

日立造船(株) ○正会員 竹下治之

岩田節雄

1. まえがき

海洋建造物は地上建造物とは異なり、海洋という未知の環境に設置される建造物であるので、その構造部材に対してはより付加的な性能が要求される。さらに、これらの構造部材の静的および動的強度に加えて、建造物の比重、水密性および環境条件に対する抵抗性が要求される。これらの建造物の構造部材としては、陸上建造物のように簡単な単一材料でこれらの種々の条件を満足することは非常に困難であり、構造性能のみならず経済性も考慮した実現性ある構造とするには、異種材料を複合した構造部材の適用がクローズアップされてくる。

想定された海洋建造物に対し、複合建造物としての種々の検討を行った結果、その構造部材として鋼とコンクリートの複合化が有利で実現性あることがわかった。すなわち、海洋建造物の強度には鋼のより優れた強度特性を活用し、さらにその莫大な浮力を相殺するためにコンクリートを大幅に活用する。このような建造物として、鋼板間にコンクリートを充填したハイブリッドパネル構造が最適と考えられる。

本研究は、このような鋼とコンクリートからなるハイブリッドパネルの構造特性を実験的に把握することを目的として実施したものである。

2. 実験および実験方法

実験の対象とするハイブリッドパネルは図1に示したような想定した海洋建造物の斜線部に示した一部分のものであり、採用した実験模型の詳細断面は図2に示したようになっている。

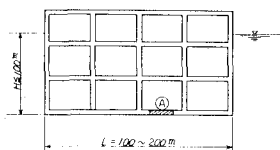


図1 想定した大型浮遊海洋建造物の規模

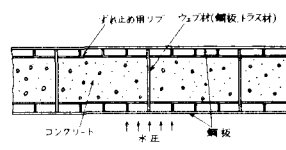


図2 ハイブリッドパネル詳細図

ハイブリッドパネルの供試模型はパネルの構造が異った4体であり、その概略図を図3に示す。P-1模型は最も単純な平板とコンクリートからなるパネルであり、基礎的な強度特性を調べるために実施したものである。実際の海洋建造物では、せん断力の伝達あるいは製作時の鋼板間隔保持のために適当なウェブ材(鋼板あるいはトラス材等)が随所に取付けられるが、パネル厚と長さの比が小さいも

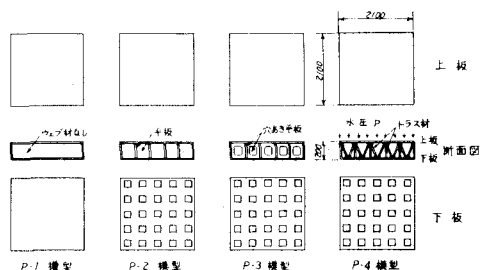


図3 ハイブリッドパネル模型概略図

のでは、ウェブ材の間隔が相対的になくなるので、この型式のようなモデルが基本的なものになると考えられる。実際の海洋建造物の製作には工作を考えた構造型式にする必要があり、この点を考慮した供試模型がP-2~P-4模型である。これらの模型のウェブ材は平板、穴あき平板、トラス材となっている。模型に設置したずれ止めは、実際の相似則との関連より、その寸法、形状、配置等の問題があるが、本実験では全て一様にアングル(L-3×20×20)を配置した。

実験は図4に示すような載荷装置により、水圧による等分布荷重を負荷したが、供試模型は周辺単純支持の状態となっており、模型の4隅に発生する負の反力はボルトにより装置本体に伝達した。この水圧載荷装置の最大許容荷重水圧は約 20 kg/cm^2 である。

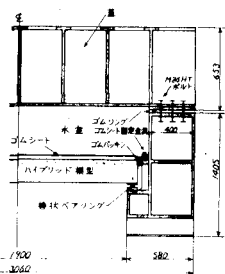


図4 水圧載荷装置断面図

3. 実験結果

各模型の荷重-変位の関係を図5に示す。P-1模型についてたわみ剛性を比較すると、実験値は理論値の約1/2である。各模型のウェブ材の差異は弾性域においてはあまり大きな影響は認められないが、崩壊時には変形量に大きな差を生じる。

P-1およびP-2模型の深さ方向のひずみ分布を図6、図7に示す。荷重が小さい間はひずみ分布はほぼ直線を示し、平面保持の仮定が成立しているのがわかるが、荷重の増加に伴ってコンクリートの引張側にクラックが発生し、ひずみが減少する傾向にある。しかし、最終状態では上下鋼板が等厚であるので、P-1模型では引張側鋼板が降伏して崩壊する。ウェブ材が存在するP-2~P-4模型は圧縮側鋼板もほぼ降伏して崩壊に至る。また、上板の横方向ひずみ分布を図8に示す。

