

危機管理型ハード対策としての河川堤防上道路舗装補強による耐越水性向上効果の検討

立命館大学大学院理工学研究科 ○鮫島隆貴

立命館大学理工学部

里深好文, 藤本将光

1. 背景及び目的

近年、全国各地で集中豪雨が発生しており、堤防高を上回る超過洪水とそれに伴う堤防決壊が頻発している。決壊の原因の8割が越水と報告されており¹⁾、堤防の耐越水対策は重要である。具体的対策として、堤防天端をアスファルト等で保護し、越流した場合に法肩部への崩壊の進行を遅らせることで決壊までの時間を少しでも引き延ばすことが提案されている。そこで河川堤防上に道路が設けられている事例が多いことに着目し、堤防上道路舗装の路盤層に剛性と追従性を持つCAE混合物を用いることで堤防の耐越水性を向上させることが出来るのではないかと考えた。本研究では水路模型実験によって、堤防上道路の路盤層をCAE工法で施工した場合に、耐越水性を高めることが可能であるかの検証を行った。

2. CAE 路盤材について

通常、道路舗装の路盤材には碎石が用いられるが、CAE 路盤材(図1)は、碎石に加え、セメントとアスファルト乳剤が混合された路盤材となっている。そのため、セメントによる適度な剛性に加え、アスファルト乳剤による変形に対する追従性を有する。また、路上混合方式と呼ばれる工法を用いると、既設道路の表層、基層、路盤層を碎き、生じた碎石にセメントおよびアスファルト乳剤を混合し、現位置で新しい上層路盤を再構築することが出来る。今回CAE 路盤材を選定した理由は、高強度・高耐久という特性とたわみ性を兼ね備え、越水による浸食にある程度の抵抗が期待されることが挙げられる。



図1 硬化後のCAE 路盤材

3. 実験模型

本研究では、堤防天端が保護されていないケース1(図2)とCAE 路盤層で保護されたケース2(図3)の2ケースで越水実験を行った。両ケースの堤防模型の寸法は縮尺1/10、高さ300mm、天端幅300mm、法面勾配2:1である。ケース2の堤防模型には天端に厚さ20mmのCAE混合物層を設けた。また、浸透流の影響を少なくするために、表法肩より上流部は木製模型の固定床とした。材料は、盛土に用いる真砂土とCAE混合物であり、締固め度を90%に設定し、実験水路内に5層に分けて締固めを行った。



図2 ケース1(正面)



図3 ケース2(正面)

4. 実験概要

ケース1, 2の計2回の越水実験を行った。実験全体の概略図と寸法を図4に示す。流量は実際の越流水深30cmを想定し、流量6.50L/s、越流水深30mmとした。越流水深30cmは国土交通省が定めた技術開発目標である、「越流水深30cmの外力に対して、越水時間3時間の間越水に対する性能を維持する構造」²⁾をもとにした。整流板と堰板の間に注水し、堰板によって越流水深を調整、整流版によって水の乱れを減少させた。本研究では、ケース1, 2の越流開始から決壊までの時間を比較することにより、CAE混合物層が堤防の耐越水性向上に寄与するかの検証を行う。また、堤防決壊を表法側から木製模型の越水の流下方向に垂直な側面が見え、天端高を確保できなくなった瞬間と定義する。

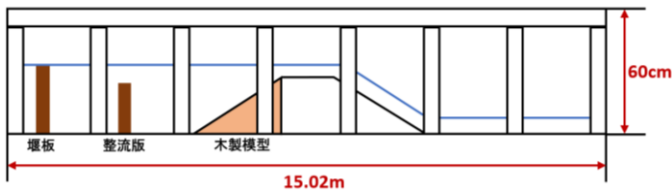


図4 実験水路の概略図

5. 実験結果と考察

実験結果を表1に、決壊時点の堤防模型を図5、6に示す。CAE ありの場合はCAE なしの場合に比べ越流開始から決壊までの時間が296秒長くなった。また、越流開始から決壊までの実物大堤防での時間はCAE ありの場合がCAE なしの場合に比べ約15分長くなった。このことからCAE 路盤層を天端に設置することで堤体の越流への耐性が向上したことは明らかであるといえる。一方で、技術開発目標の耐越水時間3時間には到底達していない。

決壊までの浸食過程としては、CAE なしのケースでは初め、天端高が最も低い箇所を越水が流れ、天端に生じた水みちから浸食が開始した。浸食が進み、水みちがある天端の箇所が堤外地の水面よりも低くなると、一気に越水が流れ込み、一瞬で決壊した。一方、CAE ありのケースでは、天端にあるCAE 路盤層は浸食されず、裏法肩から裏法面を流下した水撃により、裏法尻から浸食が開始した。その後は、堤体下部の浸食が進むと支えを失った堤体上部が崩壊する浸食過程を堤体内部まで繰り返した。その際、天端のCAE 路盤層のみが裏法面方向にひさし状に突き出た形となり、内部まで進行した浸食面と、天端を伝った越水の落水場所が離れていることにより、浸食の進行速度が遅くなったと考えられる。更に浸食面が表法面側に進むと、たわみに耐え切れなくなったCAE 路盤層はひさし状に突き出た先端から順に3段階に分かれる形に崩落した。

表1 実験結果

	決壊までの時間	決壊までの 実物大換算時間
ケース1	72 秒	228 秒 (≒4 分)
ケース2	368 秒	1164 秒 (≒19 分)



図5 ケース1 決壊時



図6 ケース2 決壊時

6. 課題と今後の展望

本研究では、越流による影響のみを取り上げるために、木製模型を設置することで浸透流の影響を小さくしようと試みた。しかし、水路と堤体の境界面での浸透流を無くすることが困難であり、結果として注水から越流開始までの堤外地側に水を溜めている間に浸透流が裏法尻から染み出てしまった。浸透流の影響を最小限にするには、実物大の堤防を用意し、裏法から表法までの距離を大きくすることが望ましい。そのため、今後は大規模実験水路で実物大の堤防を用意し、越水実験を行う予定である。

また、本研究では堤体を水路に直接置く形で越水実験を行ったが、実際の越流では法尻とそこに隣接する堤内地付近の浸食も堤防が決壊するまでの時間に大きな影響を及ぼすことが分かっている³⁾。そのため、基礎地盤も実際の条件に合わせて作製し、その上に堤防模型を設置して実験することが望ましい。

【参考文献】

- 1) 吉川勝秀：河川堤防学，技報堂出版，pp.98，2008
- 2) 国土交通省 水管理・国土保全局：河川堤防の強化に関する技術討論会，https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/teibou_kentoukai/dai01kai/pdf/kentou.pdf，参照 2024-02-25
- 3) 国土交通省 国土技術政策総合研究所：越水による決壊までの時間を少しでも引き延ばす河川堤防天端・のり尻の構造上の工夫に関する検討，<https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryounn/tnn/tnn0911.htm>，参照 2024-02-28