

舗装技術専門委員会報告
Report of the Committee on Pavement

R-27

早期交通開放が可能なコンクリート舗装に関する調査研究
Research on concrete pavement that
allows early opening to traffic

2010年3月
(March. 2010)

社団法人 セメント協会
Japan Cement Association

序

セメント協会・舗装技術専門委員会では、コンクリート舗装の普及を目的としてコンクリート舗装に関する技術の開発に取り組んでまいりました。これまでに舗装用コンクリートの曲げ強度や曲げ疲労特性に関する調査・研究、養生剤に関する調査・研究を行い、またホワイトトッピングやポーラスコンクリートといった新たな舗装種別に関する調査・研究も行ってまいりました。さらには既存コンクリート舗装のライフサイクルコストの算定からコンクリート舗装の優位性を明らかにするなど、コンクリート舗装の普及・発展に資する調査・研究を実施してまいりました。

コンクリート舗装は様々な長所を有する舗装であり、その適切な適用は我が国のインフラ整備に大きく貢献するものと考えられます。しかしながらコンクリート舗装にはいくつかの課題が残っていることも事実であり、これがコンクリート舗装の普及拡大に障害となっています。特に、コンクリートという材料が養生を必要とすることから施工後、早期の交通開放が出来ないことは、コンクリート舗装が都市内道路や、既設舗装の打換えなどに適用できない大きな理由とされてきました。都市内、特に交差点付近や重交通道路では、アスファルトの塑性流動によるわだち掘れにより頻繁な補修が必要となりますが、このような箇所をコンクリート舗装とすることが出来れば補修回数を格段に削減することが可能となります。

このような背景を踏まえて、セメント協会 舗装技術専門委員会 適用性WG では、養生期間を短縮した早期交通開放可能な舗装用コンクリートについて検討を行いました。養生期間の短縮のためには超早強セメントや特殊な混和剤を用いたコンクリートが開発されていますが、これらは高額であったり、可使時間が短いなどの問題があります。本検討では、1日で交通開放が可能となる舗装用コンクリートを通常の方法を用いて実現することを目的としました。室内実験によりセメントの種類や養生条件、配合条件を検討した結果、早強セメントを用いて冬季の施工でも養生を1日とすることが可能な配合を見いだしました。さらには実施工への適用性を検討するために、工場構内で試験施工を実施し、その施工性の確認、供用性の変化の検討を実施しました。

本報告書は、これらの室内試験結果、試験舗装の施工結果と供用性の追跡調査についてまとめたものであり、早期交通開放型コンクリート舗装の実現に向けた貴重なデータが取りまとめられております。本報告書を参考にコンクリート舗装の適用条件が再検討され、コンクリート舗装の適用箇所が増大することを期待しております。

本委員会では、コンクリート舗装の課題解決に積極的に取り組み、コンクリート舗装の適用拡大に向けた技術開発を今後も継続してまいります。最後になりましたが、本研究の構内試験舗装の実施に当たり、ご協力いただいた太平洋セメント株式会社 熊谷工場に対し、謝意を表します。またこの研究を精力的に推進すると共に、本報告書を取りまとめていただいた適用性WG 委員各位、試験の計画と報告書の取りまとめに多くのご意見をいただいた本委員会委員各位に感謝いたします。

2010年3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

ABSTRACT

The JCA Committee on Pavement has focused its efforts on the development of technology related to concrete pavement with the aim of promoting concrete pavement. It has conducted research on the flexural strength and flexural fatigue properties of concrete pavement, as well as research on curing materials and new types of pavement, such as white topping and porous concrete. The committee has also carried out research that contributed to the spreading and development of concrete pavement, for instance by proving its superiority by calculating the lifecycle cost of existing concrete pavement.

Pavement with concrete is advantageous in various ways and will greatly contribute to Japan's infrastructure development through its appropriate application. However, problems also remain, hampering its widespread use. The need for curing, which inhibits the early opening of the pavement to traffic after placing, has been regarded as one of the reasons preventing concrete pavement from being used for urban roads and replacement of existing pavement. In urban areas, particularly near intersections and on heavily-trafficked roads, the plastic flow of asphalt pavement causes rutting, which requires frequent repair. If such areas are paved with concrete, then the number of times of repair will be drastically reduced.

With this as a background, the Applicability Working Group of the JCA Committee on Pavement investigated concrete for pavement with a shortened curing period to allow early opening to traffic. Though concretes made using ultrahigh-early-strength cement or special chemical admixtures have already been developed for shortening the curing period, these pose problems of high cost and short gel time. In this investigation, the working group intended to develop pavement concrete that allows traffic opening in one day using materials generally available. By laboratory tests on different cement types, curing conditions, and proportioning conditions, mixtures that require only one day before opening to traffic even in winter were found by using high-early-strength cement. Test placement was also conducted within the plant site to investigate their applicability to actual pavement, while examining their placeability and changes in their serviceability.

This report summarizes the results of laboratory tests, test pavement, and follow-up research on the serviceability of the proposed pavement concrete, with valuable data for materializing concrete pavement allowing the early opening of the paved surfaces to traffic. We expect that the conditions for adopting concrete pavement will be reviewed based on this report to increase the application of concrete pavement.

The Committee on Pavement will continue to actively tackle issues related to concrete pavement and develop technologies for the widespread use of concrete pavement. Finally I would like to thank the Kumagaya Plant of Taiheiyo Cement Corporation for their cooperation in constructing the test pavement. I am also grateful to the members of the Applicability Working Group for their enthusiastic research activities and report preparation, as well as to the members of the Committee on Pavement for their suggestions on the test program and report making.

March 2010

Masashi Koyanagawa, Chairman
Committee on Pavement, the Japan Cement Association

舗装技術専門委員会 (敬称略 順不同)

委員長 委員	小梁川 雅	東京農業大学
	國府 勝郎	首都大学東京・名誉教授
	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	東京都土木技術支援・人材育成センター
	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
	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
	辻本 一志	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	宇部興産株式会社
	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
	西本 貴夫	株式会社トクヤマ
	小倉 東	日鐵セメント株式会社
高尾 昇	三菱マテリアル株式会社	
事務局	村田 芳樹	社団法人セメント協会(2010年3月退任)
	佐藤 智泰	社団法人セメント協会(2010年4月選任)
	野田 潤一	社団法人セメント協会

舗装技術専門委員会 適用性評価WG (敬称略 順不同)

WGリーダー 委員	安藤 豊	住友大阪セメント株式会社
	小梁川 雅	東京農業大学
	渡辺 博志	独立行政法人土木研究所
	神谷 恵三	株式会社高速道路総合技術研究所
	根本 信行	株式会社NIPPO
	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
	辻本 一志	全国生コンクリート工業組合連合会
	大和功一郎	宇部興産株式会社
	事務局	
	村田 芳樹	社団法人セメント協会(2010年3月退任)
	佐藤 智泰	社団法人セメント協会(2010年4月選任)
	野田 潤一	社団法人セメント協会

