

津波越流時における盛土の浸潤特性に関する実験的研究

大阪大学 学生会員 ○嶋川純平 谷本隆介
大阪大学 正会員 常田賢一 秦 吉弥

1. 目的

2011 年 3 月, 東北地方太平洋沖地震津波により, 沿岸部の防潮堤をはじめとする多くの構造物が甚大な被害を受けた. これをうけて著者らは現地調査¹⁾を実施し, 土のみの単一構造である盛土が津波の越流を受けながらも軽微な被害で残存した事例を報告している. さらに, 盛土はメンテナンスが容易で, 植林による景観性の向上も期待される等, 優位性が高いことから, 津波対策構造物としての積極的な利用が期待される. しかしながら, 盛土の耐津波性の要因は未だ十分に解明されておらず, 耐津波性の検証が必要である. そこで, 本研究では, 津波越流時の盛土の浸潤特性を把握することを目的に, 土槽円筒における一次元浸潤実験を行った.

2. 実験方法

図 1 に実験模型を示す. 実験模型は土槽円筒, 空気タンク, 給水タンクから構成され, 各装置はチューブ(内径 4mm)で連結されている. 本実験では, 盛土表面から 0.75m までを土層で, それ以深は間隙空気相の体積を空気タンクの容積で模擬した. 本実験における実験ケースを表 1 に示す. 検討事項は, 盛土の初期飽和度, 盛土表面に作用する水圧, 間隙空気圧の有無および盛土高が浸潤前線到達距離, 浸潤領域の飽和度および空気圧の挙動に及ぼす影響の把握であるため, 上記 4 つの条件を変えた合計 10 ケースについて実験を行った. 土槽円筒は, 内径 20cm, 高さ 40cm, 厚さ 1cm のアクリル製の円筒を上下に 2 段重ねの高さ 80cm にして, 土層表面より下方に 7.5cm を基本とした間隔(図 1 参照)で, 水の浸潤到達の検知および土層中の飽和度の把握のための土壌水分計を設置した. 土層の土試料は, 東北地方太平洋沖地震津波で軽微な被害に留まった仙台市井土浦の盛土の材料と粒径加積曲線が類似している桐生砂を使用した. これを最適含水比程度の $w=10\%$ まで加水し, 締固め度 95% となるよう締固め, 実験ケース毎に目標とする飽和度(S_r)になるまで自然乾燥させた. 空気タンクは, 盛土高(EH)に応じた空気容積とし, 空気圧の発生の有・無の影響を検証するため, それぞれ CLOSE 状態および OPEN 状態の 2 条件とした. ここで, 空気タンク内の空気圧はタンク上部の圧力計で計測した. 地層表面に作用させる水圧(PH: 圧力水頭と呼ぶ)は給水タンクの設置高により調整し, 水位変化量から土層への浸潤量を算出した. なお, 東北地方太平洋沖地震津波において, 津波波形の増加部分が 25 分程度²⁾であったことを考慮し, 浸潤開始 30 分後の土層の浸潤状況に着目した.

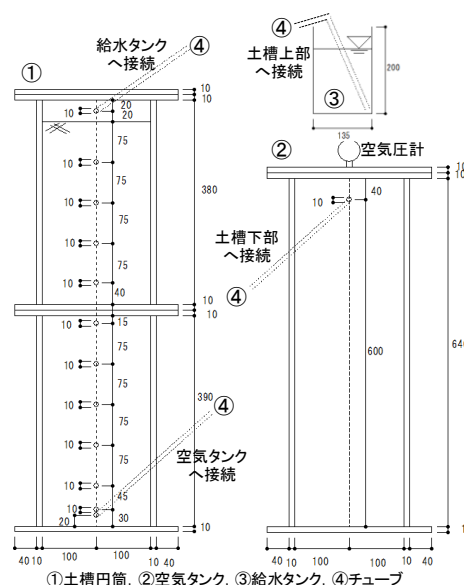


図 1 実験模型(単位: mm)

表 1 実験ケース

実験ケース	初期飽和度(%)		圧力水頭(m)	盛土高(m)	空気タンク の状態		
	目標値	実測値					
Case.1	35	34	2	4	CLOSE		
Case.2-1		29	4				
Case.2-2		34					
Case.2-3		32					
Case.3		32	6				
Case.4		34	8				
Case.5		34	10				
Case.6	45	46	4	1	CLOSE		
Case.7	65	64					
Case.8	35	35				4	2
Case.9		34					
Case.10		32					

3. 実験結果および考察

図 2 に, 浸潤前線到達時間と浸潤前線到達距離の関係を示す. ここで, 浸潤前線到達時間とは, 浸潤開始から土層中の土壌水分計が浸潤水の到着を検知した経過時間であり, 地表面下 35cm 地点にあ

キーワード 津波, 越流, 盛土, 浸潤

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 S1 棟 522 号室 大阪大学大学院工学研究科 TEL 06-6879-7626

