

越波被害の実態に関する全国調査

NATIONWIDE SURVEY ON DAMAGES DUE TO WAVE OVERTOPPING

加藤史訓¹・笠井雅広¹・佐藤慎司²・今村能之³

Fuminori KATO, Masahiro KASAI, Shinji SATO and Yoshiyuki IMAMURA

¹正会員 工修 建設省土木研究所河川部海岸研究室 (〒 305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

²正会員 工博 建設省土木研究所河川部海岸研究室 (〒 305-0804 茨城県つくば市旭 1 番地)

³正会員 工修 建設省河川局防災・海岸課海岸室 (〒 100-8944 東京都千代田区霞ヶ関 2-1-3)

Damages due to wave overtopping were investigated through a nationwide questionnaire distributed among regional construction bureaus and local governments. Wave overtopping in recent 7 years was found to be reported at more than 250 coasts facing open sea as well as inner bay. In addition to the tangible damages of flooding and destruction of coastal structures, wave overtopping also causes serious damages of salt invasion to land and traffic interruption, which were not included in conventional cost-benefit analysis. The relationship between the damage level and the strength of wave overtopping was investigated, revealing high correlation for coastal structure destruction and low for salt invasion.

Key Words: wave overtopping, coastal structures, salt invasion, traffic interruption

1. はじめに

近年, 我が国の公共事業には, その意志決定過程における透明性および客観性の確保, 効率性の一層の向上が求められている. そのような社会的要請への対応の一つとして, 個々の事業の経済性を費用便益分析により客観的に評価する手法があり, 道路や河川といった各事業毎にその確立が急がれている. 海岸事業においても, 海岸四省庁により平成 8 年に提示された費用対効果分析手法¹⁾に基づいて評価が試みられている.

海岸保全事業は高潮対策事業と侵食対策事業に大別される. このうち, 高潮対策事業の便益の算定はこれまで浸水被害のみを対象としている. 浸水を伴わない越波被害は, 浸水被害に比べ高い頻度で生じているものと考えられるが, その防止効果の評価手法は確立していない. その理由の一つとして, 越波による被害の実態が明らかにされていないことがある.

鈴木ほか (1994)²⁾は越波による護岸の被災と越波量との関係を現地事例を解析して明らかにした. しかし, 越波の被害は護岸だけでなく背後地でも生じることから, 越波防止便益の算定にあたっては背後地での被害も含めた考察が必要である.

以上のことを踏まえて, 本研究では, 越波防止効果の評価手法の検討のため, 背後地での被害を含めた越波に

よる被害に関して全国的な実態把握を行い, 越波形態と被害との関係について解析を行った.

2. 調査方法

延長 16,273km の建設省所管海岸における平成 3 ~ 9 年度の越波事例について, その年月日, 場所, 海岸構造物の形状, 気象要因, 背後地の利用状況, 被害状況を, 地方建設局および都道府県に対するアンケート調査により収集した. 地方建設局や都道府県では, 現場事務所の資料をもとに回答作業が行われた. 越波があった海岸毎に越波の履歴を図-1 に示す調査表に書き込むこととし, 越波がなかった海岸は対象外とした. 越波時の写真がある事例については, その写真を用いて宇多ほか (1991)³⁾に基づいて越波形態の分類を行った.

越波の履歴									
全 体 (越波調査 日/年)					調査年度・地方建設局				
調査番号	年月日	場所	海岸構造物	外力	越波直後の背後地の利用状況	越波による被害	越波写真	越波写真	越波写真
1			護岸 防波堤 消波工等						
2			護岸 防波堤 消波工等						
3			護岸 防波堤 消波工等						

図-1 調査表

3. 越波の発生状況

図-2は、平成3～9年度に一度でも越波があった海岸の数を各沿岸別に集計したものである。この間に全国252海岸で越波があった。越波があった海岸は、太平洋側では日高胆振沿岸や下北八戸沿岸、常磐沿岸、熊野灘沿岸、土佐湾沿岸で比較的多く、日本海側では津軽沿岸や新潟沿岸が多かった。また、陸奥湾や瀬戸内海、有明海のような内湾に面した沿岸でも越波があった海岸が多かった。このことから、越波は全国的に生じていたことがわかる。

