

紀南地域の越波多発箇所における 対策と課題について

山下 尚志

近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 調査第二課 (〒646-0003和歌山県田辺市中万呂142)

紀南地域は毎年台風時の暴風により越波が発生している。大部分が海岸に接している国道42号では、通行車両など第三者への被害を防ぐために、通行規制の実施を余儀なくされており、その対策が喫緊の課題となっている。しかし、越波対策は考慮すべき条件が多く、対策の選定手法が確立されていない。本稿では、紀南河川国道事務所管内の国道42号の被害状況と越波対策の取り組みを示し、今後の課題を提示する。

キーワード 越波 海岸施設 道路管理 台風

1. はじめに

越波とは、暴風時に海岸に打ち寄せた波により海水が海岸施設を超えて堤内に流入する現象のことである。和歌山県南部である紀南地域の海岸では、毎年のように台風時等の暴風により越波が発生している。

海岸に接する道路では、越波により運転者の視界障害が生じる可能性がある他、打ち寄せた波に乗って石や砂利が打ちあがることもあるため、歩行者や通行中の車に直接被害が生じる危険性がある。紀南地域沿岸部の唯一の幹線道路である国道42号は、その大部分が海岸に接しているため、越波発生により通行規制を余儀なくされている。

通行者の安全を守るとともに、幹線道路の寸断を防ぐために、越波の対策を行うことが今後の紀南地域の国道の管理において重要な課題であると言える。



図-1 越波被害の様子

2. 紀南河川国道管内における近年の被害状況

越波の発生は、地形や気象状況の条件によるものであるため、管内の全域の越波発生の可能性を精査することはできない。したがって、過去の越波発生箇所を対策必要箇所として、対策工を検討することになる。過去5年間(2009-2013年)の紀南河川国道事務所管内での越波による交通規制は49回であった。同一地区において同日に数回の通行規制を行う場合があるが、本稿では1回と計上している。これを地区毎に集計すると、主に6カ所の越波多発地区(串本町姫、串本町西向、すさみ町江住、すさみ町和深川、すさみ町口和深、みなべ町埴田・北道)が存在することが分かる(図-2)。各越波多発箇所に必要な対策を講じることで、国道42号における越波による被害と交通規制を減少させることが可能となると考えられる。



図-2 過去5年間の紀南管内の通行規制回数

3. 越波量算定方法

(1) 必要天端高算定のフロー

対策を検討するためには、地区ごとの波高を算定し、海岸施設の必要天端高を算定する必要がある。以下に必要天端高の算定のフローを示す。

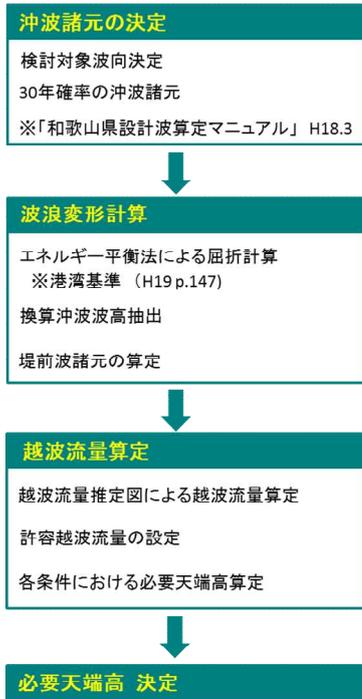


図-3 必要天端高算定のフロー

(2) 沖波諸元の決定

和歌山県設計波算定マニュアル¹⁾では、和歌山県内の漁港毎に算定地点を設定の上、その地点における波浪推算結果を用いて、確率波諸元が設定されている。確率波諸元とは、各漁港について波向別の波高 $H_0(m)$ 及び周期 $T_0(s)$ を再現期間（1年，5年，10年，20年，30年，50年）毎に確率統計処理したものである。各越波多発箇所の必要天端高の設定にあたり、最も近い漁港のデータを参照した。設計地区の地形を考慮して検討する波の向きを設定し、確率年は30年確率波を用いた。漁港海岸では、設計波として30年確率波を採用する例が多く、その基準に準拠している。

漁港名	確率年	H_0	T_0	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW
1種 姫油港	50	H_0	T_0					12.0	11.9	12.4	14.0	13.7	12.7	
								16.8	16.0	15.7	16.7	16.1	16.6	
	30	H_0	T_0					11.4	11.4	11.9	13.2	13.1	12.1	
								16.3	15.7	15.4	16.2	15.7	16.1	
	20	H_0	T_0					10.9	10.9	11.4	12.6	12.6	11.6	
								15.9	15.4	15.1	15.9	15.4	15.8	
10	H_0	T_0					9.9	10.1	10.6	11.4	11.6	10.6		
							15.1	14.8	14.7	15.1	14.9	15.1		
5	H_0	T_0					8.9	9.2	9.6	10.2	10.5	9.6		
							14.2	14.2	14.1	14.4	14.3	14.3		
1	H_0	T_0					5.7	6.3	6.7	6.7	7.2	6.5		
							11.6	12.3	12.5	12.3	12.9	12.9		

