

国道231号湯泊第2覆道における越波対策について —水理模型実験と対策工の検討—

留萌開発建設部 留萌開発事務所 維持課 ○高橋 元樹
宮川 浩幸
(独) 土木研究所寒地土木研究所 山本 泰司

一般国道231号湯泊地区は、背後が急峻な岩盤斜面を呈する海岸道路で、高波浪時には、覆道開口部からの越波により通行障害が発生し通行止めを強いられ、その対策が急務となっている。

設計波圧強度は、水深の浅い沿岸部での越波による作用波圧は確立された算出方法が無いことから、現地を再現した水理模型実験を行い覆道開口部を塞ぐことを想定した作用波圧（設計波圧）を決定した。また、その結果と一般的な波圧計算に用いられる合田式の比較検討を行った。対策工の検討に際しては、覆道内部の照度確保を念頭におき、波圧強度に対応できる対策工の比較検討を行った。

キーワード：道路防災、越波対策、越波波圧、水理模型実験

1. はじめに

北海道の日本海側に面する一般国道 231 号増毛町湯泊地区は、背後に急峻な岩盤斜面を呈する海岸道路であり、高波浪時には越波により通行障害が発生し、通行規制を強いられることも多い。また、迂回路がないため、まさに生命線の道路となっており、通行規制時には地域住民が孤立してしまうなど地域の影響は絶大であり、その対策が急務となっている。

海岸道路の越波対策としては、個別の事例に対する検討を行っているが、一般的な対策法は確立されていない。

本研究では、湯泊地区を対象に、現地を詳細に再現した模型実験を行い、この地区の越波対策を検討するものである。

2. 現地の状況

(1) 自然条件と道路構造

一般国道 231 号の湯泊地区は、急峻な岩盤斜面が背後に切迫した海岸道路で、斜面からの落石防護のための覆道（ロックシェッド）が連続して設置されている。写真-1 に示すとおり、現地は「覆道部」と覆道間をつなぐ「一般部」によって構成されている。また、海岸線はほぼ直線で、海底地形も海岸線と平行な等深線を呈し、勾配は 1/15 程度となっている。図-1 に道路構造の標準断面図を示す。道路規格は第 3 種第 2 級、車道幅員 $W=3.25\text{m}\times 2$ 車線、設計（規制）速度は $V=60\text{km/h}$ である。道路線形はほぼ直線で縦断勾配は $i=0.4\%$ 程度とほぼフラ

