

高たわみ性ポリマー改質アスファルト

# FRバインダー



## 概要

FRバインダーは、従来のポリマー改質アスファルトと比較し、交通荷重による舗装のたわみに追従するため、ひび割れに対する抵抗性に優れます。FRバインダーを用いることで、ひび割れやわだち掘れの発生を抑制し、アスファルト舗装の長寿命化が図れます。

## 特長

- ・疲労破壊抵抗性は、ポリマー改質アスファルトⅡ型の約100倍です。
- ・局部的な変形に対するひび割れ抵抗性やリフレクションクラック抑制効果が高いです。
- ・高い応力緩和性能を有するため、低温ひび割れを抑制します。
- ・ポリマー改質アスファルトⅡ型と同程度の塑性変形抵抗性を有します。

## □ 適用箇所

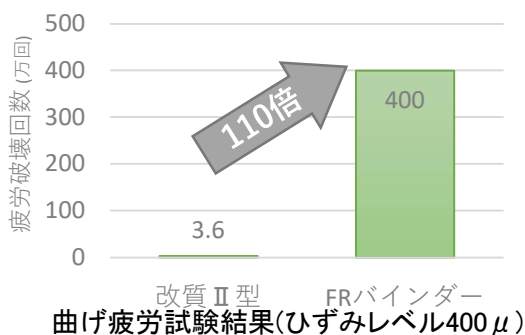
- ・交通荷重によるたわみ量が大きく、疲労ひび割れの発生が懸念される路線
- ・リフレクションクラックが懸念される路線
- ・寒冷地域で低温ひび割れの発生が懸念される路線
- ・橋面舗装などのたわみ追従性が求められる箇所

## □ 標準的性状

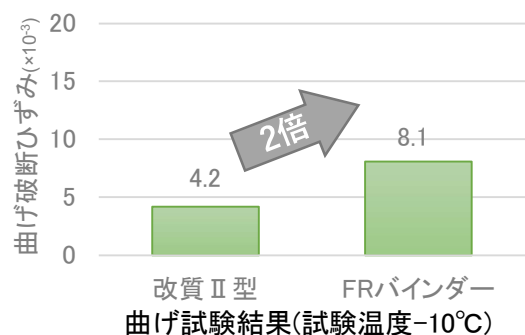
項目	単位	社内規格	標準的性状	改質Ⅱ型
軟化点	℃	75.0以上	90.5	56.5
伸度 (15℃)	cm	50以上	100+	100+
針入度 (25℃)	1/10 mm	80以上100以下	88	50
粗骨材の剥離面積率	%	5以下	0	—
フラス脆化点	℃	-25以下	-26	-16
損失弾性率 $G^* \sin \delta$ (25℃)	MPa	0.40以下	0.2	1.81

## □ 混合物性状

FRバインダーを用いたアスファルト混合物は、疲労破壊回数が、改質Ⅱ型アスコンの約100倍となり、極めて優れた疲労ひび割れ抵抗性を有します。



FRバインダーは、曲げ破断ひずみが大きいいため、低温時のひび割れ抵抗性に優れています。



FRバインダーを用いたアスファルト混合物は、改質Ⅱ型アスコンと同程度の安定度、耐水性および耐流動性を有します。

項目	単位	代表値	基準値
マーシャル安定度	kN	12.3	5 以上
残留安定度	%	91.1	75 以上
動的安定度	回/mm	5250	3000 以上

## □ 使用上の留意点

- ・FRバインダーは右表の製造、施工温度を推奨します。
- ・適正な温度条件で製造、施工を行ってください。

項目	推奨温度	
製造時	混合温度	180±5℃
	敷きならし温度	160℃以上
施工時	初期転圧温度	140℃以上
	二次転圧温度	100℃以上

技術資料

FR-1

*Technical Information*

技術資料

高たわみ性ポリマー改質アスファルト

# FR バインダー



**東亜道路工業株式会社**

<http://www.toadoro.co.jp>

## 目次

1. はじめに	1
2. FRバインダーの特長	2
3. FRバインダーの適用箇所	2
4. バインダー性状	3
5. 混合物性状例	6
5-1 混合物の配合と基本性状	6
5-2 試験結果	7
6. 配合設計と製造・施工条件	13
6-1 配合設計条件	13
6-2 製造・施工条件	13