図-4 参考漁港の沖波データ

(3) エネルギー平衡法による波浪変形計算

次に、エネルギー平衡方程式に基づく波浪解析ソフト

²⁾を用いて、波浪解析を行い、各波向における汀線付近における換算沖波波高 $H_0'(m)$ と波高 $\alpha(1^\circ)$ を求める。設計地区内で数箇所について、解析を行ったうえで、換算沖波波高 H_0' は解析箇所の最大値をとり、波高 α は解析箇所の平均を採用する。解析に必要な海底地形は、日本水路協会が発行するデジタル海底地形データ³⁾を用いた。

沖波波向	換算沖波諸元	1	2	3	4	5	設計値	備考
SE	波向 $\alpha(1^\circ)$	214.7	217.9	207.5	201.3	206.7	209.6	平均値
	換算沖波波高 $H_0'(m)$	2.50	0.99	0.57	1.86	2.11	2.50	最大値
SSE	波向 $\alpha(1^\circ)$	214.5	217.6	207.0	201.1	206.5	209.3	平均値
	換算沖波波高 $H_0'(m)$	2.18	0.86	0.50	1.62	1.82	2.18	最大値
S	波向 $\alpha(1^\circ)$	214.3	217.5	206.7	201.0	206.5	209.2	平均値
	換算沖波波高 $H_0'(m)$	1.67	0.66	0.38	1.24	1.39	1.67	最大値
SWW	波向 $\alpha(1^\circ)$	213.9	217.1	205.6	200.8	206.2	208.7	平均値
	換算沖波波高 $H_0'(m)$	1.15	0.45	0.26	0.86	0.95	1.15	最大値

図-5 換算沖波諸元

(4) 許容越波流量による必要天端高の検討

算定した堤前波諸元（換算沖波波高）をもとに、許容越波流量を設定し、必要天端高を算定する。越波流量の算定は、港湾基準⁴⁾p167~170に示される越波流量推定図を用いる。その際、消波ブロックの有無と海底勾配（1/10,1/30）ごとに推定図が異なるため、事前に深淺測量を実施し、海底勾配を算定しておく。

許容越波流量は、護岸背後の利用状況および重要度を考慮して設定する必要がある。港湾基準p.171「背後地の重要度からみた許容越波流量」における「その他の重要な地区」として設定し、許容越波流量は $2 \times 10^2(m^3/m/s)$ とした。以上により、必要天端高が算定される。

表 2.3.6.2 背後地の重要度からみた許容越波流量 $(m^3/m/s)$ ¹³⁴⁾

背後に人家、公共施設等が密集しており、特に越波・しぶき等の侵入により重大な被害が予想される地区	0.01程度
その他の重要な地区	0.02程度
その他の地区	0.02~0.06

図-6 背後地の重要度からみた許容越波流量

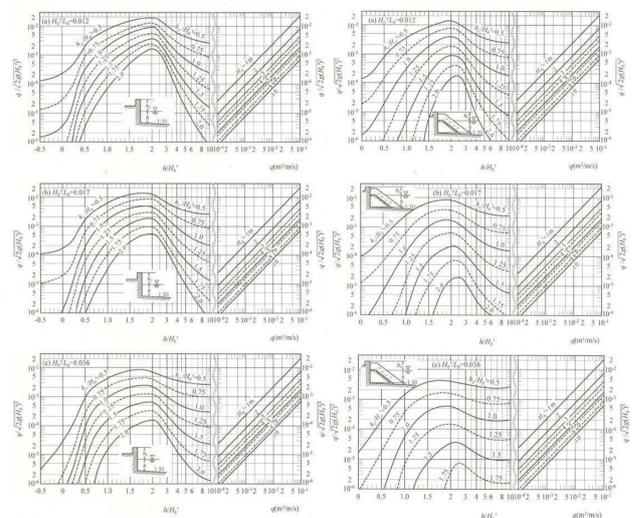


図-7 越波流量の推定図

4. 越波対策工の種類とその特徴

越波多発箇所においては、当該箇所の必要天端高と施工条件を考慮して、対策工が検討される。また、紀南地域の海岸の一部の区域が吉野熊野国立公園に指定されており、その景観や眺望を阻害しない工夫が必要となる。ここでは紀南河川国道事務所管内における、主な対策工の種類とその特徴について述べる。

(1) 越波防止柵

擁壁上部に設置する鋼製やアルミ製の直立柵。必要天端高に応じた設計が可能である。ただし、必要天端高に設定した場合、景観・眺望が阻害され、視距（図-9）が不足する場合がある。また、計算される波圧に対して、基礎部が耐力不足となる場合がある。



図-8 越波防止柵に波が打ち寄せる様子

(視距等)
第19条 視距は、当該道路の設計速度に応じ、次の表の右欄に掲げる値以上とするものとする。

設計速度 (単位 1時間につきキロメートル)	視距(単位 メートル)
120	210
100	160
80	110
60	75
50	55
40	40
30	30
20	20

