

津波による盛土構造物被害に落堀の形成が与える影響について

九州工業大学大学院 学生会員 ○金村拓也

九州工業大学大学院 正会員 廣岡明彦 永瀬英生

九州工業大学 非会員 趙偉華 亀井康平 松本健

1.はじめに

島国である日本では大きな海溝型地震が発生すると津波による甚大な被害に見舞われることが少なくない。しかし、津波による盛土構造物の損傷メカニズムについての解明は未だ十分ではない。2011 年東北地方太平洋沖地震における津波被害では、盛土損傷箇所において下流側後背地の洗掘(以下落堀とする)が多く見られた。落堀の形成が盛土の損傷メカニズムに大きく関わりがあるとの指摘がある¹⁾。そこで本研究では、落堀の形成による盛土の損傷程度の差異について知見を得ることを目的として遠心模型実験装置を用いた津波による盛土構造物の破壊評価実験を実施した。なお土槽には地盤及び盛土模型を築いた遡上台を設置した。

2.実験方法

本研究では遠心加速度場 50G.及び 100G にて実験を行った。図-1 に実験模型装置に用いる実験土槽を示す。土槽内部に電磁弁制御のシリンダーを伸縮させる事で開閉する吐出口を有した水槽を設置し、そのシリンダーを遠心装置運転中に遠隔操作で縮める事で吐出口を開き、水を放出して擬似津波を発生させる。この際、水槽内の水位及びバルブの制御圧力を変化させる事により、発生する擬似津波の高さ・流速を変化させる。土槽内部には、層厚が 1 層当り 5mm になる様突き固める作業を所定の模型高さになるまで繰り返す事で地盤及び盛土模型を構築し、擬似津波の越流水深及び流速等の変化による盛土模型の損傷程度の変化を検証する。盛土模型には図-2

に示す盛土高 2 cm の A 型と 4 cm の B 型の 2 種類を用いた。試料は地盤及び盛土模型ともに九州工業大学戸畑キャンパス内で採取したシルトと豊浦砂を乾燥重量においてシルト：豊浦砂＝1:1 になるように混合したものを使用した。

3.盛土の破壊評価基準

本実験で検証した実験ケースにおいて、盛土模型の損傷は主に法面で観察された。一方天端では法面に比べほぼ損傷がないことが確認された。そこで破壊評価を定量的に行うために図-3 に示す実験前の盛土模型高さに対する実験後の盛土模型法面の平均すべり高さとの割合を用いて損傷を評価する式(1)を提案する。

$$P(\text{平均すべり高割合, \%}) = h_{\text{mean}} / h \times 100 \cdots (1)$$

損傷程度は、 $0 \leq P < 20$ ：非破壊(軽微な損傷を含む)、 $20 \leq P < 50$ ：部分破壊、 $50 \leq P < 100$ ：大部分破壊、 $P = 100$ ：破壊とし総合判定は上流側並びに下流側法面において損傷程度が大きい方を採用した。

4.実験結果及び考察

本実験における実験結果及び既往の実験結果²⁾を表-1 に示す。既往の実験結果は遡上台に地盤を設けず直接盛土模型を築いたケースであり実験コードに「-B」を付与する。この「-B」のケースは地盤有りのそれと水槽水位等の実験条件が同じものである。落堀深さは最大で 0.70m となった。実験結果より、落堀が深くなるほど盛土の損傷は大きくなる傾向が見られる。以下に各パラメータと落堀の関係及び落堀の有無による実験結果の比較を示す。