## 1. はじめに

アスファルト舗装は、供用開始直後から車両の走行や雨水、紫外線などの影響によって、わだち掘れやひび割れなどが発生し、徐々にその性能が低下し破損に至ります。このため、性能低下を抑制し、舗装の長寿命化を図ることが重要となってきます。

わだち掘れに対しては、これまでに各種のポリマー改質アスファルトが開発されてきており、わだち掘れの発生を大幅に抑制することが可能となっています。

ひび割れは、疲労ひび割れ、不等沈下による局所的な変形、温度応力ひび割れなど多様な原因で発生します。またひび割れから雨水や融雪水が舗装内部に浸入すると、ポットホールの発生や路盤の支持力が低下するなど急速に舗装の破損が進行するため、ひび割れの発生を抑制することが長寿命化を図るうえで極めて重要となります。

ひび割れの発生を抑制するためには、構造面からの検討が重要ですが、疲労破壊抵抗性に優れるポリマー改質アスファルトを効果的に活用することで、これまで以上にひび割れに対して効果的な対策が可能になると考えられます。

FR (Flexible & Relaxing) バインダーは、これまでのポリマー改質アスファルトに比べ、大幅にたわみ追従性を高め、混合物の疲労破壊抵抗性、低温時に生じる温度応力による疲労破壊抵抗性を大幅に高めることが可能です。なお、塑性変形抵抗性については、ポリマー改質アスファルトⅡ型（以下、改質Ⅱ型）と同程度です。

本資料では、FRバインダーの概要、各種室内試験結果、使用方法について紹介します。

## 2. FR バインダーの特長

FR バインダーには、下記の優れた特長があります。

- 疲労破壊抵抗性に極めて優れた混合物を製造できます。ポリマー改質アスファルトⅡ型に比べ、同一配合・骨材を使用した場合に約 100 倍の疲労破壊輪数が期待できます。
- たわみ追従性に優れるため、局部的な変形に対するひび割れ抵抗性や、リフレクションクラックの抑制効果が期待できます。
- 高い応力緩和性能を有しているため、低温ひび割れの抑制が期待できます。
- ポリマー改質アスファルトⅡ型と同程度の塑性変形抵抗性を有しています。
- 従来のアスファルト混合物と同等の施工性を有しています。

## 3. FR バインダーの適用箇所

FR バインダーは、以下に示すような路線での適用を推奨します。

- 交通荷重によるたわみ量が大きく、アスファルト混合物の疲労ひび割れの発生が懸念される路線
- リフレクションクラックの発生が懸念される路線
- 寒冷地域で低温ひび割れの発生が懸念される路線
- 橋面舗装などのたわみ性が求められる箇所

FR バインダーを用いた混合物は、疲労破壊抵抗性に極めて優れており、使用方法が適切であれば、ひび割れの発生を大幅に遅延させ舗装を長寿命化することができます。ただし、使用方法が適切でないと混合物の弾性係数が小さいことから路床への負荷が大きく通常のアスコンよりも寿命が短くなる場合があります。

このため、FR バインダーを用いた混合物を使用する場合は、理論的設計方法により構造設計を行い、所要の性能が確保できるか検討されることをお勧めします。

## 4. バインダー性状

### 1) バインダー性状について

FR バインダーは針入度と軟化点がともに高いことが特徴です。

長期間供用させるためには、劣化特性についても優れている必要があります。アスファルトの劣化は、一般的に Dynamic Shear Rheometer (DSR) により得られる損失弾性率 ( $G^* \cdot \sin \delta$ ) にて評価されます。

劣化することでアスファルトが硬くなるため損失弾性率は高くなります。促進劣化させた FR バインダーの損失弾性率は、未劣化の改質Ⅱ型と比較し 1/3 程度であるため、供用 5～10 年後の状態においても未劣化の改質Ⅱ型と同等以上の疲労抵抗性が期待できます。

さらに、DSR による温度応力の測定結果から、FR バインダーの温度応力による破断温度は、改質Ⅱ型と比較し、3℃以上低下していることから、低温ひび割れを抑制する効果が期待できます。

