

石川県で活用している常温補修材の性能比較

石川県 県央土木総合事務所
 グリーン・コンサルタント(株)
 (株)NIPPO 総合技術部技術研究所

○加藤 哲朗
 渋谷 卓人
 吉田 章吾

1. はじめに

石川県における道路管理は、安全で効率的な維持管理を目指しているが、その中でも、ポットホールの補修は、走行車両の安全確保の観点からも、緊急かつ重要な補修と位置付けている。

ポットホールの補修材は、既に多くの常温補修材が商品化されているが、施工性、耐久性能、価格が異なる多様な製品がある反面、統一された評価方法や仕様が定められていないため、性能比較が難しい状況にある。また、石川県内の傾向では、ポットホールの発生が冬季や降雨に伴い多発しているため、施工条件も含めた性能を評価する必要がある。ここでは、石川県で使用している複数の常温補修材に関して、統一した試験方法で施工性や耐久性能を評価し、経済性も含めて比較した結果を報告する。

2. 評価項目および方法

常温補修材の評価項目および方法は、表-1 に示すとおりである。石川県内で使用されている 11 種の常温補修材に関して、石川県で想定される各季節の気温条件（冬季：0℃、春・秋季：20℃、夏季：30℃）のもと、施工性は 4 項目、耐久性能は 6 項目で試験を実施し、3 段階(◎、○、△)で評価した。なお、施工性や衝撃抵抗性は、評価する試験方法が無いため、下記に示す方法で実施した。

材料の敷均し易さの評価

は、写真-1 に示すフロー試験機を用いて、中に詰めた材料が落下するまでの時間で評価した。材料のほぐれ易さの評価は、写真-2 に示すとおり、マーシャルモールドを用いて保管時の圧密を想定した一定の締固め条件下で、プッシュプルゲージによる貫入抵抗値を測定し、スコップ等への抵抗性を評価した。また、衝撃抵抗性は、図-1 および写真-3 に示すとおり、下層部の支持力低下を想定した模擬ポットホール供試体を作製し、走行車両による衝撃荷重を想定した力を CBR ランマーにて与え、その際に飛散した骨材の損失率で評価した。

表-1 評価項目および方法

評価項目		試験方法	試験温度 (供試体作製時の材料温度)	評価指標	評価方法	
施工性	運びやすさ	—	—	1袋の重さ	◎ 1~10kg ○ 11~20kg △ 21~30kg	
	開けやすさ	—	—	開封時の状況	◎ 手で開けやすい ○ 手で開けづらい △ 道具が必要	
	敷均しやすさ	フロー試験	0℃、20℃、30℃ (0℃、20℃、30℃)	フロー値 (s)	◎ 50秒未満 ○ 50~100秒 △ 101秒以上	
	ほぐれやすさ	貫入抵抗試験		貫入抵抗値 (N)	◎ 35N未満 ○ 35~70N △ 71N以上	
耐久性能	初期の耐久性能	初期の耐流動性	常温ホイールトラッキング試験※1)	0℃、20℃、60℃ (0℃、20℃、30℃)	20mm沈下時 走行回数 (回)	◎ 201回以上 ○ 50回~200回 △ 50回未満
	供用時の耐久性能	骨材飛散抵抗性	カンタブロ試験※2)	0℃、20℃、40℃ (0℃、20℃、30℃)	損失率 (%)	◎ 10.0%未満 ○ 10.0%~20.0% △ 20.1%以上
		衝撃抵抗性	衝撃抵抗性試験	0℃、20℃、60℃ (0℃、20℃、30℃)	損失率 (%)	◎ 0.1%以下 ○ 0.2%~0.5% △ 0.6%以上
		粘り強さ	一軸圧縮試験※2)	0℃、20℃、40℃ (0℃、20℃、30℃)	残留歪率 (-)	◎ 1.51以上 ○ 1.00~1.50 △ 1.00未満
	滞水時の耐久性能	長期強度	マーシャル安定度試験※3)	60℃ (20℃)	安定度 (KN)	◎ 2.45KN以上 ○ 2.45KN未満
		滞水時の耐流動性	簡易ポットホール試験※1)	0℃、20℃、60℃ (0℃、20℃、30℃)	3mm沈下時 走行回数 (回)	◎ 101回以上 ○ 30回~100回 △ 30回未満
経済性	材料単価	—	—	kg当たりの単価	◎ 100円/kg未満 ○ 100~150円/kg △ 151円/kg以上	

