

転圧工法を適用した透水性コンクリート舗装の初期性能に影響を及ぼす配合要因

都市リサイクル工学分野 木利 将之

1. 本研究の背景および目的

コンクリート舗装は、重荷重に強い、耐用年数が20年以上である、白色舗装であるなど、アスファルト舗装にない特長を有している。このため、舗装の長寿化やヒートアイランド現象の抑止などを期待できる。しかし、1960年代以降、コンクリート舗装の占める割合は徐々に下がり、現在では道路舗装全体の1割に満たない状況となっている。その主な原因の1つは、早期に交通開放が難しいことにある。この対応策として考えられたのが、転圧コンクリート舗装である。アスファルトと同様に転圧するため、施工速度が速く、早期の交通開放が可能となる。

一方、近年、ヒートアイランド現象、走行性および騒音対策として空隙をもつ舗装が一般的になりつつある。代表的なものには、ポーラスコンクリートがあるが、この舗装は排水性アスファルト舗装と比較して、強度が高く、空隙つぶれがないため、透水能力の持続性が期待される。しかし、ポーラスコンクリートに転圧工法を使用して施工する例はなく、早強ポルトランドセメントを用いても、交通開放までには1週間ほど必要とする。

以上のことから、今後、早期交通開放を実現させるために転圧工法を用いて、透水性を有するコンクリート舗装を施工する技術の開発が重要である。

本研究では転圧工法による透水性コンクリート舗装の設計・技術を確立するために使用する、透水性コンクリートの材料的性状に影響を及ぼす構成材料の特性や配合要因を明らかにすることを目的とする。ここでは、コンクリートを粗骨材とペーストの2相材料と考え、それぞれの性状がコンクリートの性状に及ぼす影響を検討した。また、コンクリートの材料としての初期性状として、曲げ強度、CBRおよび透水係数に着目した。

2. 粗骨材の粒度が透水性コンクリートの初期強度に及ぼす影響

2.1 粗骨材の粒度・形状と粗骨材の締固め性能との関係

まず、粗骨材のみを用いて粗骨材の締固め性能に及ぼす影響を検討した。粗骨材には、高槻産硬質砂岩砕石の5号砕石(20~13mm)および6号砕石(13~5mm)を使用した。骨材形状による支持力への影響を検討するため、ロサンゼルス機に約10kgの鉄球とともに、5号砕石また

は6号砕石それぞれ一定量の骨材を投入して、角とりをした砕石を用意した。角とりの程度はロサンゼルス機の回転数により調整し、回転数は250、500、750、1000回の4種類とした。試験時には元の砕石の5号砕石および6号砕石に粒度を調整した。また、骨材の粒度による支持力への影響を検討するため、全骨材に対する6号砕石の混合割合を0、25、50、75、100%変化させたものを用意した。粗骨材のみをマーシャル突固め用ハンマにより突固めて、その重量と体積から締固め密度を求めた。また、粗骨材の支持力をCBRで評価した。

その結果を以下に示す。図2.1のとおり、ロサンゼルス機の総回転数が多くなり、粗骨材の形状が丸くなるほど、粗骨材のCBRは高くなる傾向があった。これは、図2.2のとおり、粗骨材の締固め密度の増加に伴い、粗骨材のCBRが高くなり、密に詰まった粗骨材が貫入に対する抵抗力が高いといえる。

