

II-319

堤防沿いの樹木群が破堤箇所の流れと河床変動に与える影響に関する実験

建設省土木研究所 正員 坂野 章

正員 藤田光一

1. 研究の背景と目的

堤防が洪水により破壊されると、大量の水が狭い破堤部を通して堤内地に流れ込むため、侵食、堆積、堤外地（河川）からの土砂輸送が活発に起こり、破堤点を中心に顕著な地形変化が生じる。破堤防止の重要性は言うまでもないが、万一破堤した時の破堤地点の流況や地形変化を知ることは、地形変化がもたらす直接的被害や氾濫流の予測に役立つことはもちろん、堤防自身の設計・強化・管理の方針策定にも重要な情報となる。破堤近傍の流水の挙動や破堤口の拡大過程についての基礎的知見^{1)・2)}は得られているが、実際に様々な破堤形態の規模や特徴が生じる原因の検討はあまりなされておらず、堤防・河道法線の平面形や堤防前面の高水敷・樹木群の有無などにより破堤形態が大きく変わり得ることが定性的に知られている程度である^{3)・4)}。そこで本研究では、まず堤防沿いに繁茂している樹木群と破堤形態・流況との関係を定量的に把握することを試みた。

2. 検討方法

図-1に示すように、幅5m、長さ9mの水平床を有する水路を用い、その縦断方向の中央部に、天端幅10cm、法勾配2割（表裏両方）のモルタル製の堤防模型を水路横断方向に設置した。この堤防延長の中央を堤防長さ1mにわたり水路床高まで切り欠き、ここを破堤部とした。この堤防模型沿いに3種類の樹木群模型〔a〕、〔b〕、〔c〕を種々の幅で堤外地側あるいは堤内地側に設置した。いずれの樹木群模型も、実験水路内の流水による撓みは殆ど生じない剛性を有している。このうち樹木群模型〔a〕は、直径2mmの円柱状の竹ひごを1m²当たり900本立てたもので、その空隙率は約99.7%である。これを次式による透過係数 K で表すと、2.74 (m/s)となる。：見かけの平均流速 $V = K \cdot I_e^{1/2}$ (I_e : エネルギー勾配)。樹木群模型〔b〕、〔c〕はプラスチックの糸状のものが空間的にほぼ等しく分布している多孔質体で、空隙率はそれぞれ約97%、約91%、透過係数 K はそれぞれ0.96 (m/s)、0.38 (m/s)である。各実験ケースにおいては、図-1の水位条件設定位置（堤外地）の水深が4cmおよび8cmを保つように上流からの流量を常に調節し、流況・水位・流速を測定した。なお水路下流端では水位調節は行わず、各流量に応じた限界水深が生じる段落流れとなるようにした。実験は、水路床を固定床にした場合と図-1の範囲に平均粒径 $d_m = 0.9\text{mm}$ 、 $\sqrt{d_{84}/d_{16}} \approx 2.9$ の混合砂を敷き詰めて移動床にした場合について行った。

3. 実験結果

図-2に、堤外地水深8cmの場合での氾濫流量を樹木群幅との関係で示す。なおこの図では、氾濫流量 Q_f を、次式で表される流量係数 C の形で表している： $Q_f = C \cdot B_{fb} \cdot H^{3/2}$ (B_{fb} : 破堤幅、 H : 堤外地側水深)。さらに C の値は、樹木群無しの際の C の値により基準化されている。移動床の場合、その破堤流量の変化が殆どなくなるまでの時間として、堤外地水深8cmの場合は約2時間、堤外地水深4cmの場合は約30分間それぞれ通水し、最終時刻のデータを用いた。この図より堤外地側に樹木群を設置した場合に、樹木群模型のタイプによらず樹木群の幅が大きくなると氾濫流量が少なくなることが分かる。このことは堤防沿いの樹木群帯が氾濫流の流勢を相当程度緩和する可能性があるこ

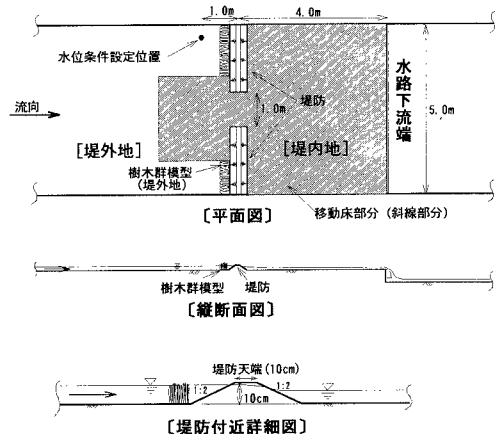


図-1 水路諸元

とを示している。また模型〔a〕は、氾濫流量と幅との間にほぼ直線的な関係があるのに対して密度のより高い模型〔b〕および〔c〕では、樹木群幅が0から大きくなると氾濫流量が急減し、さらに幅が増大すると氾濫流量の減少が緩やかになる傾向を示している。この特性は氾濫水の流勢緩和が効率よく得られる樹木群の密度や幅が存在することを示唆している。

固定床実験と移動床実験の違いに着目すると、移動床実験の方が樹木群模型幅の増大に伴う氾濫流量の減少率が明らかに大きくなっている。これは、図-3に1例を示すように移動床にすると落堀や堆積などの破堤氾濫による地形変化が生じ、樹木群による氾濫水の流勢

