

II-84

堤防の耐越水化対策に関する実験的検討

日本大学大学院工学研究科 学生員 ○山崎 僚
日本大学工学部 正員 高橋 迪夫

1. はじめに

近年の都市化の急速な進展に伴い氾濫源においても土地が高度に利用され、大都市だけでなく地方中核都市においても計画規模を上回る出水による氾濫時のダメージポテンシャルは増大している。また、堤防用地の制約からこれ以上の河道拡幅や堤防断面の拡大が困難になってきている。一方で、近年の気象変化から過去に甚大な被害を与えてきた集中豪雨は今後十分起こり得る状況にある。こうした背景から堤防強化を図る場合、超過洪水対策に基づき、本来越水を考慮していない堤防に対する暫定措置として、若干の耐越流性を持たせ、できる限り既設堤防の用地内で補強することが必要になってくると考えられる。

越流水は裏法面を崩壊させ、堤体自身の力学的安定を失わせるため破堤の直接的な原因となる。裏法面の浸食を防止・軽減するための方策として、表面に設置する裏法保護工があるが、この裏法保護工が耐越水機能を十分に発揮するためには、越流水に対して法尻が十分な強度を保つことが重要となる。この問題に対しては、従来から堤内側にあまりスペースをとらず、かつ法尻及び堤内地の洗掘の影響が裏法面に及ばないような法尻保護工に関する検討がなされてきた。しかしながら、堤内地まで流れ込んだ越流水の処理方法について検討した事例は見受けられない。堤内地側への影響を考慮した場合、法尻保護工には越流水を堤内地側に氾濫させることなく、堤防法線に沿って排水できる排水路としての機能が求められるであろう。そこで本研究では排水路としての機能を有するとともに、裏法保護工の末端を押さえ、越流水を減勢させて法尻の洗掘を防止する減勢工としての法尻保護工に着目し、その形式・形状、寸法について実験的に検討する。

2. 法尻保護工の概要

本研究における法尻保護工には次のような機能が求められる。1) 越流水を速やかに排水するために法尻保護工自体が堤防法線に沿った堤内水路として用いられる。2) 堤内側の土地利用の制約からできるだけ短い距離で越流水の流速を抑えるような減勢工としての機能を持つ。3) 経済性においても優れている。これらの機能を有する法尻保護工として、全体が数個の排水溝のユニットからなる構造が考えられる。このユニットには排水機能だけでなく、側壁による越流水の減勢効果も期待される。また、透水性の高い石礫をそれぞれのユニットに充填することで減衰の促進を図る。

3. 実験の概要

本研究では水路幅 0.5m、水路長 3.5m、水路高 1.0m の長方形断面水路の下流部に堤体模型を設置して実験を行った。今回は法尻に注目した実験を行うため、堤体をアクリル製の固定床とし堤体表面には実堤防の粗度に近づけるよう、まさ土の吹き付けが施してある。裏法面直下に設置した法尻工は幅 1.0m、長さ 1.0m であり所定の幅でユニットに隔てられている。また、ユニットに石礫を充填する場合としない場合で行った。実験装置の概要を Fig.1 に示す。なお、流量は上流に設けてある三角ぜきにより、一定流量で条件を与え、越流水深を天端上流端のポイントゲージにより測定した。また流速はプロペラ流速計(φ3mm)を用い、各ユニットの中間点における水面付近の流れについて計測を行った。実験では Tab.1 に示す条件をもとにユニット幅λの異なる2パターンの法尻工について、減勢効果及び排水性の面から比較検討した。

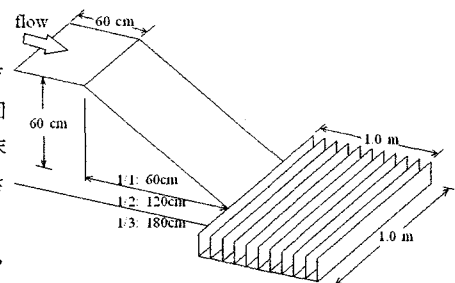


Fig.1 実験装置の概要

Tab.1 実験条件

越流水深 h (cm)	3.0
越流量 Q (l/s)	3.98
裏法勾配	2割
減勢工形状 k (cm)	10.0
λ (cm)	5.0 10.0
碎石粒径 (mm)	15-20

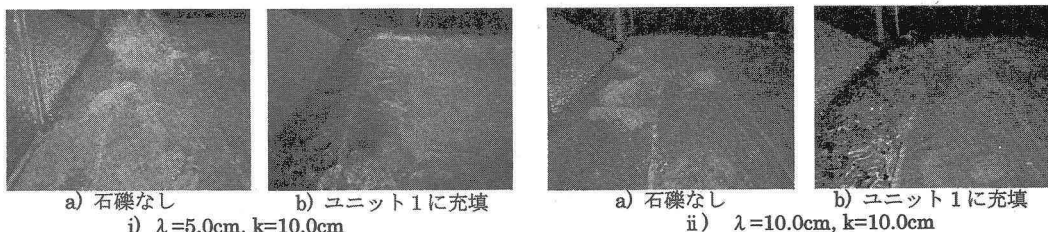


Fig.2 石礫充填の有無における流況(越流水深 3.0cm)

