

PS-10 面内せん断を受ける連続防撓パネルの最終強度推定法

構造安全評価系 * 高見 朋希、安藤 孝弘、田中 義照
 大阪大学 辰巳 晃、藤久保 昌彦
 ジャパンマリンユナイテッド 小河 寛明、平川 真一

1. 緒言

著者らは、面内せん断と圧縮を受ける防撓パネルの新しい最終強度評価法を提案している¹⁾²⁾³⁾。本研究では、実船の隔壁構造を詳細 FE モデル化して崩壊解析を実施し、隣接パネルの拘束の影響を把握した上で、提案手法の境界条件の検討及び最終強度の比較を行った。さらに、面内せん断と圧縮荷重比が異なる数ケースの実船隔壁モデルの崩壊解析を行い、最終強度を比較して、様々なせん断・圧縮荷重条件下での提案した最終強度評価法の適用性についても確認した。

2. 最終強度評価法

著者らは図-1に示す周期境界条件（以下、PBC）を使用することにより、面内せん断及び圧縮を受ける連続防撓パネルの最終強度評価法を提案している¹⁾²⁾³⁾。図-1(a)に示すBC1は従来から連続防撓パネルの最終強度推定に用いられる境界条件であり、BC1境界条件を用いた場合、せん断荷重は各辺に一律に負荷される。一方で、せん断座屈が発生すると、面内剛性の変化に伴って各辺に作用するせん断荷重も変化する。崩壊現象を厳密に再現するためにはせん断荷重の変化も考慮する必要があり、PBCを用いてこれを再現した境界条件が図-1(b)~(d)に示すBC2~BC4である。BC2は連続防撓パネルの周囲4辺の面内変形を許容した条件であるが、実構造においては隣接パネルや補強部材の影響により2辺または4辺を直線保持としたBC3またはBC4が適切と推測される。そこで、次項では実船隔壁 FE モデルを用いた崩壊解析をせん断・圧縮荷重を変化させて実施し、BC3及びBC4を用いた評価法と比較することで境界条件の妥当性を検証した。

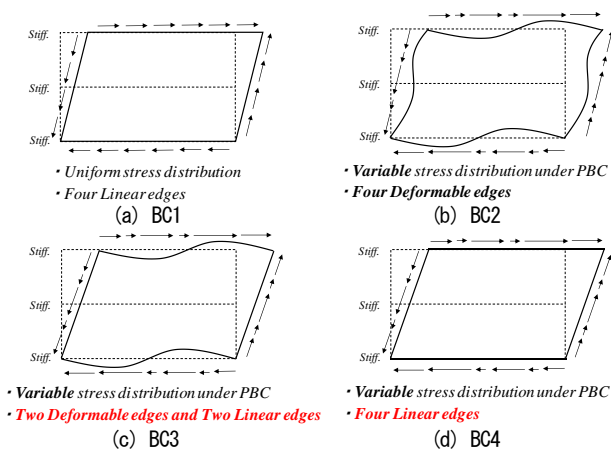


図-1 連続防撓パネルの周期境界条件

3. 実船隔壁 FE 解析との比較検証

3.1 実船隔壁の FE モデル

図-2に本研究で検証用として用いた実船（タンカー）隔壁のモデル化範囲を示す。モデル化範囲は1Hold分の縦通隔壁とデッキ及びインナーボトムの一部とし、インナーボトムの板厚を中立軸の位置が実船と等価になるように増厚した。荷重条件は図-3に示すようにサギングを仮定した。境界条件としてはAB, CD辺を直線保持しながらB点及びC点を単純支持し、GH辺にy軸負方向の荷重を負荷した。

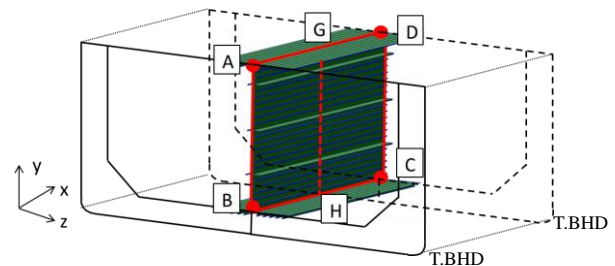


図-2 実船隔壁の FE モデル化範囲

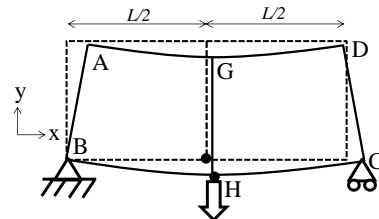


図-3 実船隔壁の FE 解析条件

3.2 境界条件の比較検証結果

図-1(c)及び(d)に示すPBC条件BC3、BC4をモデル化範囲1+1トランススパン、1+1ロンジスペースに適用した結果と実船隔壁のFE解析結果を比較した。図-4に示す比較対象パネルにおける平均せん断応力～平均せん断ひずみ関係の比較を図-5に示す。図-5中、1の時点が評価対象パネルの最終強度であり、実船隔壁解析、BC3及びBC4で同等の値となっていることが確認できる。BC3では上下辺の面内変形を許容していることから、最終強度後すぐに座屈変形の局所化が発生するが、BC4では座屈変形の局所化は発生せず、耐力値の大きな低下は見受けられない。実船隔壁解析では図-5の2の時点で座屈変形の局所化が発生して耐力が低下し、3の時点でBC3結果の耐力値まで近づくが、図-6に示すように、1～2の間では実船隔壁では隣接パネルの影響により

