

廃石膏ボードを利用した高性能かつ安価な新規アスファルト混合物の開発

1

廃石膏ボードを利用した高性能かつ安価な新規アスファルト混合物の開発

山口大学
三井住建道路㈱
【大林道路㈱・㈱ガイアート・K・興和道路㈱・世紀東急工業㈱】
㈱坂本工業
【光通工業㈱・㈱管エコサイト】

2

アスファルト混合物の原料

アスファルト混合物

今回の提案！

検討課題
・安全性
・安定性
・添加量



4

リサイクルの現状

廃石膏ボード

廃紙
主に、焼却処分

廃石膏
・セメント工場
・建設汚泥添加剤等
・最終処分場へ埋立て

5

石膏の形態

廃石膏

二水石膏 $\xrightleftharpoons[\text{加水・固化}]{\text{加熱}}$ 半水石膏 $\xrightleftharpoons[\text{加水・固化}]{\text{加熱}}$ 無水石膏

多い 水分量 少ない

6

研究の流れ

リサイクル石膏の開発
リサイクル石膏の安全性確認

リサイクル破砕紙の開発
リサイクル破砕紙の安全性確認

新規アスファルト混合物の開発（配合設計）

マッシュ試験性状の確認
動的安定度の確認
耐摩耗性の確認

目標による混合物の確認
マッシュ試験性状の確認

添加量の検討

試験路舗装 H18年1月施工

追跡調査による性能評価
わだち・ひび割れ・平坦性・目視等
（3ヶ月・6ヶ月・1年・2年後）

プラントによる試験練り

営業展開



8

リサイクル破砕紙の開発

現在使用されている、植物繊維の性状に近づけるべく、石膏ボード破砕紙を原料にリサイクル破砕紙の開発を行った。

植物繊維

リサイクル破砕紙

リサイクル石膏・破砕紙の安全性の確認

9

土壌の汚染に係る環境基準における項目について、分析を行った。

項目	単位	基準値	分析結果		定量下限値
			リサイクル石膏	リサイクル破砕紙	
カドミウム	mg/L	0.01	0.001	ND	0.001
全シアン	"	検出されないこと	ND	0.07	0.01
有機リン	"	"	ND	ND	0.1
鉛	"	0.01	ND	ND	0.001
六価クロム	"	0.05	ND	ND	0.02
砒素	mg/kg	0.01	0.002	ND	0.001
総水銀	mg/L	15	ND	ND	1.5
アルキル水銀	"	0.0005	ND	ND	0.0005
P.C.B.	"	検出されないこと	ND	ND	0.0005
セレン	"	ND	0.002	0.002	0.001
ふっ素	"	0.01	4.7	2.2	0.1
ホウ素	"	1	0.08	1.6	0.02
銅	mg/kg	125	ND	ND	10

アスファルト混合物の種類

10

混合物の呼び名	最大粒径	突固め回数	アスファルト	添加物
再生粗粒度アスコン	20mm	50回・75回	再生As	リサイクル石膏
再生密粒度アスコン	13mm	50回		
密粒度ギャップアスコン	13mm	75回	改質Ⅱ型	
粗粒度アスコン	20mm	75回		
排水性アスコン	13mm	50回	高粘度改質	リサイクル破砕紙
砕石マスタック(SMA)	13mm	50回	改質Ⅱ型	リサイクル石膏

