

# 幅広フーチングケーソンの技術開発

九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所 設計係員 南野能克

## 1、はじめに

近年、船舶の大型化によって大水深岸壁の必要性が高く、港湾はより沖合空間に展開しているが、これに伴い大水深海域における防波堤整備が必要となっている。

大水深で比較的静穏な海域において、従来のRCケーソンを用いた防波堤では、ケーソン設置水深を深くすれば、滑動には十分な余裕があるものの、転倒又は基礎の支持力の安定を確保するために広い堤体幅が必要となる。一方、設置水深を浅くすれば基礎捨石マウンドが著しく大きな断面となる。何れも経済性に乏しく建設費の縮減が困難な状況であり、経済性に優れた新形式のケーソンの開発が望まれている。

以上の点に鑑み、大水深で比較的静穏な海域の防波堤に適した新形式のケーソン構造として「幅広フーチングケーソン」を開発した。本報告では、幅広フーチングケーソンの構造特性の紹介と水理模型実験結果による波力算定法の提案を行い、最後に本構造の実海域への適用性について検討を行う。

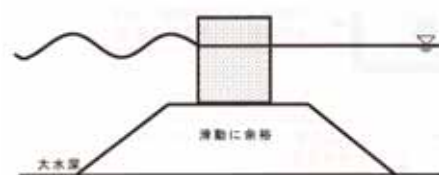
## 2、幅広フーチングケーソンの構造特性

幅広フーチングケーソンの開発のプロセスは下のとおりである。

通常RCケーソン構造で設計を行うと滑動に十分余裕のある大断面の防波堤となる（図 1 (a)）。

滑動には余裕があることから堤体幅を狭くすると、転倒モーメントと底面反力が増大する（図 - 1 (b)）。

転倒モーメントと底面反力を軽減させるためフーチングを延長する（図 - 1 (c)）。この場合、フーチング付根部に大きな曲げモーメントとせん断力が発生するため、RC構造のフーチングでは、実績等から 1.5m 以上に延長することができない。そこで、鋼・コンクリート合成版、SRC（鉄骨鉄筋コンクリート）部材を組み合わせ使用したハイブリットケーソンが開発されている（図 2）。ハイブリットケーソンは、優れた強度特性とじん性を有する構造であり、5m 程度のフーチング長の実績がある。しかし、



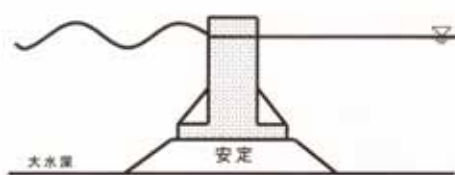
(a) 標準的な断面



(b) 堤体幅を縮小



(c) フーチングを延長



(d) バットレス等を設置

図 - 1 開発のプロセス

大水深で比較的静穏な海域においては、さらにフーチングを延長することにより経済性を追求できるが、従来型のハイブリットケーソンでは、構造上フーチング付根部に大きな曲げモーメント・せん断力が作用するため、さらなる延長は難しい。

そこで、フーチングのさらなる延長を可能とするため、フーチング部にバットレスと梁を配置する(図 1 (d))。この構造を幅広フーチングケーソンと呼び詳細を図 3 に示す。図 3 からわかるように、フーチング部に高い耐力を期待できるSRC構造のバットレスを設けてフーチングを大きく張り出すとともに、RC構造のフーチング版をSRC構造の小梁で支持していることが大きな特徴である。このような構造にすることで、フーチング版厚を薄く抑えることができる。

### 3、波力算定法の検討

現行の設計法ではフーチング部分に働く波力を無視した設計を行っていることや、大水深の重複波領域においては、冲向き波力が岸向き波力より大きくなるなど、通常の防波堤の波圧と異なり十分な注意が必要である。そこで、大水深領域を想定した二次元水理模型実験を行い、現行波力算定法の適合性の検討を行う。

#### 3.1、既往の算定式と水理模型実験

従来の波力算定法は、岸向き波力時の波力の算定式として「合田式」と冲向き時の波力の算定式として「壁面に波の谷がある時の波力算定式」を標準としている。しかし水深に対する波高比が小さく、明らかに重複波的波力が作用すると考えられるときは、重複波理論式を用いても良いこととなっている。そこで、水理模型実験から得られる波圧分布と上述の3式から得られる波圧を比較する。