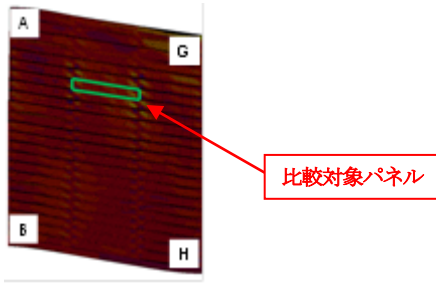


図-4 提案評価法の検証対象としたパネル位置

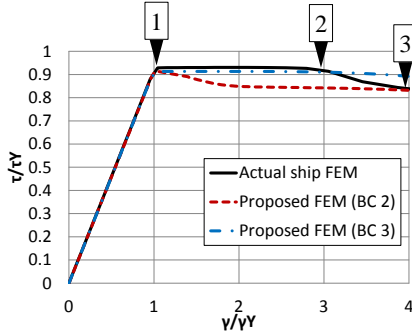


図-5 比較対象パネルにおける平均せん断応力～平均せん断ひずみ関係の比較

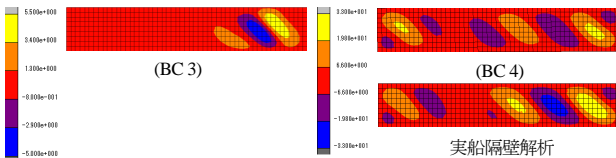


図-6 最終強度後(図-5中、2)における評価対象パネルの面外変形分布の比較

変形が拘束される影響で BC4 と近い挙動を示している。以上から、図-4 に示すような隔壁中央部付近のパネルについては、最終強度後の挙動の再現性は BC4 の方が高いと考えられる。ただし、デッキあるいはボトムに隣接するパネルを評価する場合は、隣接パネルの拘束の影響が少なく BC3 が適当である可能性があるため、要検討である。

3. 3 面内せん断と圧縮の複合荷重下での最終強度の比較

図-2 に示す実船隔壁モデルに AB 辺と CD 辺に曲げモーメントを与えることにより隔壁上部にさらに圧縮荷重を負荷

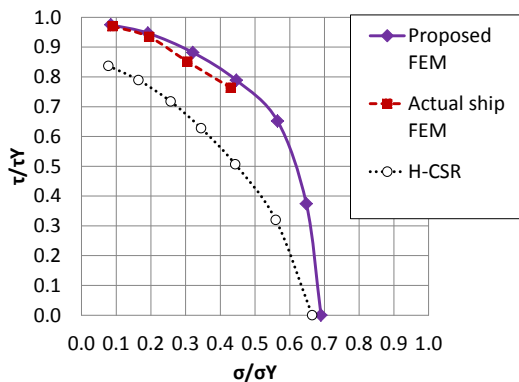


図-7 面内せん断及び圧縮荷重比と隔壁内パネル最終強度との相関関係

し、面内せん断荷重との荷重比を変更して、提案評価法と実船隔壁解析の最終強度を比較した。図-7 に圧縮・せん断の荷重比と図-4 に示す評価対象パネルの最終強度との相関関係を示す。提案評価法では BC4 の境界条件を適用した。図-7 より、BC4 を用いた提案評価法は実船隔壁解析に近い推定値を算出可能であることが確認できる。なお、図-7 に示す通り、船級規則 (H-CSR) で規定される最終強度の値はせん断荷重が支配的になるほど安全側の評価となることが判明した。

4. まとめ

本研究では実船隔壁を詳細にモデル化した FE 解析と著者らの提案する連続防撓パネル最終強度評価法との比較検証を実施し、以下の知見が得られた。

1. 提案評価法に用いる周期境界条件 (PBC) の検証を実施し、隔壁中央部付近のパネルについては連続防撓パネル周囲 4 辺を直線保持とした BC4 が最終強度後挙動の再現性が高いことを確認した。
2. 面内せん断と圧縮荷重の複合荷重下においても、提案評価法を用いて最終強度が精度良く推定可能であることを確認し、提案評価法の有用性を示した。

参考文献

- 1) M. Fujikubo, A. Tatsumi, K. Iijima, H. Ogawa, T. Takami: Boundary Condition for Buckling/Plastic Collapse Analysis of Continuous Stiffened Panel under Combined Thrust and Inplane Shear, Proc. of The 7th Int. Conf. on Thin-Walled Structures, Busan, Korea, 2014, ICTWS2014-1003.
- 2) 小河寛明、高見朋希、藤久保昌彦、田中義照、安藤孝弘、平川真一、宮田知明、宇田翔吾：せん断及び圧縮荷重を受ける連続防撓パネルの最終強度評価法に関する研究 —防撓パネルのせん断座屈崩壊試験—、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 18 号、2014、pp.467-471.
- 3) 小河寛明、高見朋希、藤久保昌彦、田中義照、安藤孝弘、平川真一、宮田知明、辰巳晃：せん断及び圧縮荷重を受ける連続防撓パネルの最終強度評価法に関する研究 (第 2 報) —せん断座屈崩壊挙動の解明と最終強度評価法—、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 19 号、2014、pp.471-474.