

太陽光発電パネルの既存コンクリート部への接着性に関する研究

DB-11227 広幡活人

1. はじめに

現在、世界中で再生可能エネルギーの拡大に向けた取り組みが積極的に行われている。これは現在の主なエネルギー供給では CO₂ の発生や資源の価格高騰、環境汚染などにより今後問題を抱え始めているからである。その中でも太陽光発電は今後期待されているエネルギー資源であり、日本でも自然可能エネルギーの中で最も供給されている発電方法である¹⁾。福島県の福島第一原子力発電事故により日本でも本格的にエネルギー問題について考えられているのだが、他の先進国と比べまだまだ普及が進んでいない。中でも既存建築物の太陽光発電の普及率が低い。マンションなどの屋上部が陸屋根の既存建築物では設置面積が大きく、発電量も期待できるため太陽光発電には最適であるにも関わらず、太陽光パネルの設置を前提とした設計がされておらず構造的観点、施工的観点から普及が進んでいない。そこで今回は施工的観点である太陽光発電パネルを設置するための架台について着目した。また現在、セラミックタイル張り工事において低弾性接着剤を使用した工法が注目されており、JIS A 5209 セラミックタイル・2013²⁾の改定や公共建築工事標準仕様書の改定を元にした実績も増え始めている。本研究ではこの低弾性接着剤を接着に使用する。図 1 で本研究の流れを示す。

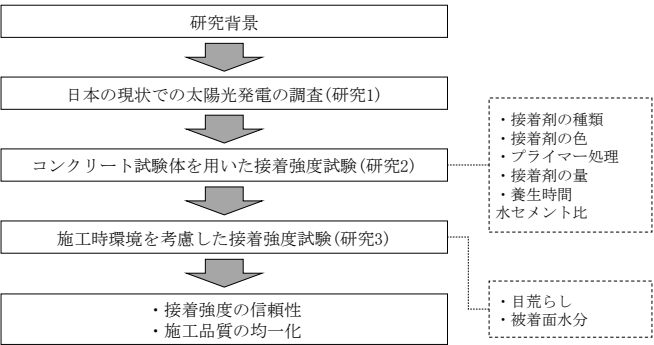


図 1 研究の流れ

2. 研究概要

2.1 実験項目

表 1 に研究内容、表 2 に研究 2 および研究 3 で行った実験の要因と水準を示す。研究の流れは太陽光発電についての実情や接着工法の施工方法について調査し、現状を把握する(研究 1)。次にコンクリート試験体を用いて各要因における接着強度試験を行う(研究 2)。続いて、屋上コンクリート部における接着強度試験を行う(研究 3)。以上の研究から太陽光発電パネル架台の接着工法の品質評価を行う。

2.2 日本での太陽光発電の現状についての調査(研究 1)

表 3 に日本での太陽光発電の現状について示す。調査により世界的に太陽光発電の需要が高まっているという結果が得られた。また現在、屋上躯体部における太陽光発電パネルの設置方法で一般的であるケミカルアンカーで固定する工法は施工時に躯体部に穴を空けるため、構造部のダメージや雨漏りといった問題がある。この問題を解決するために躯体部に

表 2 実験の要因と水準

項目	要因	水準
被着面	モルタル表面粗さ	無し, 30~60 秒, 120~180 秒
	プライマー処理	両面, 片面, 無し
	被着面水分	ドライ, ウェット
	施工方法	こて塗り
	被着面温度	5, 23, 60(℃)
	目荒らし方法	無し, ディスクグラインダー
モルタル調合	水セメント比	W/C=0.45, 0.55, 0.65
	砂	23℃ 28 日間封緘養生 ~2.5 mm
	養生条件	23℃ 封緘 7 日
接着性能	接着剤の種類	シリコーン樹脂系接着剤, 酢酸ビニル樹脂系接着剤, エポキシ系接着剤
	接着剤の色	白, 黒, 透明
	養生時温度	5, 23, 40(℃)
	養生時間	1, 3, 7(日)
	接着層の厚さ	0.2 mm, 0.4 mm, 0.6 mm
	接着剤量	1g, 3g, 7g
	オープンタイム	30, 60, 120(秒)
	荷重	5kg, 無し
	接着圧	0.1N/mm ² ~2.0N/mm ² 0.1, 1.0, 2.0 (N/mm ²)