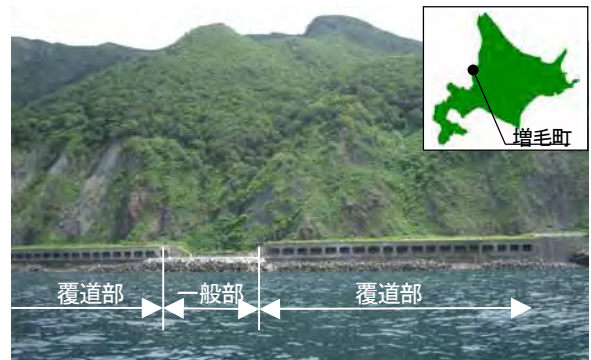


写真-1 国道 231 号湯泊地区の全景

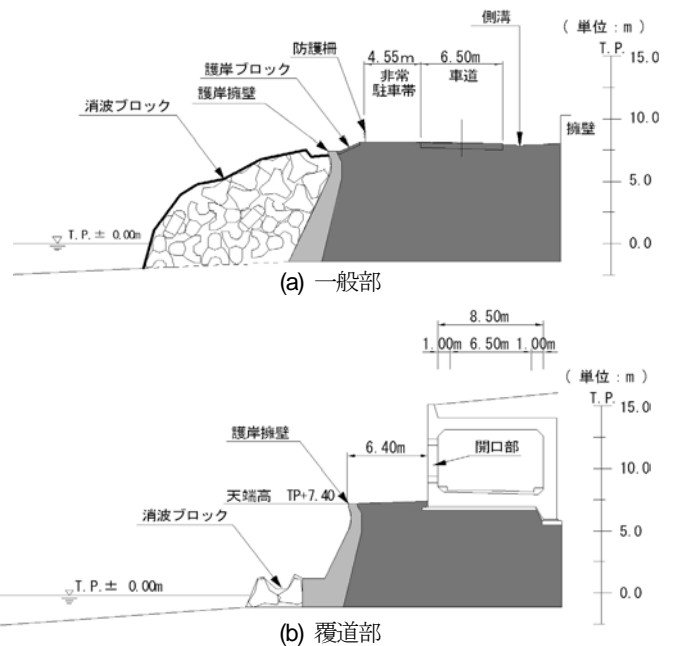


図-1 湯泊地区の道路断面

ットな状況である。また、一般部には海岸側に非常駐車帯 $W=4.50\text{m}$ が設置され、護岸から車道までの距離は $W=7.50\text{m}$ 程度となっている。

湯泊地区から約 15km 離れた留萌沖のナウファス波浪観測データ(2005 年)によれば、11 月～3 月の 5 ヶ月で波高 $H_0=3.0\text{m}$ 以上の日が 40 日程度と非常に多く、また、波高 $H_0=4.0\text{m}$ 以上も 10 日程度あり、冬季風浪が激しい。

(2) 越波による通行止めの状況

覆道開口部からの越波状況を写真-2に示すが、道路の通行止めは、高波浪時に覆道内の車道にまで越波がおよび車両の安全な走行が妨げられる場合に実施される。当該地における過去10年間の通行止めの状況を表-1に示す。表中の波浪条件は留萌沖の観測値である。通行止めは年に1～2回程度であるが、片側交通規制を含めると相当数に上る。国道231号が1次緊急輸送路であることを考えると地域の影響は計り知れない。

3. 模型実験の方法

(1) 実験断面

水理模型実験は、長さ 28m、幅 0.8m、深さ 1.0m の造

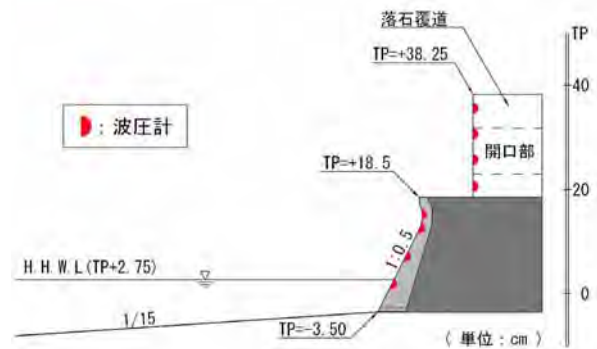


写真-2 覆道開口部からの越波状況

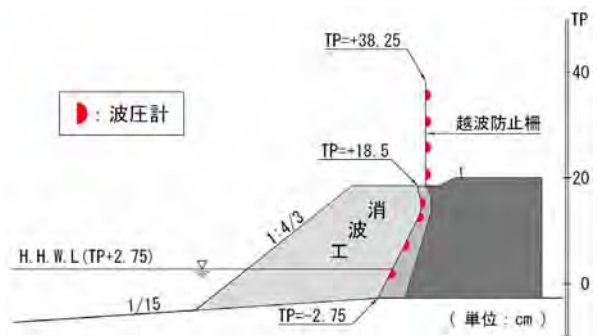
表-1 過去 10 年の通行止め履歴

年	月/日	$H_0(\text{m})$	$T_0(\text{s})$	波向
1998	10/20	3.71	8.6	WNW
2001	2/2	6.36	10.5	WNW
2002	10/28	4.34	9.0	NNW
2003	11/22	5.62	10.0	WNW
2004	9/8	5.79	10.9	WNW
2005	11/29	5.44	10.0	WSW
2006	11/22	6.29	11.0	WNW
2007	2/16	4.61	8.5	NNW
"	11/21	3.24	7.6	WSW

