

冬季高波浪による滑川漁港海岸における 波浪・飛礫災害に関する現地調査

FIELD SURVEY OF COASTAL DISASTER CAUSED BY WINTER HIGH
WIND-WAVES AND WAVES-CARRIED GRAVELS AT NAMERIKAWA
FISHERY-PORT COAST

吉田吉治¹・林勇希²・米澤亮太³・代田敦士⁴・岩田好一朗⁵

Yoshiharu YOSHIDA, Yuki HAYASHI, Ryota YONEZAWA, Atsushi SHIROTA, Koichiro IWATA

¹ 正会員 工修 中部大学講師 工学部都市建設工学科 (〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200)

² 工学 富山県農林水産部森林政策課 整備班・主任 (〒930-8501 富山県富山市新総曲輪 1-7)

³ 正会員 工学 アサヒエンジニアリング(株) (〒432-8001 浜松市西区西山町 1831-4)

⁴ 正会員 工学 (株)タマディック (〒169-0072 東京都新宿区大久保 2-5-20 シテイプラザ新宿 301)

⁵ フェロー 工博 中部大学教授 工学部都市建設工学科 (〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200)

On 24th in February, 2008, an extraordinary high winter wind-waves attacked Toyama-bay area, which caused severe coastal disasters claiming 2 human lives and total damage amount of money more than 100 million yen over the coast. The purpose of this study is to survey damages of coastal protection works and windbreak forest protected with steel-fence constructed behind the coastal-dike at Namerikawa fishery-port coast. The field measurement revealed that offshore breakwaters were 2m lowered and several heavy rocks up to 1tf were overtopped the 1m high parapet and collided against protective steel-fences. The high wind-waves and its-carried gravels from foreshore were overtopped the coastal-dike and attacked the windbreak forest as far as 48m distance from the seaside steel-fence. Gravels more than 40kgf as well as less than 30kgf were revealed to attack the windbreak forest and fall down many young pine trees. The distribution of wave-carried gravels and their weights in the windbreak forest were measured and damage magnitudes of the windbreak forest with steel-fence are discussed.

Key Words: Field survey, Namerikawa fishery-port coast, Wave and gravels-caused coastal disaster, Windbreak forest, Destruction of steel windbreak fence, Wave-driven heavy rocks, Fall-down of rearing young trees

1. はじめに

平成 20 年 2 月 24 日, 冬季高波浪により富山湾沿岸部では甚大な高波災害が生じた。特に東部海岸の被災は甚大であり, 芦崎地区で 1 名の尊い命が失われると同時に, 住家被害や船舶・車両など被害総額約 34 億円に達する海岸災害が生じた¹⁾。当日, 滑川漁港海岸では, 高波浪による離岸堤やボックスカルバートの被災, 海岸堤防を乗り越えた巨礫による防護柵の被害に加え, 風波により多量の礫が前浜から飛散して海岸堤防背後に建設されている防風柵・防風林に激突して防風柵の損傷・破損および育成中の松木の倒壊などの波浪・飛礫災害も発生し, 総額約 3.5 億万円の被災額を出したが, その被災状況についてはほとんど報告されていない。筆者らは, 滑川漁港海岸で発生した巨礫の移動に伴う海岸保全施設

の被害及び波浪・飛礫による海岸堤防背後の防風林の被災に注目して調査を行ったので, その概要を報告するものである。

2. 現地調査

(1) 調査地点

滑川漁港海岸は, 図-1 に示すように, 富山湾のほぼ中央部に位置する。滑川漁港海岸の海底勾配は約 1/7 の急勾配であり, この急勾配斜面上に緩勾配海岸堤防(天端高: +5.5m 及び +4.5m) が構築され, その沖合には消波ブロック離岸堤(天端高: +2.5m) が 2 列配置されている(図-2 と図-3 参照)。図-2 に示すように, 海岸堤防法先の一部は狭い礫前浜であるが, 残りは礫浜がなく根固工が施工されてい

