

PS-13 面内剪断を受ける連続防撓パネルの最終強度推定法 に関する研究

構造基盤技術系 * 高見 朋希、田中 義照、安藤 孝弘
大阪大学 藤久保 昌彦、宮田 知明、宇田 翔吾
ジャパンマリンユナイテッド 小河 寛明、平川 真一

1. はじめに

面内剪断が支配的な縦通隔壁上部は、座屈設計上重要な箇所であるにもかかわらず、連続防撓パネルとしての崩壊挙動は未解明である。これは、剪断座屈波形が防撓材を挟んだ隣接パネルにも連続するため、有限要素法（以下 FEM という）解析を行う際にも、モデル化範囲や境界条件の設定が難解であることによると考えられる。

一方、船級規則では、剪断および圧縮を受けるパネルおよび防撓材の座屈・最終強度計算法が示されているものの、その適用性は未解明で精度の高い強度評価が困難な状況にある。そのため、剪断が支配的な部材の設計においては、船級ソフトによる強度評価結果を基に部材寸法が決定されているのが現状であるが、かなり安全側の結果を与える場合もあり、評価結果の妥当性は検証できていない。

そこで、本研究では VLCC の縦通隔壁を想定した防撓パネル試験体を対象に複数回の座屈試験を実施し、面内剪断及び圧縮を受ける連続防撓パネルの座屈崩壊を再現した。また、試験時の荷重・境界条件を再現させた試験体の FEM 解析を実施し、座屈崩壊現象を明らかにした。

2. 座屈試験体

2. 1 試験方法

試験体に面内剪断を作用させる実験方法としては、H 形鋼梁の剪断座屈試験を行った瀬戸ら¹⁾の方法を参考にし、図-1 に示すような試験方法を採用した。図-1 に示すように、試験体の A、C 部の Y 軸方向変位を単純支持し、B、D 部に Y 軸負方向にそれぞれ $1.5Q$ 、 $0.5Q$ の大きさの剪断荷重を作用させ、また試験体の一端は回転治具を挟んで反力壁と固定して端部の Z 軸周りの回転を自由にする事で、座屈発生部に剪断荷重 $1.0Q$ を作用させる。反力壁の反対側の端部には圧縮荷重 P を断面図心に一樣に作用させ、また座屈発生部となる試験体スパンは板厚を両端スパンより薄くすることにより、面内剪断及び圧縮による座屈崩壊を再現する。試験は海上技術安全研究所で所有する複合荷重試験装置²⁾を用いて実施した。

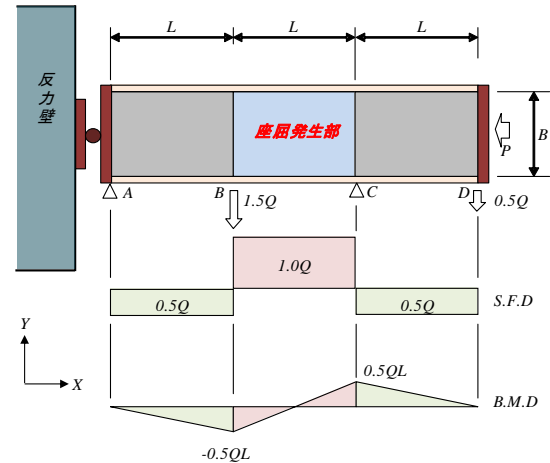


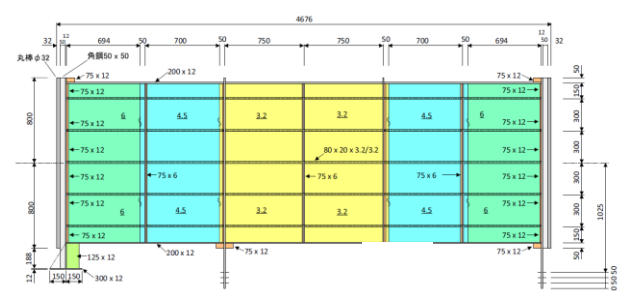
図-1 座屈試験実施方法

2. 2 座屈試験体

製作した座屈試験体の諸寸法を図-2 に示す。本研究では試験体長さは 4676mm と同一として、スチフナの間隔を 250mm とした No.1 試験体、及び 300mm とした No.2 試験体を製作した。試験体の端と各スパンの



(a) No. 1 試験体



(b) No. 2 試験体

図-2 座屈試験体の諸寸法

境界には板厚 12mm のトランス材を設置し、各スパン中央には板厚 6mm のトランス材を設置した。試験体の中央スパンは座屈崩壊を発生させるために板厚 3.2mm の SPHC 鋼を用い、他の部材には SS400 鋼を使用した。また、No.2 試験体は中央スパンに作用する曲げ荷重を軽減させるため、No.1 試験体に付属の支持治具（図-2(a)中丸印）を除去している。

3. 試験結果と FEM 解析を用いた検証

FEM 解析に用いた試験体のモデルを図-3 に示す。FEM コードは MSC.Marc を使用し、メッシュサイズ 20mm のシェル要素でモデル化した。また、座屈試験実施前にパネル部分の溶接残留応力と初期撓みを計測