目 次

まえがき	1
第 I 部 強度、フレッシュおよび硬化コンクリートの各種性状確認（室内試験）	2
1. 強度確認試験	2
1.1 試験の目的	2
1.2 試験の概要	2
1.2.1 セメントの種類	2
1.2.2 配合条件	2
1.2.3 練混ぜおよび養生条件	2
1.2.4 試験項目および試験材齢	2
1.2.5 試験条件の組合せ	3
1.3 試験方法	4
1.3.1 使用材料	4
1.3.2 コンクリートの配合および供試体の成形	5
1.3.3 養生	5
1.3.4 試験方法	5
1.4 試験結果および考察	6
2. コンクリートのフレッシュ性状および硬化コンクリートの各種性状確認試験	9
2.1 試験の目的	9
2.2 試験の概要	11
2.2.1 セメントの種類	11
2.2.2 配合条件	11
2.2.3 練混ぜおよび養生条件	11
2.2.4 試験項目および試験材齢	11
2.3 試験方法	12
2.3.1 使用材料	12
2.3.2 コンクリートの配合およびフレッシュコンクリートの性状	13
2.3.3 試験方法	14
2.4 試験結果および考察	17
2.4.1 フレッシュコンクリートのダレ確認試験結果	17
2.4.2 スランプロス試験結果	17
2.4.3 強度試験結果	17
2.4.4 コンクリート版の温度分布、ひずみ分布測定結果	18
2.4.5 熱膨張係数測定結果	20
2.4.6 長さ変化測定結果	21
2.4.7 すべり抵抗性試験結果	22

2.4.8 ラベリング試験結果.....	22
3. 第I部(室内試験)まとめ.....	24
3.1 交通開放時期(養生期間)とコンクリートの配合.....	24
3.2 フレッシュコンクリートのダレ確認.....	24
3.3 スランプロス.....	24
3.4 コンクリート版の温度分布、ひずみ分布.....	24
3.5 熱膨張係数.....	24
3.6 長さ変化.....	24
3.7 すべり抵抗性.....	24
3.8 ラベリングによるすり減り量.....	25
第II部 構内試験舗装.....	26
1. 試験舗装概要.....	26
1.1 試験舗装の計画.....	26
1.2 使用材料および配合.....	29
1.3 施工概要.....	30
1.4 供用前の調査計画.....	34
2. 試験舗装結果および考察.....	36
2.1 早期交通開放用コンクリートの施工性.....	36
2.2 早期交通開放用コンクリートのフレッシュ性状、曲げ強度および交通開放時期.....	36
2.3 供用前の平坦性(標準偏差(σ)).....	38
2.4 供用前のすべり抵抗値.....	38
2.5 早期交通開放用コンクリート舗装の路面性状変化.....	39
3. 第II部(構内試験舗装)まとめ.....	40
3.1 早期交通開放用コンクリートの施工性.....	40
3.2 早期交通開放用コンクリートのフレッシュ性状、曲げ強度および交通開放時期.....	40
3.3 供用前の平坦性(標準偏差(σ)).....	40
3.4 供用前のすべり抵抗値.....	40
3.5 舗装の路面性状変化.....	41
4. まとめ.....	42
資 料.....	44

まえがき

コンクリート舗装の課題の一つに、交通開放までに長時間の養生期間を必要とすることが挙げられる。人口密度が高く国土が狭い我が国では、道路の車線数が少なく、路肩も狭いのが一般的である。そのため、普通セメントを用いた普通コンクリート舗装で、標準 14 日間の養生期間を必要とすることは、交通渋滞の原因となり、コンクリート舗装が敬遠される原因の一つであった。

そこで、社団法人セメント協会 舗装技術専門委員会 適用性評価WGでは、普通コンクリート舗装の養生期間を 1 日間に短縮化することを目的に、セメントの種類、養生条件、配合条件を組合せた室内実験を行なった。その結果、早強セメントを用いて低水セメント比の配合とすることにより、冬期も含めて 1 日で交通開放可能な配合条件を見いだした。

その早期交通開放用コンクリートを用いて、施工性・交通開放時期の検証、およびひび割れ・目地部の段差などの経時的な変化を確認することを目的に、構内試験施工を実施した。その結果、生コンプラントから出荷可能であること、施工性および半年後までの供用性に問題がないことを確認した。

本報告は、これらの室内試験結果、構内試験施工と施工後半年までの供用性調査結果を取りまとめたものである。コンクリート舗装のライフサイクルコストは、アスファルト舗装に比較して供用年 20 年で約 2 割安くなるとの調査結果を得ている。このコンクリート舗装の普及を妨げている要因の一つが養生に長期間必要とすることであるが、本実験結果より大幅に短縮化できる可能性を見いだした。来るべき高齢化社会に備えて、可能なものから耐久性のあるメンテナンスフリーな社会資本へ変更していく必要がある。道路舗装の分野では、適材適所で耐久性の良好なコンクリート舗装を採用していくことがそのことにつながっていくと考えられる。本報告が良質な社会資本構築の一助となることを期待するものである。

第 I 部 強度、フレッシュおよび硬化コンクリートの各種性状確認（室内試験）

1. 強度確認試験

1.1 試験の目的

「養生期間が長く交通開放までに時間を要すること」はコンクリート舗装の新設工事および補修工事の大きな課題のひとつである。コンクリート舗装の普及拡大に際し、これらの問題解消を目的として、セメントの種類、養生条件、配合条件の組合せから、適切な交通開放時期（養生期間）とコンクリート配合（曲げ強度）の関係を確認する。

1.2 試験の概要

1.2.1 セメントの種類

セメントの種類は、普通ポルトランドセメント（以下普通セメント,記号:N）、早強ポルトランドセメント（以下早強セメント,記号:H）、高炉セメント B 種（以下高炉セメント,記号:BB）とした。

1.2.2 配合条件

養生期間を短縮（材齢 1 日以内）して、交通開放のための目標曲げ強度(本研究の場合、曲げ強度 3.5N/mm^2 以上^{*})を得るために、水セメント比は 30%とした(以下、早期交通開放用コンクリートと呼ぶ)。また、比較用に既往の舗装用コンクリートを想定して水セメント比 40%も合わせて検討した(以下、一般舗装用コンクリートと呼ぶ)。

目標スランプは、早期交通開放用コンクリートの施工性およびアジテータ車による生コン出荷を考慮して、8cm および 18cm とした。一般舗装用コンクリートは 2.5cm とした。

目標空気量は 4.5%とした。なお、混和剤は一般舗装用のコンクリートに AE 減水剤を、早期交通開放用コンクリートに高性能 AE 減水剤を使用した。なお、配合の組合せは表 1-1 に示す。

^{*}設計基準曲げ強度 $4.5\text{N/mm}^2 \times$ 割り増し係数 $1.15 \times 0.7 \div 3.5\text{N/mm}^2$ とした。

1.2.3 練混ぜおよび養生温度

練混ぜは、容量 100 リットルの水平 2 軸形強制練りミキサを使用した。練混ぜ方法は、まず粗骨材、細骨材、セメントを投入し 30 秒間の空練り後、混和剤を混入した水を投入し、90 秒間の本練りを行った。養生温度は、 20°C の他、冬季(寒中コンクリート)および夏季(暑中コンクリート)を想定して 5°C および 35°C とした。

1.2.4 試験項目および試験材齢

試験項目は、圧縮強度試験、静弾性係数試験および曲げ強度試験とした。試験材齢は、10 時間、1 日、3 日および 28 日とした。10 時間は夜間工事を想定した場合の養生時間である。