る。海岸堤防背後には、図-3 に示すように、飛塩や飛砂から住宅地や田畑を護るために防風林が設置されており、その沿岸方向距離は約 130m である。

この滑川漁港海岸における沖波は 1/30 年確率波で、 $H_{1/3}=5.3\text{m}$ 、 $T_{1/3}=10.1\text{s}$ 、そして海岸保全施設の設計波高は $H_{1/3}=4.8\text{m}$ である。

(2) 調査方法と解析方法

現地調査は、平成 20 年 3 月 27 日の予備調査の後、

4 月 5 日、25 日と 30 日の 3 回に亘り行った。現地調査では、海岸保全施設の波による被災状況、巨礫や根固ブロックの移動状況及び越波と飛礫による防風柵・防風林の被災状況調査を行った。特に、防風

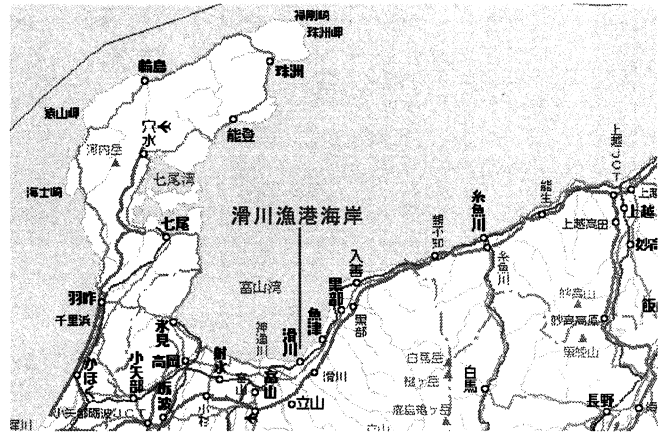


図-1 滑川漁港海岸の位置

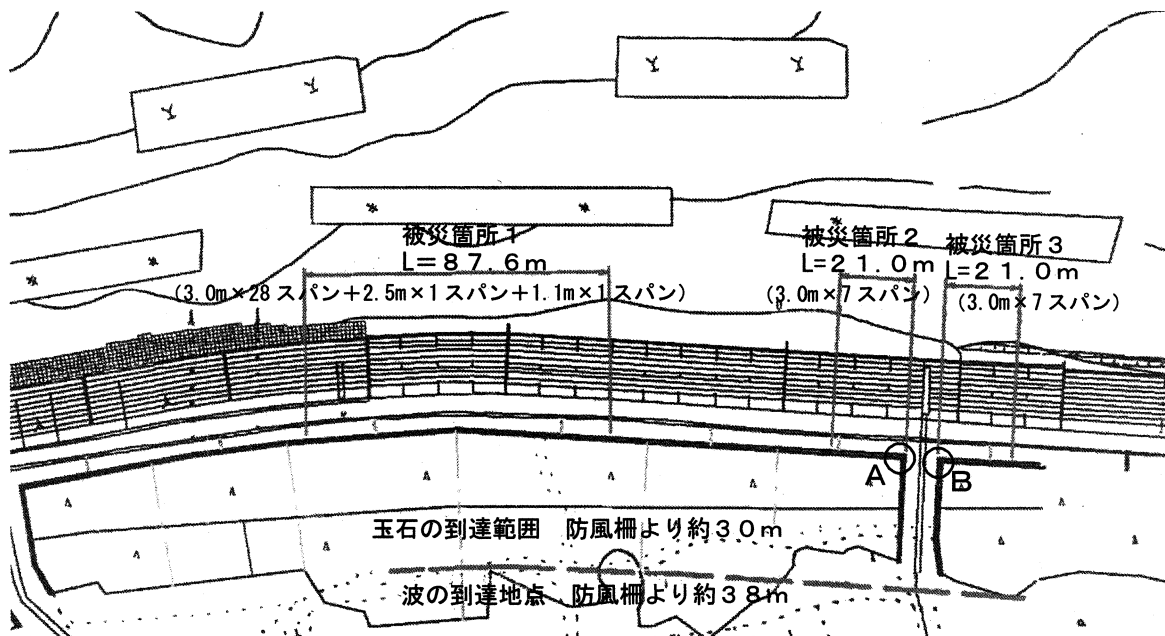


図-2 滑川漁港海岸の海岸保全施設の平面配置

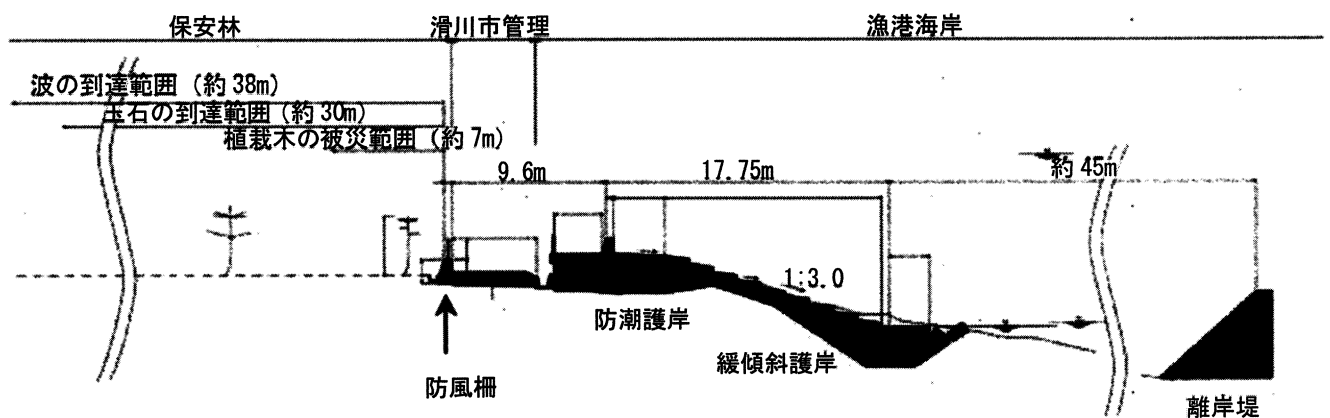