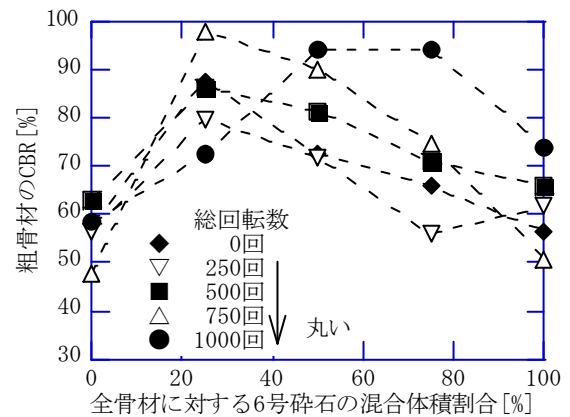


図2.1 全骨材に対する6号砕石の混合体積割合と粗骨材のCBRとの関係

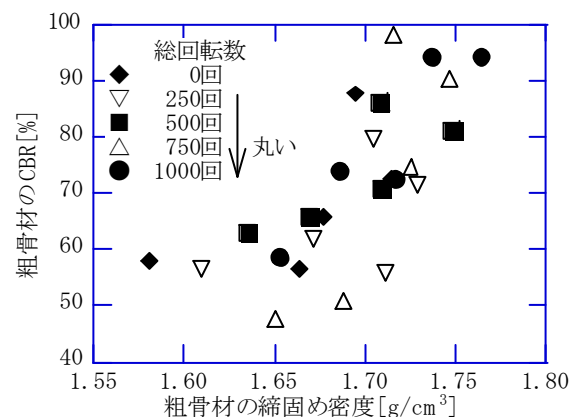


図2.2 粗骨材の締固め密度と粗骨材のCBRとの関係

2.2 粗骨材の粒度と透水性コンクリートの初期強度との関係

次に、粗骨材の粒度が透水性コンクリートの初期強度に及ぼす影響を検討する。表 2.1 に示す骨材および表 2.2 に示す砕石、早強ポルトランドセメントおよび高性能 AE 減水剤を用いた。2 軸強制練りミキサーを使用し、粗骨材およびセメントを 15 秒間攪拌後、練混ぜ水および高性能 AE 減水剤を投入し、3 分間練混ぜてコンクリートを作製した。その後、マーシャル突固め試験を行い、材齢 6 時間および 12 時間で CBR 試験を、材齢 12 時間、1 日および 7 日で曲げ強度試験を行った。粗骨材の物理的性質として、締固め密度を測定した。表 2.3 に示す W/C=25%、目標空隙率を 15% として、高性能 AE 減水剤の添加率を一定量入れ、全骨材の 6 号砕石の混合体積割合を変化させた。単位粗骨材量を実積率から算出した配合を用いた。

その結果を以下に示す。図 2.3 のとおり、全骨材に対する 6 号砕石の混合体積割合に関わらず、コンクリートの CBR はほぼ同程度であった。したがって、図 2.4 のとおり、粗骨材の CBR の増加によっても、コンクリートの CBR は同程度であり、粗骨材の粒度の影響は小さかった。

セメントコンクリート舗装要綱に規定されている設計基準曲げ強度は 4.5N/mm^2 以上である。図 2.5 のとおり、7 日後に全骨材に対する 6 号砕石の混合体積割合を 50% 以上とすると 4.5N/mm^2 を満足していた。また、図 2.6 のとおり、材齢 12 時間の曲げ強度はほとんど 0 に近かったが、材齢 1 日および 7 日の曲げ強度は粗骨材の締固め密度の増加に伴い、増加傾向にあった。

表 2.1 使用した骨材

分類	絶乾密度 [g/cm ³]	吸水率 [%]	実積率 [%]	産地
粗骨材	2.67	0.97	59.1	高槻産硬質砂岩砕石

表 2.2 骨材以外の使用材料

種別	使用材料	備考
セメント	早強ポルトランドセメント	密度 3.14g/cm^3
水	水道水	密度 1.00g/cm^3
高性能 AE 減水剤	カルボン酸エーテル系	標準形

表 2.3 コンクリートの基本配合

W/C [%]	全骨材に対する 6 号砕石の混合 体積割合[%]	単位量[kg/m ³]			
		W	C	G	
				5 号砕石	6 号砕石
25	0	119	475	1566	0
	25	114	455	1197	397
	50	114	456	797	793
	75	116	463	396	1182
	100	118	434	0	1559

