

開孔・断面欠損がある農業排水路鋼矢板における補修後の構造性能の評価 Performance evaluation of the corroded steel sheet pile in the agricultural canal after repairing

○小林秀一*・長崎文博**・板垣知也*・鷺尾潤一***・森井俊廣****

KOBAYASHI Syuichi*, NAGASAKI Yasuhiro**, ITAGAKI Tomoya*, WASHIO Junichi*** and MORII Toshihiro****

1. はじめに

農業排水路の護岸に用いられる鋼矢板では、腐食により板厚が減少するとともに、往々にして、矢板壁部の水位変動帯あたりで開孔や断面欠損が生じる。これにより断面性能が低下してたわみが過大となり、また開孔・断面欠損位置で大きな曲げ応力度が生じて破断する危険性が高まる。このような状況で補修を行うにあたり、適用しうる、あるいは補修しうる開孔・断面欠損の広がりやの限度目安は必ずしも明確にされていない。本文では、「マニュアル(案)」¹⁾にもとづき、軟弱地盤に建設される自立式鋼矢板を対象に、開孔・断面欠損の広がりを変えて鋼矢板に生じる曲げ応力度とたわみを試算し、補修工法が適用できる範囲を調べる。

2. 鋼矢板の構造性能の評価手法^{1), 2)}

2.1 構造性能（曲げ応力度と頭部変位）の評価と照査

構造性能の評価手法を図1に示す。鋼矢板は、仮想地盤面より下部の十分に長い弾性支承の梁とそれより上部の片持ち梁で構成される。片持ち梁には、仮想地盤面位置の下端を固定端として、土圧等の分布荷重が作用する。弾性支承梁の下端は固定端で、上端には片持ち梁を通してせん断力と曲げモーメントが作用する。これらの境界条件で弾性支承梁と片持ち梁のたわみ方程式を解けば、鋼矢板に生じる曲げモーメント M と変位（たわみ） δ を算定できる。これらより、曲げ応力度 $\sigma_b = M/Z$ （ここで Z は断面係数）と矢板頭部の変位量 $\delta_T = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$ を求め、許容値と比較することにより安全性を照査する。

2.2 板厚減少および開孔・断面欠損による構造性能の劣化

腐食が進み板厚が減少すると、矢板の構造中立軸を基準として算定される断面2次モーメント I が減少しそれに応じて Z も低下する。鋼矢板では、図2に示すように、壁部の水位変動帯あたりで開孔・断面欠損が生じやすく、その大きさ $D \times L_D$ に応じて I と Z はさらに小さく、また δ_T と σ_b はいっそう大きくなって構造安全性が低下する。 I は曲げ剛性を介して梁のたわみに寄与するのに対し、 Z は2.1の提示式のように直接に σ_b の大きさに関わるため、開孔・断面欠損による負の影響は σ_b により顕著にあらわれ、矢板壁部の曲げ破断につながっていく。板厚減少に伴う I と Z の低減率、ならびに $D \times L_D$ に応じた I と Z の算定式は「マニュアル(案)」参考2の§2.2に詳しい。なお補修に際し、当て板溶接等により開口・断面欠損の閉塞処理を行うが、これによる I と Z の回復は期待しないこととされている。

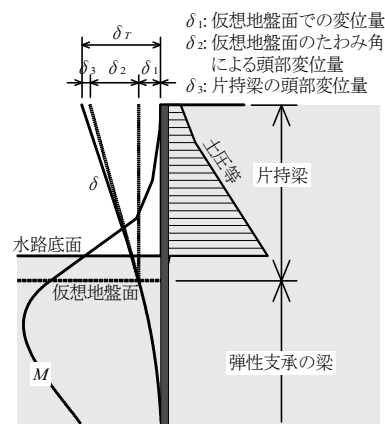


図1 鋼矢板の構造性能の評価手法

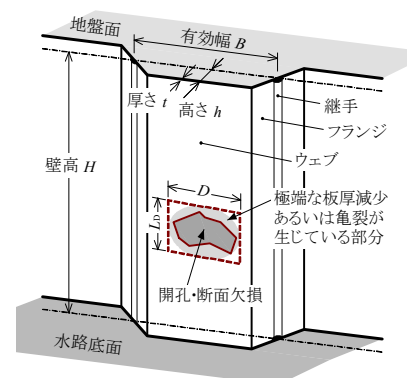


図2 矢板壁部の開孔・断面欠損部

* (株)水倉組 Mizukura-Gumi Co. Ltd., ** 藤村クレスト (株) Fujimura Crest Co. Ltd., *** 北陸農政局農村振興部／(前) 土地改良技術事務所 Hokuriku Regional Agricultural Administration Office, MAFF, **** 新潟大学名誉教授 Niigata University
キーワード：工法・施工，鋼矢板水路，補修，パネル被覆工法，開孔・断面欠損，性能評価

