

ベトナム北部紅河流域における土質材料の粒度組成に着目した 浸透破壊抵抗性と自然由来の繊維材の補強効果に関する実験的評価

茨城大学 学生会員 ○佐藤恭兵

茨城大学 正会員 小峯秀雄 正会員 村上哲 フェロー会員 安原一哉
前田工織(株) 正会員 菅野将人

1. はじめに

近年、地球温暖化に伴う気候変動の影響により、集中豪雨の発生回数が増加傾向にある¹⁾。そのため、集中豪雨による雨水と河川水の複合浸透による破堤被害が問題となっている。ベトナム北部紅河流域では、堤防の各所でイリングやパイピングによる浸透破壊が発生しており、破堤被害が頻発している²⁾。そのため、浸透破壊に対して脆弱な地域を特定し、補強対策を行う必要がある。参考文献3)によると、浸透破壊抵抗性と粒度組成が関係していることが明らかとされている。そこで、本研究では、紅河流域における土質材料の粒度組成に着目し、浸透破壊抵抗性を調査する。また、紅河流域では、稲作が盛んであり、藁などの自然由来の繊維材が低コストで入手可能なことから、ベトナムの経済力を考慮し、自然由来の繊維材を用いた補強対策が有効であると考えられる。そのため、自然由来の繊維材を用いた短繊維混合土の浸透破壊抵抗性を調査し、補強効果を確認することを目的とする。なお、本論文では、河川流域を河岸から堤内地までと定義する。

2. 浸透破壊試験の概要

図1に本研究で着目している浸透破壊の模式図を示す。浸透破壊とは、浸透力の作用により、パイピングまたはボイリングが発生する破壊現象であり、浸透破壊試験は、

この破壊現象を模擬したものである。図2に本研究で用いる浸透破壊試験装置の模式図を示し、図3に浸透破壊試験の手順を示す。本試験装置は、供試体へ水道水を供給する貯水槽、供試体へ通水する浸透破壊試験装置モールドから構成される。本試験は、貯水槽を段階的に上昇させ、貯水槽と供試体上部との動水勾配を段階的に増加させ、浸透破壊の発生に伴い急激に流量が増加する時の動水勾配を測定する試験である。供試体下部への流量と水圧を測定するため、流量計(最大容量: 0.850L/min, 最小目盛: 0.001L/min)と水圧計(最大容量: 100kPa, 最小目盛: 1kPa)を設置した。

3. 使用した土質材料、繊維材および供試体の作製条件

河川流域を構成する土質は地域によって異なるため、地域毎に土質材料を採取する必要がある。しかし、ベトナム北部における紅河の流域面積は広大であり、全ての土質材料を採取することは困難である。そのため、本研究では、紅河流域の基本的な土質材料に関する情報を入手し、粒度組成を模擬した材料(以下、模擬材料と記述する)を作製する。本研究では、模擬材料の作製のため、砂、シルト、粘土の各土質材料を選定した。図4に各土質材料の粒径加積曲線を示す。砂、シルト、粘土の各土質材料として、それぞれ材料A(三河珪砂V3号、V5号、V7号を質量比1:1:1で混合)、材料B(昭和DLクレイ)、材料C(特性クレイサンド)を選定した。また、自然由来の繊維材としてヤシ繊維(前田工織(株)製)を選定した。供試体の作製方法は、実施工の締固めを模擬し、動的締固め方法により行った。供試体の締固めには、直径19.95mm、質量502.39gの円柱形突棒を用い、5層に分けて作製した。供試体の初期含水比 w_0 は、最大乾燥密度 ρ_{dmax} 時の最適含水比 w_{opt} を目標に作製した。供試体は、直径75mm、高さ100mmを目標に作製した。

