

当て板補修を行った孔開き鋼矢板の曲げ耐力に関する解析的検討

五洋建設(株) 正会員 ○王 涛  
 五洋建設(株) 正会員 谷口 修  
 五洋建設(株) フェロー 内藤 英晴

1. 検討目的

港湾の護岸等には鋼矢板を用いた構造形式が多く採用されている。しかし、海洋環境下の鋼矢板では腐食や摩耗などにより孔の開くことが多い。その孔の補修方法の一つとして、当て板による補修は比較的簡易な方法である。この補修による鋼矢板の曲げ耐力は当て板と鋼矢板との接合方法に影響される。そこで、孔の開いた鋼矢板に対して、異なる接合方法で当て板補修を行った場合の曲げ耐力の向上効果について解析的検討を行った。なお、当て板と鋼矢板との接合方法は、エポキシ樹脂(接着接合)と高力ボルト(摩擦接合)の併用と、高力ボルト(摩擦接合)のみの2種類とした。

2. 解析概要

解析モデルは、図-1に示すようにハット形鋼矢板(25H)を対象とした単純梁とし、2点荷重により梁の圧縮縁と引張縁が塑性域に達するまで解析を行った。解析には汎用数値解析ソフトを使用した。表-1には解析に用いた材料特性値を示す。座屈防止のために支点と荷重点にはリブ補強を行った。

解析ケースは、健全(case1)、孔開き(case2)、当て板補修(case3, case4)の4ケースとした(表-2)。解析モデルを図-2に示す。高力ボルト摩擦接合と樹脂接着接合の併用(case4)では、鋼矢板フランジと当て板との間にはクーロン摩擦モデルによるインターフェイス要素を設定した。また、村越らの研究<sup>1)</sup>を参考に、高力ボルト接合であるcase3の摩擦特性は  $C=0N/mm^2, \phi=39^\circ$  とし、高力ボルトとエポキシ樹脂の併用のcase4では  $C=20N/mm^2, \phi=0^\circ$  とした。

ボルトと当て板の界面は滑らないものとし、ナットは鋼矢板フランジと完全接合とした。ボルト軸と当て板および鋼矢板との界面特性として、接合面の摩擦のみの挙動を再現するためにせん断剛性及び鉛直方向の剛性はゼロとした。

解析では、高力ボルトに軸力を導入する段階と、ボルトの軸力導入後に荷重点に強制変位を与える2段階で行った。片側からの施工が可能なワンサイドボルト(呼び径27mm)の導入の設計軸力を245kNとした。

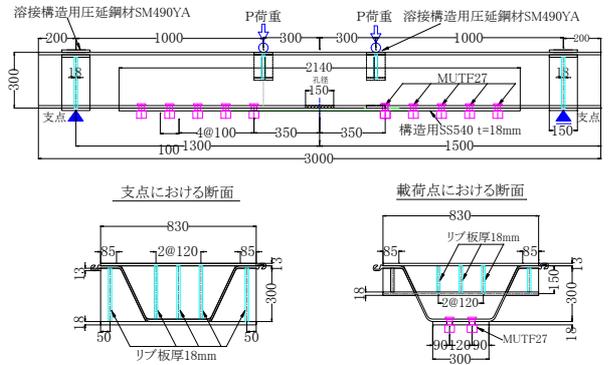


図-1 供試体の概略図

表-1 解析に用いた材料定数

部位	鋼種	降伏点	弾性係数	ポアソン比
		N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	
鋼矢板	SYW295	295	$2 \times 10^5$	0.3
当て板	SM490	400	$2 \times 10^5$	0.3
高力ボルト	SCM440	835	$2 \times 10^5$	0.3

表-2 解析ケース一覧

解析ケース	鋼矢板	接合面
case1	健全	-
case2	孔開き	-
case3	補修	$C=0, \phi=39^\circ$
case4		$C=20, \phi=0^\circ$