図-3は、越波があった海岸で一年間に越波が生じた日数の平均値の分布を示したものである。越波頻度は年間当たり1日未満が85海岸、1日以上2日未満が82海岸と多く、92%の海岸で4日未満であった。その一方、年間当たり10日以上の越波頻度の海岸が6海岸あった。以上のことから、ほとんどの海岸では越波は年数回程度の頻度で生じていたことがわかる。

図-4は、各沿岸区分における越波頻度の最大値を示したものである。越波頻度が高い海岸は、五島沿岸では大平海岸（長崎県）で年30日、常磐沿岸では木崎海岸（福島県）で年20日、玄海響灘沿岸では大原海岸（福岡県）で年20日、陸奥湾沿岸では青森海岸（青森県）で年15日などであった。このような越波頻度が高い海岸は同じ沿岸の他の海岸に比べて越波頻度が突出しているため、最大越波頻度が大きい沿岸の分布に特徴は見られない。

4. 越波被害

越波による被害については、自由回答形式でアンケート調査を行ったため、その集計にあたっては用語の整理が必要となった。そこで、越波による被害を、海岸構造物被災、家屋破損、道路破損、浸水、飛沫、砂礫の打ち上げ、塩害、通行規制の8つのキーワードで分類した。また、越波しても被害がない事例については別途集計した。

図-5は、被害形態に関して報告があった475の越波事例における各被害形態の発生率を示したものである。なお、1回の越波事例において複数の形態の被害が同時に生じている事例もある。各被害形態の発生率は、浸水が28%と最も高く、塩害や海岸構造物の被災、通行規