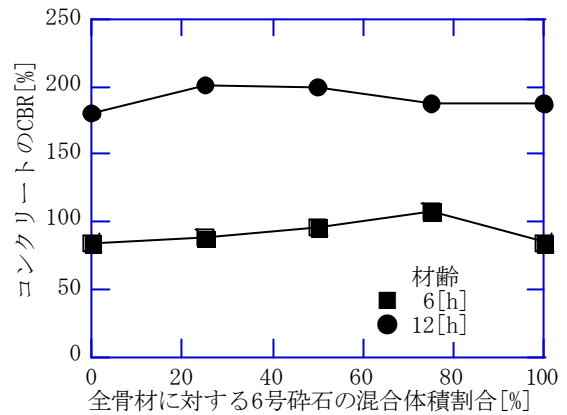


図 2.3 全骨材に対する 6 号砕石の混合体積割合とコンクリートの CBR との関係

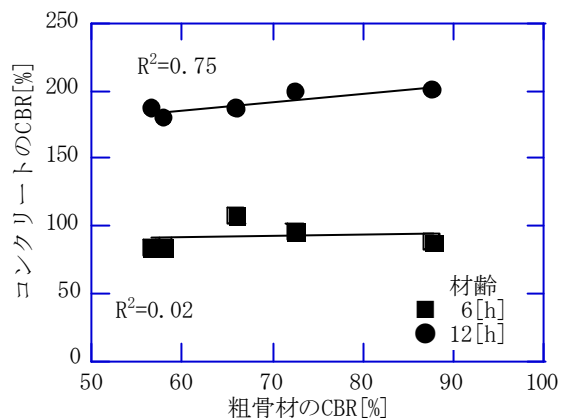


図 2.4 粗骨材の CBR とコンクリートの CBR との関係

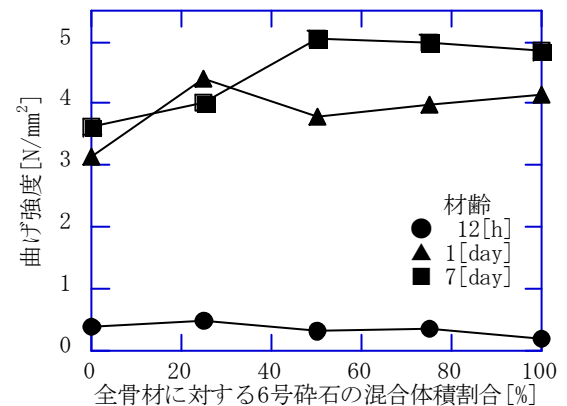


図 2.5 全骨材に対する 6 号砕石の混合体積割合とコンクリートの曲げ強度との関係

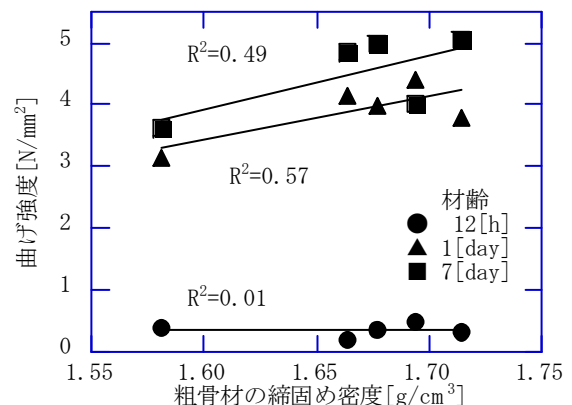


図 2.6 粗骨材の締固め密度とコンクリートの曲げ強度との関係

3.ペースト性状と透水性コンクリートの初期性能との関係

3.1 転圧工法を適用した際のペーストの性状とダレ具合との関係

まず、ペーストの性状を調べて、コンクリートのペーストのダレ具合を検討した。ペーストには、表 2.1 および表 2.2 に示した早強ポルトランドセメントおよび高性能 AE 減水剤を用いた。また、ペーストの粘性を高めるために、微粉末として砕石粉(密度 2.72g/cm³)を用いた。ホバートミキサを使用し、練混ぜ水、高性能 AE 減水剤、セメントおよび砕石粉を投入し、3 分間練混ぜてペーストを作製した。その後、振動台(振動数 1500rpm、振幅 1mm)を 1 分間振動させた際のフロー値を振動フロー値として測定した。

