

PSV-23 円筒型波浪制御構造物の構造開発

運輸省港湾技術研究所 ○正会員 清宮 理

運輸省港湾技術研究所 正会員 白崎正浩

1. まえがき

日本近海に広大な静穏海域を創成して、この海域を水産業、レジャー等多目的に利用する構想がある。この静穏な海域を創成するためには、着底式の波浪制御構造物を水深50m位の地点に多数設置する必要がある。従来より港湾地区では船舶の安全な停泊、荷役等のために防波堤、人工島等が外海からの波浪を遮断してきている。これらの施設は、水深20～30mの地点に建設される例が多い。しかし、より水深の深い地点に巨大な構造物を設置するには多額の建設費が必要となるので安価な施設の建設が望まれる。そこで幾種類かの構造様式を選定して比較検討した結果、図-1に示す二重円筒ケーソン¹⁾が最有力候補となった。ここでは、この構造に関する設計上の課題、特に波浪による面内力に対する検討について発表する。

2. 構造の特徴

二重円筒ケーソンは、鉄筋コンクリート（RC）製あるいはプレストレストコンクリート（PC）製の、二重の円筒、底板、及び中間床版より構成されている。内側の円筒には中詰め土が充填され、堤体の波力に対する滑動の安定性を確保している。外側の円筒の外海側には多数の四角形の孔が存在し、そこより波浪が侵入し、内側と外側の円筒壁間で波浪のエネルギーが消費されるようになっている。外側の円筒の陸地側には海水循環用に若干の孔が存在する。この孔を密閉すれば、機能は従来の防波堤と同じとなる。孔の大きさは開口率で

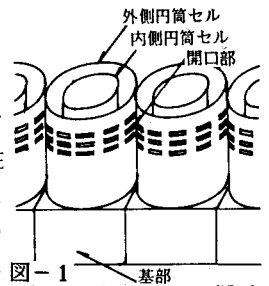


図-1 二重ケーソンの概要

決まるが、10～25%の範囲である。二重円筒ケーソンへの主たる外力は、波力、土圧、静水圧、地盤反力である。二重円筒ケーソンでは波浪の状況によって発生断面力が異なる。図-2に波浪の状況と発生断面力との関係を示す。円筒には面外力と面内力とが発生する。波の峰が外側の円筒に到着したときを押し波時と言う。押し波時には、波力が外海側より作用する。この結果、円筒の基部では大きな値の鉛直方向の曲げモーメントが発生する。また面内力は圧縮力となる。波の谷が外側の円筒に到着したときを引き波時と言う。引き波時には波力が陸側より作用する。円筒基部では、主に中詰め土の土圧と陸地側の水圧により大きな値の鉛直方向の曲げモーメントが発生する。面内力は引張力となる。コンクリート部材にとってこの引張力は厳しい状況となる。即ち、ひび割れの発生しやすい荷重条件となるからである。耐久性の観点からひび割れに対する配慮が重要となる場合、RCでは鉄筋応力を制限することにより、またPCの場合には、圧縮力を導入することによって過度のひび割れ発生が抑えられる。図-3に水理模型実験で得られた構造設計用の波圧の分布状況を示す。これは波の峰が外側円筒に到着した

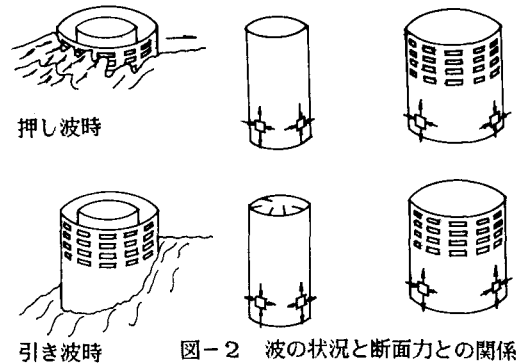


図-2 波の状況と断面力との関係

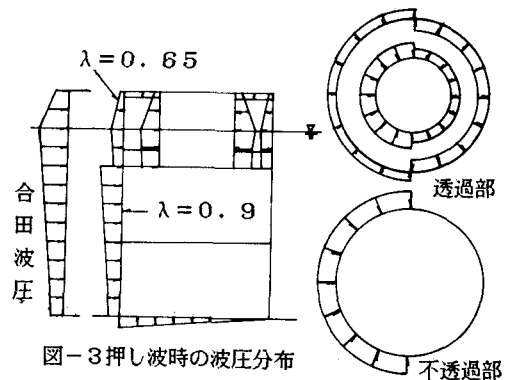


図-3 押し波時の波圧分布

ときの波圧分布である。この場合の波圧分布は、下段の不透過部では前半分に、上段の透過部では外側と内側円筒の前半分及び後半分にそれぞれ違った波圧が一樣に働く。現在、この構造に関して開発試験を実施している。主な検討項目は①有限要素法による断面力の算定と円筒基部の選定②RC部材とPC部材について、面内力とひび割れに対する設計法の整備③開口部の影響と補強法等である。ここでは、②の面内力に関する実験を紹介する。