配合設計

11

粒度調整を行ったリサイクル石膏をもとに、各種級配のアスファルト混合物に対し配合割合を設定し、供試体を作成して混合物の性状を確認した。



配合試験結果①

12

再生粗粒度アスコン 20mm

工場	試験回数	リサイクル石膏率(%)	最適As量(%)	密度(g/cm ³)	理論密度(g/cm ³)	空隙率(%)	飽和度(%)	安定度(KN)	フロー値(1/100mm)
M工場	50回	0%	4.9	2.455	2.554	3.9	74.7	8.61	33
		50%	4.9	2.449	2.548	3.9	74.7	8.47	31
		100%	4.9	2.437	2.542	4.1	73.7	8.28	29
	75回	0%	4.6	2.455	2.566	4.3	71.5	9.51	28
		50%	4.6	2.459	2.560	3.9	73.6	9.92	26
		100%	4.6	2.455	2.554	3.9	73.5	9.51	28
O工場	50回	0%	4.8	2.559	2.669	4.2	74.1	9.21	29
		50%	5.0	2.550	2.656	4.0	75.6	8.75	33
		100%	5.1	2.543	2.648	4.0	75.9	8.36	35
	75回	0%	4.6	2.566	2.677	4.2	73.2	11.83	27
		50%	4.8	2.562	2.665	3.9	75.4	11.42	31
		100%	4.9	2.550	2.657	4.0	75.0	11.36	32
規格値			4.5~6.0	-	-	3~7	65~85	4.90以上	20~40

配合試験結果②

13

再生密粒度アスコン 13mm (50回)

工場	リサイクル石膏率(%)	最適As量(%)	密度 (g/cm ³)	理論密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (K/N)	フロー値 (1/100mm)					
M工場	50回	0%	5.6	2.423	2.515	3.7	77.8	8.49	30				
		30%	5.7	2.415	2.506	3.6	78.4	8.38	32				
		50%	5.7	2.411	2.503	3.7	78.0	8.44	32				
O工場	50回	0%	5.4	2.507	2.605	3.8	77.6	10.45	28				
		30%	5.5	2.501	2.597	3.7	78.2	9.94	31				
		50%	5.6	2.494	2.591	3.7	78.4	9.81	33				
規格 値		5.0～7.0		—		3～6		70～85		4.90以上		20～40	

粗粒度アスコン 20mm (75回) 改質Ⅱ型

工場	リサイクル石膏率(%)	最適As量(%)	密度(g/cm ³)	理論密度(g/cm ³)	空隙率(%)	飽和度(%)	安定度(KN)	フロー値(1/100mm)
M工場	0%	4.8	2.432	2.535	4.1	73.4	9.66	28
	30%	5.1	2.406	2.517	4.4	73.0	10.24	28
	50%	5.1	2.404	2.513	4.3	73.5	9.11	26
O工場	0%	4.5	2.562	2.672	4.1	73.2	9.63	27
	30%	4.6	2.556	2.663	4.0	74.1	9.50	29
	50%	4.7	2.546	2.656	4.1	73.8	9.13	30

配合試験結果③

14

密粒度ギャップアスコン 13mm (75回)

工場	試料	リサイクル石膏率(%)	水連As量(%)	密度(g/cm ³)	理論密度(g/cm ³)	空隙率(%)	飽和度(%)	安定度(KN)	フロー値(1/100mm)
M工場	改質Ⅰ型	0%	4.4	2.446	2.543	3.8	73.2	11.28	26
		30%	4.5	2.435	2.532	3.8	73.6	12.88	28
		50%	4.7	2.416	2.519	4.1	72.8	12.16	27
	改質Ⅱ型	0%	4.6	2.432	2.535	4.1	72.7	13.27	26
		15%	4.6	2.428	2.531	4.1	72.5	12.07	27
		30%	4.6	2.424	2.527	4.1	72.5	11.57	28
	改質Ⅲ型	0%	4.7	2.419	2.517	3.9	73.8	12.16	27
		30%	4.7	2.529	2.640	4.2	73.2	9.55	26
		50%	4.8	2.521	2.628	4.0	74.3	9.38	28
O工場	改質Ⅳ型	0%	4.9	2.512	2.619	4.1	74.5	9.18	30
		15%	4.7	2.527	2.637	4.2	73.2	10.62	27
		30%	4.7	2.523	2.633	4.2	73.2	9.86	27
	改質Ⅴ型	0%	4.8	2.517	2.625	4.1	74.1	9.63	28
		50%	4.9	2.509	2.615	4.1	74.4	9.69	29
規格値			4.5~6.5	-	-	3~7	65~85	7.35以上	20~40

配合試験結果④

15

排水性アスコン 13mm (50回)

