

II-317

超過洪水による大規模破堤の形態分析

建設省土木研究所 正員 藤田光一

1. はじめに

1993年に米国のミシシッピ川水系で起こった大洪水により、ミシシッピ川上流とミズーリ川中下流部の1000カ所以上で破堤氾濫が起こり、大規模な洪水災害となった¹⁾²⁾。本研究は、洪水規模が疎通能力を相当上回り、越流が主原因と推定されているこれらの破堤のうち、上空からの小型飛行機による観察と一部で地上踏査を行った57カ所の破堤について、形態的特徴を分析したものである。

2. 破堤形態の分類³⁾

調査対象区間は、ミシシッピ川がオハイオ川合流点からミズーリ川合流点まで(河床勾配は約1/8000)、ミズーリ川がこの合流点から上流300Km程度まで(河床勾配は約1/5500)で、河床材料は砂である。また、両区間とも、崖線の間の比較的狭い沖積平野を蛇行しながら流下し、氾濫水もこの崖線間に限定される。河道特性は縦断方向にほぼ一様である。

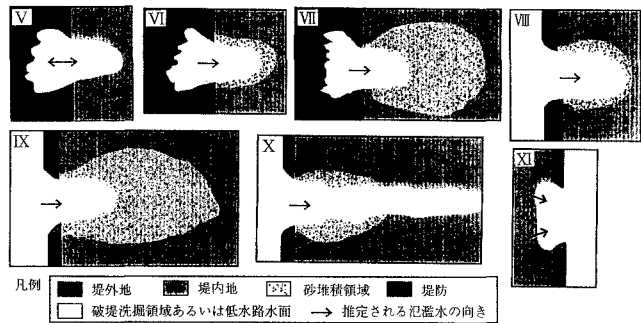


図-1 破堤形態の分類(タイプV～XI)

表-1 破堤形態タイプと諸条件との関係

破堤形態 タイプ	事例 数	各条件(A-H)への該当数							
		A	B	C	D	E	F	G	H
V	6	6	4	0	1	2	0	0	4
VI	7	6	3	1	0	4	2	1	0
VII	9	7	2	0	1	7	0	0	2
VIII	6	2	3	1	0	4	2	0	0
IX(1)	12	4	2	1	0	2	9	1	0
IX(2)	12	6	5	0	0	0	4	8	0
X	3	1	0	0	0	0	2	1	0
XI	2	0	0	0	0	0	0	0	2

IX(1)：砂堆積領域の規模が普通。

IX(2)：砂堆積領域の規模が非常に大きい。

〈各条件の説明〉 A：堤防沿いに堤防敷幅の5倍以上の洪水敷あり。B：堤防沿いに堤防敷き幅以上の樹木帯あり。C：支川堤防。D：堤内地の2線堤の盛土。E：貯留型氾濫。F：非貯留型氾濫。G：非貯留・短絡型の氾濫。H：河川への戻り流れ、あるいは堤内地流による破堤。

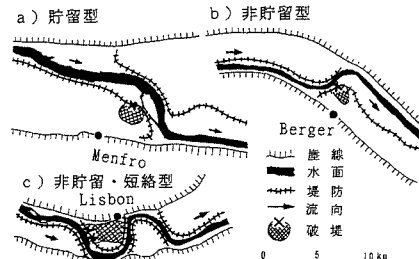


図-2 貯留・非貯留・短絡型の説明

調査対象とした57カ所の破堤は、平面形状や洗掘・堆積などの状況から、図-1に示すV～XIの7タイプに分類できる。いずれのタイプも、洗掘領域(堤体がすべて流失し基盤が洗掘を受けた領域；いわゆる落堀)を持つ。これら各タイプは、洗掘領域と洗掘領域の下流側に広がる砂堆積領域の特徴の違いによって特性づけられる。すなわち、タイプV、VI、VIIは、いずれも低水路水面と連結せず孤立した洗掘領域を持ち、順に、砂堆積領域が無い、あるが洗掘領域と同等またはそれより小さい、洗掘領域よりもはるかに大きい砂堆積領域を持つ、という特徴を有する。タイプVIII、IXは、いずれも低水路水面と連結した洗掘領域を持ち、VIIIは砂堆積領域が小さく、IXは大きい。タイプXは、大きな砂堆積領域を持つとともに、低水路からつながる洗掘領域が堤内地のはるか奥まで伸びている。タイプXIは、低水路とつながった洗掘領域があるが、その規模が小さく、堤防法線方向に長い形を持ち、砂堆積領域を全く持たない。

3. 破堤形態各タイプの支配要因と影響度

3.1 支配要因の抽出

各タイプを分ける支配要因になりうるものとして表-1下欄に示すA～Hの8条件を上げ、各タイプの破堤事例ごとに各条件への該当数を表-1に示した。条件Eの「貯留型」は、図-2a)に示すように、破堤口から氾濫した水が堤内地に貯留される傾向にあり、時間と共に氾濫の勢いが減少する型を示し⁴⁾、条件Fの「非貯留型」は、図-2b)に示すように、堤内地に氾濫した水が貯留されずに流下する傾向を持ち、氾濫水の流勢の速減が起こりにくい型を指す。なお本調査では、直線河道での破堤はEに、湾曲外岸側での破堤はF

