B214 繰り返し曲げを受ける防撓箱型断面梁構造の崩壊挙動に関する実験的研究 長尾誠 (指導教員:正岡)

1. 緒言

船体、超大型浮体構造物のような防撓箱型断面 梁構造は大波からの過剰な力を受けると縦曲げ における弾性範囲を越えてサギング、ホギング状 態を繰り返す。この現象により防撓箱断面型梁構 造の剛性、強度は低下し、構造に致命的な損傷が 生じ、崩壊に至る。そこで、本研究では防撓箱型 断面梁構造に繰り返し縦曲げがかかるときの崩 壊挙動を明らかにするために防撓箱型断面梁構 造をモデルとした小型模型で実験を行う。なお、 実験に先立ち非線形有限要素法による解析を行 い、解析結果を参考にして実験を行った。

2. 実験装置と試験体の概要

2.1 実験装置

実験装置¹⁾はFig. 1 に示すように梁の4 点曲げ を背景に設計さている。梁の4 点曲げにおいては、 中央部はせん断力が0 であり純曲げとなり、2 つ の荷重点間で曲げモーメントが最大となり左右 対称であることから梁の中央部(試験体中央)で 崩壊が起こると考えられる。試験体部分は斜線部 分であり、実験の都合上取替え可能にしている。

実験装置の全長は 5124mm であり、実験装置 両横のアーム部分は 2000mm である。アーム部 分は試験体の断面係数と比較して試験体よりも 強度が高くなるような I 型鋼を用いている。

載荷装置は油圧ポンプと複動シリンダを用い て押し引き両用とし、試験体に繰り返し曲げをか けることができるようになっている。 2.2 試験体

試験体は Fig. 2 に示すような防撓箱型断面梁 構造を使用した。試験体は長手方向に 700mm で あり、その内 500mm が試験体部分である。実 際の防撓構造においてスティフナは内部に設置



されているが、実験装置の性質上内部に設置され ているとスティフナの崩壊挙動を見ることがで きないことから本試験体ではスティフナは外部 に設置した。Fig.2(b)に試験体部分中央の断面 図を示す。Table1に試験体の材料定数、細長比 を示す。 は縦横比を示し、 は防撓板全体の細 長比を示し、 は防撓板間パネルの細長比を示す。 ヤング率、降伏応力は実験により求められたもの である。

3. 非線形有限要素法による解析

繰り返し曲げ実験を行うに先立って非線形有 限要素法を用いて解析を行った。Fig.3に試験体、 試験体断面の解析モデルを示す。この解析結果を 参考として実験を行い、最終強度の値を実験結果 と比較する。

4. 防撓箱型断面梁構造の繰り返し実験

4.1 実験方法

2章で述べた実験装置を用いて、予備実験とし て4点曲げが再現されているかどうかを確認す るために、ダミー試験体を用いた弾性範囲内での 曲げ試験を行った。試験体においても弾性範囲内 で試験的に曲げ実験を行い、4点曲げ状態が再現



Fig. 2 防撓箱型梁構造試験体

Table 1 材料定数と細長比

	ヤング率	降伏応力			
	(MPa)	(MPa)			
	196000	201	5	0.808	1.6



されていることを確認した後、載荷装置を用いて 原点から上向きの荷重をかけた。試験体が最終強 度を向かえた後除荷させ、原点まで下がったとこ ろから再び上向きの荷重をかける。この操作を5 回繰り返した後、荷重点変位が 0mm から 150mmまで曲げ荷重を加え、繰り返し曲げでの 崩壊挙動を見た。

4.2 ひずみ、荷重、荷重点変位の計測

崩壊挙動のメカニズムを見るために、歪、荷重、 荷重点での変位を計測した。歪ゲージの貼付位置 は Fig. 2 に A~D で示すように試験体中央部上 下面スティフナ間パネル 4 箇所である。ここは、 非線形有限要素法による解析結果において最も 変形が大きくなったところで、最も早く座屈が発 生すると考えられる場所である。

4.3 実験結果

Fig. 4 (a) に繰り返し曲げ荷重を与えたときの 荷重~荷重点変位関係を示す。横軸は荷重点変位、 縦軸は荷重であり、横軸に平行な点線は解析モデ ルに曲げを加えたときの非線形有限要素法での 最終強度である。

Fig. 4 (a) の1回目ではまず座屈により剛性が 低下し、最終強度をむかえていることがわかる。 最終強度時での試験体には圧縮面である下面に 全体座屈が、側面には3半波の局部座屈がみられ た。また最終強度は非線形有限要素法による解析 値とおおよそ一致していた。2回目曲げ以降は座 屈変形がさらに大きくなり、徐々に剛性が低下し ていった。同時に最終強度も低下していった。

Fig. 4 (b) は 6 回以上曲げを加えたときの荷重 ~曲げ回数関係である。縦軸は荷重であり、横軸 は繰り返し曲げ回数である。繰り返し曲げ荷重を 続けていくと 0mm 時、150mm 時の荷重の絶対 値が低下していき、試験体の荷重保持能力が徐々 に低下していることがわかる。

Fig. 5 に歪~荷重点変位関係を示す。縦軸は歪、 横軸は荷重点変位である。B は上面パネルでの関 係であり、D は下面パネルでの関係である。B と D を比較してみると圧縮面となる下面パネルの



座屈による変形が大きくなり、繰り返し曲げを加 えると、次第に顕著になる。

また側面の座屈変形も非常に大きく、4回目曲 げ時には側面にも全体座屈のような変形が起こ り、側面と圧縮面の接合部にクラックが発生した。 Photo 1に40回繰り返し曲げ荷重をかけた時の サイドパネルの亀裂の様子を示す。繰り返し曲げ 荷重を続けていくとクラックがスティフナを破 断させながら成長していき、サイドパネルに Photo 1のような亀裂が入り、下面パネルにも同 じように亀裂が入った。このような状態になると 崩壊挙動はあまり変化しなくなる。これは圧縮面 の部分がすべてジャックナイフ形の崩壊を起こ し、引張、圧縮により亀裂が入り、それ以上変形 が起こりづらくなっているからであると考えら れる。

5. 結言

本研究では繰り返し曲げを受ける防撓箱型断 面梁構造の崩壊挙動を明らかにするために、小型 模型を用いて実験を行い、以下の知見を得た。 (1)試験体は圧縮面に全体座屈を、側面に局部座 屈を伴い最終強度となった。

(2)ジャックナイフ型の崩壊が起こり、圧縮面、 側面パネルに破断が見られるようになり崩壊挙 動はあまり変化しなくなった。

(3)今後はさまざまな断面について繰り返し曲げ 実験を行い、測定点をさらに増やし、崩壊挙動を 明らかにしていきたい。

6. 参考文献

 神山哲也: "繰り返し曲げを受ける船体断面模 型の崩壊挙動に関する実験装置の設計・製作" 平成14年度大阪府立大学卒業論文



Photo 1 サイドパネルの亀裂