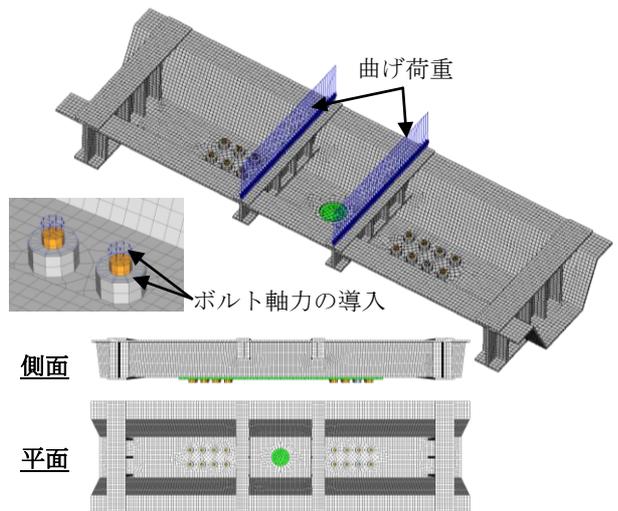


図-2 補修ケースの解析モデル

キーワード 鋼矢板, 孔開き補修, 摩擦接合, 接着接合, 曲げ耐力, FEM 解析

連絡先 〒329-2746 栃木県那須塩原市四区町 1534-1 五洋建設技術研究所 TEL.0287-39-2105

### 3. 解析結果

#### ①荷重と鋼矢板ひずみおよび縁端すべり変位との関係

図-3に解析で得られた荷重と鋼矢板のひずみとの関係を示す。荷重とは全載荷重の1/2の値であり、鋼矢板ひずみはスパン中央のフランジ底面での値である。なお、健全鋼矢板と孔開き鋼矢板の断面係数はそれぞれ1,450cm<sup>3</sup>と1,000cm<sup>3</sup>であり、降伏強度295N/mm<sup>2</sup>から計算降伏荷重はそれぞれ428kN、295kNとなる。これらの値は、図-3においてひずみが1500μ時の解析降伏荷重と近いものであり、解析の妥当性が窺える。当て板補修のcase3とcase4のいずれにおいても剛性と耐力は健全ケース以上の性能を示しているが、case3では降伏後に座屈により破壊に至ったのに対して、case4では降伏以降においても良好な靱性を示した。図-4と図-5には、上下フランジが塑性状態に入った後に、case3とcase4の変形と鉛直方向の変位分布を示す。case3ではすべりの発生による局所部の剛性低下を生じ、鋼矢板の上フランジが座屈によって大きく変形したのに対して、case4では座屈を生じることなく大きな塑性変形を示していることが分かる。

荷重と当て板縁端のすべり変位との関係を図-6に示す。すべり変位とは、当て板縁端における鋼矢板フランジとの相対変位である。すべり荷重は高力ボルト摩擦接合部に対するすべり係数の評価試験方法<sup>2)</sup>に準じて求めた。補修ケース(case3, case4)のすべり荷重はそれぞれ630kN、809kNと健全鋼矢板(case1)の降伏荷重450kNを超えており、十分な接合耐力を有していることが推察できる。

#### ②応力分布

表-3には荷重が400kN(case2の解析塑性荷重に相当)に達した時の応力分布を示す(形状は上から見たモデルの半分)。ケースによって応力の流れが相違していることが分かる。無補修のcase1とcase2ではフランジ部分に大きな応力の流れがあるのに対して、当て板補修のcase3とcase4では接合面の摩擦特性の違いにより応力分布が無補修のケースと比べて大きく相違し、特に下フランジ部における応力の低減効果が見られる。

表-3 荷重400kNの時ににおける鋼矢板応力分布

応力	健全 case1	孔開き case2	補修 case3 (C=0, φ=39)	補修 case4 (C=20, φ=0)
SXX (N/mm <sup>2</sup> )				

### 4. まとめ

鋼矢板の孔開きに対する当て板補修工法について、その効果を解析により検討した。その結果、樹脂接合と摩擦接合を併用した当て板補修では、優れた摩擦特性とせん断伝達性能により鋼矢板の大きな応力低減効果を示し、降伏後においても大きな靱性を示した。このように、当て板補修方法は孔の開いた鋼矢板の補修に効果的であることを解析的に検証した。今後は、実験等により解析の妥当性等を検証する考えである。

#### 参考文献

- 1) 村越ら：接合面にエポキシ樹脂を塗布したボルト継手の力学的挙動に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol. 54A，pp. 563-574，2008. 3
- 2) すべり係数評価試験方法：鋼構造接合部設計指針，日本建築学会，pp. 281-283，2001. 9

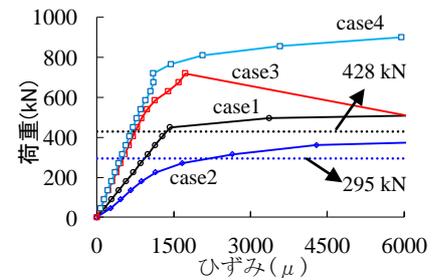


図-3 荷重と鋼矢板ひずみの関係

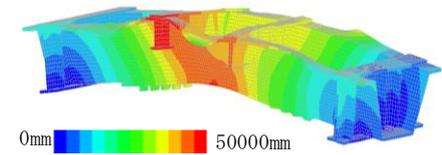


図-4 case3の座屈後の変形図

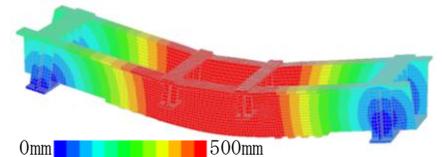


図-5 case4の塑性状態の変形図

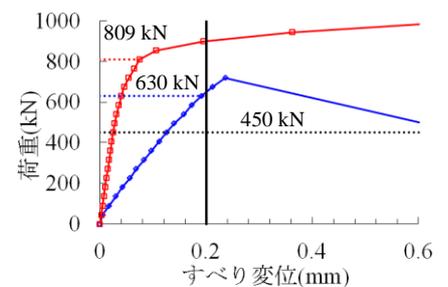


図-6 荷重と縁端すべり変位との関係