

4. おわりに

本資料では、津波が海岸堤防を越流することによって生じる水理現象と海岸堤防の破壊現象、及びそれに対する構造上の工夫の要点をまとめた。その概要は以下の通りである。

- ・津波が来襲し、押し波による越流が生じると、波返工や堤体の海側に作用する津波波力、天端から裏法尻にかけての高流速・せん断力、流線の曲がりによる裏法肩周辺での圧力低下と裏法尻周辺での圧力上昇、裏法尻での洗掘、基礎地盤・被覆工下の堤体への浸透と残留空気の圧力上昇などが同時に発生していく。押し波時とは逆向きの流れが生じる引き波時には、波返しや堤体には冲向きの津波波力、天端から表法先にかけての高流速、表法肩付近での圧力低下と表法先付近での圧力上昇、表法先での洗掘が生じる。

- ・津波越流時には、津波波力による波返工の倒壊、裏法尻の洗掘による根留工の不安定化、高流速や法肩での圧力低下による被覆工や法肩の不安定化、高流速による堤体材料の吸い出し、パイピングなどが同時かつ相互に影響しながら、海岸堤防の破壊が進行する。

- ・このように、複数の被災形態が複合的に発生することが多いと考えられることから、粘り強い構造の検討においては、特定の対策工法のみ限定せず、複数工法の組み合わせを検討することが望ましい。

- ・裏法尻の洗掘に対しては、裏法勾配を緩くするとともに、地盤改良等により裏法尻を被覆することが有効である。また、根留工を大きくしてその自重により流失しにくくさせることのほか、地盤に打ち込んだ矢板と根留工を一体化し、洗掘が生じても矢板によって自立させることも有効である。

- ・裏法被覆工の流失を防ぐには、裏法被覆工の厚さを増すことのほか、裏法被覆工の構造に応じた構造上の工夫が有効である。コンクリートブロック張式では、両端に切り欠きを設けたブロックを噛み合わせることで流体力の増大をもたらす不陸の発生を防ぎ、そのブロックには孔を設けないがブロック間には練りの処理を行わないことで堤体土の吸い出しとブロック下面の圧力上昇を抑制する。コンクリート被覆式では、被覆工の下に捨てコンクリートを打設し、被覆工下面の圧力上昇を抑制する。

- ・天端被覆工の流失を防ぐには、裏法被覆工と同様に厚さを増すとともに、裏法肩を独立した構造にせず、表法被覆工の上部及び裏法被覆工の上部と天端被覆工を一体化した構造にすることが有効である。また、被覆工下面の圧力上昇の抑制や堤体と被覆工下面の間の空洞の監視のため、天端被覆工に孔を設けた例がある。

- ・波返工と一体構造になっているコンクリート被覆式および重力式の表法被覆工については、津波波力による破壊等が生じないように、打ち継ぎ目等に十分に配筋を施す必要がある。また、波返工の必要性についても再検討する必要がある。

本資料により津波越流に対して傾斜堤を粘り強くする構造上の工夫は整理できたと考えられ、その成果が東北地方太平洋沖地震の災害復旧にも活用されている。ただし、本資料の主な検討対象である傾斜堤以外の型式の海岸堤防については、さらなる検討が必要であ

る。その検討においては、さまざまな型式に対応できる数値計算の活用が考えられるが、本資料で説明した複雑な水理現象を全て考慮して破壊現象を再現する実用的な数値計算手法は確立していない。また、粘り強い構造の導入による背後地の被害軽減効果を定量的に評価するには、津波の越流が始まってから堤防が壊れるまでの時間を見積もる必要があるが、その見積もりは現時点の知見だけでは難しい。以上の点については、今後の課題としたい。

謝辞：

津波越流に対する海岸堤防の粘り強い構造に関する研究は、国土交通省水管理・国土保全局海岸室、東北地方整備局河川部および仙台海川国道事務所との連携のもと行われた。水理模型実験に際しては、高知工科大学の磯部雅彦教授、東京大学大学院工学系研究科の佐藤慎司教授、防衛大学校システム工学群建設環境工学科の藤間功司教授、関西大学社会安全学部の高橋智幸教授、東北大学災害科学国際研究所の越村俊一教授、京都大学防災研究所の森信人准教授および安田誠宏助教（現関西大学環境都市工学部准教授）からご助言をいただいた。ここに記して謝意を表します。