

FRP 防水の耐根性評価と劣化状況観察

EVALUATION OF ROOT RESISTANCE AND DEGRADATION OF FRP WATERPROOFING MEMBRANES

神崎満幸 — * 1 辻 修也 — * 1
長谷川清勝 — * 1

Mitsuyuki KANZAKI — * 1 Shuuya TSUJI — * 1
Kiyokatsu HASEGAWA — * 1

キーワード：
FRP 防水, 耐根性, 劣化, 屋上緑化, タケ

Keywords:
FRP waterproofing, Root resistance, Degradation, Green Roof, Bamboo

Roofing materials suitable for roof greening have been studied, such as coating systems and sheet systems. When root resistance of the waterproof layer is not sufficient, plant roots breaks through the waterproof layer, which may lead to leakage. Especially directly on the waterproof layer, when planting laying soil. The purpose of this study is to clarify the root resistance of FRP waterproof. In a way the same test method of JASS8 T-401-2014, which was the bamboo plant, through the roots in the FRP waterproof was not confirmed. In JSTM G7101 method, the # 450 glass mat one or more thickness was confirmed to be at least 50 N.

1. はじめに

地球温暖化等を背景に大都市を中心に建物屋上を緑化し環境問題を抑制・緩和する手法として屋上緑化が発展してきたことは周知の通りである。一方で、防水層は植物の根に曝されることになるためその対応が必要となる。日本建築学会材料施工委員会防水工事運営委員会ではこの問題に対処すべく2002年より検討が進められ一連の研究成果は JASS8 防水工事 2008 年改定時に T-401 屋上緑化用メンブレン防水工法の耐根性試験法(案)として掲載され、現在の2014年改定版¹⁾に至っている。また、より短期間でスクリーニング的に耐根性を評価する模擬針試験法²⁾が開発された後に JSTM G 7101³⁾として規格化された。

それに伴いFRP防水材工業会(以後FBK)では2004年よりFRP防水材で耐根性試験を実施し、その成果は筆者らにより報告した。^{4),5)}

また、立山等の報告⁶⁾ではT-401で使用する草本系、木本系植物より大きな損傷を与えると考えられるタケを用いた耐根性試験を行い、その結果T-401の耐根性試験に合格してもタケによる試験では半年で地下茎が貫通し不合格となる結果が報告された。そのためT-401の解説にはタケ類を用いる場合には「直接タケ類を用いて試験することが望まれる」と記載された。これに伴いFRP防水材のタケを対象とした耐根性試験を実施し、その途中経過は筆者らにより報告した。⁷⁾

本報は筆者らの既発表梗概^{4),5),7)}を再構築しタケを対象とした最新の試験結果及び試験後のFRP防水層の表面劣化の観察について加筆しまとめたものである。

2. 耐根性 JASS8 T-401-2014 に準拠した試験

2.1 試験概要

後に JASS8 T-401 として制定された試験法に準拠して2004年7月~2006年7月の2年間にわたりビニルハウス内で耐根性試験を実施した。JASS8 T-401 で用いる植物はノシバ、クマザサ(草本試験)とタブノキ、ヤシヤブシ(木本試験)である。

2.2 試験体の作製

まず、表1の試験体寸法に合わせた箱状の木型を作製した。その内部に各々表2の仕様でFRP防水層を施工し、硬化後木型を取り除き試験体とした。木本用試験体の作製手順の一部を写真1に試験開始時の各試験体及び試験体内への植栽状況を写真2に示す。尚比較用試験体は、試験に供した植物が健全に生長して、耐根性を期待できない防水層を確実に浸入、貫通することを確認する意味合いで、JASS8 T-401 規定の JIS A 6005 (アスファルトルーフィングフェルト940)とした。

表1 試験体の寸法

	試験用植物	寸法
草本用	ノシバ クマザサ	縦540mm、横240mm、高さ200mm
木本用	タブノキ ヤシヤブシ	縦800mm、横800mm、高さ350mm

表2 試験体の仕様(JASS8標準仕様 L-FF工法)*1

草本用	1層目	防水用ポリエステル樹脂 12kg/m ²
木本用	2層目	防水用ガラスマット#380
		同上

*1 試験体厚み: 約2.3mm

¹⁾ FRP 防水材工業会
(〒108-0073 東京都港区三田3-1-9 大坂家ビル7F)

