

# 瞬間固結型吹付け防水（ルアス）工法の開発

小川 晴果 三谷 一房  
林 好正 川地 武

## Development of "RUAS" Spray Applied Quick-set Waterproofing Method

Haruka Ogawa Hitofusa Mitani  
Yoshimasa Hayashi Takeshi Kawachi

### Abstract

RUAS (Rubber Asphalt) is a quick-setting rubber-modified asphalt-type waterproofing method utilizing a new coagulation system, which solves the problems of normal-temperature-type methods such as low adhesion to wet surfaces, blistering and sagging. The authors have developed a new spray-type equipment which simultaneously sprays chopped roving glass or vinylon fibers and RUAS waterproofing material. In this study, the properties of fiber-reinforced RUAS waterproofing membranes made by this spray-up method were assessed experimentally. Results showed that, whether or not the membrane was fiber-reinforced, it satisfies JIS A 6021 (liquid-applied compounds for waterproofing membrane coating of roofs) and has good adhesion to wet surfaces. They also showed that the membrane's tensile strength, elongation, crack resistance and tearing strength are considerably improved by fiber reinforcement without decreasing its impermeability.

### 概 要

ルアス (Rubber Asphalt) 工法は常温式アスファルト防水工法の欠点 (低い湿潤面接着性, ふくれ, グレ) をすべて解決した全く新しい硬化機構による瞬間固結型のゴムアスファルト吹付け防水工法である。本報では, ルアス工法用に新たに開発した特殊吹付け装置を用いて, 長繊維 (ガラス, ビニロン) を連続カッティングしながら防水材に混入し, 同時吹付け施工した繊維補強複合防水材の各種性能試験を行った。ルアス工法によって施工した防水層は繊維補強の有無にかかわらず, JIS A 6021 (屋根用塗膜防水材) の規格値をすべて満足しており, 湿潤面に対する接着性も良好であった。さらに, 繊維補強を行うことによって, 防水層の止水性を損なうことなく, 引張強度, 伸び, ひび割れ追従性および引裂強度が著しく改善されることが明らかとなった。

## 1. はじめに

従来から土木建築の防水としては, 熱工法によるアスファルト防水が多く採用されている。熱アスファルト防水工法は信頼性に優れる反面, 施工現場で加熱溶解したアスファルトを扱うために, 臭気や煙の発生, 作業者の火傷の危険性などの問題があった。このため近年では, 熱アスファルト防水に変わり, ゴムアスファルト乳剤を用いた常温式のアスファルト防水工法 (冷工法) も開発・採用されてきている。常温式工法としては, ゴムアスファルト乳剤にゲル化剤を混合したものを施工面に吹付けて防水層を形成する工法やゴムアスファルト乳剤を硬化させるために, セメント等の水硬性無機材料を用いる自硬型工法が知られている<sup>1)</sup>。また, ゴムアスファルト乳剤と凝固剤とを別々のノズルから噴出して, 空中で接触混合させながら施工面に吹付けて防水層を形成する, いわゆる塩析法と呼ばれる瞬結タイプの防水工法もある。し

かしながら, ゲル化剤を混合する方法やセメント等の水硬性無機材料を混合する常温式防水工法は, 硬化が遅いことから, 立上がり面, 壁面, 天井面などの防水施工ではグレが発生するため所定の塗膜厚を得ることが困難であった。一方, 塩析法は, 高濃度アスファルト乳剤を使用してもなお, 吹付け材の凝固によって発生する分離水の流出が多く, 水密性の防水層形成に時間がかかるばかりでなく, 湿潤面への施工には剝離や膨れの点で問題があった。さらに, 凝固材として使用している多価金属塩が, 主として塩化カルシウムであるため, コンクリート下地面に施工した場合には塩害による鉄筋の発錆の問題があった。

そこで我々は, 上記のような常温式アスファルト防水工法における諸問題点を解決するため, 従来にない全く新しい硬化システムによる瞬間固結型のゴムアスファルト系吹付け防水 (ルアス: Rubber Asphalt) 工法を開発を行った。