3. 面内力載荷実験

面内力を受けるRC部材に関する設計法は Baumann²⁾等、幾人かによって提案されている。原子炉容器に関する適用性についての Baumannの提案式は山田³⁾による面内力載荷実験によって、検証されている。ここではこの山田による面内力載荷実験手法を参考に、RC部材とPC部材の両方を対象とした二軸引張状況下での耐力力とひび割れ発生状況を調べている。図-4に試験体の概要を示す。試験体は正方形で、基本寸法は200cm×200cm×18cmである。このうち 120cm×120cm の範囲が実験対象の部分である。RC製の試験体には、直径13mmの異形鉄筋が15cm間隔に二段、PC製には、直径10mmの異形鉄筋が15cm間隔に二段及び直径 9.2mmのPC鋼棒が30cm間隔に一段配置してある。PC鋼棒のプレストレストの導入は10kgf/cm²を目標としている。試験体の個数は、RCが6体、PCが6体の計12体である。コンクリートの設計基準強度は、RCで240kgf/cm²、PCで350kgf/cm²である。図-5に実験の概要を示す。実験は、試験体の周囲を各々4分割し、各辺にトーナメント治具を介して、油圧ジャッキによる静的載荷を行う。試験体は水平に置き、型枠内に設置する。実験中、試験体に自重等による曲げが発生しないように9本のバネで宙吊りにする。載荷は二方向から行い、面内力が引張～引張となるように荷重を与える。主応力(N₁、N₂)の方向を考慮し、鉄筋の向きはY軸に対して24.5度及び0度に傾けてある。載荷実験では特にひび割れ幅の進展方向（鉄筋となす角度）及び、ひび割れ幅の大きさと鉄筋ひずみ量との関係に着目している。実験結果によるとRCの場合、約40tfの載荷荷重でひび割れが発生した。図-6にひび割れの状況を示す。ひび割れ幅はひび割れの発生と同時に0.2mm前後となった。基本的に、ひび割れの発生を極力抑えることが肝要であると言う事が実験結果より明らかにされている。

4. あとがき

現在、面内力載荷実験の結果を取りまとめており、ポスターセッションの機会に発表を行いたい。また2、3の港湾において二重円筒ケーソンの建設が進められており、現地での実証試験も行う予定にしている。

参考文献

- 1)谷本勝利、他：大水深波浪制御構造物に関する水工的研究（その4）港研資料NO. 600、1987年9月、21p
- 2)Baumann, T: Tragwirkung Orthogonaler Bewehrungsnetze Beliebiger Richtung in Flachentragwerken aus Stahlbeton, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 217, Berlin, (1972)
- 3)山田一宇：鉄筋コンクリート製原子炉格納容器の設計における問題点特にRCシェル要素のせん断設計法の合理化に関する研究、前田建設技術研究所報、1982年3月NO. 22-1、pp. 3～56

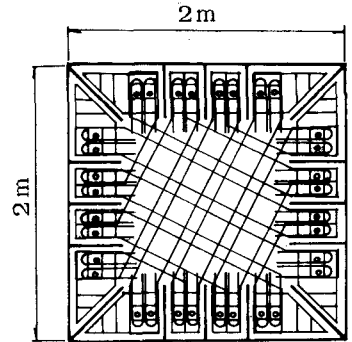


図-4 試験体の概要

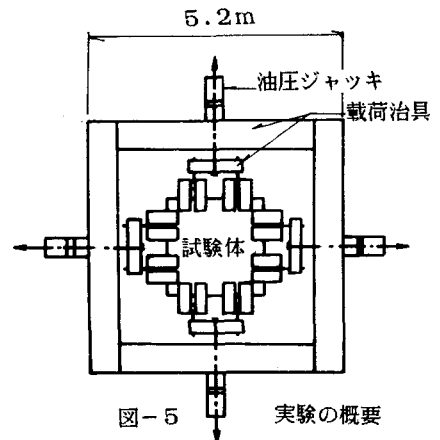


図-5 実験の概要

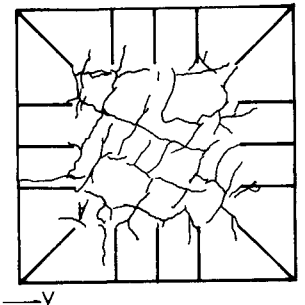


図-6 ひび割れの状況