¹⁾ FRP Waterproofing Membrane Industry Association

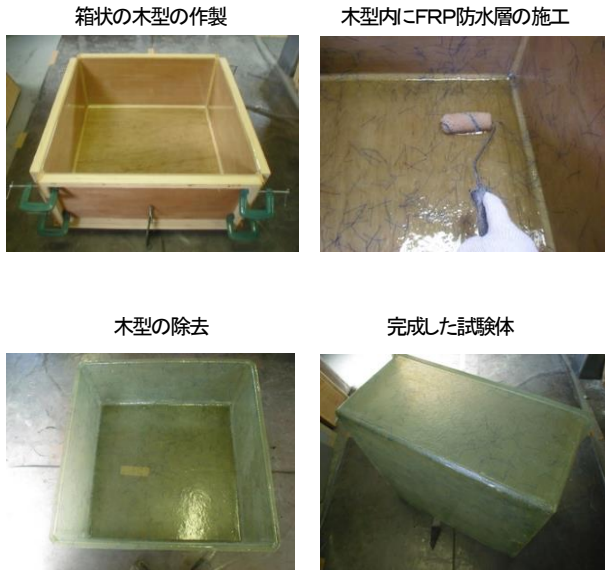


写真1 木本用の試験体の作製手順

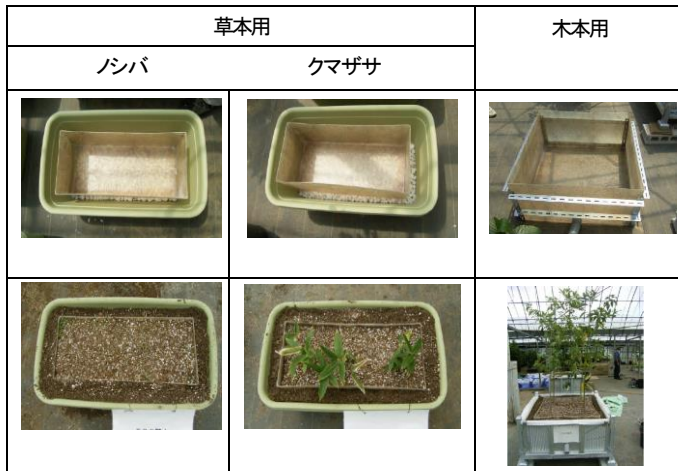


写真2 試験開始時の各試験体外観

2.3 試験結果

試験結果を図1に、2年経過後の各試験体外観を写真3に示す。比較用試験体は3ヵ月以内で根の貫通が確認されたが、FRP防水材では2年間の試験期間中においてはいずれの試験体も根の貫通などの異常は見られなかった。また、FRP防水材の表面の目視観察では若干の変色以外に大きな変状は認められず、良好な耐根性を維持できていることが確認された。

試験体の種類	試験用植物	試験開始後経過月数(月単位)				
		0	6	12	18	
FRP防水	ノシバ	[Blue bar]				異常なし
	クマザサ	[Blue bar]				異常なし
	タブノキ、ヤシャブシ	[Blue bar]				異常なし
	ノシバ	[Blue bar]	[Blue bar]	[Blue bar]	[Blue bar]	根の貫通
比較用試験体 (アスファルトルーフィングフェルト940)	クマザサ	[Blue bar]	[Blue bar]	[Blue bar]	[Blue bar]	根の貫通
	タブノキ、ヤシャブシ	[Blue bar]	[Blue bar]	[Blue bar]	[Blue bar]	根の貫通
	ノシバ	[Blue bar]	[Blue bar]	[Blue bar]	[Blue bar]	根の貫通

図1 試験結果(2004年7月~2006年7月)



写真3 2年経過後の各試験体外観と表面状態

3. タケを用いた耐根性試験

3.1 試験概要

JASS8 T-401に準拠して実用上使用例の多いタケ類(ダイミョウチク、クロチク)を試験用植物として耐根性試験を行った。試験は2011年3月に開始し、現在も継続中である。

試験体寸法は、表1の木本用と同一とし、仕様は表3に示す仕様とした。本試験の仕様については、FRP防水工事施工指針・同解説(2010年11月改定版)⁹⁾に記載のL-FF(a)の仕様とした。前章の表2の仕様での試験結果を受けて、より簡便で、厚みの薄いガラスマット#450の1枚貼りでも良好な耐根性が得られる可能性があるものと考えた。また、屋上緑化防水で採用実績が多いのはL-FF(u)ウレタン複合仕様であるが、L-FF(u)の表面のFRP層の構成はL-FF(a)仕様と同内容であることも、今回L-FF(a)仕様とした理由である。