工場	リサイクル石膏率(%)	繊維強度	繊維延伸率	最適As量(%)	密度(g/cm³)	理論密度(g/cm³)	空隙率(%)	飽和度(%)	安定度(KN)	フロー値(1/100mm)	
M工場	0%	なし	0.0000	4.7	2.023	2.550	20.7	-	5.29	27	
				4.8	2.039	2.538	19.7	-	6.08	27	
				4.7	2.036	2.550	20.3	31.4	5.29	28	
				4.8	2.033	2.545	20.1	32.1	5.34	27	
	30%	リサイクル小粒砕	0.0000	4.8	2.039	2.537	19.6	32.6	6.26	30	
				5.1	2.042	2.525	19.1	34.6	6.03	29	
				4.5	2.201	2.761	20.3	-	5.70	32	
				4.6	2.189	2.749	20.4	-	5.59	29	
	0%	なし	0.0000	4.5	2.201	2.761	20.3	32.3	5.70	32	
				4.6	2.183	2.742	20.4	32.5	5.82	33	
O工場	0%	繊維強度	0.0000	4.7	2.184	2.737	20.2	33.2	5.62	34	
				4.5	2.191	2.747	20.2	32.4	5.74	33	
				4.6	2.201	2.741	19.7	33.4	5.59	34	
				4.6	2.205	2.737	19.4	33.6	5.39	35	
	30%	リサイクル小粒砕	0.0000	4.8	2.206	2.727	19.1	35.2	5.24	36	
				4.0~6.0	-	-	-	20%程度	-	3.50以上	-

配合試験結果⑤

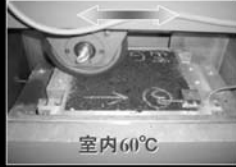
16

砕石マスタック (SMA) 13mm (50回) 改質Ⅱ型

工場	試験回数	繊維量 繊維量 率(%)	リサイクル 石膏率(%)	校閲	最適As量 (%)	密度 (g/cm ³)	理論密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (1/100mm)
M工場	試験回数	0.3%	0%	中央	6.1	2.429	2.492	2.5	85.1	7.45	32
	リ サイクル 紙 粉	0.3%	0%	中央	6.1	2.430	2.492	2.5	85.1	7.14	32
			15%	中央	6.1	2.424	2.349	2.5	85.1	7.69	30
			30%	中央	6.1	2.411	2.473	2.5	85.1	7.78	26
	試験回数	0.3%	0%	中央	6.0	2.607	2.674	2.5	85.9	7.82	31
	リ サイクル 紙 粉	0.3%	0%	中央	6.1	2.603	2.669	2.5	86.0	7.78	29
15%			中央	6.1	2.597	2.663	2.5	86.0	8.09	29	
30%			中央	6.2	2.587	2.653	2.5	86.2	8.40	32	
規格値			5.5~7.5		-	-	2~3	75~90	6.00以上	-	

ホイールトラッキング試験

- 高温時における加熱アスファルト混合物の耐流動性を評価する指標である動的安定度を測定します。



室内60℃

ホイールトラッキング試験結果

混合物種類	A s 量 (%)	M工場			O工場		
		A s 量 (%)	D s (mm)	圧縮率 (%)	A s 量 (%)	D s (mm)	圧縮率 (%)
粗粒度アスコン20mm	改質Ⅱ	0%	4.8%	11,900	1.38	4.5%	7,438
	30%	5.1%	15,750	1.46	4.6%	8,437	2.34
	50%	5.1%	10,700	1.66	4.7%	12,600	1.99
密粒ギャップアスコン13mm	改質Ⅰ	0%	4.4%	6,682	1.67	4.7%	4,875
		30%	4.6%	6,967	1.58	4.8%	6,650
		50%	4.7%	6,726	1.50	4.9%	5,488
	改質Ⅱ	0%	4.6%	11,299	1.40	—	—
		30%	4.6%	10,599	1.33	4.8%	7,875
		50%	4.7%	9,500	1.24	—	—
排水性アスコン13mm	高結度	0%	4.7%	11,900	1.38	4.5%	7,438
			4.8%	15,750	1.46	4.6%	8,437
			4.8%	14,799	1.18	4.6%	10,599
		30%	4.9%	13,650	1.14	4.7%	9,060
			4.7%	12,600	1.60	4.5%	9,060
			4.8%	28,000	0.98	4.6%	7,060
	破砕紙	0%	4.8%	21,099	1.66	4.6%	6,300
			5.1%	19,250	0.95	4.8%	5,727
			5.1%	19,250	0.95	4.8%	5,727
		30%	6.1%	4,618	2.40	6.0%	2,864
			6.1%	4,975	2.94	6.1%	2,864
			6.1%	4,622	2.80	6.1%	3,316
砕石マスタック(SMA)13mm	改質Ⅱ	0%	6.1%	4,618	2.40	6.0%	2,864
		30%	6.1%	4,975	2.94	6.1%	2,864
		50%	6.1%	4,622	2.80	6.1%	3,316