1.2.5 試験条件の組合せ

試験条件の組合せを表 1-1 に示す。

表 1-1 試験条件の組合せ

セメントの種類	養生温度 (°C)	目標スランプ (cm)	水セメント比 (%)	試験材齢(日)
N	5,20,35	8	30	養生温度 5°Cが 1 日,3 日,28 日 養生温度 20°Cおよび 35°Cが 10 時間,1 日,28 日
	20	2.5	40(比較用)	
		18	30	
H	5,20,35	2.5	40(比較用)	
		8	30	
	20	18	30	
BB	5,20,35	8	30	

1.3 試験方法

1.3.1 使用材料

(1) セメント

使用したセメントの化学成分および物理的性質を表 1-2 および表 1-3 に示す。

表 1-2 セメントの化学成分

セメントの種類	化学成分(%)				
	ig.loss	MgO	SO ₃	Na ₂ Oeq	Cl
N	2.09	1.56	1.85	0.51	0.014
H	1.28	1.68	2.91	0.49	0.012
BB	1.47	3.40	1.71	—	0.010

表 1-3 セメントの物理的性質

セメントの種類	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	凝結			安定性	圧縮強さ (N/mm ²)				水和熱 (J/g)	
			水量 (%)	始発 (h-m)	終結 (h-m)		1日	3日	7日	28日	7日	28日
N	3.15	3330	27.9	2-15	3-24	良	—	29.9	45.6	63.1	326	381
H	3.13	4630	30.4	1-51	2-51	良	28.1	48.9	59.5	68.6	—	—
BB	3.04	4020	29.3	2-45	4-06	良	—	23.1	37.5	62.7	—	—

(2) 骨材

骨材の粒度と物理的性質を、表 1-4 および表 1-5 に示す。

表 1-4 骨材の粒度

骨材の種類	ふるい目(mm)	ふるい通過量 (%)									粗粒率
		20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	
粗骨材(碎石) 東京都青梅産		99	87	45	2	0	—	—	—	—	6.54
細骨材(山砂) 千葉県君津産		—	—	—	94	81	68	54	33	3	2.67

表 1-5 骨材の物理的性質

骨材の種類		表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	実積率 (%)	微粒分量 (%)	粘土塊 (%)	安定性試験損失量 (%)	すり減り減量 (%)	軟石量 (%)
粗骨材	碎石	2.65	2.63	0.74	1.584	60.2	0.7	—	3.3	13.3	4.1
細骨材	山砂	2.62	2.58	1.79	1.728	67.0	0.1	0.4	0.6	—	—

(3) 練混ぜ水

コンクリートの練混ぜ水は上水道水を使用した。

(4) 混和剤

混和剤は、高性能 AE 減水剤（ポールファイン SPA-2（竹本油脂社製））、AE 減水剤（ポゾリス No.70（BASF ポゾリス社製））および AE 剤（マイクロエア 303A（BASF ポゾリス社製））を使用した。

1.3.2 コンクリートの配合および供試体の成形

コンクリートの示方配合およびフレッシュコンクリートの性状を表 1-6 に示す。

コンクリートの成形は、指定温度の材料を用いて指定温度環境で行った。供試体は 1 材齢につき各 3 本を 1 組とした。

表 1-6 コンクリートの示方配合およびフレッシュコンクリートの性状

セメントの種類	養生温度 (°C)	目標スランプ (cm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				高性能 AE 減水剤 (%)	AE 減水剤 (%)	練上り温度 (°C)	スランプ (cm)	空気量 (%)
					水	セメント	細骨材	粗骨材					
N	5	8	30	38.2	164	547	618	1011	1.1	—	7.5	6.5	4.0
	20			39.0	160	533	639	1012	1.1	—	22.0	8.5	4.4
	35			38.2	164	547	618	1011	1.3	—	35.0	8.0	4.5
	20	18		39.0	160	533	639	1012	1.5	—	22.0	20.5	4.7
H	5	8		35.5	176	587	550	1011	1.3	—	7.5	9.5	4.5
	20			37.3	168	560	594	1010	1.1	—	23.0	7.5	4.0
	35			37.3	168	560	594	1010	1.4	—	35.0	8.0	5.0
	20	18		37.3	168	560	594	1010	1.5	—	23.0	21.0	4.0
BB	5	8		37.5	164	547	600	1012	1.1	—	7.0	7.5	4.6
	20			38.5	160	533	625	1010	1.1	—	22.0	8.0	4.1
	35			36.7	168	560	580	1011	1.3	—	35.0	8.0	4.0
N	20	2.5		40	40.6	149	373	731	1082	—	0.25	21.0	3.5
H	5		39.4		156	390	696	1083	—	0.25	6.0	3.0	4.5
	20		40.6		156	390	696	1083	—	0.25	21.0	3.5	4.8
	35		39.1		158	395	687	1083	—	0.25	34.5	2.0	4.3

1.3.3 養生

養生は、試験材齢まで指定の温度環境で封緘養生とした。

1.3.4 試験方法

圧縮強度試験は、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準じて行った。供試体寸法はφ10×20cm とした。

静弾性係数試験は、JIS A 1149「コンクリートの静弾性係数試験方法」に準じて行った。供試体は圧縮強度試験用供試体を使用した。

曲げ強度試験は、JIS A 1106「コンクリートの曲げ強度試験方法」に準じて行った。供試体寸法は10×10×40cm とした。

試験材齢は、養生が 20°C および 35°C の場合に 10 時間、1 日および 28 日とし、5°C の場合に 1 日、3 日および 28 日とした。

1.4 試験結果および考察

圧縮強度、静弾性係数および曲げ強度の試験結果を表 1-7 に、養生期間が 10 時間および 1 日の曲げ強度の試験結果を図 1-1 に示す。

これより、養生期間が 10 時間ないし 1 日で曲げ強度が 3.5N/mm^2 以上に達するのは、養生期間 10 時間の場合、①【早強セメント】－【水セメント比 30%】－【養生温度 35°C 】
養生期間 1 日の場合、②【普通セメント】－【水セメント比 30%】－【養生温度 20°C 】
③【普通セメント】－【水セメント比 30%】－【養生温度 35°C 】
④【早強セメント】－【水セメント比 30%】－【養生温度 5°C 】
⑤【早強セメント】－【水セメント比 30%】－【養生温度 20°C 】
⑥【早強セメント】－【水セメント比 30%】－【養生温度 35°C 】
⑦【早強セメント】－【水セメント比 40%】－【養生温度 20°C 】
⑧【早強セメント】－【水セメント比 40%】－【養生温度 35°C 】

の組合せであった。高炉セメントはいずれの条件も、養生 10 時間ないし 1 日では曲げ強度 3.5N/mm^2 以上を満足しなかった。なお、これらの組合せをまとめて表 1-8 に示す。

材齢 28 日の曲げ強度は、水セメント 30%で養生温度 5°C および 35°C が $6\sim 7\text{N/mm}^2$ 、 20°C が $7\sim 8\text{N/mm}^2$ 、水セメント比 40%で $5\sim 7\text{N/mm}^2$ であった。

材齢 28 日の圧縮強度は、水セメント比 30%で養生温度 5°C および 35°C が $60\sim 75\text{N/mm}^2$ 、 20°C が $58\sim 71\text{N/mm}^2$ 、水セメント比 40%で $46\sim 57\text{N/mm}^2$ であった。