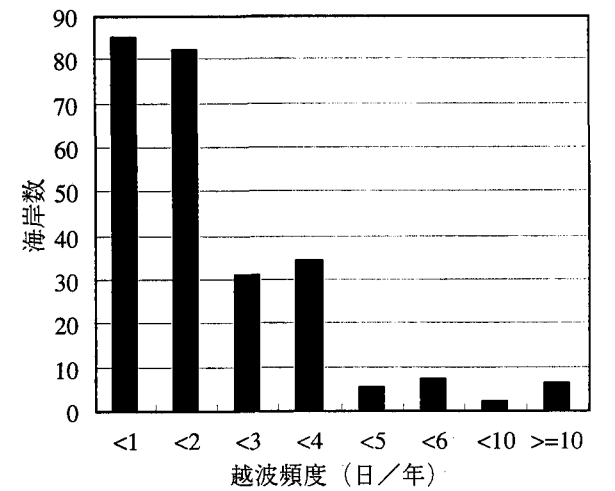


図-3 越波頻度

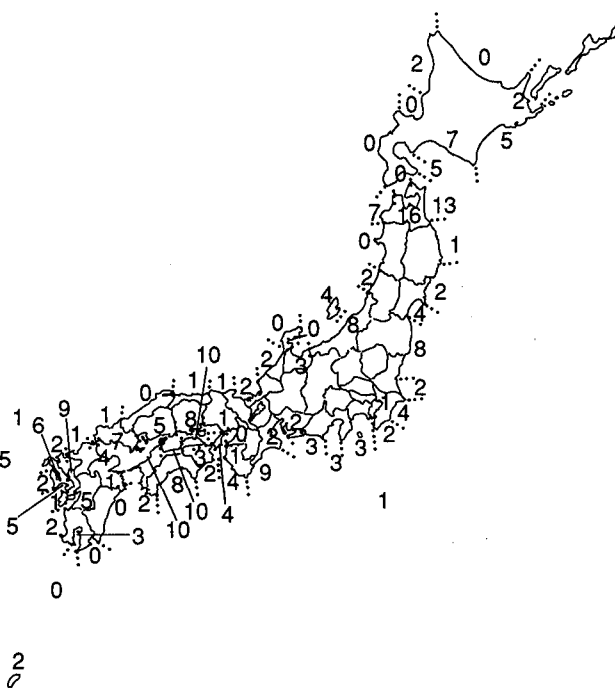


図-2 各沿岸の越波事例のある海岸数

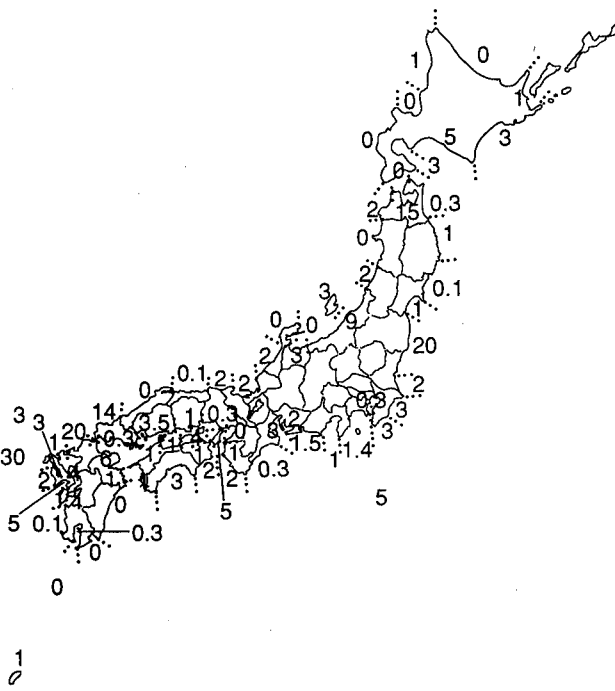


図-4 各沿岸の最大越波頻度

制が20%前後であった。砂礫の打ち上げの発生率は12%で、家屋破損や飛沫、道路破損の発生率は10%以下であった。また、越波しても被害がない事例が全越波事例の10%あった。以上のことから、これまで越波防止便益の評価対象となっていなかった塩害や通行規制が、浸水や海岸構造物の被災と同程度の頻度で生じていたことがわかる。よって、越波防止便益の評価に際しては、塩害や通行規制についてもその対象に加えるべきだと考えられる。

図-6は各沿岸区分における各被害形態の事例数を示している。海岸構造物の被災は日高胆振海岸で突出して多く報告されているほか、九十九里浜沿岸や熊野灘沿岸など太平洋側の沿岸で比較的多かった。家屋破損は橘湾沿岸で多く報告されている。道路破損は新潟沿岸と富山沿岸でのみ報告されている。浸水は伊予灘沿岸や燧灘沿岸、岡山沿岸などの瀬戸内海の沿岸で多いほか、北海道の太平洋側や仙台湾沿岸などでも報告数が多かった。飛沫は陸奥湾沿岸が、砂礫の打ち上げは有明海沿岸がもっとも多かった。塩害は讃岐阿波沿岸や下北八戸沿岸が多く、通行規制は陸奥湾沿岸や讃岐阿波沿岸、豊前豊後沿岸、遠州灘沿岸が多かった。また、鹿島灘沿岸や佐渡沿岸のように、越波はあるものの被害がほとんどない沿岸もあった。

越波防止便益の評価対象として検討すべきであると考えられる塩害と通行規制について、それらの実態をさらに考察する。

図-7は、塩害の具体的な内容が明記されていた60の越波事例について、その被害を家屋被害、農作物被害、樹木被害、洗濯物の4つに分類して、それぞれの事例数を示したものである。この図から、塩害の中でもっとも多いのは錆の発生などの家屋被害で、樹木や農作物の被害も2割程度の事例で生じていたことがわかる。

表-1は、駿河湾沿岸の静岡海岸と遠州灘沿岸の御前崎海岸での通行規制の事例を示している。静岡海岸では、交通量が多い国道150号において通行止めが生じていた。1日の交通量が1万台を超える道路での通行規制は、静岡海岸のほか全国7海岸で生じていた。また、御前崎海岸では、年1回以上の頻度で数時間から数十時間にわたる通行止めが生じていた。写真-1は平成9年7月26日の御前崎海岸での越波状況を示しているが、道路を横切って波が打ち上がっていたことがわかる。

5. 越波被害と越波形態との関係

越波被害を軽減するための海岸保全施設の計画手法の一つとして、背後地の土地利用状況に応じて許容越波量を定め、これに基づいて施設の効果を評価する手法がある。しかし、宇多ほか(1991)が指摘しているように、同程度の越波量であっても、越波状況の違いにより被害