波水路において、不規則波を用いて縮尺 1/40 で実施した。堤体模型は図-3に示すように、一般部においては越波防止柵を設置するものとし、覆道部においては開口部を防波板で塞ぐことを想定した。護岸の法面勾配は 1:0.5、海底勾配は 1/15 とした。現地では護岸前面には消波ブロックが投入されているものの、覆道部ではブロック量が十分ではなく、一部区間では消波ブロックがほとんど散逸している箇所もあるため、安全性を考慮して覆道部は消波ブロックがない条件とした。なお、実験水位は、異常潮位を考慮して $\text{HHWL}=\text{TP}+1.1\text{m}$ とした。



(a) 一般部



(b) 覆道部

図-3 堤体模型

表-2 実験条件

実験条件	一般部		覆道部		
	現地	実験	現地	実験	
波浪条件 (50年 確率波)	周期 T_0	12.0s	1.90s	12.0s	1.90s
	波高 H_0	8.42m	19.5cm	8.42m	19.5cm
実験水深 h	2.2m	5.5cm	2.5m	6.25cm	
実験潮位 (HHWL)	+1.1m	+2.75cm	+1.1m	+2.75cm	
護岸脚部水深	-1.1m	-2.75cm	-1.4m	-3.5cm	
護岸天端高	+7.4m	+18.5cm	+7.4m	+18.5cm	
覆道天端高	-	-	+14.5m	+38.25cm	

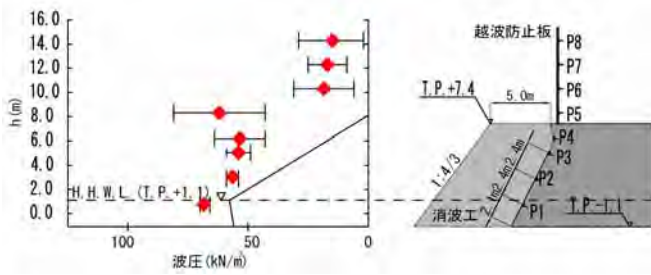


図-5 一般部の作用波圧の実験値

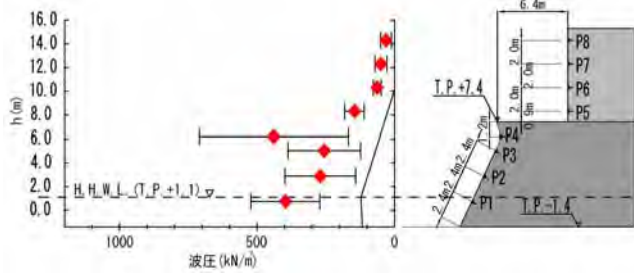


図-6 覆道部の作用波圧の実験値

(2) 波圧の測定方法

一般部の越波防止柵および覆道開口部の防波板に作用する波力を調べるため、設計波相当の不規則波を約 200 波作用させ、図-3 に示すように模型に取り付けた 8 個の波圧計により、500Hz で波圧を測定した。波圧測定は、同一条件で 10 回ずつ繰り返した。

なお、実験条件の一覧を表-2 に示す。

(3) 作用波圧

越波防止柵に作用する波圧分布を図-5 に、覆道部に作用する波圧分布を図-6 示す。横軸は、不規則波作用中の最大波圧であり、10 回の繰り返し実験の平均値と標準偏差を表示してある。

覆道開口部下端 (P5) で最大値 147kN/m² を示した。また、護岸法面 (P4) では 443kN/m² と大きな値となったが、波返し工の曲面形状がその要因であると考えられる。双方とも合田式による計算値と比較すると全般に実験値が上回っている。また、作用高さも合田式より大きいことが分かる。これは水深条件が小さいことと海底勾配が急なことが原因と考えられる。

4. 覆道開口部の越波対策

(1) 対策工の設計条件

覆道部においては、実際の越波の状況 (覆道頂版より上部まで打ち上がっている) より、開口部上端まで全てを閉塞する。また、越波防止板に作用する荷重は、50 年確率波による模型実験の結果を採用する。したがって、越波防止板の設計は、図-7 に示す設計波圧荷重として設計する。