表-1 FR バインダーの代表性状と社内規格

項目	単位	改質Ⅱ型	FR バインダー	社内規格
軟化点	℃	56.5	90.5	75.0 以上
伸度 (15℃)	cm	100+	100+	50 以上
針入度 (25℃)	1/10 mm	50	88	80-100
薄膜加熱質量変化率	%	0.03	0.18	0.60 以下
薄膜加熱後の針入度残留率	%	88.0	81.8	65.0 以上
引火点	℃	335	324	280 以上
粗骨材の剥離面積率	%	—	0	5 以下
フラース脆化点	℃	-16	-26	-25 以下
損失弾性率※ <sup>1</sup> $G^* \sin \delta$ (25℃)	未劣化	MPa	1.81	0.20
	促進劣化後※ <sup>2</sup>	MPa	3.4	0.5
破断温度※ <sup>3</sup>	℃	-19	-23	—

※ 1 A062 ダイナミックシアレオメーター試験方法による。

※ 2 回転式薄膜加熱試験(RTFOT:ASTM D 2872 準拠)を行った試料に対しさらに加圧劣化試験(PAV:ASTM D 6521 準拠)を行った。PAV 試験は、試験時間を 20 時間とした。(供用劣化 5～10 年相当)

※ 3 DSR によるアスファルトの温度応力試験による。

○ DSR 試験による損失弾性率について

表-2 に DSR 試験の測定条件、図-1 に結果を示します。

FR バインダーの損失弾性率は、未劣化で改質Ⅱ型の 1/9、促進劣化後では改質Ⅱ型の 1/7 程度となり、改質Ⅱ型と比較し、優れた劣化抵抗性を有していることが分かります。

表-2 DSR 試験による損失弾性率の測定条件

項目	内容
プレート直径	8 mm
ギャップ	1 mm
試験温度	25 °C
周波数	10 rad/s
ひずみ	1%

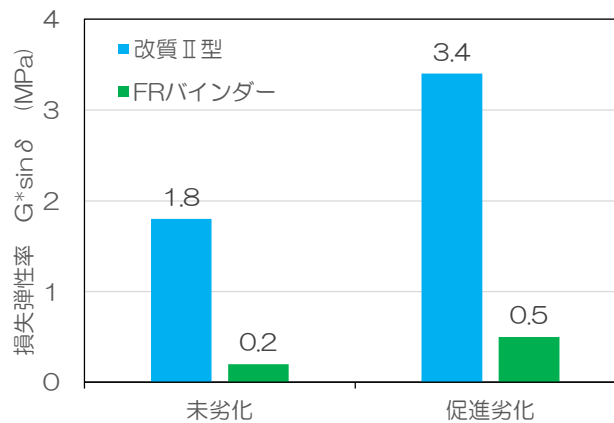


図-1 DSR による損失弾性率の比較



○ DSR 試験によるアスファルトの温度応力について

DSR による FR バインダーの温度応力の評価について紹介します。

評価方法は、平衡円盤にてアスファルトを挟み、ギャップを機械的に固定し、温度降下に伴う収縮時の荷重を計測します。温度が下がると温度応力が発生し、ひび割れが生じると急激に荷重が低下します。この時の温度を破断温度と定義します。温度応力が小さいあるいは破断温度が低いほど、温度ひび割れに対する抵抗性が優れていると判断できます。