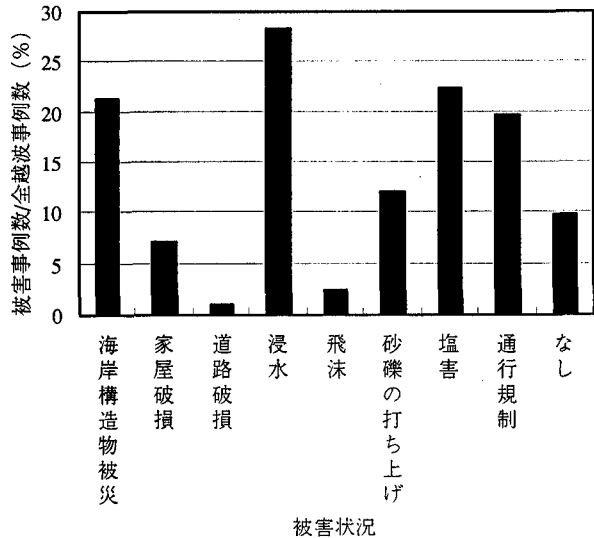


図-5 各被害事例の発生率

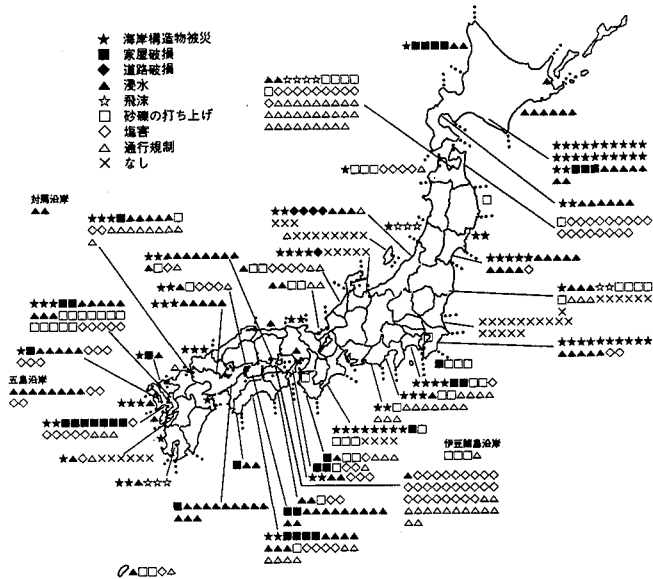


図-6 各沿岸での被害

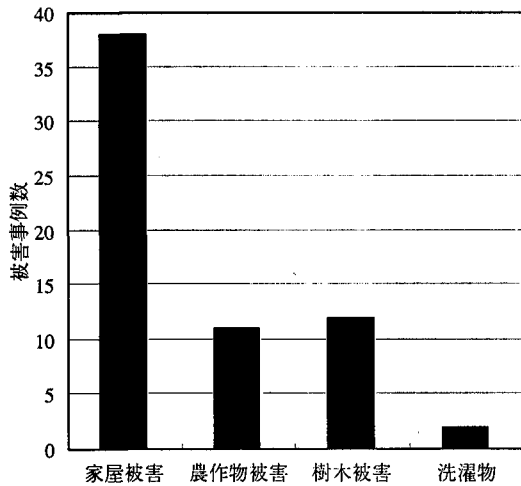


図-7 塩害の内訳

表-1 通行規制の事例

沿岸名	海岸名	年/月/日	道路名	交通量	規制内容	規制時間
駿河湾沿岸	静岡海岸	3/9/9	国道150号	13,995台/12h	通行止	9時間
駿河湾沿岸	静岡海岸	3/10/11-12	国道150号	13,995台/12h	通行止	30時間
駿河湾沿岸	静岡海岸	7/9/17	国道150号	13,995台/12h	通行止	6時間
駿河湾沿岸	静岡海岸	9/9/19	国道150号	13,995台/12h	通行止	3時間
遠州灘沿岸	御前崎海岸	3/9/8	県道佐倉御前崎線	2,210台/日	通行止	20時間
遠州灘沿岸	御前崎海岸	3/9/19	県道佐倉御前崎線	2,210台/日	通行止	18時間
遠州灘沿岸	御前崎海岸	3/10/10	県道佐倉御前崎線	2,210台/日	通行止	17時間
遠州灘沿岸	御前崎海岸	7/10/10	県道佐倉御前崎線	2,210台/日	通行止	15時間
遠州灘沿岸	御前崎海岸	8/9/22	県道佐倉御前崎線	2,210台/日	通行止	4時間
遠州灘沿岸	御前崎海岸	9/6/20	県道佐倉御前崎線	2,210台/日	通行止	19時間
遠州灘沿岸	御前崎海岸	9/6/28	県道佐倉御前崎線	2,210台/日	通行止	7時間
遠州灘沿岸	御前崎海岸	9/7/26	県道佐倉御前崎線	2,210台/日	通行止	21時間
遠州灘沿岸	御前崎海岸	9/9/3	県道佐倉御前崎線	2,210台/日	通行止	13時間
遠州灘沿岸	御前崎海岸	9/9/18	県道佐倉御前崎線	2,210台/日	通行止	19時間

