上記の三種類の建物模型に作用する津波の打上高さ、波圧の計測を行うとともに、三分力計により建物全体に作用する津波力の計測も行った。これらの結果より、不透過な建物で近似すると津波力を過大評価することやピロティーを設けることで建物への津波作用の影響を大きく軽減できることを明らかにした。これらの成果も論文として公表が決している。また、ビル模型への漂流物の影響に関する実験はテレビでも紹介されており、また、講演会等でも紹介するなど、広く社会に紹介している。

(5) 津波による建物周辺の局所洗掘

津波が作用すると建物周辺の地盤が局所洗掘により大きく洗掘されることが多く観測されている。これらは建物の安定性を低下させることにつながり、したがって津波による建物被害を甚大化させることにつながる。中村・水谷は津波による局所洗掘について、波と構造物の相互作用のみならず地盤内の間隙水の応答まで含めた波・構造物・地盤の相互作用を解析する独自の数値シミュレーション手法を利用し、そこから得られる地盤内の間隙水圧や浸透・滲出流の効果を考慮した漂砂移動モデルを開発し、地盤の地形変化の時間発展を考慮した新たな数値解析手法の構築を行った。これにより津波による建物周辺の局所洗掘の予測が可能となった。これは既に論文として公表している。

(6) 津波漂流物の建物への作用

コンテナなどの津波による漂流が東日本大震災でも被害の甚大化につながったとされている。本研究では、コンテナの津波による漂流挙動について、建物のような壁体に作用する際の挙動を三次元の数値解析と水理模型実験を行って考究した。不透過な建物の場合、コンテナよりも先行する津波が建物に作用し、高く打ち上がる。この水塊が漂流してきた津波に対し、逆向きの力を作用させるため、衝突力としては軽減させる効果が

あることが示された。しかし、コンテナの漂流する際の姿勢によってはこのような効果は期待できない場合もあり、衝突力の影響は無視できないことが確認された。また、建物前面に土塁のような施設があると、コンテナなどの挙動に大きく影響し、衝突挙動を大きく軽減させる効果のあることが実験と数値解析のいずれからも確認された。この成果は本年6月に学会にて公表予定である。

(7) 津波及び漂流物の建物への動的作用

津波や漂流物が激しく建物に作用すると建物の被災につながるものが想定される。このような挙動を解析するためLS-DYNAによるシミュレーションを実施した。既にコンテナの漂流・衝突にともなうコンクリート柱の被災のシミュレーションスキームを開発しており、同様のスキームを建物へ適用するための手法の開発を行った。具体的には、既述した建物への津波の作用に関するシミュレーションについて、津波作用の影響がそれほど大きくならない間はこの手法を継続し、津波力が大きくなった段階で、水面波形・流速の空間分布をLS-DYNAの初期条件としてエクスポートし、LS-DYNAにて継続して計算を行う。LS-DYNAでは建物の構成則を与え、津波による建物の応答を計算し、許容レベルを超えると破壊が開始されることになる。本シミュレーションについては、LS-DYNAによる津波と建物の相互作用に関する計算がほぼ実施できる状況にまで達しているが、全体のスキームを一貫して解析できる段階にまでは至っていない。これについては引き続き研究を継続する予定である。

(8) アメリカの研究グループとの共同作業

日本側の研究チームが平成23年12月1日～2日にオレゴン州立大学を訪問し、アメリカの研究チームと意見交換・情報交換を行った。初日は同大学の実験施設を訪問し、同大学で実施している津波実験と名古屋大学での実験に関する情報交換を行うとともに実験に関する意見交換を行った。2日目は会議室にて日本側のグループとオレゴン州立大学のDan Cox教授、および電話とインターネットを通じてハワイ大学のRon Riggs教授、Marcelo Kobayashi教授、リーハイ大学のClay Naito教授、大学院生のKent Yuが参加し、1日かけて研究の進捗状況の報告を行うとともに、討議を行った。実験結果の交換を行い、互いの成果をそれぞれの研究に活用することとした。本研究では、日米で共通のコードを開発することを目指しているが、アメリカのグループは平成24年度も継続しており、フルスケールの実験が24年度に行われることになっている。したがって、共通コードの開発はこれらの成果も反映させて本年度も継続して行う予定としている。

7. 主な論文発表・特許等（5件以内）

相手国側との共著論文については、その旨を備考欄にご記載ください。

論文 or 特許	・論文の場合： 著者名、タイトル、掲載誌名、巻、号、ページ、発行年 ・特許の場合： 知的財産権の種類、発明等の名称、出願国、出願日、 出願番号、出願人、発明者等	備考
論文	中村友昭・水谷法美・芦澤哲・平川信也：沿岸に立地する建築物が津波による浸水量に与える影響に関する研究，土木学会論文集B3(海洋開発)，Vol. 68, No. 4, 投稿中（登載決定）	
論文	Nakamura, T. and Mizutani, N. : Three-dimensional coupled fluid-sediment interaction numerical model for suspended sediment analysis, International Journal of Offshore and Polar Engineering, ISOPE, accepted.	
論文	川崎浩司・鈴木一輝・高須吉敬：東海・東南海・南海三連動型巨大地震による津波浸水予測に関する研究，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 68, No. 4, 投稿中（登載決定）	
論文	川崎浩司・鈴木一輝・高杉有輝・李光浩・中村友昭・鈴木進吾：東北地	

	方太平洋沖地震による三陸海岸南部の津波被害と浸水特性, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol. 68, No. 2, 投稿中 (登載決定)	
論文	李光浩・青木悟・水谷法美・芦澤哲・平川信也: ビルに作用する津波力とそれに及ぼす空間形状の影響に関する研究, 土木学会論文集B3 (海洋開発), Vol. 68, No. 4, 投稿中 (登載決定)	