## 2. ルアス工法の概要

### 2.1 材料

カチオン系の高濃度（固形分70%）ゴムアスファルト乳剤と水硬性無機材料（通常は普通ポルトランドセメント）からなる主材とアニオン系界面活性剤水溶液の凝固剤から構成される。ゴムアスファルト乳剤は水硬性無機材料との混合性がよく、かつ凝固剤と瞬時に反応する乳剤である。その性状は表-1に示すとおりである。

水硬性無機材料はゴムアスファルト乳剤中の水分を水和水として使うため、防水層の分離水の発生を抑制する効果をもつ。さらに、ゴムアスファルト防水層の補強材としての働きをし、引張強度の増大、変形抵抗性の増進等に寄与する。

有機系凝固剤はアニオン系界面活性剤が主成分のもので、主材と混合されると化学反応が進み、主材を瞬時に増粘・ゲル化させ、最終的には分解させるものである。その性状は表-2に示すとおりである。

### 2.2 防水層形成機構

ルアス工法は、主材と凝固剤が化学反応により瞬時に硬化するため、あらかじめ両者を混合した一液としては吹付けられない。したがって、吹付けはエア-式あるいはエア-レス式の吹付け装置を用いて、二つの材料を特殊な吹付けノズルにより空中で接触混合させながら対象面に吹付けて防水層を形成する。その形成過程は次の図-1に示すとおりである。

### 2.3 吹付け装置

主材と凝固剤とを所定の配合で均質に空中で接触混合させながら、対象面に吹付け可能な専用機械を開発した。特殊な吹付けノズルを用い、繊維定量供給装置と組合せることで、長繊維（ガラス繊維、ビニロン繊維等）を所定の長さで連続カッティングしながら防水層に混入し、繊維補強複合防水層を形成することが可能である。図-2に吹付けノズルの機構図を、また、図-3に吹付け装置のシステム図を示す。

表-1 ゴムアスファルト乳剤の性状

項目	性状
外観	黒褐色液体
全固形分(%)	70±1
比重	0.95±0.10
PH	9.5±1.0
粘度(cps)	500以下

表-2 有機系凝固剤の性状

項目	性状
外観	無色透明液体
比重	1.00±0.10

### 2.4 ルアス工法の特徴

ルアス工法の特徴をまとめると以下のとおりである。

- ① 瞬時に固結して、直ちに水密性のある防水層を形成するので養生期間が不要である（施工直後の降雨でも流出しない）。
- ② 瞬結タイプなので天井面や壁面に対してもダレを生じることなく、一度に任意の厚さ（1～100 mm）に施工することができる（写真-1参照）。
- ③ 硬化に伴う分離水の発生がないので、密度が高く信頼性の高い防水層を継ぎ目なく形成できる。
- ④ 分離水がないので湿潤下地面に対しても接着性が良好である。
- ⑤ 凝固剤に塩化カルシウムを使用しないので、コンクリート下地に施工しても塩害による鉄筋の発錆の問題がない。
- ⑥ 無溶剤で加熱の必要もないので、閉塞空間や立ち上がり面、天井面への施工に際しても作業を安全に行うことができる。
- ⑦ 新開発の吹付け装置を使用することによって、主材と凝固剤が空中で混ざり合いながら吹付けられるので、リバウンドがなく周囲を汚さない。