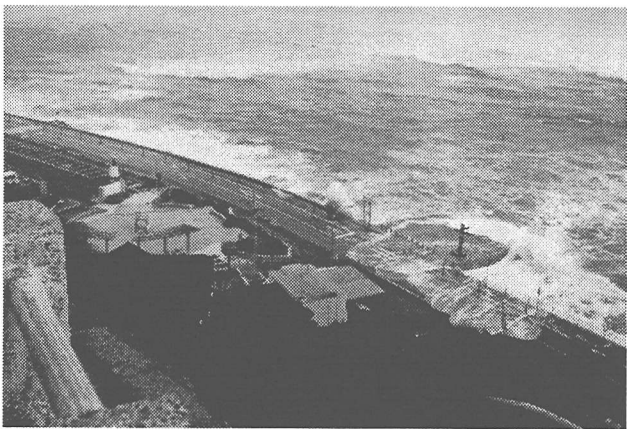


写真-1 御前崎海岸での越波（平成9年7月26日）

は異なるはずである。そこで、越波被害と越波形態との関係を考察した。

図-8は宇多ほか（1991）の越波形態の分類を整理したものである。越波形態は飛散型と越流型に大別される。飛散型は入射波浪がのり面に衝突して上方に跳ね上がり、水塊が飛散しつつ越波するものである。越波量はタイプⅠ、タイプⅡ、タイプⅣの順に大きくなる。タイプⅢはタイプⅠ、Ⅱと同様の水の跳ね上げが強風時に生じるものである。一方、越流型はのり面上の遡上波が越流するかのように越波するものであり、水の跳ね上げを生じうるパラベットや小段の有無でさらに分類している。本研究では、同様の分類で越波時に撮影された写真から越波形態を判別した。

図-9は、各越波形態の事例数を示している。越波形態を判断できたのは205事例である。この中ではタイプⅠとⅡが多く、両者を合わせると越波事例の約75%を占めていた。また、越流型の事例は飛散型に比べ少なく、タイプⅤとⅥを合わせて25事例であった。

図-10は、各越波形態別に、8つの被害形態の発生率と越波しても被害がなかった事例の割合を示したものである。海岸構造物の被災や家屋破損、砂礫の打ち上げ、通行規制は、飛散型の中では越波が激しいタイプほど発

生率が高くなっていた。越流型の越波については、海岸構造物の被災や砂礫の打ち上げの発生率が飛散型に比べ高いが、家屋破損や通行規制の発生率は同程度もしくは低くなっていた。一方、飛沫や塩害は越波量が少ないタイプⅠで発生率が高かった。これは、越波が激しい場合、他の被害形態の方が問題となることが多いため報告事例が少なかったためと考えられる。浸水は、いずれの越波タイプでも20%以上の発生率であった。また、タイプⅣよりタイプⅡの方が浸水の発生率が高かったことから、必ずしも越波が激しければ生じやすいとは限らないと考えられる。道路の破損はタイプⅢのみで生じていたが、タイプⅢの特徴である強風と関係あるとは事例数が少ないので判断できない。なお、被害が生じなかった越波は飛散型でのみ生じており、その発生率はいずれのタイプも10%程度であった。

のり面の勾配や消波工の有無により越波時の海水の動きは異なることから、越波による被害も異なるものになると考えられる。そこで、堤防・護岸の形式や消波工の有無と被害形態の関係について考察する。

