

III-27

河川の急激な水位低下による河岸斜面の崩壊機構に関する遠心模型実験

東北大学 学 ○堀見 慎吾 正 風間 基樹・渦岡 良介・仙頭 紀明

1. 研究の背景と目的

東南アジア最大の河川であるメコン河流域に位置するラオスの首都ビエンチャンは、乾期と雨期の存在するモンスーン地域である。このために、年間を通じて水位差が最大約10mにもなる。そのため、ビエンチャンでは、増水による河岸浸食だけでなく、河川水位の低下する乾期に、河岸斜面崩壊が頻繁に発生している^{1) 2)}。本研究では、河川水位の急激な低下による河岸斜面崩壊機構を明らかにすることを目的とし、実験地盤材料および水位低下方法をパラメータとして、遠心模型実験を行った。

2. 遠心模型実験

本研究では、遠心模型実験を4ケース行ったが、ここでは実験を行った順にcase4, 5, 6, 7とする。case1~3は、浅野²⁾が実施した過去の実験ケースである。

2.1 模型地盤の概要

模型地盤の断面形状および計器配置を図-1に示す。本実験では、過去の実験であるcase3と同じ地盤モデルで行った。つまり、上層に法面勾配を1としたセメント改良土(CMC)層、下層に法面勾配を4/5のシルト質砂(MS)層である。また、既往の実験と同様、模型地盤背面には背後地盤の地下水位を考慮して水タンクを設け、地下水の供給槽とした。計器は、間隙水圧計を模型地盤底部と水タンク底部に配置し、法肩には変位計を設置した。

2.2 土試料

模型実験に用いた試料は、case4, 6はMS層に、N90 ($D_{50}=0.032\text{mm}$, $U_c=8.0$)、相馬硅砂8号を乾燥質量比で3:2で均質に混合した土を用いた。case5, 7は、N90、相馬硅砂6号を乾燥質量比で4:5で均質に混合した土を用いた。また、case4~7における上層は、case3と同様、現地粘土の強度を再現するために、相馬硅砂8号、DLクレイ、カオリン、早強セメントを乾燥重量比で1:2:1.8:0.2で均質に混合した土(CMC)を用いた。図-2に、下層MSの各々の粒度分布を示す。

2.3 実験方法

case4, 5, 6では、遠心加速度を50G ($1G=9.807\text{m/s}^2$)まで増加させ、排水パイプに通じる電磁弁をオープンにして、河川水位を低下させる。河川水位が

一定となった時点、または斜面崩壊が見られたら実験を終了する。case7では、河川水位を低下させて行く過程で、パイピングを目視で確認したら、河川水位低下を一旦停止し、パイピングが進行し斜面崩壊するのを待つ。斜面崩壊が見られない場合、再び河川水位を低下させることとした。

2.4 実験結果

実験結果はすべて実スケール換算で表す。case4, 6について、遠心力増加過程および载荷過程において、CMC層にクラックが発生し、河川水位低下と伴に法肩変位が増加し、斜面崩壊に至った。case5は、河川水位低下と伴に、法肩変位の増加が見られた。またMS層に配置したターゲットが洗い出されたことよりパイピングを確認でき(4.75day)、さらなる河川水位低下に伴いパイピングが進行し、斜面崩壊に至った。また、case7は河川水位低下と伴に、法肩変位の増加が見られ、さらにMS層に配置したターゲットが洗い出されたことより、河川水位低下を停止した(3.19day)。停止後も法肩変位は増加し、その後更なる斜面崩壊を観察するために、再び水位を低下させた。

