

無機系補修材の付着性評価における荷重－変位曲線の有用性

Availability of load - displacement curve at the adhesion evaluation of inorganic repairing materials

○加藤 諭*, 八木沢 康衛**, 川邊 翔平***, 緒方 英彦****

KATO Satoshi*, YAGISAWA Yasue**, KAWABE Shohei***, and OGATA Hidehiko****

1. はじめに

農業水利施設の一つであるコンクリート製開水路（以下、開水路）では、長寿命化対策として無機系補修材を用いた補修が盛んに実施されている。補修された開水路では、持続的な補修効果および再劣化の進行を確認・把握するためにモニタリング調査が実施されており、定量的調査として付着強さ試験が行われる場合がある¹⁾。付着強さ試験は、補修後に被覆した補修材が躯体コンクリートから剥離しないことを示す付着性を、破壊形態と付着強さから評価する試験である²⁾。しかし、現状、付着強さの良否について採択・除去方法は定められていないため、試験者は独自の経験と判断でそれらを行い、付着性を評価しなければならない。そのため、付着性の評価の信頼性が得られない可能性があり、採択・除去方法を定める必要があると考えられる。

そこで、本文では、三箇所の現地試験の結果を踏まえ、新たな評価方法を提案する。新たな評価方法は、これまでの評価項目であった破壊形態と付着強さに、新たに荷重－変位曲線（以下、曲線）を加えたものであり、破壊形態と曲線のパターンを踏まえて付着強さの採択・除去をし、付着性評価を行うものである。

2. 現地試験の概要

現地試験の情報を **Table 1** に示す。鋼製治具は **Fig. 1** に示すφ45 mmの円形治具（以下、φ45）を使用した³⁾。φ45を用いた試験の手順は、試験面に内径45 mmのコアドリルで切込み、切込内断面の表面を研磨、清掃、接着剤にて治具を設置、試験器で載荷する。なお、治具設置時には治具のずれ防止にバックアップリング（**Fig. 1**）を利用した。バックアップリングは接着剤が切口に漏れるのも防ぐことができるゴム製のリングである。

載荷に用いた試験器は、接着・付着力引張試験器（サンコーテクノ株式会社、テクノテスターRT-3000LDII）である。この試験器では、最大荷重30kN、

最大変位量10 mm（分解能0.01 mm）まで測定でき、曲線のデータ蓄積も可能である。曲線は、液晶部に表示することで現場でも確認できる。

3. 現地試験の結果

曲線を **Fig. 2** に示す。凡例において、底は底版、右は右岸側壁、左は左岸側壁を表す。破壊形態は括弧書きで1：治具界面破壊、2：被覆材破壊、3：被覆材－母材界面破壊（以下、界面破壊）、4：母材破壊を示し、界面破壊時は黒塗りマーカで、母材凝集破壊時は白塗りマーカで、その他、複合の破壊形態時は灰塗りマーカで表す。

既往の研究において、曲線のパターンは、変位増加なく急激な荷重増加を示すもの（以下、パターンI）、変位増加なく急激な荷重増加を示した後に、著しい変位増加と若干の荷重増加、再び変位増加なく急激な荷重増加を示すもの（以下、パターンII）、一定の割合で荷重増加と変位増加を示すもの（以下、パターンIII）、著しい変位増加に若干の荷重増加を示した後に、一定の割合で変位と荷重が増加あるいは変位増加なく急激な荷重増加を示すもの（以下、パターンIV）、著しい変位増加に若干の荷重増加を示すもの（以下、パターンV）の五つに分類できている⁴⁾。

現地試験の破壊形態とパターンを整理する。PCMが被覆されたT水路の破壊形態は概ね界面破壊と母材破壊となり、界面破壊時のパターンはI、II、IVを示した。界面破壊時に付着強さを採択できるパターンはI～IVと考えられているため⁴⁾、界面破壊時の付着強さは全て採択される。一方、母材破



