

第9章 道路護岸工

第9章 道路護岸工

9.1 一般	1-9-1
9.2 潮位	1-9-2
9.2.1 朔望平均満潮位	1-9-2
9.2.2 設計高潮位	1-9-2
9.3 波浪	1-9-4
9.3.1 一般	1-9-4
9.3.2 設計沖波	1-9-4
9.3.3 設計波高の算定	1-9-5
9.4 道路護岸の天端高	1-9-7
9.4.1 許容越波流量	1-9-7
9.4.2 護岸天端高の決定	1-9-8
9.5 消波工	1-9-13
9.5.1 設計	1-9-13
9.5.2 施工	1-9-15
9.6 防波柵	1-9-16
9.6.1 防波柵の設計	1-9-16

第9章 道路護岸工

9.1 一般

道路の通行においては、どんな時化の場合でも高速で安全に走行できることが望ましいが、そのためには護岸天端高は非常に高いものとなり、多額の事業費が必要となるばかりか、海岸線を通行していても全く海が望めない構造になってしまう。

道路は、道路パトロールなど通常の管理を行うとともに、時化の際には通行規制をするなどのソフト対策によっても走行の安全は確保される。一方、構造物の安定に関しては、一度の時化で被災することは許されない。このように構造物の安定と天端高の算定においては、設計波の扱いを分けることが合理的であるため、本要領においては以下のとおりとする。

- (1) 構造物の安定に用いる設計沖波 : 道路の重要性を考慮して、50年確率以上の波。
- (2) 護岸天端高の算定に用いる設計沖波 : 道路の通行止め履歴や迂回路の有無等を考慮して、数年確率の波。

【解説】

- (1) 護岸天端高の算定に用いる確率波は、これまでの通行止め履歴をもとに通行止めにした際の沖波波高が何年確率波に相当するかを解析した上で決定することとする。
- (2) 考慮すべき道路の重要性としては、交通量、重要施設の有無、迂回路の有無等が挙げられる。
- (3) 既設道路の越波対策としては、道路護岸工の嵩上げや消波工の設置を基本とする。ただし、現地条件によってこれらの対策が困難な場合には、現地の波浪条件や地形条件を十分考慮した上で、防波柵を用いてもよい。

9.2 潮 位

9.2.1 朔望平均満潮位

朔望平均満潮位は、対象地区近傍の建設部築港課または港湾事務所等における実測値をもとに設定されたものを使用することを標準とする。

【解 説】

- (1) 検潮記録は基本水準面(C.D.L.)を基準に記載されている場合があるので、東京湾平均海面(T.P.)との関係を確認しておく。
- (2) 道路護岸工の設計は、T.P.を基準に行う。
- (3) 朔望平均満潮位・基本水準面の実測値を有する道内の港湾・直轄漁港は、表9.2.1のとおりである。

表9.2.1 朔望平均満潮位・基本水準面の実測値を有する道内の港湾・漁港一覧

港湾・漁港名						
小樽港	石狩湾新港	岩内港	函館港※	森港	松前漁港	江差港
瀬棚港	(山背泊漁港)	室蘭港	苫小牧[西]港	苫小牧[東]港	浦河港	庶野漁港
留萌港	羽幌港	(鬼脇港)	杓形港	(船泊港)	枝幸港	(仙法志漁港)
紋別港	網走港	宇登呂漁港	十勝港	釧路港	根室港[根室]	根室港[花咲]
霧多布港	羅臼漁港	厚岸漁港	白老港			

※函館港は、函館海洋気象台で観測を行っている。

()付きの港湾・漁港では、現在は観測を行っていない。

9.2.2 設計高潮位

設計高潮位の設定にあたっては、

- (1) 既往最高潮位
- (2) 朔望平均満潮位に既往の潮位偏差の最大値を加えたもの
- (3) 朔望平均満潮位に推算した潮位偏差の最大値を加えたもの

より、当該施設の背後地の状況を考慮して定めるものとする。

また、必要に応じて当該満潮位の時に当該潮位偏差及び設計波が発生する可能性を考慮して、当該潮位偏差の最大値の範囲内において下方補正や平均海水面変動を考慮して上方補正することもできるものとする。

【解 説】

- (1) 道路護岸の設計にあたっては、設計に用いる潮位を適切に設定することが重要であるため、設計に用いる潮位は、天文潮及び高潮等による異常潮位の実測値または推算値に基づいて定める。
- (2) 設計高潮位は、構造物の安定、護岸天端高の算定ともに同じ値を採用してもよい。
- (3) 設計高潮位は表9.2.2に示す「北海道沿岸の潮位」を参考にしてもよい。

表9.2.2 北海道沿岸の設計潮位

(単位：M)

潮 位 地 点	L. W. L. (T. P. 標示) D. L. 標示	M. L. W. L. (T. P. 標示) D. L. 標示	H. W. L. (T. P. 標示) D. L. 標示	H. H. W. L. (T. P. 標示) D. L. 標示	偏差
宗谷岬～猿払村・浜頓別町界	(-0.3) ±0.0	(-0.1) +0.2	(+0.6) +0.9	(+1.3) +1.6	+0.7
猿払村・浜頓別町界～ 宗谷・網走支庁界	(-0.5) ±0.0	(-0.2) +0.3	(+0.7) +1.2	(+1.4) +1.9	+0.7
宗谷・網走支庁界～知床岬	(-0.7) ±0.0	(-0.3) +0.4	(+0.7) +1.4	(+1.4) +2.1	+0.7
(サロマ湖内)	(-0.7) ±0.0	(-0.3) +0.4	(+0.7) +1.4	(+1.6) +2.3	+0.9
知床岬～羅臼町・標津町界	(-0.7) ±0.0	(-0.3) +0.4	(+0.7) +1.4	(+1.2) +1.9	+0.5
羅臼町・標津町界～野付崎	(-1.0) ±0.0	(-0.6) +0.4	(+0.6) +1.6	(+1.5) +2.5	+0.9
野付崎～納沙布岬	(-0.8) ±0.0	(-0.4) +0.4	(+0.8) +1.6	(+2.3) +3.1	+1.5
納沙布岬～湯沸岬	(-0.9) ±0.0	(-0.5) +0.4	(+0.7) +1.6	(+1.6) +2.5	+0.9
湯沸岬～釧路・十勝支庁界	(-1.0) ±0.0	(-0.6) +0.4	(+0.6) +1.6	(+1.3) +2.3	+0.7
釧路・十勝支庁界～地球岬	(-1.0) ±0.0	(-0.5) +0.5	(+0.6) +1.6	(+1.3) +2.3	+0.7
地球岬～汐首岬	(-1.0) ±0.0	(-0.5) +0.5	(+0.6) +1.6	(+1.4) +2.4	+0.8
汐首岬～立待岬	(-0.6) ±0.0	(-0.3) +0.3	(+0.5) +1.1	(+1.4) +2.0	+0.9
立待岬～白神岬	(-0.6) ±0.0	(-0.3) +0.3	(+0.5) +1.1	(+1.2) +1.8	+0.7
白神岬～神威岬	(-0.1) ±0.0	(±0.0) +0.1	(+0.5) +0.6	(+1.2) +1.3	+0.7
(奥尻島)	(-0.1) ±0.0	(±0.0) +0.1	(+0.5) +0.6	(+1.2) +1.3	+0.7
神威岬～宗谷岬	(-0.1) ±0.0	(±0.0) +0.1	(+0.5) +0.6	(+1.1) +1.2	+0.6
(天売・焼尻島、利尻・礼文島)	(-0.1) ±0.0	(±0.0) +0.1	(+0.5) +0.6	(+0.8) +0.9	+0.3