図-11は、各被害形態の発生率を直立堤と緩傾斜堤と

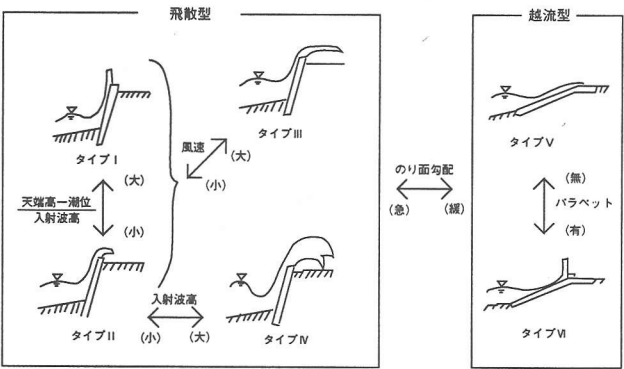


図-8 越波形態の分類

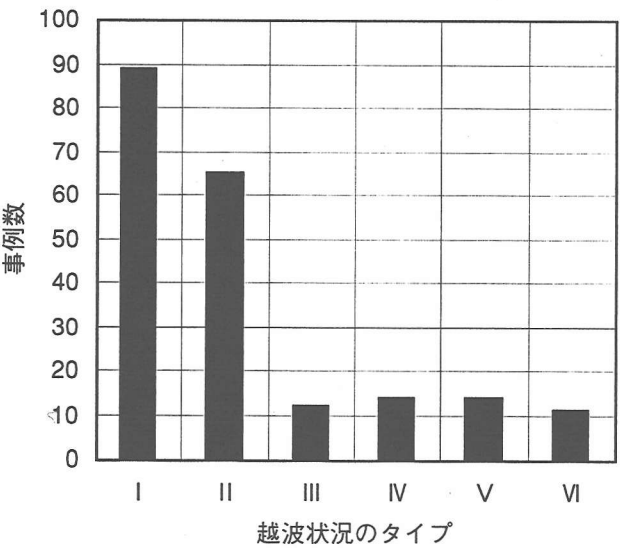


図-9 越波形態の分類

の間で比較したものである。直立堤の越波事例はタイプⅠ～Ⅳに相当する180事例、緩傾斜堤の越波事例はタイプⅤ～Ⅵに相当する25事例である。両者の事例数が大きく異なるので単純に比較できないが、海岸構造物の被災や砂礫の打ち上げは緩傾斜堤の方が、家屋破損や通行規制は直立堤の方が高い頻度で生じていた傾向が認められる。緩傾斜堤、直立堤とも設計波に対して所要の安全性を確保できるように設計されているが、緩傾斜堤の方が図-8の右側に示すような越流型の越波形態となるため、越波により多量の海水や砂礫が侵入すると考えられ、越波に対しては脆弱な構造であると言える。このことから、緩傾斜堤の越波対策の必要性が認められる。

図-12は、消波工の有無が確認できなかった6事例を除いた199事例について、各被害形態の発生率を消波工

の有無別に整理したものである。消波工がない越波事例は95事例、ある越波事例は104事例である。家屋破損は消波工がない方が、飛沫は消波工がある方が高い頻度で生じていたが、それら以外の被害形態はほぼ同程度の発生頻度であった。

6. おわりに

本研究で得られた主要な結論は以下のとおりである。

- (1) 平成3～9年度において、越波は全国252海岸で生じていた。また、外海に面した沿岸だけでなく、内湾に面した沿岸でも生じていた。
- (2) 越波により生じる被害は、浸水や海岸構造物の被

