

車道用ポーラスコンクリート舗装設計施工技術資料

2007 年 10 月

社団法人 セメント協会

序

セメント協会・舗装技術専門委員会は、長年にわたってコンクリート舗装技術の開発と普及を目的に活動を行っております。その一環として、安全で快適な社会環境整備の観点から、雨天時の車両の高速走行安全性や車両走行時の低騒音性などの効果が期待できる車道用ポーラスコンクリートの開発を進めて参りました。

1998年に実施したポーラスコンクリート舗装に関する共通試験（委員会報告R-11）では、先行して実用化されているポーラスアスファルト舗装と同等以上の性能をセメントコンクリートによっても発揮できることを明らかにいたしました。その後1999年に福井県土木部の協力を頂き、同県下の3箇所では試験施工を実施いたしました。この試験施工では、交通履歴に伴うポーラスコンクリート舗装の性能変化について追跡調査と検討を行いました（委員会報告R-17）。さらに2000年および2001年には、千葉県県土整備部の協力を得て、千葉県道2箇所の試験施工も実施しました。

以上のような試験施工を重ねることにより、ポーラスコンクリートの施工性、舗装構造の適用性、排水性能、騒音抑制効果などの知見を蓄積して参りました。この度これらの成果を取りまとめた、車道用ポーラスコンクリート舗装設計施工技術資料を発刊することとなりました。

この技術資料の構成は、①ポーラスコンクリート舗装の設計、②ポーラスコンクリートに用いる材料、③ポーラスコンクリートの配合設計、④ポーラスコンクリート舗装の施工、⑤ポーラスコンクリート舗装の施工管理となっております。なお付録には、試験舗装で使用したポーラスコンクリートの配合設計例と各種試験方法も掲載いたしました。

この技術資料が、コンクリート舗装技術者の参考資料として役立てば幸いです。

2007年 10月

社団法人 セメント協会
舗装技術専門委員会
委員長 小梁川 雅

舗装技術専門委員会（敬称略 順不同）

委員長	小梁川 雅	東京農業大学
委 員	國府 勝郎	NPO 法人コンクリート製品 JIS 協議会
	西澤 辰男	石川工業高等専門学校
	渡辺 博志	独立行政法人土木研究所
	久保 和幸	独立行政法人土木研究所
	関口 幹夫	東京都土木技術センター
	神谷 恵三	株式会社高速道路総合技術研究所
	高橋 哲躬	大林道路株式会社
	野田 悦郎	日本道路株式会社
	根本 信行	株式会社 NIPPO コーポレーション
	児玉 孝喜	鹿島道路株式会社
	中丸 貢	大成ロテック株式会社
	松田 敏昭	世紀東急工業株式会社
	伊藤 康司	全国生コンクリート工業組合連合会
	野田 恒幸	麻生ラファージュセメント株式会社
	大和功一郎	株式会社宇部三菱セメント研究所
	安藤 豊	住友大阪セメント株式会社
	梶尾 聡	太平洋セメント株式会社
	飯田 達郎	電気化学工業株式会社
	佃 美伸	株式会社トクヤマ
	小倉 東	日鐵セメント株式会社
	黒岩 義仁	株式会社宇部三菱セメント研究所
事務局	村田 芳樹	社団法人セメント協会
	野田 潤一	社団法人セメント協会

舗装技術専門委員会 新工法WG

(敬称略 順不同)

WGリーダー 委 員	佃 美伸	株式会社トクヤマ
	西澤 辰男	石川工業高等専門学校
	久保 和幸	独立行政法人土木研究所
	関口 幹夫	東京都土木技術センター
	松田 敏昭	世紀東急工業株式会社
	野田 悦郎	日本道路株式会社
	高橋 哲躬	大林道路株式会社
	伊藤 康司	全国生コンクリート工業組合連合会
	野田 恒幸	麻生ラファージュセメント株式会社
	黒岩 義仁	株式会社宇部三菱セメント研究所
	梶尾 聡	太平洋セメント株式会社
	小倉 東	日鐵セメント株式会社
事務局	村田 芳樹	社団法人セメント協会
	野田 潤一	社団法人セメント協会

目 次

1. 設計	1
1.1 概説.....	1
1.2 ポーラスコンクリート舗装の種類.....	2
(1) 構造的な種類	2
(2) 雨水の処理からみた種類.....	2
1.3 ポーラスコンクリート舗装の透水設計	2
1.4 ポーラスコンクリート舗装の構造設計	2
(1) 構造設計上の留意点	2
(2) フルデプスタイプ	3
(3) 薄層付着タイプ	5
(4) ホワイートoppingタイプ	6
2. 材料	9
2.1 概説.....	9
2.2 ポーラスコンクリートに用いる材料.....	9
(1) セメント.....	9
(2) 水.....	9
(3) 細骨材.....	10
(4) 粗骨材.....	10
(5) 混和剤.....	10
(6) 混和材.....	10
2.3 その他の材料.....	11
(1) 路盤材料.....	11
(2) 目地材料.....	11
(3) 付着材.....	11
3. ポーラスコンクリートの配合	12
3.1 概説.....	12
3.2 配合条件	12
(1) 空隙率.....	12
(2) 設計基準強度	12
(3) 耐久性.....	12
(4) ワークビリティ	13
3.3 配合設計	13
(1) 配合設計の一般的手順	13
(2) 配合計算例	17
(3) 配合の表し方.....	20

4. 施工	22
4.1 概説.....	22
4.2 施工計画	22
4.3 施工機械	22
4.4 施工手順	24
4.5 施工基盤の整備.....	24
(1) フルデプスタップの施工基盤の整備.....	24
(2) 薄層付着タイプの施工基盤の整備.....	25
(3) ホワイトトッピングタイプの施工基盤の整備.....	25
4.6 製造.....	26
4.7 運搬.....	27
4.8 敷きならしおよび締固め.....	27
(1) 敷きならし	27
(2) 締固め.....	28
4.9 養生.....	29
(1) 養生方法.....	29
(2) 養生期間および交通開放時期	29
4.10 目地の施工	30
(1) フルデプスタップ	30
(2) 薄層付着タイプ	30
(3) ホワイトトッピングタイプ	31
5. 施工管理.....	33
5.1 概説.....	33
5.2 基準試験	33
(1) ポーラスコンクリート	33
(2) 路盤材料およびその他の材料.....	34
(3) 施工機械.....	34
5.3 出来形および品質管理.....	34
(1) 出来形管理.....	34
(2) 品質管理.....	35
付 録.....	37
付録1 ポーラスコンクリートの配合設計例.....	39
付録2 沈下法によるコンシステンシー試験方法	50
付録3 マーシャル法によるコンシステンシー試験方法.....	51
付録4 VC 振動締固め法によるコンシステンシー試験方法	52
付録5 ポーラスコンクリートの透水試験方法 (案)	53
付録6 高機能舗装用混合物の室内透水試験方法 (JHS234)	55
付録7 本書で用いた用語の説明	57

1. 設計

1.1 概説

ポーラスコンクリート舗装とは、特殊な混和材料を用いて空隙を有したポーラスコンクリート版を使用し、これにより排水機能や透水機能、車輛騒音低減機能などを持たせた舗装である。ポーラスコンクリート舗装は、ポーラスアスファルト混合物を使用した排水性舗装に比べて交通荷重による空隙つぶれやタイヤの旋回・据え切り作用による骨材飛散に対する抵抗性に優れている。

ポーラスコンクリート舗装の設計では、大型車両などの走行に耐えられるような構造設計と、雨水の処理に関する設計が必要である。

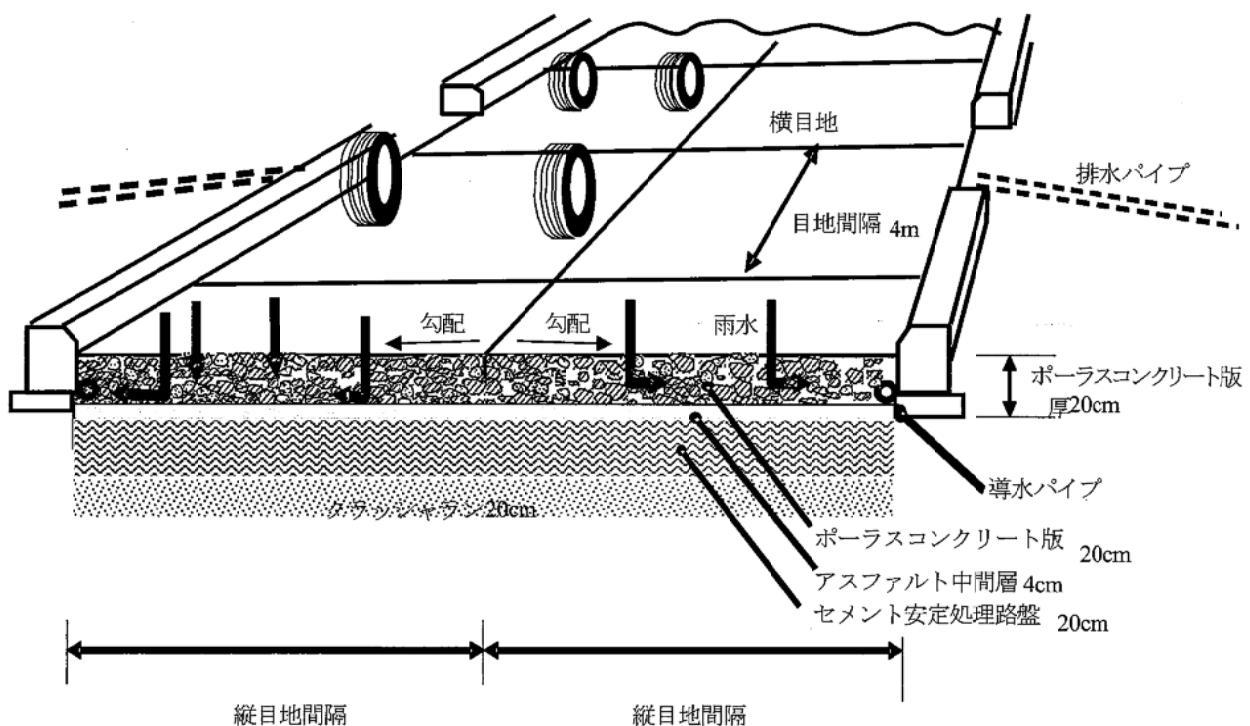


図 1-1 ポーラスコンクリート舗装（フルデプスタイプの構造の例）

1.2 ポーラスコンクリート舗装の種類

ポーラスコンクリート舗装の種類と概念を図 1-2 に示す

(1) 構造的な種類

これまでのところ、ポーラスコンクリート舗装には、ポーラスコンクリートをコンクリート版の全厚または一部に使用するもの（以下、フルデプスタイプと呼ぶ、新設に適用）、ポーラスコンクリート版を密実なコンクリート版に付着させるもの（以下、薄層付着タイプと呼ぶ、新設と補修に適用）、ポーラスコンクリート版をアスファルト舗装の上に薄層で付着させるもの（以下、ホワイトトッピングタイプ、補修に適用）がある。

(2) 雨水の処理からみた種類

雨水の処理方法により、路盤以下に雨水を浸透させる透水性舗装構造と浸透させない排水性舗装構造に分類される。

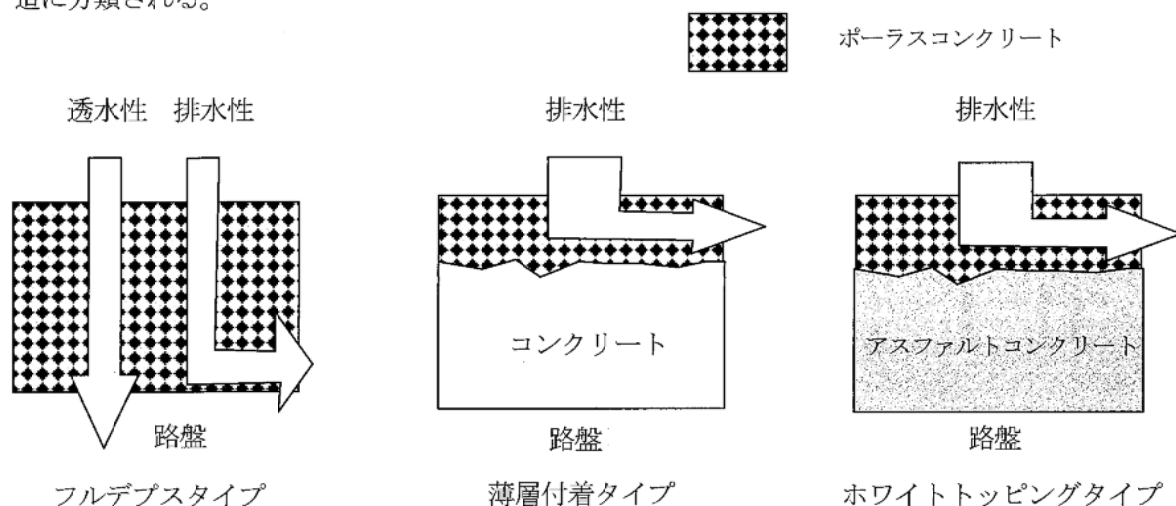


図 1-2 ポーラスコンクリート舗装の種類と概念

1.3 ポーラスコンクリート舗装の透水設計

透水性舗装構造でも排水性舗装構造でも、「雨水を道路の路面下に円滑に浸透させる構造」として、国土交通省「舗装の構造に関する技術基準」に基づき、施工直後の車道および側帯では 1000 ミリリットル/15 秒以上の浸透水量が必要である。さらに透水性舗装では、必要に応じて、「道路路面雨水処理マニュアル(案)」¹⁾ や「舗装設計施工指針」²⁾ などを参考に、雨水の処理に関する設計を行う。

1.4 ポーラスコンクリート舗装の構造設計

(1) 構造設計上の留意点

ポーラスコンクリート版は高い空隙率を有するため、透水能力や貯水能力が高い。したがって、ポーラスコンクリート版内に雨水が浸透することから、通常のコンクリート舗装に使われる鉄筋、鉄網、ダウエルバーなどの鋼材は腐食するため、一般には用いることができないので転圧コンクリート版と同じ構造設計とする。

ポーラスコンクリート版は、版の上下面の温度差が通常の密実なコンクリート版よりも高いことが多い。したがって、気温の日変化による温度応力を設計で考慮する場合、これらの特性を十分考慮す

ることが望ましい。

(2) フルデプスタイプ

通常のコンクリート舗装と同様に、舗装の耐荷力の主体を占めるコンクリート版を全部または一部ポーラスコンクリートで構築するものとする。

1) 舗装の断面

これまでに車道ではふたつのタイプの断面構成のものが実施されている。

その 1：コンクリート版は全厚がポーラスコンクリートで構成され、路盤にはアスファルト中間層を用いて、路盤より下には雨水は浸透しないタイプ（排水性）。

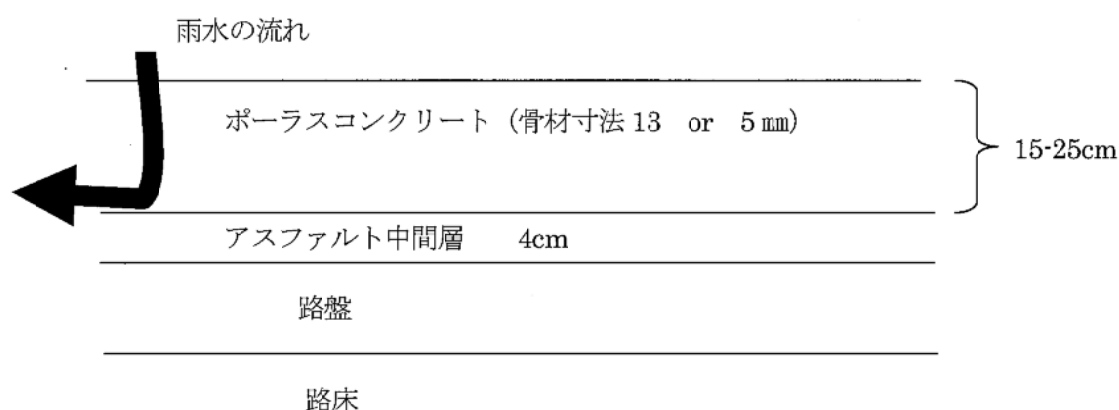


図 1-3 コンクリート版全厚がポーラスコンクリートである構造

その 2：コンクリート版は、下層は骨材寸法の違うポーラスコンクリートとし、それがフレッシュなうちに上層にポーラスコンクリートを打ち継ぎ形成されるタイプ（透水性）。

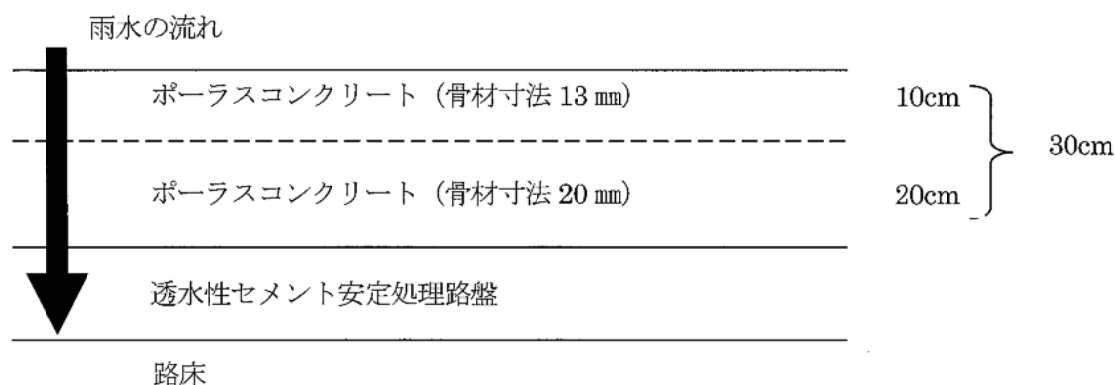


図 1-4 コンクリート版の全厚がポーラスコンクリートであるが、上面側と底面側で異なる配合のポーラスコンクリートである構造

2) 構造設計の考え方

ポーラスコンクリート舗装は、舗装の断面で示したいずれの場合も、コンクリート版の中には、鉄網、鉄筋などの鋼材を用いないため、同様な構造である転圧コンクリート舗装の設計（（社）日本道路協会：舗装設計便覧）³⁾を参考にするとよい。透水性舗装の場合は、路盤支持力係数が雨水の浸透によっても所定の路盤面の支持力係数（200MPa/m 以上）を確保できるように、耐水性の高い材料を用いるか、「道路路面雨水処理マニュアル(案)」¹⁾を参考に路盤厚の割り増しを検討する。