剥離抵抗性の確認

リサイクル石膏が、剥離抵抗性に及ぼす影響を確認した。



剥離抵抗性試験結果

混合物種類	繊維種類	石膏添加率 (%)	剥離率 (%)	
			M工場	O工場
粗粒度アスコン20mm 改質Ⅱ型	—	0%	0%	0%
	—	30%	0%	0%
	—	50%	0.3%	0.4%
密粒ギャップアスコン13mm 改質Ⅰ型	—	0%	0%	0%
	—	30%	2.0%	8.1%
	—	50%	9.9%	12.4%
密粒ギャップアスコン13mm 改質Ⅱ型	—	0%	0%	0%
	—	30%	0%	0%
	—	50%	0.8%	1.3%
砕石マスタック(SMA)13mm 改質Ⅱ型	破砕紙	0.3%	1.0%	0%
	破砕紙	0.3%	0.8%	0%
	破砕紙	30%	2.4%	2.0%

試験練り

室内配合試験により求めた配合で実際にプラントにおける試験練りを行った。主に、目視による観察と、供試体による性状確認



三井住建道路㈱



大林道路㈱



試験練り供試体作成



試験練り供試体確認

リサイクル石膏添加方法



リサイクル石膏 石粉



ミキサーへ、人力投入

試験練り混合物温度一覧表

混合物種類	石膏添加率 (%)	三井住建道路㈱				大林道路㈱			
		添加量 (kg/t)	温度差 (℃)	試験練り温度 (℃)	目標温度 (℃)	添加量 (kg/t)	温度差 (℃)	試験練り温度 (℃)	目標温度 (℃)
密粒ギャップ13mm 改質Ⅰ型	30%	20.0	16	164	180	17.1	28	152	170
	50%	33.0	27	143	180	28.5	38	142	180
粗粒20mm 改質Ⅱ型	30%	13.0	18	162	180	10.8	14	171	175
	50%	22.0	18	162	180	18.0	18	167	180
再生密粒13mm 50倍	30%	11.5	10	160	170	8.4	13	162	165
	50%	19.0	17	153	170	14.0	15	160	170
再生粗粒20mm 75倍	30%	12.0	18	152	170	9.5	15	160	165
	100%	24.0	18	152	170	19.0	18	157	175
再生粗粒20mm 75倍	30%	12.5	11	159	170	9.5	15	160	165
	100%	24.0	15	155	170	15.0	19	156	175
排水性13mm	30%	14.0	10	170	180	17.5	14.4	180	190
	50%	—	—	—	—	—	—	—	—

試験練り結果①

再生粗粒度アスコン20mm										
工場	試験回数	実測石膏添加率 (%)	リサイクル石膏添加率 (%)	最盛A s 量 (%)	密度 (g/cm³)	理論密度 (g/cm³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (1/100mm)
M工場	室内	50回	50%	4.9	2.448	2.548	3.9	74.7	8.47	31
			100%	4.9	2.437	2.542	4.1	73.7	8.28	29
			50%	4.8	2.442	2.548	4.2	73.2	7.88	30
	室外	75回	50%	4.9	2.431	2.542	4.4	72.2	7.74	28
			50%	4.8	2.458	2.580	3.9	73.8	9.92	28
			100%	4.8	2.455	2.554	3.9	73.5	8.51	28
O工場	室内	50回	50%	4.8	2.460	2.580	4.3	15.1	0.81	28
			100%	4.8	2.444	2.554	4.3	71.5	9.35	26
			50%	5.0	2.550	2.688	4.0	76.8	8.75	33
	室外	75回	50%	5.1	2.543	2.648	4.0	75.9	8.38	35
			50%	5.0	2.546	2.686	4.2	74.5	8.08	30
			100%	5.1	2.541	2.648	4.1	75.4	8.68	32
規格値	—	—	50%	4.8	2.582	2.686	3.9	76.4	11.42	31
			100%	4.9	2.550	2.687	4.0	75.0	11.38	32
			50%	4.8	2.567	2.686	4.1	74.4	10.80	29

