施工法の異なる盛土構造物の損傷形態の違いと耐津波性能について

九州工業大学大学院 学生会員〇小宮聡

- 九州工業大学大学院 正会員 永瀬英生 廣岡明彦
- ヒロセ株式会社 正会員 佐原邦朋 高尾浩司郎

## <u>1.はじめに</u>

2011年3月11日、東北地方太平洋沖においてマグニチュード9.0の巨大地震が発生した。この地震が引き起こし た非常に大きな津波は関東地方北部から東北地方に至る広範囲の太平洋沿岸部に来襲して、我が国に甚大な被害を 齎した。これまでに、様々な盛土に対する津波の研究が行われ、多種多様な盛土の耐津波性能の評価並びに抵抗メ カニズムについての解明が進んできている。しかし、各盛土の損傷形態の違いを明記しているものは少なく、これ に対する知見も十分に得られていない。そこで本報告では、これまでに実施した遠心模型実験の結果より、様々な 盛土構造物の損傷形態の違い及び耐津波性能についての解明を試みたのでここに報告する。

## <u>2.実験方法</u>

本実験は 50、70、75、100G の遠心加速度場で行った。図-1 に遠心模型実験 装置に用いる実験土槽を示す。土槽内部に遡上台及び電磁弁制御のシリンダー を伸縮させることで開閉する吐出口を有した水槽を設置する。そのシリンダー を遠心運転中に遠隔操作で縮めることによって吐出口を開き、水槽に貯留した 水を一気に放出することによって疑似津波を発生させる。この時の水の貯留量 及び空圧シリンダーの制御圧力を変化させることにより発生する疑似津波の 高さ及び流速を調節する。そして予め土槽内部に構築しておいた模型盛土の損 傷程度を疑似津波の越流水深と模型盛土高の変化の点より検証する。模型盛土 は無補強タイプ、両法面に張工模型を設置した張工タイプ、両法面に張工流出 対策として直径 0.7cm の穴を 10 箇所開けた張工模型を設置した改良張工タイ プ及び補強土壁工法を適用した TA タイプの4種類を使用し実験を行った。図 -2 にそれぞれの寸法を示す。また、模型盛土に使用する土質試料は九州工業大 学戸畑キャンパス内で採取したシルト質砂と豊浦珪砂を混合したものを使用 した。無補強、張工及び改良張工タイプでは乾燥重量比でシルト:豊浦砂=1:1、 TA タイプでは設計基準を満足させるため乾燥重量比でシルト:豊浦砂=1:1.75 の割合で混合したものを用いた。







#### 3.盛土の破壊評価基準

盛土の損傷度評価については、藤井ら<sup>1)</sup>により式(1)が提案されている。

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

損傷程度は $0 \le P < 20$ :非破壊(軽微な損傷を 含む)、 $20 \le P < 50$ :部分破壊、 $50 \le P < 100$ : 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 い方を採用する。ここで、TAタイプの実験結果 に関しては、式(1)を適用することはできないた め、被災度台帳及び道路震災対策便覧を元に提 案した表-1の被災度判定表に基づいて、補強土 壁の損傷程度を換算し、被災度評価を実施する。

表-1 被災度判定表

危険度	損傷ランク	使用条件 【応急時】	損傷ランクの状態	道路の走行性	損傷判定
赤	VI	使用不可・ 立ち入り禁止	完全に崩壊または大変形し、 構造物としての機能を有していない	損傷規模が道路車線の 大半に及び走行が不可能	破壊
	v	応急対策、観測、 使用制限等の	比較的大きな変形・損傷をしたが、 構造物としての機能は当面維持可能		大部分破壊
黄	IV	単独又は併用 により使用可能	部分的に変形・損傷し安定性は損なわれたが、 構造物としての機能は当面可能	道路車線の一部に	
	Ш	経過観測に より使用可	全体が変形したが、 構造物の安定性に大きく影響しない	走行性の支障がある	如八匹吉
青	Π	無条件あるいは	部分的に変形・損傷したが、 構造物の安定性に大きく影響しない		叩刀吸坡
	I	喧噪就がいてより反用可	変形・損傷なし.	走行性に支障がない	非破壊

# <u>4.実験結果及び考察</u>

本実験は、図-2に示す4種類の模型盛土に対して、 水槽内水位、バルブ径及び制御圧力を変化させて、全 35ケースの実験を実施している。表-2に実験結果一覧 を示す。なお、実物盛土高、越流水深及び越流時間は 遠心加速度を考慮し、実物換算したものを示している。 まず、横軸に盛土高、縦軸に盛土高と越流水深の合計 値を取り、全実験結果をプロットしたものを図-3に示 す。図-3によれば、各タイプ共通で同一盛土高に対し て、盛土高と越流水深の合計値が高いほど損傷程度も 大きくなる傾向が窺えた。また、盛土高 3.0m におい て、無補強、張工及び改良張工タイプを比較してみる と、盛土高と越流水深の合計値が同等の値を示してい るにも関わらず、損傷程度に違いが生じており、張工 設置に伴う補強効果は明らかである。更に、盛土高

4.0mにおいて、TAタイプと他の盛土タイプを比較してみると、盛土高と越流水深の合計値が同等の値であっても、TA盛土は損傷に至っていないことが読み取れ、張工タイプよりも耐津波性能が高いことが分かる。