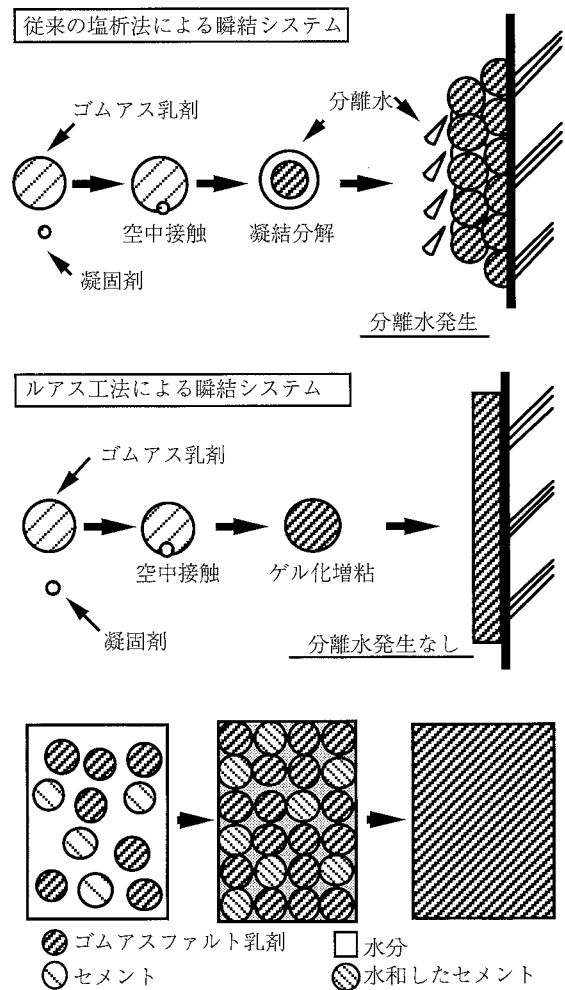


図-1 ルアス工法の硬化機構

### 3. 防水層の性能試験

#### 3.1 目的

2.3に示した吹付け装置を用いて施工した防水層の性能について確認することを目的とする。さらに、ここでは、特殊な吹付けノズルにより、各種長繊維を連続カッティングしながら混入した場合の防水層の補強効果についても確認する。

#### 3.2 使用材料

3.2.1 防水材 表-1に示すゴムアスファルト乳剤（ニチレキ社製）および表-2に示す物性の有機系凝固剤（ニチレキ社製）を用いた。セメントは普通ポルトランドセメント（アサノセメント社製）を使用した。

3.2.2 補強繊維 耐アルカリガラス繊維（日本電気硝子製）およびビニロン繊維（クラレ社製）ロービングを用いた。

#### 3.3 調合

材料の調合を表-3に示す。なお、補強繊維は繊維長30mmでカッティングを行い、事前のキャリブレーション結果に基づき防水材に対して所定の容積比となるように調整した。