(平成16年4月1日改定)

(平成27年一部改訂)

資料：漁港施設設計要領(北海道)

9.3 波 浪

9.3.1 一般

設計には原則として不規則波を用いるものとする。不規則波の代表波高及び周期を有義波高及び有義周期とする。波高、周期及び波向の沿岸域における変化を検討する時には、地形による波の屈折、回折、碎波変形等を適切な手法で考慮するものとする。ただし、これまでに規則波によって設計されたものについては、改良等の設計を規則波で行うことができるものとする。

【解 説】

道路護岸の設計にあたっては、設計波を適切に設定することが重要である。設計波は、沿岸波浪観測値または推算値に基づいて決定する。

9.3.2 設計沖波

設計沖波は、対象地区近傍の建設部築港課または港湾事務所等における実測値及び推算値をもとに統計解析を行って設定されたものを使用することを原則とする。

【解 説】

- (1) 設計沖波波高(H_o)及び周期(T_o)の設定については、対象地区近傍の実測値及び推算値に基づき統計解析されたものを用いることを標準とする。
- (2) 設計沖波は、類似する海域であっても岬、湾内などの地形条件により設定すべき沖波諸元が異なる場合も多いため、2～3箇所の港湾・漁港の設計沖波を参照し、十分に検討する。
- (3) 対象地区近傍に適切な実測値がない場合には、海上風の推算を行い、スペクトル法または有義波法によって波浪を推算するものとする。
- (4) 海上風及び波浪の推算は、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説(海岸保全施設技術研究会編)」を参考に行うものとする。
- (5) 設計沖波は、「北海道漁港別沖波諸元改訂版(令和5年発行)北海道水産林務部」を参考にしてもよい。
- (6) 波浪観測データを有する道内の港湾・直轄漁港は、表9.3.1のとおりである。

表9.3.1 波浪観測データを有する道内の港湾・漁港一覧

港湾・漁港名						
石狩湾新港	(岩内港)	(函館港)	松前港	瀬棚港	(山背泊漁港)	室蘭港
苫小牧港	(庶野漁港)	様似漁港	(三石漁港)	留萌港	(羽幌港)	仙法志漁港
(抜海漁港)	紋別港	網走港	宇登呂漁港	十勝港	釧路漁港	

※苫小牧港では、勇払沖、浜厚真沖、社台沖で観測を行っている。

()付きの港湾・漁港では、現在は観測を行っていない。

9.3.3 設計波高の算定

- (1) 浅海域における波向、波長及び波高は、水深変化に伴う波の浅水変形、屈折、砕波、構造物での回折等を考慮して算定するものとする。ただし、比較的単純な地形を有する海域では、実績のある適切な図表による解法を用いることができるものとする。
- (2) 砕波帯内の有義波高($H_{1/3}$)は図9.3.2の算定図、浅水係数の算定は図9.3.3を用いることとする。
- (3) 護岸天端高、消波ブロックの重量算定にあたり、構造物設置位置における設計波高は、図9.3.1のフローに従って算定するものとする。

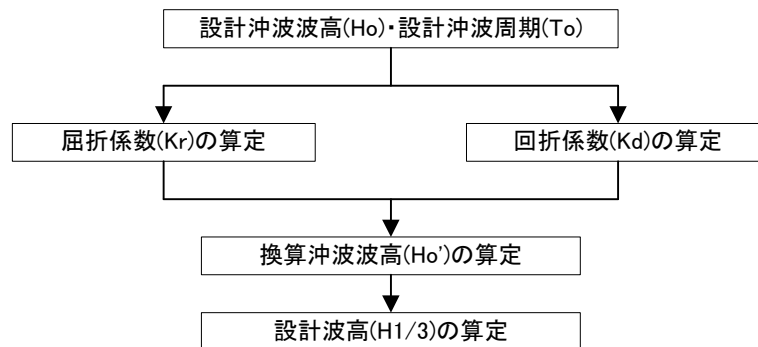


図9.3.1 設計波高算定フロー図

【解説】

- (1) 波は浅海域において、水深の変化、構造物の存在、流れの影響などによって変形し、その波高と周期を変化させる。ただし、砕波した波が浅い海域で長い距離を伝搬する場合や天端水深が小さい潜堤上で砕波した波を取り扱う場合を除いては、波の周期の変化は小さいため沖波周期を設計に用いてもよい。
- (2) 構造物の安定に用いる沖波と天端高の算定に用いる沖波とでは沖波周期が異なることから、それぞれの周期において屈折図を作成してその屈折係数から換算沖波波高を求めなければならない。
- (3) 設計波高の算定例を第2集 道路付帯施設 参考資料24.1に掲載する。