3) ポーラスコンクリート版

ポーラスコンクリート版を直接表層に用いる場合の表面は、すべりにくく、すり減りが少なくまた平坦性も良好なものとしなければならない。なお、鉄網、ダウエルバー、タイバーは使用しない。

① ポーラスコンクリートの設計基準曲げ強度

車道や車両が走行する箇所にポーラスコンクリートを用いる場合は、曲げ強度 4.4N/mm^2 を標準とする。

② ポーラスコンクリート版の厚さと目地間隔

車道におけるポーラスコンクリート版の版厚は、転圧コンクリート舗装に準じる場合が多い。その厚さと目地間隔は表 1-1 のとおりである。なお、目地間隔は転圧コンクリート舗装では 5m（版厚の 20 倍から 33 倍）とするが、ポーラスコンクリート舗装では版厚の 20 倍程度と、やや目地間隔は短くする場合が多い。これは、目地部で荷重伝達性に関係するのは骨材のかみ合わせのみでありかつ、この構造での車道での十分な実績がないため、目地の誘発されるひび割れ幅を狭くし、骨材のかみ合わせによる荷重伝達性を確保しようとする考え方が前提となっている。

表 1-1 ポーラスコンクリート版の版厚と目地間隔

交通量 区分	舗装計画交通量	コンクリート版の設計				目地間隔	鉄網、 タイバー、 ダウエルバー
		設計基準 曲げ強度 (N/mm^2)	版厚 (cm)	設計基準 曲げ強度 (N/mm^2)	版厚 (cm)		
N ₁ -N ₃	T<100	4.4	15	—	—	版厚の 20 倍程度	原則として用 いない
N ₄	1000≤T<250	4.4	20	4.9	18		
N ₅	250≤T<1000	4.4	25	4.9	22		
N ₆	1000≤T<3000	—	—	4.9	25		

4) 目地構造

ポーラスコンクリート版には、版の収縮膨張、そりなどによる応力を軽減するために、目地を設置するが、目地部にはダウエルバー、タイバーなどは用いない。目地の切削深さ、注入目地材材料については転圧コンクリート舗装に準じる場合が多い。

目地の切削は一般には道路軸に対して直角であるが、1:6 の角度で切削する斜め目地（スキュー目地とも呼ばれる）とする場合もある。これは目地にダウエルバーを用いることができないため、車両の軸荷重の目地部への同時載荷を防ぐことで、荷重伝達性の経時的低下の緩和を目的としてい

る。米国カリフォルニア州やフランスのダウエルバーを用いないコンクリート舗装では標準的な目地構造である。

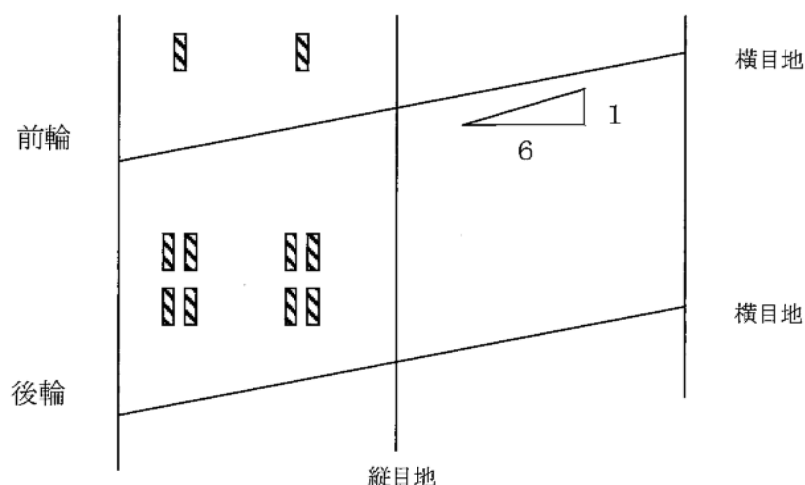


図 1-5 斜め目地の構造（平面図）

(3) 薄層付着タイプ

1) 舗装の断面

コンクリート版上に、コンクリート材料で排水機能を付加するために、ポーラスコンクリート層を施工して付着させ、あるいは既設コンクリート版表面を切削しポーラスコンクリート層を施工し付着させ、下層と一体化させる工法である。ポーラスコンクリート層の厚さは4～5cmが多い。

本工法は、これまでのコンクリート舗装上の付着型コンクリートオーバーレイと同様に、既設版とポーラスコンクリート層が付着していることが重要である。

なお、既設コンクリート版がポーラスコンクリートであり、表面部の空隙つまりを解消するため、表面部を5cm切削し、付着材を塗布してポーラスコンクリートを打設した事例⁴⁾もある。

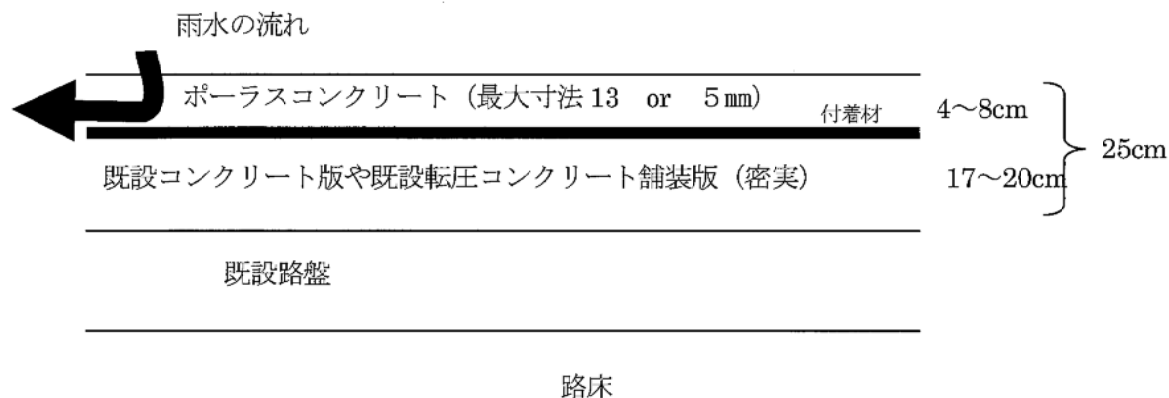


図 1-6 薄層付着タイプの例

2) 構造設計の考え方

既設コンクリート舗装上のポーラスコンクリート層の薄層付着タイプは、既設舗装が構造的に健

全な状態の場合にのみ適用される。一般には路面性能の向上を目的として実施されることケースが多い。

3) 付着材とポーラスコンクリート版

ポーラスコンクリート自体はモルタル分が少ないことから、既設コンクリート版表面を粗面にして十分清浄しても、ポーラスコンクリート層を既設コンクリート版に付着させることは難しい。したがって、ポーラスコンクリートを舗設する直前に無収縮セメントグラウトやモルタルを敷きならし、これを付着材として既設版とポーラスコンクリートを一体化させる。一体化のため、一般に切削（必要に応じて）→ ショットブラスト → 付着材の敷きならし → ポーラスコンクリートの打設が実施される。

4) 目地構造

目地は、ポーラスコンクリートオーバーレイ層では既設コンクリート版の目地に合わせてその直上でオーバーレイ全厚を切削することが重要である。目地には、雨水の水平方向の流れを阻害しないようにガasket型目地を挿入し目地深さの半分を中空にした事例もある。

(4) ホワイトトッピングタイプ

1) 舗装の断面

現在我が国では、ホワイトトッピング工法も、ポーラスコンクリート材料もいずれも新技術であり実績は多くなく、さらに、それを組み合わせた施工事例は1箇所⁵⁾しかない(図1-7)。本箇所ではアスファルト安定処理路盤6cmと密粒度アスファルトコンクリート4cmを施工し、そのうえにポリマーセメントスラリーを付着材として用いてアスファルトコンクリート層とポーラスコンクリート版の一体化を図る試みをしている(排水性)。なお、本箇所の構造は、その後、ホワイトトッピング工法に関する研究が進められた結果、推奨されている目地間隔や材料性状とはやや異なるものである。

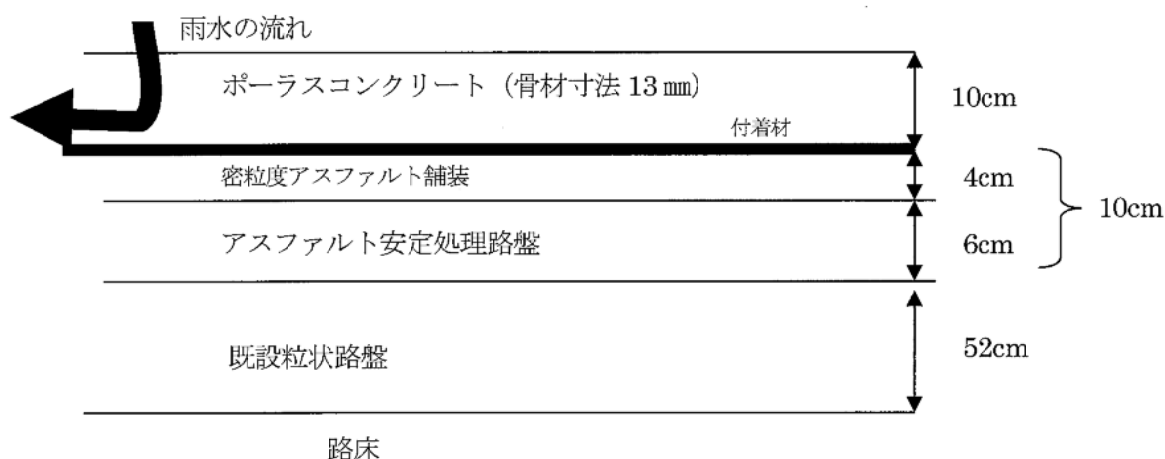


図 1-7 ホワイトトッピングタイプの施工の断面例

2) 構造設計の考え方

構造設計の考え方は、下層アスファルトコンクリート層と付着させたコンクリート層が一体となって挙動するとして、構造設計するものである。アスファルトコンクリート層も荷重を分担することと、目地間隔を版厚の 15～20 倍程度と通常のコンクリート舗装の場合（30～40 倍）に比べて小さくして発生する曲げ応力などを小さくすることなどから、コンクリート版厚は、10～15cm 程度と薄い。なお詳細は、参考文献^{6) 7)}を参照するとよい。

3) 目地間隔と目地構造

目地間隔は、通常のホワイートoppingでは版厚の 12～15 倍程度とされている。目地は、版厚の 1/3 程度を切削する。なお、上記の事例では横目地間隔 4m で版厚の 40 倍に相当するが、ホワイートoppingに関する十分な知見が得られていなかった時点での構造であった。

【参考文献】

- 1) 独立行政法人 土木研究所編著：道路路面雨水処理マニュアル(案)、山海堂、2005 年 12 月
- 2) 社団法人日本道路協会：舗装設計施工指針(平成 18 年版)、2006 年 2 月
- 3) 社団法人日本道路協会：舗装設計便覧、2006 年 2 月
- 4) 野田悦郎、岡久雄、吉本徹：機能性回復向上をポーラスコンクリートによる接着付着オーバーレイ工法の試験舗装、第 26 回日本道路会議論文、No.20093、2005 年
- 5) 社団法人セメント協会：舗装技術専門委員会 R-20、車道用ポーラスコンクリート試験舗装報告ー千葉県道 松戸・野田線・供用 5 年、2006 年 9 月
- 6) 社団法人セメント協会：舗装技術専門委員会 R-14、薄層付着型ホワイトトッピング工法に関する調査・研究、2001 年 12 月
- 7) 社団法人セメント協会：舗装技術専門委員会 R-19、ホワイトトッピング試験舗装中間報告ー千葉県道 松戸・野田線・供用 3 年、2006 年 3 月

2. 材料

2.1 概説

ポーラスコンクリート舗装の材料には、所要の性能を満足するように、品質の確かめられたものを選定しなければならない。

ポーラスコンクリート舗装は、適切な材料を選定することが重要である。材料の適否は、試験あるいは既往の実績によって判断でき、JIS ならび土木学会規準などに適合した材料は、品質が確かめられたものと判断できる。なお、ポーラスコンクリート舗装に用いる材料で、本マニュアル（案）に記載した以外の事項については、原則として「舗装設計施工指針」¹⁾あるいは「舗装施工便覧」²⁾に準じるものとする。

2.2 ポーラスコンクリートに用いる材料

ポーラスコンクリートを表層に用いる場合は、交通荷重や気象作用など、厳しい環境条件にさらされるので、ポーラスコンクリートに用いる材料は工事着手前に十分な調査、試験を行って品質を確かめてから使用するのが望ましい。また、工事中は常に品質の変動に留意し、所要の品質を満足していることを観察や試験によって確かめる。

ポーラスコンクリートに用いる材料は、通常のコンクリート用材料とほぼ同様のものを使用するが、セメントや混和材料などで新しい材料を使用する場合は、その特性を十分に把握して使用するとよい。なお、ポーラスコンクリートのコンシステンシーは、水量のわずかな増減により影響されるため、細骨材および粗骨材は、できるかぎり表面水量の変動がすくないものを用いるのが望ましい。

(1) セメント

ポーラスコンクリートに用いるセメントは、JIS の規定に適合したものを標準とする。JIS に規定されているセメントのうち、普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメントおよびエコセメントが使用された実績がある。なお、JIS に規定された以外の新しく開発されたセメントなどを使用する場合には、事前に調査検討を行い、その特性を把握してから用いる。

通常は普通ポルトランドセメントが多く用いられ、早期強度を必要する場合や冬期施工する場合には早強ポルトランドセメントが使用される場合がある。なお、薄層付着タイプおよびホワイトトッピングタイプのポーラスコンクリートを用いた既設料金所などでの修繕工事では、超早強ポルトランドセメントおよび速硬セメントの使用を検討するとよい。

(2) 水

ポーラスコンクリートの練混ぜに用いる水は、コンクリートの品質に影響を及ぼす物質を有害量含むものであってはならない。したがって、ポーラスコンクリートの練混ぜに用いる水は、JIS A 5308「レディーミクストコンクリート、附属書 3」に適合したものを標準とする。

なお、養生に用いる水は、ポーラスコンクリートの表面を侵す物質を有害量含むものであってはならない。

(3) 細骨材

ポーラスコンクリートに用いる細骨材は、清浄、強硬、耐久的で、ごみ、泥、有機不純物、塩分などを有害量含まないものとする。ポーラスコンクリートに細骨材を使用することで、結合材部分の粘性を高め、ダレ落ちを防止する効果があると考えられる。また、細骨材を混入することで乾燥に対する収縮量が低減し、乾湿繰り返しに対する耐久性を向上させると考えられる。

細骨材の品質は、JIS A 5308 「レディーミクストコンクリート、附属書 1」の規定に準拠したものを基本とするが、粒径を小さくしたものが用いられる場合がある。

(4) 粗骨材

ポーラスコンクリートに用いる粗骨材は、清浄、強硬、耐久的で、粘土塊、軟らかい石片、細長い石片、有機不純物などを有害量含まないもので、気象作用に対して耐久性があり、交通車両によるすりへり作用への抵抗性が大きいものを使用する。

ポーラスコンクリートは、空隙を確保することが重要であるため、実積率の小さい粗骨材を使用する必要がある、この場合は単一粒度の粗骨材を使用することが望ましい。一般的に、JIS A 5001 「道路用砕石」に規定されている最大寸法が 13mm 以下の単一粒度の 6 号砕石ないし、より低騒音性を確保するために 5mm の 7 号砕石を使用する。表 2-1 に粒度分布の範囲を示す。なお、川砂利は、形状が丸く、かつ連続粒度が確保されている場合が多いので実積率が高くなり、空隙率を大きく設定したい場合は不向きである。

表 2-1 砕石の粒度

呼び名	粒度 範囲 (mm)	ふるいを通るものの質量百分率(%)				
		ふるいの呼び寸法(mm)				
		20	13	5	2.5	1.2
S-13 (6 号)	13~5	100	85~100	0~15		
S-5 (7 号)	5~2.5		100	85~100	0~25	0~5

(5) 混和剤

ポーラスコンクリートに用いる混和剤は、JIS A 6204 「コンクリート用化学混和剤」の規定に適合する AE 減水剤、高性能減水剤、高性能 AE 減水剤か、またはポーラスコンクリート専用の混和剤を使用する。

ポーラスコンクリートの強度は、一般のコンクリートに比べて低い。そのため、減水剤などを使用することで水セメント比を出来るだけ下げ、強度を確保することが望ましい。また、夏期に舗設する場合およびプラントから現場までの運搬時間が長くなる場合などでフレッシュコンクリートの品質変化が予測される場合には遅延形の混和剤、または凝結遅延剤を使用するのが望ましい。

(6) 混和材

ポーラスコンクリートに用いる混和材は、ポーラスコンクリートの品質を向上させる目的で、高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、シリカフューム、ポリマーなどが、またはポーラスコンクリート専用の混和材を使用する。

混和材は、ポーラスコンクリートの強度、耐久性および結合材の性状を改善することを目的に使用することが多い。しかし、混和材を使用する場合には、混和材がポーラスコンクリートの品質に与える影響を十分に把握したうえで、使用しなければならない。

2.3 その他の材料

(1) 路盤材料

路盤材料は、耐久性に富み、含水量の変化や凍結融解などにより、その性質が変化しにくい均一なものを使用する。なお、一般車道へ適用する場合には、路盤・路床への雨水浸透による軟弱化対策のため、アスファルト中間層を用いて排水処理もしくは路盤をセメント安定処理することが多い。

アスファルト中間層に用いる材料は、舗装施工便覧²⁾に適合したものとする。アスファルト中間層には、一般に密粒度アスファルト混合物を用いる。また、セメント安定処理路盤に用いるセメントは、JISの規定に適合したものとする。

(2) 目地材料

目地材料には、土や土砂などの異物の浸入を防ぐため、ポーラスコンクリート版の膨張収縮に順応し、耐久性や耐候性にすぐれたものを使用する。なお、薄層付着タイプでは、ガasket型目地を挿入し目地深さの半分を中空にすることで、横方向の水の流れをスムーズにするとともに、夏期における目地材料のはみ出しを防止した実績がある。