廃石膏ボードを利用した高性能かつ安価な新規アスファルト混合物の開発

試験練り結果②

25

再生密粒度アスコン 1.3mm (50回)									
工場	試験機	リサイクル石膏率%	最適As量 (%)	密度 (g/cm³)	理論密度 (g/cm³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (1/100mm)
M工場	室内	30%	5.7	2.416	2.508	3.8	78.4	8.58	22
		50%	5.7	2.411	2.508	3.7	78.0	8.44	29
		50%	5.7	2.413	2.508	3.7	78.1	8.24	29
		50%	5.7	2.404	2.508	4.0	79.7	8.16	27
O工場	室内	30%	5.6	2.401	2.507	3.7	78.2	8.94	31
		50%	5.6	2.404	2.501	3.7	78.4	8.81	30
		50%	5.6	2.400	2.507	3.8	77.6	10.62	30
		50%	5.6	2.402	2.501	3.8	78.0	10.29	32
規格値			5.0~7.0	-	-	3~6	70~85	4.90以上	20~40
粗粒度アスコン 2.0mm (75回) 改質II型									
工場	試験機	リサイクル石膏率%	最適As量 (%)	密度 (g/cm³)	理論密度 (g/cm³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (1/100mm)
M工場	室内	30%	5.1	2.408	2.517	4.4	79.0	10.24	28
		50%	5.1	2.404	2.512	4.3	79.5	9.11	26
		50%	5.1	2.402	2.517	4.8	72.1	9.81	31
		50%	5.1	2.403	2.513	4.4	73.0	8.89	30
O工場	室内	30%	4.9	2.556	2.682	4.0	74.1	9.69	29
		50%	4.7	2.546	2.686	4.1	73.8	9.13	30
		50%	4.9	2.551	2.682	4.2	73.1	10.10	29
		50%	4.7	2.542	2.686	4.3	73.0	8.89	31
規格値			4.5~6.0	-	-	3~7	65~85	7.35以上	20~40

試験練り結果③

26

密粒度ギャップアスコン 1.3mm (75回)											
工場	試験機	As	リサイクル石膏率%	最適As量 (%)	密度 (g/cm³)	理論密度 (g/cm³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (1/100mm)	
M工場	室内試験機	I型	30%	4.5	2.435	2.532	3.8	78.8	12.88	28	
			50%	4.7	2.418	2.519	4.1	72.8	12.18	27	
		II型	30%	4.5	2.423	2.532	4.3	71.1	12.60	28	
			50%	4.7	2.405	2.519	4.5	71.0	10.62	28	
	室内試験機	I型	15%	4.8	2.428	2.531	4.1	72.5	12.07	27	
			30%	4.8	2.424	2.527	4.1	72.5	11.57	28	
		II型	15%	4.8	2.427	2.531	4.1	72.5	12.25	27	
			30%	4.8	2.423	2.527	4.1	72.5	11.74	28	
O工場	室内試験機	I型	30%	4.8	2.521	2.628	4.0	74.3	9.38	28	
			50%	4.9	2.512	2.618	4.1	74.5	9.18	30	
		II型	30%	4.8	2.528	2.628	3.9	75.2	10.17	28	
			50%	4.9	2.511	2.619	4.1	74.4	9.79	30	
	室内試験機	I型	15%	4.7	2.523	2.633	4.2	73.2	9.88	27	
			30%	4.8	2.517	2.625	4.1	74.1	9.63	28	
		II型	15%	-	-	-	-	-	-	-	-
			30%	4.8	2.520	2.625	4.0	74.7	9.83	28	
規格値				4.5~6.5	-	-	3~7	65~85	7.35以上	20~40	