材齢 28 日の静弾性係数は、水セメント比 30%で養生温度 20°C および 35°C が $34\sim 35\text{kN/mm}^2$ 、 5°C が $32\sim 34\text{kN/mm}^2$ 、水セメント比 40%で $33\sim 34\text{kN/mm}^2$ であった。

これらの結果より、養生期間、すなわちコンクリート打設から交通開放までの時間が 10 時間の場合は、施工を夏季に行い、早強セメントを使用し、水セメント比 30%とする必要がある。交通開放時間が 1 日の場合は、早強セメントを使用し水セメント比を 30%とするといずれの季節でも施工が可能である。水セメント比を 40%とすると冬季以外で施工が可能である。普通セメントを使用し水セメント比を 30%とすると冬季以外で施工が可能である。

表 1-7 圧縮強度、静弾性係数および曲げ強度試験結果

セメントの種類	養生温度(°C)	目標スランプ(cm)	水セメント比(%)	曲げ強度(N/mm ²)				圧縮強度(N/mm ²)				静弾性係数(kN/mm ²)			
				10時間	1日	3日	28日	10時間	1日	3日	28日	10時間	1日	3日	28日
N	5	8	30	—	2.7	5.0	6.2	—	9.2	31.8	68.7	—	13.6	24.0	33.4
	20			1.7	4.1	—	7.3	6.5	29.4	—	66.0	11.7	25.3	—	34.6
	35			3.0	4.1	—	6.7	26.0	40.8	—	63.8	23.1	28.8	—	34.2
	20			1.2	4.2	—	7.8	3.8	30.2	—	67.2	7.1	25.8	—	34.5
H	5	8		—	3.8	6.4	7.0	—	20.3	45.7	75.2	—	5.4	7.2	33.6
	20			2.4	5.1	—	7.7	11.8	44.2	—	71.0	11.8	26.2	—	34.7
	35			4.2	5.3	—	6.5	43.1	53.8	—	72.2	27.6	29.7	—	34.6
	20			1.7	5.5	—	7.8	8.1	44.8	—	70.9	13.1	26.5	—	35.3
BB	5	8	—	1.3	3.7	6.2	—	4.2	17.7	60.8	—	10.1	20.6	32.5	
	20		0.9	3.2	—	7.2	2.8	16.3	—	57.9	5.9	16.8	—	35.1	
	35		1.7	3.4	—	6.3	11.6	27.8	—	66.2	18.1	22.0	—	35.5	
N	20	2.5	40	0.6	2.7	—	5.5	2.0	13.2	—	46.3	5.2	20.2	—	34.2
H	5			—	1.0	4.9	5.9	—	3.2	26.3	56.6	—	9.6	23.1	33.4
	20			0.8	3.7	—	6.7	3.1	22.9	—	49.5	7.6	23.2	—	34.0
	35			3.0	4.0	—	5.8	25.0	33.5	—	52.3	23.0	27.3	—	33.8

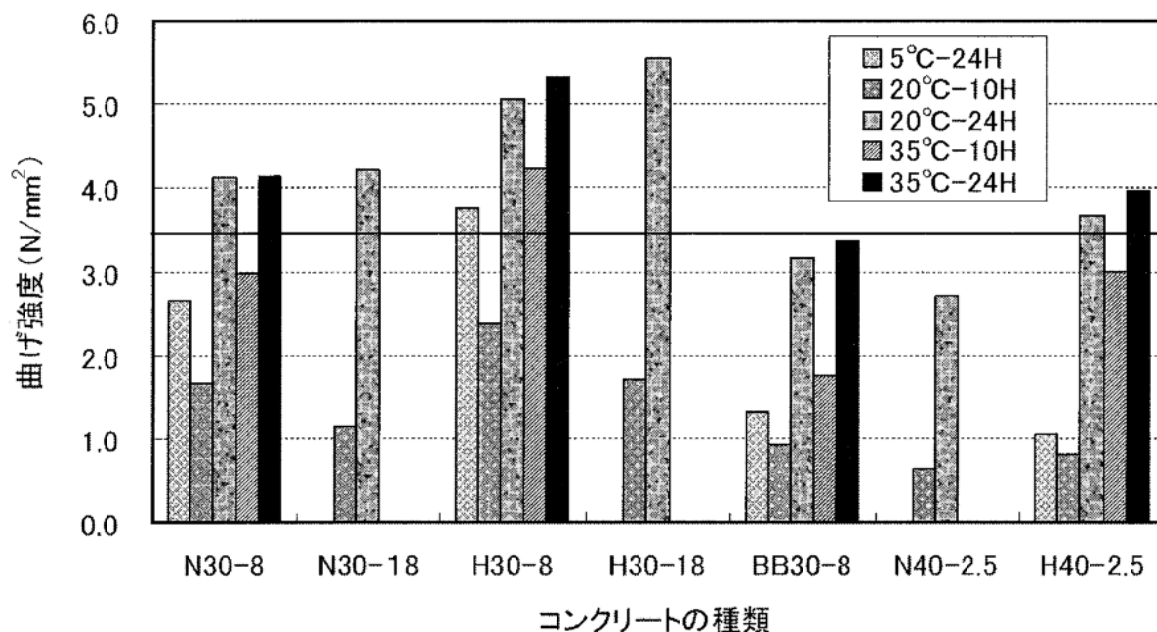


図 1-1 養生が 10 時間および 1 日の曲げ強度試験結果

注 1: 凡例は[養生温度]-[養生時間]を示す。

注 2: コンクリートの種類は[セメント種類][水セメント比]-[目標スランプ]を示す。

表 1-8 養生が 10 時間ないし 1 日で曲げ強度 3.5N/mm²以上を満足する養生温度

セメントの種類	水セメント比 (%)	養生 10 時間	養生 1 日
N	30	—	20°C、35°C
H		35°C	5°C、20°C、35°C
BB		—	—
N	40	—	—
H		—	20°C

注) —は満足する水準がないことを示す。

2. コンクリートのフレッシュ性状および硬化コンクリートの各種性状確認試験

2.1 試験の目的

1.4.の試験結果より、夏季で10時間養生また1年中通して1日養生で、曲げ強度 3.5N/mm^2 以上となるために、早強セメントを使用した早期交通開放用コンクリートを選定した。本章では選定した早期交通開放用コンクリートのフレッシュ性状および硬化コンクリートの各種性状を確認した結果を示す。なお、比較用に普通セメントを使用した一般舗装用コンクリートも併せて試験を行った。ここで、早期交通開放用コンクリートを使用する施工箇所、施工期間および施工方法を以下のように想定した。

1) 想定した施工箇所

図 2-1 に示すような地方幹線道路等の交差点付近の道路で、自動車停止付近の交通渋滞によるわだち掘れが問題になる箇所（延長 50m）の補修工事を想定した。図 2-2 に想定した舗装断面を示す。