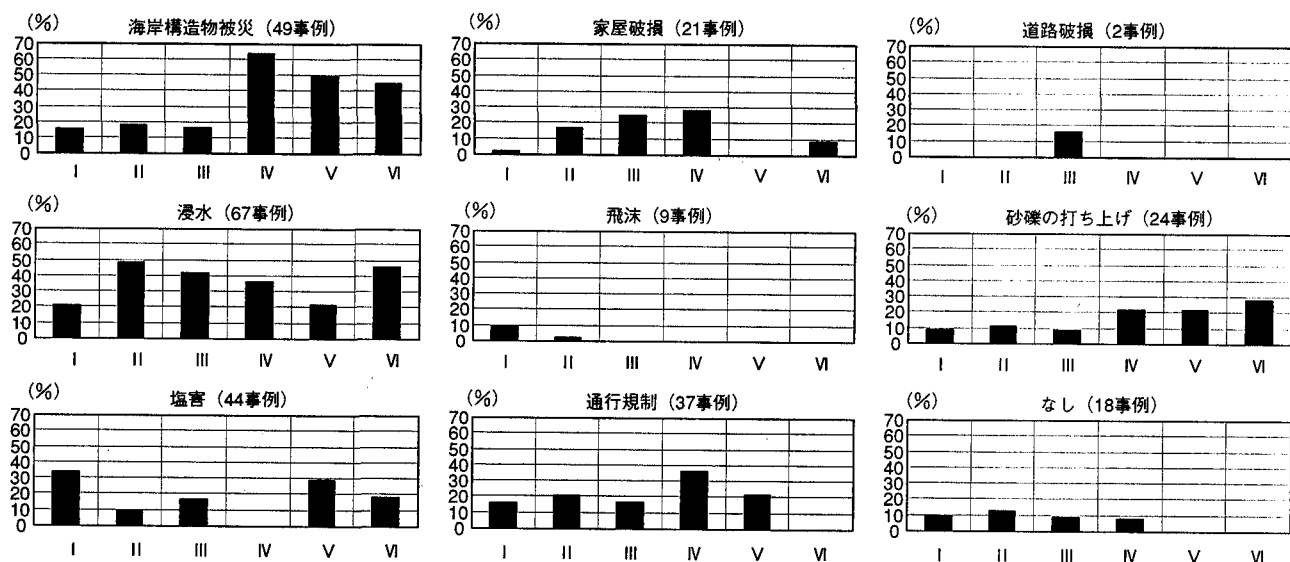


図-10 越波形態と被害との関係

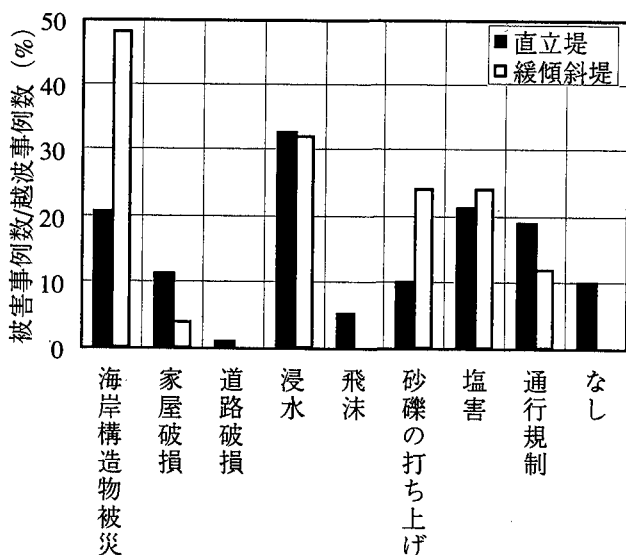


図-11 堤防・護岸の形式と被害形態との関係

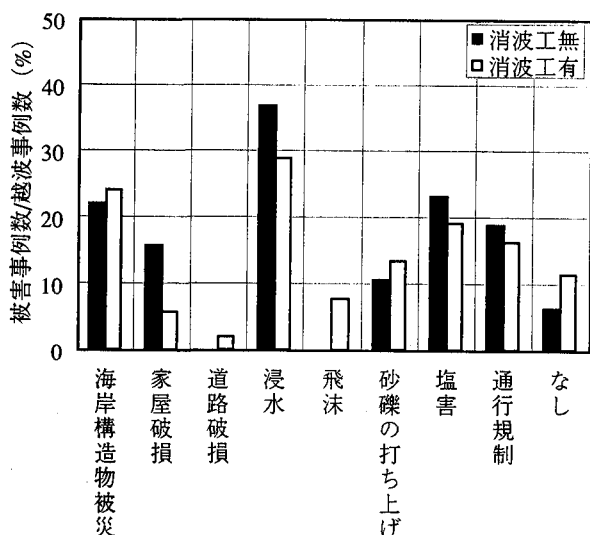


図-12 消波工の有無と被害形態との関係

災だけでなく、これまで防災便益の対象として考えられていなかった塩害や通行規制も相当あった。

(3) 越波による被害には、海岸構造物の被災のように越波が激しくなるほど発生率が高くなるものと、塩害のように越波の激しさと発生率があまり関係がないものがあった。

今後は、越波量や飛塩量などの越波の程度を示す指標と家屋等の塩害や通行規制との関係について検討していきたい。

謝辞：本アンケート調査に際しては、全国の担当機関に多大なる御協力をいただいた。ここに記して深く感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 農林水産省構造改善局，農林水産省水産庁，運輸省港湾局，建設省河川局：海岸事業の費用対効果分析について，6p.，1997.
- 2) 鈴木康正，平石哲也，望月徳雄，森川高德：ヒアリングによる護岸の越波被災調査，海岸工学論文集，第41巻，pp.681-685，1994.
- 3) 宇多高明，小俣 篤，小西正純：越波状況の分類および飛来塩分量の計算モデル，土木研究所資料，第3036号，pp.1-13，1991.

(1999.4.19 受付)