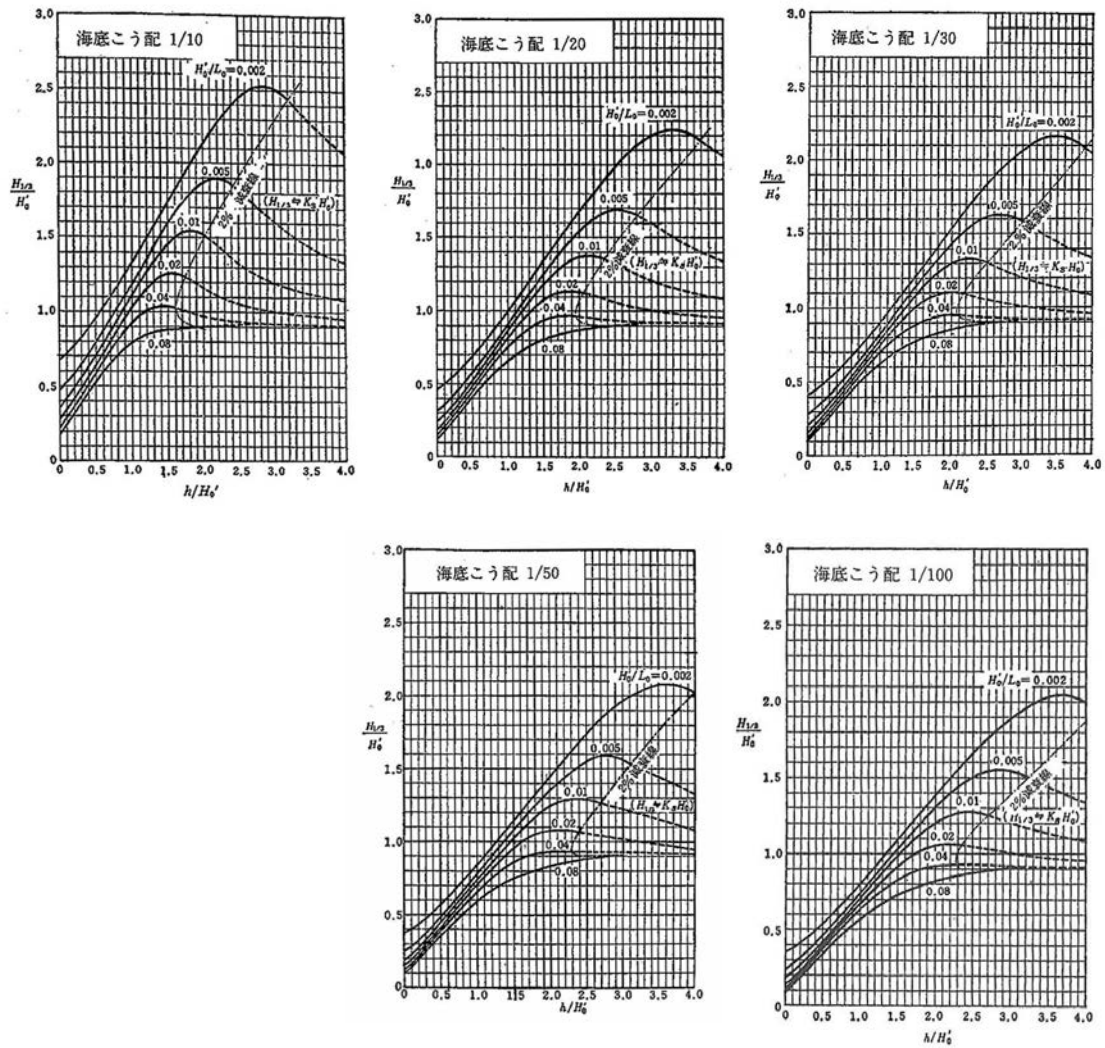


図9.3.2 砕波帯内の有義波高 ($H_{1/3}$) の算定図

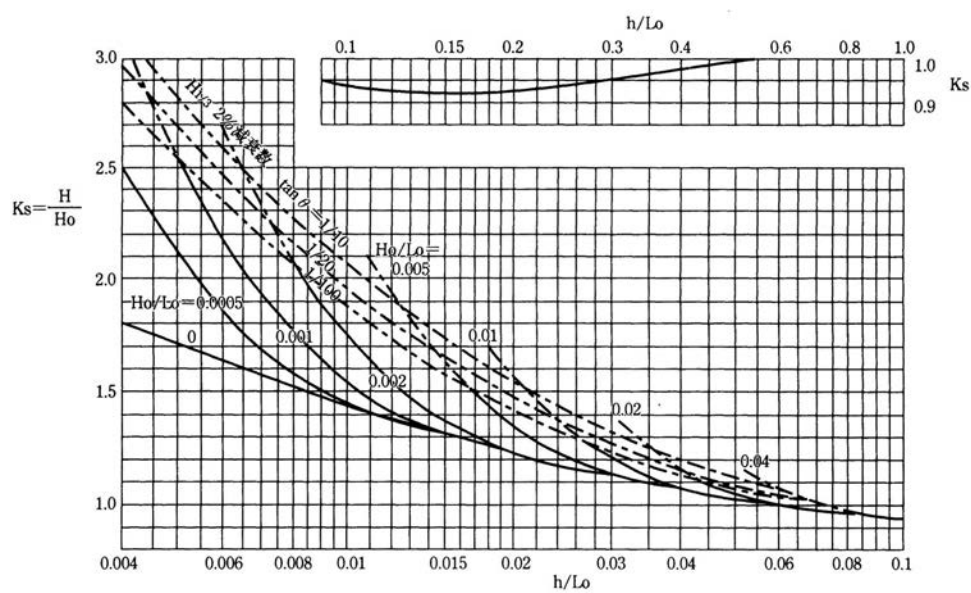


図9.3.3 浅水係数の算定図

9.4 道路護岸の天端高

9.4.1 許容越波流量

- (1) 道路護岸の天端高は、許容越波流量を設定することにより決定する。
- (2) 道路護岸の天端高を求める際の設計沖波は、道路の通行止め履歴、迂回路の有無等を考慮して数年確率波を採用する。
- (3) 道路護岸背後への越波流量は、合田らが不規則波による模型実験及び越波計算に基づいて作図した図9.4.1～図9.4.4に示す算定図より推定する。
- (4) 道路護岸の許容越波流量は、上記の設計沖波に対して $1.0 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ を標準とする。