比較用試験体は規定のJIS A 6005(アスファルトルーフィングフェルト940)とした。試験開始時の試験体外観を写真4に示す。尚、ビニルハウス内で試験がなされているため、植物の成長で天井部を突き破らないように定期的な剪定を行った。

表3 試験体の仕様(L-FF(a)仕様)*1

木本用	1層目	防水用ポリエステル樹脂 0.4kg/m ²
	2層目	防水用ポリエステル樹脂 1.6kg/m ² 防水用ガラスマット#450
	3層目	防水用ポリエステル樹脂 0.4kg/m ²

*1 試験体厚み:約1.6mm

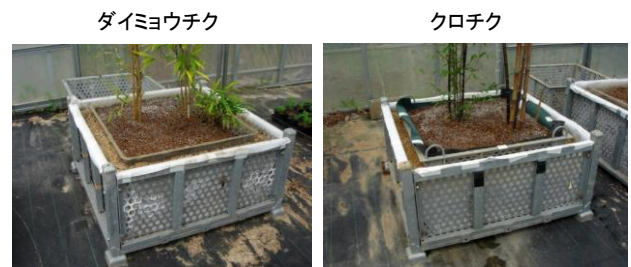


写真4 試験開始時の試験体外観

3.2 試験結果

7年目までの試験結果を図2に、7年経過後のFRP試験体の防水材外観写真と、比較用試験体の6ヶ月以内での地下茎の貫通を写真5に示す。ダイミョウチク、クロチクともFRP防水では7年経過後も地下茎の貫通はみられなかった。また、FRP防水材の表面外観目視観察では若干の変色以外に大きな変状は認められなかった。

本試験結果より塗膜厚さの薄いFRP防水材でも良好な耐根性試験結果が得られたこととなる。さらに今回の試験ではFRP防水材のほかに特段の耐根層は設けていない試験での結果である。

試験体の種類	タケの種類	試験開始後経過月数(年単位)				
		0	2	4	6	
FRP防水	ダイミョウチク	[Bar chart showing no penetration]				異常なし
	クロチク	[Bar chart showing no penetration]				異常なし
比較用試験体 (7スファルトーフィ ングフェルト940)	ダイミョウチク	✕貫通				根の貫通
	クロチク	✕貫通				根の貫通

図2 試験結果(2011年3月~2018年4月)



	ダイミョウチク	クロチク
7年経過後のFRP試験体、防水材外観	 (異常なし)	 (異常なし)
6ヶ月経過後の比較用試験体	 (根の貫通)	 (根の貫通)

写真5 試験後のFRP試験体と比較試験体の外観

4. 模擬針試験法による検討

4.1 試験体

前章まででFRP防水には十分な耐根性を有することが確認できた。しかし、試験対象とした仕様が限定的であったため、補強材

の厚みと、施工作業者による樹脂使用量のばらつきや脱泡作業忘れ等の人為的なミスを考慮し、樹脂量と脱泡の有無などを変数とした種々のFRP防水における耐根性を評価するため模擬針試験を実施した。試験体の種類を表4(次ページ)に示す。ここでは、実際には使用しない極薄のガラスペーパー、標準樹脂使用量の50%条件や脱泡工程抜きなど極端な要因を含め合計10種類を対象とした。試験体数は各5体とした。また、FRP防水ではガラスマットに樹脂を積層含浸させるという工程があるが、FRPの物性にはピンホールの発生有無が大きく影響を及ぼす。そのため試験に使用したFRP層断面の横幅方向約7mmの範囲のピンホールの状況を倍率50倍の顕微鏡(デジタル顕微鏡)により撮影した写真5枚を用いて観察した。なお、試験体No.6、No.7は当評価基準における可否の分岐点になったため、撮影枚数を20枚とした。撮影部位は各試験体断面中より無作為に選定した。

4.2 試験方法

試験はJSTM G 7101「防水材料等の耐根性評価のための模擬針を用いた試験方法」に準拠し、針の侵入速度を1.0mm/分で行った。JSTM G 7101解説文記載の合格ライン50N以上を参考に、本報では安全率をみて、5検体中1件でも50N以下で孔が空いた試験体を不合格とした。