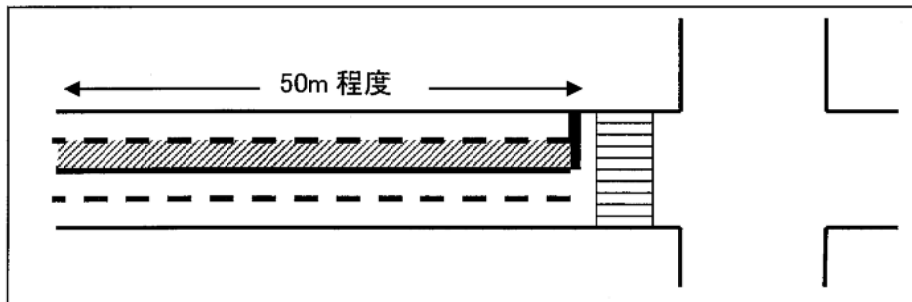


図 2-1 想定した施工箇所(平面概要図、斜線部)

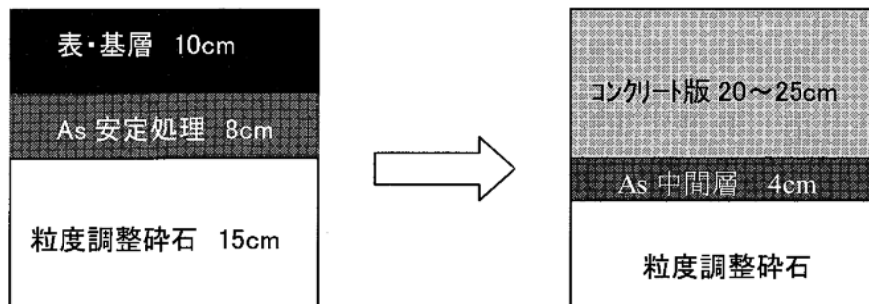


図 2-2 想定した舗装断面

2)想定した工事期間

一般に平日に比べて土曜日および日曜日に交通量が少なくなることから、土日の2日間規制を想定し、想定工事期間は、表 2-1 に示すように交通規制開始の金曜日の午後 11 時から交通規制解除の月曜日の午前 5 時までの最大 54 時間とした。

表 2-1 想定した工事工程(200 m²程度)

(曜)時 工種	(金)23 ~(土)5	(土)5~ 11	(土)11 ~17	(土)17 ~23	(土)23 ~(日)5	(日)5~ 11	(日)11 ~17	(日)17 ~23	(日)23 ~(月)5
カット工	== 2h								
As 撤去工 (25 m ² /h)	==== 8h								
地盤整正・プライム コート工(1時間)		1h ==							
舗装準備工 (1時間)		1h ==							
As 中間層工 (200 m ² /h+1h)			== 2h						
コンクリート打設準備工			== 1h						
コンクリート打設工 (4m ³ /h*)			==== 13h						
養生工					==== 24h				
目地工 (養生後3h)								

使用量: As20t、コンクリート 50m³ *高流動コンクリートのため 4m³/hと想定した。

3)想定した施工方法

- ①工事期間が短いため大型の施工機械は使用しない。
- ②既存アスファルト舗装の表層および基層アスコンを撤去し、アスファルト中間層を施工し、ダウエルバーをセットしながらコンクリートを人力施工する。なお、鉄網は設置しない。
(ホワイトトッピング型の場合は、既設アスファルト舗装の表層および基層アスコンを撤去し、アスコン表面処理を行った後にコンクリートを人力施工する。)
- ③コンクリートは人力施工のため高流動コンクリートとし、養生期間は 24 時間とする。

2.2 試験の概要

2.2.1 配合条件

コンクリートの種類は早期交通開放用と一般舗装用コンクリートとした。早期交通開放用コンクリートの水セメント比は 1.4 の試験結果より 35%とし、目標スランプフロー¹⁾ が 400mm(スランプ:24cm)、目標空気量が 4.5%の高流動コンクリートとした。また目標配合強度を 3.5N/mm²以上とした。比較として、一般舗装用コンクリートの配合(水セメント比:42%、目標スランプ:2.5cm、目標空気量:4.5%)も実施した。

2.2.2 練混ぜおよび養生温度

練混ぜは、前述の 1.2.3(P2 参照)と同様に行った。養生温度は、20℃とした。ただし、スランプロス試験は、最もスランプが低下する 35℃で練混ぜおよび試験を実施した。

2.2.3 試験項目および試験材齢

試験項目、試験方法および試験材齢を表 2-2 に示す。

表 2-2 試験項目、試験方法および試験材齢

試験項目	試験方法	試験材齢
フレッシュ時のダレ	15×15×53cm の型枠を使用し排水勾配程度の勾配をもたせコンクリートのダレを目視観察	フレッシュ時
スランプロス	35℃で練込み、測定時まで静置	練上がり後 30 分および 60 分後
曲げ強度	JIS A 1106	水中:28 日、91、365 日 封緘:1 日、7 日、28 日、91 日、365 日
圧縮強度	JIS A 1108	
静弾性係数	JIS A 1149	
コンクリート版の温度およびひずみ分布	50cm×50cm×30cm の供試体のひずみおよび温度測定	1 年間(20~60 分間隔)
熱膨張係数	φ15×30cm 供試体に埋め込みゲージ使用	40 日
長さ変化	JIS A 1129	4 日、1 週、2 週、4 週、5 週、8 週、10 週、12 週、13 週、26 週、30 週、34 週、38 週、42 週、46 週、50 週および 52 週
すべり抵抗	舗装試験法便覧 6-5 SL 舗装路面のすべり抵抗の測定方法に準拠 振子式スキッドレジスタンステスト	28 日
ラベリング	舗装試験法便覧 3-7-2L ラベリング試験方法に準拠 往復チェーン型	28 日

2.3 試験方法

2.3.1 使用材料

(1) セメント

使用したセメントは、前述の 1.3.1(4 頁参照)で記述したセメントを使用した。

(2) 骨材

使用した骨材は、「1. 強度確認試験」で使用した骨材とした。ただし、一般舗装用コンクリートには、最大骨材寸法 40mm の粗骨材を使用した。使用した粗骨材の粒度を表 2-3 に、物理的性質を表 2-4 に示す。

表 2-3 40mm 粗骨材の粒度

粗骨材の種類	ふるい通過量 (%)									粗粒率
	ふるい目 (mm)	40	(30)	(25)	20	(15)	10	5	2.5	
4005	99	94	68	51	44	23	1	0	—	7.27
4020	98	88	35	3	0	—	—	—	—	7.99
2005	—	—	—	99	87	45	2	0	—	6.54

表 2-4 40mm 粗骨材の物理的性質

粗骨材の種類	表乾密度 (g/cm ³)	絶乾密度 (g/cm ³)	単位容積質量 (kg/l)	実積率 (%)	吸水率 (%)	安定性試験損失量 (%)	すりへり減量 (%)	軟石量 (%)
4005	2.67	2.66	1.66	62.4	0.38	2.2	14.3	3.1
4020	2.68	2.68	1.55	58.0	0.26	0.1	11.4	0.0
2005	2.65	2.63	1.58	60.2	0.74	3.3	13.3	4.1

(3) 水

コンクリートの練混ぜ水は上水道水を使用した。

(4) 混和剤

混和剤は、早期交通開放用コンクリートに高性能 AE 減水剤 (フローリック SF500H (フローリック社製)) および空気量調整剤 (AE4 (フローリック社製)) を使用した。また、比較用の一般舗装用コンクリートに AE 減水剤 (ポゾリス No.70 (BASF ポゾリス社製)) および AE 剤 (マイクロエア 303A (BASF ポゾリス社製)) を使用した。

