報告　供用後１４年を経過した石灰石を用いたＲＣＣＰの調査結果

小畠　明[*1]・梶尾　聡[*1]・中村秀三[*2]・井上武美[*3]

要旨：1988 年 12 月，セメント工場構内において施工された，石灰石砕石を使用した転圧コンクリート舗装版について供用 14 年後の追跡調査を実施した。石灰石砕石を用いたコンクリートを適用した場合，砂岩系砕石と比較すると平坦性およびわだち掘れ量が若干低下する傾向となった。また，舗装版表面には，縦ひび割れおよびポットホールが一部の箇所で発生しているものの，供用上問題のある程度ではなかった。また，コア供試体による圧縮強度の低下などは認められなかった。さらに，石灰石砕石を用いた場合，線膨張係数は砂岩系砕石の約 60%となることがわかった。

キーワード：石灰石，RCCP，耐久性，路面性状，圧縮強度，静弾性係数，線膨張係数

1.　はじめに

1988 年 12 月，三重県のセメント工場構内砕砂プラント進入道路において施工した，石灰石砕石を使用した転圧コンクリート舗装版(以下，RCCP)について，供用 14 年後の追跡調査を行ったものである。なお，本施工区間は，総重量 17t ダンプトラックが主に走行しており，走行頻度は平均 3500 台/月程度である。[1)2)3)]

2.　RCCP 施工の概要

2.1　施工概要

施工は，**図-1** に示す，延長 110m，幅員 6mの区間を 4 レーンに分割し，2 日間に分けて行われた。なお A および C レーンについては，トラックスケール側から 15m 付近まで曲線部となっている。また，施工区間の中央およびその両側 10m の位置にカッタ目地を設置し，膨張目地として機能させた。各レーンの 45m 区間は目地無しとし，縦目地にはエラスタイトを設置した。舗装断面は，路盤を砕石路盤(厚さ 15cm，K_{30}=3.9N/mm^2)とし RCCP 厚さは 20cm とした。

2.2　RCCP 用コンクリート配合

表-1 に RCCP 用コンクリート(以下 RCC)の配合条件を示す。B レーンには，比較用として砂岩系砕石を使用した RCC を適用し，C および D レーンには，収縮目地を省く目的でそれぞれ収縮低減剤および石灰系膨張材を適用した。細骨材率および単位水量は，マーシャル突固め試験方法による充填率が 96%以上を満足するように定めた。また，水結合材比は，施工翌日(交通開放時)に設計基準強度 4.5N/mm^2 の 75%以上を満足するように決定した。また，施工性および冬季施工であることを考慮して，単位セメント量は 280kg/m^3 とし，早期交通開放および初期凍害防止を目的として早強ポルトランドセメントを使用した。

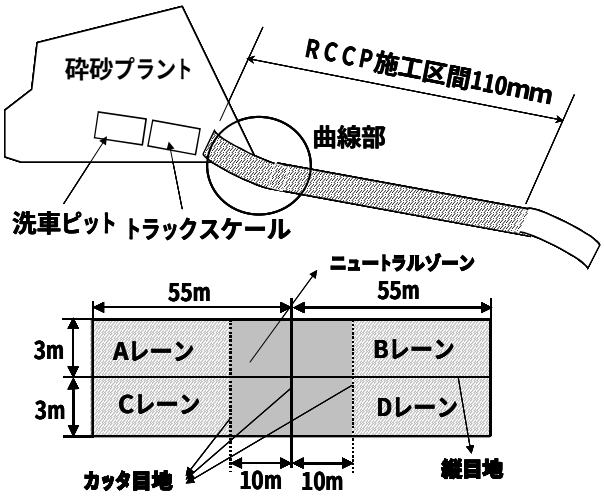

図-1　施工箇所およびレーン割

*1　太平洋セメント(株) 中央研究所 第一研究部 建設技術グループ(正会員)
*2　太平洋セメント(株) 中央研究所 第一研究部 建設技術グループ リーダー(正会員)
*3　日本鋪道(株) 取締役　技術研究所 所長 工博

