

異なる材料における角形治具と円形治具の付着強さの比較 Comparison of Bond Strength Using Square and Circle Fixture in Different Materials

○加藤 諭*, 清水 邦宏**, 金子 英敏**, 八木沢 康衛**, 兵頭 正浩***, 緒方 英彦***
KATO Satoshi*, SHIMIZU Kunihiro**, KANEKO Hidetoshi**, YAGISAWA Yasuei**, HYODO Masahiro***,
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では、近年、耐久性、通水性、水密性の回復あるいは向上を目的とした補修が数多く実施され¹⁾、無機系補修材料（ポリマーセメントモルタル、以下、PCM）が多用されている。PCMには要求性能として、付着性が挙げられている。付着性はJSCE K 531 : 2010（表面被覆材の付着強さ試験方法（案））、JSCE K 561 : 2010（コンクリート構造物用断面修復材の試験方法（案））等に基づいて試験される付着強さ試験で評価される。これらの試験は接着剤で開水路表面に固定した鋼製治具を鉛直方向に引っ張り、測定した最大引張荷重を破壊面積で除することで付着強さを求め評価する方法であり、現地試験では一般的に、JSCE K 531 : 2010 に示される 40mm 角の治具（以下、角形治具、図 1）が使用される。

角形治具を用いる付着強さ試験（以下、角形治具試験）では切込深さを調整しつつ治具に沿ってコンクリートカッターで切込を行い、破壊面積を治具面積 1,600mm² と一定にする必要がある。しかし、キックバック等の危険が伴う中で切込深さを調整するのは困難な上、切口が円弧状になるコンクリートカッターで深さを調整するには治具辺より長く切る必要があるため、試験後の補修範囲が広がってしまう。一方、JSCE K 561 : 2010 は角形でなく円形の治具（以下、円形治具、

図 2）を使用する付着強さ試験（以下、円形治具試験）であり、切込みはコアドリルにて行う。コアドリルによる切込はコンクリートカッターに比べて危険が少なく、切口が四辺でなく一辺の円形であるため切込深さを統一しやすく、また、試験後における補修箇所の景観性もよい。

著者らは、PCM、モルタル、コンクリートで作製した円柱供試体にて角形治具試験と円形治具試験を実施し、両試験結果の比較検討を行うことで両試験から得られる付着強さの差について考察した。なお、本試験では材料の凝集破壊より得られる引張強度を比較検討の指標とした。

2. 供試体概要

供試体の材料は PCM（ビニロン繊維補強一材型ポリマーセメントモルタル）、モルタル、コンクリートの 3 種類である。PCM はメーカー資料（粉体 1,600kg/m³、水 280kg/m³）を参考に作製した。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（太平洋セメント、密度 3.15g/cm³）を使用し、JIS R 5201 : 1997（セメントの物理試験方法）を参考に作製した W/C50% のものである。コンクリートは前述した細骨材とセメントに粗骨材（山口県産碎石（F.M6.99、密度 2.68g/cm³））を使用し、JIS A 1132 : 2014（コンクリートの強度試験用供試体の作り方）に準拠し作製した。コンクリートの示方配合を表 1 に示す。

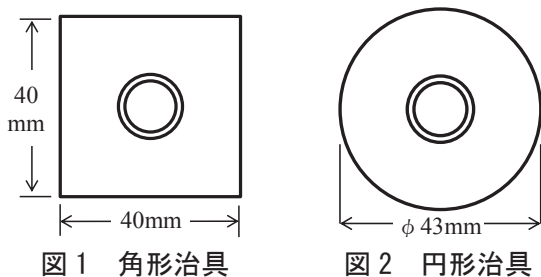


表 1 コンクリートの示方配合

G _{Max} (mm)	スランプ (cm)	W/C (%)	空気量 (%)	s/a (%)
20	11.5	55	3.8	36.5
単位量				
kg/m ³				g/m ³
W	C	S	G	A
155	282	665	1,182	1,692

*鳥取大学大学院持続性社会創生科学研究科, Graduate School of Sustainability 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, 無機系材料, 付着強さ試験, 統計解析, 荷重-変位曲線

