

# 洪水氾濫時の道路盛土の損傷機構の分析

広島大学大学院工学研究科 正会員 ○樫 涼太  
広島大学大学院工学研究科 フェロー会員 河原能久  
美祢市 非会員 大楠直之

## 1. はじめに

冠水の被災地においては、アスファルト舗装面の破損・流失がしばしば観察される(図-1)。舗装面は裸地や植生被覆などに比べると表面が平坦であり、アスファルトの粘着性を利用して堤体表面を覆っており、裸地や植生被覆などと比較すると洗掘や流失が起きにくいと考えられる。それにもかかわらず、冠水の被災地で舗装面の破損・流失が確認される理由として、流水せん断応力の他に、舗装下面での浸透流や間隙空気の挙動により舗装面の剥離や流失が誘発されている可能性がある。

河川堤防における間隙空気の排出については、前田らによりエアブロー現象として検討が進められている。これは、雨水の浸透や河川水位の上昇に伴う下層からの浸透によって内部の間隙空気が圧縮され、間隙空気が堤防内から押し出されるように排出されるものである。同様の現象が、洪水氾濫の際に堤防だけでなく川沿いの一般道路や農道などでの舗装の剥離や舗装面下での空洞形成などの要因となる可能性がある。しかし、堤体水浸の際の不透過面としての舗装面の影響についてはこれまで検討されておらず、また堤体自体ではなく舗装面の損傷機構もこれまでほとんど検討されていない。舗装面の損傷は災害復旧を行う上で大きな障害となり、また河川堤防の舗装面の剥離が起きることは、破堤につながる。これらの被害を予測・制御していくためには堤体舗装面の剥離条件を把握する必要がある。

そこで、本研究では、氾濫原に配置された道路盛土等の舗装面を有する盛土が、洪水氾濫により冠水した場合におきる浸透現象を把握し、舗装面の剥離との関係を明らかにすることを目的として、模型実験を行うこととした。実験においては、浸透流とともに間隙空気の挙動にも着目し、堤体内部の圧力分布を実測し、その時系列変化を分析する。実験結果を踏まえ、水位上昇と間隙空気の排出の関係を把握して、舗装面の剥離への関係を把握する。

## 2. 実験方法

本研究では、道路盛土への浸透流・間隙空気排出の基本的なメカニズムを把握することを目的とし、実際の道路盛土を簡略化・一般化した実験を行う。具体的には、堤体の奥行き方向への浸透は一様に起きるとみなし、また氾濫域の全面的な冠水を想定して、堤体の両面から対称的に浸透が起きると考えて、堤体の片側を薄く切り取った形態の盛土模型を土槽内に作成した(図-2、図-3)。装置には片側からサイフォンの原理を用いて、堤体全体が冠水するまで水位を上昇させ、その後、冠水状態を保つよう水位を一定とする。水位上昇にともない堤体法面から浸透が起きるが、堤体上面は舗装面により浸透が起きない。舗装面は水をゼラチンで固めたものにより模擬した。



図-1 洪水氾濫による道路盛土の損傷事例(広島県三條川流域 2010/7/14 撮影)



図-2 実験装置(右側が浸透中の土槽, 左側は堤体内の圧力計測用ピエゾ管)

### 3. 実験結果

図-4 に、堤体への浸透の様子を浸透水を墨汁により着色して可視化観察できるようにした画像を示す。同図より水位上昇に伴い法尻から浸透が始まり (図-4a) 先端部がくさび状に内部に浸透し (図-4b)、冠水後は舗装面下部に間隙空気が残り、これが法肩から気泡として排出されながら堤体への浸透が継続していく (図-4c) ことが確認された。舗装面下部への間隙空気の閉じ込めは、水位上昇が速いほど顕著であった。舗装面を有する堤体への急激な水浸時に見られる浸透水の侵入と間隙空気の排出の機構を図-5 に概念的に示す。

図-6 に水浸中の堤体内の圧力変化を示す。水浸開始から全ての計測点で圧力の上昇が観察され、その後はやや複雑な挙動を示しながら計測点の高さに合った静水圧に近づいていく様子が確認できる。点 e は、図-3 に示すように堤体外部での圧力であり静水圧を示している。点 e と同じ高さの点 c の圧力は、280 秒後には点 e と同程度になっている。点 a, b は点 e に比べ、42.5mm 高い位置にあるため、静水圧は点 e のものから 42.5mm 分減じたものとなる。点 e の圧力は 100 秒経過後からは 89mmH<sub>2</sub>O でほぼ一定であり、これから点 a, b の位置の静水圧は 46.5mmH<sub>2</sub>O 程度となる。これに対して、点 a, b の圧力は冠水直後では底面付近と水圧と同程度の 110mmH<sub>2</sub>O 程度の値を示している。これは舗装面から下向きに作用する水圧 26.5mmH<sub>2</sub>O より相当大きく、その圧力差により間隙空気が法肩より排出されたものと考えられる。堤体底面の水圧と同程度の圧力が舗装面に上向きに作用することは、舗装面の剥離・浮き上がりを引き起こす要因となりうる。