表-1　RCC の配合条件

レーン	セメント	細骨材	粗骨材	混和材･剤	W/P (%)	s/a (%)	C (kg/m^3)
A	早強	石灰砕砂	石灰石砕石	AE	35.4	40	280
B			砂岩砕石	AE	36.1	38	
C			石灰石砕石	AE+収縮低減剤(14kg/m^3)	33.7	40	
D			石灰石砕石	AE+膨張材(30kg/m^3)	31.9	40	

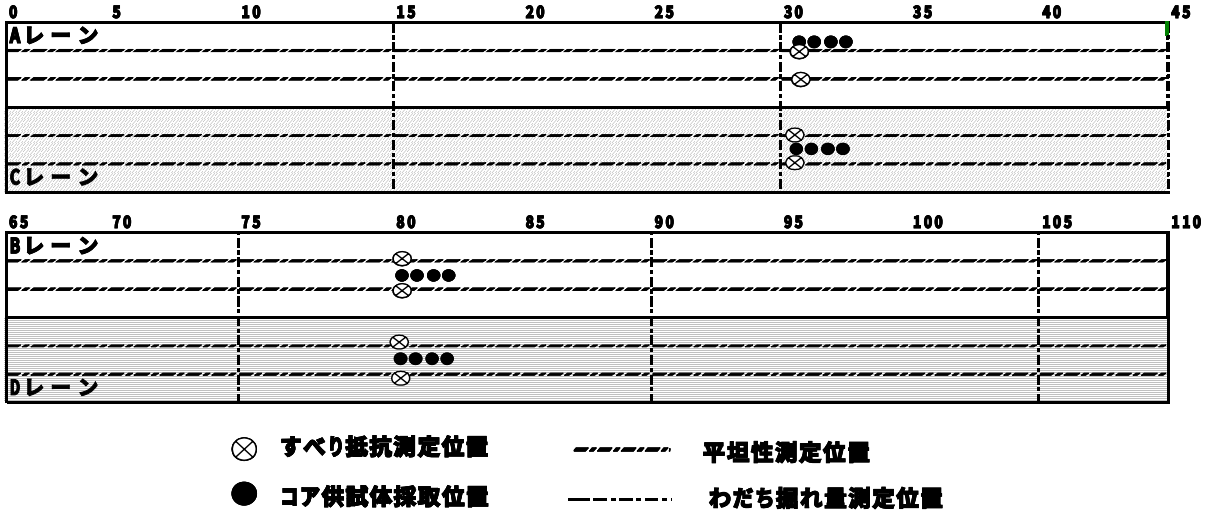

図-2　　調査位置

2.3　コンクリートの出荷状況

RCC の出荷は, 施工現場から約 4km 離れた生コンプラントから出荷した。ミキサは可傾式ミキサで，練り量は 1.25m^3/バッチとした。なお, 現場までの運搬時間は約 10 分であった。

2.4　RCCP の舗設および養生

RCCP の舗設は，アスファルトフィニッシャで敷均した後, 振動ローラにより初転圧(無振動 2 パス、有振動 2 パス)を実施した。この後，タイヤローラによる２次転圧(3～4 パス)，コンバインドローラにより仕上転圧(2 パス)を実施した。養生は，交通開放(材齢 1 日)までマット養生とし，交通開放後は適宜散水を実施した。

3.　調査内容

今回実施した調査内容を以下に示す。なお, 調査位置を**図-2** に示す。

3.1 ひび割れ性状の調査

各レーンについて，目視によりひび割れおよびポットホールの有無について調査を実施した。

3.2　平坦性の測定

各レーンの縦断方向の平坦性を測定した。なお，測定は 3m プロフィルメータを用い，舗装試験法便覧 [4)]に準拠し実施し，測定箇所は各レーン路肩から 1 および 2m とした。

3.3　わだち掘れ量の測定

各レーンの横断の表面凹凸性状を，横断プロフィルメータを用い，舗装試験法便覧 [4)]に準拠し測定した。わだち掘れ量は，測定記録紙から両端部を結んだ直線に対する各点の変化量として求めた。