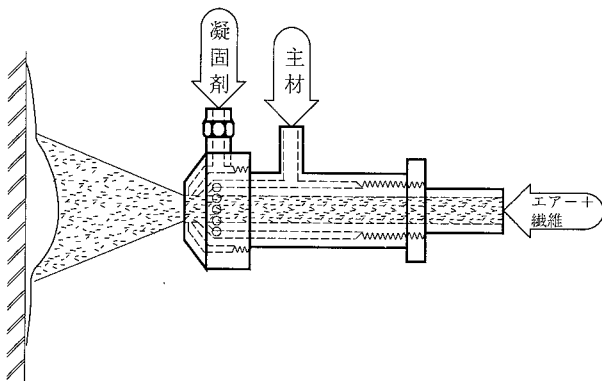


図-2 ノズルの機構図

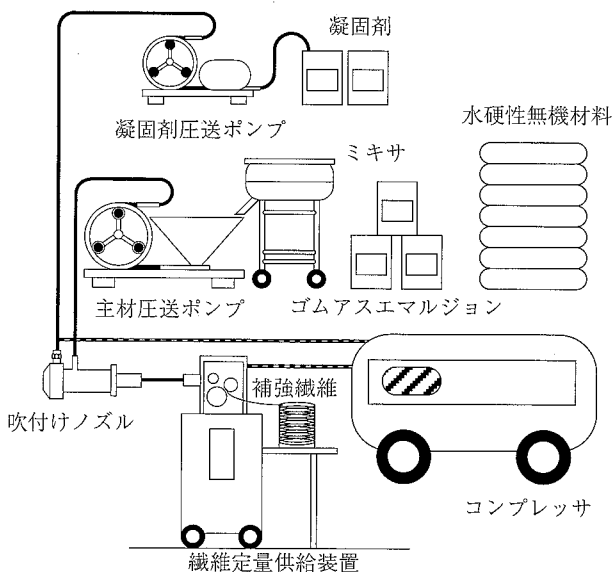


図-3 吹付け装置のシステム図

#### 3.4 試験方法

3.4.1 防水材としての性能試験 JIS A 6021（屋根用塗膜防水材）に準拠して引張性能（引張強さ、破断時の伸び率）、引裂性能、温度依存性（ $-20^{\circ}\text{C}$ 、 $60^{\circ}\text{C}$ ）および劣化処理後の引張性能（加熱処理、アルカリ処理）を求めた。

#### 3.4.2 防水層としての性能試験

(1) 透水性 JIS A 1404（建築用セメント防水剤の試験方法）に準拠して作製した試験体（直径15cm、厚さ4cmモルタル板）に防水層を厚さ4mmになるように塗布し、気中（ $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、 $65 \pm 5\% \text{RH}$ ）で7日間養生を行った。JIS A 1404に準じて水圧 $3 \text{ kgf/cm}^2$ をかけ、供試体の試験前後の重量差より透水量を求めた。

(2) 引張接着強度 コンクリート歩道板（ $30 \times 30 \times 5 \text{ cm}$ ）に防水層を厚さ4mmになるように塗布し、材令4週を経過後、防水層表面に鋼製アタッチメント（ $4 \times 4 \text{ cm}$ ）を貼り付け、建研式引張試験機を用いて接着強度を求めた。養生方法は、気中（ $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、 $65 \pm 5\% \text{RH}$ ）および水中（ $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ ）の2通りとした。

(3) せん断接着強度 コンクリートブロック（ $15 \times 15 \times 60 \text{ cm}$ ）に防水層を厚さ4mmになるように塗布し、材令4週まで気中養生（ $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、 $65 \pm 5\% \text{RH}$ ）を行った後、図-4に示す試験装置を用いてせん断接着強度を求めた。

(4) ひび割れ追従性 住宅都市整備公団「塗膜防水

表-3 材料調合比率

防水材（重量比）			補強繊維 （容積比）
ゴムアス乳剤	普通ポセ	有機系凝固剤	
100	40	14	0, 0.25, 0.75%

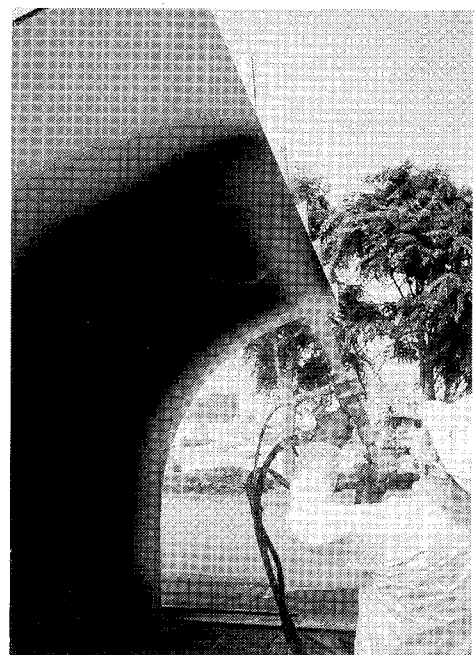


写真-1 吹付け試験状況（吹付け厚さ100mm）

の試験方法（KMK法）」に準じて行った。試験体のスレート板のひび割れ部分から両側に5.0mm間隔で基準線を入れ、引張試験機を用い引張速度5mm/分で引張り、試験体のひび割れ部分の幅が、5、10、15、20および30mmに達したときの基準線間隔の最も大きい箇所の値を測定し、次式より下地ひび割れ抵抗負担指数を算出した。なお、試験時の最大応力、き裂幅（最大荷重点、塗膜完全破断点）についても測定した。

$$\text{下地ひび割れ抵抗負担指数}(\%/mm) = \frac{\text{基準線伸び率}(\%)}{\text{ひび割れ幅}(mm)}$$

$$\text{ただし、基準線伸び率}(\%) = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100$$