3. 開孔・断面欠損がある鋼矢板の補修後の変位と生じる曲げ応力度の試算

標準的な事例として、図 3(a)に示す壁高 2.0m、全長 7.5m の鋼矢板 SP-II を対象とする。補修にはパネル被覆工法を用いる³⁾。長期の供用により壁部で片面 1.5mm、地中部で片面 0.3mm の大きな腐食が進み、壁部のウェブには $D \times L_D$ の開孔・断面欠損が生じているとする。試算ケースとして、 D には有効幅の 30% (0.12m)、50% (0.20m)、55% (0.22m) を設定する (図 3(b) 参照)。開孔・断面欠損は主に水位変動帯に生じ壁高方向に進行するケースは少ないため、 L_D は 0.2m 程度とする。

I と Z は壁幅 1m あたりに換算するため、SP-II の場合約 2 枚の鋼

矢板がこの壁幅 1m に含まれることになり、たとえば $D=50\%$ (0.20m) の試算ケースでは、それぞれの鋼矢板で 0.20m 幅の開孔・断面欠損が生じている状況を想定することになる。

先述したように、開孔・断面欠損の影響は曲げ破断の形で顕在化する。図 3(c) に、補修段階で開孔・断面欠損がない場合 (①で指示) の補修後 30 年で生じる σ_b を、太実線で示す。縦の太破線は許容曲げ応力度 σ_{ba} であり、 $\sigma_b < \sigma_{ba}$ であるから①では曲げ破断が起きることはない。これに対し、補修段階で開孔・断面欠損があると、その位置 (部位) における σ_b は D に応じて大きくなる。概略、同図の $y=0.5 \sim 1.5$ m 区間を開孔・断面欠損が生じやすい水位変動帯とみると、 $D=50\%$ (0.20m) のように有効幅の半分にもなる大きな開孔・断面欠損があっても、この区間に生じる σ_b は小さく曲げ破断のリスクは低い。さらに D が 50% から 55% (②で指示) へとわずかに広がると、当該区間に生じる σ_b は一挙に σ_{ba} を上回るようになり、曲げ破断が起きる。いまのところ一例の試算のみであるが、前述の補修工法を適用しうる D の限度としてウェブ幅の 50% あたりが一つの目安となるかもしれない。ちなみに、 σ_b はその断面位置における Z に支配されるので、開孔・断面欠損領域の最下端を当該断面位置と考える必要がある。この意味で、 σ_b の発現に L_D の大きさは関係しないことになる。

たわみの試算結果は図 3(a) の通りで、曲げ破断のリスクが高い $D=55\%$ (②で指示) でもたわみの増分はわずかである。 L_D を、水位変動帯を超えて壁高の半分程度まで大きくしても増分量はほとんど変わらず、開孔・断面欠損のたわみの発現に対する影響は小さいと判断される。

4. おわりに

自立式鋼矢板を対象に、開孔・断面欠損が補修後の鋼矢板の構造性能に与える影響を試算し、補修工法を適用しうる開孔・断面欠損の大きさの限度目安を調べた。このような定量化の積み重ねにより、補修の適否判断がより効率的なものになると考える。

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局 (編)：農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル 鋼矢板水路腐食対策 (補修) 編 (案)，一般社団法人農業土木事業協会，2020。
- 2) 中井雅・高島攻治・有働卓・浅野勇・森井俊廣：腐食した鋼矢板水路の性能評価と補修対策，水土の知，88 (6)，pp.7~10，2020。
- 3) 小林秀一・長崎文博・森井俊廣：パネル被覆工法により補修された鋼矢板水路の性能評価，農業農村工学会大会講演会，2020。

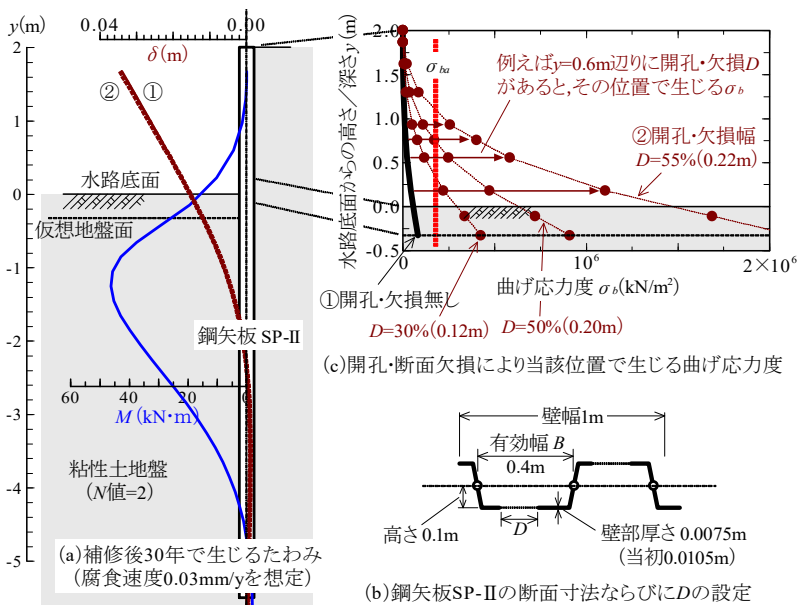


図 3 開孔・断面欠損がある鋼矢板の補修後の構造性能の試算例