3.4　すべり抵抗性の測定

各レーンのすべり抵抗は, DF テスターを用いて測定した。なお速度は 40km/h とした。

3.5　縦ひび割れ部およびポットホール部の開削調査

縦ひび割れおよびポットホールの発生原因の調査を目的に，縦ひび割れ部およびポットホール部においてコア採取並びに開削調査を行った。

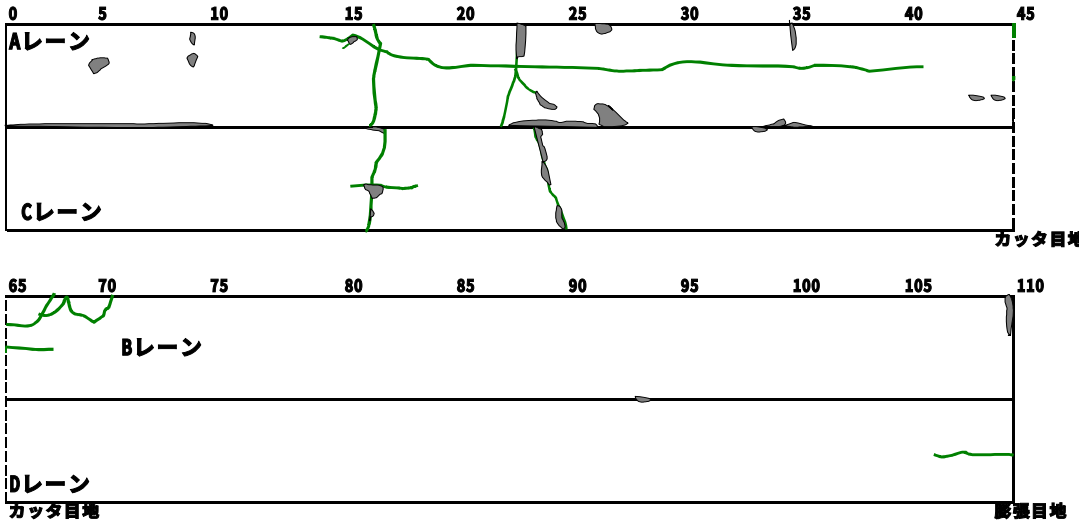

図-3　ひび割れ調査結果

3.6　コア供試体の強度性状

各レーンからコア供試体を採取し，圧縮強度および静弾性係数の測定を実施した。

3.7　コア供試体の線膨張係数測定

各レーンのコア供試体を気乾状態とした後，側面にチップを取り付け，コンタクトゲージ(最小目盛：1/1000mm，標点距離：100mm)により測定を行った。環境温度は 5℃～30℃の範囲で変化させた。また，供試体内部の湿度が変化しないようにアルミテープにより封緘を行った。また長さ変化の測定は，供試体に設置した供試体内部および表面の温度が同一となったことを確認し，実施するものとした。

4.　調査結果

4.1　ひび割れ調査結果

図-3 にひび割れ調査結果を示す。なお，図中の線はひび割れ，灰色部分はポットホールを示す。また，ほとんどのひび割れについては縁部で角欠けが生じており，実際のひび割れ幅を測定することができなかったが，角欠けのない箇所においては概ね 0.1～1mm 程度であった。A レーンおよび C レーンの 16m 付近において横ひび割れが発生していた。この横ひび割れは，供用 1 年後に C レーンから発生し，供用 2 年後の調査においては，A レーンまで成長したことが明らかとなっている [1)]。また A レーンの版縁部から 1 m 付近に約 25m にわたる縦ひび割れが認められた。この縦ひび割れは，A レーン 25m 付近まで縁部から舗装横断方向にダンプトラックが走行する(**写真-1**)際に縁部載荷の頻度が多く，ひび割れが助長されたと考えられる。また A および C レーンのトラックスケール側から 15m 付近までは曲線部となっており，締固めが十分でなかったなどの問題が原因となったとも考えられる。なお，各レーンから採取したコア供試体の締固め率は，B レーンが 99.4%と高い値を示したが，A，C および D レーンはそれぞれ 95.0%，96.4%，95.9%と低い値となり締固めが若干不足していたと考えられる。また，ポットホールについても，ほと