に分類した。条件 G は、図-2c)に示すように、非貯留型である上に、破堤口から出た氾濫水が蛇行している河道を短絡するように流下するという型である。

3. 2 数量化理論Ⅱ類による分析⁵⁾

本分析では、どの破堤形態タイプに属するかを外的基準とし、条件 A~H(ただし条件 CD は該当数が少ないので分析から除外した)をアイテム・カテゴリーとした。まず、砂堆積域の規模に対する各要因の支配度を調べるため、外的基準カテゴリーを、砂堆積域なし(VとXI)、砂堆積域小(VIとVIII)、砂堆積域大(VIIとIX)の3つとし、計算を行った。得られた各アイテム・カテゴリーのスコアを図-3a)に、各事例スコアの頻度分布を外的基準カテゴリー別すなわち砂堆積域規模別に図-3b)に示す。また、洗掘領域と低水路の連結の有無に着目して、外的基準カテゴリーを連結無し(VIとVII)、連結あり(VIIIとIX)の2つとし、同じように図-4の結果を得た。ここで、事例スコアは、当該事例について該当するアイテム・カテゴリーのスコアを総和したものである。これらの図から以下のことがわかる。

図-3b)と図-4b)は、事例スコアが大きくなるほど、大きな砂堆積域が生じる可能性と洗掘域(落堀)・低水路水面が連結する可能性が高くなるように両図 a)のカテゴリー・スコアが定められたこと示している。図-3a)から、砂堆積域の大小を支配するのは、まず、破堤箇所の平面形状(表-1 の条件 E~H)にかかわるものであり、条件 H(破堤が氾濫水の河川への戻り流れや堤内地での流れで生じる)は、砂堆積規模を小さくする圧倒的に大きな要因となること、非貯留型や短絡型は、砂堆積規模を大きくする要因であることがわかる。次に重要な要因は条件 B(堤防沿いの樹木群帯の有無)であり、樹木群帯の存在は砂堆積規模を小さくする要因となる。この要因の影響度は、蛇行短絡型あるいは非貯留型が持つ砂堆積規模を大きくする方向の影響度を相殺する程度の強さを持つ。図-4 a)からは、非貯留あるいは短絡型の平面形状が洗掘域と低水路水面との連結の可能性を高め、高水敷の存在がその可能性を低めること、両者の影響度が同程度であることがわかる。なお、低水路水面と洗掘域が連結していないタイプ V~VII には、表-1 で X の(2)に分類される非常に大きな砂堆積領域を持つ事例がほとんどなかったことから、非常に大規模な砂堆積域を生じさせた要因の1つとして、ここで要因を調べた洗掘領域・低水路の連結現象をあげるべきである。

以上に示した堤防破堤形態の特徴は以下の点で重要である。1)破堤は、単に水が氾濫するだけでなく、場合によっては、大規模な洗掘と堆積を堤内地にもたらし、またそのことが氾濫規模にも影響する可能性がある。2)破堤に伴うこうした地形変化の規模は、破堤地点と周辺の堤防・河道法線の平面形や、堤防前面の高水敷・樹木群帯の有無など、堤防・河道自体の諸特性により有意に変わりうる。

謝辞 科学技術庁長期在外研究員として著者に在外研究の機会を与えていただいた関係各位、破堤形態調査に大いなる便宜を図っていただき、有益な情報をいただいた米国地質調査所 R.B.Jacobson、R.H.Meade 両博士に深甚なる謝意を表します。

参考文献 1)末次:ミシシッピ川における水害と治水,土木技術資料 36-5,1994. 2)米国河川研究会編著:洪水とアメリカ,山海堂,1994. 3)藤田:空から見たミシシッピ・ミズーリ川の破堤形態,土木技術資料 37-10,1995. 4)山本ほか:氾濫シミュレーション(2),土木研究所資料 2175 号,1985. 5)田中ほか:パソコン統計解析ハンドブックⅡ,共立出版,13 章,1984.

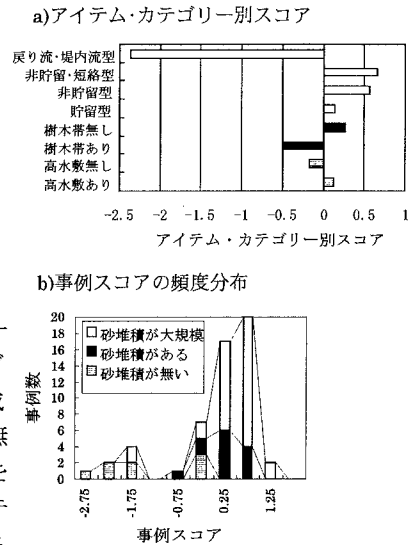


図-3 砂堆積規模に関する要因の影響度

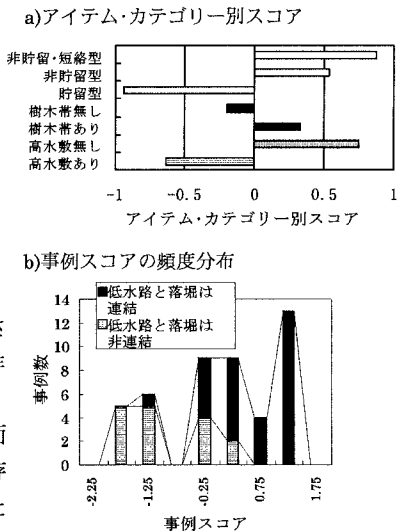


図-4 低水路水面と洗掘域との連結有無に関する要因の影響度