※1) 東京都建設局土木材料仕様書(平成27年度7月)に準拠、※2) 舗装調査・試験法便覧に準拠、※3) 簡易舗装要綱(昭和54年度10月)に準拠



写真-1 フロー試験



写真-2 貫入抵抗試験

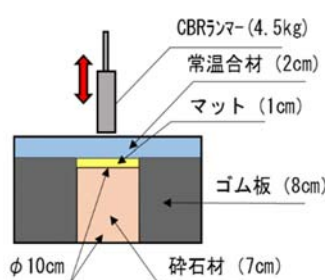


図-1 衝撃抵抗性試験の概要

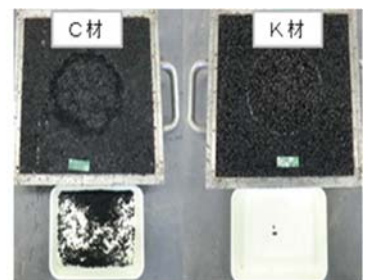


写真-3 試験後の状況

3. 評価結果

3.1 各温度条件による評価結果

各温度条件による評価結果は、表-2~4 および図-2~4 に示すとおりである。なお、安定度は長期強度の指標であるため、長期供用時を想定した一定の試験条件で実施した試験値にて評価した。また、総合評価の点数は各項目の評価を◎=2点、○=1点、△=0点として合算した点数である。総合評価は11点以上=◎、10~8点=○、7点以下=△として評価した。

表-2 評価結果（気温 0℃想定）

評価項目		評価指標	試験温度 (材料温度)	A材	B材	C材	D材	E材	F材	G材	H材	I材	J材	K材												
施工性	運びやすさ	1袋の重さ	-	30	△	30	△	20	○	20	○	30	△	20	○	15	○	20	○	10	◎					
	開けやすさ	開封時の状況	-	-	△	-	○	-	△	-	◎	-	◎	-	△	-	◎	-	◎	-	◎					
	数均しやすさ	フロー値(s)	0℃	34	◎	300以上	△	3	◎	300以上	△	300以上	△	149	△	18	◎	300以上	△	200	△	16	◎	300以上	△	
	ほぐれやすさ	貫入抵抗値(N)		41	○	85	△	112	△	82	△	70	○	63	○	60	○	82	△	64	○	57	○	91	△	
耐久性	初期の耐流動性	20mm沈下時 走行回数(回)	0℃ (0℃)	191	○	500以上	◎	500以上	◎	500以上	◎	500以上	◎	132	○	500以上	◎	500以上	◎	500以上	◎	105	○	500以上	◎	
	骨材飛散抵抗性	損失率(%)		16.0	○	0.1	◎	16.4	○	0.2	◎	18.5	○	3.8	◎	33.9	△	1.4	◎	0.1	◎	55.3	△	8.1	◎	
	衝撃抵抗性	損失率(%)		0.3	○	0.1	◎	4.6	△	0.5	○	0.6	△	0.2	○	0.8	△	0.1	◎	0.2	○	0.1	◎	0.1	◎	
	粘り強さ	残留歪率(-)		0.82	△	1.53	◎	1.40	○	1.45	○	2.32	◎	0.93	△	0.92	△	1.56	◎	1.42	○	1.16	○	2.17	◎	
	長期強度	安定度(KN)		60℃ (20℃)	1.34	△	1.98	△	2.98	○	1.55	△	4.68	○	2.28	△	3.03	○	3.31	○	2.48	○	3.88	○	2.68	○
	滞水時の耐流動性	3mm沈下時 走行回数(回)		0℃ (0℃)	44	○	73	○	74	○	311	◎	109	◎	83	○	80	○	94	○	75	○	66	○	209	◎
経済性	材料単価	kg当たりの単価	-	87	◎	100	○	180	△	100	○	100	○	100	○	33	◎	120	○	160	△	120	○	180	△	
総合評価				○	9	◎	11	○	9	◎	12	◎	12	○	10	○	9	◎	14	◎	12	◎	13	◎	15	