4.3 試験結果

模擬針試験結果を図3(次ページ)に、各補強材別の可否、ピンホールの発生状況を表5にそれぞれ示す。結果よりガラスマット#380の1枚貼り以上の仕様から安定する傾向にあり、#450の1枚貼り以上の仕様では、全ての試験体で50N以上を満たしており耐根性能を十分確保出来ると考えられる。また、表4のFRP引張強度変動係数をみると、ガラスペーパーや#230では樹脂使用量により大きく振れているが#380以上の厚みから0.10~0.13の範囲で安定する傾向にある。尚、試験体No.8がL-F F(a)仕様^{*)}にあたりタケを用いた耐根性試験はこの仕様での評価である。日本建築学会の標準仕様:FRP系塗膜防水工法・密着仕様L-F F^{*)}が#380の2枚貼りであるのに比べより簡便で、厚みの薄い仕様である。本試験結果はこれまで経験的知見から推奨されてきた#380や#450ガラスマットの単位面積あたりの重量が耐根性の観点からも適性であることが裏づけられた結果と言える。また、施工作業者の脱泡作業忘れ等の人為的なミスについては写真6(No.7)写真7(No.10)に示す。断面のピンホール数の観察より脱泡の有無により、耐根性に影響を及ぼすと考えられる。

表5 試験結果及びピンホール発生状況

条件	樹脂量標準	樹脂量1/2	
	脱泡有り	脱泡有り	脱泡無し
ガラスペーパー	✕	✕	
ガラスマット#230	✕(0/5)	✕(0/5)	
ガラスマット#380	○(0/5)	○(0/20)	✕(5/20)
ガラスマット#450	○(1/5)	○(1/5)	○(2/5)

○:5検体とも50N以上 ✕:1検体でも50N以下
()内の「分子」はピンホール発生が確認された写真の枚数、「分母」は写真撮影の枚数

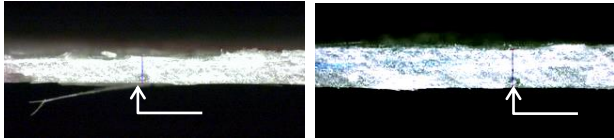


写真6 No.7 (#380)試験体断面 写真7 No.10 (#450)試験体断面

5. まとめ

F R P防水材の屋上緑化防水への適合性を評価するため、防水材の耐根性に関わる JASS8 等の公的規格評価試験を実施した。耐根性試験、模擬針試験等の結果、F R P防水材は耐根層なしでも屋上緑化防水に適合していることを示した。

謝辞

本研究は、F R P防水材工業会が中心となり実施したものである。この研究の遂行には田中享二先生（東京工業大学名誉教授）、石原沙織先生（千葉工業大学准教授）、土田恭義氏（F R P防水材工業会・技術顧問）に広くご教示・ご指導を頂いた。耐根性評価の実施にあたっては一般財団法人 建材試験センターに参画頂き、内山緑地建設株式会社にて試験実施頂いた。論文執筆には石原沙織先生に

ご指導頂いた。心からの謝意を表するものである。

参考文献

- 1) 一般社団法人 日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説・JASS8 防水工事 2014
- 2) 表淳珠他 2名：防水層の耐根性評価のための簡便な試験方法の開発，日本建築学会構造系論文集，第606，pp.35-41，2006年8月
- 3) 一般財団法人 建材試験センター発行 JSTM67101：2011 防水材料等の耐根性評価のための模擬針を用いた試験方法
- 4) 若杉幸吉他 4名：F R P防水層の耐根性能評価試験，建築学会大会梗概集 pp.99-100，2009年8月
- 5) 若杉幸吉他 6名：F R P防水層の耐根性能評価 その2，建築学会大会梗概集 pp.47-48，2011年8月
- 6) 立山富士彦他 6名：タケ類を屋上緑化に適用する場合の耐根層に求められる性能，建築学会大会梗概集 pp.539-540，2010年9月
- 7) 若杉幸吉他 6名：F R P防水層の耐根性能評価 その3 タケ類を用いた耐根性能評価，建築学会大会梗概集 pp.727-728，2013年8月
- 8) 一般社団法人 日本建築学会 F R P防水工事施工指針・同解説（2010年11月改訂版）