実験結果の一部を3式から得られた波圧分布と共に図 4 に示す。なお、便宜上「合田式」

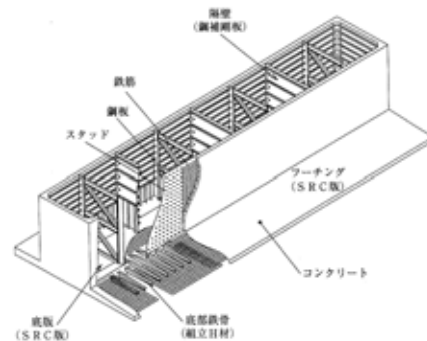


図 2 ハイブリットケーソン

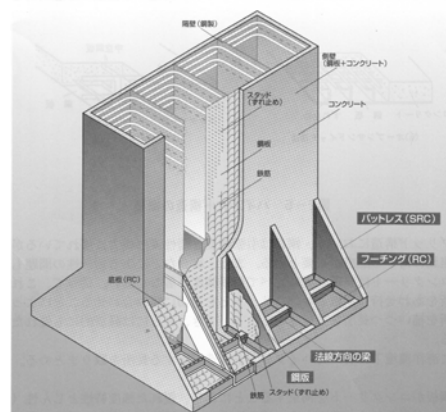


図 3 幅広フーチングケーソン

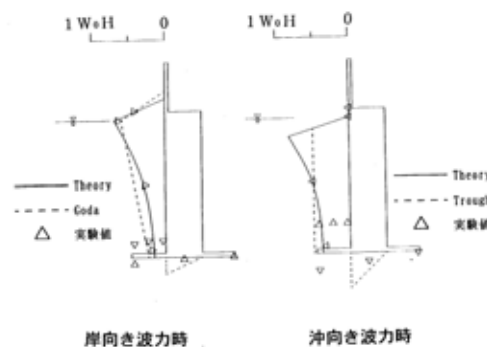


図 4 波圧分布

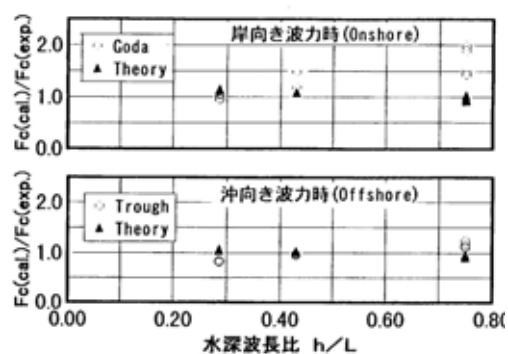


図 - 5 滑動合成波力の比較

「壁面に波の谷がある時の波力算定式」、「重複波理論」をそれぞれ(Goda)(Trough)(Theory)と記述している。図を見ると、岸向き波力時は、直立部前面の波圧分布は理論と同様に静水面にピークを有し、下方に向かうにつれて小さくなる形状であり、実験値と理論は良く一致している。沖向き波力時は、圧力測定点が少ないため負圧の最大値やその発生深度等の詳細は不明であるが、実験値と理論は良く一致している。

図 5 に滑動合成力について横軸に水深波長比をとり、縦軸に実験値 (Fc(exp.)) と計算値 (Fc(cal.)) の比を示す。上段は岸向き波力時、下段は沖向き波力時である。重複波理論については、実験値と計算値の比が 1 にほぼ等しく、岸向き時及び沖向き波力時ともに適合性が高いことがわかる。以上のことから、幅広フーチングケーソンの波力算定に重複波理論を用いれば、ほぼ妥当な結果を与えることがわかった。

#### 4、適用性の検討

現在計画中の B 港の防波堤に幅広フーチングケーソンを適用した場合の試設計を行った。設計条件を表 - 1、B 港防波堤の位置図を図 - 6 に示す。図 - 6 からわかるように、防波堤の設計対象部分は沖側に張り出しているため設置水深が深い。さらに設計波が 3.2m 程度（堤前波）と比較的小さく、幅広フーチングケーソン構造に適した現地条件と考えられる。

本防波堤の構造に、幅広フーチングケーソンを想定して試設計を行った結

表 1 設計条件

確率年	沖波	沖波		堤前波	
	波向	H <sub>0</sub> (m)	T <sub>0</sub> (s)	H <sub>1/3</sub> (m)	T <sub>1/3</sub> (s)
10 年	E	2.9	6.2	2.3	6.2
50 年		4.2	7.5	3.2	7.5
潮位		: H.W.L. + 2.1m L.W.L. + 0.0m			
現地地盤高		: D.L. - 22.4m ~ - 26.2m			
海底勾配		: 1 / 20			
設計震度		: 0.12			
防波堤天端高		: + 4.0m			
設計対象延長		: 100m			