ここに、 $L_1$ ：下地ひび割れが所定の幅に達したときの防水材に生じた基準線の最大幅(mm)

$L_0$ ：基準線の幅=5mm

### 3.5 試験結果および考察

#### 3.5.1 防水材としての性能試験

(1) 引張性能 表-4に示すように、引張強さおよび破断時伸び率は、いずれの試験体においてもJISの規格値を満足していた。特に破断時伸び率はJIS規格値を大きく上回っており、著しい伸び能力を有していることが判明した。図-6および図-7に示すように、繊維を混入することによって引張強度、伸び率共に増大した。これらの値は繊維混入率の増大に伴い漸増する傾向にあった。また、破断時の伸び率はビニロン繊維(VF)に比

ベガラス繊維(GF)の方が大きかった。

(2) 引裂性能 表-4に示すようにすべての試験体で引裂強さのJIS規格値を満足していた。繊維を混入することにより引裂強さは増大したが、繊維混入率0.75%では、ビニロン繊維に比べガラス繊維の方が引裂強度が大きかった。

(3) 温度依存性 表-4に示すようにすべての試験体で-20°C、60°Cの引張強さ比のJIS規格値を満足していた。引張強さは、繊維混入率の増大に伴い増大するが、ビニロン繊維に比べガラス繊維の方が引張強さが大きかった。

(4) 劣化処理後の引張性能 表-4に示すようにすべての試験体で、劣化処理（加熱処理、アルカリ処理）後の引張強さおよび破断時伸び率のJIS規格値を満足していた。図-6、図-7に示すように繊維混入率の増大に伴い引張強さおよび破断時伸び率は増大するが、繊維混入率0.75%ではガラス繊維の方がビニロン繊維に比べ補強効果が大きかった。

