

海岸道路の防波施設の波浪による変状特性とその対策に関する実証的研究

著者	名越 隆雄
学位名	博士（工学）
学位の種類	課程博士
報告番号	甲第453号
研究科・専攻	工学専攻
学位授与年月日	2020-09-24
URL	http://doi.org/10.15118/00010333

氏 名 名越 隆雄

学位論文題目 海岸道路の防波施設の波浪による変状特性とその対策に関する実証的研究

論文審査委員 主査 教授 木村 克俊
教授 中津川 誠
教授 川村 志麻

論文内容の要旨

四方を海に囲まれた北海道では海岸線に沿って国道が整備され、1980年代以降は、交通量の増大に対応して、海側への車線拡幅やバイパス化が進められた。その際、多くの区間で防波施設が新設され、高波時の安全確保に大きな役割を果たした。しかしながら近年、防波施設の洗掘や摩耗といった経年的な変状が顕在化してきた。さらに急勾配海底地形に建設された防波施設では、消波ブロックの沈下や散乱が急速に進行し、背後の道路関連施設に大きな被害をもたらした。こうした防波施設の変状の発生メカニズムを解明し、その対策を講じるための知見を取りまとめ、設計者に周知させることが急務となっている。

本研究ではまず、北海道の各海域における海岸道路を対象として、防波施設における洗掘および摩耗の発生状況と、急勾配海底地形における海岸道路の防波施設の被災状況について調査し、現地において対策工を設計する上での課題を整理した。

防波施設の洗掘については、砂浜海岸において高波浪の継続によって施設前面の洗掘が急速に進行し、道路盛土の崩壊やそれに伴う道路施設の倒壊に至ることを示した。こうした洗掘に伴う重大災害に共通する要因は前浜の減少であり、定期的なモニタリングによる現状把握と、適切な消波工の設置が必要であることを示した。

防波施設の摩耗については、代表的な直立消波構造形式であるスリット式護岸と直積ブロック式護岸を対象として水理模型実験を行い、波浪に連行された粗石の衝突の発生メカニズムを明らかにした。その上で既往の摩耗量算定式と組み合わせることにより、各部材の摩耗量の予測方法を提案した。さらに UAV（無人航空機）を活用した摩耗調査方法を提案するとともに、新しいタイプの摩耗対策である超高強度繊維補強材料の耐摩耗性の評価を行い、国道 336 号広尾海岸における施工事例に基づいて、その実用性を示した。

急勾配海底地形条件に対しては、代表的なカルデラ湖である支笏湖の湖岸道路と、積丹半島の急崖区間における道路関連施設の 2 例について、現地における被災状況を分析した。さらに数値波動解析と水理模型実験を用いた系統的な検討を行い、急斜面に続くリーフの幅が、消波ブロックの耐波安定性に及ぼす影響を明らかにした。これらの結果に基づいてハドソン

式を用いた従来の算定式の補正法を提案した。また、支笏湖のようにリーフ幅が狭く大質量の消波ブロックの設置が困難な条件への対処法として、根固ブロックを用いた補強工の設計法を提案した。

ABSTRACT

Numerous roads running along the coast of Hokkaido have been widened seaward since the 1980s or been complemented with bypasses to accommodate increased traffic volumes, and seawalls constructed along many of these new sections have played a significant role in securing safety against high waves. In recent years, however, damage to these seawalls caused by abrasion and scouring have become increasingly apparent. For seawalls built on steep ocean beds in particular, subsidence and scattering of wave-dissipating concrete blocks have been progressing rapidly, causing significant damage to road-related facilities behind them. Against this background, there is an urgent need to elucidate the mechanism of seawall damages and to inform practical countermeasures for seawall designers.

Targeting several coastal roads, this study first investigated the current state of abrasion and scouring in seawalls as well as damage to seawall facilities on steep ocean beds, and identified challenges in designing related countermeasures.