表4 試験体の種類と引張性能

No.	樹脂			補強材		ガラス含有量 (%)	厚み (mm)	比重*2	破断時の強度		伸び率 (%)
	適用	使用量 (kg/m ²)	脱泡	種別*1	枚数				強度*3 (N)	変動*4 係数	
1	標準	0.4	有	GP	1	7%	0.33	1.29	70.79	0.03	2.36
2	50%	0.2	有	GP	1	13%	0.30	1.19	39.29	0.14	2.11
3	標準	0.8	有	#230	1	22%	0.90	1.39	466.15	0.04	1.77
4	50%	0.4	有	#230	1	37%	0.52	1.55	414.88	0.19	1.66
5	標準	1.3	有	#380	1	24%	1.13	1.40	933.06	0.10	2.17
6	50%	0.65	有	#380	1	39%	0.70	1.53	802.53	0.13	2.08
7	50%	0.65	無	#380	1	39%	0.73	1.50	638.28	0.12	1.75
8	標準	1.6	有	#450	1	24%	1.57	1.38	1424.38	0.10	2.19
9	50%	0.8	有	#450	1	38%	0.87	1.52	1032.65	0.12	2.09
10	50%	0.8	無	#450	1	38%	0.89	1.50	938.57	0.13	2.04

*1 GPはガラスペーパーを意味する。#380と#450はFBK規格品を使用した。

*2 JISK6911 5.28(比重)に準拠し測定した3体の結果の平均値

*3 速度 5mm/min、試験体幅10mmで行った5体の引張試験結果の平均値

*4 変動係数=強度(N)データの標準偏差/強度データ平均値(N)

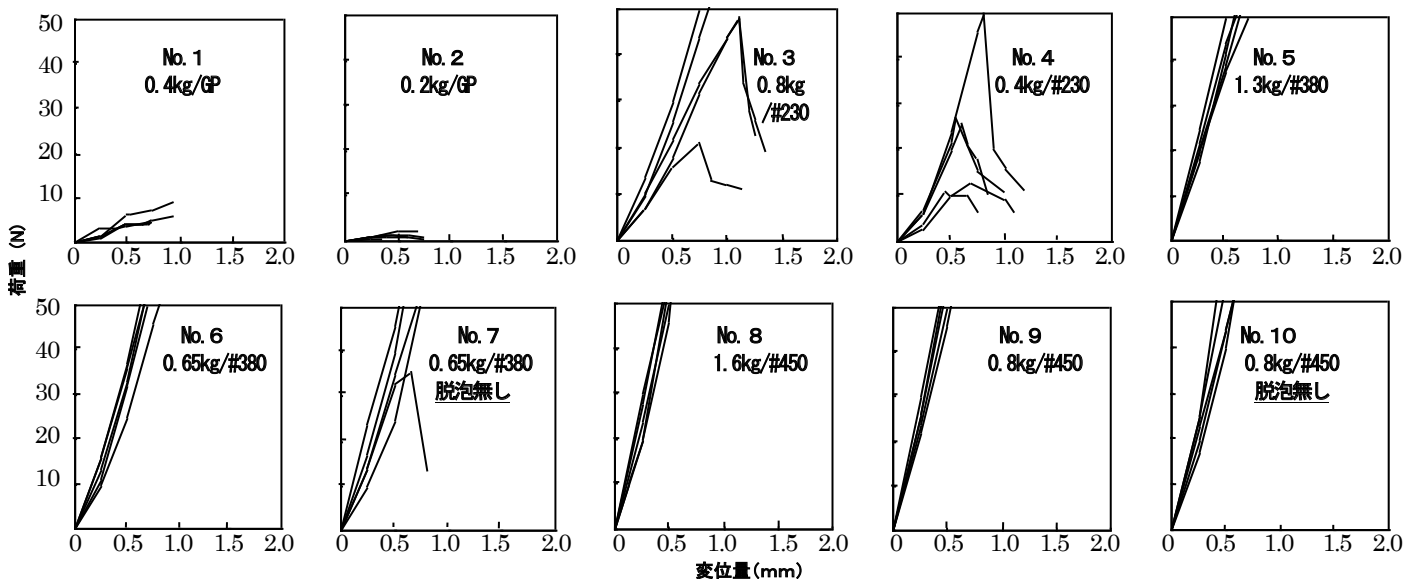


図3 0.5mmφの模擬針による侵入力測定結果

[2019年2月5日原稿受理 2019年3月12日採用決定]