間隙空気の圧力がここまで上昇する要因を以下に分析する。くさび状に浸透水が堤体内に侵入することから、堤体内の間隙空気は法肩を先端とするくさび状の形状となる (図-5 の矢印 3)。舗装面があるため、間隙空気の排出は、法肩部分に集中する。法肩部分の間隙空気の排出部は厚さが薄く、通過する間隙空気が集中するため通過速度が大きくなる。そのため、局所的に大きな圧力勾配を生じることで、堤体内部の間隙空気の圧力を高く保っているものと考えられる。また間隙空気排出部で大きな圧力勾配が生じているということは、この部分の土粒子に圧力勾配に相当する力が作用していることとなり、法肩部分の土粒子の排出・抜け落ちを促進することも考えられる。このような機構も

舗装面の剥離に寄与している可能性がある。

#### 参考文献

- 1) 前田ら：河川技術論文集,第 18 巻, pp.305-310, 2012.

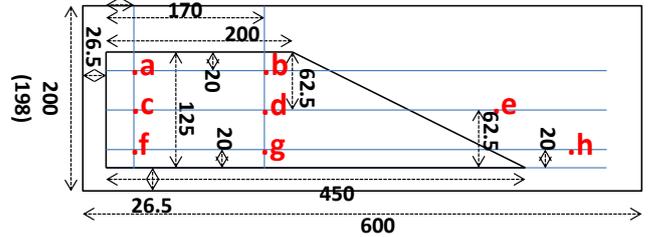


図-3 実験堤体および装置装置の形状 (単位 mm. 奥行き方向は 5.52mm, a, b 等は圧力計測点)

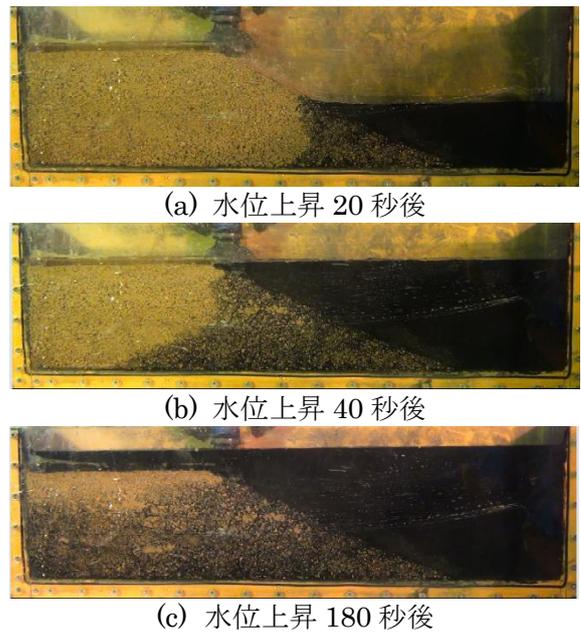


図-4 堤体への浸透の可視化画像

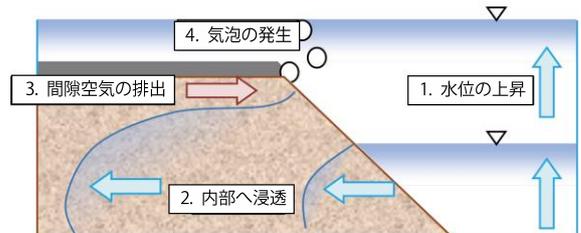


図-5 堤体への浸透と空気排出の概要図

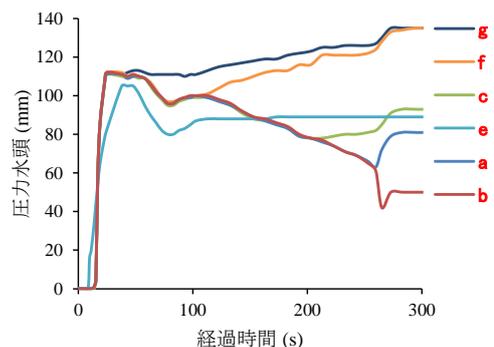


図-6 堤体内部での圧力の時間変化