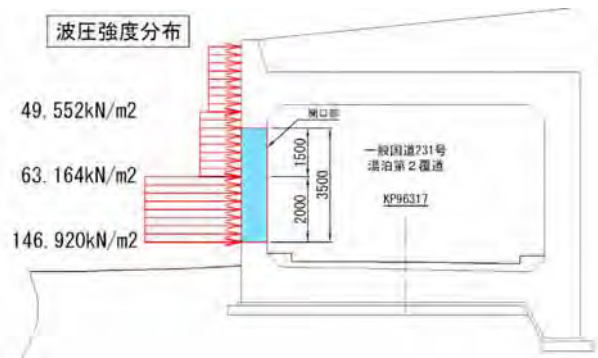


図-7 覆道部作用波圧分布

実験の結果による波圧強度は、50kN/m² 以上の非常に大きなものとなっており対策工には大きな耐力が必要となるが、覆道開口部を RC コンクリートなどで閉鎖すると覆道内部の照度が低下し、照明設備が必要となる。したがって、採光性の高い材料を使用することで照明設備の設置を免れ、経済的となる工法を検討することとした。これは、走行車両に与える圧迫感も低減されるなどの利点もあると考えられる。

以下に経済比較結果を示す。(LCC : 50 年)

経済比較表(32箇所当り)			単位:千円
	イニシャルコスト	ランニングコスト	トータルコスト
アラミド繊維シート	68,864	81,216	150,080
コンクリート+照明	56,390	173,850	230,240

このような条件の下、採光性を確保できる材料を設置することを基本とするが、それらの材料は耐力が比較的小さい。また、大きな波圧対策には剛性の大きい材料 (コンクリートなど) を使用することがこれまでの通例であった。しかし、波圧強度においては作用位置 (高さ) で大きな差があることから、すべてを同一対策工と考えずに、細分化した強度分布により、各断面 (高さ) における対策工の検討を行った。

(2) 対策工の比較検討

北海道内の国道には海岸覆道が 107 箇所あり、国道 4 路線、合計 15 箇所の海岸覆道において越波防止板が設置されている。設置材料の主なものは以下のとおりとなっている。

- ・RC コンクリート板
- ・デッキプレート
- ・ポリカーボネート板
- ・アラミドネット補強シート など

上記した使用実績のあるものを基本とし、波圧強度の大きい下部と小さい上部にわけて比較検討を実施した。

a) 開口部下部【波圧強度 ≥ 50 kN/m²】

- 第 1 案：鋼製 (デッキプレート)
- 第 2 案：プレキャストコンクリート (PC)
- 第 3 案：プレキャストコンクリート (RC)
- 第 4 案：場所打ちコンクリート

図-8 越波防止板の工法比較検討表

<p>第1案 防護ネット (高強力ポリエチレン)</p>		<p>【経済性】○ 1スパン(開口部)当り概算工事費(直接工事費) ライフサイクルコスト(50年) 16,667千円(4.09)</p> <p>【施工性】○ 二次製品であり施工性は良い。(約1.5ヶ月/32span)</p> <p>【施工実績(信頼性)】△ 試験施工的な実績はあるが、本設としての実績がなく信頼性にやや乏しい。</p> <p>【照度確保(路面輝度)】× 路面輝度 27.5 cd/m² ≧ 必要輝度 29.0(1.20) cd/m² …OUT!</p>
<p>第2案 鋼製越波防止板</p>		<p>【経済性】△ 1スパン(開口部)当り概算工事費(直接工事費) ライフサイクルコスト(50年) 53,598千円(13.15)</p> <p>【施工性】○ 二次製品であり施工性は良い。(約1.5ヶ月/32span)</p> <p>【施工実績(信頼性)】○ 施工実績はあり、信頼性は比較的高い。</p> <p>【照度確保(路面輝度)】× 路面輝度 15.5 cd/m² ≧ 必要輝度 29.0(1.20) cd/m² …OUT!</p>
<p>第3案 アラミド繊維補強シート</p>		<p>【経済性】◎ 1スパン(開口部)当り概算工事費(直接工事費) ライフサイクルコスト(50年) 4,076千円(1.00)</p> <p>【施工性】○ 二次製品であり施工性は良い。(約1.5ヶ月/32span)</p> <p>【施工実績(信頼性)】◎ 寒地土木研究所での実験・開発を経た材料で、施工実績も多く信頼性は高い。</p> <p>【照度確保(路面輝度)】○ 路面輝度 38.5 cd/m² ≧ 必要輝度 29.0(1.20) cd/m² …OK!</p>