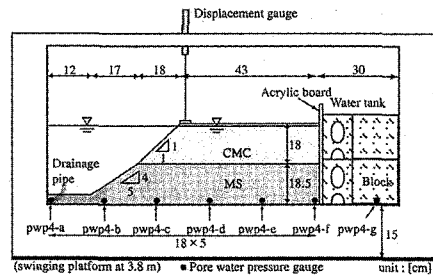


図-1 遠心模型実験の模型断面と計器配置

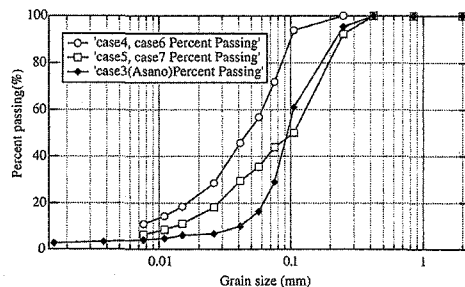


図-2 MS層の粒度分布

3. 考察

図-3 に法肩変位の時刻歴を、図-4 に水位差の時刻歴を示す。ここで、データは 0.29day 毎に計測されている。図-3 より case4 の法肩変位の増加区間 (4.91~5.50day) における法肩変位の増加速度は、0.593m/day であり、case6 の増加区間 (8.68~9.25day) では、1.30m/day である。case5 では増加区間 (5.21~6.94day) では、0.266m/day であり、case4, 6 と比較してゆっくりと増加していることがわかる。これは、表-1 に示す、せん断強度の大きさに関連している。つまり、せん断強度が大きい値を示している case5, 7 は、河川水位低下に伴い発生する浸透流によって MS 層の有する、ある限界流速を越えて、パイピングが発生する。その後、パイピングの進行に伴い MS 層が進行的に洗掘され、MS 層のせん断抵抗力の低下により、斜面崩壊する進行性破壊であると考えることができる。それに対し case4, 6 は、MS 層のせん断強度が小さいために、駆動せん断応力が地盤のせん断強度を越えて、せん断破壊に至ると考えることができる。また case7 は、図-4 に示すようにパイピング発生後、水位低下を停止したにも関わらず、水位低下停止以後も法肩変位が増加している。このことから、case5 と同様パイピングに起因した進行性破壊であると考えられる。また、水位低下に伴う、すべり安全率の評価を行うために、斜面安定解析を行った。表-2 に斜面安定解析に用いたパラメータ、図-5 に case4, 5, 6 の斜面安定解析の解析結果と水位差の関係を示す。図-5 より、河川水位が低下し水位差が大きくなるに従い安全率が低下していることがわかるが、すべり安全率の定量的評価については、さらに検討が必要である。

4. 結論

本研究により、以下のような結論が得られた。

- 河川水位低下に伴い背後地盤から河川方向へ発生する浸透流により、河岸斜面は崩壊する可能性がある。
- 河川水位低下に伴い発生するパイピングは、粒度分布、せん断強度等に依存する。

謝辞

(独) 港湾空港技術研究所の北誂昌樹室長、中村健研究官には、遠心模型実験を行う際に多くの助力を頂きました。科学研究費補助金(雨季乾季のある大陸大河川の河岸浸食・土砂移動機構の解明、課題番号 15656144)の助成を頂きました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) JICA : The Study on Mekong Riverbank Protection around Vientiane Municipality in the Lao Peoples Democratic Republic, Final Report, Volume2 Main Report, 2004.
- 2) 浅野隆司 (2005) : ビエンチャンにおけるメコン河河岸の崩壊メカニズム, 東北大学修士論文

表-1 MS 層のハンドベーン試験によるせん断強度

Case	Depth* [m]	Shear stress[kPa]
		After tests
case4	2.0	5.0
	6.0	6.4
case5	2.0	12.7
	6.0	11.0
case6	2.0	9.4
	6.0	5.7
case7	2.0	11.4
	6.0	12.7

*: 模型背後地盤上部からの実スケールの深度

表-2 安定解析に用いた密度および材料強度

Soil	Case	ρ_t [g/cm ³]	ρ_{sat} [g/cm ³]	c_{cu} [kPa]	ϕ_{cu} [degree]
CMC	case4	1.679	1.681	3.5	0
	case5	1.653	1.665	3.2	0
	case6	1.679	1.684	2.3	0
MS	case4	1.860	1.936	2.7	17.7
	case5	2.007	2.052	8.9	14.1
	case6	1.757	1.854	2.9	17.5

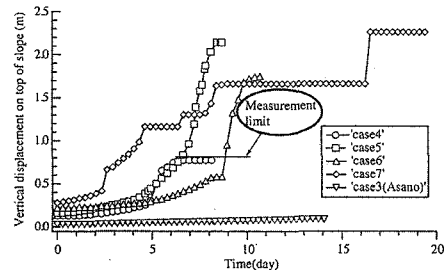


図-3 各ケースにおける法肩変位の時刻歴

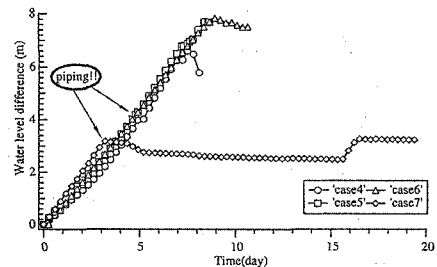


図-4 各ケースにおける水位差の時刻歴

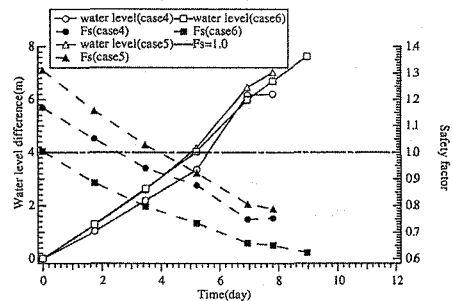


図-5 水位差と安全率の時刻歴