【解説】

- (1) 道路護岸がどれくらいの越波流量を許容するかについては、護岸の被災限界や背後地の重要度からみた越波流量なども考えられる。しかし、道路護岸の背後地は車両の走行や人などの通行がある道路施設なので、それらの走行限界を基準とした許容越波流量を採用する。
- (2) 採用する設計沖波を決定する際には、これまでの通行止め履歴をもとに通行止めにした際の沖波波高が何年確率波に相当するかを解析した上で十分に検討を行うものとする。
- (3) 現況の道路護岸の越波流量(q)を推定する場合には、護岸天端高(h_c)、設置水深(h)、換算沖波諸元(H_o', L_o)及び海底勾配から図9.4.1～図9.4.4を用いて q を求めることができる。
- (4) 福田・宇野・入江による越波流量と道路の安全度に関する報告は以下のとおりであり、これを参考に許容越波流量を求めた。

1) 護岸のすぐ背後を人が危険なく歩行するには、	50%の安全度で $2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ 以下 90%の安全度で $3 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ 以下
2) 護岸のすぐ背後を高速で自動車が通過するには、	50%の安全度で $2 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ 以下 90%の安全度で $1 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ 以下
3) 護岸のすぐ背後で家屋が安全であるためには、	50%の安全度で $7 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ 以下 90%の安全度で $1 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$ 以下
4) 護岸より10m程度離れた地点では、上記の越波流量が1ケタ大きくてもよい。	

注) 福田・宇野・入江：防波護岸の越波に関する現地観測(第2報)
土木学会第20回海岸工学講演会論文集(昭和48年11月)
- (5) 護岸天端高の算定例を第2集 道路付帯施設 参考資料24.2に掲載する。

9.4.2 護岸天端高の決定

- (1) 天端高の算定に使用する水深(h)は、構造物設置位置の海底から設計高潮位までとする。
- (2) 天端高は許容越波流量を満足する高さを標準とするが、若干の余裕高を考慮してもよい。
- (3) 直立護岸及び消波ブロック被覆護岸の選択は地形条件、経済性、利用状況、景観等を考慮して決定する。

【解 説】

- (1) 道路護岸天端高(h_c)も設計高潮位を基準とする。
- (2) 余裕高は0.5mを限度とする。
- (3) 図9.4.1～図9.4.4に示す越波流量値($q/\sqrt{2g \cdot (H_0')^3}$)の真値の想定範囲は、特に $10^{-4} \sim 10^{-6}$ の範囲で表9.4.1に示すように変動性が大きく、また、消波護岸ほど大きな推定誤差を含むため注意しておく必要がある。

表9.4.1 越波流量の推定値に対する真値の想定範囲

$(q/\sqrt{2g \cdot (H_0')^3})$	直立護岸	消波護岸
10^{-2}	0.7～1.5倍	0.5～ 2倍
10^{-3}	0.4～2倍	0.2～ 3倍
10^{-4}	0.2～3倍	0.1～ 5倍
10^{-5}	0.1～5倍	0.05～10倍

- (4) 越波流量に影響を与える要因として風の効果は重要であるが、風の効果を模型実験に取り入れる場合の相似率が現在は確立されていないため、必要に応じて現地調査を実施することが望ましい。
- (5) 道路護岸の前面が半島状に突き出ている地形や入り江状になっている地形では、波が収れんしやすいため波動方程式などのシミュレーションや折り返し屈折図を用いて検討を行い、収れん部に対する対策工を考慮する必要がある。