写真-1　ダンプの走行

んどがひび割れに起因するものと考えられるが，いずれのレーンについても目地間隔が 45m と非常に長いこと，また通行車両のほとんどが大型車両であることであるにも拘わらず，ひび割れ発生はそれほど多くなく，走行に支障はない状態を維持している。また，D レーンにはほとんどひび割れが発生していないことから，膨張材混和による効果があったものと思われる。

4.2　平坦性測定結果

今回および過去に実施された測定結果より求めた施工直後を基準とした平坦性の変化量を**図-4** に示す。なお測定結果は，各レーンの 2 測線の平均値とした。施工直後からの平坦性の変化量は，砂岩系砕石を使用した B レーンと比較して石灰石砕石を使用した A，C および D レーンが若干大きい傾向にある。特に，供用後 2 年以降に顕著となっている。この原因として，供用 2 年後以降に発生したひび割れおよびポットホールの存在が挙げられる。

4.3　わだち掘れ測定結果

測定結果を**図-5** に示す。なお，結果は各レーンのひび割れが発生していない箇所の測定結果の平均を示したものである。施工箇所が幅員 6m と狭く，大型ダンプトラックのほとんどがセンターラインを跨いで走行する傾向にあり，わだち掘れは各レーンの中央に発生する傾向となった。また石灰石砕石を用いたレーンは，砂岩系砕石を用いた B レーンと比較すると，わだち掘れ量が大きいことがわかった。

4.4　すべり抵抗性測定結果

測定結果について，舗装設計施工指針[5]の基準値(都市内一般道路の場合)との比較を行ったものを**図-6** に示す。なお，各レーンについて，路肩から 1m および 2m の 2 箇所を測定したが，上述のわだち掘れ量測定結果より，いずれの箇所も比較的走

