

無機系補修材の付着性評価における荷重－変位曲線パターンの実験的検証
 Experimental verification of load-displacement curve pattern in adhesion evaluation of inorganic repair materials

○加藤 諭*, 八木沢 康衛**, 兵頭 正浩***, 緒方 英彦***
 KATO Satoshi*, YAGISAWA Yasue**, HYODO Masahiro*** and OGATA Hidehiko***

1. はじめに

無機系表面被覆工法は老朽化した開水路の補修工法の一つであり、全国で広く施工されている。無機系表面被覆工法の施工後は、施工管理やモニタリング調査を目的に付着試験が行われる¹⁾。付着試験は、補修後に補修材が開水路の躯体コンクリートから剥離しない性能²⁾である付着性を評価する試験である。同試験では、被覆工表面に接着した鋼製治具に対して単軸引張りを行い、得られた最大引張荷重を破断面積で除することで付着強さを算出する。ただし、付着性評価時には付着強さだけでなく、破断位置(治具－被覆材界面、被覆材内、被覆材－母材界面、母材内)や破断面の状態(破断面積を占める破壊位置の割合)等も併せて観察・考慮する必要がある¹⁾、試験者の知識・経験により評価が異なる可能性がある。

そこで、著者らは引張試験器から得られる荷重－変位曲線(以下、曲線)を試験者の知識・経験に左右されない普遍的な考慮項目として活用できないか検討している。著者らは、全国 4 箇所で現地試験を行い、得られた曲線を付着強さや破断位置、破断面の状態等を考慮して Fig.1 に示す 5 パターンに大別するとともに、Table 1 に示すように各パターンの発生原因を推察した。また、既往の研究において曲線のパターンは他の現地 3 箇所でも同様なパターンを示すことを確認した³⁾。

本稿では、室内試験において引張領域内で生じたひずみ変化と描かれた曲線を比較し、

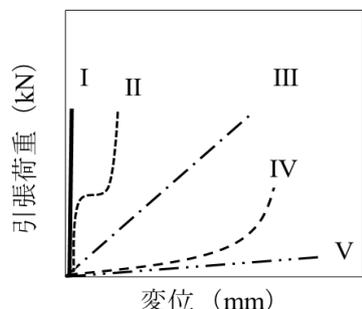


Fig. 1 荷重－変位曲線のパターン
 Pattern of load-displacement curve

各曲線パターンの発生原因を実験的に検証した。

2. 供試体及び実験の概要

供試体は、Fig.2 に示すように突出部を設けた母材平板の上に被覆材を打設したものである。母材にはモルタル、被覆材には無機系表面被覆工法で多用される PCM または HPFRCC を用いた。モルタルは細骨材(鳥取県産陸砂, F.M1.80, 密度 2.62g/cm³)と普通ポルトランドセメント(密度 3.15g/cm³)を使用し、JIS R 5201 「セメントの物理試験方法」を参考に W/C50% で打設した。被覆材は各メーカー資料(PCM: 粉体 1,600 kg/m³, 水 280 L/m³, HPFRCC: 粉体 1,660 kg/m³, 水 332 L/m³)を参考にした。試験時の材齢は母材が 70 日、被覆材が 42 日である。

実験は、40mm 角の角形治具と φ43mm の円形治具⁴⁾を、設置する治具と同じ形状・断面寸法の凸状の試験箇所(突出部の上面)に設置して行った。なお、Fig. 2 に示すように試験箇所の被覆材、母材、被覆材－母材界面(以下、界面)の各領域表面には、コンクリート・モルタル用の汎用箔ひずみゲージ(共和電業株式会社, KFGS-10-120-C1-11)を対面に貼り付けて、引張載荷中のひずみ変化を測定した。載荷は接着・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)で行い、曲線の測定も行った。

3. 検証

得られた曲線パターンは I～IV の 4 種類であった。測定時間経過に伴う荷重と変位の変化、ひずみ変化の一例を Fig. 3 に示す。破断位置の多くは母材突出部の下部であった。各曲線パ

Table 1 各パターンの発生原因
 Causes of occurrence of pattern

I	引張領域に存在する弱層に荷重が作用し、破壊することで発生
II	引張領域に存在する部分的な弱層に、荷重が弱層部分、健全部分と段階的に作用し、破壊することで発生
III	引張領域に荷重が一樣に作用し、最弱領域で破壊することで発生
IV	①引張領域に偏った荷重が作用し、曲げ破壊が起きることで発生 ②試験器を設置する際、試験器内部に生じたクリアランスの影響で発生
V	引張領域に問題が存在し、荷重抵抗をほぼ確保できないことで発生

*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, ***鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, コンクリート製開水路, 無機系表面被覆工法, 施工管理, モニタリング調査, 付着試験