b) 開口部上部【波圧強度<50kN/m²】

第1案: 防護ネット(高強力ポリエチレン)

第2案: 鋼製越波防止板

第3案: アラミド繊維補強シート

c) 比較検討結果

下部構造は、「場所打ちコンクリート」が経済的で剛性も大きく有利である。また、上部構造は、以下のことから「アラミド繊維補強シート」を採用する。

- ・ライフサイクルコストで大きく有利
- ・寒地土木研究所での開発・実験を経ており信頼性が高い
- ・施工実績が多い

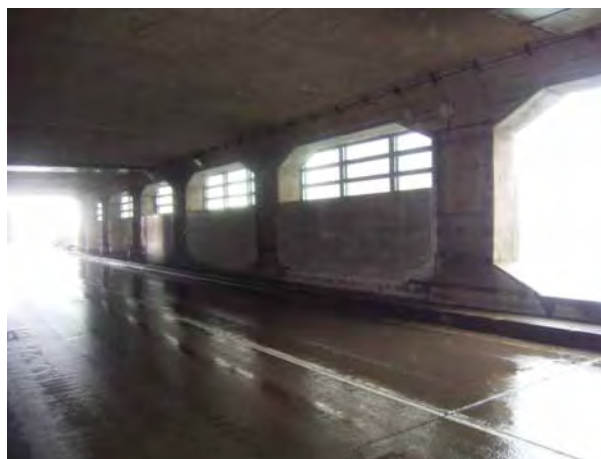


写真-3 施工後の覆道防波板の状況

- ・工場製作による二次製品であり品質が良好で施工性も問題ない

よって、「場所打ちコンクリート（下部）＋アラミドネット補強シート（上部）」を採用した。施工後の状況を写真-3に示す。

5. 主要な結論

本報告により明らかとなった事項は以下のとおりである。

- ①海岸道路の沿岸部のような堤脚水深の浅い場所での越波による波圧は、水理模型実験の結果、合田式による波圧強度より大きな波圧が作用することを想定する必要がある。
- ②一般的には最大波圧により一構造物に対して同一対策工とすることが通例であったが、波圧強度分布を詳細に把握し各段での対策検討を実施することも必要であると考える。
- ③覆道開口部における越波対策工は、開口部上方などに光透過性の大きい材料を使用することで、照明設備が不要となるなど維持管理費の削減につながり、ライフサイクルコストに寄与できる。

謝辞：本実験および対策工の検討を実施、とりまとめるにあたり有益な御指導および御助言を賜りました室蘭工業大学 木村教授、その他関係者の方々にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。また、本事業の遂行に向けて円滑に業務を実施いただいた株式会社開発工営社にも感謝いたします。

6. 参考文献

- 木村克俊・安田佳乃子・山本泰司・梅沢信敏・清水敏晶・佐藤隆(2001)：道路護岸における越波による通行障害とその対策について，海工論文集，第 48 巻，pp. 756-760.
- 木村克俊・古川諭・山本泰司・吉野大仁(2006)：海岸覆道用防波板の高波による被災特性とその再現実験，海工論文集，第 53 巻，pp. 871-875.
- 巽治・小野俊博・三田村浩・今野久志・岸徳光(2005)：アラミドネット補強シートを用いた越波防止柵の開発，平成 16 年度土木学会北海道支部論文報告集，第 61 号，IV-5.