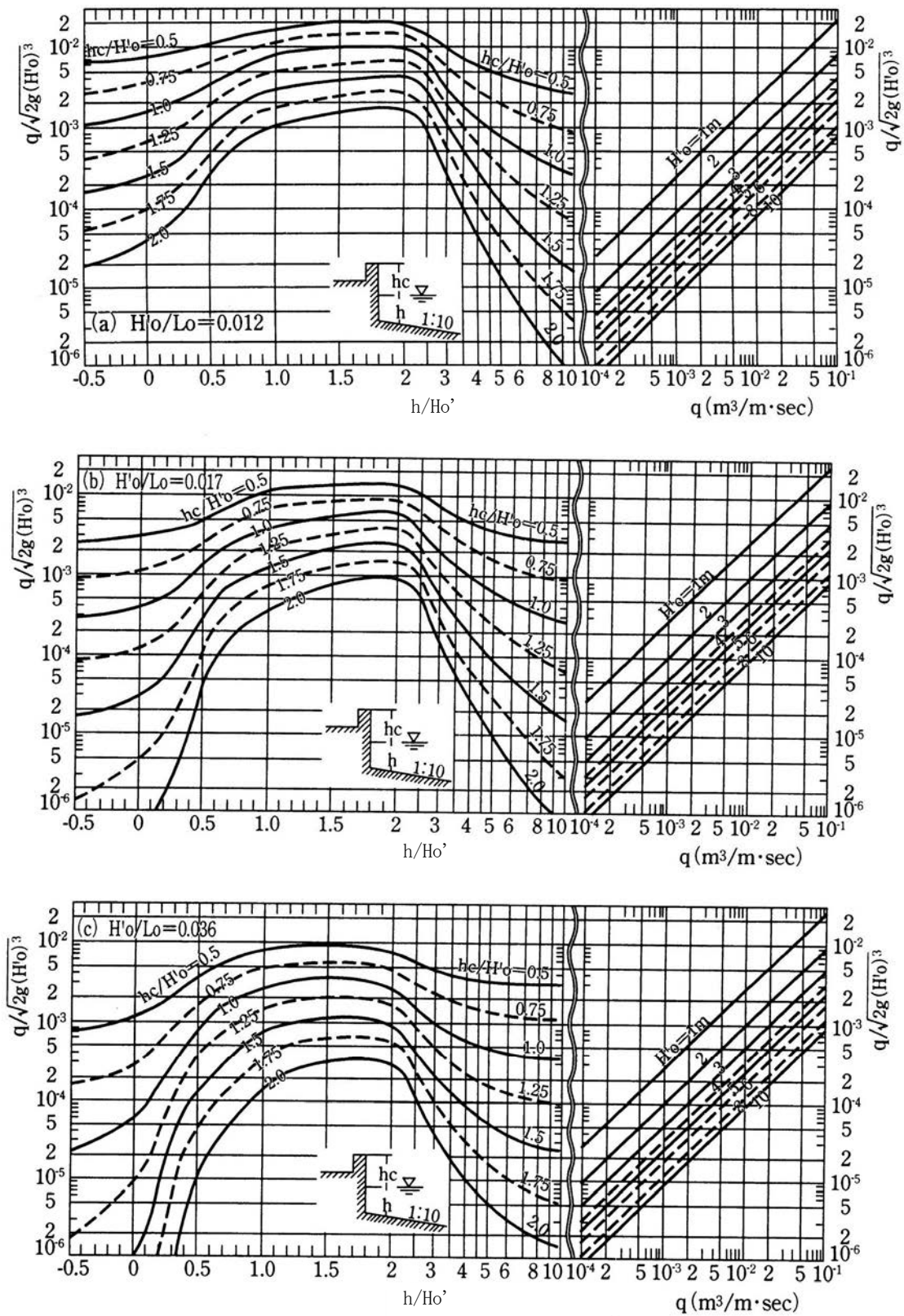


図9.4.1 直立護岸の越波流量推定図(海底勾配1/10)

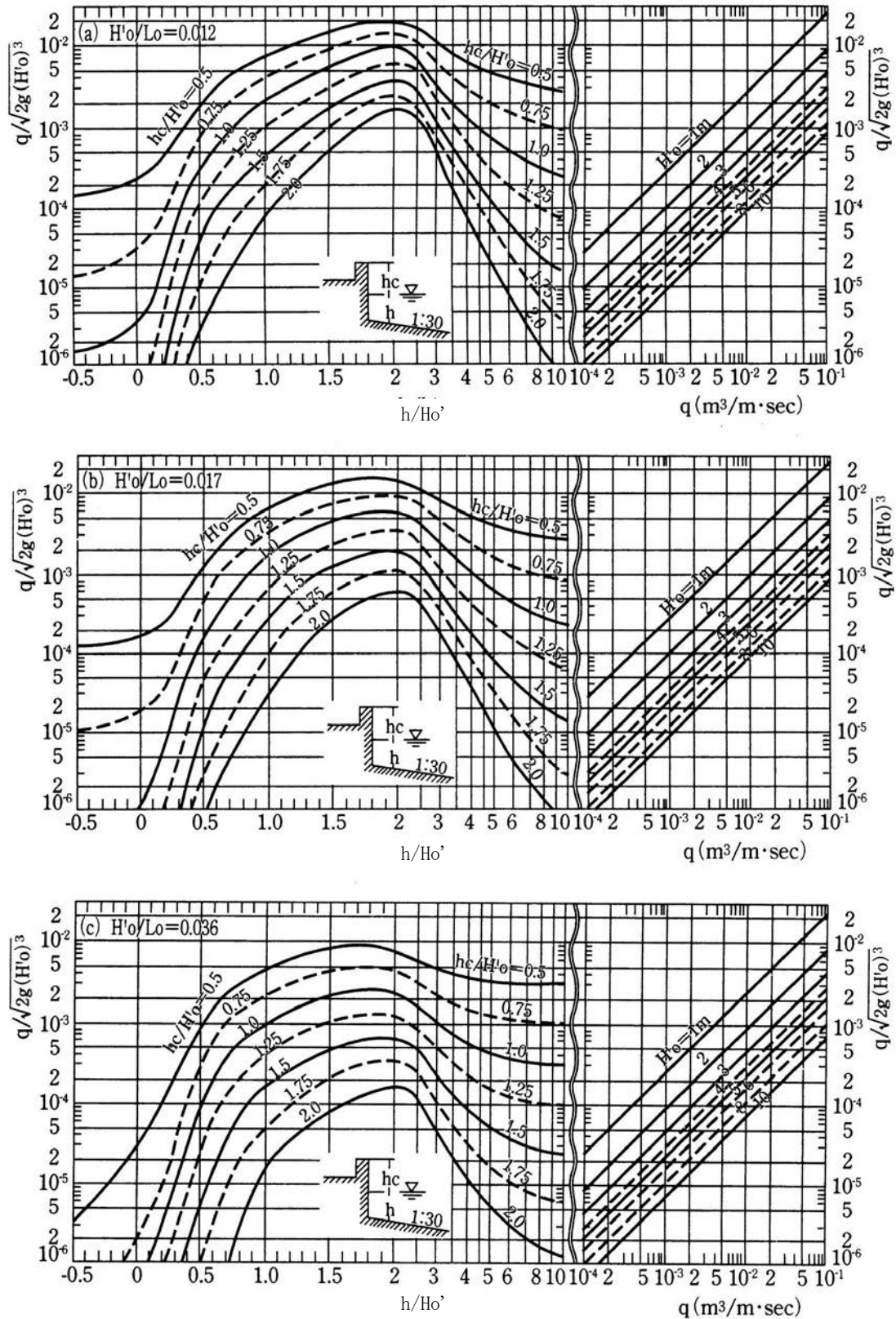


図9.4.2 直立護岸の越波流量推定図(海底勾配1/30)