表-3 に測定条件、図-2、図-3 に測定結果を示します。

FR バインダーは、改質 II 型と比較して、温度応力が 1/2 程度であり、かつ破断温度も低いことが分かります。

表-3 DSR 試験による温度応力測定条件

項目	試験条件
プレート直径	8 mm
ギャップ	1 mm
測定温度範囲	30 °C → -30 °C
温度勾配	10 °C/h

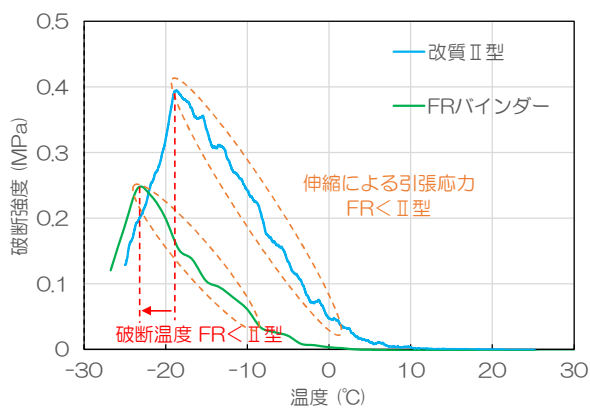


図-2 温度応力の比較

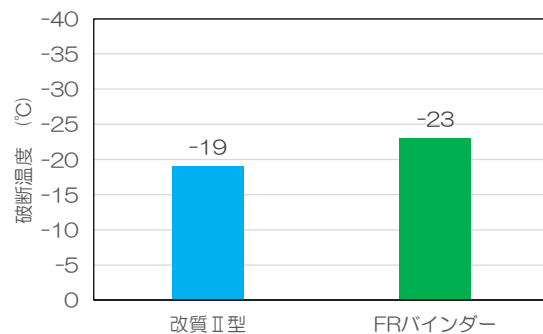


図-3 破断温度の比較

## 5. 混合物性状例

FRバインダーを用いた混合物の性状を室内試験により評価しました。比較として、改質Ⅱ型についても同様に評価を行いました。

### 5-1 混合物の配合と基本性状

FRバインダーを用いた密粒度アスファルト混合物（13）に使用した骨材の材質と配合割合を表-4、合成粒度を図-4に示します。

表-5にFRバインダーを用いた混合物のマーシャル特性を示します。

表-4 骨材配合割合

種類	6号 碎石	7号 碎石	砕砂	粗目砂	細目砂	石粉
材質	硬質砂岩			洗い砂		石灰岩
配合%	34	24	10	15	11	6

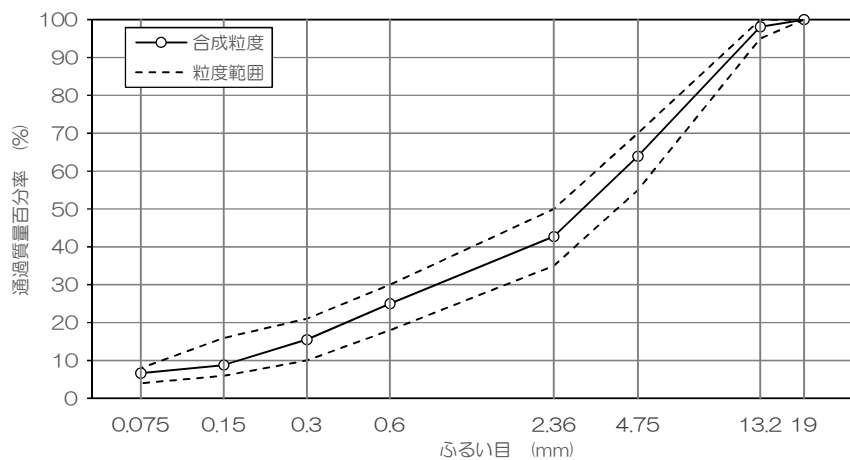


図-4 合成粒度

表-5 マーシャル特性

項目		密粒度アスファルト混合物（13）	
		代表値	基準値
最適アスファルト量	%	5.6	—
空隙率	%	4.0	3~6
飽和度	%	76.8	70~85

マーシャル安定度	kN	12.3	4.9 以上
----------	----	------	--------

## 5-2 試験結果

### (1) 曲げ疲労試験

曲げ疲労試験によりアスファルト混合物のひび割れ抵抗性を評価しました。このときの疲労破壊回数は、応力と繰返し回数（S-N）曲線の変曲点における载荷回数とし算出しました。

表-6 に試験条件、写真-1 に試験状況、図-5 に各条件における疲労破壊回数を示します。疲労破壊回数はひずみにより異なりますが、FRバインダー混合物の破壊回数は、改質Ⅱ型混合物と比較するとおよそ 100 倍となります。

表-6 繰返し曲げ疲労試験の試験条件

項目	試験条件
载荷方法	両端固定2点载荷
供試体寸法	40×40×400 mm
载荷周波数	5 Hz
スパン	300 mm
载荷波形	サイン波
試験方法	ひずみ制御
試験温度	15 °C
ひずみ	400、600、800 $\mu$
混合物	密粒度アスファルト混合物（13）



