

遠心力場における地震・津波連動実験法の開発と防波堤基礎への適用

東洋建設(株) 正会員 宮本順司 正会員 鶴ヶ崎和博
 同上 正会員 〇角田紘子 HEM Ramrav
 名古屋工業大学 正会員 前田健一
 豊橋技術科学大学 正会員 松田達也
 三宅達夫

1. はじめに

沿岸構造物の地震や津波による被害が懸念されている。対策工の設計や検討を行う上で、地震と津波の複合外力により、どのような現象が生じるのかを把握しておくことは重要であり、これまでも実験や解析により調べられている¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。筆者らは、ドラム遠心載荷装置の円筒水路を用いて遠心力場の津波実験を行ってきた⁵⁾。今回、このドラム遠心実験水路に震動装置を搭載したことで、遠心力場の水路内で地震・津波実験が可能となり、今後、さまざまなシナリオでの適用が期待できる⁶⁾。本報では、今回開発した実験法について述べるとともに、本実験法の防波堤基礎への適用例について示す。

2. 遠心力場の地震・津波実験法の開発

ドラム遠心載荷装置の地震・津波水路を図-1に示す。地震の発生装置と津波の発生装置が搭載されている。地震の発生機構を図-2に示す。構造物模型の土槽底面にローラー(フリーベア)を取付け、土槽をサーボモーターと偏心カムにより振動させることで、構造物に地震動を作用させることができる。サーボモーターの仕様は、日機電装 NA80-75, AC200V, 定格出力 750W, 回転速度 3000r/minである。津波の発生に関しては、目的ごとに3つの手法を開発しているが⁵⁾、本研究(図-1)ではポンプ循環式を用いている。複合外力実験法の仕様を表-1に示す。地震と津波の発生機構は独立しているため、外力の組み合わせは任意である。様々なシナリオを展開できる。

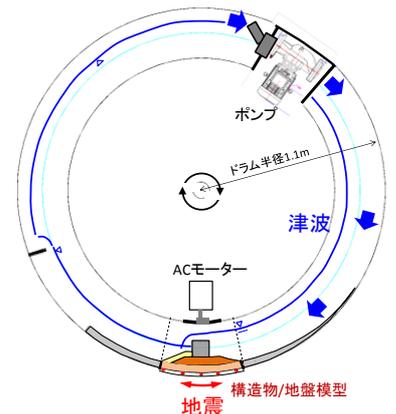


図-1 ドラム遠心 地震・津波実験水路

表-1 複合外力実験の仕様

複合実験時の遠心加速度		~40G
地震動 (震動実験)	波形	規則波
	周波数	~50Hz
	振幅(1G換算)	~200gal
	波数	任意
津波 (津波実験 ⁵⁾)	段波	ダムブレイク式造波
	持続越流	ポンプ循環式 (任意の継続時間)
	押波・引波 繰返し	ピストン式造波 (回数任意)

(地震と津波の組み合わせ方法は任意)

3. 実験法の防波堤基礎への適用例

防波堤模型の断面図を図-3に示す。模型断面に関する詳細は別報告⁶⁾に示している。実験は遠心力場 30gで実施した。実験における外力条件を図-4に示す。地震動(振幅 200gal程度)を2連動で与え、その後、中規模の津波(防波堤が健全なら僅かに越流する程度の津波)が来襲する。

地盤内の間隙圧変動を図-5に示す。今回ドラム遠心載荷装置ではじめて振動実験が実現したが、通常の

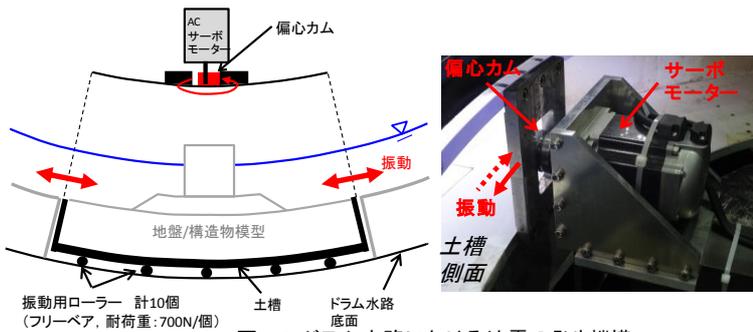


図-2 ドラム水路における地震の発生機構

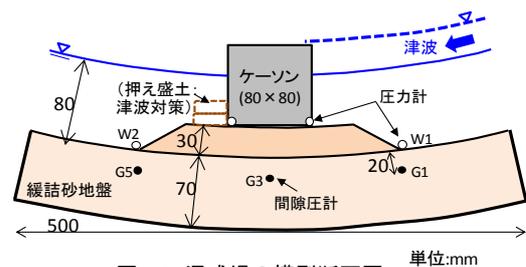


図-3 混成堤の模型断面図 単位:mm

キーワード 遠心模型実験, 地震, 津波, 液状化, 防波堤

連絡先 〒663-8142 兵庫県西宮市鳴尾浜 1-25-1 東洋建設(株) 鳴尾研究所 TEL 0798-43-5903

構造物/砂地盤系の振動台実験と同様の液状化過程が再現できている。すなわち、振動開始後、地盤内の過剰間隙水圧が上昇し、自由地盤(G1, G5)で液状化に至り、構造物直下地盤(G3)では過剰間隙水圧が上昇するものの液状化には至らない。しかし本実験の最大の特徴は、振動後の津波作用である。振動後、過剰間隙水圧は消散していくが、港外側では津波来襲により水位が上昇していく(図5-a)。本実験では、津波による水位上昇が始まるとき、僅かに過剰間隙水圧が残っていたことがわかる。