コンクリートには、表 2.1 および表 2.2 に示した砕石、早強セメントおよび高性能 AE 減水剤および砕石粉を用いた。練混ぜ方法は先の実験と同様である。まず、マーシャル突固め試験を行い、次に、底にアクリル板を敷いた圧縮用型枠を振動台に取り付け、上部に 20kg の重りを載せて、1 分間振動させた際のダレ具合をアクリル板を通して目視により調べた。

表 3.1 に示す W/C を 22%、25% および 30% に、目標空隙率を 15% として、高性能 AE 減水剤の添加率を変化させた。W/C を 30% の場合に、砕石粉を混合した。なお、全骨材に対する 6 号砕石の混合割合を 25% とした。

その結果を以下に示す。図 3.1 および図 3.2 に示す記号の色付きはダレが生じたコンクリートで、色抜きはダレが生じなかったコンクリートである。同一の W/C で高性能 AE 減水剤の添加率の大きいほど、ペースト落下量および振動フロー値が高かった。粉を添加したものは、ペースト落下量および振動フロー値が減少した。図 3.3 のように、アクリル板での目視の結果、ペースト落下量が 5g であれば、ダレを生じないと考えられる。また、どの W/C のコンクリートも高性能 AE 減水剤の添加率を増やすとダレが生じた。W/C=22%、25% の場合、高性

能 AE 減水剤の添加率を 1.0% 以下にするとペーストのダレが生じなかった。また、W/C=30% では、高性能 AE 減水剤の添加率 0.5% の場合にはダレが生じたが、そのペーストに砕石粉を f/m=6% 混入するとダレが生じなくなった。

	W/C[%]	高性能AE減水剤の添加率[C×%]	f/m[%]
◇	22	1.0	0
◆	22	2.0	0
△	25	0.5	0
▽	25	1.0	0
▼	25	1.5	0
○	30	0	0
●	30	0.5	0
■	30	0.5	3
□	30	0.5	6