表 1 研究内容

	実験項目	方法
研究 1	日本での太陽光発電の現状についての調査	・ 2014 年 6 月 2 日太陽光エネルギーデザイン総会でのヒアリング調査 ・ 太陽光発電パネル架台施工業者によるヒアリング調査 ・ 建築における接着剤使用の実例調査
研究 2	接着剤の種類	シリコーン樹脂系接着剤、酢酸ビニル樹脂系接着剤、エポキシ系接着剤の 3 種の接着剤を使用し接着強度を測定
	接着剤の色	シリコーン樹脂系接着剤の中から白、黒、透明、透明(速乾)の 4 種類の接着剤を使用し接着強度を測定
	プライマー処理	コンクリート用プライマーを使用し、塗布無し、レッグ部のみ塗布、コンクリート部のみ塗布、両面塗布の 4 種類の接着強度を測定
	接着剤の量	接着剤の量を 1g、3g、7g と 3 種類用意しそれぞれの接着強度を測定
	養生時間	養生時間を 1 日、3 日、7 日と 3 種類設定しそれぞれの接着強度を測定
	水セメント比	水セメント比を 45%、65%と 2 種類設定しそれぞれの接着強度を測定
研究 3	目荒らし	屋上接着部の表面をディスクグラインダーで研磨した場合の接着強度を測定
	被着面水分	屋上接着部の水分量を変えた 3 種類の被着面を用意し接着強度を測定

ダメージを与えない接着剤による接着工法が注目されている。そしてセラミックタイル張り工事における弾性接着剤を使用した工法の需要が高まっている。

2.3 コンクリート試験体による接着強度試験(研究2)

写真1に接着強度の測定のために使用したセラミックタイル用フィラーアタッチメントと引張試験機を示す。また、コンクリート試験体にはJIS A 5304 舗装用コンクリート平板⁴⁾にて定められた普通平板(300×300×60)を使用した。水セメント比による接着強度試験では水セメント比 45%、65%の2種類を作成し使用した。本試験ではJIS C 8955 太陽電池アレイ用支持物設計標準⁵⁾を用い、風荷重(N)の計算を行った。計算には式(1)～(5)を用いた。

W=CW×q×AW...(1)

q=0.6×V0²×E×I...(2)

E=Er²×Gf...(3)

順風の場合 CW=0.65+0.0090...(4)

逆風の場合 CW=0.71+0.0160...(5)

ここに、W:風荷重(N)、CW:風力係数、
q:設計用速度圧(N/m²)、AW:受風面積(m²)

計算条件を表4に示す。実施工で使用する太陽光パネル架台は4つのレッグ部で支えるため上記の計算から4分割し、本試験での目標引張強度を676Nに設定した。またレッグ部-接着剤間破断(a)、接着剤破断(b)、接着剤-コンクリート部破断(c)の3種類の破断状態を仮定し、それぞれの要因を考察した。

2.3.1 接着剤の種類による接着強度の測定

本試験での結果を図3a)に示す。接着剤の種類による接着強度を測定するためにシリコン樹脂系100%(以下XG)、シリコン樹脂系25%(以下PM)、酢酸ビニル樹脂系(以下SKM)、エポキシ樹脂系(以下EKM)の4種類を使用した。今回、すべての接着剤で目標引張強度を達成した。しかし、SKMは対候性、耐熱性において劣るため屋上部で使用することはできない。また、EKMは平成25年版公共建築工事標準仕様書11章タイル工事⁶⁾において一液系に限定するとの記載により使用することができない。上記を考慮する上で実施工ではシリコン樹脂系接着剤の使用を検討する。