写真-1 曲げ疲労試験状況

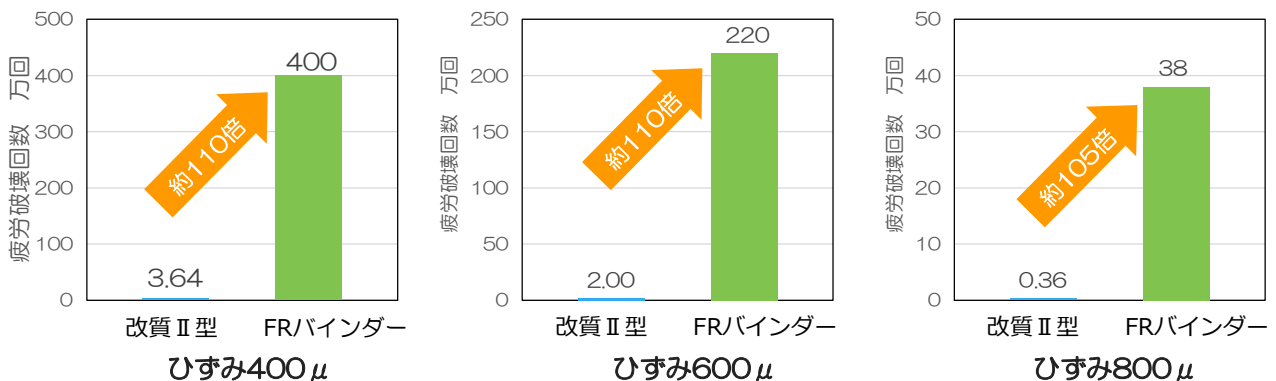


図-5 各ひずみにおける繰返し曲げ疲労試験の結果

## (2) 静的曲げ試験

静的曲げ試験によりアスファルト混合物のたわみ性の評価を行いました。

表-7に試験条件、図-6、図-7に試験結果を示します。

FRバインダー混合物は、改質Ⅱ型混合物と同程度の曲げ強度であり、破断時のひずみは2倍程度となります。

FRバインダーを用いた密粒度アスファルト混合物(13)にて、本州四国連絡橋橋面舗装基準(案)のグースアスファルト混合物の基準値を満足します。

表-7 静的曲げ試験条件

項目	試験条件
混合物	密粒度アスファルト混合物(13)
試験温度	-10℃
供試体寸法	100×300×50 mm
載荷速度	50 mm/min

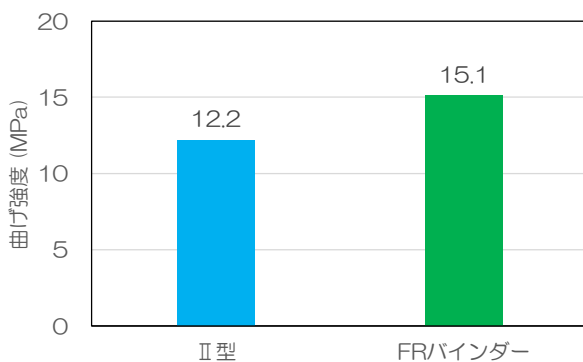


図-6 曲げ強度の試験結果

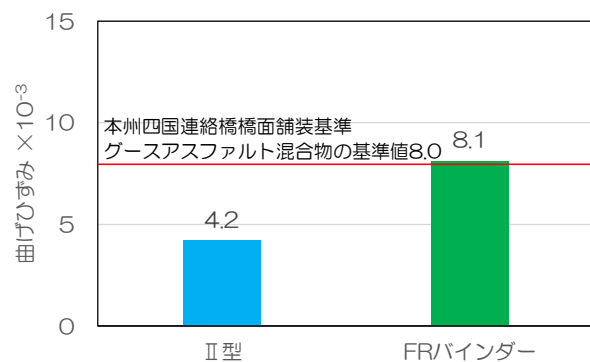


図-7 曲げひずみの試験結果

### (3) 温度応力試験

温度応力試験によりアスファルト混合物の温度低下に伴うひび割れ抵抗性の評価を行いました。表-8 に試験条件、図-8 に試験模式図と試験状況、図-9 に試験結果を示します。

アスファルト混合物が有する応力緩和性能を超えた場合、温度低下に伴う収縮によりひび割れが生じます。FRバインダー混合物は、改質Ⅱ型混合物と比較して、温度低下に伴い発生する応力の上昇が緩やかであります。また、FRバインダー混合物の温度応力は、-10℃では改質Ⅱ型混合物の 1/4 程度、-20℃では改質Ⅱ型混合物の 1/3 程度となります。さらに、破断温度は、改質Ⅱ型混合物で-24.1℃、FRバインダー混合物で-31.0℃となります。

この結果から、FRバインダー混合物は、低温ひび割れに対する抵抗性が、改質Ⅱ型混合物と比較し優れていることが分かります。

表-8 温度応力試験条件

項目	試験条件
混合物	密粒度アスファルト混合物 (13)
供試体寸法	250×50×50 mm
拘束方向	鉛直方向
試験温度	20 ℃～
温度勾配	10 ℃/h