2.3.2 コンクリートの配合およびフレッシュコンクリートの性状

コンクリートの示方配合を表 2-5 に、フレッシュコンクリートの性状を表 2-6 に示す。

表 2-5 コンクリートの示方配合

種類	セメントの種類	粗骨材最大寸法(mm)	目標スランプフロースランブ(cm)	目標空気量(%)	水セメント比(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m ³)			
							水	セメント	細骨材	粗骨材
早期交通開放用コンクリート	H	20	40±5	4.5±1.0	35	42	155	443	733	1012
一般舗装用コンクリート	N	40	2.5±1.0		42	38	130	310	732	1194

表 2-6 フレッシュコンクリートの性状

種類	練上がり温度(°C)	ワーカビリティ(スランブフロー)	空気量(%)
早期交通開放用コンクリート	20.5	スランブフロー	4.5
		41.0	
一般舗装用コンクリート	22.0	スランブ	4.9
		4.0	

2.3.3 試験方法

(1) フレッシュコンクリートのダレ確認試験

図 2-3 に示すように、排水勾配程度の勾配（約 4%）を与えた $15 \times 15 \times 53\text{cm}$ の型枠に、早期交通開放用コンクリートを打ち込み、棒状バイブレータで締固めた後、表面を均し、ダレ状況を目視観察した。

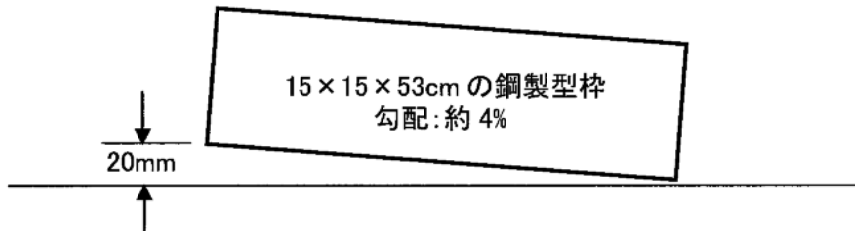


図 2-3 フレッシュコンクリートのダレ確認試験

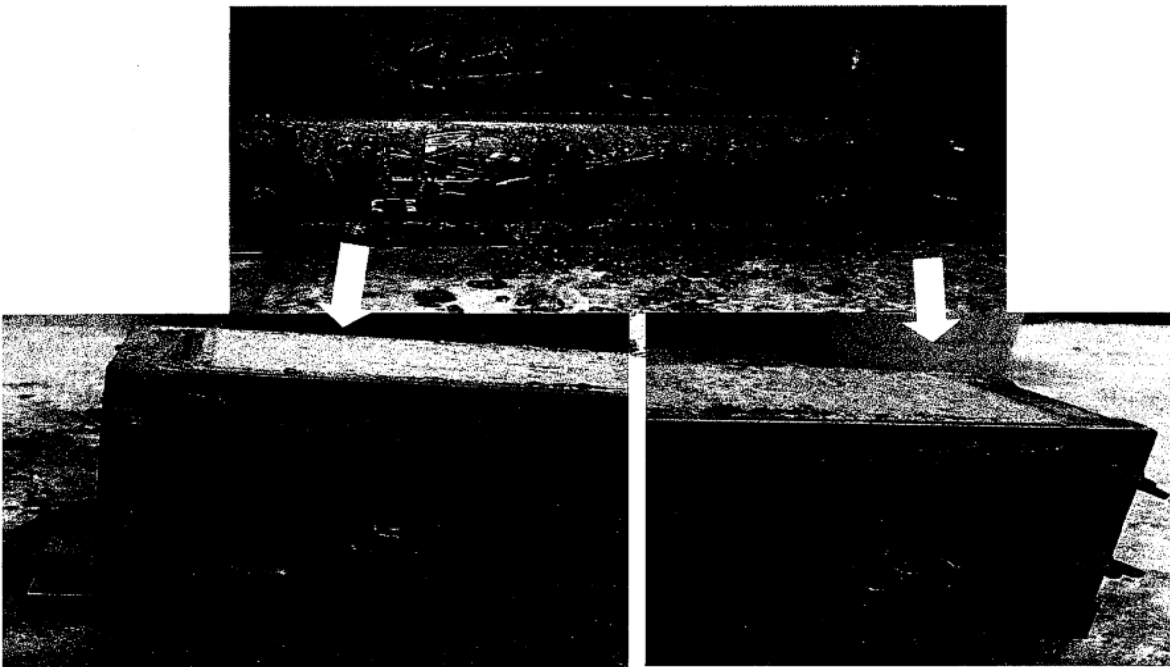


写真 2-1 フレッシュコンクリートのダレ確認試験状況

(2) スランプロス試験

早期交通開放用コンクリートを使用し、雰囲気温度は最もスランプロスの大きい 35°C とした。練上がったコンクリートは、練り板上でスランプ測定時まで静置とし、スランプ測定 1 分前に練り板上で混合した。スランプロス測定は、練上がり後 30 分および 60 分とした。なお、スランプ測定時に併せて空気量も測定した。

(3) 強度試験

試験は圧縮強度試験、静弾性係数試験および曲げ強度試験とした。

試験方法は 1.3.4 と同様であり、供試体寸法は早期交通開放用の場合に、圧縮強度・静弾性係数試験で $\phi 10\text{cm} \times 20\text{cm}$ および曲げ強度試験で $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 40\text{cm}$ また、一般舗装用コンクリートの場合に、それぞれ $\phi 15\text{cm} \times 30\text{cm}$ および $15\text{cm} \times 15\text{cm} \times 53\text{cm}$ とした。

試験材齢は、水中養生で早期交通開放用の場合に 28 日、91 日および 365 日、水中養生で一般舗装用コンクリートの場合に 28 日および 365 日とした。20℃封緘養生で早期交通開放用の場合に 1 日、7 日、28 日、91 日および 365 日とした。

(4) 自由変形測定

日地間隔設定を目的に自由変形ひずみ分布を 1 年間測定した。コンクリートの種類は早期交通開放用と一般舗装用コンクリートとした。供試体寸法は、 $50\text{cm} \times 50\text{cm} \times 30\text{cm}$ とした。

供試体は、セメント協会 研究所内の屋外に設置した。養生は、早期交通開放用コンクリートが打設後 24 時間湿布養生、一般コンクリートが 14 日間湿布養生とし、それ以降は現場養生とした。測定項目は、コンクリートひずみおよびコンクリート温度とし、図 2-4 のように版厚方向で 3 点測定した。測定間隔は、コンクリート打設時から 20~60 分間隔とした。

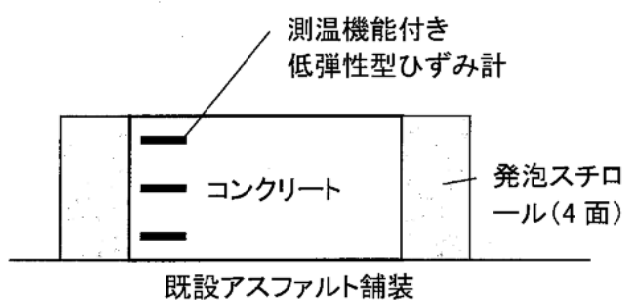


図 2-4 自由変形供試体(側面図)