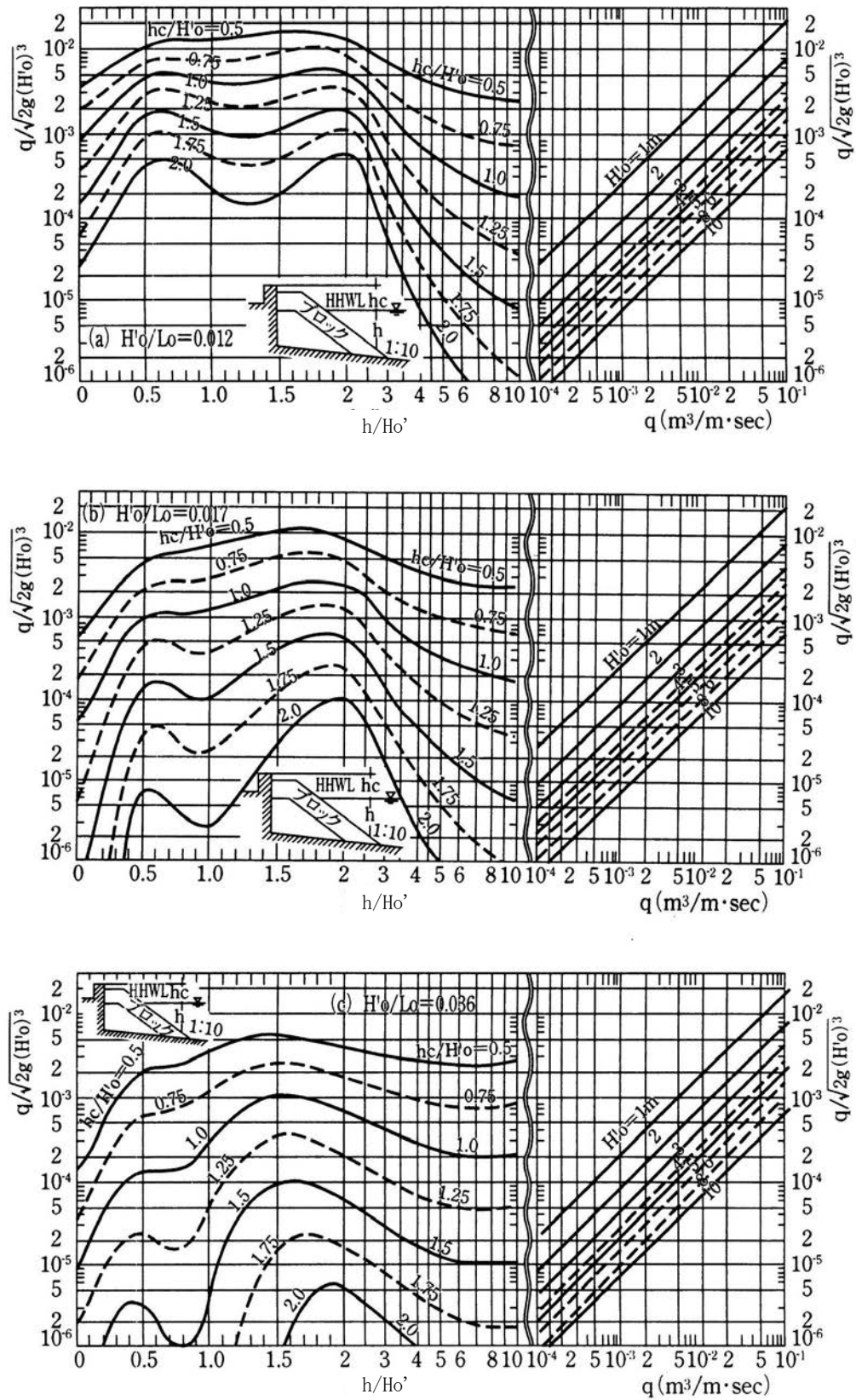


図9.4.3 消波ブロック被覆護岸の越波流量推定図(海底勾配1/10)

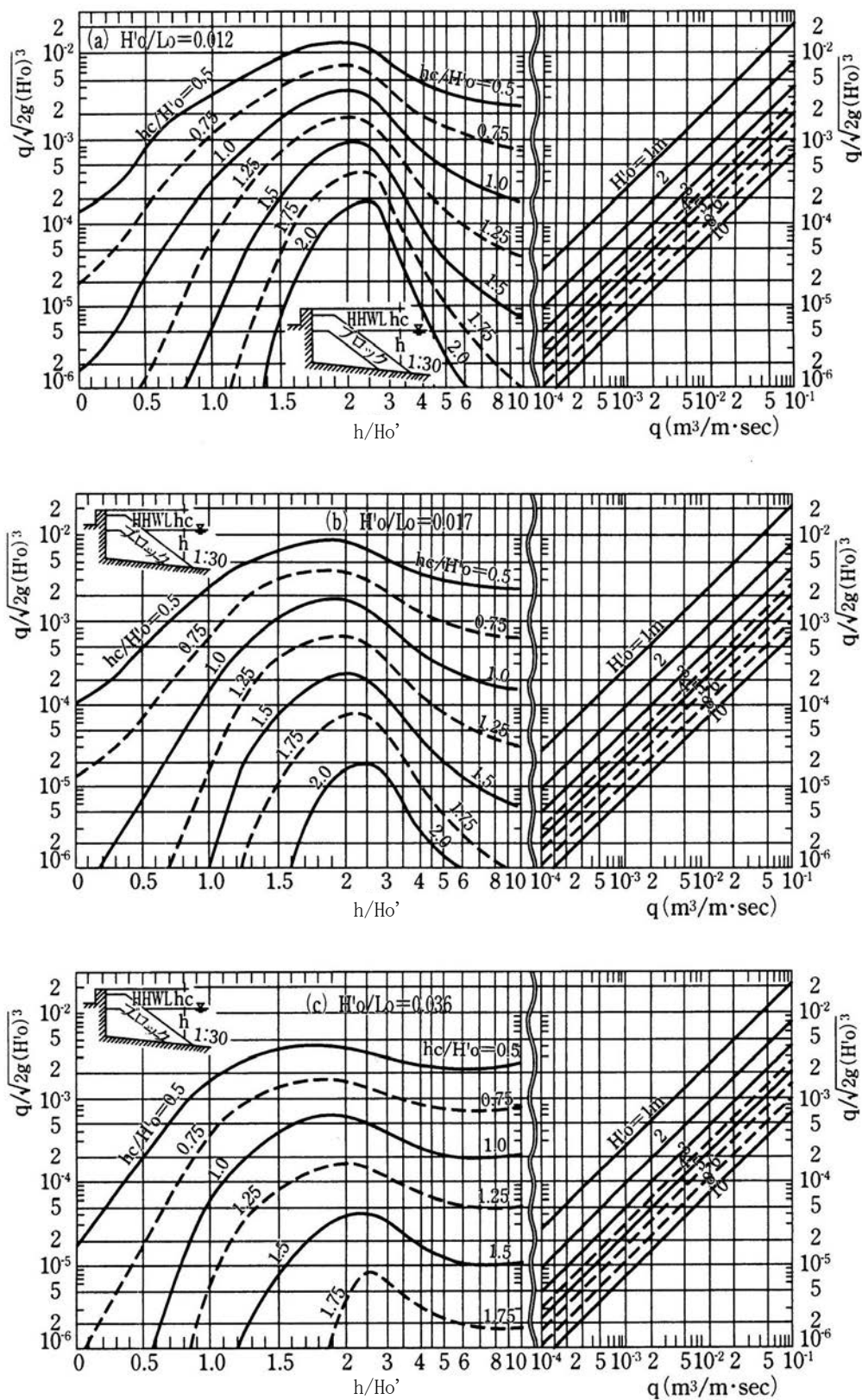


図9.4.4 消波ブロック被覆護岸の越波流量推定図(海底勾配1/30)