次に、無補強及び張工タイプの盛土での損傷は、両法面で発生し、特に下 流側法面に深刻な被害を齎していた。両タイプを比較してみると、張工タイ プの盛土では、盛土が直接受けるはずであった擬似津波の掃流力を張工が受 けたために、無補強タイプに比べ、盛土の損傷程度は低い結果を得ている。 しかし、擬似津波が盛土を越流する際に、張工と盛土の間に水が流れ込むこ とで、揚圧力が発生し、張工流出といった被害を齎した。改良張工タイプの 盛土では、張工の面積を減少させることで、擬似津波が盛土を越流する際の 水圧差の発生を抑制でき、揚圧力による影響を減少させることができたため、 張工流出といった被害も防ぐことができたと考えられる。続いて、TAタイ プの盛土の損傷を写真-1に示す。写真-1に示すように、TAタイプの盛土は 明らかに他のタイプの盛土と損傷形状が異なる。損傷は、津波の波圧に盛土 が耐え切れずに受働破壊を引き起こしたことが原因であると考えられ、上流 側上部壁面のみで発生した。このように、各盛土タイプでは明らかに損傷の 形態及び要因が異なる結果を得た。

## <u>5.まとめ</u>

土を締め固めてシンプルに盛り立てた盛土に張工を設置することで明ら かに耐津波性能が増加することが判明し、盛土に補強土壁工法を適用するこ

表-2 実験結果一覧

		遠心	水槽内	バルブ径	制御	実物	越流	先端	越流	动体制度
case	<b>楔型形</b> 状	加速度	<u>水位</u>	(am)	上刀 (MDa)	<u>盛工局</u>	水深	<u> 速度</u>	時間	饭\\门正
1		50	5.5	(cm)	(WFa)	1.0	0.0	0.07	0.0	非破掉
2			0.0				0.0	2 1 1	6.7	部分破壊
2			10.0				1.0	2.11	13.3	部分破壊
4	無補強 2cm		11.5				1.0	2.00	21.7	部分破壊
5			14.5				1.0	4 10	23.3	大部分破壊
6		70	11.5			1.4	1.0	2.96	16.3	部分破壊
7			14.5				2.4	3.08	23.3	非破壊
8		100	8.0	6		2.0	1.1	2.96	10.0	部分破壊
9			9.0				1.2	3.08	16.7	部分破壊
10			11.5		0.2		2.5	5.00	26.7	大部分破壊
11			14.5				3.0	4.71	30.0	大部分破壊
12		50	11.0			2.0	1.3	2.62	8.3	非破壊
13			13.5				1.6	2.93	21.7	部分破壊
14			16.5				0.6	2.70	20.0	非破壊
15	無補強 4cm	70	11.0			2.8	1.3	2.05	11.7	非破壊
16		100	13.5			4.0	2.3	3.62	16.7	部分破壊
17			16.5				3.2	3.08	43.3	非破壊
18		50	13.5			2.0	0.6	2.00	8.3	非破壊
19		75	16.5	10	0.5	3.0	2.7	4.70	22.5	破壊
20		100	13.5	12	0.2	4.0	1.5	5.35	16.7	破壊
21			16.5				3.1	5.35	26.7	大部分破壊
22	25 ㅜ	50	14.5			1.0	2.2	4.00	24.0	非破壊(張工流失)
23	200	100	11.5	6	0.2	2.0	3.1	4.44	28.0	非破壊(張工流失)
24	ZCM		14.5				4.0	4.71	30.0	部分破壊(張工流失)
25	進工	75	16.5		0.5	3.0	2.8	3.97	19.5	非破壊(張工流失)
26	n⊤⊥ 4.em	100	13.5		0.2	4.0	2.7	3.32	15.0	非破壊
27	40111		16.5				3.9	4.61	22.5	非破壊(張工流失)
28	改良張工	75	16.5			3.0	3.0	4.92	21.8	非破壊
29	4cm	100	16.5	12	0.5	4.0	3.6	4.39	23.0	非破壊
30	TA		16.5			4.0	4.0	4.21	23.0	非破壊
31			19.5			4.0	5.5	4.71	25.0	非破壊
32	40111		22.5			4.0	6.3	5.33	30.0	大部分破壊
33	TΔ		19.5			6.0	5.4	4.25	22.0	非破壊
34	6cm		22.5			6.0	4.6	4.86	24.0	部分破壊
35	UCIII		25.5			6.0	6.6	5.00	33.0	大部分破壊



図-3 盛土高-(盛土高+越流水深)



写真-1 TAタイプでの損傷

とで結果として更なる耐津波性能が得られることが確認できた。また、無補強及び張工タイプの盛土の損傷は下流 側法面で卓越しているのに対し、TAタイプの盛土の損傷は上流側上部壁面のみで発生し、津波の波圧に盛土が耐え 切れずに、まず最初に受働破壊を引き起こすことが確認できた。このように、盛土の施工法や形状によって明らか に損傷形態に違いが生じ、結果として耐津波性能に差異が生じることが判明した。

# 6.参考文献

1)藤井ら: 遠心模型実験装置を用いた津波による盛土構造物の被災度評価実験、平成 20 年度土木学会西部支部研究 発表会公演概要集、2008 2)(社)日本道路協会:道路震災対策便覧(震災復旧編)、平成 18 年度改訂版

-009