緩和効果に加え地形変化の抑制効果が重なるためと考えられる。図-4に、落堀の規模を示す破堤口付近の洗掘量（初期河床以下の部分の体積）を、各タイプ別に樹木群幅との関係で示す。これより模型〔b〕および〔c〕の場合には、いずれも樹木群が無い状態と比較して洗掘量が少なくなっており、前述の地形変化の抑制効果を示していることが分かる。ただし、密度の小さい模型〔a〕の場合には、樹木群が無い状態よりも洗掘量が多く、地形の抑制効果は見られない。それでも、流量係数に最も影響すると考えられる破堤口近くの断面では、模型〔b〕〔c〕の場合と同様、樹木群がある場合の方がみお筋が浅くなる。このことが、模型〔a〕に関しても移動床の方が氾濫流量の減少率が大きくなった原因と考えられる。

また図-2に示すように樹木群模型〔c〕を同じ25cm幅で堤内地側、堤外地側に設置した場合を比較すると（■と■・■・と□）、固定床実験では堤外地側に、移動床実験では堤内地側にそれぞれ設置した場合に氾濫流量の減少率が大きくなっている。このような相違の生じる原因を調べるために、図-5に移動床実験の流況として表面流速ベクトルを示す。これより、堤内地側に樹木群がある場合には、堤外地に樹木群がある場合に比較して、流水の急縮・急拡の程度が小さくなり、破堤口からの流れが横断方向に一様化していることが分かる。このため、移動床実験においては樹木模型を堤内に置くことによる洗掘量低減の効果が卓越して堤外より堤内に置いた方が氾濫流量が減少すると考えられる。

参考文献 1) 石塚安雄、小葉竹重機：河川堤防破堤時の水流に関する実験的研究、京都大学防災研究所年報第23号B-2、1980。 2) 藤田裕一郎、田村多佳志、村本嘉雄：河川堤防決壊口の拡大過程に関する実験的検討、京都大学防災研究所年報第27号B-2、1984。 3) 浜口達夫、松浦茂樹、藤田光一ら、：水害防備林調査、土木研究所資料第2479号、1987。 4) 藤田光一：空から見たミシシッピー・ミズーリ川の破堤形態、土木技術資料、第37巻、第10号、1995。

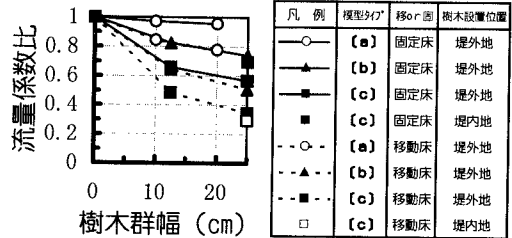


図-2 樹木群幅と流量係数の関係（水深8cm）

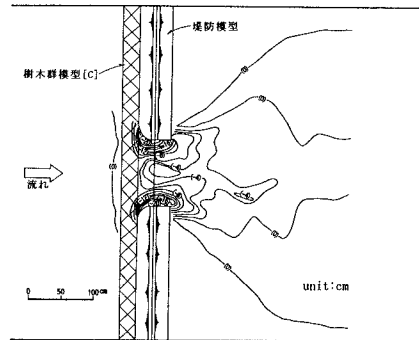


図-3 初期河床を基準とした河床高コンター（〔c〕タイプ、水深8cm、樹木幅25cm）

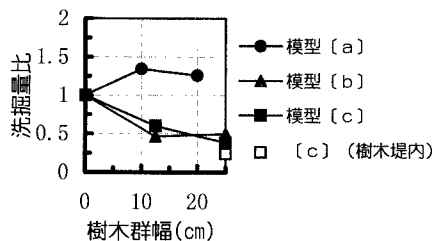


図-4 樹木幅と洗掘量との関係（水深8cm）

る実験的研究、京都大学防災研究所年報第23号B-2、1980。 2) 藤田裕一郎、田村多佳志、村本嘉雄：河川堤防決壊口の拡大過程に関する実験的検討、京都大学防災研究所年報第27号B-2、1984。 3) 浜口達夫、松浦茂樹、藤田光一ら、：水害防備林調査、土木研究所資料第2479号、1987。 4) 藤田光一：空から見たミシシッピー・ミズーリ川の破堤形態、土木技術資料、第37巻、第10号、1995。

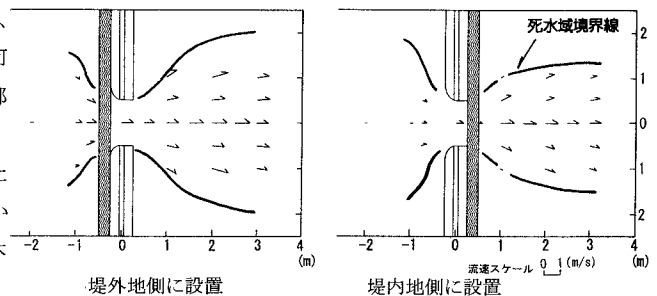


図-5 樹木群位置の違いによる流況比較（〔c〕タイプ、水深8cm、樹木幅25cm）