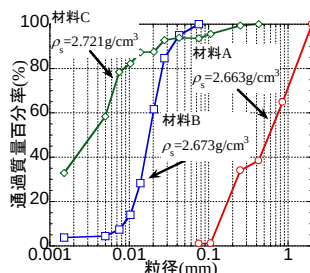
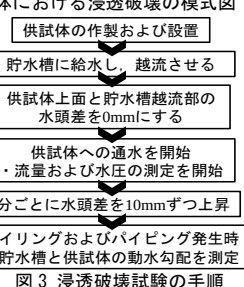
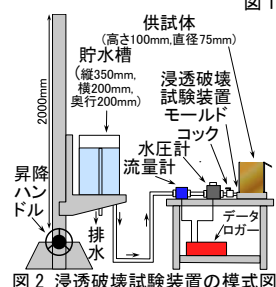
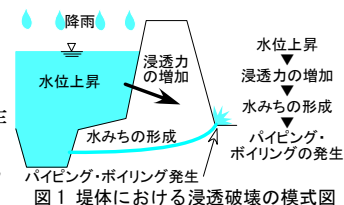


図4 各土質材料の粒径加積曲線

キーワード 堤防, 浸透破壊, 粒度組成, 繊維材, 補強土

連絡先

〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 TEL 0294-38-5163

4. 調査対象地域の選定および模擬材料の作製

参考文献 4)より紅河流域における土質材料の粒度組成を調査し、調査対象地域を紅河下流域より地域 a~d, 紅河河口域より地域 e~g の計 7 種選定した。図 5 に選定した地域を示す。それぞれの地域における土質材料の粒度組成を模擬したものを模擬材料 a~g とし、表 1 に粒度組成, 土粒子の密度 ρ_s , 最大乾燥密度 ρ_{dmax} , 最適含水比 w_{opt} を示す。

5. 浸透破壊試験結果および短繊維混合による補強効果の考察

本研究では、各供試体の浸透破壊の発生に伴い急激に流量が増加した際の動水勾配(以下、破壊時の動水勾配 i_b と記述する)を比較し、浸透破壊抵抗性を評価した。河川土工マニュアル⁵⁾の締固め品質下限値が締固め度 $D_c=80\%$ であることから、 $D_c=80\%$ 時の各模擬材料の浸透破壊抵抗性を調査した。また、各模擬材料の短繊維混合による浸透破壊抵抗性の補強効果を評価するため、無混合およびヤシ繊維を質量比 1%で混合した供試体を作製し、浸透破壊試験を実施した。図 6 は、浸透破壊試験により得られる流量と動水勾配の関係を例示したものである。本図 a)は、下流域の地域 d(図 5 参照)の模擬材料に対し、ヤシ繊維混合による補強効果を示し、本図 b)は、河口域の地域 g(図 5 参照)の模擬材料に対するヤシ繊維混合による補強効果を示している。下流域の地域 a~d では破壊時の動水勾配 i_b が 9~33%増加しており、補強効果が認められると判断できる。一方、河口域の地域 e~f では破壊時の動水勾配 i_b が 0~35%減少しており、補強効果は確認できなかった。図 7 は、本研究で実施した試験結果を三角座標上に示したものである。三角座標は、地盤工学会基準「地盤材料の工学的分類」(JGS0051-2009)⁶⁾の三角座標を砂、シルト、粘土の各割合を表示できるよう援用したものである。図 7 より、砂分含有率が高いほど破壊時の動水勾配 i_b が向上し、今回用いた土質材料では、砂分含有率が 68%以上で補強効果が発揮される傾向を示した。図 8 にヤシ繊維混合土の模式図を示す。ヤシ繊維が土粒子間に入り込むことで砂分含有率が高い供試体では接触面が増加し、摩擦力が増加すると推察される。一方、細粒分含有率が高い供試体では、ヤシ繊維が土粒子間に入り込むことで透水性の向上および粘着力が減少すると推察される。今後、ヤシ繊維混合による透水係数、内部摩擦角、粘着力への影響を調査する必要がある。

6. 結論

本研究では、紅河流域における土質材料の粒度組成を模擬した材料を使用し、無混合およびヤシ繊維を混合した供試体を用いた浸透破壊試験を実施した。得られた知見を以下に示す。