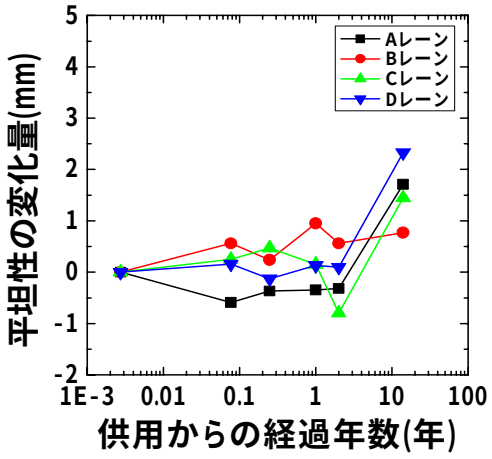

図-4　平坦性測定結果

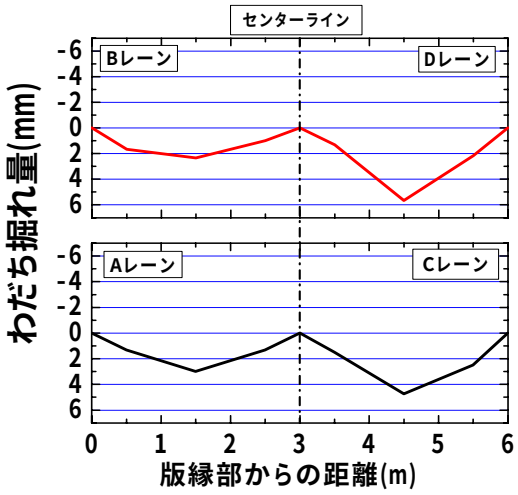

図-5　わだち掘れ測定結果

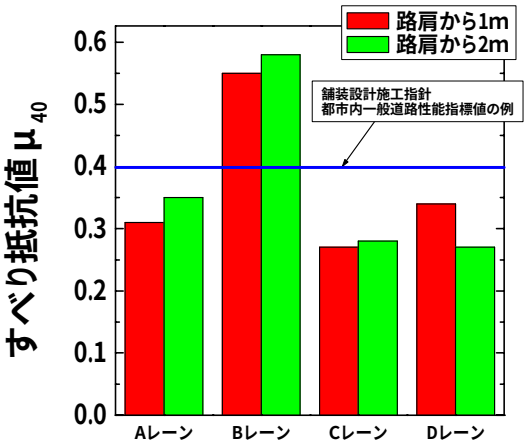

図-6　すべり抵抗性測定結果

行の少ないわだち部であると言える。砂岩系砕石を使用した B レーンに対し，石灰石砕石を使用したレーンはすべり抵抗性は小さくなる傾向を示した。今回の調査前に測

定を行っていないため，施工後どの段階で低下したかは不明である。

4.5　縦ひび割れ部およびポットホール部の開削調査結果

縦ひび割れ部のコア採取状況を**写真-2** に示す。縦ひび割れ部のコア採取により，縦ひび割れは下層まで貫通していることがわかった。また，コア下層部 5cm にはジャンカが発生しており，実際は版厚が設計よりも不足していることが確認できた。したがって，このことが舗装版における弱点部になったこと，およびダンプトラックによる縁部載荷の頻度が多いことの相乗効果によりひび割れが発生したと考えられる。また，ポットホール部の開削調査の様子を**写真-3** に示す。舗装版下層は粒状化しており，ひび割れ部と同様に締固めが不十分で版厚が不足している状態であったことからひび割れやポットホールに進展したと考えられる。

4.6　コア供試体の強度性状

圧縮強度試験結果を**図-7** に，静弾性係数試験結果を**図-8** に示す。なお図中には，施工時に作製された管理供試体，および過去の調査時において採取されたコア供試体の結果を併記する。コアの圧縮強度はＣレーンについては過去の測定結果と比較し低下する結果となったが，他のレーンについては強度低下などは認められなかった。また，コア供試体の圧縮強度および静弾性係数のいずれについても砂岩系砕石を使用したＢレーンが高い傾向を示したが，上述の締固め率の違いを反映した結果と言える。また，施工時に作製した管理供試体の結果についてもＢレーンがかなり高い強度性状を示しており，各レーンの強度性状の違いは，RCCP のひび割れ性状，平坦性等に大きく影響したと考えられる。

4.7　コア供試体の線膨張係数測定結果

図-9 に各レーンから採取した各コア供試体の温度変化に対する長さ変化を示す。また，それをもとに算出した線膨張係数を**表-2** に示す。なお，環境温度が 20℃の時を長さ変化 0(基準)

写真-2　縦ひび割れ部コア採取状況

写真-3　ポットホール部開削状況

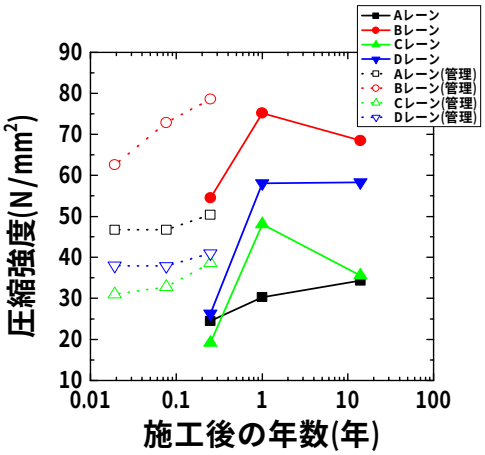

図-7　圧縮強度試験結果

とし，長さ変化および温度変化はそこからの変化量とした。既に実施した室内実験においては，石灰石砕石を用いた場合の線膨張係数は，砂岩系砕石の場合の約 70%であるとの結果が得られている [6)]。今回のコア供試体についても，石