2.3.2 接着剤の色の違いによる接着強度の測定

本試験での結果を図3b)に示す。接着剤の色による接着強度を測定するためにXG、透明シリコン樹脂系接着剤(以下XC)、黒色シリコン樹脂系接着剤(以下XK)、白色シリコン樹脂系接着剤(以下XW)の4種類を使用した。本試験でもすべての試験体で目標引張強度を達成した。今回はXG、XCの2種類がほぼ同等の接着強度を示した。また、XK、XWの2種類の平均値は同等のものとなり、XG、XCに及ばなかった。しかし、経過観察においてXGとXCでは明らかにXGの方が接着までの時間が早く、施工面において優れていると判明した。

2.3.3 プライマー処理の有無による接着強度の測定

本試験での結果を図3c)に示す。プライマー処理の有無による接着強度を測定するためにプライマー処理の無し(以下NO)、レッグ部片面のみ(以下ab)、コンクリート部片面のみ(以下bc)、両面(以下BS)の4種類を用意した。本試験ではプライマー無し、コンクリート部片面の2種類が誤差はあるがほぼ同等の強度を示した。しかし、アタッチメント部にプライマー処理を施したものはアタッチメント部と接着剤の海面(a・b間)が接着せず全く強度が発現しなかった。プライマー無しとコンクリート部片面がほぼ同等の強度だと考えると実施工時にはコスト削減、施工手順の削減のためプライマー処理は行わない方がよいと考えられる。

表3 国内での太陽光発電の現状の調査(研究1)

調査先	内容
太陽光エネルギーデザイン総会(2014年6月2日)	・福島放射線汚染地区にて復興目的での仮設の太陽光発電の計画が進んでいる。 ・農地法により現状の状態ではメガソーラー建造は難しい。 ・世界的規模での再生可能エネルギー導入促進が行われている。
太陽光発電パネル設置業者(2014年6月・8月)	・旧来のケミカルアンカーによる在来工法では雨漏り、構造的欠陥の問題がある。 ・接着工法では穴を空けないため構造的欠陥のリスクを低減できる。 ・施工性の向上により、職人の負担の軽減が可能。 ・在来工法に比べ安価での施工が可能。
陶磁器タイル張り工事の現状と今後の動向2014(2014年11月5日)	・東北地方太平洋沖地震外壁タイル調査報告書 ³⁾ の結果より、弾性接着剤による施工での被害は無い。 ・JIS A 5209の改定などにより弾性接着剤の需要が高まっている。

表4 風荷重計算条件

設置高さ	13m
受風面積	2×1m
地表面粗度区分	I
傾斜角	30°
環境係数:E	1.68
用途係数:I	1.00
平均風速の高さ方向の分布:Er	0.84
ガスト影響係数:Gr	1.7

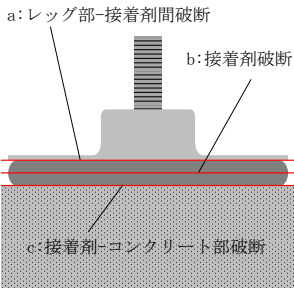


図2 破断面図



a) フィラーアタッチメント



b) 引張試験機



c) 試験体作成状況



d) 模擬コンクリート基礎

写真1 材料試験概要

2.3.4 接着剤の量による接着強度の測定

本試験での結果を図 3d)に示す。接着剤の量による接着強度を測定するために 1g、3g、7g の 3 種類用意した。本試験では量が増えるにつれて接着強度が上昇したことが確認できた。試験の際に 7g の物は最高強度が発現した後も接着剤が粘り続けたため、地震などのせん断方向に強い可能性がある。