図-3 滑川漁港海岸における海岸堤防と防風林の代表的な縦断面

林の防風柵の破損と育成中の松木の損傷状況及び防風林に飛散した礫の分布と礫重量に注目して調査を行った。現地調査で使用した機材は、50mエスロンテープ、mm目盛付3m金尺、光学レベルと標尺、バネ秤(2kg、5kg、10kg及び20kg)と光学写真機であった。

海岸堤防に作用する高波浪の越波状況と海岸堤防パラペット前面での流速場を「CADMAS-SURF」を使い数値計算で検討すると共に、海岸堤防パラペットを乗り越えた巨礫や根固ブロック及び多量の小さな礫の移動限界波力について考察した。

3. 調査結果とその考察

(1) 高波浪による海岸災害の概要

2008年2月24日に来襲した冬季高波浪の大きさについては、川崎ら(2008)¹⁾や間瀬ら(2008)²⁾らにより検討されているが、その後の被災状況解析により滑川漁港海岸では周期 $T_{1/3}=14$ 秒、被災波高 $H_{1/3}=10.7$ mの波が来襲したと推定されている。このことから、当日、海岸保全施設の設計波高 $H_{1/3}=4.8$ mの2倍以上の極めて大きな波高が来襲したことが、今回の海岸災害を引き起こしたと指摘できる。