表-3 評価結果（気温 20℃想定）

評価項目		評価指標	試験温度 (材料温度)	A材	B材	C材	D材	E材	F材	G材	H材	I材	J材	K材												
施工性	運びやすさ	1袋の重さ	-	30	△	30	△	20	○	20	○	30	△	20	○	15	○	20	○	10	◎					
	開けやすさ	開封時の状況	-	-	△	-	○	-	△	-	◎	-	◎	-	△	-	◎	-	◎	-	◎					
	数均しやすさ	フロー値(s)	20℃	5	◎	47	◎	2	◎	228	△	12	◎	16	◎	4	◎	18	◎	26	◎	4	◎	234	△	
	ほぐれやすさ	貫入抵抗値(N)		26	◎	39	○	85	△	50	○	46	○	29	◎	27	◎	37	○	38	○	30	◎	62	○	
耐久性	初期の耐流動性	20mm沈下時 走行回数(回)	20℃ (20℃)	113	○	67	○	500以上	◎	287	◎	66	○	21	△	134	○	71	○	179	○	29	△	484	◎	
	骨材飛散抵抗性	損失率(%)		100.0	△	17.4	○	73.8	△	16.2	○	41.0	△	100.0	△	100.0	△	19.6	○	14.9	○	100.0	△	0.5	◎	
	衝撃抵抗性	損失率(%)		0.2	○	0.1	◎	3.3	△	0.3	○	0.2	○	0.8	△	0.9	△	0.1	◎	0.1	◎	0.2	○	0.0	◎	
	粘り強さ	残留歪率(-)		0.75	△	1.32	○	1.48	○	1.25	○	1.96	◎	0.91	△	0.78	△	1.48	○	1.09	○	1.05	○	1.69	◎	
	長期強度	安定度(KN)		60℃ (20℃)	1.34	△	1.98	△	2.98	○	1.55	△	4.68	○	2.28	△	3.03	○	3.31	○	2.48	○	3.88	○	2.68	○
	滞水時の耐流動性	3mm沈下時 走行回数(回)		20℃ (20℃)	49	○	92	○	36	○	195	◎	167	◎	42	○	40	○	54	○	74	○	104	◎	143	◎
経済性	材料単価	kg当たりの単価	-	87	◎	100	○	180	△	100	○	100	○	100	○	33	◎	120	○	160	△	120	○	180	△	
総合評価				○	9	◎	11	○	8	◎	12	◎	13	○	9	○	9	◎	14	◎	13	◎	13	◎	14	