4. 実験結果及び考察

裏法直下の法尻工上における流況の代表的な例を Fig.2 に示す。ユニット幅 $\lambda=5.0\text{cm}$ の場合、法尻工始端部において水流が大きく跳ねていることがわかる(i-a)。法面を流下してきた高速流によってユニット1の壁面には非常に強い衝撃が作用していると考えられるが、ユニット1に石礫を充填した場合(i-b)では水面に大きな乱れはなくユニット壁を比較的滑らかに越流している様子がうかがえる。 $\lambda=10.0\text{cm}$ の場合、ユニット1において気泡の発生が目立っており多少複雑な水面になっていることがわかるが、 $\lambda=5.0\text{cm}$ の i)-a) に確認されたような局所的な水流の jump は見られない(ii-b)。ユニット1に石礫を充填すると水面の乱れはほとんどなく、i)-b) で見られる傾向と同様な流況が形成されていることが確認できる(ii-a)。

Fig.3 は越流水深 $h=3.0\text{cm}$ の場合の各ユニットにおける流速の減衰状況を示したものである。なお U_m/V_1 は、任意のユニットの最大流速 (U_m) を法尻工始端の最大流速 (V_1) で除して求めた。横軸には法尻工始端からのユニット数を示した。 $\lambda=5.0\text{cm}$ の場合 (Fig.3-i)，ユニット1に石礫を充填した3パターン(b)~(d)でユニット2の値が石礫なしのパターンに比べて0.1程度小さいことが確認できる。さらに Fig.2-i を参照すると、ユニット1の石礫には流速の減衰効果に加えてユニット1の側壁にかかる高速流の衝撃を低減させる効果も有すると推察される。(b)及び(c)においてユニット2以降で流速はほぼ一定割合で段階的に減衰されており類似の傾向を示している。 $\lambda=10.0\text{cm}$ の場合 (Fig.3-ii)，石礫を充填しないパターン(a)において特に減衰が進んでおり短区間で越流水が処理されている。 $\lambda=5.0\text{cm}$ の場合に比べ単位ユニットあたりの流積が2倍に増加したことにより、水流がユニット1にもぐり込むことで水クッション作用が働いたものと推察される。流況写真からも大きな乱れはなかったため、ユニット1の壁面にかかる負荷も低減され、効果的に減衰が機能したと判断できる。他のパターンでは特に(d)でユニット3以降の値が増減を繰り返しており、減衰があまり進んでおらず、 $\lambda=5.0\text{cm}$ の(d)の場合でも、ユニット6以降での減衰が小さく水流はユニット11まで到達している。減衰が妨げられた要因として石礫を連続的に充填したことで石礫の体積の占める割合が増え、処理水の流積が減少し、石礫が互いに干渉し合ったことが考えられる。

5. まとめ

裏法を流下する越流水は高速流となり法尻に作用する。実験結果より、法尻工始端部でのユニットの形状及び石礫の有無が法尻工の全体的な流況に大きな影響を与えることが確認された。ユニットの幅 $\lambda=5.0\text{cm}$ の場合にはユニット1での石礫が有用であったのに対し、 $\lambda=10.0\text{cm}$ では越流水に対し水クッションが作用するため流積を確保することが減衰の促進に大きく寄与することが分かった。

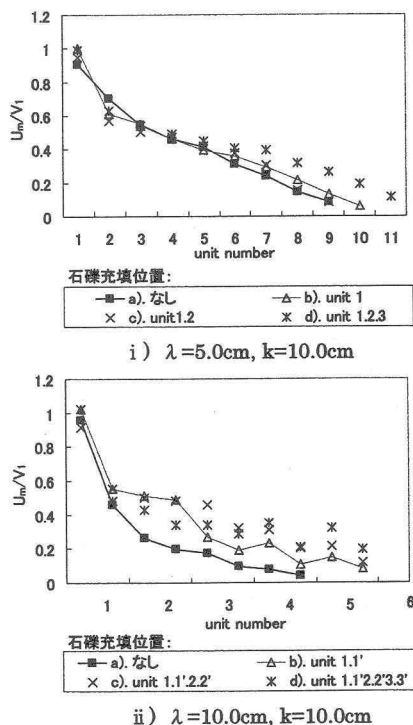


Fig.3 各ユニットにおける流速の減衰状況