海岸保全施設の被害としては、海岸堤防本体の被災が殆ど発生しなかったものの、消波ブロック離岸

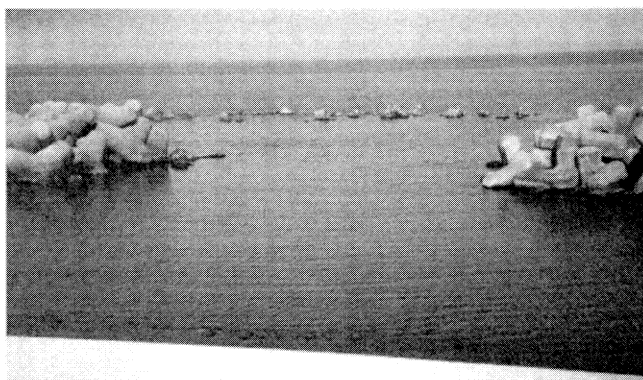


写真-1 沖側離岸堤の天端沈下

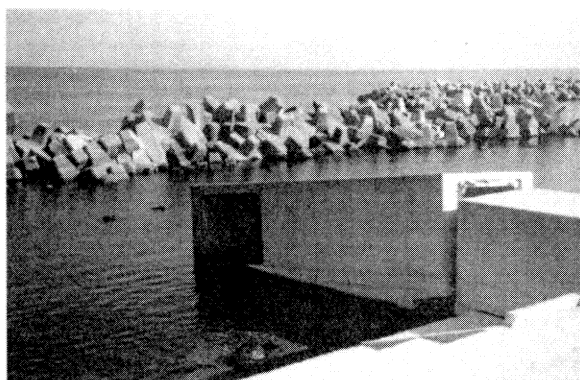


写真-2 ボックスカルバートの被災

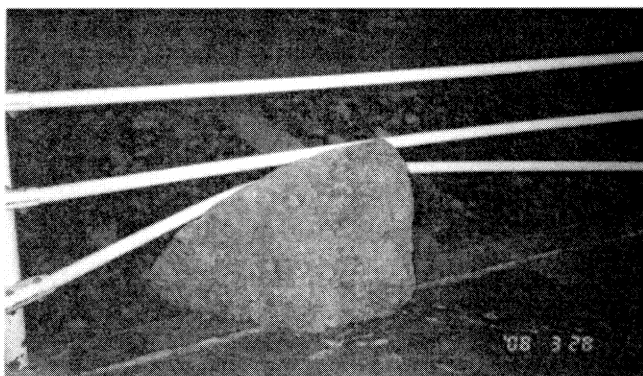


写真-3 巨礫(重量0.37t)の防護柵への激突

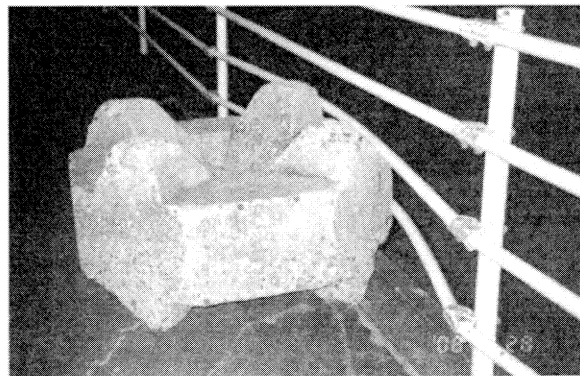


写真-4 被覆ブロック(重量1t)の激突

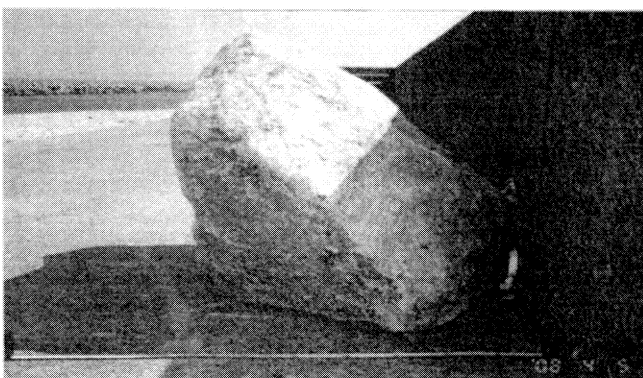


写真-5 パラペットを越えなかった巨礫(重量1t(推定))