表2 各材料における角形・円形治具試験の結果

材料	PCM(P)		モルタル(M)		コンクリート(C)	
	角形	円形	角形	円形	角形	円形
最大荷重 (kN)	4.01	3.20	4.93	4.77	4.98	3.33
破壊面積 (mm ²)	1,600	1,452	1,600	1,452	1,600	1,452
付着強さ (N/mm ²)	2.51	2.20	3.08	3.28	3.11	2.29
母分散 σ^2	0.22	0.04	0.13	0.11	0.09	0.33
標本数 m, n	4 (いずれも1/5箇所が治具界面破壊)					

各材料で作製した供試体はφ100×200mmの円柱供試体であり、試験材齢91日まで水温20℃の水中養生を行った。供試体は割裂引張強度試験と付着強さ試験に使用した。付着強さ試験にはコンクリートカッタで円柱供試体を5等分にしたφ100×40mmの円盤を使用した。

3. 試験概要

割裂引張強度試験はJIS A 1113:2006(コンクリートの割裂引張強度試験)に準拠し実施した。試験本数は各材料で3本である。

付着強さ試験(角形・円形治具試験)は、各円盤表面に1個ずつ治具を設置し、計5箇所ずつ実施した。治具設置面は打設面側の表面とした。角形治具試験は、設置面の付着物除去をアセトンとウエスにて行い、エポキシ樹脂系接着剤(ボンドクイックメンダー、コニシ)で治具固定を行い、コンクリートカッタで深さ10mmの切込を入れた。円形治具試験は、コアドリルで深さ10mmの切込を行い、設置面の付着物除去をアセトンとウエスにて行い、上述した接着剤で治具固定をした。引張荷重は各治具を固定して1時間後に実施した。引張荷重の測定は、荷重-変位曲線も得ることができる接着・付着力引張試験器(テクノテスターRT-3000LDII, サンコーテクノ)にて行った。

4. 試験結果

材料別の平均割裂引張強度はPCM2.78N/mm²、モルタル3.23N/mm²、コンクリート3.25N/mm²であった。

各材料における角形・円形治具試験の結果は平均値で表2に示す。また、試験器より得られた荷重-変位曲線を図3に示す。

角形・円形治具試験より得られた付着強さの

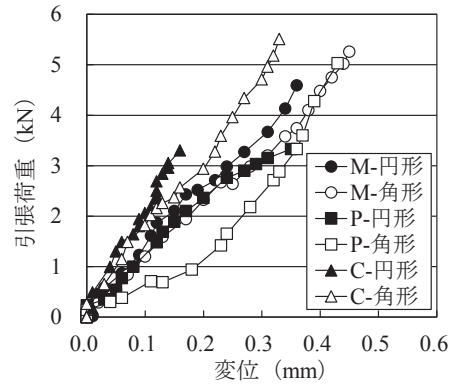


図3 荷重-変位曲線

差について考察するべく検定を実施した。検定方法は、母分散 σ^2 が既知であり、標本数が少ないことから、z検定を使用した。臨界値の設定は有意水準 $\alpha=5\%$ とし、両側検定を行った。設定した帰無仮説 H_0 、対立仮説 H_1 はそれぞれ「角形・円形治具試験の付着強さには差がある。」、「角形・円形治具試験の付着強さには差がない。」とした。検定統計量zは次式より求めた。

$$z = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{m} + \frac{\sigma_2^2}{n}}} \quad (1)$$

\bar{x}_1 : 角形治具試験の平均付着強さ

\bar{x}_2 : 円形治具試験の平均付着強さ

σ_1^2 : 角形治具試験の母分散

σ_2^2 : 円形治具試験の母分散

式(1)に各値を代入し、検定を実施したところ、各材料にて H_0 は棄却され、 H_1 が採択された。つまり、PCM、モルタル、コンクリートにおいて実施した角形治具試験と円形治具試験の付着強さには差がないことが示された。

また、各材料において角形・円形治具試験から得られた荷重-変位曲線は荷重と変位がともに増加する直線的な挙動を示した。

5. まとめ

本研究から得られた知見を以下にまとめる。

- 1) z検定の結果、PCM、モルタル、コンクリートにおいて実施した角形治具試験と円形治具試験の付着強さ(引張強度)に差はない。
- 2) 角形・円形治具試験の荷重-変位曲線はともに直線的な挙動を示す。

参考文献

- 1) 農林水産省: 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)(確認日: 2018年4月4日)