The outcomes showed that scouring rapidly progresses at the front of seawall facilities in sandy coastal areas due to constant exposure to high waves, resulting in the collapse of highway embankments and road-related facilities. A factor common to such scouring was a reduced foreshore area, and it was found necessary to clarify foreshore conditions via regular monitoring and install appropriate wave-dissipating structures.

To help clarify the characteristics of such abrasion, hydraulic model experiments were conducted on two typical vertical wave-dissipating structure types, such as slit-type seawall and block masonry seawall. Combining the findings with an existing abrasion amount calculation formula, a method for predicting abrasion on different components was proposed. A technique for surveying abrasion using an unmanned aerial vehicle (UAV) was also suggested, and the abrasion resistance of an ultra-high-strength fiber-reinforced material was evaluated. The practicality of this material was verified based on its use in construction work on road facilities at Hiro Coast.

In relation to steep ocean bed conditions, on-site damage analysis was conducted for a coastal road at Lake Shikotsu and a cliff-top road on the Shakotan Peninsula. Systematic investigations using numerical wave analysis and hydraulic model experiments were also conducted to elucidate how the width of reefs under steep slopes influences the anti-wave stability of wave-dissipating blocks. Based on the results, correction of conventional calculation based on the Hudson Formula was proposed. As

a countermeasure for conditions such as those observed at Lake Shikotsu, design for a reinforcement structure based on foot protection blocks was proposed.

論文審査結果の要旨

本論文は、海岸道路の防波施設の波浪による変状の発生メカニズムを解明し、その対策を、設計者に周知させることを目的とした一連の研究成果をとりまとめたものである。

四方を海に囲まれた北海道では海岸線に沿って国道が整備され、1980年代以降は、交通量の増大に対応して、海側への車線拡幅やバイパス化が進められた。その際、多くの区間で防波施設が新設され、高波時の安全確保に大きな役割を果たした。しかしながら近年、防波施設の洗掘や摩耗といった経年的な変状が顕在化してきた。さらに急勾配海底地形に建設された防波施設では、消波ブロックの沈下や散乱が急速に進行し、背後の道路関連施設に大きな被害をもたらした。

本研究ではまず、北海道の各海域における海岸道路を対象として、防波施設における洗掘および摩耗の発生状況と、急勾配海底地形における海岸道路の防波施設の被災状況について調査し、現地において対策工を設計する上での課題を整理した。

防波施設の洗掘については、砂浜海岸において高波浪の継続によって施設前面の洗掘が急速に進行し、道路盛土の崩壊やそれに伴う道路施設の倒壊に至ることを示した。こうした洗掘に伴う重大災害に共通する要因は前浜の減少であり、定期的なモニタリングによる現状把握と、適切な消波工の設置が必要であることを示した。

防波施設の摩耗については、代表的な直立消波構造形式であるスリット式護岸と直積ブロック式護岸を対象として水理模型実験を行い、波浪に連行された粗石の衝突の発生メカニズムを明らかにした。その上で既往の摩耗量算定式と組み合わせることにより、各部材の摩耗量の予測方法を提案した。さらにUAV（無人航空機）を活用した摩耗調査方法を提案するとともに、新しいタイプの摩耗対策である超高強度繊維補強材料の耐摩耗性の評価を行い、国道336号広尾海岸における施工事例に基づいて、その実用性を示した。

急勾配海底地形条件に対しては、代表的なカルデラ湖である支笏湖の湖岸道路と、積丹半島の急崖区間における道路関連施設の2例について、現地における被災状況を分析した。さらに数値波動解析と水理模型実験を用いた系統的な検討を行い、急斜面に続くリーフの幅が、消波ブロックの耐波安定性に及ぼす影響を明らかにした。これらの結果に基づいてハドソン式を用いた従来の算定式の補正法を提案した。また、支笏湖のようにリーフ幅が狭く大質量の消波ブロックの設置が困難な条件への対処法として、根固ブロックを用いた補強工の設計法を提案した。

以上の研究成果は、国内外の海岸道路の防波施設の設計法の高度化に大きく寄与

すると判断されることから，本論文は博士（工学）の学位を授与される資格がある
ものと認められた。