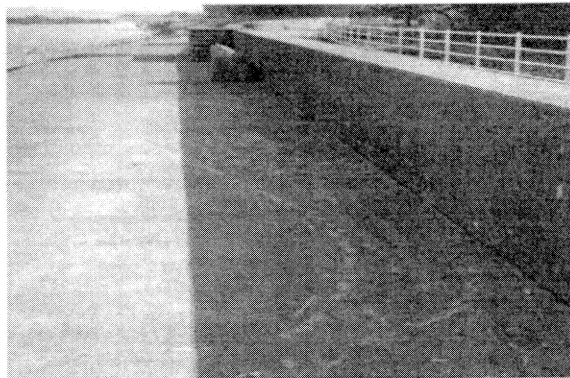


写真-6 巨礫(重量1t(推定))の移動痕跡

堤の消波ブロックの散乱に伴う天端の 2m 低下 (写真-1 参照), 内水排水用ボックスカルバートの崩壊 (写真-2 参照) 及び 1t の被覆ブロックと 0.37 t の巨礫の移動に伴う管理用通路の防護柵の被害などが認められた。特徴的な甚大な被害は, 海岸堤防背後に設置された防風林の防風柵の破損と育成中の松木の倒壊であった。本論では, 以下, 巨礫の移動による被害と海岸堤防を越えた波と飛礫による防風林の被害について述べる。

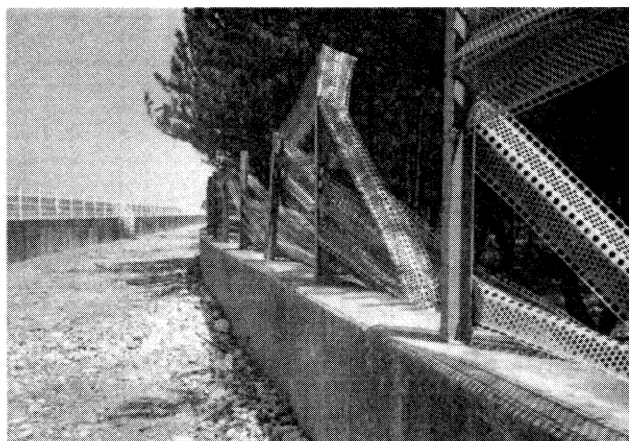


写真-7 防風柵ネットの破断

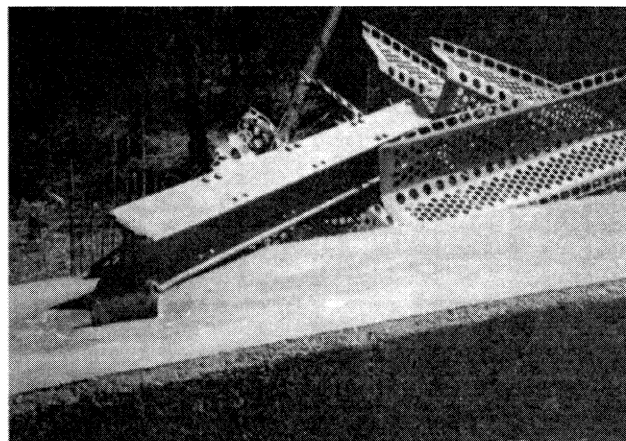


写真-8 根元から折れた鋼製支柱



写真-9 松木に残る直撃礫痕



写真-10 防風林に飛来した礫群

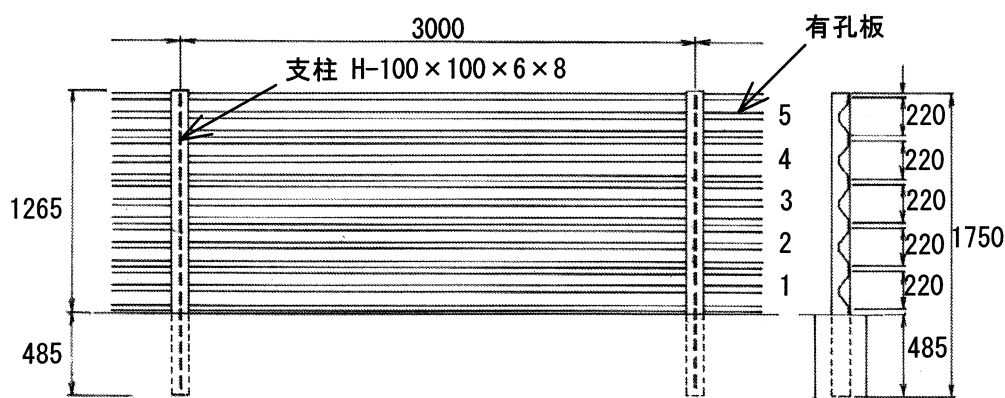


図-4 防風柵の形状と寸法 (mm)