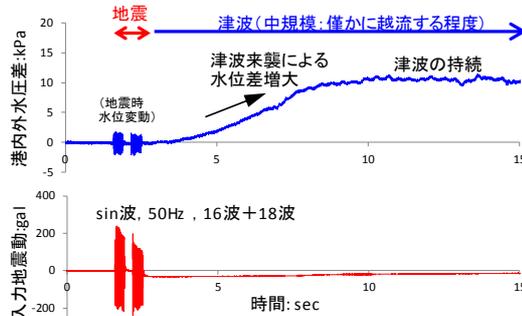


図-4 地震と津波の波形

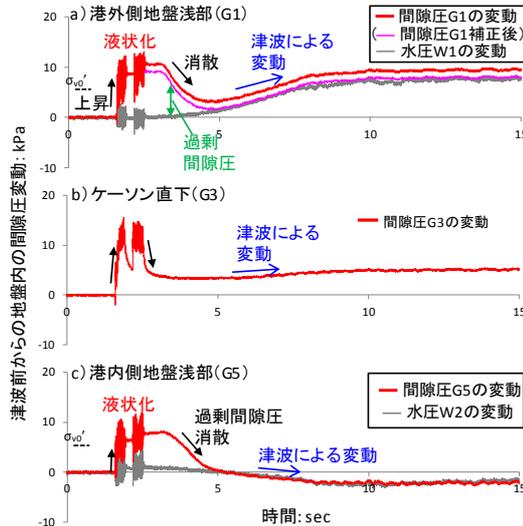


図-5 地盤内の間隙水圧と外部流体の水圧の変動

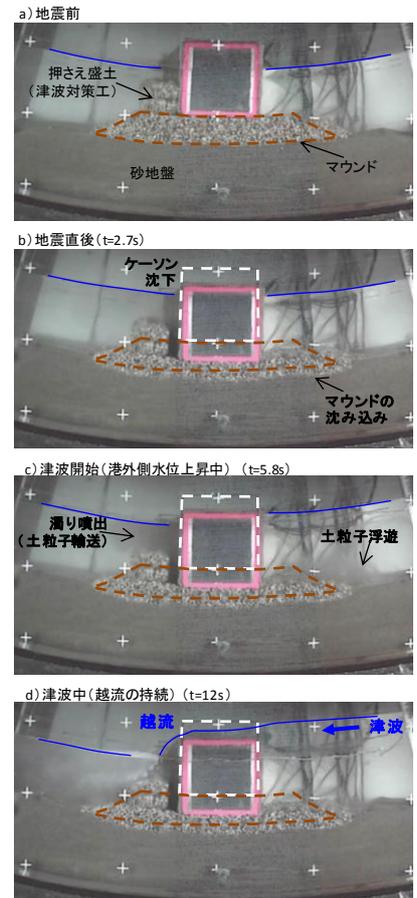


図-6 地震と津波による構造物の変状

地震と津波による防波堤の変状の様子を図-6に示す。地震による自由地盤域の液状化に伴いケーソンは沈下する(図b)。ケーソンの沈下は、既往の研究⁷⁾と同様に、ほぼ左右対称に発生している。振動後、港外側の水位が上昇し始める(図c)。この時、港外側自由地盤の土粒子浮遊や、港内側ケーソン背面付近からの濁りの噴出が観察できる。これらは、水位上昇開始時に過剰間隙水圧が残留していたことと関連がありそうである。津波は中規模であるにもかかわらずケーソンが大きく沈下したため激しい越流が生じている(図d)。また、津波対策としてのケーソン背面の腹付ユニットが地震によりケーソンから離れている(図b)。このような状況では、大津波が続いて作用する時に対策効果を発揮しないため、地震と津波の両方を考慮した対策工の検討が必要である。

4. まとめ

ドラム遠心装置で、遠心力場の地震・津波実験法を開発した。ドラム遠心振動実験では、通常の構造物/砂地盤系の振動台実験と同様の液状化過程を再現することができた。地震と津波の連動による防波堤の変状過程を観察した。地震によりケーソンが沈下するために続く津波では容易に越流がおこることや、地震と津波の両方を考慮した対策工の検討の必要性を示した。

参考文献: 1) 今瀬ら, 地震および越流による地盤損傷を考慮した津波力を受ける混成堤の支持力破壊検討, 土木学会論文集 B2, 68(2), 866-870, 2012. 2) 三浦ら, 液状化と津波による盛土の変形挙動, 第48回地盤工学研究発表会, 2125-2126, 2013. 3) 松田ら, 地震・津波による混成堤の破壊モードと性能規定に関する考察, 土木学会論文集 B2, 71(2), 1159-1164, 2015. 4) 池野ら, 沿岸土木構造物の津波に対する対策, 5 港湾及び漁港岸壁の被災と要因分析(その2), 地盤工学会誌, 64-3, pp.46-53, 2016. 5) 三宅ら, ドラム遠心載荷装置における大規模津波実験の開発と防波堤基礎の安定性への適用, 第50回地盤工学研究発表会, 2201-2202, 2015. 6) 宮本ら, 地震と津波が同時に作用する時の防波堤基礎の安定性に関する遠心模型実験, 第51回地盤工学研究発表会, 2016(投稿中). 7) 大矢ら: 海溝型長継続時間地震動に対する砂質地盤上の防波堤沈下挙動に関する模型実験, 港空研資料, No.1275, 2013.