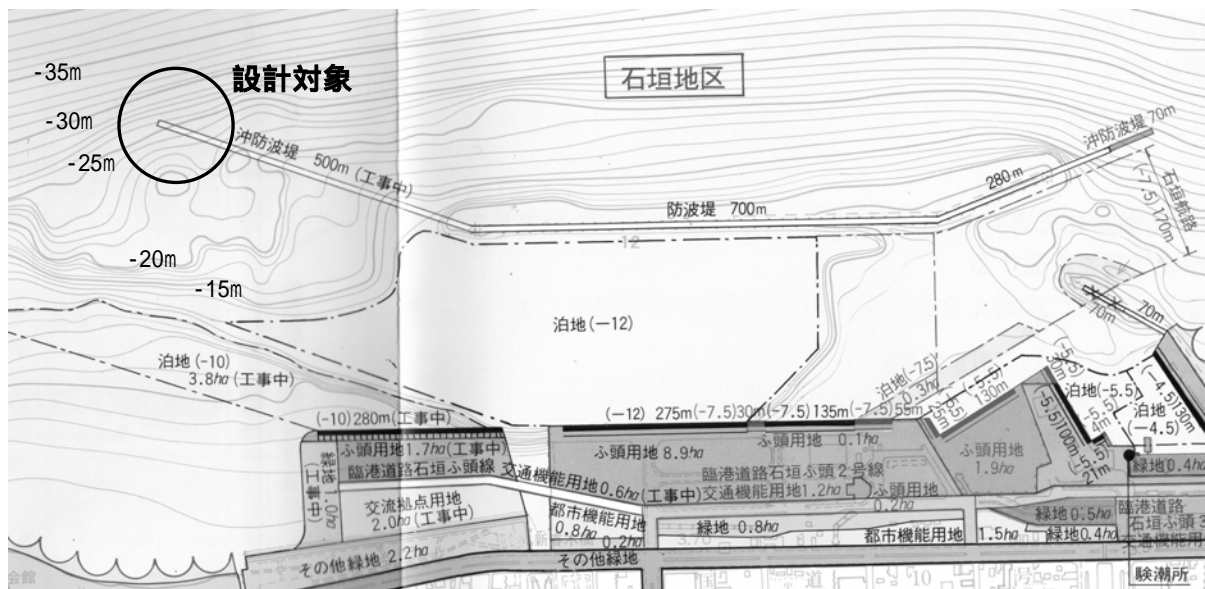


図 6 B 港防波堤位置図

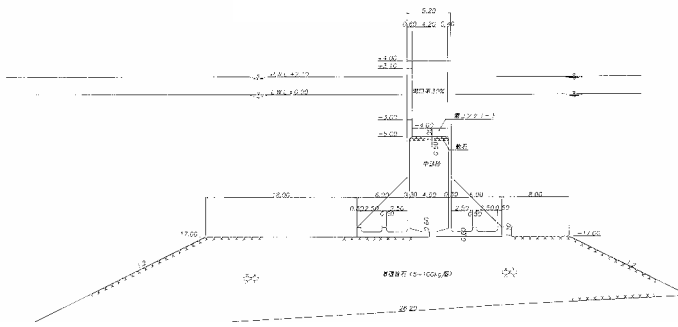


図 - 7 幅広フーチングケーソン標準断面図

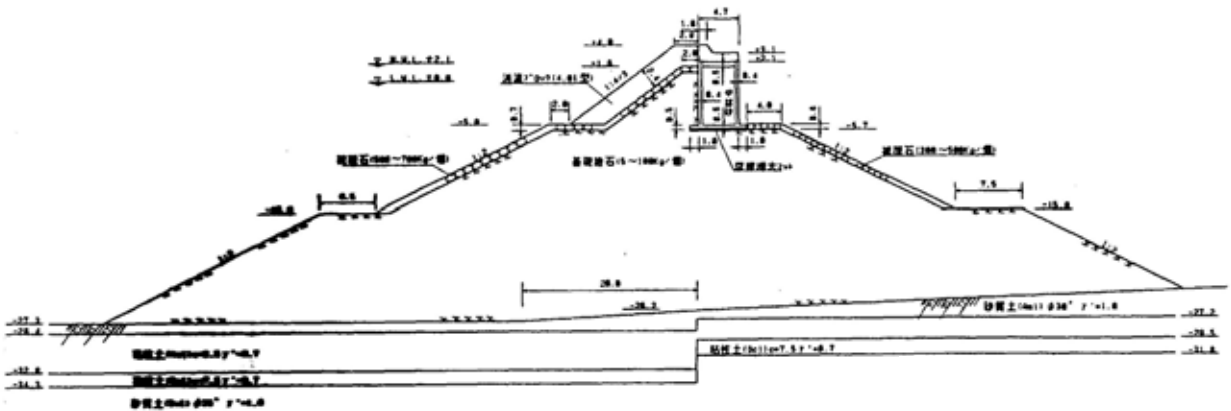


図 - 8 RCケーソン標準断面図

果、最も経済的な断面はケーソンの設置水深 - 17.0m、フーチング幅 6.0m となり、その標準断面図を図 - 7 に示す。なお、全く同じ条件で標準的な RC ケーソンで設計した場合の標準断面図を図 - 8 に示す。図 7 と図 8 は同スケールで描いているが、RC ケーソンの場合は、基礎捨石マウンドが著しく大きくなることがわかる。なお、両者の概算工事費を試算すると、本海域の防波堤に幅広フーチングケーソンを用いた場合、通常の RC ケーソンに比べ約 4 割のコスト縮減を図れることがわかった。

## 5、まとめ

本報告では、大水深で比較的静穏な海域に防波堤を設置する場合に、経済性に優れた新形式のケーソン構造として「幅広フーチングケーソン」を提案した。水理模型実験結果による波力算定法の提案を行い、最後に本構造の実海域への適用性について検討を行った。本報告をまとめると以下ようになる。

- (1) 波力の算定では、有限振幅重複波理論により算定できる。
- (2) B 港防波堤で試設計を行った結果、試算では既設計断面に比べ約 4 割のコスト縮減が可能であり、本構造の有用性を確認した。