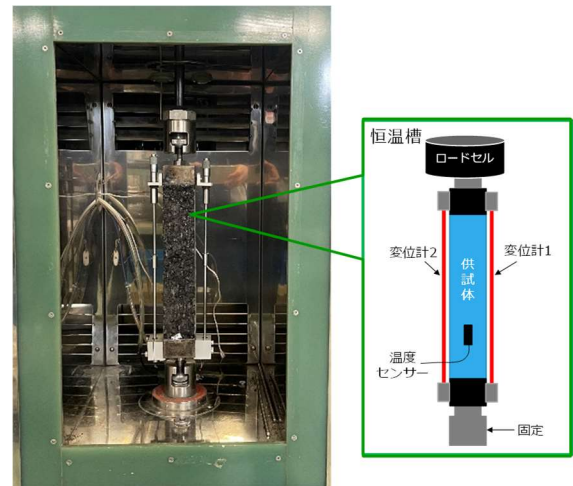


図-8 温度応力試験模式図と試験状況

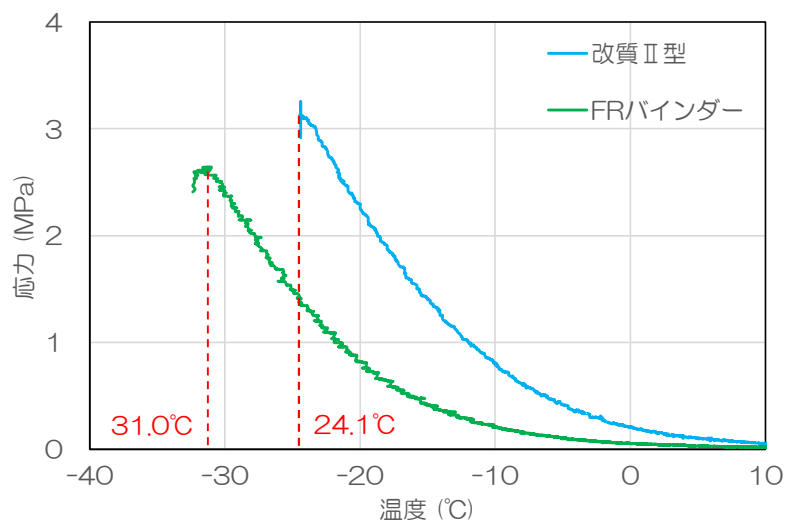


図-9 温度応力試験の結果

#### (4) 塑性変形抵抗性（ホイールトラッキング試験）

ホイールトラッキング試験により高温時における塑性変形抵抗性の評価を行いました。

表-9 に試験条件、図-10 に試験結果を示します。

FR バインダー混合物は、改質Ⅱ型混合物と同程度の塑性変形抵抗性を有していることが分かります。

表-10 ホイールトラッキング試験条件

項目	試験条件
混合物	密粒度アスファルト混合物（13）
試験温度	60 ℃
供試体寸法	300×300×50 mm
載荷荷重	686 N
走行速度	42 回/分

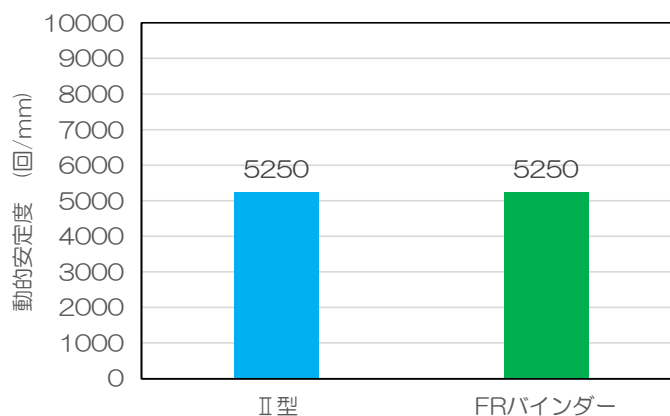


図-10 ホイールトラッキング試験の結果

### (5) ひび割れ貫通試験

図-11 に示すひび割れ貫通試験によりアスファルト混合物のリフレクションクラック抵抗性の評価を行いました。

供試体は、基層にひび割れを模擬したスリットを走行方向の直角に3本設置したうえで表層を打設して作製しました。基層の模擬ひび割れから表層の上面にひび割れが伝搬するまでの時間（ひび割れ貫通時間）により評価します。写真-2 に試験状況を示します。