表-4 評価結果（気温 30℃想定）

評価項目		評価指標	試験温度 (材料温度)	A材	B材	C材	D材	E材	F材	G材	H材	I材	J材	K材												
施工性	運びやすさ	1袋の重さ	-	30	△	30	△	20	○	20	○	30	△	20	○	15	○	20	○	10	◎					
	開けやすさ	開封時の状況	-	-	△	-	○	-	△	-	◎	-	◎	-	△	-	◎	-	◎	-	◎					
	数均しやすさ	フロー値(s)	30℃	9	◎	33	◎	3	◎	27	◎	16	◎	10	◎	4	◎	13	◎	21	◎	9	◎	95	○	
	ほぐれやすさ	貫入抵抗値(N)		27	◎	43	○	75	△	27	◎	36	○	10	◎	30	◎	34	◎	39	○	34	◎	44	○	
耐久性	初期の耐流動性	20mm沈下時 走行回数(回)	60℃ (30℃)	81	○	22	△	500以上	◎	22	△	11	△	61	○	17	△	41	△	17	△	40	△	40	△	
	骨材飛散抵抗性	損失率(%)		100.0	△	100.0	△	100.0	△	100.0	△	44.0	△	100.0	△	100.0	△	77.8	△	73.2	△	68.4	△	19.7	○	
	衝撃抵抗性	損失率(%)		0.8	△	1.4	△	3.9	△	1.6	△	1.6	△	2.8	△	3.0	△	0.1	◎	0.6	△	0.7	△	0.1	◎	
	粘り強さ	残留歪率(-)		0.87	△	1.05	○	1.19	○	0.81	△	1.66	◎	0.85	△	0.78	△	1.34	○	0.91	△	0.97	△	1.61	◎	
	長期強度	安定度(KN)		60℃ (20℃)	1.34	△	1.98	△	2.98	○	1.55	△	4.68	○	2.28	△	3.03	○	3.31	○	2.48	○	3.88	○	2.68	○
	滞水時の耐流動性	3mm沈下時 走行回数(回)		60℃ (30℃)	55	○	23	△	31	○	28	△	29	△	11	△	28	△	7	△	15	△	17	△	37	○
経済性	材料単価	kg当たりの単価	-	87	◎	100	○	180	△	100	○	100	○	100	○	33	◎	120	○	160	△	120	○	180	△	
総合評価				○	8	△	6	○	8	○	8	○	9	○	8	○	8	◎	12	△	7	○	9	◎	13	

※常温ホイールトラック試験、耐衝撃抵抗性試験および簡易ホットホール試験は、夏季の路面温度を考慮し60℃にて実施した。

※カンパロ試験および一軸圧縮試験は、脱型時に供試体が破損しない温度であった40℃にて実施した。

3. 1. 1 施工性および耐久性能

施工性の指標である敷均し易さとほぐれ易さは、ほとんどの材料で温度条件が低いほど低い評価となり、温度が高いほど高い評価となる傾向にあるが、一方、温度条件の影響を受けにくい特長を持つ材料（C材）もあることが判明した。また、試験結果は各材料により大きな差異があり、そこから得られた評価値と実際の作業感触は概ね一致していることが確認できた。

耐久性能については、すべての材料で温度条件が低いほど高い評価となり、高いほど低い評価となる傾向が確認された。また、初期の耐流動性に優れている材料は、衝撃抵抗性に劣る傾向があり、一概に材料強度が高い材料を選定すると、ひび割れや飛散による損傷を懸念する必要があると考えられる。特に補修箇所の下地に支持力が無い場合は、変形追従性を有する材料の方が、材料の早期破損を抑制できると推測される。

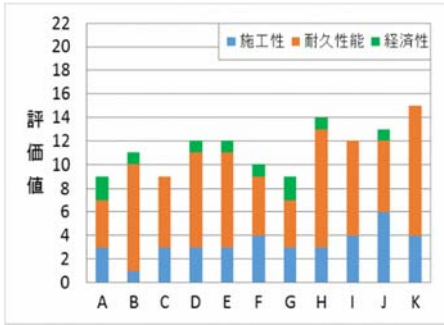


図-2 評価結果(気温 0°C想定)

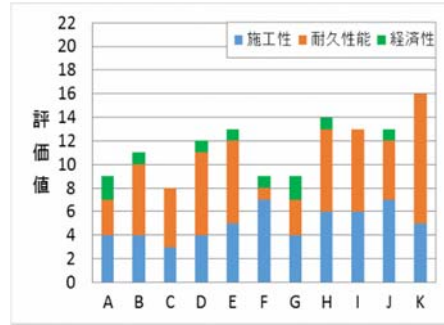


図-3 評価結果(気温 20°C想定)

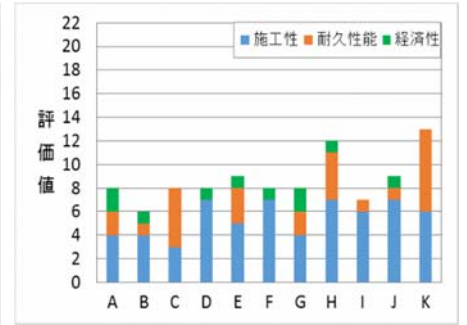


図-4 評価結果(気温 30°C想定)