(3) 飛礫による防風柵の被害および飛礫重量

波浪と礫が海岸堤防を越えて防風林に激突し、防風柵と防風林に甚大な被害が生じた（写真-7～写真-10 参照）。飛礫の到達した範囲と飛礫の重さの調査を4月5日に行ったが、被災を受けた2月24日から約1ヶ月経過している。その間、防風林に飛散した多量の礫が人間の手により移動され、被災当時の状況と異なったのかどうかは不明であるが、後述の図-5と図-6の飛礫の分布状況と飛礫の重量は4月5日の計測値である。

a) 鋼製防風柵の被害

防風柵は鋼製支柱と鋼製ネットで構成されており、その寸法は図-4に示すように、高さ1.265m、支柱間隔は3mである。波浪と飛礫による防風柵の被災総延長は約255mであり、防風柵の被害は、①ネットが凹む、②支柱やネットが傾く、③ネットが破断し支柱も傾斜する（写真-7参照）および④支柱が根元で切断されてネットが飛ばされる（写真-8参照）の4形態であり、被害甚大な形態④が3箇所が発生したことが認められた（図-5の×印）。なお、鋼製支柱の曲げ破壊強度は $245\text{N}/\text{mm}^2$ である。また、破断された防風柵（被災形態③と④）は、図-5と図-6に示すように、高フェンス部で約120m、

低・高フェンス部（東側）で約10mであった。なお、図-5の横軸（沿岸方向距離）0mおよび図-6の116mは、それぞれ図-2のA地点（被災箇所2の東端）およびB地点（被災箇所3の西端）を示している。

b) 飛礫の飛散状況と礫の重量

飛礫は、防風柵支柱の折損箇所（図-5の×印）の近傍では、47m陸域に達していた。破損のない防風柵背後では、6m～10m陸域まで飛礫が点在していた。

防風柵背後の防風林に飛来した礫の到達範囲（推定：図中――（破線））とその範囲内での最大重量 W_m および礫飛来先端地点での礫重量を図-5、図-6に示している。特に、持参したバネ秤（最大で40kgf計測可能）で計測できない重い礫が多く直撃していることが判明し、防風柵の支柱が根元から折れ曲がり破断した箇所（図-5の×印）の防風柵前面や背後の防風林には40kgfより重い礫の点在が認められた。一方、破損がない防風柵背後の防風林には高々2.2kgf～5kgfの軽い玉石（礫）のみが認められ、大きな越波と重い飛礫が激突した防風柵には激しい破損が生ずると共に、育成中の松木が幹から折れる被災も相当数認められた（写真-9と写真-10参照）。