(3) 付着材

薄層付着タイプおよびホワイトトッピングタイプでは、下層のコンクリート版もしくはアスファルト基版との一体化を図ることを目的で、無収縮系のセメントモルタル、ポリマーセメントモルタルなどを使用する。また、薄層付着型では、早期交通開放が必要となることが多いことから、速硬型の付着材の使用を検討するとよい。

ポーラスコンクリートは、付着の主体となるモルタル量が少ないため、薄層付着型では、ショットブラスト研掃などで下層の脆弱部の除去と粗面化を行い、その上に付着材を敷ならしてからポーラスコンクリートを敷設する。

【参考文献】

- 1) 社団法人日本道路協会：舗装設計施工指針(平成18年版)、2006年2月
- 2) 社団法人日本道路協会：舗装施工便覧(平成18年版)、2006年2月

3. ポーラスコンクリートの配合

3.1 概説

ポーラスコンクリートの配合は、作業に適したワーカビリティが得られ、硬化後に所要の品質を満たすように定めなければならない。

作業に適したワーカビリティには、材料分離に対する抵抗性をもつこと、および使用する舗設機械により所要の平たん性が得られ、かつ所要の空隙率を有して締固めが行えることが要求される。ポーラスコンクリートは単位水量が小さく、空隙率が高いため、硬化後の品質は締固めの程度に大きく左右される。したがって、フレッシュコンクリートの品質に配慮し、適切に締固めが行えるようにすることが必要である。また、硬化後の品質には、所要の強度、耐久性、すりへり抵抗性、および品質のばらつきの少なさが要求される。

従来の配合設計法は普通コンクリートの最適細骨材率を求めるのと同様に、最適モルタル粗骨材容積比 (V_m/V_g) を求める手法であった。この手法では、モルタル部の配合条件である水セメント比 (W/C) または水結合材比 (W/B)、細骨材量を定めるための細骨材モルタル容積比 (V_s/V_m) やセメント細骨材質量比 (P/S) などは過去の経験から固定した条件で行うことが多い。本マニュアルでは、骨材の実積率がポーラスコンクリートの空隙率に及ぼす影響が大きいことを考慮し、骨材の実積率を含んだ配合条件としてモルタル粗骨材空隙比 (K_m) およびペースト細骨材空隙比 (K_p) を用いた配合設計手法を提案する。配合例を巻末の付録 1 (ポーラスコンクリートの配合設計例) に示す。

3.2 配合条件

(1) 空隙率

ポーラスコンクリートの空隙率は、ポーラスコンクリートの透水係数を「舗装施工便覧」にしたがって $1 \times 10^{-2} \text{cm/秒}$ 以上とするため 15% 以上とする。空隙率には、ポーラスコンクリート中の全ての空隙を示す全空隙率と、連続した空隙のみを示す連続空隙率がある。配合設計を行う上では全空隙率を用いるが、実際の性能は連続空隙率に左右される。一般的に連続空隙率は、全空隙率より 2~5% 程度小さい。空隙率の大きさはポーラスコンクリートの強度に大きな影響を与えるため、強度と空隙率の関係を考慮して配合設計を行う必要がある。

空隙率を求める方法は、沈下法によるコンシステンシー試験¹⁾、マーシャル法によるコンシステンシー試験²⁾ および VC 振動締固め法によるコンシステンシー試験³⁾ がある。これらの試験方法を付録に示す。

透水係数を求める方法は、ポーラスコンクリートの透水試験方法(案)⁴⁾ および高機能舗装用混合物の室内透水試験方法⁵⁾ がある。これらの試験方法を付録に示す。

(2) 設計基準強度

ポーラスコンクリートの設計基準強度は、「舗装設計施工指針」⁶⁾ にしたがって設定する。

(3) 耐久性

ポーラスコンクリートに要求される耐久性は、主に① 凍結融解に対する耐久性、② 乾湿繰り返しに対する耐久性、③ 磨耗作用に対する耐久性などが挙げられる。

ポーラスコンクリートは環境条件および設計供用年数を配慮して、十分な耐久性を有する配合としなければならない。ポーラスコンクリートは空隙率が高い構造的な特性から、一般のコンクリートと比較すると耐久性はやや劣る傾向にある。このため、耐久性を向上させるために水粉体比を 20%程度の低い値としている実績がある。

(4) ワーカビリティ

ポーラスコンクリートは、極めて硬練りのコンクリートで高空隙率を有するコンクリートであるため、通常の舗装用コンクリートで用いられているスランプ試験や振動台式コンシステンシー試験が適用できない。コンシステンシーの指標として、比較的大きなエネルギーを与えて締固め（3.2 (1) 参照）、その時の沈下量や締固め密度の測定値を使用している。ポーラスコンクリートのコンシステンシーは、主に単位水量や混和剤・材の影響を受け、舗設機械の性能に比べて硬すぎると締固めが不十分となり、コンクリート中に目標空隙より多くの空隙が残って強度低下を招く。また、軟らかすぎると舗設時に不陸が生じ易くなり、平坦性を阻害するため、所要のコンシステンシーが得られるように適切な単位水量および混和剤・材を選定する。

- ・ ポーラスコンクリートは、舗設方法に応じたワーカビリティをもち、所要の平坦性、空隙率、表面の均一性が得られるフィニッシュビリティをもつものでなければならない。
- ・ ポーラスコンクリートは、施工条件に応じて適切なコンシステンシーをもつものでなければならない。
- ・ ポーラスコンクリートのコンシステンシーを評価する試験方法は、適切な試験方法を選定しなければならない。

3.3 配合設計

(1) 配合設計の一般的手順

ポーラスコンクリートは、通常のコンクリートと同様にセメント、水、細骨材、粗骨材および混和剤・材を使用するが、用途によっては高い連続空隙を得るために細骨材を使用しない事例もある。しかし、最近の研究報告によれば細骨材を使用しない場合、乾湿繰り返し抵抗性の低下が懸念されることからできるだけ細骨材を使用することが望ましいとするものがある。また、既往の研究報告によれば、空隙量や空隙径が強度や付加性能に及ぼす影響が大きいと言われており、ポーラスコンクリートの配合設計においては、所要の強度や透水性などの性能を確保するために、空隙の状態を考慮することが重要である。

配合設計の一般的手順は次のとおりとし、配合設計のフローを図 3-1 に示す。配合設計は、室内

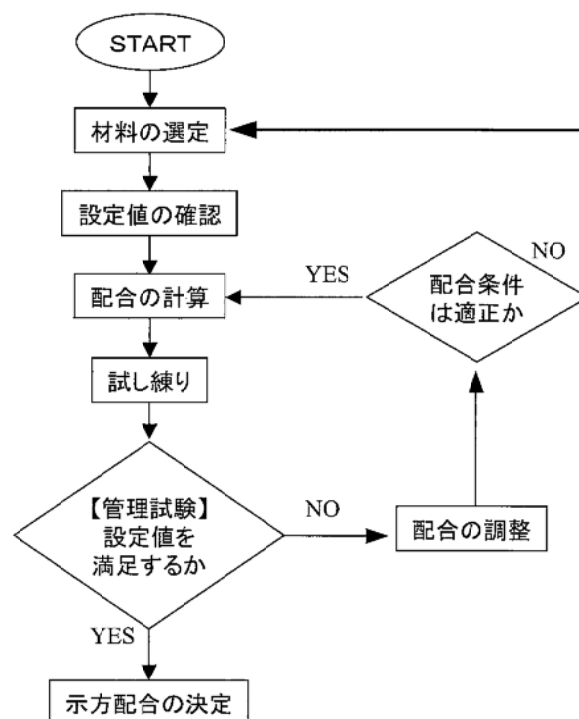


図 3-1 配合設計のフロー

で定めた配合を基にし、原則として実際に使用するプラントで試験練りを行い、その結果から室内での配合を修正して示方配合を決定する。

- 1) 要求された強度や性能より、使用材料の選定、設計空隙率、設計基準強度および配合強度の選定を行う。設計空隙率は強度や透水性などを考慮して定める。ポーラスコンクリートの空隙率の許容差は原則として $\pm 2.5\%$ 以内とする。
- 2) 設計基準強度は設計空隙率における強度とし、車道用途の場合、コンクリート舗装を参考にし、曲げ強度 4.4N/mm^2 としてもよい。配合強度は強度のばらつきなどを考慮して、設計基準強度に割り増し係数を乗じて定める。また、強度が空隙率の影響を受けることを考慮し、安全側で評価する場合には空隙率の許容範囲で最大となる空隙率でも確認することが望ましい。
- 3) 透水係数は、既往の研究報告によれば透水係数 0.01cm/sec を満足する空隙率は 15% 以上とされており、これを下限空隙率の参考にするとよい。透水性については、原則として試験により確認することとする。また、透水性が空隙率の影響を受けることを考慮し、安全側で評価する場合には空隙率の許容範囲で最小となる空隙率でも確認することが望ましい。透水性については舗装版としては現場透水試験⁷⁾が行われるが、現状では透水係数との関係は明らかになっていない。よって、透水性の目標値を現場透水量とする場合は、適切な試験方法により現場透水量を測定し、目標空隙率を定める必要がある。既往の成果によると、空隙率 18% 程度で現場透水量 $1,000\text{ml}/15\text{sec}$ を満足することが確認されている。
- 4) ポーラスコンクリートは、粗骨材の粒子同士をモルタルまたはペーストで連結する構造である。所定の空隙率となるように配合条件を設定し、各材料の単位量を計算により求める。主な指標は、水結合材比 (W/B)、ペースト細骨材空隙比 (Kp) およびモルタル粗骨材空隙比 (Km) とし、混和剤・材を使用する場合は別途使用量を定める。
- 5) 各指標は以下の式により定めることとする。水結合材比 (W/B、式 3-1 参照) は強度や流動性などを考慮して定める。ペーストやモルタルは粗骨材同士を結合する役割を持つことから、強度への影響が考えられる。また、ペーストやモルタルの流動性は、空隙の閉塞や締固め性に影響する。既往の報告によれば、水結合材比は $20\sim 25\%$ の実績がある。適切な水結合材比は使用される混和剤・材により、強度発現性や流動性が異なることから、実験による確認が必要である。混和剤・材はポーラスコンクリートのコンシステンシーの調整や骨材粒の結合を強固にするために使用される。

$$W/B = \frac{W}{C + Ad} \quad \text{式 3-1}$$

ここで、W：単位水量(kg/m^3)、B：単位結合材量(kg/m^3)、C：単位セメント量(kg/m^3)、Ad：単位混和材量(kg/m^3)とする。

- 6) ペースト細骨材空隙比 (K_p 、式 3-2 参照) は、ポーラスコンクリートの締固め性や強度に影響を及ぼす指標である。経済性を考えれば K_p が大きい方が良く、既往の研究によると収縮、凍結融解抵抗性、乾湿繰り返し抵抗性などの耐久性からも細骨材の使用が効果的であるといわれている。しかし、 K_p を大きくすることによりペースト量が少なくなるため、締固めしにくくなることや強度低下を及ぼすこともあるため、 K_p を設定する際には注意が必要である。既往の研究によると、 K_p は 5~7 程度が良いものと考えられる。

$$K_p = \frac{p}{V_s} = \frac{p}{s} \times \frac{G_s}{100 - G_s} \quad \text{式 3-2}$$

ここで、 K_p : ペースト細骨材空隙比、 p : ペーストの単位容積(m^3/m^3)、 V_s : 細骨材が形成する空隙量(m^3/m^3)、 s : 細骨材の単位容積(m^3/m^3)、 G_s : 細骨材の実積率(%)とする。

- 7) モルタル粗骨材空隙比 (K_m 、式 3-3 参照) は、ポーラスコンクリートの締固め性や空隙率を定める重要な指標である。

$$K_m = \frac{m}{V_g} = \frac{m}{g} \times \frac{G_g}{100 - G_g} \quad \text{式 3-3}$$

ここで、 K_m : モルタル粗骨材空隙比、 m : モルタルの単位容積(m^3/m^3)、 V_g : 粗骨材が形成する空隙量(m^3/m^3)、 g : 粗骨材の単位容積(m^3/m^3)、 G_g : 粗骨材の実積率(%)とする。

- 8) K_m と全空隙率 V_t の関係式を式 3-4 に示す。 K_m は 1 以下においてポーラスコンクリートの全空隙率とほぼ線形の関係となる。式 3-4 は $K_m=0$ において、粗骨材が形成する空隙量 $V_g (=1 \cdot G_g/100)$ となる。 K_m が定まることにより、粗骨材とモルタルの比率が定まることとなる。傾き α は、使用材料および K_m 以外の配合条件が同じ場合に定数となる実験定数であり、予め実験により求める必要がある。傾き α は $1 - G_g/100$ となった場合、粗骨材が完全に充填されることとなり、 $K_m=1$ において空隙率が 0% となる。しかし、実際には、粗骨材間にペーストや細骨材が存在することによって、粗骨材間距離が大きくなるため、 α は $1 - G_g/100$ より小さくなることが多い。傾き α の例を表 3-1 に示す。

$$V_t = \left(-\alpha \times K_m + \frac{100 - G_g}{100} \right) \times 100 \quad \text{式 3-4}$$

ここで、 V_t : ポーラスコンクリートの全空隙率(%)、 α : 実験により定まる定数、 G_g : 粗骨材の実積率 (%) とする。

表 3-1 傾き α の例

粗骨材種類	粗骨材 の実積率	細骨材 の実積率	ペースト細骨材空隙比 K_p			
			3.0	5.0	7.0	∞
6号碎石 (13-5mm)	58.3%	64.5%	0.306	0.338	0.355	0.417
7号碎石 (5-2.5mm)	57.2%	66.9%	0.283	0.325	0.348	0.431

- 9) ペースト細骨材空隙比 (K_p) を変える場合は、 α と K_p の関係を求めることにより、配合を定めることが可能である。式 3-4 の傾き α は、使用材料およびペースト細骨材空隙比 (K_p) 以外の指標が同じ場合には、式 3-5 に示すように K_p の分数関数で示すことができる。ここで、式 3-5 に示す α_1 および α_2 は、実験により求めることができる定数である。 α_1 および α_2 は、理論的には細骨材を使用しない ($K_p=\infty$) 場合に $\alpha=\alpha_1$ となり、ペーストを使用しない場合に $\alpha=\alpha_2$ となる。 K_p はポーラスコンクリートの締固め性や空隙率へ影響することから、強度の増加、モルタルのダレ落ちの防止、モルタルの乾燥収縮低減の観点から重要な指標となる。

$$\alpha = \frac{(\alpha_2 - \alpha_1) \frac{G_s}{100 - G_s}}{K_p + \frac{G_s}{100 - G_s}} + \alpha_1 \quad \text{式 3-5}$$

ここで、 α_1 、 α_2 ：実験により定まる定数、 G_s ：細骨材の実積率(%)とする。

- 10) 上述の方法により求めた指標によりポーラスコンクリートの試し練りを行い、所要の性能（設定値）を満足するかを確認する。設定値を満足しない場合には、後述する配合計算例を参考に、配合補正を行う。配合補正の検討時に、選定された材料では所要の性能を満足する指標が得られないことが判明した場合、セメント、混和剤・材および骨材などの材料の再選定が必要となる場合もある。
- 11) 室内における試験練りには実験用のミキサが用いられ、実際の製造で用いるプラントのミキサとは容量、練混ぜ性能などが異なるため、練り混ぜたコンクリートの品質に差がある場合がある。したがって、過去に製造実績のないプラントを使用する場合には、原則としてプラントにおける試験練りを行い、所要の品質が得られるよう室内で定めた配合を修正して示方配合を決定する。また、使用材料の変動、予想される気温変化などがコンクリートの品質に影響を及ぼす場合もあり、必要に応じてこれらの確認のための試験を行って配合を修正する。

(2) 配合計算例

ポーラスコンクリートの配合計算例を以下に示す。

- 1) 配合計算例に使用する材料および目標性能をそれぞれ表 3-2 および表 3-3 とする。

表 3-2 使用材料

使用材料			品質
セメント	C	普通ポルトランドセメント	密度：3.16g/cm ³
水	W	—	—
混和剤	—	高性能 AE 減水剤	—
細骨材	S	コンクリート用細骨材	表乾密度：2.63g/cm ³ 、実積率：64.5%
粗骨材	G	単粒度碎石 S-13 (6号)	表乾密度：2.64g/cm ³ 、実積率：58.3%

表 3-3 目標性能

曲げ強度	4.4N/mm ² 以上
透水係数	0.01cm/sec 以上

- 2) 設計基準曲げ強度 4.4N/mm² より、既往の報告から水セメント比 (W/C) を 20%、混和剤添加量を C×1% とし、目標とする空隙率は 20% 以下とする。また、目標透水係数 0.01cm/sec 以上より下限空隙率は 15% 以上必要であることから、目標空隙率を 15~20% とし、設計空隙率を 17.5% とする。
- 3) ペースト細骨材空隙比 (K_p) は既往の報告を参考に 7.0 とする。使用する粗骨材が 6 号碎石であることから、表 3-1 より傾き α=0.355 を用いて、設計空隙率 17.5% となるモルタル粗骨材空隙比 (K_m) は 0.68 と計算される (式 3-6 参照)。

$$K_m = \frac{V_t - (1 - Gg)}{-\alpha} = \frac{0.175 - (1 - 0.583)}{-0.355} = 0.68 \quad \text{式 3-6}$$

- 4) 目標性能および設定された指標を表 3-4 にまとめる。

表 3-4 目標値および指標

目標値			指標				
設計基準 曲げ強度 (N/mm ²)	目標 透水係数 (cm/sec)	目標 空隙率 (%)	設計 空隙率 V _d (%)	水セメント比 (W/C) (%)	混和剤 添加量 (C×%)	モルタル 粗骨材空隙比 (K _m)	ペースト細骨材 空隙比 (K _p)
4.4	0.01	17.5±2.5	17.5	20.0	1.0	0.68	7.0

- 5) 次に、指標より各材料の使用量を求める。設計空隙率 17.5% であることから、式 3-7~3-10 より単位粗骨材量は 0.555(m³/m³) と計算される。また、単位粗骨材かさ容積は 0.952(m³/m³) である。骨材と骨材の隙間にモルタルやペーストが入り込むために、1m³中に存在する粗骨材量が実積率

の値より幾分小さくなる。単位粗骨材かさ容積は一般的に 0.95～0.98 程度の値が多い。

$$Km = \frac{m}{g} \times \frac{Gg}{100 - Gg} \quad \text{式 3-7}$$

ここで、m：モルタルの単位容積(m³/m³)、g：粗骨材の単位容積(m³/m³)とする。

$$m = Km \times g \times \frac{100 - Gg}{Gg} \quad \text{式 3-8}$$

$$1 - \frac{Vd}{100} = g + m = \left(1 + Km \times \frac{100 - Gg}{Gg} \right) g \quad \text{式 3-9}$$