写真 2-2 自由変形試験状況

(5) 熱膨張係数測定

コンクリートの種類は早期交通開放用と一般舗装用コンクリートとした。供試体寸法は $\phi 15 \times 30\text{cm}$ とし、コンクリート種類毎に各 2 本とした。

測定方法は、供試体寸法 $\phi 15 \times 30\text{cm}$ の型枠に測温機能付きひずみ計を設置してコンクリートを打設し、翌日まで湿布養生した後エポキシ樹脂で打設面を覆い試験材齢まで密封状態とした。

試験材齢は 28 日とし、供試体温度を上昇 ($0^\circ\text{C} \rightarrow 40^\circ\text{C}$)、下降 ($40^\circ\text{C} \rightarrow 0^\circ\text{C}$) させ、そのときのコンクリート温度およびひずみを測定し、線形回帰直線の傾きを線膨張係数として算出した。

(6) 長さ変化試験

試験は JIS A 1129 「モルタルおよびコンクリートの長さ変化試験方法」によって行った。

コンクリートの種類は早期交通開放用と一般舗装用コンクリートとした。供試体寸法 $10 \times 10 \times 40\text{cm}$ とし、コンクリート種類毎に各 3 本とした。

測定方法は、コンクリート打設後 1 日で脱型し、6 日間水中養生後、温度 20℃、湿度 60%R.H.

の恒温室内で測定した。測定材齢は、4日、1週、2週、4週、5週、8週、10週、12週、13週、26週、30週、34週、38週、42週、46週、50週および52週とした。

(7) ラベリング試験

試験は、日本道路協会編 舗装調査・試験法便覧の B002 ラベリング試験方法に準じて行った。供試体は $15 \times 15 \times 53\text{cm}$ の型枠にコンクリートを打設し、表面仕上げとしてほうき目を短辺方向に入れた。養生は、早期交通開放用の場合に 24 時間湿布養生後 20°C 恒温室に静置し、一般舗装用の場合に 14 日間湿布養生後 20°C 恒温室に静置した。供試体はコンクリート種類毎に各 2 本とした。脱型後、十分強度が発現した時点でコンクリートカッタにて厚さ 5cm ($5 \times 15 \times 53\text{cm}$) に整形した。

試験は、株式会社 NIPPO 技術研究所内で写真 2-3 に示すように打設面をサイドチェーン(チェーン材質:機械構造用炭素鋼鋼材)により 20°C で 90 分間測定した。測定材齢は 28 日とした。

試験機の性能は、往復数が 66 往復/分、車輪回転数が 200 回/分、チェーンおよび車輪数量が 10 こま \times 12 本 \times 1 輪、上面隙間が 4cm である。

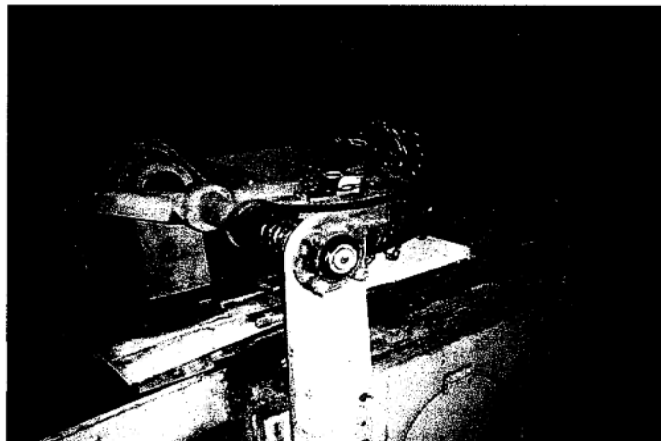


写真 2-3 ラベリング試験状況

(8) すべり抵抗試験

試験は、日本道路協会編 舗装調査・試験法便覧の S021-2 振り子式スキッドレジスタンステストによるすべり抵抗測定方法に準じて、ラベリング試験前のラベリング試験用供試体を用いて行った。

2.4 試験結果および考察

2.4.1 フレッシュコンクリートのダレ確認試験結果

早期交通開放用フレッシュコンクリートのダレ確認試験を目視で行ったが、排水勾配によるダレは認められなかった。

2.4.2 スランプロス試験結果

早期交通開放用コンクリートの35℃でのスランプロス試験結果を表2-7に示す。これより、雰囲気温度35℃で、スランプロスは、30分で1cm、60分で6.5cm、スランプフローロスは、30分で10.5cm、60分で15.5cmであった。なお、空気量の経時変化は認められなかった。試験結果より、今回の試験施工のような人力中心の施工であっても問題なくコンクリートは打設できると考えられる。

表 2-7 スランプロス試験結果(35℃)

経過時間 (min)	スランプ (cm)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	温度 (℃)
0	21.5	41.5	4.0	35.0
30	20.5	31.0	4.0	34.0
60	15.0	26.0	4.0	33.0

2.4.3 強度試験結果

20℃での強度試験結果を表2-8に示す。これより、早期交通開放用コンクリートの曲げ強度は、材齢1日で4.7N/mm²と交通開放目標強度の3.5N/mm²以上であった。

表 2-8 強度試験結果

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比(%)	材齢(日)	養生	曲げ強度(N/mm ²)	圧縮強度(N/mm ²)	静弾性係数(kN/mm ²)
早期交通開放用	H	35	1	封緘	4.7	33.7	25.5
			7		6.5	66.5	31.9
			28	封緘	7.2	72.8	35.1
				水中	7.9	83.3	35.0
			91	封緘	8.2	74.0	36.4
				水中	8.3	80.4	37.1
			365	封緘	7.4	93.4	39.5
				水中	7.0	88.7	39.6
一般舗装用	N	42	28	水中	5.7	49.0	31.5
			365		6.0	64.6	43.0