#### 3.5.2 防水層としての性能試験

(1) 透水性 透水試験結果のまとめを表-5に示す。繊維混入による透水量の増大が懸念されたが、ガラス繊維、ビニロン繊維ともに、透水量はゼロであった。

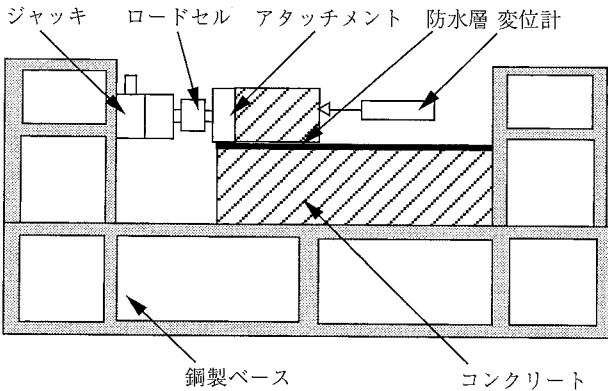


図-4 せん断接着強度試験方法

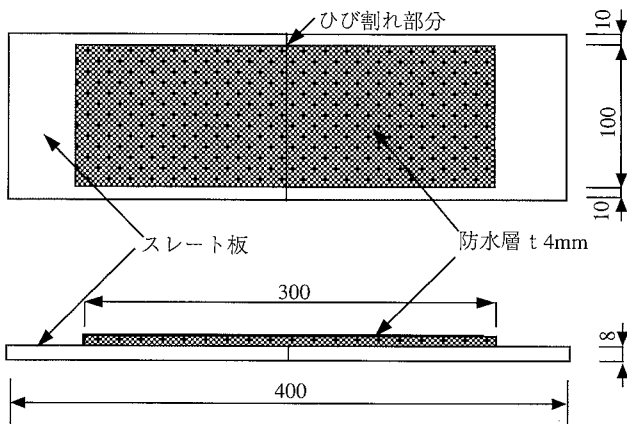


図-5 ひび割れ追従性試験体

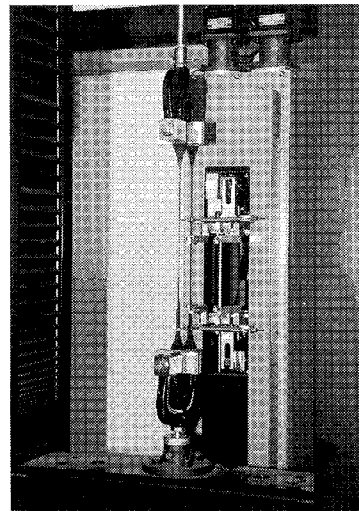


写真-2 防水層の引張試験状況

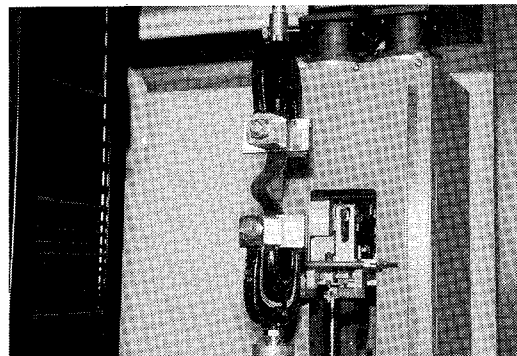


写真-3 防水層の引裂試験状況

(2) 引張接着強度 試験結果のまとめを表-6に示す。水中養生の供試体の方が気中養生の供試体よりも接着強度が大きくなる傾向にあった。ゴムアスファルト乳剤中のセメントの水和が促進され防水層の凝集力が高まったことが原因と推察される。防水層の接着強度に関する規格値は特にないが、一般にセメントモルタルやタイルの様な重量があって剥落した場合に危険な外装仕上げ材について4 kgf/cm<sup>2</sup>以上という規定がある。今回の試験結果ではいずれも4 kgf/cm<sup>2</sup>以上の接着強度が得られており、また、破断状況もすべて防水層の凝集破断であることから下地との十分な接着一体化が得られていると判断できる。繊維を混入した試験体でも、繊維未混入の試験体に比べ同等以上の接着強度が得られており、下地との接着一体化を阻害しないことが明らかとなった。

(3) せん断接着強度 試験結果のまとめを表-7に示す。せん断接着強度は、地下外壁などで防水層の施工後埋戻す場合に、せん断による剥離や破断を防止する上で重要である。直接引張強度に比べせん断接着強度の方が小さめの値となっているが、破断状況（防水層凝集破断、コンクリート表層破断）および実施工では埋戻し時

表-4 JIS A 6021 による試験結果のまとめ (n=3)

試験項目	試験体の種類	繊維未混入		ガラス繊維混入率 (vol. %)		ビニロン繊維混入率 (vol. %)		JISA6021規格値
				0.25	0.75	0.25	0.75	
		繊維未混入	繊維未混入					
引張性能	引張強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )	4.1	6.8	8.0	6.4	7.3	3.5以上	
	破断時の伸び率 (%)	2,643	3,425	3,550	2,921	3,021	600以上	
引裂性能	引裂強さ (kgf/cm)	4.1	5.9	7.5	5.7	6.0	3以上	
温度依存性	引張強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )	試験時温度-20°C	30.5	50.7	62.4	47.1	52.7	—
		試験時温度60°C	1.2	1.9	4.2	2.1	3.0	—
	引張強さ比 (%)	試験時温度-20°C	744	745	780	736	722	700以上 1,000以下
		試験時温度60°C	29	28	53	33	41	5以上
劣化処理後の引張性能	引張強さ (kgf/cm <sup>2</sup> )	加熱処理	4.2	9.2	12.3	8.5	10.2	—
		アルカリ処理	3.9	6.2	10.0	6.3	8.1	—
	引張強さ比 (%)	加熱処理	102	135	153	133	140	80以上 150以下
		アルカリ処理	95	91	125	99	111	80以上 150以下
破断時の伸び率 (%)	加熱処理	1,267	1,288	1,700	1,213	1,600	600以上	
	アルカリ処理	3,013	3,217	3,983	3,017	3,417	600以上	