各模型の実験および計算結果を表1に示す。崩壊荷重の計算は、コンクリートの応力は圧縮側は放物線分布、引張側は無視した応力分布を用い極限曲げモーメントを算出し、降伏線解析により求めた。P-1模型は引張側鋼板が降伏した状態を、P-2~P-4模型は引張、圧縮側鋼板ともに降伏した状態を考えた。実験は単純支持状態であるが、崩壊時にはかなり周辺の拘束が考えられるので、これによる膜力の影響を考慮した修正値を計算した。この値を表中の P_2 欄に示す。計算値(P_1+P_2)は実験値にほぼ等しい値を示すことがわかる。

4. まとめ

- (1) 鋼とコンクリートの合成度は、本実験の模型では圧縮側ではほぼ完全に合成されるが、引張側では不完全なものとなっており、そのパネルの曲げ剛性は完全に合成されたものと仮定したものの約1/2である。
- (2) ウェブ材が存在しなく等厚な上下鋼板間にコンクリートを充填したパネルでは、引張側鋼板が降伏したらほぼ崩壊に至るが、適当なウェブ材が存在する場合、上下鋼板が降伏した状態をもって近似的に崩壊と考えることができる。
- (3) 強度から考えれば上下鋼板にコンクリート打設用の穴等が存在しない方が鋼板がより有効に使用されるが、コンクリートの打設性を考慮すれば、鋼板間にはウェブ材にトラス材および平板で連結したものが穴あき平板のものよりやや優れている。

- (4) 鋼板間に設けるウェブ材は基本的には、せん断力および曲げによる引張応力の合応力である斜引張応力に対するコンクリート抵抗力の不足分を補うものと考えればよいが、その多少は構造物としてのねばりに大きく影響するとともに、パネルの合成度にも影響し、ウェブ材の多いもの程合成度はあがる。

5. あとがき

ここでは紙面の都合もあり、ハイブリッドパネル自体の構造特性に関する実験のみを記したが、その他接合部の構造特性に関する実験およびハイブリッドはり模型による引張側の合成度の検討も行なっている。

なお本研究は日本船用機器開発協会の補助金を受け、日立造船で実施したものである。

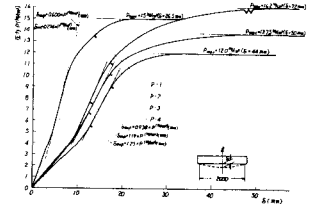


図5 パネル中央点変位

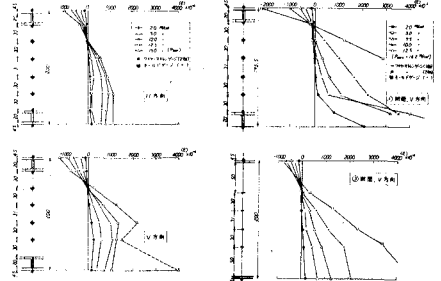


図6 高さ方向ひずみ分布(P-1)

図7 高さ方向ひずみ分布(P-2)

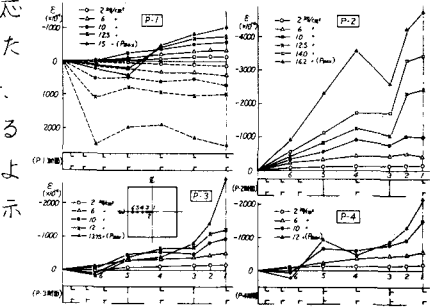


図8 横方向ひずみ分布

実験値

模型	中央荷重(単位: kN)	中央変位(単位: mm)	最大引張応力(単位: MPa)	最大圧縮応力(単位: MPa)	最大せん断応力(単位: MPa)	最大曲げモーメント(単位: kN-m)
P-1	72	49	0.400	—	13.25	15.0
P-2	85	75	0.938	1100	9.50	14.2
P-3	78	60	1.190	1200	10.50	12.75
P-4	75	15	2.250	200	7.25	12.0

注(1) ①: 実験値、②: 計算値、③: 実験値と計算値の差

(a) P_1 : ①、②、③: 実験値、④: 計算値、⑤: 実験値と計算値の差

(b) P_2 : ①、②、③: 実験値、④: 計算値、⑤: 実験値と計算値の差

計算値

模型	中央荷重(単位: kN)	中央変位(単位: mm)	最大引張応力(単位: MPa)	最大圧縮応力(単位: MPa)	最大せん断応力(単位: MPa)	最大曲げモーメント(単位: kN-m)
P-1	74	49	0.274	23,900	14.34	15.34
P-2	21	75	1.140	1,180	11.81	14.27
P-3	21	74	1.290	1,180	12.00	13.74
P-4	21	74	1.810	1,180	12.00	13.74

注(1) ①: 実験値、②: 計算値、③: 実験値と計算値の差

(a) P_1 : ①、②、③: 実験値、④: 計算値、⑤: 実験値と計算値の差

(b) P_2 : ①、②、③: 実験値、④: 計算値、⑤: 実験値と計算値の差

表1 実験および計算結果