ここで、Vd：設計空隙率(%)とする。

$$g = \frac{1 - \frac{Vd}{100}}{1 + Km \times \frac{100 - Gg}{Gg}} = \frac{1 - 0.175}{1 + 0.68 \times \frac{100 - 58.3}{58.3}} = 0.555 \quad \text{式 3-10}$$

- 6) 同様に、細骨材の単位容積は式 3-11～3-14 より 0.056(m³/m³)、式 3-15 よりペーストの単位容積は 0.214(m³/m³)と計算される。モルタルの単位容積は 0.220～0.290 m³/m³程度の実績が多い。また、ペースト量(単位水量+セメント量)が極端に少ないと所定のフレッシュ性状が確保できない。単位水量は 70～90kg/m³程度である。

$$Kp = \frac{p}{s} \times \frac{Gs}{100 - Gs} \quad \text{式 3-11}$$

ここで、p：ペーストの単位容積(m³/m³)、s：細骨材の単位容積(m³/m³)とする。

$$p = Kp \times s \times \frac{100 - Gs}{Gs} \quad \text{式 3-12}$$

$$1 - \frac{Vd}{100} - g = m = p + s = \left(1 + Kp \times \frac{100 - Gs}{Gs} \right) s \quad \text{式 3-13}$$

$$s = \frac{1 - \frac{Vd}{100} - g}{1 + Kp \times \frac{100 - Gs}{Gs}} = \frac{1 - 0.175 - 0.555}{1 + 7.0 \times \frac{100 - 64.5}{64.5}} = 0.056 \quad \text{式 3-14}$$

$$p = 1 - \frac{Vd}{100} - g - s = 1 - 0.175 - 0.555 - 0.056 = 0.214 \quad \text{式 3-15}$$

- 7) 同様に、水の単位容積は式 3-16～3-18 より 0.083(m³/m³)、式 3-19 よりセメントの単位容積は 0.131(m³/m³)と計算される。

$$W/C = \frac{w}{c \times \rho_c} \quad \text{式 3-16}$$

ここで、 w :水の単位容積(m^3/m^3)、 c :セメントの単位容積(m^3/m^3)、 ρ_c :セメントの密度(g/cm^3)とする。

$$p = w + c = w + \frac{w}{\rho_c \times (W/C)} = \left\{ 1 + \frac{1}{\rho_c \times (W/C)} \right\} w \quad \text{式 3-17}$$

$$w = \frac{p}{1 + \frac{1}{\rho_c \times (W/C)}} = \frac{0.214}{1 + \frac{1}{3.16 \times 0.20}} = 0.083 \quad \text{式 3-18}$$

$$c = p - w = 0.214 - 0.0829 = 0.131 \quad \text{式 3-19}$$

8) 以上の結果から、表 3-4 の配合条件となるポーラスコンクリートの配合は表 3-5 となる。

表 3-5 ポーラスコンクリートの配合

指標				単位量 (m^3)					
水セメント比 (W/C) (%)	モルタル 粗骨材空隙比 (K_m)	ペースト細骨材 空隙比 (K_p)	混和剤 添加量 ($C \times \%$)		W	C	S	G	Void
				密度 (g/cm^3)	1	3.16	2.64	2.65	—
				容積(L)	83	131	56	555	175
20.0	0.68	7.0	1.0	質量(kg)	83	414	147	1465	—

9) 実験により求められた空隙率が設計空隙率と乖離している場合は配合補正する必要がある。モルタル粗骨材体積比(K_m)以外の条件を同等とする場合、式 3-4 の傾き α を再計算し、 K_m を修正する。例えば、表 3-5 の配合において実験により求められた空隙率が 20%であった場合、式 3-4 より傾き α' は 0.319 となる (式 3-20 参照)。式 3-21 より再設定された K_m' は 0.76 となる。

$$\alpha' = \frac{0.20 - (1 - 0.583)}{-0.68} = 0.319 \quad \text{式 3-20}$$

$$K_m' = \frac{V_t - (100 - Gg)}{-100\alpha} = \frac{17.5 - (100 - 58.3)}{-31.9} = 0.76 \quad \text{式 3-21}$$

10) つぎに、 K_m 以外の配合条件で配合補正する場合は、ペースト細骨材体積比 (K_p) やペーストの流動性による方法がある。ただし、これらの方法は強度やモルタルのダレ落ちなどへの影響があることに留意する必要がある。

11) ペースト細骨材体積比 (K_p) が空隙に及ぼす影響について、表 3-5 の配合および表 3-1 の K_p と傾き α の関係より検討する。表 3-5 の配合より、 $K_m=0.68$ における空隙率は 17.5%であり、式

3-4 より空隙率を算出した結果を表 3-6 に示す。Kp を小さくすると粗骨材と粗骨材の隙間に入り込む細骨材量が多くなるため、締固め性が悪くなり、空隙率が大きくなる。ただし、ペースト量が減少することから強度や耐久性の低下を招く恐れがあることに注意する。逆に Kp を大きくすると空隙率が小さくなるが、ペースト量が増大することからペーストもしくはモルタルのダレ落ちの増加や、収縮量の増大を引き起こす恐れがあることに注意する。

表 3-6 Kp と空隙率の関係

粗骨材種類	粗骨材 の実積率	細骨材 の実積率		ペースト細骨材空隙比 Kp			
				3.0	5.0	7.0	∞
6 号碎石 (13-5mm)	0.583	0.645	傾き α	0.306	0.338	0.355	0.417
			空隙率	20.9%	18.7%	17.5%	13.3%

12) 混和剤・材の種類または混合量や水セメント比により、ペーストもしくはモルタルの流動性を調整して空隙率を補正する場合は、実験により効果を確認した上で配合補正する必要がある。特に、ペーストまたはモルタルの物性が大きく変わる可能性があることから、強度、モルタルのダレ落ちおよび耐久性への影響について留意する必要がある。

13) モルタルのダレ落ちや、強度や透水性などの性能を改善するためには、指標や骨材や混和剤・材などの材料の変更を考える必要があると考えられる。

(3) 配合の表し方

ポーラスコンクリートの配合の表し方は表 3-7 を標準とする。配合の表し方の例として、表 3-5 の配合を表 3-8 に示す。単一粒度の粗骨材や細骨材に細砂を使用する場合があります、各骨材の粒度範囲を明記する。必要に応じて、空隙率は配合設計上必要となる全空隙率と硬化後の性能に影響を与える連続空隙率（目標値）の両方を明記する場合もある。

表 3-7 ポーラスコンクリートの配合の表し方

粗骨材の 粒度範囲 (mm)	細骨材の 粒度範囲 (mm)	設計 空隙率 (%)	水セメント比 (%)	モルタル 粗骨材 空隙比	ペースト 細骨材 空隙比	単位量(kg/m ³)					混和剤 使用量
						水	セメント	混和材	細骨材	粗骨材	

表 3-8 ポーラスコンクリートの配合の表し方（例）

粗骨材の 粒度範囲 (mm)	細骨材の 粒度範囲 (mm)	設計 空隙率 (%)	水セメント比 (%)	モルタル 粗骨材 空隙比	ペースト 細骨材 空隙比	単位量(kg/m ³)					混和剤 使用量
						水	セメント	混和材	細骨材	粗骨材	
13-5	5 以下	17.5	20.0	0.68	7.0	83	414	0	147	1465	C×1%

【参考文献】

- 1) 渡辺治郎、田中敏嗣、下山善秀、野田悦郎：透・排水性舗装用コンクリートのコンシステンシーに関する研究、セメント・コンクリート論文集、No.52、pp.798-803、1998 年
- 2) 関口修、浅野嘉津真：ポーラスコンクリートの歩道および車道への適用、舗装、Vol.36、No.4、pp.16-21、2001 年 4 月
- 3) 羽生賢一、松本公一、小林哲夫、児玉孝喜：ポーラスコンクリートの振動締固め特性に関する一考察、第 56 回セメント技術大会講演要旨、pp.310-311、2002 年
- 4) 社団法人日本コンクリート工学協会：ポーラスコンクリートの透水試験方法（案）、ポーラスコンクリートの設計・施工法の確立に関する研究委員会報告、pp.182-185、2003 年 5 月
- 5) 日本道路公団：高機能舗装用混合物の室内透水試験方法、JHS-234、2001 年
- 6) 社団法人日本道路協会：舗装設計施工指針(平成 18 年版)、2006 年 2 月
- 7) 日本道路協会：S025 現場透水量試験方法、舗装調査・試験法便覧〔第 1 分冊〕、pp.122-126、2007.6

4. 施工

4.1 概説

ポーラスコンクリート版の施工は、コンクリートの製造、運搬、現場への荷卸し、敷きならし、締固め、養生、目地の設置という手順で連続的に行う。普通コンクリートのように版に鉄網や補強鉄筋等の鋼材は設置しないが、舗装端部に舗装体内に流入した雨水等を集水するフレキシブルな導水管を設置することがある。ここでは、図 4-1 に示す舗装構成を持つフルデプスタイプと薄層付着タイプおよびホワイトトッピングタイプの施工方法について以下に示す。



※CRC 版は連続鉄筋コンクリート版をいい、RCC 版は転圧コンクリート版をいう。

図 4-1 ポーラスコンクリート舗装の舗装構成例

4.2 施工計画

所定の空隙率や強度を持つポーラスコンクリート版を築造するためには、現場における連続したコンクリートの舗設作業が原則となる。ポーラスコンクリートは特殊ポリマーを使用した混和剤や結合材を添加するため、通常のコンクリートと比べて混合時間が長くなる場合がある¹⁾。この場合、出荷能力が公称能力を下回るため、プラントの出荷能力を事前に把握し、現場までの運搬時間を勘案したうえで敷きならし速度等の設定を行い、舗設現場での連続作業が可能な施工計画を立案することが必要である。

4.3 施工機械

一般的にポーラスコンクリート版の施工に使用する機械をフルデプスタイプ、薄層付着タイプおよびホワイトトッピングタイプに区分して表 4-1 に示す。

ポーラスコンクリートの敷きならしには、高締固め型あるいは TV 型アスファルトフィニッシャーを用いるが、転圧にはハンドガイド式鉄輪ローラや小型ゴム巻きローラ等による路面整正程度を期待する機械を適用するのが一般的である²⁾。

表 4-1 ポーラスコンクリートに使用する施工機械(例)

目的	機械名称			
	フルデプスタイプ	薄層付着タイプ		ホワイトトッピングタイプ
施工基盤の 表面処理	—	ショットブラストなどの研掃用機械		—
製 造	レイミストコンクリート工場	外販の定置式プラント※1		レイミストコンクリート工場
運 搬	ダンプトラック	ダンプトラック or アジテータ車		アジテータ車
敷きならし	高締固め型アスファルト フィニッシャ	同左	TV型アスファルト フィニッシャ	TV型アスファルト フィニッシャ
締固め	ハンドガイド式鉄輪ローラ		小型ゴム巻きローラ or 専用プレート	ビブロプレート
目地切削	コンクリートカッター			
施工事例	福井県道 45)、千葉県道 6)	千葉県道 6)	料金所 127)	千葉県道 8)

※1：高速道路料金所で厚さ5cmの舗装に2軸強制練り式の移動式バッチャプラント(最大1m³/バッチ)を使用した事例あり。²⁾

表 4-1 に示す敷きならしを目的に使用するアスファルトフィニッシャを挙げているが、フィニッシャの概略図を図 4-2 に示す。通常のアスファルトフィニッシャは、図 4-3 に示すように、T(タンバ)とV(バイブプレート)の各々単独となっているTV型の締固め機構を持つ。高締固め型のフィニッシャは、ダブルタンバ型とプレッシャバー型に区分され、図 4-3 に示す締固めの機構を持つ。

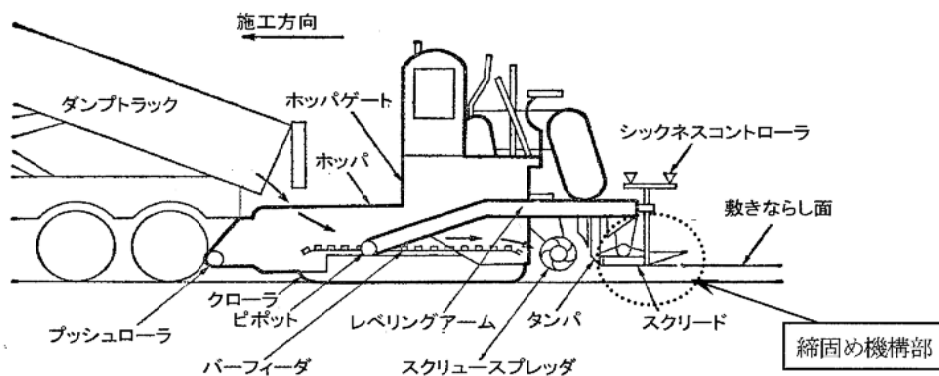


図 4-2 アスファルトフィニッシャの概略図⁹⁾

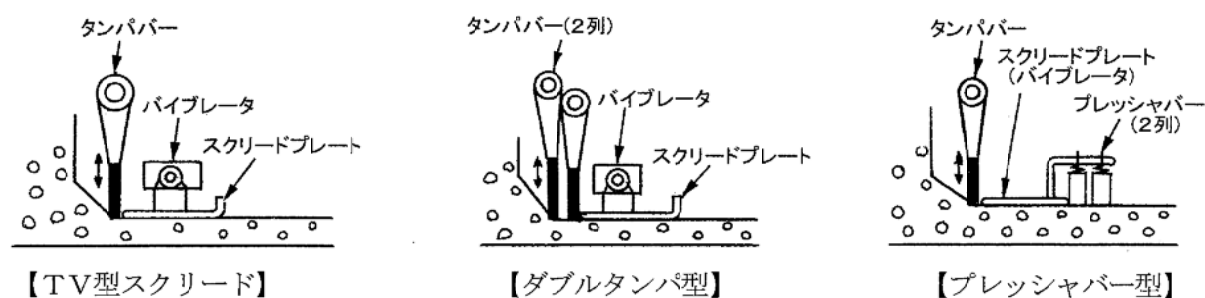


図 4-3 締固め機構部の区分¹⁰⁾

4.4 施工手順

3 タイプのポーラスコンクリート舗装の施工フローを図 4-4 に示す。

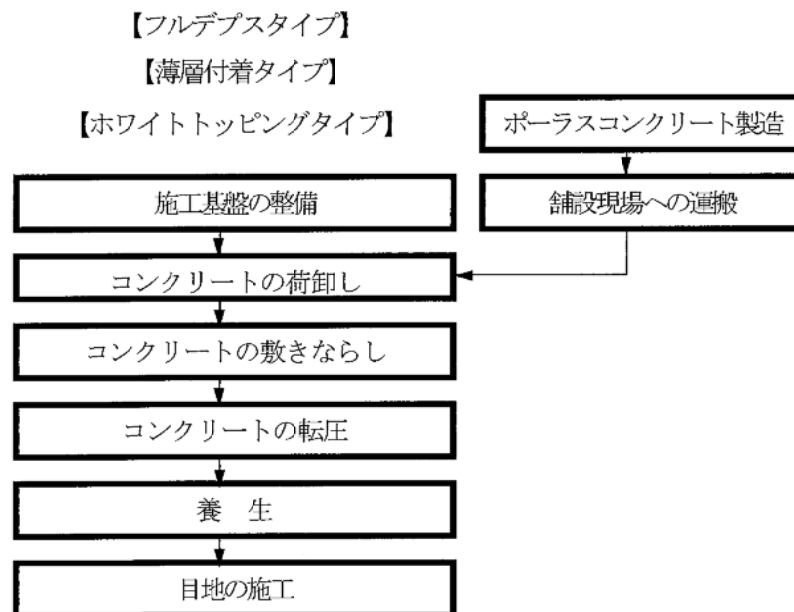


図 4-4 ポーラスコンクリート舗装の施工フロー

図 4-4 に示す施工フローの各段階における作業内容等を以下に示す。

4.5 施工基盤の整備

図 4-1 に示す舗装構成例においてポーラスコンクリート版の築造にあたり、フルデプスタイプやホワイトトッピングタイプの場合はアスファルト中間層が施工基盤に相当し、薄層付着タイプの場合はコンクリート版が施工基盤に相当する。

所定の強度や耐久性を有するポーラスコンクリート版を築造するために、施工基盤が十分な支持力や耐久性を持つ必要がある。そのためには、フルデプスタイプの場合は所定の強度をもつアスファルト混合物で良好な平坦性を有するアスファルト中間層を築造する必要がある。

(1) フルデプスタイプの施工基盤の整備

アスファルト中間層の表面を清掃して、余分なゴミや塵等を舗設区域から取り除く。

千葉県香取郡の主要地方道成田小見川鹿島線におけるフルデプスタイプの施工で、施工基盤上の路肩端部に排水パイプを設置し、集水桝に導水している状況を写真 4-1 に示す。

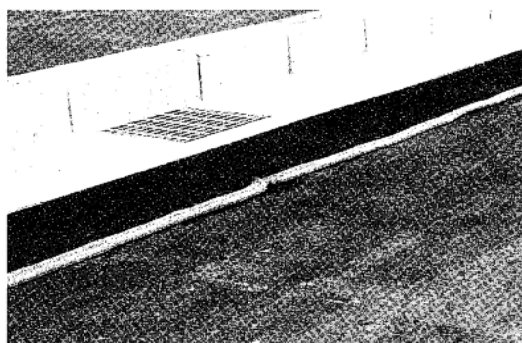


写真 4-1 施工基盤上の排水パイプの設置状況 6)

(2) 薄層付着タイプの施工基盤の整備

1) 施工基盤と同一工程で薄層付着タイプを施工する場合

施工基盤が転圧コンクリート版(以後、RCC版)の場合、RCC版の舗設が終了してポーラスコンクリートの舗設直前にセメントペーストを $2.5(\text{l}/\text{m}^2)$ 施工基盤に塗布する事例がある⁶⁾。

また、表 4-2 に示すように空隙率や骨材の最大粒径が異なるポーラスコンクリートを 2 層構造で舗設した事例がある¹¹⁾。基層部のポーラスコンクリートを舗設した後に、フィニッシャに装備した治具で基層表面をかきほぐし、表層部のポーラスコンクリートを舗設して表基層の一体化を図っている¹¹⁾。