試験練り結果④

27

排水性アスコン 1.3mm (50回)									
工場	試験機	リサイクル石膏率 (%)	最適As量 (%)	密度 (g/cm ³)	理論密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (1/100mm)
M工場	室内	30%	—	4.8	2.103	2.508	19.7	6.08	27
			—	4.8	2.102	2.508	19.9	6.23	28
			—	4.8	2.103	2.508	20.1	6.34	27
		50%	0.015	4.8	2.102	2.501	20.9	6.44	27
			0.015	4.8	2.103	2.508	20.2	6.39	29
			0.015	4.8	2.102	2.501	20.1	6.48	29
	室内	30%	—	4.7	2.053	2.545	20.3	6.53	28
			—	4.8	2.054	2.545	20.1	6.34	29
			—	4.7	2.057	2.545	20.1	6.40	30
		50%	0.015	4.8	2.057	2.545	20.0	6.80	28
			0.015	4.8	2.059	2.541	20.1	6.48	29
			0.015	5.1	2.042	2.525	19.1	6.00	29
O工場	室内	30%	—	4.8	2.188	2.749	20.4	6.69	29
			—	4.8	2.189	2.749	20.2	6.81	31
			—	4.8	2.183	2.742	20.4	6.82	33
		50%	0.015	4.7	2.184	2.737	20.3	6.88	34
			0.015	4.8	2.188	2.742	20.2	6.90	33
			0.015	4.7	2.185	2.737	20.0	6.74	26
	室内	30%	—	4.8	2.181	2.747	20.3	6.74	33
			—	4.8	2.201	2.741	19.7	6.80	34
			—	4.8	2.189	2.737	20.0	6.88	35
		50%	0.015	4.8	2.197	2.747	20.0	6.88	35
			0.015	4.8	2.199	2.741	19.8	6.47	33
			0.015	4.8	2.205	2.737	19.4	6.39	35
規格値			4.0~6.0	—	20%程度	—	3.50以上	—	

試験練り結果⑤

28

砕石マッシュク (SMA) 13mm (50回) 改質Ⅱ型												
工場	試験機	縦横比	縦横率	リサイクル石膏率%	粒度	充填率量 (%)	密度 (g/cm ³)	理論密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (1/100mm)
M工場	室内	縦横比	0.2%	OK	中央	8.1	2.438	2.492	2.5	85.1	7.45	32
					中央	8.1	2.430	2.492	2.5	85.2	7.51	32
		縦横比	0.2%	OK	中央	8.1	2.430	2.492	2.5	85.1	7.14	32
	室内	縦横比	0.2%	OK	中央	8.1	2.428	2.492	2.6	84.7	7.14	33
					中央	8.1	2.424	2.340	2.5	85.1	7.89	30
		縦横比	0.2%	15K	中央	8.1	2.422	2.495	2.5	85.1	7.74	31
O工場	室内	縦横比	0.2%	OK	中央	8.0	2.807	2.874	2.5	85.8	7.82	28
					中央	8.0	2.806	2.874	2.4	89.4	7.94	32
		縦横比	0.2%	OK	中央	8.1	2.803	2.889	2.5	86.0	7.78	28
	室内	縦横比	0.2%	OK	中央	8.1	2.806	2.889	2.4	88.5	7.69	30
					中央	8.1	2.807	2.883	2.5	88.0	8.06	28
		縦横比	0.2%	15K	中央	8.1	2.806	2.883	2.6	85.6	7.90	30
規格値						5.5~7.5	-	-	2~3	75~90	6.00以上	-

試験舗装

29

施工日	平成18年 1月11日・12日
施工場所	主要地方道 福岡方線 糟屋郡久山町大字久原
延長・幅員	L=176m W=3.5m
施工面積	616 m²
施工厚	t=10cm (基層t=5cm・表層t=5cm)



施工概要

30



施工状況

31



混合物の温度変化

32