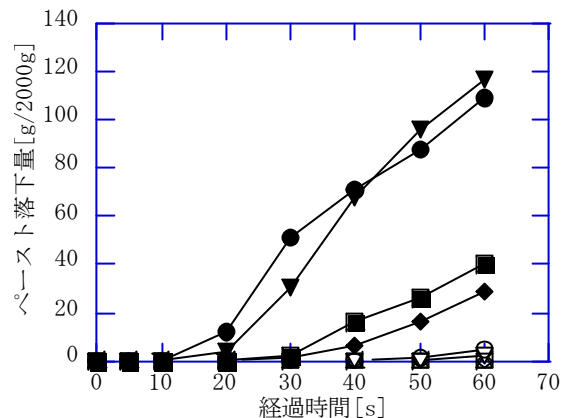


図 3.1 コンクリートのペースト落下量の経過時間

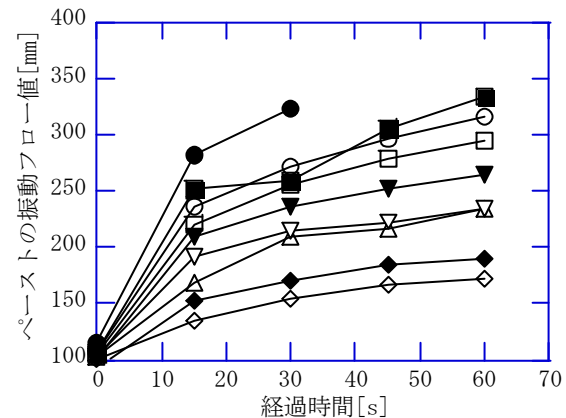


図 3.2 ペーストの振動フロー値の経過時間

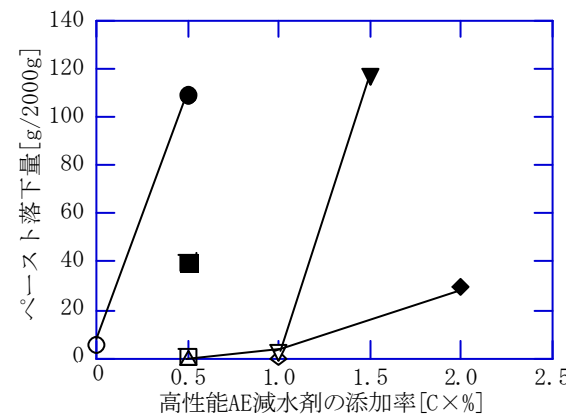


図 3.3 高性能 AE 減水剤の添加率とペースト落下量との関係

表 3.1 コンクリートの基本配合

W/C [%]	f/m [%]	単位量[kg/m ³]				高性能 AE 減水剤の添加率 [C×%]	
		W	C	G			F
				5号砕石	6号砕石		
22	0	89	402	1283	425	0	1.0
						0	2.0
25	0	95	381	1283	425	0	0.5
						0	1.0
						0	1.5
30	0	105	350	1283	425	0	0
						0	0.5
						3	18
	6	99	329			35	0.5

ここで、f/m は粉体モルタル体積比

3.2 ペーストの性状が透水性コンクリートの初期強度および透水性に及ぼす影響

先の実験でダレなかったコンクリートで、W/C=22%、25%の場合、高性能 AE 減水剤の添加率を 1.0%、W/C=30%の場合、高性能 AE 減水剤の添加率を 0.5%、碎石粉を f/m=6%混入したものの初期強度および透水性を調べて、ペーストの性状との関係を検討した。ペーストでは材齢 6 時間、12 時間、1 日および 7 日で、コンクリートでは材齢 12 時間、1 日および 7 日で曲げ強度試験を行った。また、ポーラスコンクリートの透水試験方法(案)を参考に定水位透水試験を行った。壁面の影響を防ぐために、φ10×20cm の供試体に塩化ビニル製のシートを巻き、圧縮用型枠を 2 体用いて、水頭差を 30.6cm として透水係数を測定した。

その結果を以下に示す。図 3.4 にペーストの曲げ強度とコンクリートの曲げ強度との関係を示す。早期交通開放の材齢や開放時の目標曲げ強度は様々であるが、おおよそ景観系の舗装や軽車両しか通らない場合、曲げ強度を 2.5~3.0N/mm²としている¹⁾。本実験では、曲げ強度が材齢 1 日で 2.5~3.0N/mm²を満足していた。また、図 3.5 のとおり、材齢 12 時間および 1 日では、コンクリートの曲げ強度はペーストの曲げ強度の増加に関係なく、ほぼ同一であった。材齢 7 日では、ペーストの曲げ強度の増加により、コンクリートの曲げ強度が増加した。

図 3.5 のとおり、連続空隙率と透水係数は決定係数が 0.91 と相関が高かった。アスファルト混合物での透水性舗装では、透水係数は 1×10⁻²cm/s 設定されており¹⁾、その値を参考にすると、本実験では、どの W/C でも満足した。連続空隙率は、図 3.6 のとおり、最適なペーストの振動フロー値があり、W/C25%の場合に、連続空隙率が最も高くなった。