2.3.5 養生時間による接着強度の測定

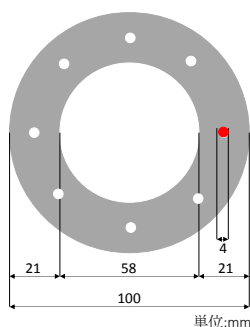
本試験での結果を図 3e)に示す。養生時間による接着強度の測定をするため 1 日、3 日、7 日の 3 種類用意した。本試験ではある程度の誤差は生じたが全ての試験体で同等の接着強度が確認できた。実施工現場において 3 日以上養生することは実質不可能であるため養生期間は 1 日で適切と考える。

2.3.6 水セメント比による接着強度の測定

本試験での結果を図 3f)に示す。水セメント比による接着強度の測定をするため 45%、65% の 2 種類を用意した。本試験では 45% の方が高い接着強度を示した。試験体の圧縮試験強度はそれぞれ 45% が 57.2N/mm²、65% が 31.0N/mm² と 45% の方が高く、接着強度と関連すると考えられる。このことにより、実施工現場では屋上部のコンクリートの施工状況により施工可能かどうかの判断をすることができると考える。

2.4 施工時環境を考慮した接着強度試験 (研究 3)

写真 2 に本試験で使用するレッグ部品を示す。また、図 5 にてその寸法を示す。本試験では研究 2 で行った試験を元の実施工で使用するレッグ部品および屋上部を使用し、試験を行った。屋上部にはアスファルト防水を選定し、工学院大学八王子校舎 11 号館屋上を使用した。接着方法は接着剤を 7g レッグ部品に塗布し、その後同封のこてを使い均一に伸ばす。目安として接着した際に全ての穴から接着剤が 1mm ほどはみ出るよう接着する。



2.4.1 目荒らし量の違いによる接着強度の測定

本試験での結果を図 4a)に示す。本試験では屋上面に何もしていない状態で接着した場合と 60 秒ディスクグラインダーで表面を削った状態で比較している。結果は両試験体とも目立った違いは観測されなかった。接着強度は研究 2 で使用したコンクリート試験体と比較し表面の劣化が激しいため低いものと考えられる。そのため実際の施工時においても表面に明らかな汚れがない場合そのまま施工できると考える。

2.4.2 接着面水分の違いによる接着強度の測定

本試験での結果を図 4b)に示す。本試験では接着面の水分量を 4.2% と 10.1% で比較している。結果は両試験体とも目標値を超えたが、乾燥状態の 2.1% と比較した場合と比べ大きく劣る結果が得られた。また、試験の際に最高強度が発現した