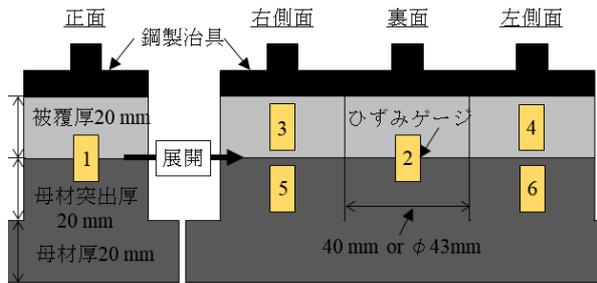


Fig. 2 試験体とひずみゲージの貼り付け配置図
Specimens and location of attaching strain gauge

ターンと载荷中におけるひずみ変化を比較した結果を述べる。

曲線パターンIIIは、破壊に至るまで一定の割合で各領域のひずみが増加しており、各パターンの発生原因の推察どおり引張領域に荷重が一樣に作用することで得られたと考えられる。曲線パターンIの初期は曲線パターンIIIと同様にひずみが増加するが、途中より特に破断位置である母材でのひずみ増加量が対面の5と6で異なっており、引張領域内の応力分布が変化したことが推察できる。これは局所的な微破壊の発生等の影響で偏心荷重が作用したためと考える。曲線パターンIVで顕著な変位増加を示す時は対面（偶数と奇数）で貼付けたひずみが引張(+), 圧縮(-)の挙動を示しているが、载荷進行後は引張側へ変化する傾向を示している。つまり、载荷進行後より曲線パターンIIIと同様な载荷状況になったと考えられ、推察どおり曲線パターンIVの始めの顕著な変位増加は引張試験器の内部でのクリアランス、つまり、十分な反力を確保できなかったためと考えられる。曲線パターンIIの傾きは2回変化しており、変化するタイミングのひずみ、特に破断位置の母材でのひずみに注目すると対面（5と6）で大小が2回逆転している。この様に、応力分布が変化する挙動は曲線パターンIと似ているため、曲線パターンIIIは応力分布の変化が2回生じる、つまり、局所的な微破壊の発生等の影響で2回偏心することで得られると考える。

4. まとめ

- (1) 付着試験で通常得られる曲線パターンは、一様な荷重が作用したIIIである。
- (2) 曲線パターンIとIIは、偏心载荷等の影響で応力分布に偏りがある場合に得られる。
- (3) 曲線パターンIVは、試験器の設置不良等が懸念される場合に得られる。

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局整備部設計課(2019): 農業水利施

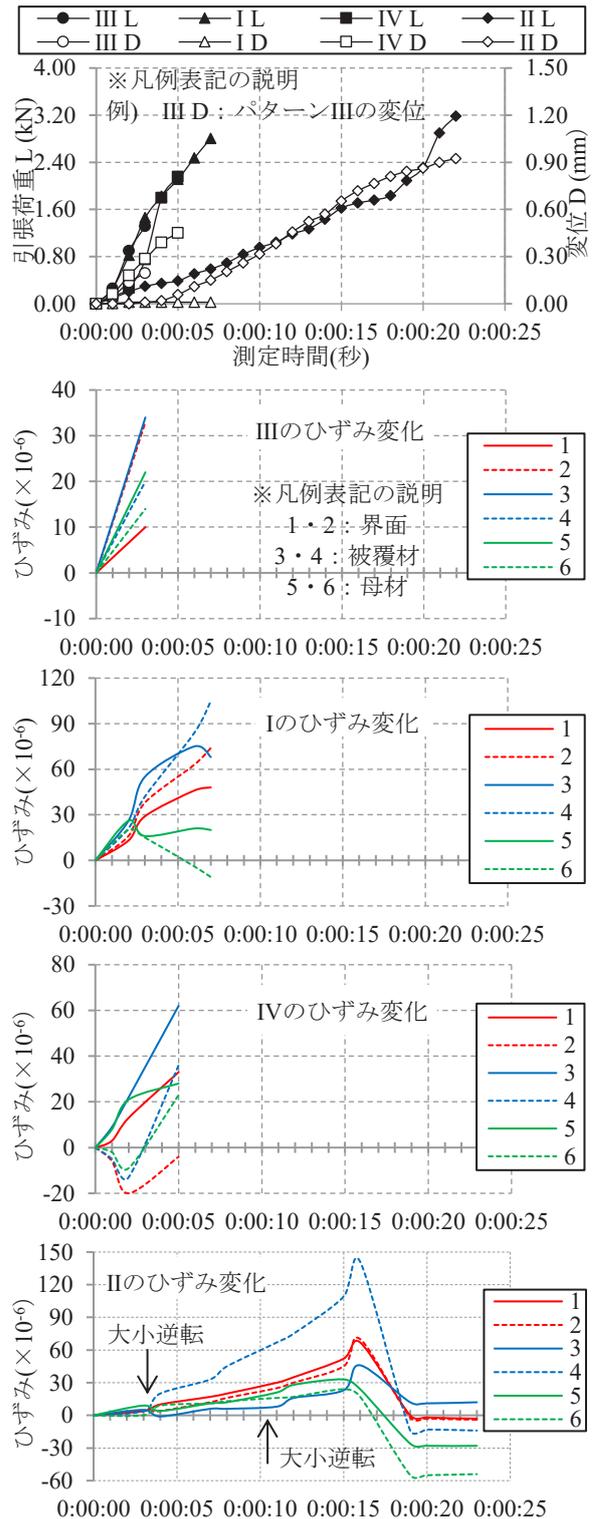


Fig. 3 曲線パターンとひずみ変化
Pattern of load-displacement curve and strain change

設の長寿命化のための手引き, 2) 農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室(2019): 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) 加藤諭ら(2020): 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, 第69回農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 347-348, 4) 加藤諭ら(2020): 円形治具を用いた無機系補修材の付着強度試験方法の開発に関する基礎的研究, 農業農村工学論文集, 88(2), 1_193-1_201