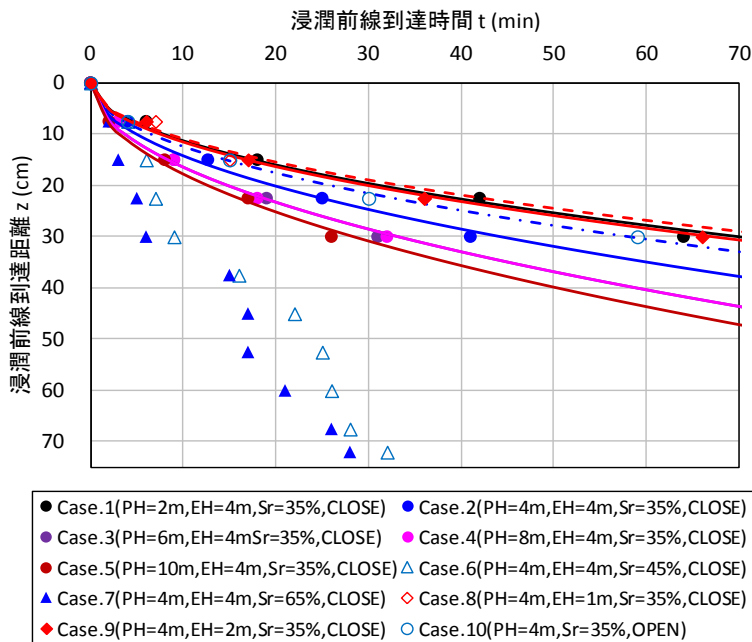


図2 浸潤前線到達時間と浸潤前線到達距離の関係

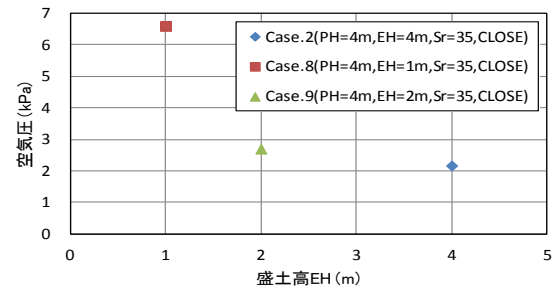


図3 盛土高の差異による30分後の空気圧の比較 (Case.2, 8, 9)

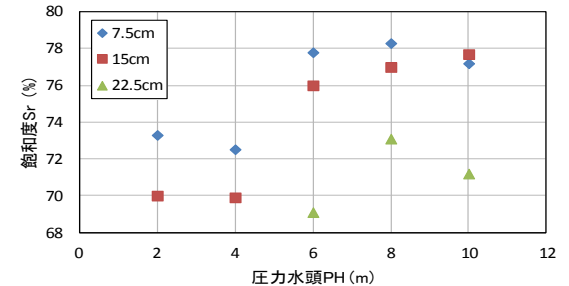


図4 圧力水頭の差異による30分後の浸潤領域の飽和度の比較 (Case.1~5)

る2段の土槽の継ぎ目による影響があると思われたため、35cm以浅の測定値およびそれらに基づく外挿曲線を示す(Case.6, 7は外挿曲線と実測値との差異が大きいため、実測値のみ)。同図より、30分後の浸潤前線到達距離は、Case.2で25cm程度、Case.6およびCase.7で70cm程度であり、初期飽和度の増加に従って、増加する傾向がある。また、Case.1~5より、浸潤前線到達距離は圧力水頭の増大に応じて増加する傾向があるが、その増加量は圧力水頭1mに対して1.3cm程度である。また、Case.2, 8, 9より、浸潤前線到達距離は、盛土高の上昇に伴い増加し、30分後の浸潤前線到達距離はCase.2の25cm程度に対して、Case.8で19cm、Case.9で20cm程度であるが、これは、後述のように、盛土高の上昇に伴う空気圧の低下に起因すると考えられる。一方、空気圧の有無(Case.2, 10)に注目すると、浸潤前線到達距離は空気圧が発生しないCase.10の方が小さいので、2kPa程度の空気圧では浸潤への影響は確認されなかった。以上より、浸潤前線到達距離は盛土の初期飽和度の影響が顕著である。

図3に盛土高の差異による30分後の空気圧の比較を示す。同図より、空気圧はCase.8で6.6kPa、Case.9で2.7kPa、Case.2で2.2kPa程度と、盛土高の増加に伴い、空気圧は減少する傾向がある。ここで、Case.8とCase.9の大きな差異は、低い盛土ほど盛土の総間隙空気量が少なく、同程度の浸潤前線到達距離に対する空気圧の増加は大きくなるためであり、Case.9とCase.2の小さな差異は、盛土が高くなっても、浸潤前線到達距離が大きいためであると推測される。また、図4に圧力水頭の差異による30分後の浸潤領域の飽和度の比較を示す(Case.1~Case.5)。ここで、飽和度は、土壌水分計から得られた体積含水率および間隙率から算出した。同図より、飽和度は圧力水頭の増加に伴って増加する傾向があり、地表面から比較的浅い領域(7.5cmおよび15.0cm)で70%から80%程度、比較的深い領域(22.5cm)で70%程度の値である。

4. 結論

本研究を通して得られた知見を以下に示す。

- (1) 浸潤前線到達距離は、盛土高や圧力水頭に比べて、盛土の初期飽和度の影響を受けるが、初期飽和度35~65%での浸透開始30分後の浸潤前線到達距離は25~70cm程度に留まる。
- (2) 盛土内に封入される間隙空気圧の発生量は盛土高による影響が大きいですが、浸潤開始30分後では、盛土高1mで7kPa程度となるものの、盛土高4mでは概ね2~3kPa程度に留まり、極めて小さい。
- (3) 圧力水頭の増加に伴い増加する浸潤領域の飽和度は概ね70~80%であり、このレベルで浸透している。

【参考文献】1) 常田賢一, 谷本隆介: 2011年東北地方太平洋沖地震における土盛構造の耐津波特性および落堀の形成特性, 土木学会論文, 2) 河合弘泰, 佐藤真, 川口浩二, 関克己: 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震津波の特性, 港湾空港技術研究所報告, Vol.50, No.4, 2011.