表-5 透水試験結果のまとめ (n=2)

試験体の種類	試験前重量 (g)	試験後重量 (g)	透水量 (g)
繊維未混入	1,400	1,400	0
ガラス繊維補強	0.25%	1,432	0
	0.75%	1,472	0
ビニロン繊維補強	0.25%	1,419	0
	0.75%	1,433	0

表-6 引張接着強度試験結果のまとめ (n=3)

試験体の種類	引張接着強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )		破断状況
	気中養生	水中養生	
繊維未混入	5.3	8.6	防水層凝集破断 100%
ガラス繊維補強	0.25%	8.7	
	0.75%	9.6	
ビニロン繊維補強	0.25%	9.6	
	0.75%	9.3	

表-7 せん断接着強度試験結果のまとめ (n=3)

試験体の種類	せん断接着強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	破断状況
繊維未混入	2.20	防水層凝集破断 75% コンクリート表層破断 25%
ガラス繊維補強	0.25%	防水層凝集破断 65% コンクリート表層破断 35%
	0.75%	防水層凝集破断 100%
ビニロン繊維補強	0.25%	防水層凝集破断 55% コンクリート表層破断 45%
	0.75%	防水層凝集破断 100%

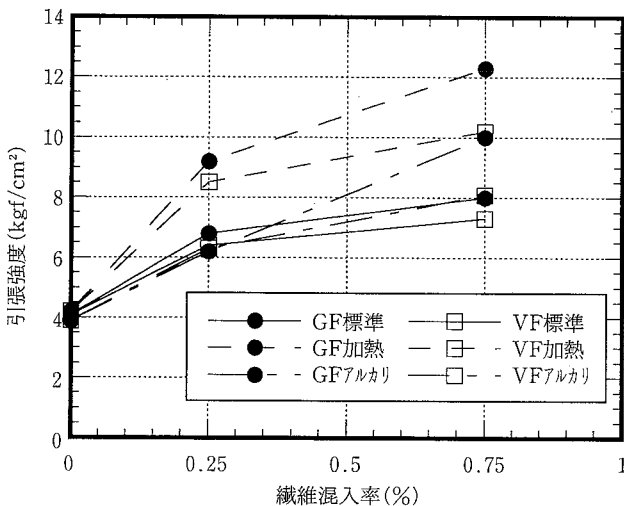


図-6 繊維混入率と引張強度

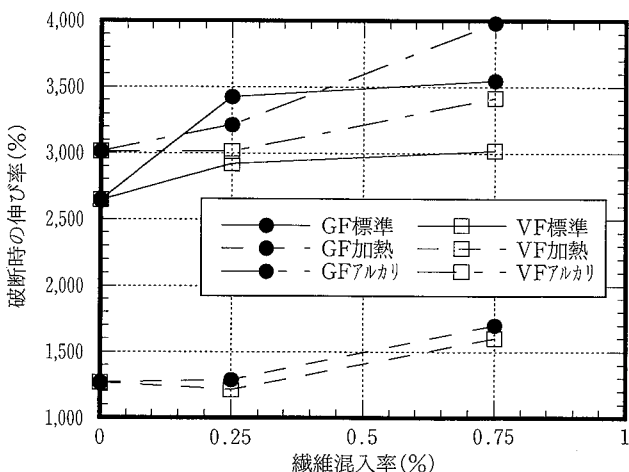


図-7 繊維混入率と破断時の伸び率

表-8 ひび割れ追従性試験結果のまとめ(n=3)