9.5 消波工

9.5.1 設 計

- (1) 消波工は、波浪に対し十分な天端幅と天端高を有し、かつ個々の消波ブロック及び消波工全体が十分に安定でなければならない。したがって、消波ブロックの安定に使用する波は、50年確率波以上の沖波を採用する。
- (2) 消波工の天端幅は、ブロック2～3個分の幅をとる例が多い。最小限ブロック2個並び以上の天端幅とし、波高の大きい所や周期の長い波が来襲する所、前面水深の大きな所では、天端幅を多少広くし、3～5個ないしそれ以上とする。
- (3) 天端幅を広げることによる天端高の低減率は、図9.5.1に示すように与えられている。
- (4) 砂浜海浜に消波工を設置する場合で沈下の恐れがある場合は、基礎工を設ける必要がある。また、設置水深を決定する際にはあらかじめ沈下量を見込むことが望ましい。
- (5) ブロック重量の算定には、ハドソン式を用いるものとする。この際、消波ブロックの表のり勾配は、1:1.5程度として乱積を標準とする。

【解 説】

- (1) 消波工は時化のたびに移動したりしないように50年確率波以上の設計沖波を用いて安定計算を行うものとする。採用する確率波は道路の重要度や迂回路の有無等によって決定する。
- (2) 消波工天端幅をブロック2個並びとした時、護岸天端高(h_c)と消波工天端高(h_r)の差 $a(=h_c-h_r)$ は $0.1H_o'$ 程度が望ましい。
- (3) 図9.5.1を使用する際の a 値は $0.1H_o'$ 程度であり、越波流量 $q/\sqrt{2g(H_o')^3} = 2 \times 10^{-4} \sim 2 \times 10^{-3}$ を対象としている。

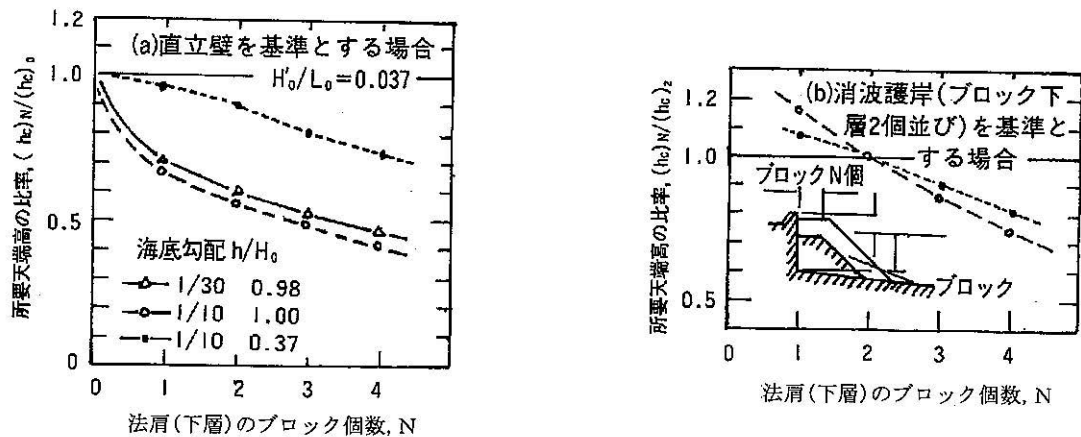


図9.5.1 所要天端高に及ぼす消波工天端幅の影響

(4) 沈下量は設置地点の既往の最低地盤高と施工時の地盤高との範囲内で考慮する。既往の最低地盤高に関する資料がない場合は、1m程度の範囲内でその重要度に応じて決定する。

(5) 消波ブロックの所要重量は、ハドソン式によることを原則とする。

消波ブロックの所要重量を求める際、 $h \leq 0.5H_o$ の場合には、水深が $0.5H_o$ の地点の波高を設計波高とする。

$$W = \frac{\gamma_r \times H_{1/3}^3}{K_D \times (\gamma_r / \omega_o - 1)^3 \times \cot \alpha}$$

ただし、

W : 消波ブロックの最小重量(kN)

γ_r : ブロックの空中単位体積重量(=22.5kN/m³)

ω_o : 海水の単位体積重量(=10.1kN/m³)

$H_{1/3}$: 消波工設置位置における設計波高(m)

α : 消波工のり勾配

K_D : 異形ブロック定数(カタログによる)