- ①土質材料にヤシ繊維を混合することで透水性の向上が推察される。また、砂分含有率が高い場合、摩擦力の増加、細粒分含有率が高い場合、粘着力の減少が推察される。
- ②ヤシ繊維質量比 1%混合による破壊時の動水勾配 i_b の変化と粒度組成の関係より、今回用いた土質材料では、砂分含有率が 68%以上に対して、ヤシ繊維を質量比 1%混合することで破壊時の動水勾配 i_b の 9%以上の向上が期待できる。

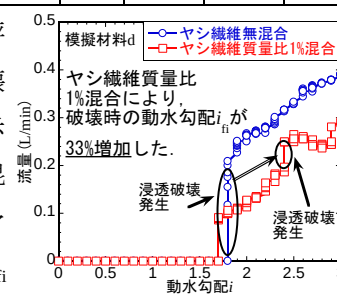
謝辞：本研究は、環境省地球環境推進研究「S-8-3 アジア太平洋地域における脆弱性及び適応効果評価指標に関する研究」(研究代表者：茨城大学・三村信男、課題代表者：茨城大学・安原一哉)において実施された研究成果の一部である。関係各位に、ここに深謝申し上げます。

<参考・引用文献> 1) 気候変動に関する政府間パネル：第 4 次報告書統合報告書 政策決定者向け概要, 2007. 2) アジア防災センター：ベトナムカントリーレポート 1999, p3, 1999. 3) 中島秀雄：図説河川堤防, 技報堂出版, pp.89-113, 2003. 4) Do Minh Duc : HOLOCENE SEDIMENTARY EVOLUTION AND THE RELATION TO SEA LEVEL CHANGE AT THE RED RIVER MOUTH, NORTHERN VIETNAM, The Netherlands Institute for Sea Research, 2001. 5) 財団法人国土技術研究センター：河川土工マニュアル, pp.73-75, 2009. 6) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説-二冊分の 1-, pp.54-92, 2009.

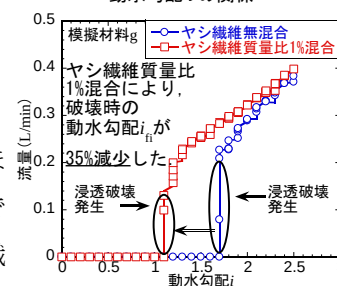


図 5 調査対象地域

模擬材料	土質	粒度組成(%)			ρ_s (g/cm ³)	ρ_{dmax} (g/cm ³)	w_{opt} (%)
		砂	シルト	粘土			
下流域	a	砂	96	4	2.663	1.712	11.5
	b	シルト質砂	75	22	2.666	1.862	8.7
	c	粘土まじりシルト質砂	71	21	2.669	1.881	10.5
	d	粘土まじりシルト質砂	68	26	2.668	1.884	10.9
河口域	e	粘土まじりシルト質砂	52	38	2.671	1.770	12.3
	f	粘土まじり砂質シルト	38	48	2.674	1.743	12.0
	g	砂まじり粘土質シルト	14	64	2.685	1.597	19.3



a) 模擬材料 d における流量と動水勾配 i の関係



b) 模擬材料 g における流量と動水勾配 i の関係

図 6 各模擬材料の流量と動水勾配 i の関係

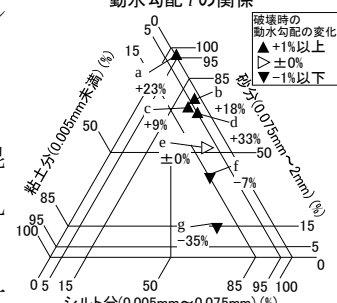


図 7 ヤシ繊維質量比 1%混合による破壊時の動水勾配 i_b の変化と粒度組成の関係(砂分含有率が高い場合)

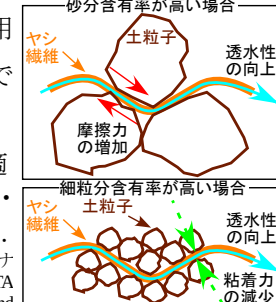


図 8 ヤシ繊維混合土の模式図