灰石砕石を用いたレーンの線膨張係数は，砂岩系砕石の場合の約 60%となり小さかった。

5. まとめ

(1) いずれの RCCP も，長い目地間隔や大型車両の通行がほとんどであるにもかかわらず，ひび割れは少ない。

(2)石灰石砕石を用いた A レーンに縦ひび割れが発生し，ポットホールを確認した。コア抜きおよび開削調査結果より，下層部の締固め不足が版厚を 5cm 程度薄くしたことが明らかとなり，このことおよび版縁部へのダンプトラックの載荷により発生したものと考えられる。

(3) 石灰石砕石を用いたレーンは，平坦性の経時変化量が大きい。また，わだち掘れ量は若干大きくなる傾向にあった。

(4)すべり抵抗性は，石灰石砕石を用いた場合低下する傾向にある。

(5)コア供試体の圧縮強度は，その締固め率の差を反映した結果となり，砂岩系砕石を用いた B レーンおよび石灰石砕石を使用した D レーンは他のレーンと比較して高い値を示した。この強度の違いが各レーンの舗装版のひび割れ性状や平坦性等などに影響したものと考えられる。

(6)線膨張係数は，石灰石砕石を使用した場合，砂岩系砕石を用いた場合の約 60%となった。したがって，石灰石砕石の使用は十分な強度が確保されれば，温度変化により発生する舗装版のひび割れ低減に効果が期待できると考えられる。

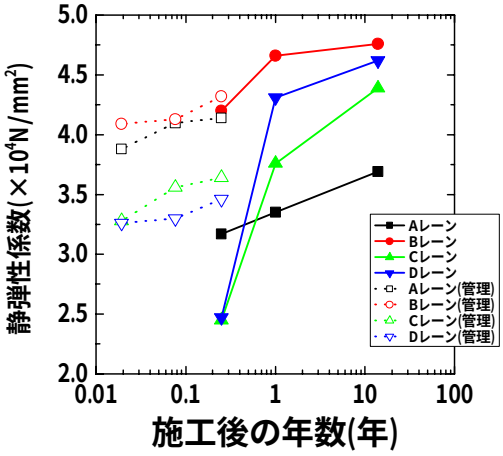

図-8 静弾性係数測定結果

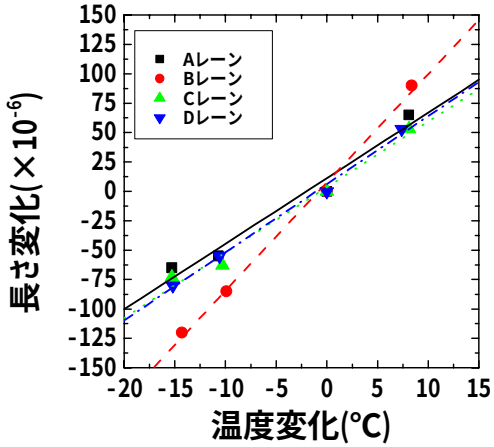

図-9 線膨張係数測定結果

表-2 コア供試体の線膨張係数

レーン	線膨張係数(×10⁻⁶/℃)
A レーン	5.58
B レーン	9.20
C レーン	5.56
D レーン	5.78

参考文献

1) 大森淑孝，中村秀三，松井 淳：石灰石骨材を使用した RCCP の耐久性， 第 45 回セメント技術大会講演集， pp.798-803, 1991

2) 河野俊夫, 大塩 明, 真田満雄，松井 淳，小早川浩一：RCCP 施工に用いたコンクリートについて，小野田研究報告，Vol.41，No.121，pp.71-81，1989

3) 大塩 明，松井 淳，小早川浩一，井上武美:石灰石骨材を用いた RCCP の追跡調査，セメント･コンクリート， No.520， pp.55-62，1990.6

4) (社)日本道路協会：舗装試験法便覧，pp.931-940，1988.11

5) (社)日本道路協会：舗装設計施工指針，pp.155-156，2001.12

6) 大塩 明， 松井 淳， 小早川浩一：石灰石を用いたコンクリートの基礎的実験， 第 44 回セメント技術大会講演集， pp.152-157，1990