(6) 消波ブロック所要重量の算定例を第2集 道路付帯施設 参考資料24.3 に掲載する。

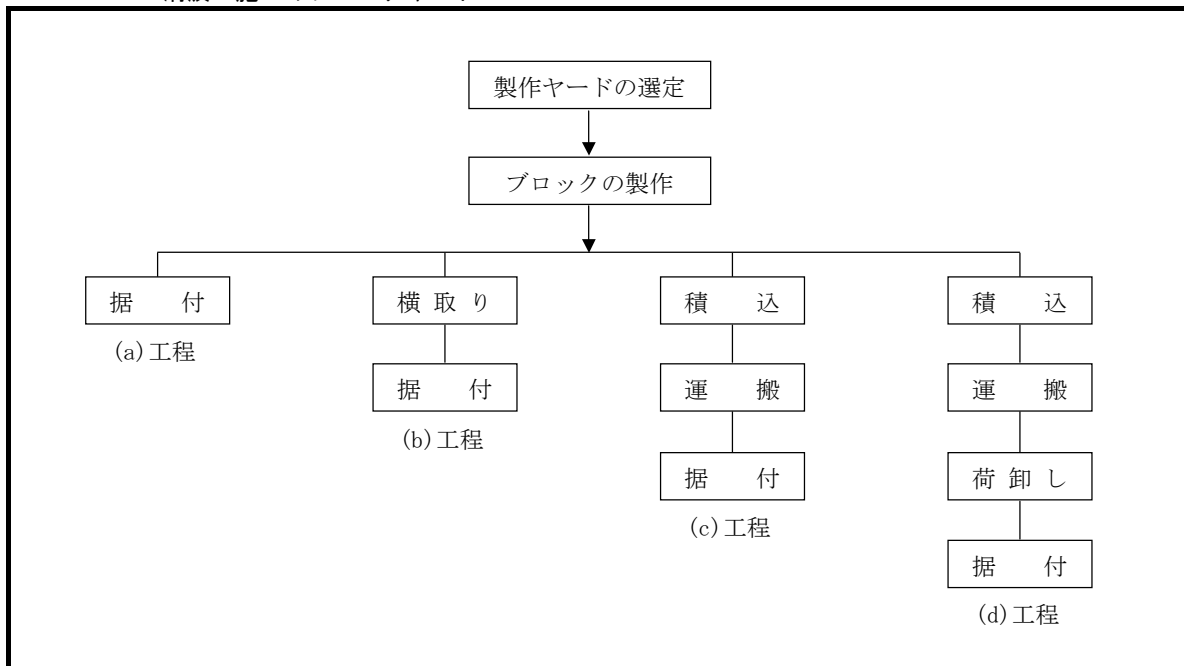
9.5.2 施 工

9.5.2.1 消波ブロックの作業工程

消波ブロックの作業工程は、下記による。



9.5.2.2 消波工施工のフローチャート



【解 説】

(1) 作業工程は、現場の状況によりいろいろな組合せが考えられるが、積算にあたっては、経済的になるように下記の順に検討する。なお、現場条件により下記の作業工程以外の組合せが必要な場合は、別途考慮する。

(a) 工程：製作場所から直接据付できる場合の作業。

(b) 工程：製作場所と据付場所の距離が50m未満で、横取りが必要な場合の作業。

(c) 工程：ブロックの運搬据付は、製作場所より直接トラックへの積込。据付場所までトラック運搬を行い、そのまま据付場所へ据付ける作業。

(d) 工程：トラック上より直接据付できない現場では、荷卸しを計上する。

(2) 消波ブロックの据付方法については、現道交通への影響及びトラッククレーンの運搬能力を十分考慮し検討する。

(3) 既設ブロックに新たにブロックを追加して据付ける場合には、ブロックの形状を十分検討する。

(4) 乱積の場合、絶えず単位長さ当りの据付個数をチェックしながら据付作業を進める。

(5) 据付時の圧縮強度については、コンクリート標準示方書を参考に現場条件により決定する。

(6) 出来形測定は、見かけの被護面から被護厚の10～20%下げた線で行う。

(7) 施工時の仮設工については、波浪の影響等現地状況を勘案して決定すること。

9.6 防波柵

9.6.1 防波柵の設計

(1) 設計の基本方針

- 1) 既設道路の越波対策としては、道路護岸工の嵩上げや消波工の設置を基本とするが、現場条件によってこれらの対策が困難な場合には、防波柵を用いてもよい。
- 2) 防波柵を設置する場合、その基部の道路護岸は、原則、消波工付きとする。
- 3) 道路護岸に消波工が無い場合は、防波柵の作用波力を水理模型実験等により定めることが望ましい。

(2) 柵高の設計

- 1) 防波柵の柵高を設計する場合、現地観測および水理模型実験により定めることが望ましい。しかしながら、現地観測および水理模型実験が困難な場合、許容越波流量から定めることとし、原則、 $q=1.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{m}/\text{sec}$ 以下とする。
柵高は10年確率の波高で検討することが望ましい。この場合、10年確率を超える越波がまれに発生することがある。海側に消波ブロックの有無、歩道の有無など現地条件を考慮した柵高とすることが望ましい。

(3) 防波柵の作用波力

- 1) 防波柵の作用波力は合田の準用式を適用し、現場条件を勘案した上で、波力割増係数（ $a = 1.6$ 、 $b = 1.6$ ）を考慮してもよい。
- 2) ただし、波力割増係数は、海底勾配 $1/20 \sim 1/30$ 程度、 $Ho'/h = 1.8 \sim 2.8$ の条件での水理模型実験結果であり、全ての現場で適用することはできない。
- 3) したがって、波力割増係数は以下の参考文献と現場条件の整合性を検討し、有識者等と協議した上で、適用可能と判断された場合に用いること。
- 4) なお、現場条件と参考文献との条件が異なる場合は、有識者等と協議の上、必要に応じて水理模型実験等により波力割増係数を定めることが望ましい。

○合田準用式

$$\eta^* = 0.75(1 + \cos \beta) \lambda_1 H_D$$

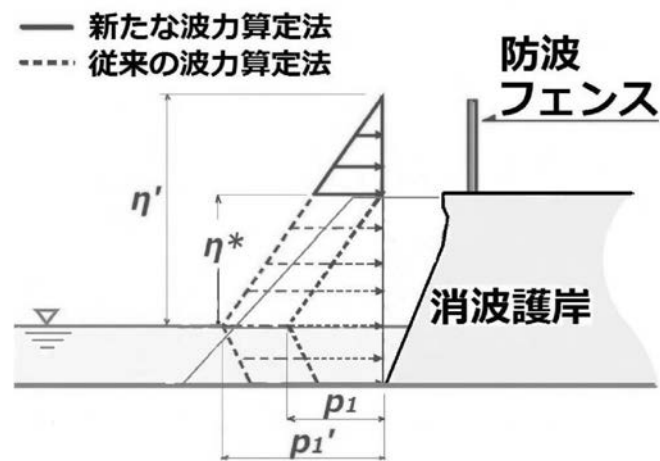
$$p_1 = 0.5(1 + \cos \beta) (\alpha_1 \lambda_1 + \alpha_2 \lambda_2 \cos^2 \beta) \rho_0 g H_D$$

○波力割増係数

$$\eta' = a \cdot \eta^*$$

$$p_1' = b \cdot p_1$$

ここで、 $a = 1.6$ 、 $b = 1.6$



作用波力のイメージ図

(参考文献1)

上久保勝美・菅原健司・山本泰司・木村克俊・今井浩平・小原康信・名越隆雄・上北正一：海岸道路用防波フェンスの必要高さと作用波力に関する検討，土木学会論文集B3(海洋開発)，Vol. 67, No. 4, 2011.