図-9 視距に関する規定⁵⁾

(2) 擁壁嵩上げ

既設の海岸擁壁にさらにコンクリートを増し打ちし、擁壁を嵩上げする方法。越波防止柵に比べ、施工できる高さが限られているが、擁壁の形状により波を海側に返す機能を加えることができる。施工時に長期にわたり交通規制を行う必要がある場合があるため、施工性に劣る。

(3) 波返しパネル

擁壁天端に設置することができるアルミ製パネル。視許阻害や景観・眺望の阻害とならず施工性もよいが、十分な越波対策とならない場合が多い。なお、越波防止効果の評価においては、波返しパネルは1mの越波柵と同

程度という実験結果⁹⁾を参考にしている。



図-10 波返しパネルに波が打ち寄せる様子

(4) 消波工

3.(4)に示す通り消波工によって越波流量が減少することが分かっている。視距や景観・眺望の阻害がないが、海岸施設内の管渠部に設置することができない。また、設置から時間が経過すると消波ブロックの隙間に砂や砂利が詰まり、消波機能が失われる可能性があるという欠点がある。



図-11 隙間に砂利が詰まった消波ブロック

5. ポリカーボネート製越波防止柵の被災事例

本項では、2013年度に施工されたポリカーボネート製透光越波防止柵の設置と被災の経緯について述べる。



図-12 ポリカーボネート製透光越波防止柵

(1) 設置経緯

図-2に示すとおり、国道42号すさみ町江住地先は越波多発地域であり、通行障害を防止するための越波対策が必要とされる地区である。一方、当該地区は沿岸部に集落があり、海への眺望が阻害されないことが要望されていた。したがって、必要天端高が確保され、海への眺望を

阻害しないポリカーボネート製の透光越波防止柵が採用された。

(2) 設計条件

沖波の設定を漁港の施設基準である確率年30年で波高 ($H_0=12.7\text{m}$) を想定した。設計条件では、柵にあたる波高は5.4mであり、柵にかかるエネルギーは、 5.98kN/m^2 となる。これは、設置された柵の半分程度の高さに相当する。設置された柵の設計限度荷重は 10kN/m^2 であった。

(3) 被災経緯

平成 25 年 9 月 15 日～16 日にかけて来襲した台風 18 号による波浪によって、江住地区に設置済みであった透光越波防止柵が多数損傷を受け、全 80 スパン中 25 スパンが損傷した。波圧によって防波板が道路側に湾曲したり、裂傷を受けるなどしていた。また、支柱取り付け部が破断し、パネルが外れている部分もあった。砂利や石の衝突による影響もあるが、主たる原因は波圧そのものによるとみられる。地元ヒアリングの結果より、当日は柵の高さ 2m を越える波が来襲したとみられ、そこから推察されるエネルギーは 16.98kN/m^2 であり、設計荷重を越えていた。

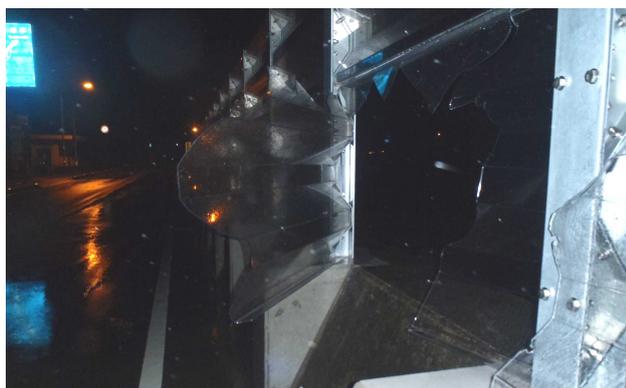


図-13 透光越波柵の破損状況

(4) 考察

想定していた30年確率以上の大規模な波が発生したため、設計条件を越える波圧がかかったものと考えられる。また、擁壁前部に設置されていた消波工の内部に砂利がたまっていたことも、想定を越える波圧がかかった要因であると推察される。

7. まとめ

紀南河川国道事務所管内の国道42号は、越波の多発地区を通行者への被害を防ぎ、通行障害を極力減らすためには、越波対策が喫緊の課題となっている。本稿で示した通り、越波対策には、まず当該地区の地形データと既往の波データにより、必要天端高を算定し、対策工を設計する必要があるが、実際には眺望や視距、施工性、工事費等の問題があり、対策工の検討は単純ではない。また、想定以上の波が来襲する場合もあり、越波の評価方法も十分に確立されたとは言えない。

したがって、まず越波流量や波力に対する評価方法を再生さす必要がある。また、眺望の問題に対して透光パネルがあるように、視距阻害を回避しながら十分な越波対策を図ることのできる対策工や、工期や工事費を抑えた施工性のよい越波対策工などの充実が求められる。

参考文献

- 1) 『設計波算出マニュアル』平成 18 年 3 月 和歌山県
- 2) EGWAVE (株) 水域ネットワーク
- 3) 海底地形デジタルデータ (財) 日本水路協会
- 4) 『港湾の施設の技術上の基準・同解説』平成 19 年 7 月 (社) 日本港湾協会
- 5) 『道路構造令の解説と運用』平成 25 年 3 月 日本道路協会
- 6) 『波返し工による護岸の越波低減効果の検討』2004 年 (独) 寒地土木研究所