後に接着剤の粘りがあまりなく水分と混ざったことにより、接着剤本来の粘性が失われたのではないかと考える。

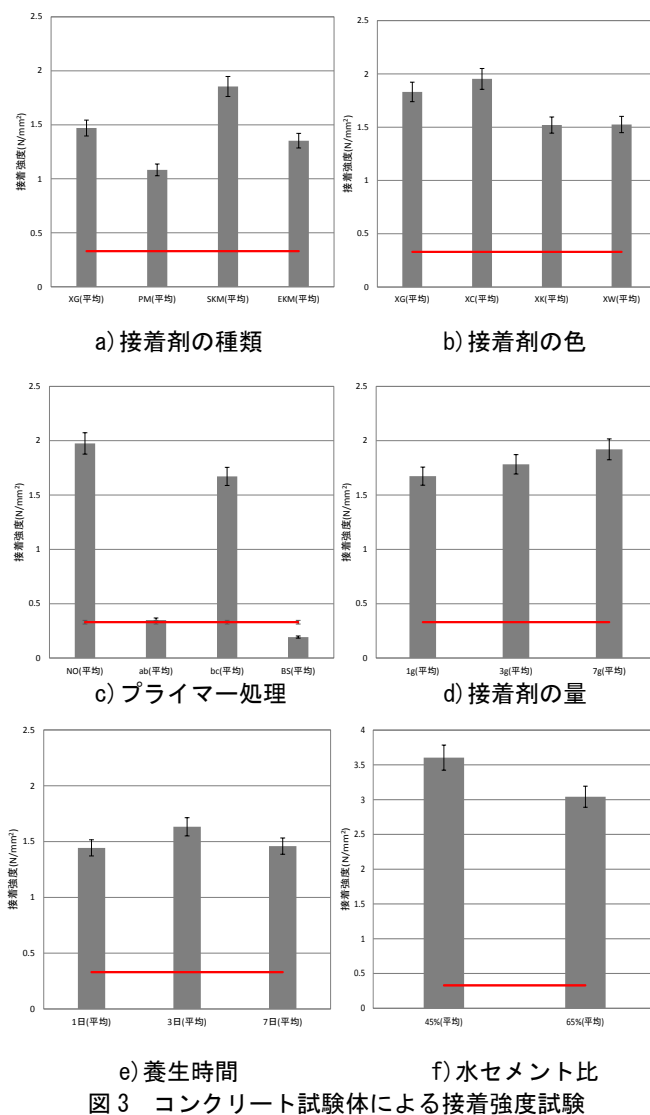


図 3 コンクリート試験体による接着強度試験

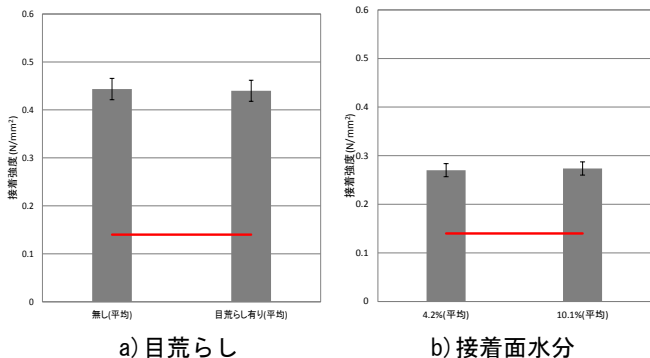


図 4 施工時環境を考慮した接着強度試験



写真 2 架台レッグ部詳細

3.1 品質評価方法(研究 4)

図7に太陽光発電パネル架台接着工法のフローを示す。ここでは太陽光発電パネル架台接着工法の品質評価方法について述べる。接着工法では在来工法に比べ、安易な施工方法であるが、現場での品質管理を怠れば施工不良を招く恐れがある。そのため現場で安定した品質を得るためには工事途中における品質管理が重要である。その手段として今回はフロー図を作成した。防水工事完了後から架台設置工事の前までを本研究での範疇とする。

始めに施工するにあたり事前確認を行う。確認事項は JIS C 8955 を元に用途地域、高さ制限、適用地域、受風面積を確認する。本研究は防水層の条件としてアスファルト防水を定めているためその確認も行う。次に被着面処理を行う。手順は被着面の汚れ、ひび割れ、荒さを確認する。汚れがある場合、ディスクグラインダーにて表面研磨を行う。ひび割れや荒さが過度に深い場合には設置箇所の再検討を行う。レッグ部品接着ではプロセス検査を行い、接着剤充填率をレッグ部品の穴から余剰に 1mm ほど確認できたもの(写真 3 参照)を合格とし、雨天を避けて施工する。最後に完成検査として接着強度試験および外観検査を行い工事完了とする。各検査は施工者が自主的に行う。

4. まとめ

本研究により以下の知見が得られた。

- 1)接着工法では接着強度、施工性、耐湿性、対候性に優れたシリコーン樹脂系接着剤が有効と考える。
- 2)破断面は主に接着剤・コンクリート部で発生するため接着強度は被着面の圧縮強度に依存すると考えられる。
- 3)養生期間、対応温度は接着剤の取扱説明書に依存する。
- 4)被着面に水分を含む場合、接着剤の粘性が失われるため、雨天および雨天が見込まれる場合の施工は施工不可能と考えられる。
- 5)接着剤充填率により接着強度が依存するためプロセス検査を必ず行う必要があると考えられる。
- 6)本試験により接着強度が目標値を大幅に上回ったため、接着工法が有効であると考えられる。