3. 1. 2 総合評価

総合評価は、施工性、耐久性能および経済性の評価を合算して評価した、その結果は、一つの項目に優れている材料よりも、各項目においてバランスのとれている材料が高評価となることが確認できた。

3. 2 通年における評価結果

常温補修材は、前述したとおり使用する温度条件で施工性や耐久性能が大きく変化するが、使用者側からすると通年で活用可能な材料が好まれる。このため、施工性が劣り、耐久性能が低下する温度条件として、施工性は低温条件（0°C）で、耐久性能は高温条件（30°C）にて各種常温補修材の評価を比較した。その評価結果は、表-5 および図-5 に示すとおりである。

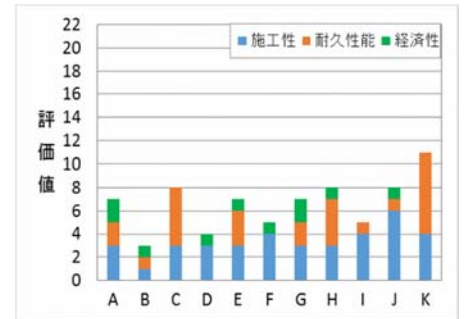


図-5 評価結果(通年)

3. 2. 1 評価結果

評価結果は、温度の影響を加味しても高い耐久性能を有し、かつ、施工性および耐久性能のバランスがとれている材料が高い評価となる傾向が確認できた。

表-5 評価結果(通年)

評価項目	評価指標	試験温度 (材料温度)	A材	B材	C材	D材	E材	F材	G材	H材	I材	J材	K材												
施工性	運びやすさ	1袋の重さ	30	△	30	△	20	○	20	○	30	△	20	○	15	○	20	○	10	◎					
	開けやすさ	開封時の状況	-	-	△	-	○	-	△	-	◎	-	◎	-	◎	-	◎	-	◎	-	◎				
	敷均しやすさ	フロ一値(s)	0°C	34	◎	300以上	△	3	◎	300以上	△	149	△	18	◎	300以上	△	200	△	16	◎	300以上	△		
	ほぐれやすさ	貫入抵抗値(N)	0°C	41	○	85	△	112	△	82	△	70	○	63	○	60	○	82	△	64	○	57	○	91	△
耐久性能	初期の耐流動性	20mm沈下時 走行回数(回)	60°C (30°C)	81	○	22	△	500以上	◎	22	△	27	△	11	△	61	○	17	△	41	△	17	△	40	△
	骨材飛散抵抗性	損失率(%)	40°C (30°C)	100.0	△	100.0	△	100.0	△	100.0	△	44.0	△	100.0	△	100.0	△	77.8	△	73.2	△	68.4	△	19.7	○
	衝撃抵抗性	損失率(%)	60°C (30°C)	0.8	△	1.4	△	3.9	△	1.6	△	1.6	△	2.8	△	3.0	△	0.1	◎	0.6	△	0.7	△	0.1	◎
	粘り強さ	残留歪率(-)	40°C (30°C)	0.87	△	1.05	○	1.19	○	0.81	△	1.66	◎	0.85	△	0.78	△	1.34	○	0.91	△	0.97	△	1.61	◎
	長期強度	安定度(KN)	60°C (20°C)	1.34	△	1.98	△	2.98	○	1.55	△	4.68	○	2.28	△	3.03	○	3.31	○	2.48	○	3.88	○	2.68	○
	滞水時の耐流動性	3mm沈下時 走行回数(回)	60°C (30°C)	55	○	23	△	31	○	28	△	29	△	11	△	28	△	7	△	15	△	17	△	37	○
経済性	材料単価	kg当たりの単価	-	87	◎	100	○	180	△	100	○	100	○	100	○	33	◎	120	○	160	△	120	○	180	△
総合評価				△	7	△	3	○	8	△	4	△	7	△	5	△	7	△	8	△	5	○	8	◎	11