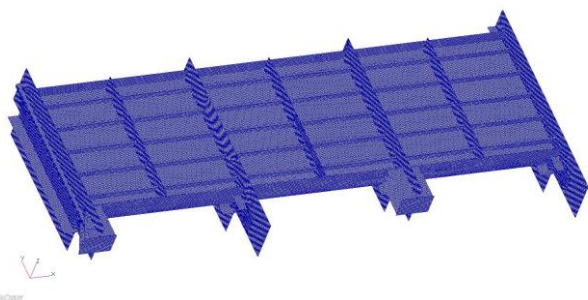
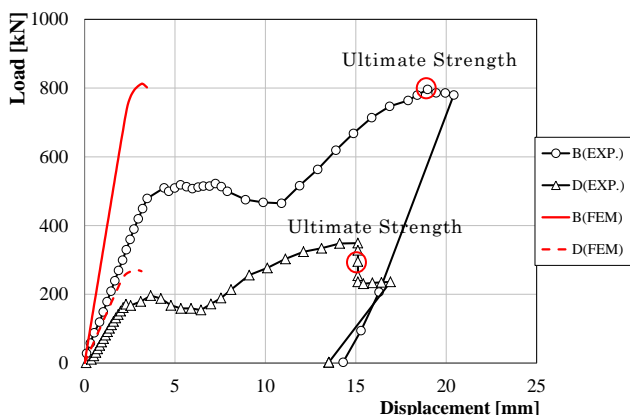
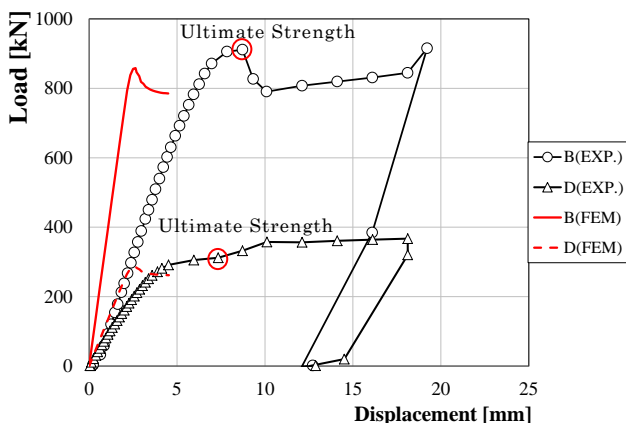


図-3 試験体 FE モデル (No. 1 試験体)



(a) No. 1 試験体



(b) No. 2 試験体

図-4 剪断荷重～変位関係の比較

し、解析に反映した³⁾。圧縮荷重 P を 30kN で一定に負荷した状態で剪断荷重を負荷させた座屈試験結果の剪断荷重～変位関係を、FEM 解析結果と比較して図-4 に示す。図-4 中 B、D は図-1 中に示す剪断荷重載荷箇所荷重～変位関係であり、丸印が試験において最終強度と見られる時点の荷重である。図-4 (a) の No.1 試験体は中央スパンの支持治具付近が曲げ荷重の集中により局部的に塑性崩壊し、一度荷重が下がった後、荷重再配分の発生により再び荷重が上昇し、最終強度に至った。両試験体共に、支持治具付近の曲げ荷重が大きい箇所から順次座屈が発生し、剪断降伏応力に達した時点で塑性座屈崩壊する結果となった。座屈試験においては治具間等に生じた隙間の影響により変位は大きく出るが、FEM 解析結果は座屈試験と同等の最終強度を得ることが確認できる。また、図-5 には最終強度時の試験体の変形図を座屈試験と FEM で比較して示す。図-5 より、座屈試験及び FEM において同等の剪断座屈波形が再現できることが確認できた。

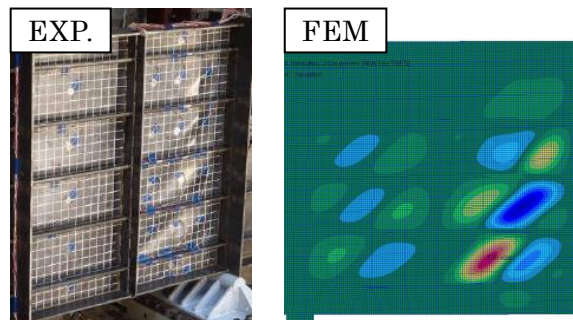


図-5 最終強度時の剪断座屈変形の比較

4. まとめ

本研究では面内剪断及び圧縮を受ける連続防撓パネル試験体の座屈試験を行い、同時に FEM を用いた検証を実施した。実験及び FEM により、連続防撓パネルの剪断座屈崩壊が再現でき、実験と FEM 解析結果の最終強度及び座屈波形も良好に一致した。今後は、設計基準に反映するための評価法の開発や、最小解析範囲で等価な挙動を再現できる FE モデル化法の開発に取り組む。

参考文献

- 1) 瀬戸康平ほか、H 形鋼梁ウェブ要素のせん断座屈挙動に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、2001。
- 2) 田中義照、構造材料寿命評価研究施設、海上技術安全研究所報告 第 9 巻。
- 3) 小河寛明ほか、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、日本船舶海洋工学会春期講演会論文集、2014。