試験体の種類	最大応力 (kgf/cm <sup>2</sup> )	ひび割れ幅 (mm)		下地ひび割れ抵抗負担指数 (%/mm)						
		最大荷重点	完全破断点	ひび割れ幅(mm)						
				5	10	15	20	25	30	
繊維未混入	1.8	1.5	24.5	18.0	10.0	6.6	5.0	—	—	
ガラス	0.25%	2.5	1.6	56.7	14.7	8.7	6.2	4.8	4.0	3.3
	0.75%	4.2	1.6	48.3	16.0	10.0	6.7	5.0	4.0	3.4
ビニロン	0.25%	1.8	1.6	45.8	14.7	9.0	6.5	4.9	4.0	3.3
	0.75%	2.4	1.6	49.2	12.0	8.0	5.3	4.7	3.8	3.2

に防水層に保護層を張り付けることを考慮すると、実用上十分な接着一体化が図られていると考える。

(4) ひび割れ追従性 試験結果のまとめを表-8および図-8に示す。防水層の完全破断時の下地ひび割れ幅は、24 mm 以上を示し、下地ひび割れ追従性に優れることが明らかとなった。さらに、繊維を混入することによって防水層完全破断時の下地ひび割れ幅は著しく増大した。また、繊維混入により下地ひび割れ抵抗負担指数も低減され、繊維混入が防水層の下地ひび割れ追従性を向上させる上で有効であることが明らかとなった。

#### 4. おわりに

全く新しい硬化機構による瞬間固結型の吹付け防水（ルアス）工法を開発し、その特徴について述べた。また、ルアス工法用に新たに開発した特殊吹付け装置を用いて、長繊維（ガラス繊維、ビニロン繊維）を連続カッティングしながら防水材に混入し、同時吹付け施工した繊維補強複合防水材の各種性能試験を行い以下のことが明らかになった。

- ① ルアス工法によって施工した防水層は、繊維補強の有無にかかわらず、JIS A6021（屋根用塗膜防水材）の規格値をすべて満足している。
- ② 繊維補強することによって、防水層の引張強度、伸び、ひび割れ追従性および引裂強度が著しく改善される。

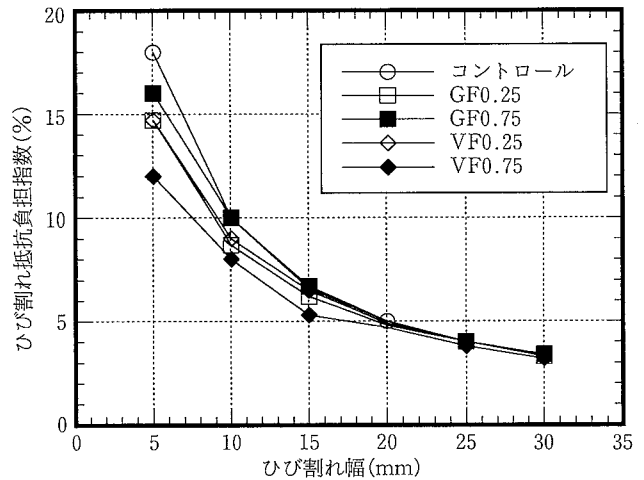


図-8 下地ひび割れ幅と下地ひび割れ抵抗負担指数

- ③ 繊維補強を行っても、防水層の止水性は全く損なわれない。
  - ④ 繊維補強の有無、下地コンクリートの状態（湿潤、乾燥）にかかわらず、優れた接着性を有している。
- ルアス工法は、土木・建築構造物の地下外壁防水のみならず、トンネルの覆工面防水、道路・鉄道の床版防水、貯水池、廃棄物処分場の防水などへの適用が期待できる。ただし、用途によっては防水層に要求される性能もかなり異なってくるため、繊維補強技術や高信頼性の膜厚管理技術との複合化を図り、より多機能な合理化防水工法として用途開発を進めていきたい。

#### 参考文献

- 1) 林 好正, 青山 幹, 小川晴果: New Rapid-Cure Waterproofing System Applying SBR-Modified Bitumen Emulsion with Fibrous and Cementitious Materials, Second International Symposium-Liege 1984, Plastic and Rubber Waterproofing in Civil Engineering