表 4-2 浸透性コンクリート舗装の表・基層の概要

項目	ポーラスコンクリート (表層部)	ポーラスコンクリート (基層部)
骨材の最大粒径(mm)	13	20
目標空隙率(%)	15	10
厚さ(cm)	10	22

2) 施工基盤が既設のコンクリート版の場合

施工基盤が通常のコンクリート版、CRC 版などのため、これらの版とポーラスコンクリート版との界面における付着力の確保を目的に図 4-5 に示す機構を持つ研掃機で鋼球(スチールショット)を使った研掃作業を行い、ポーラスコンクリートの舗設直前に無収縮モルタル等を施工基盤に塗布する事例が多い^{1), 2), 6), 7) 12)}。

これらの事例は、高速道路の料金所での施工が多く、鋼球の投射密度が $150(\text{kg}/\text{m}^2)$ で 1 回～3 回の研掃作業を行い、無収縮モルタル等を $2.5\sim 3(\text{l}/\text{m}^2)$ 塗布している。

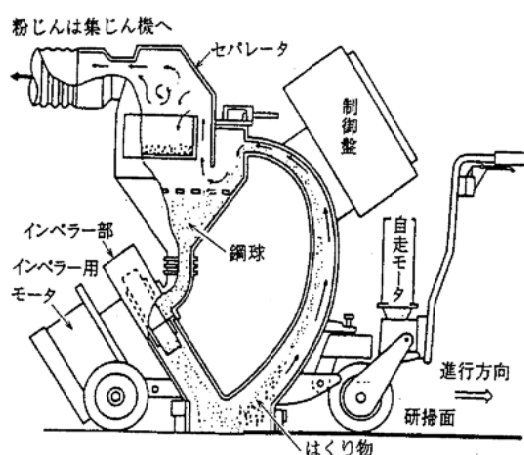


図 4-5 研掃機の機構¹³⁾

(3) ホワイトトッピングタイプの施工基盤の整備

施工基盤が新設の粗粒度アスファルト混合物を使った基層面でホワイトトッピングタイプを施工

する工事において施工前にポリマーセメントスラリーを塗布した事例がある⁸⁾。

ポリマーセメントスラリーの塗布状況を写真 4-2 に示す。



写真 4-2 ポリマーセメントスラリーの塗布状況⁸⁾

4.6 製造

ポーラスコンクリートの製造は、材料貯蔵、計量および練混ぜ設備を持つレディーミクストコンクリート工場で行うのが通常である。また、オーバーレイタイプのように仕上がり厚さが 5cm 程度で高速道路の料金所等の施工面積が小規模でコンクリートの使用量が他のタイプより少ない場合は、現場で小型の移動式バッチプラントを搬入してコンクリートを製造する場合もある²⁾。

ポーラスコンクリートを生コンクリート工場で製造する場合の留意点を以下に示す。

1) 使用する粗骨材として、生コンクリート工場が通常出荷しているコンクリートに使用しているものと異なる単粒度の粗骨材を使用するケースが多く、なかには小粒径の粗骨材を使用する場合もあるため、種類の異なる骨材の貯蔵、粒度や最大寸法の異なる骨材の適切な管理が必要である。

2) ポーラスコンクリートのコンシステンシーは、水量のわずかな増減により影響されるため、細骨材および粗骨材の表面水量の管理が重要である。このため降雨等により、表面水率変動するおそれのある場合は表面水の測定頻度を多くするなど注意が必要である。

また、松戸・野田線におけるホワイトトッピングの施工⁸⁾では、コンクリートプラントで粗骨材、細骨材、セメントを練り混ぜた後にトラックアジテータで現場まで運搬し、現場で水と混和剤を混合してフィニッシャのホッパに荷卸しした。これは、プラントが現場から遠隔地にあり、運搬に多大な時間が必要なため、プラントからドライな状態で現場に運搬する手法を選択したためである。

なお、アジテータを使ったこの手法は、ミキサの攪拌(練混ぜ)性能が確保されているという前提条件に基づく。⁸⁾

4.7 運搬

ポーラスコンクリートの運搬にダンプトラックやトラックアジテータ車を使用する場合が多く、この場合の留意点を以下に示す。

- 1) ポーラスコンクリートは単位水量が少なく、空隙率が大きいことから、時間経過にともなうワーカビリティの変化が大きい。そのため、ポーラスコンクリートを練り混ぜてから舗設開始までの目標時間を、ダンプトラックの場合 60 分以内、トラックアジテータの場合 90 分以内となるようなレディーミクストコンクリート工場を選定することが望ましい。
- 2) 運搬距離、運搬時間、運搬台数などを設定する運搬計画は、アスファルトフィニッシャが連続運転できるように立案する。
- 3) ダンプトラックで運搬する場合は、ポーラスコンクリートの表面部分が乾燥しやすいので、積み込み終了後は必ずシートで覆う。
- 4) トラックアジテータ車で運搬する場合は、ポーラスコンクリートを工場で積み込む際、トラックアジテータ車のホッパにポーラスコンクリートが詰まりやすいのでゆっくりと投入する必要がある。また、アジテータ内では、側壁や羽根にペーストまたはモルタルが付着するので運搬中は攪拌を停止した方がよい。トラックアジテータ車からアスファルトフィニッシャのホッパにポーラスコンクリートを荷卸ししている状況を写真 4-3 に示す。



写真 4-3 コンクリートの荷卸し状況⁸⁾

4.8 敷きならしおよび締固め

本節では、「フルデプスタイプ」、「薄層付着タイプ」および「ホワイトトッピングタイプ」のすべてのタイプについて共通する事項として記す。

(1) 敷きならし

表 4-1 に示すように、ポーラスコンクリートの敷きならしには高締固め型アスファルトフィニッシャやTV型のアスファルトフィニッシャを使用する。ポーラスコンクリートが現場に到着しだい、ダ

ンプトラックまたはアジテータ車からアスファルトフィニッシャのホッパに投入し、締固め後のポーラスコンクリート版が所定の厚さになるように均一に敷きならす。敷きならし速度の一般的な目安は0.5～1.0m/分程度である⁴⁵⁾⁶⁷⁾。高締固め型アスファルトフィニッシャを使ったフルデプスタイプの施工状況を写真4-4に示す。

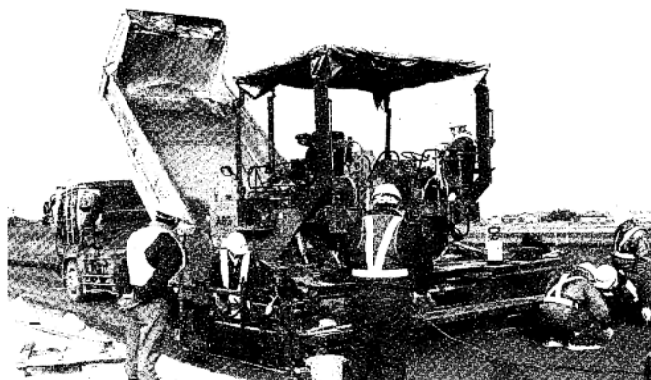


写真 4-4 フルデプスタイプの施工状況

(2) 締固め

敷きならしと併せてアスファルトフィニッシャを使って締固めを行い、小型の転圧機械は敷きならした面の路面整正用に使うのが一般的である。単独に「締固め」だけを目的に大型の転圧機械を用いた作業は原則として行わない。ハンドガイド式のゴム巻きローラによる路面整正状況を写真4.5に示す。高締固め型アスファルトフィニッシャを用いる場合は、特に表面仕上げ用の機械を適用しない場合もある⁸⁾。



写真 4-5 ハンドガイド式のゴム巻きローラによる路面整正状況

4.9 養生

本節では、「フルデプスタイプ」、「薄層付着タイプ」および「ホワイトトッピングタイプ」のすべてのタイプについて共通する事項として記す。

(1) 養生方法

ポーラスコンクリートの養生は、表面仕上げ後、写真 4-6 に示すように速やかに養生剤を噴霧し、写真 4-7 に示すようにビニールシートや養生シートで舗設面を覆い、乾燥を防止する。また、ポーラスコンクリート製造時に予めポリマーエマルジョンなどを混合する場合は、その性質を十分に考慮した養生方法を選択する必要がある。

施工時期が厳冬期の場合の養生は、乾燥防止を目的としたビニールシートの上に、さらにコンクリート保温シートやスポンジマットなどを敷いて保温性を高めることが必要である。夏季の施工の場合は、乾燥の防止に特に注意し必要に応じて散水などの処置を行う。



写真 4-6 養生剤の噴霧状況 ⑧

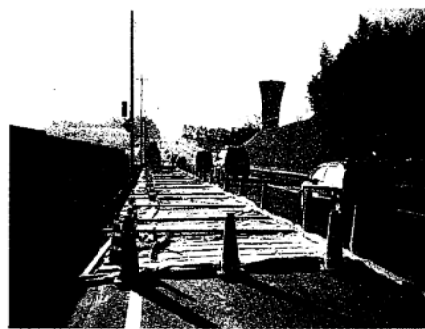


写真 4-7 ビニールシートによる養生 ⑧

(2) 養生期間および交通開放時期

養生は、車両の走行によって表面の剥脱、飛散が生じない程度にポーラスコンクリートが硬化するまでとし、その期間は普通ポルトランドセメントやエコセメントを用いた場合に気象条件などにもよるが、通常 1 週間程度とすることが多い。なお、特殊混和材を添加した超早強型ポーラスコンクリートを用いて厚さ 5cm の薄層付着タイプの切削オーバーレイ工法を適用した事例では、材齢 32 時間で交通開放に相当する目標強度に達しているが、付帯作業の関係で表層施工後 45 時間経過した時点で交通開放したと報告されている。¹⁴⁾ 以下に各タイプの施工事例における養生期間と交通開放時期について示す。

1) 千葉県道での冬期における施工事例 ⑧ (図 4-1 に示すフルデプスタイプと薄層付着タイプ)では、初期養生後にビニールシート、養生マット、防災シートで舗装表面を覆い、保温養生を 1 週間行い、目地施工の翌日交通開放したと報告されている。

2) 高速道路の料金所における薄層付着タイプの施工では、上記の千葉県道と同様の手法で 1 週間の気乾養生を行って交通開放した冬期施工の事例がある ^{1),12)}。

3) ホワイトトッピングタイプの施工事例 ⑧では、初期養生として浸透式被膜養生剤を 200cc/m²散布後、ブルーシートを使った後期養生を行い、コンクリート打設終了後 7 日目で交通開放している。

4.10 目地の施工

ポーラスコンクリート版の適切な箇所に横目地、縦目地を設ける。横目地には膨張目地と横収縮目地がある。横収縮目地の設置箇所は、コンクリートの舗設終了後、できるだけ早い時期にカットで切削することが望ましい。縦目地は2レーンを同時に舗設また、隣接レーンをコンクリートがまだ固まらないうちに連続して舗設して継目部を同時に転圧する場合はダミー目地とし、1レーンずつ舗設する場合は突き合わせ目地にする。通常、目地間隔は版厚の20倍としている事例が多い。以下に図4-1に示す各タイプの目地の設置事例を示す。

(1) フルデプスタイプ

図4-1に示す仕上がり厚さ20cmのポーラスコンクリートを舗設した福井県道の事例⁴⁾では、舗設が終了した2日後に図4-6の平面図に示すような縦方向および横方向の目地を設けている⁴⁾。

横方向の目地は、通常道路軸に対して直角に設ける場合が多いが、この現場では走行車両の両輪による同時衝撃を回避するため、図に示す傾きをもつ斜め目地を設けた。横方向の目地間隔は4mで、目地幅は3~4mm、深さ70mmに切削し、切削溝にバックアップ材を挿入し、表面20mmをシーリングしている⁴⁾¹⁵⁾。

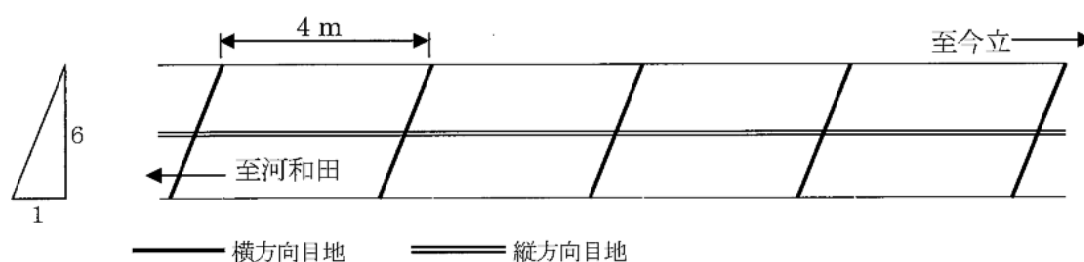


図4-6 福井県道におけるコンクリート版(フルデプスタイプ)の目地設置状況例⁴⁾

(2) 薄層付着タイプ

図4-1に示す仕上がり厚さ8cmのポーラスコンクリートを舗設した千葉県道の事例⁶⁾では、図4-7の平面図に示すような縦方向および横方向の目地を設けている。横目地の断面を図4-8に示す。

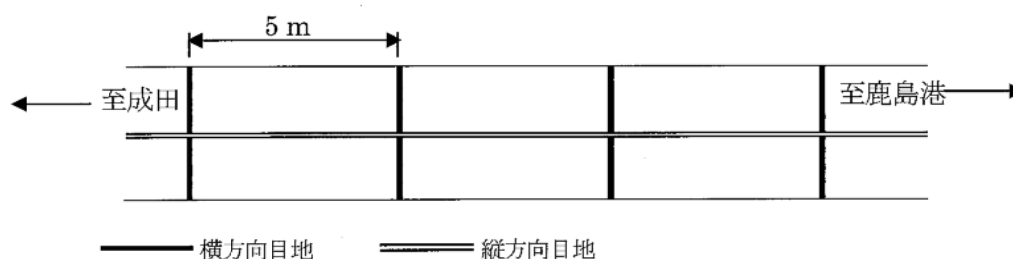


図4-7 千葉県道におけるコンクリート版(薄層付着タイプ)の目地設置状況例⁶⁾

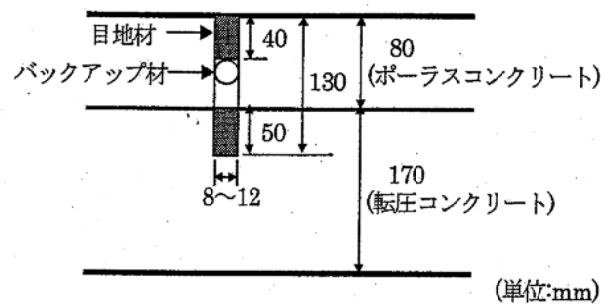


図 4-8 横目地の断面⁶⁾

なお、高速道路等の料金所等で施工基盤のコンクリート版に目地がある場合、その直上にポーラスコンクリート版の目地を設ける。

(3) ホワイトトッピングタイプ

図 4-1 に示す仕上がり厚さ 10cm のポーラスコンクリートを舗設した千葉県道の事例⁸⁾では、舗設した翌日に写真 4-8 に示すようにドライカッタで横目地を目地間隔 4m で設けている。また、写真 4-9 に示すように目地幅は 3~4mm で深さが 40mm の溝に目地材を注入している。



写真 4-8 切削状況⁸⁾



写真 4-9 目地材注入状況⁸⁾

【参考文献】

- 1) 野田悦郎、中原大磯、梶尾聡、市川勝俊:ポーラスコンクリートの車道舗装への適用に関する検討、舗装、Vol.36、No.4、pp.10-15、2001年4月
- 2) 中原大磯、梶田宗一郎、梶尾聡、船越伸二:早期交通開放型ポーラスコンクリートの実用化検討、舗装、Vol.37、No.9、pp.9-14、2002年9月
- 3) 大野滋也:ポーラスコンクリート舗装とは、舗装技術の質疑応答 第9巻、2005年7月
- 4) 社団法人セメント協会:舗装技術専門委員会報告 R-17、車道用ポーラスコンクリート現場試験舗装結果(福井県)―供用5年、2005年12月
- 5) 坂川勝、森岡清信、下山善秀、村田芳樹:ポーラスコンクリートの車道への適用-福井県道での試験施工追跡調査中間報告-、舗装、Vol.36、No.4、pp.5-9、2001年4月
- 6) 社団法人セメント協会:舗装技術専門委員会報告 R-18、車道用ポーラスコンクリート試験舗装中間報告―千葉県道 成田小見川鹿島港線・供用3年、2006年1月
- 7) 関口修、浅野嘉津真:ポーラスコンクリートの歩道および車道への適用、舗装、Vol.36、No.4、pp.16-21、2001年4月
- 8) 社団法人セメント協会:舗装技術専門委員会報告 R-20、車道用ポーラスコンクリート試験報告―千葉県道 松戸・野田線・供用5年、2006年3月
- 9) 社団法人日本道路協会:アスファルト舗装要綱、1992年12月
- 10) 社団法人セメント協会:道路とコンクリート、No.86、1991年3月
- 11) 加形護、児玉孝喜、鶴田健、君島健之:ハイブリッド型浸透性コンクリート舗装、舗装、Vol.36、No.2、pp.29-34、2001年2月
- 12) 上島慶、中村嘉元、松本公一:料金所でのポーラスコンクリート舗装施工事例、第24回日本道路会議一般論文集、pp.104-105、2001年10月
- 13) 財団法人高速道路調査会:上面増厚工法 設計施工マニュアル、1995年11月
- 14) 野田悦郎、岡久雄、吉本徹:機能性の回復向上を目指したポーラスコンクリートによる切削オーバーレイ工法の試験舗装、第26回日本道路会議一般論文集、No.20093、2005年10月
- 15) 尾形拓也、三塚利彦、水上卓也:車道用ポーラスコンクリート舗装の施工事例、第24回日本道路会議一般論文集、pp.102-103、2001年10月

5. 施工管理

5.1 概説

舗装工事において、受注者はその完成物が設計図書の基準を満たすように施工管理を行う。施工管理は、一般に、工程管理、出来形管理、品質管理、写真管理等をいう。これらに加え安全管理や環境対策も重要な管理項目である。ここでは、ポーラスコンクリート舗装の施工管理のための基準となる基準試験、出来形管理、品質管理について記す。