※総合評価の点数は、各項目の評価を◎=2点、○=1点、△=0点として、合算した点数である。

※総合評価は、11点以上=◎、8~10点=○、7点以下=△として評価した。

4、実路試験施工

4.1 試験施工概要

実路試験施工概要は、表-6、図-6~7および写真-4~5に示すとおりである。なお、ポットホールはブレーカを用い、表層部（t=5cm）を撤去し人工的に作製した。

表-6 試験施工概要

施工場所	一般県道 倉部金沢線（N5交通）		
施工位置	走行車線 OWP付近		
施工面積	30cm×30cm	施工厚さ	5cm
施工日時	平成29年1月18日	外気温	6℃
使用材料	今回評価した11種（A材～K材）		
確認項目	施工性、供用中の経過観測		

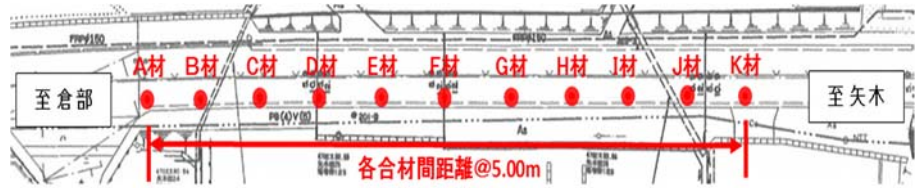


図-6 試験施工箇所（平面図）

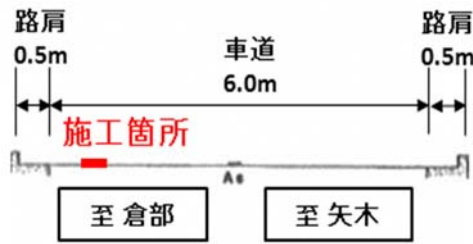


図-7 試験施工箇所（横断面図）



写真-4 試験施工箇所



写真-5 擬似ポットホール

4.2 施工性および経過観測

施工性および経過観測結果は、表-7に示すとおりである。施工性は施工従事者に対してヒアリングを実施したところ、室内試験にて評価したものと概ね同様の結果であった。

交通開放3時間後の状況は、いずれの箇所でも不具合はなく、初期の耐久性能に違いは見られなかった。

2ヵ月後に目視にて経過観測を実施した結果からは、衝撃抵抗性試験において劣っていると評価されたC材について、ジョイント部からの骨材飛散が確認された（写真-6）。その他の材料については、目立った破損は見られず良好な状態を維持していることが確認された。

4ヵ月後、8ヵ月後および12ヵ月後の目視観測結果からは、すべての材料に微細クラックもしくは細粒分の飛散が見られた（写真-7~8）。しかし、各材料により破損の程度は若干の差異があるものの、12ヵ月を経過しても補修材としての機能を保持しており、供用時における通行車両への支障は無いことが確認された。

表-7 施工性および経過観測結果

材料種	A材	B材	C材	D材	E材	F材	G材	H材	I材	J材	K材
施工性	○	△	△	△	△	○	○	△	○	○	△
3時間後	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2ヶ月後	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
4ヶ月後	△	○	×	○	○	○	○	○	▲	○	○
8ヶ月後	△	▲	×	○	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
12ヶ月後	△	▲	×	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

○=良好、△=微細クラック、▲=細粒分飛散、×=破壊



写真-6 骨材飛散（C材）



写真-7 微細クラック（A材）



写真-8 細粒分の飛散（I材）

5. おわりに

本検討では、石川県で使用している11種の常温合材について、諸性能を比較することができ、費用対効果に優れた補修材を見出すことができた。また、耐久性能からは、交通量別の使い分けができることや、温度別の性能が把握できたことから、気温に応じた使い分けも可能となる。今後は、異なる交通条件および施工条件にても検証を重ね、さらに効果的な補修材の活用方法を確立していく所存である。