Fig. 1 円形治具とバックアップリング
Circle fixture and masking tool for circle fixture

Table 1 現地試験の情報
Information of the field tests

現地名称(場所)	T 水路(岐阜県中津川市)	F 水路(新潟県阿賀野市)	A 水路(新潟県五泉市)
試験区画(区画数)	底版(1),左岸側壁(3),右岸側壁(3)	底版(1),左岸側壁(1),右岸側壁(1)	底版(2),左岸側壁(2),右岸側壁(2)
1区画の試験数	φ45×3 箇所		
無機系被覆工法	PCM, HPFRCC	PCM	HPFRCC
試験総数	21 箇所, 21 箇所	9 箇所	18 箇所
被覆厚さ(mm)	約5~10 mm (実測値)	約2~6 mm (実測値)	約2~12 mm (実測値)
切込み条件	水路表面から被覆厚さ+約2~10 mmとなる深さの切込み (実測値)		

*鳥取大学大学院連合農学研究科, The United Graduate School of Agricultural Science, Tottori University, **サンコーテクノ株式会社, SANKO TECHNO Co., Ltd, *** (国研) 農研機構農村工学研究部門, Institute for Rural Engineering, NARO, ****鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, コンクリート製開水路, 無機系被覆工法, モニタリング調査, 付着強さ試験