ポーラスコンクリート舗装は、高い空隙率を有したポーラスコンクリート版を使用することにより、排水機能や透水機能あるいは車両騒音低減機能などを持たせた舗装である。したがって、その製造・施工に当たっては、本マニュアルに記されている事項を十分に理解し、常に、製造および施工全般にわたり注意と観察を怠らず、必要に応じて試験や測定を行い、その出来形と品質を確認することが重要である。

5.2 基準試験

基準試験の目的を以下に記す。

- ① 使用材料や配合が適正か否かを確認する。
- ② 管理や検査のために必要な数値をあらかじめ求めておく。
- ③ 主要な使用機械の性能および精度などを確認する。
- ④ 試験施工により施工方法を確認する。
- ⑤ 作業標準を定めて管理する場合の作業標準を設定する。

(1) ポーラスコンクリート

ポーラスコンクリートに使用するセメント、骨材、混和剤等の基準試験は、「舗装設計施工指針」および「舗装施工便覧」に基づくものとする。ポーラスコンクリートの配合は、単位水量が小さく、かつ大きな空隙率を有するものであるため、作業に適したワーカビリティを確保し、硬化後に所要の品質を満たすように慎重に定める。

表 5-1 ポーラスコンクリートの基準試験項目の例

区 分	試験項目	参照規格等	目 的
配 合	コンシステンシー 沈下法 マーシャル法 VC振動締固め法	本書付録 2、3 および 4	空隙率
	ポーラスコンクリートの透水試験方法	本書付録 5 および 6	透水係数
	曲げ強度試験	JISA 1106「コンクリートの 曲げ強度試験方法」	曲げ強度

(2) 路盤材料およびその他の材料

路盤材料およびその他の材料の基準試験は、「舗装設計施工指針」および「舗装施工便覧」に基づくものとする。

(3) 施工機械

施工に先立ち、ポーラスコンクリート舗装の施工に使用するダンプトラック、トラックアジテータ、アスファルトフィニッシャ、鉄輪ローラ、小型ローラ、ビブロプレートなどに異常がないことを確認しておく。

5.3 出来形および品質管理

出来形管理は、ポーラスコンクリート舗装の出来形が設計図書に示された値を満足しているか確認するために行うものであり、基準高、幅、厚さならびに平たん性について行う。また、ポーラスコンクリート舗装の所定の品質を確保するために、各工種における品質の管理を行う。品質管理の項目、頻度、管理の限界は、検査基準や過去の施工実績などを考慮し、最も能率的にかつ経済的に行えるように定める。

(1) 出来形管理

出来形管理の項目、頻度、管理の限界は、一般に、検査基準と施工能力あるいは過去の施工実績を考慮して定めるとよい。

表 5-2 出来形管理項目と頻度および管理の限界の参考例

工 種		項 目	頻 度	標準的な管理の限界
構築路床		基準高	40m ごと	± 5 cm 以内
		幅	40m ごと	-10cm 以上
下層路盤		基準高	20m ごと	± 4 cm 以内
		厚さ	20m ごと	- 4.5 cm 以上
		幅	40m ごと	- 5 cm 以上
上層路盤	粒度調整 セメント、石灰安定処理	厚さ	20m ごと	- 2.5 cm 以上
		幅	100m ごと	- 5 cm 以上
	セメント・瀝青安定処理	厚さ	20m ごと	- 2.5 cm 以上
		幅	40m ごと	- 5 cm 以上
	瀝青安定処理	厚さ	1000 m ² ごと	- 1.5 cm 以上
		幅	100m ごと	- 5 cm 以上
ポーラスコンクリート版		厚さ	100m ごと	- 1.0 cm 以上
		幅	40m ごと	- 2.5 cm 以上
		平たん性	車線ごと全延長	(2.4mm 以下)
		浸透水量	—	1000 ml/15s 以上

(2) 品質管理

品質管理は、工種および工事規模により管理の項目、頻度、管理の限界等を定めるとよい。以下に品質管理項目と頻度および管理限界の参考例を示す。

表 5-3 品質管理項目と頻度および管理限界の参考例

①下層路盤

管理項目	管理の頻度	標準的な管理の限界	試験方法
含水比, P I, 粒度	観察により異常が認められたとき	—	舗装試験法便覧
締固め度	1,000 m ² に 1 個	最大乾燥密度の 93%以上	舗装試験法便覧
プルーフローリング	随時	—	目視観察

②上層路盤

工種	管理項目		管理の頻度	標準的な管理の限界	試験方法
粒度調整	含水比, P I		観察により異常が認められたとき	—	舗装試験法便覧
	粒度 2.36mm 75μm		1~2 回/日	± 15%以内 ± 6%以内	舗装試験法便覧
	締固め度		1,000 m ² に 1 個	最大乾燥密度の 93 %以上	舗装試験法便覧
セメント、 石灰安定処理	粒度 2.36mm 75μm		1~2 回/日	± 15%以内 ± 6%以内	舗装試験法便覧
	セメント量 石灰量	定量試験	1~2 回/日	± 1.2%以内	舗装試験法便覧
		使用量	随時	—	空袋確認
	締固め度		1,000 m ² に 1 個	最大乾燥密度の 93 %以上	舗装試験法便覧
	含水比		観察により異常が認められたとき	—	舗装試験法便覧
セメント・ 瀝青安定処理	セメント量		1~2 回/日	—	使用量確認
	アスファルト乳剂量		1~2 回/日	—	使用量確認
	締固め度		1,000 m ² に 1 個	最大乾燥密度の 93 %以上	舗装試験法便覧
	含水比		1~2 回/日	—	舗装試験法便覧
瀝青安定処理	温度		随時	—	温度計
	粒度		1~2 回/日	印字記録：全数	舗装試験法便覧
	アスファルト量		1~2 回/日	印字記録：全数	舗装試験法便覧
	締固め度		1,000 m ² に 1 個	基準密度の 93%以上	舗装試験法便覧

③ポーラスコンクリート版

管理項目	管理の頻度	標準的な管理の限界	試験方法
粒度,単位体積質量	細骨材：300m ³ 粗骨材：500 m ³ 上記ごとに1回	—	JIS A 1102「骨材のふるい分け試験方法」 JIS A 1104「骨材の単位容積質量及び実積率試験方法」
細骨材の表面水率	2回／日	—	JIS A 1111「細骨材の表面水率試験方法」
コンシステンシー	2回／日	設定値の範囲	本書付録2、3、4
コンクリート温度	コンシステンシー測定時	—	JIS A 1156「フレッシュコンクリートの温度測定方法」
コンクリート強度	2／日	1回の結果が設計基準強度の85%以上 3回の平均が設計強度以上	JIS A 1106「コンクリートの曲げ強度試験方法」 JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」

【参考文献】

- 1) 社団法人日本道路協会：舗装設計施工指針(平成18年版)、2006年2月
- 2) 社団法人日本道路協会：舗装施工便覧(平成18年版)、2006年2月
- 3) 社団法人日本道路協会：舗装の性能評価法-必須および主要な性能指標の評価法編、2006年1月
- 4) 社団法人日本道路協会：舗装調査試験法便覧、2007年6月
- 5) 社団法人日本道路協会：透水性舗装ガイドブック2007、2007年3月

付 録

- 付録1 ポーラスコンクリートの配合設計例
- 付録2 沈下法によるコンシステンシー試験方法
- 付録3 マーシャル法によるコンシステンシー試験方法
- 付録4 VC 振動締固め法によるコンシステンシー試験方法
- 付録5 ポーラスコンクリートの透水試験方法(案)附属書 (JCI 委員会報告)
- 付録6 高機能舗装用混合物の室内透水試験方法 (JHS234)
- 付録7 本書で用いた用語の説明

付録1 ポーラスコンクリートの配合設計例

セメント協会舗装技術専門委員会で実施した車道用ポーラスコンクリート現場試験舗装で使用されたポーラスコンクリートの配合を配合例として以下に紹介する。なお、各配合表は報告書記載の各材料の単位質量と密度、および骨材の実積率を用いて逆算したものであり、配合条件の値が報告書と若干異なる場合がある。また、骨材の実積率や材料の密度が確認できなかったものは、仮定値を用いて算出しており、これについては（注）を付記した。

1. 車道用ポーラスコンクリート現場試験舗装（福井県）

使用材料を付表 1.1 に示す。

付表 1.1 使用材料

タイプ	材 料	性 質
a	セメント(C)	普通ポルトランドセメント（太平洋セメント(株)製）、密度：3.16g/cm ³
	混和材(Ad)	無機質系特殊混和材（太平洋セメント(株)製）、密度：2.38 g/cm ³
	細骨材(S1)	細砂（陸砂）、大野市産、表乾密度：2.58g/cm ³ 、吸水率：2.52%、粗粒率：1.70、実積率：60% ^(注1)
	細骨材(S2)	細砂（陸砂）、坂井郡産、表乾密度：2.57g/cm ³ 、吸水率：2.28%、粗粒率：1.79、実積率：60% ^(注1)
	粗骨材(G1)	13・5mm 骨材、大野市産、表乾密度：2.72g/cm ³ 、吸水率：0.46%、粗粒率：6.10、実積率：59.0%
	粗骨材(G2)	13・5mm 骨材、南条郡産、表乾密度：2.68g/cm ³ 、吸水率：1.08%、粗粒率：6.12、実積率：60.6%
b	セメント(C)	早強ポルトランドセメント（太平洋セメント(株)製）、密度：3.14g/cm ³
	細骨材(S2)	細砂（陸砂）、坂井郡産、表乾密度：2.57g/cm ³ 、吸水率：2.28%、粗粒率：1.79、実積率：60% ^(注1)
	粗骨材(G2)	13・5mm 骨材、南条郡産、表乾密度：2.68g/cm ³ 、吸水率：1.08%、粗粒率：6.12、実積率：60.6%
	混和材(Ad)	特殊混和剤（カチオン系ポリマー）（昭和電工社(株)製）、固形分量 42% 密度：1.0g/cm ³ ^(注2)

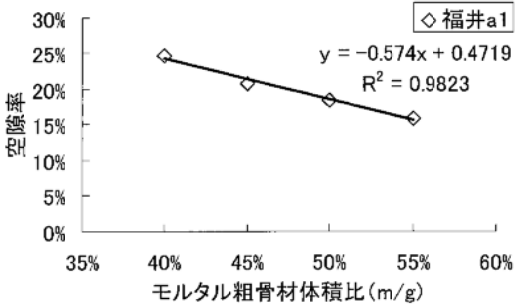
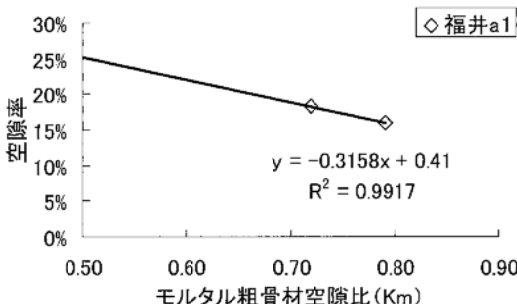
（注1） 実積率が確認できなかった骨材は 60%と仮定した。

（注2） 特殊混和剤の固形分の密度が確認できなかったため、1.0g/cm³と仮定した。

(1) タイプ a1

タイプ a1 の配合設計の流れを以下に示す。ポーラスコンクリートの配合設計は水結合材比 (W/B) および結合材細骨材質量比 (B/S) を、過去の実験結果よりそれぞれ 22.5% および 2.0 と固定し、モルタル粗骨材体積比 (m/g) を 40%~55% に変化させて最適な m/g を求める手法で行われた。これを本マニュアルで提案した配合設計法とした場合は W/B=22.5% であり、ペースト細骨材空隙比は S1 を用いた場合 $K_p=4.25$ に固定したこととなる。また、モルタル粗骨材空隙比 K_m は、G1 を用いた場合 $K_m=0.58\sim0.79$ に変化させたこととなる。配合設計を付表 1.2、配合を付表 1.3 に示す。

付表 1.2 配合設計

従来の配合設計法	本マニュアルの配合設計法
m/g と空隙率の関係式を求めるために、3 点以上のデータを取る。m/g の設定については過去の経験により定める。  付図 1.1 m/g と空隙率の関係 付図 1.1 より、空隙率 18% となる m/g は 50.9% となり、これを室内試験における最適 m/g とする。実機で製造したポーラスコンクリートを確認した結果より、m/g は 45% に修正した。	表 3-1 より、6 号砕石使用時の $K_p=4.25$ における傾き α の暫定値を 0.326 とする。目標空隙率 18% における K_m は 0.71 となる。K_m と空隙率の関係式は、0.71 を基準に 1 点以上で確認する。切片が 1-Gg と定まっていることから、0.71 を超える 1 点でも良いが、目標とした空隙率以下となる水準の結果があることが望ましい。  付図 1.2 K_m と空隙率の関係 付図 1.2 より、K_m と空隙率の関係式における傾き α' は 0.3158 となった (式 3-20 参照)。よって、空隙率 18% となる最適 K_m は 0.73 となる (式 3-21 参照)。実機で製造したポーラスコンクリートを確認した結果より、K_m は 0.65 に修正した。
供試体による曲げ強度の確認を行う。 材齢 7 日 : 4.99N/mm² (空隙率 18.0%)、材齢 28 日 : 5.14N/mm² (空隙率 19.0%) 材齢 28 日における曲げ強度は、設計基準曲げ強度 4.5N/mm² 以上を満足することを確認した。	
報告書に記載された試験舗装施工時の曲げ強度を以下に示す。 材齢 7 日 : 4.59N/mm²、4.64 N/mm²、材齢 28 日 : 4.76N/mm²、5.23N/mm² (空隙率 18.1%) 材齢 28 日における曲げ強度は、設計基準曲げ強度 4.5N/mm² 以上を満足することを確認した。	

付表 1.3 配合 (タイプ a1)

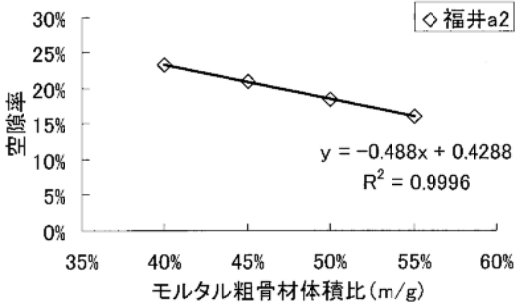
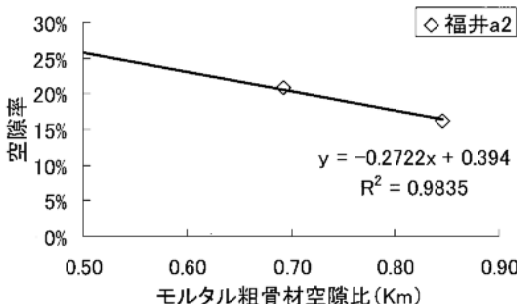
設計 空隙率 (%)	W/B (%)	Km	Kp ^(注1)	参考			単位量(/m ³)							
				単位粗骨材 かさ容積 (m ³ /m ³)	m/g (%)	B/S		W	C	Ad ^(注2)	S	G	混 和 剤	空 隙 量
15-20	22.5	0.65	4.25	0.958	45.4	2.0	体積(L)	78	102	10	67	565	—	178
							質量(kg)	78	323	23	173	1538	—	—

(注 1) 細骨材実積率が仮定値のため参考値、(注 2) Ad はセメントの内割。

(2) タイプ a2

タイプ a2 の配合設計の流れを以下に示す。ポーラスコンクリートの配合設計は水結合材比 (W/B) および結合材細骨材質量比 (B/S) を、過去の実験結果よりそれぞれ 22.5% および 2.0 と固定し、モルタル粗骨材体積比 (m/g) を 40%~55% に変化させて最適な m/g を求める手法で行われた。これを本マニュアルで提案した配合設計法とした場合は W/B=22.5% であり、ペースト細骨材空隙比は S2 を用いた場合 $K_p=4.23$ に固定したこととなる。また、モルタル粗骨材空隙比 K_m は、G2 を用いた場合 $K_m=0.62\sim0.85$ に変化させたこととなる。配合設計を付表 1.4、配合を付表 1.5 に示す。

付表 1.4 配合設計

従来の配合設計法	本マニュアルの配合設計法
m/g と空隙率の関係式を求めるために、3 点以上のデータを取る。m/g の設定については過去の経験により定める。  付図 1.3 m/g と空隙率の関係 付図 1.3 より、空隙率 18% となる m/g は 51.0% となり、これを室内試験における最適 m/g とする。実機で製造したポーラスコンクリートを確認した結果より、m/g は 45% に修正した。	表 3-1 より、6 号砕石使用時の $K_p=4.23$ における傾き α の暫定値を 0.326 とする。目標空隙率 18% における K_m は 0.66 となる。K_m と空隙率の関係式は、0.66 を基準に 1 点以上で確認する。切片が 1-Gg と定まっていることから、0.66 を超える 1 点でも良いが、目標とした空隙率以下となる水準の結果があることが望ましい。  付図 1.4 K_m と空隙率の関係 付図 1.4 より、K_m と空隙率の関係式における傾き α' は 0.2722 となった (式 3-20 参照)。よって、空隙率 18% となる最適 K_m は 0.79 となる (式 3-21 参照)。実機で製造したポーラスコンクリートを確認した結果より、K_m は 0.70 に修正した。
供試体による曲げ強度の確認を行う。 材齢 7 日 : 3.96N/mm² (空隙率 19.3%)、材齢 28 日 : 4.68N/mm² (空隙率 20.1%) 材齢 28 日における曲げ強度は、設計基準曲げ強度 4.5N/mm² 以上を満足することを確認した。 報告書に記載された試験舗装施工時の曲げ強度を以下に示す。 材齢 7 日 : 4.11N/mm²、4.13 N/mm²、材齢 28 日 : 4.65 N/mm²、4.66 N/mm² (空隙率 17.9%) 材齢 7 日 : 4.34 N/mm²、4.07 N/mm²、材齢 28 日 : 4.60 N/mm²、4.78N/mm² (空隙率 17.0%) 材齢 28 日における曲げ強度は、設計基準曲げ強度 4.5N/mm² 以上を満足することを確認した。	

付表 1.5 配合 (タイプ a2)

設計 空隙率 (%)	W/B (%)	Km (注 1)	Kp (注 1)	参考			単位量(m ³)							
				単位粗骨材 かさ容積 (m ³ /m ³)	m/g ^(注 1) (%)	B/S		W	C	Ad ^(注 2)	S	G	混 和 剤	空 隙 量
15-20	22.5	0.70	4.23	0.933	45.5	2.0	体積(L)	78	102	10	67	566	—	177
							質量(kg)	78	323	23	173	1516	—	—