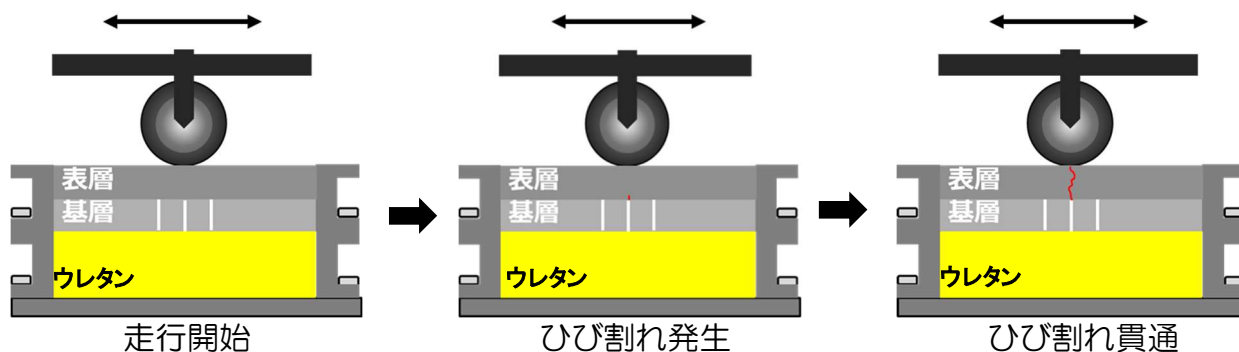


図-11 ひび割れ貫通試験のイメージ図



写真-2 ひび割れ貫通試験の状況

表-11 に試験条件、表-12 に試験結果を示します。

FRバインダー混合物は、走行開始から表層下部にひび割れが生じるまでの時間は4450分、表層の上面までひび割れが貫通するまでの時間は6000分以上でした。改質Ⅱ型混合物と比較するとFRバインダー混合物は貫通するまでの時間が5倍以上となり、リフレクションクラックに対する抵抗性に優れていることが分かります。

表-11 ひび割れ貫通試験条件

項目		試験条件
供試体寸法		幅 300×奥行 80 mm
表層	バインダー	FRバインダー、改質Ⅱ型
	厚さ	50 mm
	混合物	密粒度アスファルト混合物（13）
基層	バインダー	ストレートアスファルト 60/80
	厚さ	50 mm
	混合物	粗粒度アスファルト混合物（20）
クラック幅		3 mm
ウレタン硬度		30 °
試験温度		20 °C
接地圧		0.63 MPa
走行速度		42 回/分

表-12 ひび割れ貫通試験結果

項目	走行開始からの経過時間	
	表層の下部にひび割れが 1cm 生じるまでの時間	表層の上面までひび割れが貫通するまでの時間
FRバインダー	4450 分	6000 分以上
改質Ⅱ型	1050 分	1150 分



## 6. 配合設計と製造・施工条件

FR バインダーを用いた混合物は従来のアスファルト混合物と同等の施工性を有しています。ただし、FRバインダーの特性を十分に発揮させるため、次の点に留意することが望まれます。

### 6-1 配合設計条件

表-13 に FR バインダーを用いたアスファルト混合物の配合設計時における推奨温度条件を示します。

表-13 配合設計時の推奨温度条件

項目	推奨温度 (°C)
バインダー加熱温度	180±5
混合温度	180±5
突固め温度	160±5
突固め回数	両面 50 回

### 6-2 製造・施工条件

FR バインダーを用いたアスファルト混合物の製造及び舗設時の推奨温度を表-14 に示します。FRバインダーの性能を十分に発揮させるために、推奨する製造温度及び施工温度を確保し、適切な施工を行ってください。

転圧機械は、初期転圧にはマカダムローラまたはタンデムローラを使用します。二次転圧にはタイヤローラを推奨します。転圧後、ローラマークが残っている場合は仕上げ転圧を入念に行ってください。小規模な現場ではコンバインドローラを使用することもあります。

表-14 推奨する混合物の製造温度および施工温度

項目		推奨温度 (°C)
製造時	混合温度	180±10
舗設時	敷均し温度	160 以上
	初期転圧温度	140 以上
	二次転圧温度	100 以上
	仕上げ転圧*	80 以上

※ 必要に応じて