参考文献

- 1)経済産業省自然エネルギー庁,エネルギー需給実績・2014 年
- 2) JIS A 5209 セラミックタイル・2013 年
- 3) 一般社団法人全国タイル業協会 東北地方太平洋沖地震外壁タイル調査報告書・2014 年
- 4) JIS A 5304 舗装用コンクリート平板・1994 年
- 5) JIS C 8955 太陽電池アレイ用支持物設計標準・2014 年
- 6)平成 25 年版公共建築工事標準仕様書・2014 年

謝辞

本研究の実施にあたり、ガイズカンパニー株式会社仲本氏および関係各位、ものづくり中小企業・小規模事業者試作開発等支援事業より多くの助力を賜り感謝致します。なお本研究の一部は、工学院大学 UDM 研究のものであり深く感謝致します。



a) 接着剤充填率 20% (450N) b) 接着剤充填率 100% (2160N)
写真 3 接着剤充填率

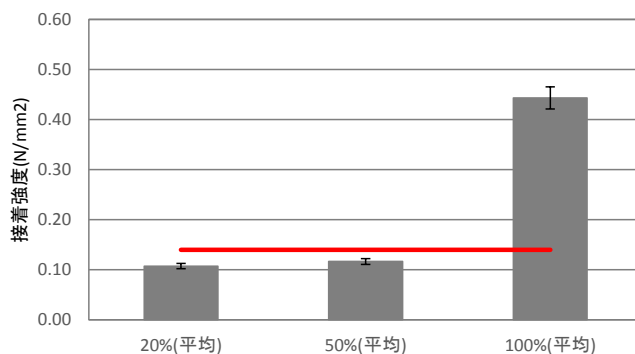


図 6 充填率による接着強度試験

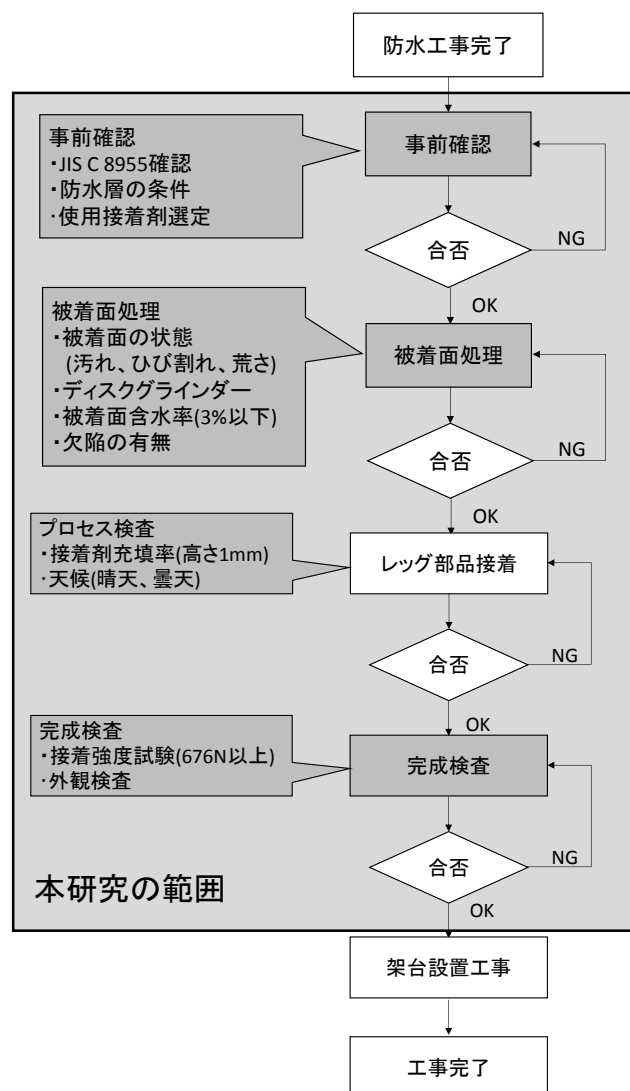


図 7 太陽光発電パネル架台接着工法フロー