(注 1) 細骨材実積率が仮定値のため参考値、(注 2) Ad はセメントの内割。

(3) タイプ b

タイプ b については、配合設計時のデータが入手できなかったため、報告書記載の配合のみを付表 1.6 に示す。

付表 1.6 配合 (タイプ b)

設計 空隙率 (%)	W/B (%)	Km ^(注 1)	Kp ^(注 1)	参考			単位量(m ³)							
				単位粗骨材 かさ容積 (m ³ /m ³)	m/g ^(注 1) (%)	B/S		W	C	Ad ^(注 1,2)	S	G	混 和 剤	空隙 量 ^(注 1)
15-20	30.9	0.70	6.72	0.924	45.7	2.3	体積(L)	86	89	34	47	560	—	184
							質量(kg)	40	280	80	120	1500	—	—
								86		34				

(注 1) 混和材密度および細骨材実積率が仮定値のため参考値、(注 2) Ad 固形分はセメントの外割

(注) 質量の下段は Ad 内の水を水量に置換した場合を示し、配合条件および体積量は下段の数値で算出した。

2. 車道用ポーラスコンクリート試験舗装（千葉県道 松戸・野田線）

本舗装で使用されたポーラスコンクリートについては、配合設計時のデータが入手できなかったため、報告書記載の配合のみを以下に示す。使用材料および配合を付表 2.1 および付表 2.2 に示す。

付表 2.1 使用材料

材 料	性 質
セメント(C)	早強ポルトランドセメント、密度：3.14g/cm ³
細骨材(S)	粗砂（砕砂）、表乾密度：2.63g/cm ³ 、吸水率：1.28%、粗粒率：3.21 ^(注1)
	細砂（川砂）、表乾密度：2.58g/cm ³ 、吸水率：2.07%、粗粒率：1.81 ^(注1)
粗骨材(G)	13-5mm 骨材、表乾密度：2.66g/cm ³ 、吸水率：0.88%、粗粒率：6.28 実積率：60% ^(注1)
混和材(Ad)	特殊混和剤（カチオン系ポリマー）（昭和電工社(株)製）、固形分量 42% 密度：1.0g/cm ³ ^(注2)
混和剤	PVA 系増粘剤

(注 1) 細骨材の混合割合および実積率が不明であったため、粗砂：細砂の割合を 7:3 とし、実積率は 60% と仮定した。粗骨材の実積率も不明であったため、実積率は 60% と仮定した。

(注 2) 特殊混和剤の固形分の密度が確認できなかったため、1.0g/cm³ と仮定した。

付表 2.2 配合

設計 空隙率 (%)	W/B (%)	Km ^(注1)	Kp ^(注1)	参考			単位量(m ³)							
				単位粗骨材 かさ容積 (m ³ /m ³)	m/g ^(注1) (%)	B/S		W	C	Ad ^(注1,2)	S	G	混 和 剤	空隙 量 ^(注1)
15-20	31.1	0.72	7.32	0.915	47.9	2.5	体積(L)	89	91	38	45	549	—	188
							質量(kg)	37	287	90	117	1460	2.47	—
								89		38				

(注 1) 混和材密度および細骨材実積率が仮定値のため参考値、(注 2) Ad 固形分はセメントの外割

(注) 質量の下段は Ad 内の水を水量に置換した場合を示し、配合条件および体積量は下段の数値で算出した。

3. 車道用ポーラスコンクリート試験舗装（千葉県道 成田小見川鹿島港線）

使用材料を付表 3.1 に示す。

付表 3.1 使用材料

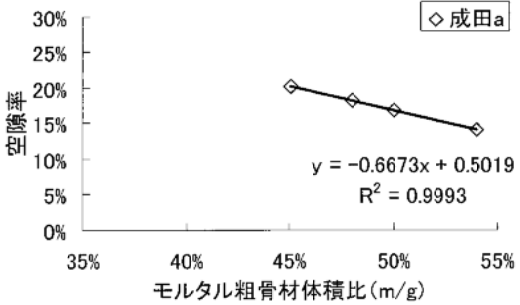
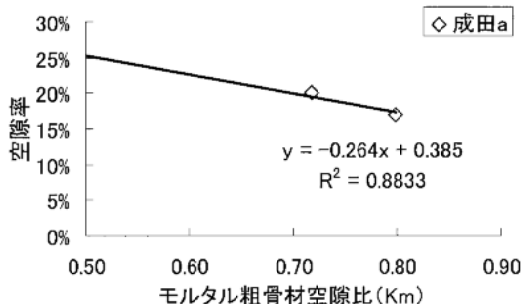
タイプ	材 料	性 質
a	セメント(C)	エコセメント（太平洋セメント(株)製）、密度：3.17g/cm ³
	混和材(Ad)	無機質系特殊混和材（太平洋セメント(株)製）、密度：2.26g/cm ³
	細骨材(S)	洗砂、茨城県鹿島産、表乾密度：2.61g/cm ³ 、吸水率：1.54%、粗粒率：2.50 実積率：60% ^(注1)
	粗骨材(G)	5-2.5mm 骨材、茨城県岩瀬町産、表乾密度：2.61g/cm ³ 、吸水率：1.09%、 実積率：61.5%
b	セメント(C)	早強ポルトランドセメント（住友大阪セメント(株)製）、密度：3.13g/cm ³
	細骨材(S)	細目砂（川砂）、千葉県利根川産、表乾密度：2.63g/cm ³ 、粗粒率：1.78 実積率：58.7%
	粗骨材(G)	13-5mm 骨材、茨城県笠間市産、表乾密度：2.66g/cm ³ 、実積率：58.4%
	混和材	専用フライアッシュ、密度：2.20g/cm ³
	混和剤	専用混和剤（住友大阪セメント(株)製）

（注3） 実積率が確認できなかった骨材は 60%と仮定した。

(1) タイプ a

タイプ a の配合設計の流れを以下に示す。ポーラスコンクリートの配合設計は水結合材比 (W/B) および結合材細骨材質量比 (B/S) を、過去の実験結果よりそれぞれ 20% および 2.0 と固定し、モルタル粗骨材体積比 (m/g) を 45%~54% に変化させて最適な m/g を求める手法で行われた。これを本マニュアルで提案した配合設計法とした場合は W/B=20%、ペースト細骨材空隙比 $K_p=4.09$ に固定したこととなる。また、モルタル粗骨材空隙比 K_m は 0.72~0.86 に変化させたこととなる。配合設計法を付表 3.2、配合を付表 3.3 に示す。

付表 3.2 配合設計

従来の配合設計法	本マニュアルの配合設計法
m/g と空隙率の関係式を求めるために、3 点以上のデータを取る。m/g の設定については過去の経験により定める。  付図 1.5 m/g と空隙率の関係 付図 1.5 より、空隙率 18% となる m/g は 48.2% となり、これを室内試験における最適 m/g とする。実機で製造したポーラスコンクリートを確認した結果より、m/g は 48% で問題ないことが確認された。	表 3-1 より、7 号砕石使用時の $K_p=4.09$ における傾き α の暫定値を 0.306 とする。目標空隙率 18% における K_m は 0.67 となる。K_m と空隙率の関係式は、0.67 を基準に 1 点以上で確認する。切片が 1-Gg と定まっていることから、0.67 を超える 1 点でも良いが、目標とした空隙率以下となる水準の結果があることが望ましい。  付図 1.6 K_m と空隙率の関係 付図 1.6 より、K_m と空隙率の関係式における傾き α' は 0.264 となった (式 3-20 参照)。よって、空隙率 18% となる最適 K_m は 0.78 となる (式 3-21 参照)。実機で製造したポーラスコンクリートを確認した結果より、K_m は 0.77 で問題ないことが確認された。
供試体による曲げ強度の確認を行う。 材齢 7 日 : 3.95N/mm² (空隙率 19.0%)、材齢 28 日 : 5.12N/mm² (空隙率 18.7%) 材齢 28 日における曲げ強度は、設計基準曲げ強度 4.5N/mm² 以上を満足することを確認した。 報告書に記載された試験舗装施工時の曲げ強度を以下に示す。 材齢 7 日 : 4.58N/mm²、材齢 28 日 : 5.71N/mm² (空隙率 17.8%) 材齢 28 日における曲げ強度は、設計基準曲げ強度 4.5N/mm² 以上を満足することを確認した。	

付表 3.3 配合(タイプ a)

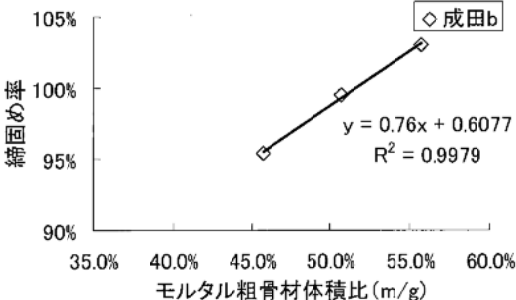
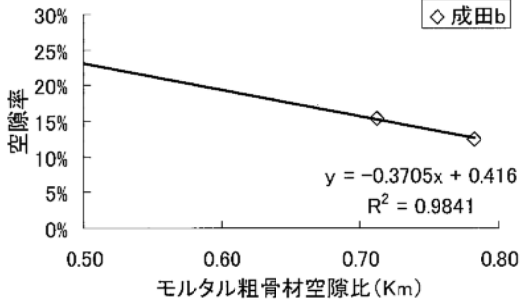
設計 空隙率 (%)	W/B (%)	Km	Kp ^(注1)	参考			単位量(m ³)							
				単位粗骨材 かさ容積 (m ³ /m ³)	m/g (%)	B/S		W	C	Ad ^(注2)	S	G	混 和 剤	空 隙 量
15-20	19.9	0.77	4.09	0.901	48.0	2.0	体積(L)	74	109	11	71	554	—	180
							質量(kg)	74	347	25	186	1446	—	—

(注 1) 細骨材実積率が仮定値のため参考値、(注 2) Ad はセメントの内割。

(1) タイプb

タイプbの配合設計の流れを以下に示す。ポーラスコンクリートの配合設計は水結合材比 (W/B) および細骨材モルタル容積比 (s/m) を、過去の実験結果よりそれぞれ 25%および 25%と固定し、モルタル粗骨材体積比 (m/g) を 45.7%~55.7%に変化させて最適な m/g を求める手法で行われた。これを本マニュアルで提案した配合設計法とした場合は W/B=25%、ペースト細骨材空隙比 $K_p=4.29$ に固定したこととなる。また、モルタル粗骨材空隙比 K_m は 0.64~0.72 に変化させたこととなる。配合設計法を付表 3.4、配合を付表 3.5 に示す。

付表 3.4 配合設計

従来の配合設計法	本マニュアルの配合設計法
m/g と VC 振動締固め試験により算出された締固め率の関係式を求めるために、3 点以上のデータを取る。m/g の設定については過去の経験により定める。  付図 1.7 m/g と締固め率の関係 付図 1.7 より、締固め率 100%となる m/g は 51.6% となり、これを室内試験における最適 m/g とする。	表 3-1 より、6 号砕石使用時の $K_p=4.29$ における傾き α の暫定値を 0.327 とする。目標空隙率 15%における K_m は 0.81 となる。K_m と空隙率の関係式は、0.81 を基準に 1 点以上で確認する。切片が 1-Gg と定まっていることから、0.81 を超える 1 点でも良いが、目標とした空隙率以下となる水準の結果があることが望ましい。  付図 1.8 K_m と空隙率の関係 付図 1.8 より、K_m と空隙率の関係式における傾き α' は 0.3705 となった (式 3-20 参照)。よって、空隙率 15%となる最適 K_m は 0.72 となる (式 3-21 参照)。
供試体による曲げ強度の確認を行う。 材齢 7 日 : 4.65N/mm² (空隙率 16.2%)、材齢 28 日 : 5.17N/mm² (空隙率 15.7%) 材齢 28 日における曲げ強度は、設計基準曲げ強度 4.5N/mm² 以上を満足することを確認した。	
報告書に記載された試験舗装施工時の曲げ強度を以下に示す。 材齢 7 日 : 4.50N/mm²、材齢 28 日 : 4.92N/mm² (空隙率 15.3%) 材齢 28 日における曲げ強度は、設計基準曲げ強度 4.5N/mm² 以上を満足することを確認した。	

付表 3.5 配合(タイプ b)

設計 空隙率 (%)	W/B (%)	Km	Kp	参考			単位量(/m ³)							
				単位粗骨材 かさ容積 (m ³ /m ³)	m/g (%)	B/S		W	C	Ad	S	G	混和剤	空隙量
15-20	25.0	0.72	4.29	0.960	51.5	1.9	体積(L)	92	100	25	72	561	—	150
							質量(kg)	92	313	55	189	1492	3.68	—

(注)Ad はセメントの内割。

付録 2 沈下法によるコンシステンシー試験方法

付 2.1 使用機器

- (1) テーブルバイブレータ：振動数 3000vpm、振幅 1mm
- (2) 上載用重錘：4kg
- (3) モールド：φ10×20cm の鋼製型枠
(内径および深さ d_0 はあらかじめ測定し、断面積 A を算定しておく)
- (4) スケール：デプスゲージ（ノギスの一種、最小メモリ 0.05mm 程度）など
- (5) はかり：最大ひょう量 5kg 程度、目量 1g 以下
- (6) その他：木槌、ストップウォッチ、金こて、突き棒（φ16mm）

付 2.2 モールド内の試料の詰め方

- (1) 試料の採取：試験を行おうとするポーラスコンクリートより、材料分離に注意して代表的な試料を 2.6kg 採取する。
- (2) 試料投入：試料は、突固め後の厚さがほぼ等しくなるよう 3 層に分けて詰める。試料はモールド中に落下させないように、練りさじなどを用いて静かに詰める。モールド底面は粗骨材が集中しやすいので特に注意する。試料を詰めた後、突き棒などで表面を軽くならす。

付 2.3 振動試験

- (1) 試験準備：試料の入ったモールドに 4kg の重錘を載せてテーブルバイブレータ上に置く。
- (2) 空隙率の計測：モールドを手で押さえながら 2 分間振動させる。振動終了後、モールド上端から試料の上端までの深さを測定する。測定は、試料表面 5 箇所について行い、5 個の平均値を深さ d とする（計測は、通常 0.1mm の単位までで十分である。）同様の方法であらかじめ測定したモールド底面までの深さ d_0 との差より試料高さ h を求め、試料容積 $V (=A \times h \text{ cm}^3)$ を計算する。
- (3) 計算：次式により空隙率を求める。

$$\text{締固め密度 } \gamma_w \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{2600}{V}$$

$$\text{空隙率 (\%)} = 100 - \left(\frac{\gamma_w \times 1,000}{W_0 + C_0 + S_0 + G_0} \times 100 \right)$$

ここで、 W_0 、 C_0 、 S_0 、 G_0 は理論配合における各単位量 (kg/m^3) を示す。

付録3 マーシャル法によるコンシステンシー試験方法

付 3.1 使用機器

- (1) マーシャル試験機：自動のものまたは手動のもの。（ハンマ質量 4.5kg、落下高 45.7cm）
- (2) モールド：マーシャル突固め用モールド（φ10×20cm）または一軸圧縮強度試験用モールド
（内径および深さ d_0 はあらかじめ測定し、断面積 A を算定しておく）
- (3) スケール：デプスゲージ（ノギスの一種、最小メモリ 0.05mm 程度）など
- (4) はかり：最大ひょう量 5kg 程度、目量 1g 以下
- (5) その他：突き棒（φ9mm 程度の丸鋼の先端を細く削ったもの）

付 3.2 モールド内の試料の詰め方

- (1) 試料の採取：試験を行おうとするポーラスコンクリートより、材料分離に注意して代表的な試料を約 5kg 採取する。
- (2) 試料重量の計量：採取した代表的試料をよく混合し、この中より、2 回分の試料を採取する。試料は下式により求めた重量だけ正確に計りとり、これを感想しないよう、ただちに突固め試験を実施する。2 回目の試料は覆いを掛け、乾燥を防ぐ。

$$\text{試料重量 (g)} = (W_0 + C_0 + S_0 + G_0) \times 0.96 \times \left(\frac{\pi}{4} \times D^2 \times 10 \right) \times \frac{1}{1000}$$

（ここに、 W_0, C_0, S_0, G_0 は理論配合における各単位量（ kg/m^3 ）を、 D はモールドの直径（cm）。）

- (3) 試料投入：試料は一層に詰める。この際、試料はモールド中に落下させないように注意する。試料を詰めた後、練りサジなどで表面を軽くならす。

付 3.3 突固め試験

- (1) 突固め：マーシャル突固め用ハンマにより 50 回突固める。この際、ハンマ軸が鉛直となるよう注意して突固める。
- (2) 測定：モールド上端からの深さを測定する。測定は、試料表面 5 箇所について行い、5 個の平均値を深さ d とする（計測は、通常 0.1mm の単位までで十分である）。同様の方法であらかじめ測定したモールド底面までの深さ d_0 との差より試料高さ h を求め、試料容積 V （ $= A \times h \text{ cm}^2$ ）を計算する。
- (3) 計算：次式により空隙率を求める。

$$\text{締固め密度 } \gamma_w \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{試料重量}}{V}$$

$$\text{空隙率 (\%)} = 100 - \left(\frac{\gamma_w \times 1,000}{W_0 + C_0 + S_0 + G_0} \times 100 \right)$$

ここで、 W_0, C_0, S_0, G_0 は理論配合における各単位量（ kg/m^3 ）を示す。

付録 4 VC 振動締固め法によるコンシステンシー試験方法

付 4.1 使用機器

- (1) 振 動 台：振動数 3,000vpm、振幅 1mm
- (2) 上載用重錘：20kg
- (3) 容 器：φ 24×20cm の鋼製型枠
(内径および深さはあらかじめ測定し断面積を算定しておく)
- (4) スケール：デプスゲージ（ノギスの一種、最小メモリ 0.05mm 程度）など
- (5) は か り：最大ひょう量 50kg 程度、目量 1g 以下
- (6) そ の 他：木槌、ストップウォッチ、金こて、突き棒（φ 16mm）

付 4.2 容器内の試料の詰め方

- (1) 試料の採取：試験を行おうとするポーラスコンクリートより、材料分離に注意して代表的な試料を約 30kg 採取する。
- (2) 試料投入：試料は、突固め後の厚さがほぼ等しくなるよう 2 層に分けて詰める。試料は容器中に落下させないよう、練りさじなどを用いて静かに詰める。容器底面は粗骨材が集中しやすいので特に注意する。
- (3) 各層とも試料を投入後、全面にわたり突き棒で 35 回均等に突く。突き棒によって生じた穴が埋まる程度、木づちなどを用いて容器の回りをたたく（10 回程度）。2 層目を突き終えた時点で、金ゴテなどを用い表面をならす。