防風林に重い礫が飛んできた箇所は、汀線に礫前浜があり、岸側離岸堤の開口部に対応する海岸堤防

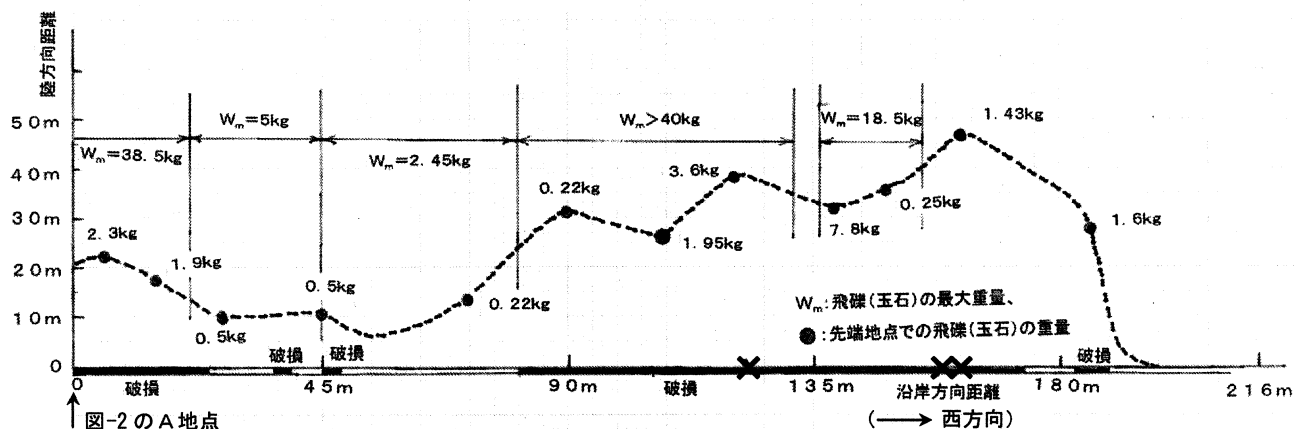


図-5 高フェンス部（西側）における、飛礫の到達範囲と飛礫の最大重量 W_m と先端地点での飛礫の重量

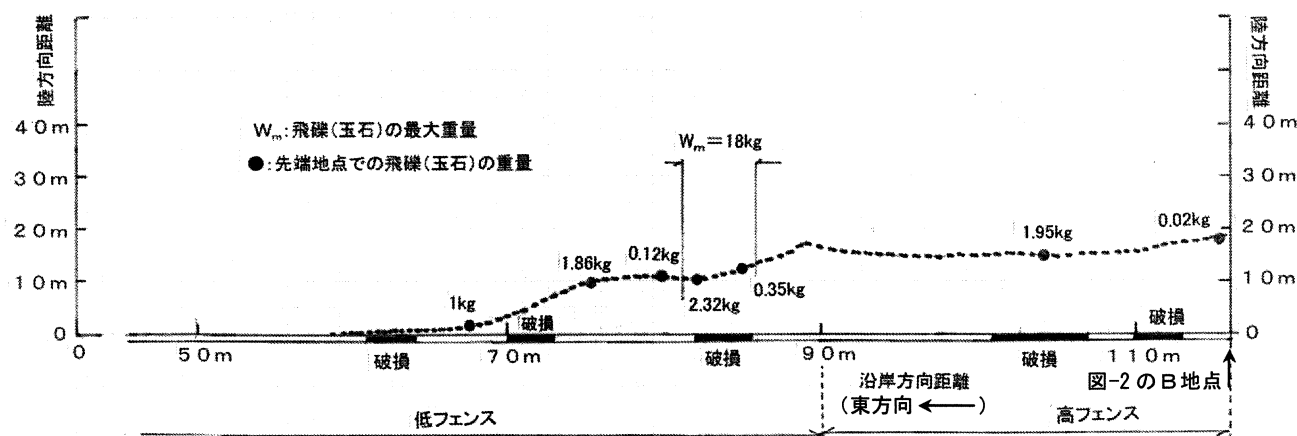


図-6 低・高フェンス部（東側）における、飛礫の到達範囲と飛礫の最大重量 W_m と先端地点での飛礫の重量

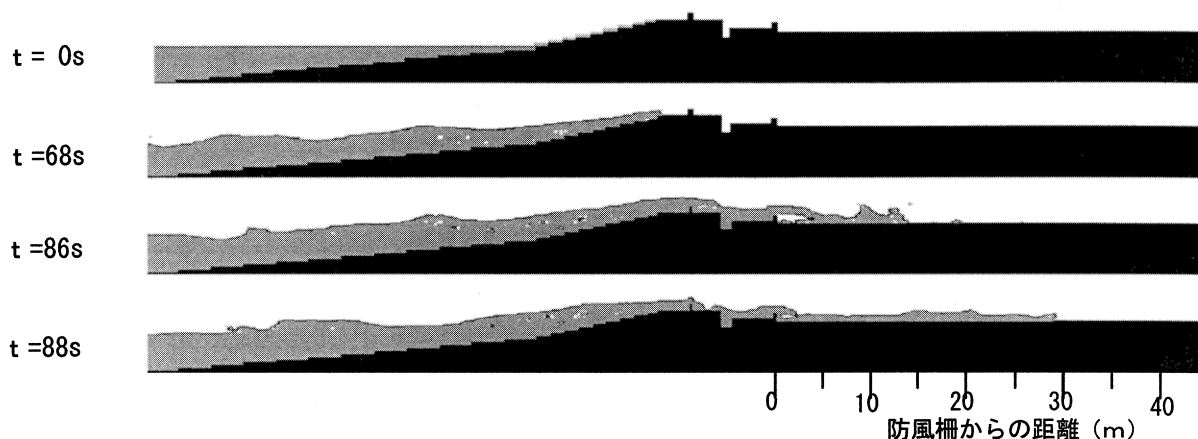


図-7 越波状況の数値計算

の背後領域であった。しかし、岸側離岸堤の遮蔽域に対応する海岸堤防の背後領域では、防風柵中央部に凹みが生じている箇所は多いものの、防風柵の破断などの大きな被害は生じていないこと、また、海岸堤防堤脚部に根固めブロックが施工されている海岸堤防の背後領域の防風柵には殆ど被害が発生していないことも認められた。(図-2 参照)

(4) 海岸堤防の越波と礫の移動に関する考察

高波浪が海岸堤防を越波して防風林を直撃した状況を「CADMAS-SURF」³⁾を使用して検討する。図-7は、離岸堤天端が海面まで沈下し、そこに推定被災波浪(波高10.7m、周期14秒)が海岸堤防を直撃する条件下で数値計算した越波状況を例示したものである。同図より、海岸堤防を越波した波が防風林に達して陸域38m地点に到達した状況はかなり近似していることが確認できる。数値計算によれば、本論では図示しないが、最大流速は緩勾配海岸堤防の法先部で約5~10m/s、パラペット前面部で約7m/s~10m/s、パラペット天端部では約9~14m/sと推測された。移動した礫には慣性力が作用せず、抗力 F_D あるいは揚力 F_L

$$F_D = \frac{1}{2} C_D A U^2, \quad F_L = \frac{1}{2} C_L A U^2 \quad (1)$$