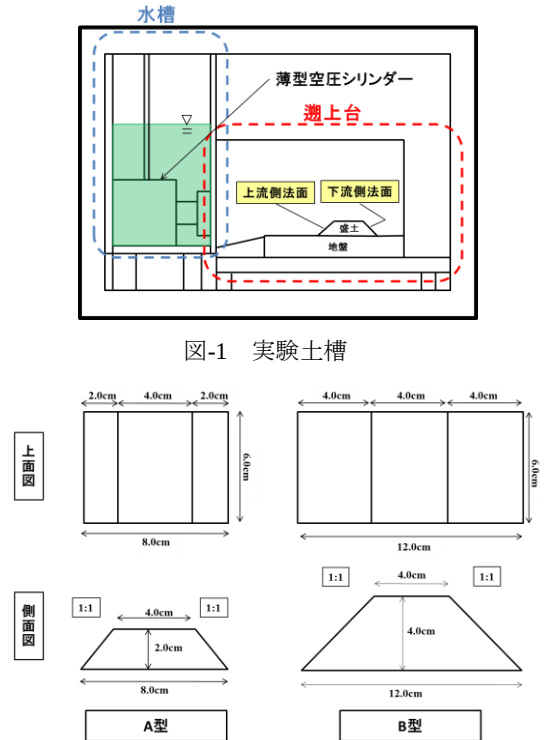


図-1 実験土槽

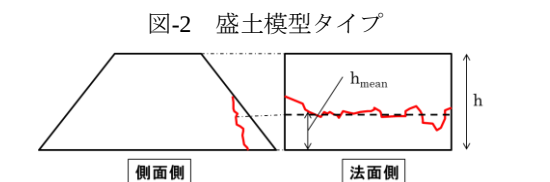


図-2 盛土模型タイプ

図-3 盛土模型高とすべり高割合

表-1 実験結果

case	G	実物 盛土高 (m)	越流 水深 (m)	流速 (m/s)	越流 時間 (s)	落堀 深さ (m)	D/He	落堀 最深部 (m)	L/He	平均 すべり高 割合(%)	損傷判定
1	100	2.0	2.25	3.84	17.5	0.50	0.25	2.0	1.00	90.0	大部分破壊
1-B	100	2.0	3.08	5.71	20.0					100.0	破壊
2	100	2.0	2.73	5.35	21.5	0.70	0.35	2.0	1.00	100.0	破壊
2-B	100	2.0	3.53	5.80	30.5					100.0	破壊
3	50	2.0	1.33	3.62	7.3	0.15	0.08	1.5	0.75	26.8	部分破壊
4	50	2.0	1.02	4.56	7.0	0.20	0.10	1.0	0.50	80.2	大部分破壊
5	100	4.0	0.36	-	-	0.00	0.00	-	-	1.9	非破壊
6	100	4.0	0.79	4.56	8.5	0.70	0.18	1.0	0.25	9.2	非破壊
7	100	4.0	1.37	4.73	8.0	0.10	0.03	3.0	0.75	81.1	大部分破壊
7-B	100	4.0	1.50	4.92	19.0					73.7	大部分破壊
8	100	4.0	2.35	4.92	18.0	0.45	0.11	2.0	0.50	98.0	大部分破壊
8-B	100	4.0	2.73	5.35	21.5					98.7	大部分破壊

He：実物盛土高、D：落堀深さ、L：落堀最深部(下流側法尻から落堀最深部までの距離)

※ケース名に B が付いているのは地盤無し

■各パラメータと落堀の関係

i) 落堀形成箇所

表-1 に示す下流側法尻から落堀最深部までの距離 L と実物盛土高で正規化した L/He について着目すると共にばらつきがあり規則性は見られない。しかし、落堀の形成が最も顕著に現れた case2 以外では法尻付近での洗掘が見られなかったことから、必ずしも下流側法尻から落堀が形成され始めるわけでは無いと言える。

ii) 越流水深が落堀深さに与える影響

越流水深と落堀深さの関係を図-4 に示す。実物盛土高 2m 及び 4m とともに越流水深が高くなるほど落堀が大きくなっており、越流水深と落堀深さには相関関係があると言える。これは越流水深が高くなることで落下した際の洗掘エネルギーが大きくなる為だと考えられる。

iii) 流速と落堀深さとの関係

流速と落堀深さの関係を図-5 に示す。盛土高に関係なく流速 4.5m/s 付近を超えると落堀が急激に深くなり始める傾向が見られる。その為流速はある一定の値から落堀の形成に大きな影響を与えると思われる。

■落堀の有無による盛土の損傷程度の比較

既往の実験結果と本実験結果を比較すると盛土本体の損傷メカニズムに顕著な差が見られなかった。損傷は主に法面に発生し、上流側法面に比べ下流側法面の方が損傷程度は大きくなっていった。下流側法面では特に法尻において損傷が卓越していた。次に既往の破壊判定基準図に実験結果を示した図-6 に着目する。case1, 1-B を比較すると地盤有りの盛土モデルの損傷が小さい。しかし、このケースでは地盤有りのケースの流速が地盤無しのそれの 67% しか出ていないことが影響していると考えられる。case7, 7-B においては地盤無し盛土モデルの損傷が小さい。また case1, 1B を含め、どのケースにおいても平均すべり高割合の差が 10% 以下となっていた。以上のことから地盤の有無により損傷程度に大きな差異は見られない。この結果から今回の実験において形成された程度の落堀では盛土の損傷に大きな影響を与えないことがわかる。

5. まとめ

- ・落堀の形成は必ずしも下流側法尻から始まるわけでは無い。
- ・越流水深が落堀の形成に影響を与えている。
- ・落堀深さ 70 cm 以下の場合、盛土の損傷に大きな影響を与えない。

<参考文献>

- 1) 宮城県公共土木施設構造検討会 検討報告書 平成 24 年 3 月 13 日
- 2) 遠心模型実験装置を用いた種々の盛土構造物の津波による被災メカニズムに関する基礎的研究 九州工業大学大学院 西谷亮広

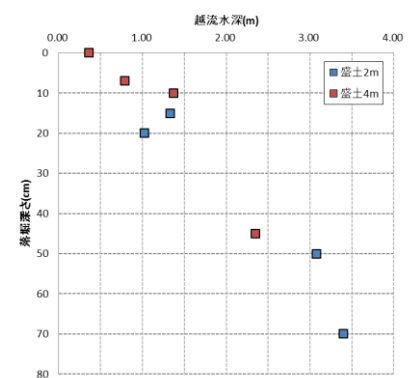


図-4 越流水深-落堀深さの関係

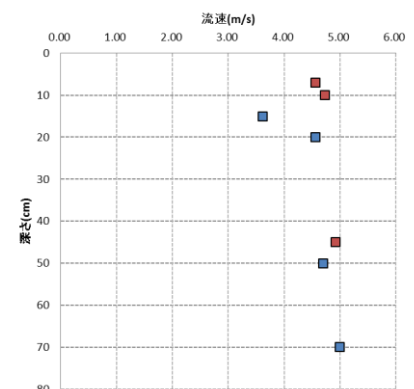


図-5 平均すべり高割合-落堀深さ関係

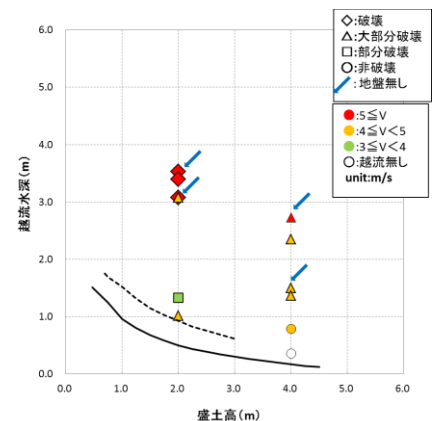


図-6 破壊判定基準図