付 4.3 振動試験

- (1) 試験準備：試料の入った容器を振動台に固定する。20kg の上載用重錘がついた透明アクリル板を試料表面に載せる。
- (2) 空隙率の計測：5 秒間振動させる。振動終了後、容器上端から試料の上端までの深さを測定する。測定は、試料表面 5 箇所について行い、5 個の平均値を深さ d とする（計測は、通常 0.1mm の単位までで十分である。）同様の方法であらかじめ測定した容器底面までの深さ d_0 との差より試料高さ h を求め、試料容積 $V (=A \times h \text{ cm}^3)$ を計算する。
- (3) 計算：次式により空隙率を求める。

$$\text{締固め密度 } \gamma_w \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{試料重量}}{V}$$

$$\text{空隙率 (\%)} = 100 - \left(\frac{\gamma_w \times 1,000}{W_0 + C_0 + S_0 + G_0} \times 100 \right)$$

ここで、 W_0 、 C_0 、 S_0 、 G_0 は理論配合における各単位量 (kg/m^3) を示す。

付録5 ポーラスコンクリートの透水試験方法（案）（JCI 委員会報告）

付属書（参考） 角柱供試体によるポーラスコンクリートの透水試験方法

付5.1 使用機器

(1) 透水試験器具

- 1) 透水型枠：透水型枠は供試体に十分密着し、供試体との間に隙間を生じないものとする。^{注1}
- 2) 越流水槽：越流水槽は、排水側の水位を一定に保持できる越流口を持つ容器とする。また、水密性を保持できる容器とする。

注1 型枠と供試体との間に隙間が生じている場合には、樹脂などの不透水材料により隙間を充填する必要がある。

(2) 供試体測定器具

- 1) スケール（ノギス）
- 2) はかり：最大ひょう量 10kg 程度、目量 1g 以下
- 3) メスシリンダー：測定水量の 1%以下の目盛を持つものとする。
- 4) 温度計：目量 1℃以下

付5.2 供試体の作り方

- (1) 試験を行うポーラスコンクリートより、材料分離に注意して代表的な試料を採取する。
- (2) 試料は、突固め後の厚さがほぼ等しくなるよう 2 層に分けて詰める。試料は容器中に落下させないように、練りさじなどを用いて静かに詰める。容器底面は粗骨材が集中しやすいので特に注意する。
- (3) 各層とも試料を投入後、ポーラスコンクリートの施工方法に応じて、締固め方法、締固め時間、振動機等を選定する。2 層目を締め固めた時点で、金ゴテなどを用い表面をならす。

付5.3 試験方法

- (1) 作製した供試体の曲げ試験の実施後の切片を、10×10×20cm に成形する。^{注2}
- (2) 供試体の長さおよび幅を測定し、断面積(A)を算定する。また、供試体の高さ(H)を測定する。
- (3) 透水型枠に設置し、越流水槽に水を満たす。
- (4) 給水側水槽となる透水型枠に注水し、十分供試体を飽水させる。
- (5) 越流口から水を越流させ、給水側の水位を一定に保つ。
- (6) 越流水層からの越流量が一定になるのを待って、時刻 t_1 から t_2 までの越流量(Q)^{注3}をメスシリンダーにて測定する。^{注4}測定回数は3回以上とする。
- (7) 給水側水槽（透水型枠）の水位と越流水層の水位差(h)を測定する。
- (8) 越流水槽内の水温 (T) を測定する。

注2 測定時間は、短いと測定結果にばらつきを生じ易いため、おおよそ 30 秒程度が目安となる。

注3 水の質量を付 5.1(2)2)のはかりにて測定し、水の密度 1.0g/cm³により換算して越流量を算定してもよい

注4 動水勾配(供試体高さ H に対する水位差 h の比)がおおよそ 0.3 以下の範囲で試験することが望ましい。

付 5.4 試験結果

(1) 測定時の水温 $T^{\circ}\text{C}$ における透水係数

測定時の水温 $T^{\circ}\text{C}$ における透水係数の計算は次による

$$K_r = \frac{H}{h} \times \frac{Q}{A (t_2 - t_1)}$$

ここに、 K_r : $T^{\circ}\text{C}$ における透水係数 (cm/s)

H : 供試体の高さ (cm)

Q : 時刻 t_1 から t_2 までの越流量 (cm^3)

h : 水位差 (cm)

$t_2 - t_1$: 測定時間 (s)

A : 角柱供試体の断面積 (cm^2)

(2) 温度測定時の水温 15°C における透水係数

測定時の水温 15°C における透水係数の計算は次による

$$K_{15} = K_r \times \frac{\eta_T}{\eta_{15}}$$

ここに、 K_{15} : 温度 15°C における透水係数 (cm/s)

$\frac{\eta_T}{\eta_{15}}$: 水の粘性係数の比に関する補正係数で表 1 から求める

表 1 15°C の水に対する $T^{\circ}\text{C}$ の水の粘性係数の比

$T^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.575	1.521	1.470	1.424	1.378	1.336	1.295	1.225	1.217	1.182
10	1.149	1.116	1.085	1.055	1.027	1.000	0.975	0.950	0.925	0.902
20	0.880	0.859	0.839	0.819	0.800	0.782	0.764	0.748	0.731	0.715
30	0.700	0.685	0.671	0.657	0.645	0.632	0.620	0.607	0.596	0.584
40	0.574	0.564	0.554	0.544	0.535	0.525	0.517	0.507	0.498	0.490

付録 6 高機能舗装用混合物の室内透水試験方法 (JHS234)

(舗装試験法便覧 5-3-5 透水性アスファルト混合物の透水試験方法)

付 6.1 使用機器

- (1) 透水円筒：上端に越流口を持った直径約 10.2cm、高さ 18cm の円筒で、留め金が付いた二分割のもの、または分割していない円筒で漏水防止が可能なもの。
- (2) 脚付き有孔板：透水円筒を載せる脚付き板で、厚さ約 5mm の黄銅板に小孔をあけたものとする。
- (3) 水槽：試料容器を入れるのに適当な大きさを持ち、有孔板の上面から約 1cm の高さに水面を保ち得るような排水口を設けたプラスチック、または金属製の水槽とする。
- (4) ノギス
- (5) はかり：秤量 5kg 以上、感量 0.5g 以下。
- (6) メスシリンダー：容量 1000ml、10ml 目盛のもの。
- (7) ストップウォッチ
- (8) 棒状温度計：50℃または 100℃まで計れるもの。
- (9) 油性粘土

付 6.2 試験方法

- (1) 試験の準備
 - 1) 直径約 10cm の円柱状の供試体を用意する。
 - 2) 供試体の直径と高さを、ノギスを用いて 0.1mm まで測定する。
 - 3) 二分割の透水円筒を用いる場合には側面に油性粘土を塗った供試体を分割した透水円筒に隙間が出来ないようにはめ込み、留め具で留めた後に、脚付き有孔板上に設置する。
分割していない透水円筒を用いる場合には、脚付き有孔板に透水円筒を設置し、その中に供試体を静置した後に、90℃程度に加熱したアスファルトを供試体と円筒の間に流し込みアスファルトが冷却するまで放置する。
- (2) 試験の手順
 - 1) 供試体を詰めた透水円筒と脚付き有孔板を水槽内に静置する。
 - 2) 透水円筒の上端から静かに注水し、円筒上部の越流口から越流させ、一定水位を保ちながら水槽の排水口から排水する。
 - 3) 水槽の排水口から越流量がほぼ一定になるのを待って、一定時間内に越流する水量をメスシリンダーで計る。
 - 4) 水頭をノギスで計る。
 - 5) 水槽中の水温を温度計で計る。

付 6.3 試験結果

(1) 測定時の水温 $T^{\circ}\text{C}$ における透水係数

測定時の水温 $T^{\circ}\text{C}$ における透水係数の計算は次による

$$K_r = \frac{L}{h} \times \frac{Q}{A (t_2 - t_1)}$$

ここに、 L ：供試体高さ (cm)

A ：供試体の断面積 (cm^2)

h ：水頭 (cm)

t_1 ：測定開始時間 (s)

t_2 ：測定終了時間 (s)

Q ： t_1 から t_2 までに越流した水量 (cm^3)

(2) 温度測定時の水温 15°C における透水係数

測定時の水温 15°C における透水係数の計算は次による

$$K_{15} = K_r \times \frac{\eta_T}{\eta_{15}}$$

ここに、 K_{15} ：温度 15°C における透水係数 (cm/s)

$\frac{\eta_T}{\eta_{15}}$ ：水の粘性係数の比に関する補正係数で表 1 から求める

表 1 15°C の水に対する $T^{\circ}\text{C}$ の水の粘性係数の比

$T^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1.575	1.521	1.470	1.424	1.378	1.336	1.295	1.225	1.217	1.182
10	1.149	1.116	1.085	1.055	1.027	1.000	0.975	0.950	0.925	0.902
20	0.880	0.859	0.839	0.819	0.800	0.782	0.764	0.748	0.731	0.715
30	0.700	0.685	0.671	0.657	0.645	0.632	0.620	0.607	0.596	0.584
40	0.574	0.564	0.554	0.544	0.535	0.525	0.517	0.507	0.498	0.490

(3) 報告は、温度 15°C における透水係数に換算した値とし 3 個の供試体の平均値とする。

付録7 本書で用いた用語の説明

No.	用語	意味
1	車道用ポーラスコンクリート舗装	高空隙なセメントコンクリートによるポーラスコンクリートを車道の舗装へ適用したもの。高い耐久性と透水性、排水性や低騒音性といった機能を併せ持つ、高機能な舗装。
2	空隙率	ポーラスコンクリート全体積に占める内部空隙の体積の比率。本書 3.3(1) 配合設計の一般的手順 p12～p15 に計算方法あり。
3	排水機能	路面の雨水をポーラスコンクリートに浸透させ、路肩の集水枡へ導水する機能。本書 1.4(2) フルデプスタイプ p2 に参考図あり
4	透水機能	路面の雨水をポーラスコンクリートに浸透させ、さらに路盤に浸透させる機能。本書 1.4(2) フルデプスタイプ p2 に参考図あり。
5	ポーラスアスファルト混合物	空隙率の高い多孔質のアスファルト混合物。(空隙率 15～25%の排水性混合物)
6	交通荷重	車両等が路面上を通過するときに作用する荷重。
7	空隙つぶれ	排水性舗装などで表面の孔がつぶれてしまうこと。その原因は、アスファルト舗装の場合、アスファルト量が多過ぎや車の通行によるニーディング(こねられる)、荷重による圧密などが関係する。
8	スキュー目地	斜め目地。コンクリート版に設ける横目地の一種。横目地を斜めに設置すると、タイヤと目地の接触が左右同時でなくなるため振動の軽減が可能になる。
9	クラッシャラン	岩石または玉石をクラッシャで割っただけで篩い(ふるい)分けをしていない砕石。
10	アスファルト中間層	コンクリート舗装の路盤の上に設ける 4cm 程度のアスファルト混合物の層。防水の役目をし、また平坦性が確保できるので上層のコンクリート版の施工精度も良くなる効果がある。
11	セメント安定処理	現地材料またはこれに補足材料を加えたものに数%のセメントを添加混合し、最適含水比付近で締固めた路盤。
12	ダウエルバー	膨張目地、収縮目地を横断した用いる丸鋼で、荷重伝達を図り、収縮に追随できるように一端に瀝青材料を塗布し、スリップできるようにしたもの。
13	タイバー	コンクリート版においてダミー目地・突合せ目地・ホゾ目地などを横断して版に挿入する異形棒鋼で、目地が開いたりくい違ったりするのを防ぐ

No.	用語	意味
14	支持力係数	路床や路盤の支持力の大きさを示す係数で、それらの表面に荷重を載せたとき急激な沈下を起こさない範囲で、地盤のばね常数、すなわち、単位量の沈下を起こすに要する荷重強さで表される。地盤係数あるいはK 値ともいう。路床路盤の支持力係数は、通常直径 300mm の平板を用いて測定する。規定の荷重強さずつ増しながら、平板の沈下量を規定量に達するまで記録し、規定の沈下量のときの荷重強さを求めて、次式から支持力係数 K (N/mm³) を計算する。 $K=p/\Delta \text{ (N/mm}^3\text{)}$ ここに Δ: 規定の沈下量(mm)、アスファルト舗装路盤では 2.5mm、コンクリート舗装路盤では 1.25mm P: 規定沈下量に対応する荷重強さ (N/mm³) 支持力係数は、平板の直径によって相違するので、用いた板の直径(cm)を付記して K₃₀、K₇₅ のように書き表す。K₃₀ は、大略 2.2 × K₇₅ に相当する。アスファルト舗装要綱(昭和 36 年)では上層路盤上支持力の目標値を K₃₀ で 28kg/cm³ とし、セメントコンクリート舗装要綱(昭和 47 年)では 20kg/cm³ としている。支持力係数の測定は JIS A 1215 道路の平板載荷試験方法による。
15	転圧コンクリート舗装	単位水量の少ない硬練りコンクリートを強化型スクリッドを持つアスファルトフィニッシャーにより敷きならし、振動ローラ、タイヤローラにて転圧締固めてコンクリート版とする舗装。
16	荷重伝達性	目地部あるいはひび割れ部で載荷版側と非載荷版側の変形もしくは応力の比で表される荷重が伝達される程度を示すもの
17	交通量区分	舗装設計に用いる交通量の区分。設計期間（原則として 10 年）における平均の 1 日 1 方向あたりの大型交通量により普通道路の場合(標準荷重 49kN)N1～N 7 に、小型道路の場合(標準荷重 17kN)S1～S4 に区分している。
18	舗装計画交通量	舗装の厚さを設計するときに用いる交通量で、設計期間中に通る 49 kN(小型道路の場合 17kN)換算輪数を設計交通量として、その値の範囲によって性能指標の各評価値の満足すべき値が規定されている。
19	注入目地材材料	目地に使う材料。注入目地材としてはブローンアスファルトまたはアスファルトモルタル、 合成ゴムなどがよく用いられる。
20	車両の軸荷重	車両の車軸にかかる荷重
21	オーバーレイ	既設の舗装版がひび割れたり、凸凹になったり、あるいはすべりやすくなって傷んだとき、補修のため舗装版を重ねる工法。
22	付着オーバーレイ	既設のコンクリート舗装の修繕で、既設舗装面をショットブラスト、またはウォータージェットで処理してから、既設コンクリートと薄層コンクリートを十分に付着させオーバーレイして打設。

No.	用語	意味
23	フルデプスタ입	路床の上の路盤を含めない舗装の全厚または一部をポーラスコンクリート版としたもの。
25	ワーカビリティ	材料の練混ぜから打設までの作業の容易さと材料分離抵抗性を総合したコンクリートの性質
26	コンシステンシー	土、アスファルト、まだ固まっていないコンクリートなどの、軟らかさ、硬さ、粘っこさなどの程度を総合した性質
27	沈下法によるコンシステンシー試験	舗装用コンクリートのコンシステンシーを測定する試験方法。本書 付録 2 を参照。
28	マーシャル法によるコンシステンシー試験	舗装用コンクリートのコンシステンシーを測定する試験方法。本書 付録 3 を参照。
29	VC 振動締固め法によるコンシステンシー試験	舗装用コンクリートのコンシステンシーを測定する試験方法。本書 付録 4 を参照。
30	エコセメント	ごみの焼却灰を主な原料として製造されたセメント。
31	レオロジー特性	レオロジーと言う言葉は 1929 年にビンガムにより「物質の変形と流動に関する科学」と定義され、固体、液体および気体の粘性、弾性、塑性、チキソトロピー(静置しておけばゲル状に固まっているものの、揺り動かすと、動いている間だけゾルに変わって流動性が現れるという現象)などを対象としている。
32	ショットブラスト	直径 1mm 程度の鋼球を圧縮空気で吹きつけ、ケレンや目荒しをする方法。
33	ペースト細骨材空隙比	ポーラスコンクリートの配合設計に使用される指標。コンクリートに含まれるペーストの単位容積を細骨材が形成する空隙量で割ったもの。本書 3.3.1(6) p14 を参照。
34	モルタル粗骨材空隙比	ポーラスコンクリートの配合設計に使用される指標。コンクリートに含まれるモルタルの単位容積を粗骨材が形成する空隙量で割ったもの。本書 3.3.1(7) p15 を参照。
35	高締固め型アスファルトフィニッシャー	高締固め型スクリードを持つアスファルトフィニッシャー。高締固め型には、タンパーが 2 列になったダブルタンパ型とスクリードプレート後ろにプレッシャバーを取り付けたプレッシャバー型がある。
36	TV 型アスファルトフィニッシャー	タンピング(T)機能とパイブレーション(V)機能がそれぞれ単独に分かれている通常のアスファルトフィニッシャー。
37	ハンドガイド式鉄輪ローラ	搭乗式に比べて小さく、路肩や小規模の転圧作業に使用されるローラ。
38	小型ゴム巻きローラ	鉄輪にゴムを巻いたローラ。
39	ビブロプレート	転圧装置の圧着板。舗装材料を締め固める小型の板状型装置
40	PI	土についての塑性指数。土の液性限界・塑性限界試験で求められる。塑性指数 P.I. : 4 以下が規定値。

No.	用語	意味
41	プルーフローリング	路床、路盤の締固めが適当かどうか、不良箇所がないかどうかを、調べるため、施工時用いた締固め機械と同等以上の締固め効果を持つローラやトラックなどで締固め終了面を数回走行し、たわみ量を確認すること。
42	斜め目地	スキュー目地ともいう 本用語集 No.8 を参考

ISBN978-4-88175-088-9C3358 ¥1000E

車道用ポーラスコンクリート舗装設計施工技術資料

定 価 : 本体 1,000+税

平成 19 年 10 月 20 日 印刷

社団法人 セメント協会

平成 19 年 10 月 20 日 発行

東京都中央区八丁堀 4-5-4

ダヴィンチ桜橋 702 号

電話 03 (3523) 2701 (代)

発行所 社団法人 セメント協会研究所

東京都北区豊島 4 丁目 17 番 33 号

電話 03 (3914) 2691 (代)

印刷所 株式会社 プリントニューライフ

東京都千代田区三崎町 2-12-5

電話 03 (3263) 0633

JCA