(C_D : 抗力係数, C_L : 揚力係数, A : 作用断面積, U : 流速)

のみが作用したことが判明し、さらに、上記の最大流速(5m/s~14m/s)は礫の移動限界流速約3~5m/s⁴⁾を充分超えることが認められた。このことより、重量370kgf~1tf(推定)の巨礫が移動した状況、また重量40kgf程度の礫が波と共に防風林を直撃した状況が、「CADMAT-SURF」から

求まる流速場を使用すれば概略説明できることが判明した。

4. おわりに

筆者らは、平成20年2月24日の冬季高波浪により滑川漁港海岸で発生した飛礫災害について、4月5日、25日と30日の3回に亘り調査を行い、その調査概要をここに報告した。

現地では、飛礫は陸域47mに達している箇所があったとともに、防風林内には40kgfを超える重い礫が飛来していた。これらにより防風柵および防風林に生じた被災の箇所とその程度は、前浜の状況、あるいは離岸堤との位置関係に、密接な関連をもっていることが推察された。

なお、この礫の移動機構、あるいは波による飛礫の限界重量などについては、継続して検討しており、稿を改めて別の機会に報告する予定である。

参考文献

- 1) 川崎浩司・水谷法美・他：富山県東部海岸における2008年2月高波による被害調査，海岸工学論文集，第55巻，pp.151-155，2008.
- 2) 間瀬 肇・安田誠宏・他：富山湾沿岸に災害をもたらした2008年2月冬季風浪の予測と追算シュミュレーション，海岸工学論文集，第55巻，pp.156-160，2008.
- 3) (財)沿岸開発技術研究センター：数値波動水路の研究・開発，沿岸開発技術ライブラリー，No.12，2001.
- 4) 代田敦士：滑川漁港海岸における礫の移動に関する考察，中部大学工学部都市建設工学科卒業論文，2009.