4. 結論

- 1)粗骨材の締固め密度が高くなるほど、CBRが高かった。
- 2)5号碎石：6号碎石を体積比で1：1または1：3とすると、他の割合に比べて曲げ強度は高くなり、本実験では、W/C=25%の場合、材齢1日で3.78N/mm²、7日で5.05N/mm²となった。
- 3)W/C=22%、25%の場合、高性能AE減水剤の添加率を1.0%以下に、W/C=30%の場合、高性能AE減水剤の添加率を0.5%、碎石粉の混合率をf/m=6%にすると、ペーストのダレは生じなかった。
- 4)材齢12時間および1日ではペーストの曲げ強度が及ぼすコンクリートの曲げ強度への影響は小さいが、材齢7日では大きい。
- 5)W/C=22、25、30%で、透水性舗装の基準値となる透水係数を満足し、W/C25%の場合、最大となった。

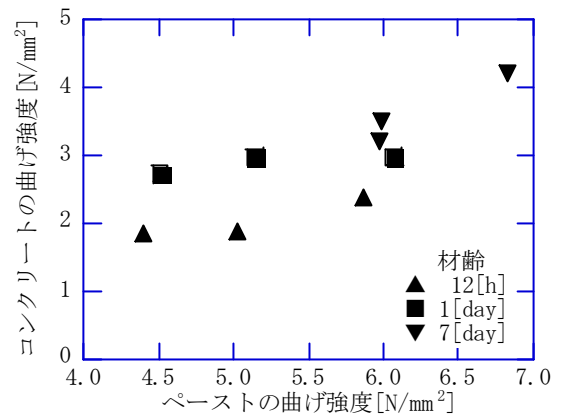


図 3.4 ペーストの曲げ強度とコンクリートの曲げ強度との関係

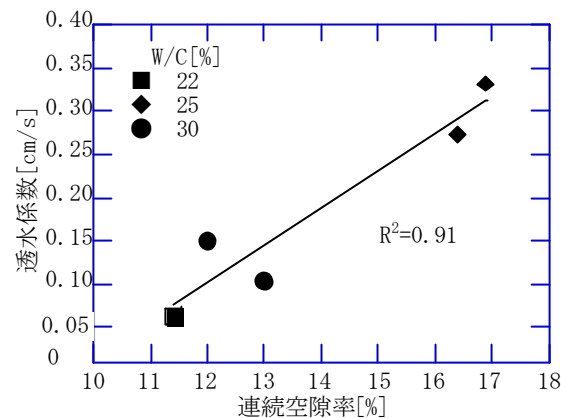


図 3.5 連続空隙率と透水係数との関係

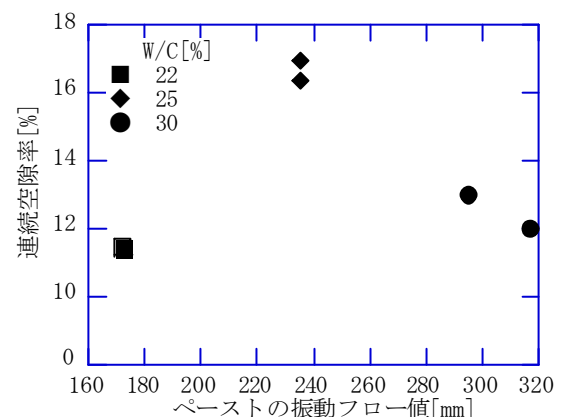


図 3.6 振動フロー値と連続空隙率との関係

以上のことから、締固め密度の高くなる粗骨材を用い、W/Cを30%以下、高性能AE減水剤の添加率を0.5~1.0%にすると、軽車両しか通らない舗装の早期交通開放を行うための目標曲げ強度 2.5~3.0N/mm²を、また、アスファルト混合物での透水性舗装の基準値となる透水係数 1×10⁻²cm/s を達成できる。ただし、W/C=30%の場合、ダレを抑制するため、碎石粉を f/m=6%程度混入する必要がある。

【参考文献】

- 1) 野田悦郎：ポーラスコンクリート舗装の現状と課題，ポーラスコンクリートの製造とこれからがわかる本，株式会社セメントジャーナル社，pp.50-58，2001.9