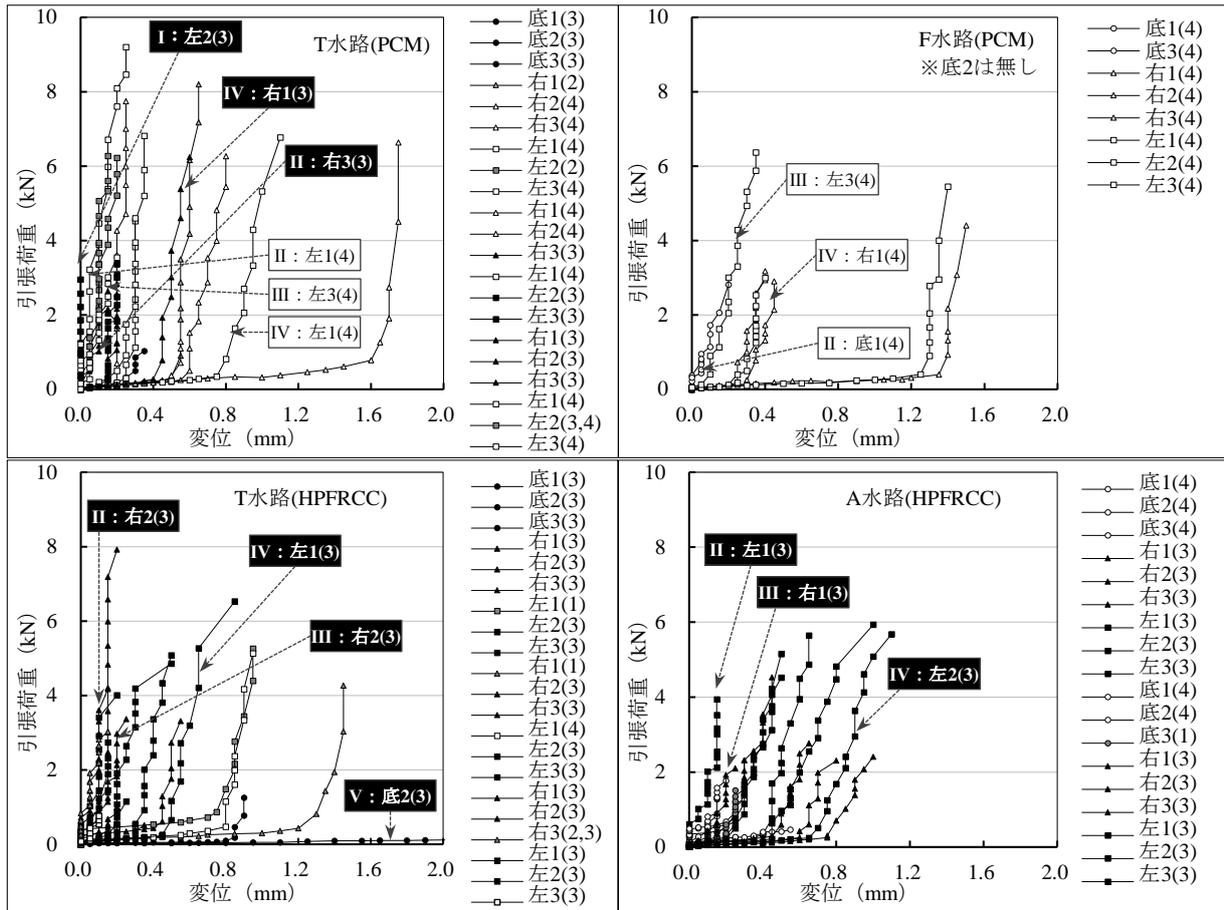


Fig. 2 荷重－変位曲線
Load-displacement curves

Table 2 異なる方法で評価した現地の付着性
Adhesion of the fields evaluated by different methods

現地		T水路(PCM)			F水路(PCM)			T水路(HPFRCC)			A水路(HPFRCC)		
採択方法		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
付着強さ (N/mm) [標準偏差]	界面破壊	2.65 [1.66] n=21	1.61 [1.08] n=9	4.00 [2.53] n=2	2.28 [1.10] n=9	—	—	1.89 [1.45] n=21	1.81 [1.45] n=17	2.02 [1.41] n=15	1.88 [1.17] n=18	2.12 [1.13] n=14	2.35 [1.02] n=13
	母材破壊	—	—	—	—	2.89 [1.58] n=2	—	—	3.24 [—] n=1	—	—	0.67 [0.39] n=3	1.11 [—] n=1

壊時に付着強さを採択できるパターンはIIIのみと考えられているため⁴⁾、パターンII～IVを示したT水路に加え、全て母材破壊となったF水路ではIIIの付着強さのみ採択される。

HPFRCCが被覆されたT水路、A水路の破壊形態は概ね界面破壊となり、界面破壊時のパターンはII～Vを示した。破壊形態に関係なくパターンVは除去する必要があると考えられているため⁴⁾、Vを除く、II～IVの付着強さが採択される。

三種類の方法で付着強さを採択し、それぞれ評価した現地の付着強さをTable 2に示す。界面破壊と母材破壊の付着強さを併せて平均化する方法をX、界面破壊と母材破壊の付着強さを各々で平均化する方法をY、破壊形態と曲線を考慮し採択した付着強さを平均化する方法をZとする。付着強さの算出には治具面積1,590mm²を用いた。採択方法Xの付着強さは、母材破壊の影響を受けるため、破

壊形態別に整理し、各々で平均化する必要がある。採択方法Zの界面破壊時の標準偏差はYより小さくなった。

4. まとめ

- (1) 荷重－変位曲線は、荷重が作用し破壊に至るまでの変化を表すため、付着強さの採択・除去に有用な評価項目となる。
- (2) 本試験地での付着性評価に採択するのは、界面破壊時にパターンI～IV、母材凝集破壊時にパターンIIIを示した付着強さである。

参考文献

- 1) 農林水産省(2015):農業水利施設の長寿命化の手引き, 2) 農林水産省(2015):農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】(案), 3) 加藤論ら(2019):円形治具を用いた無機系補修材の付着強さ試験方法の開発に関する基礎的研究, 農業農村工学会論文集(投稿中), 4) 加藤論ら(2020):コンクリート製開水路における無機系補修材の付着性評価方法に関する一提案, 農業農村工学会論文集(投稿中)