2.4.4 コンクリート版の温度分布、ひずみ分布測定結果

自由変形ひずみ測定用の 50cm×50cm×30cm の版の温度分布およびひずみ分布を図 2-5 および図 2-6 に示す。イニシャル値は打設終了時としている。

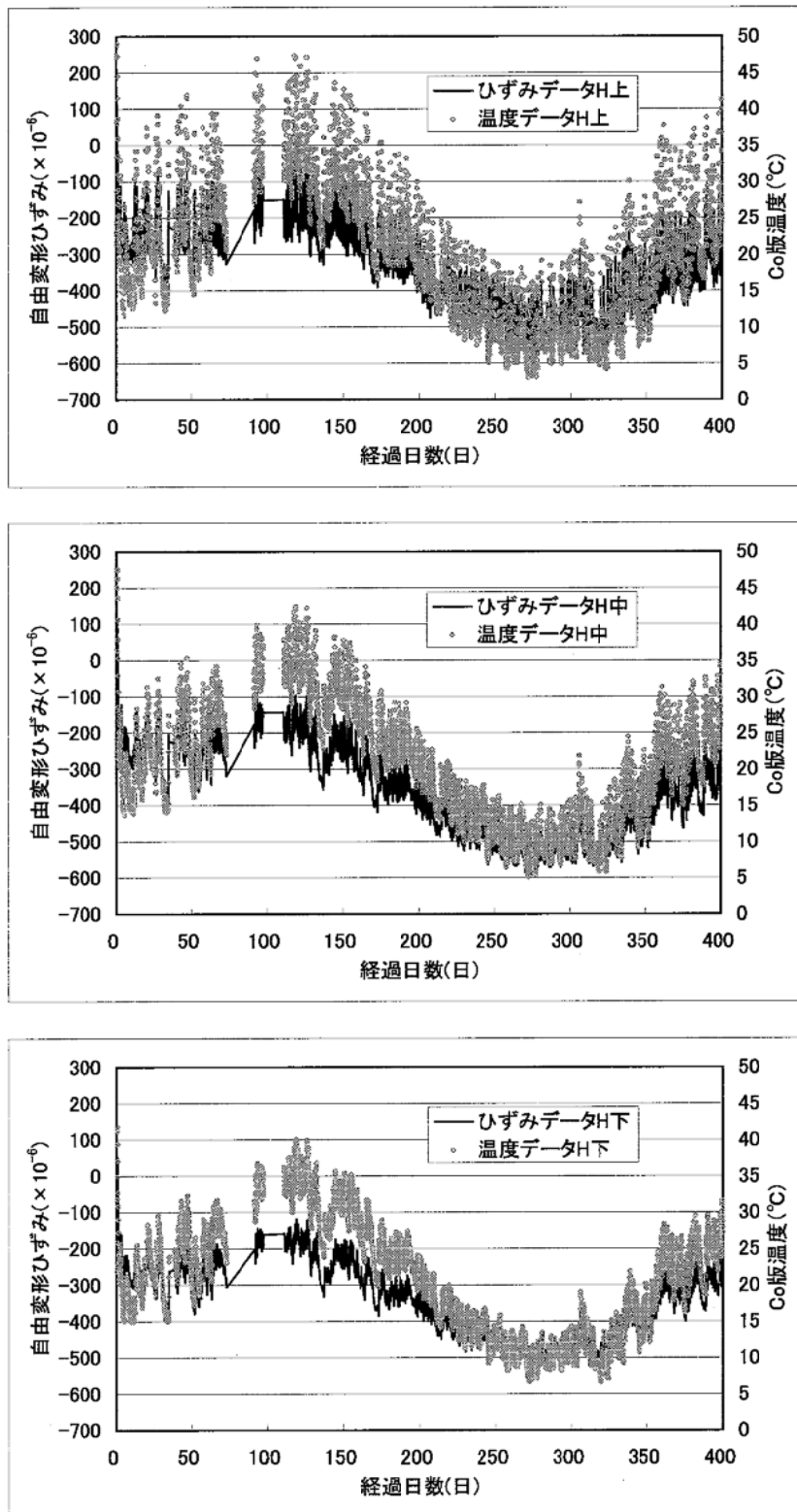


図 2-5 モデル供試体の温度と自由変形ひずみ(セメント H,版厚 30cm)

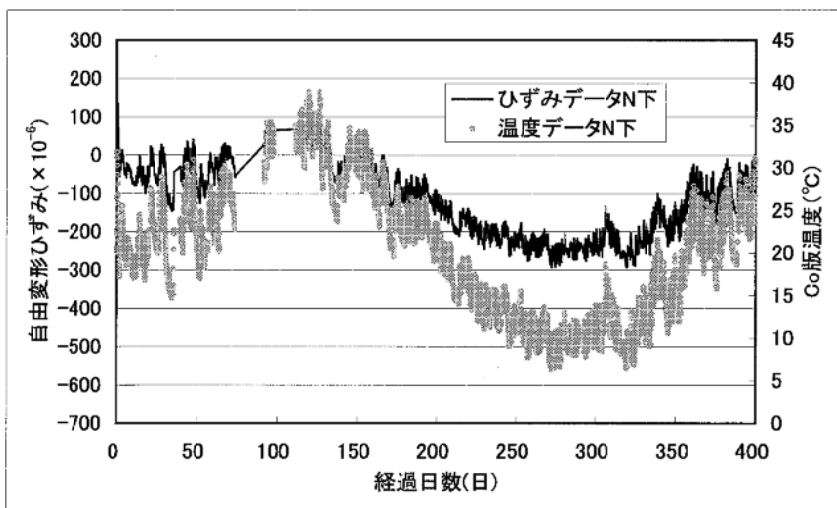
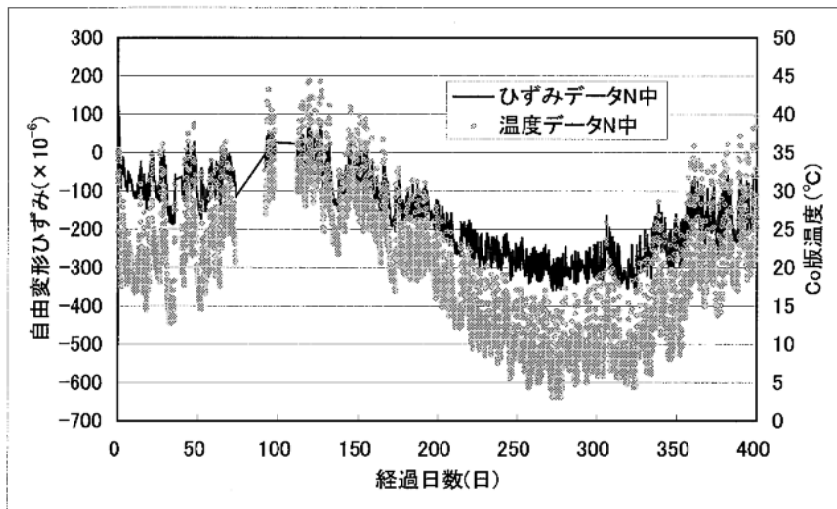
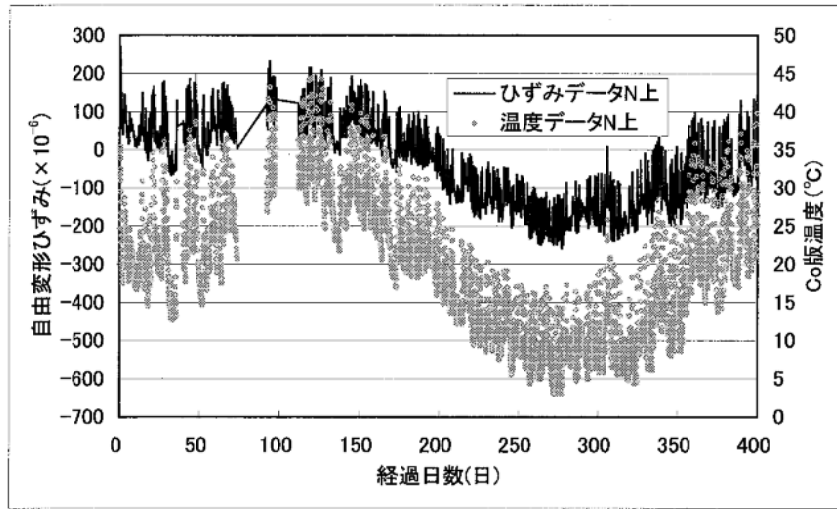


図 2-6 モデル供試体の温度と自由変形ひずみ(セメント N,版厚 30cm)

ひずみ分布測定結果において、自由変形ひずみの年間の振れ幅は、コンクリート打設 2 日後を基長として測定した場合、早期交通開放用コンクリートが 449 μ 、一般舗装用コンクリートが 404 μ となった。両者を比較してその差は 45 μ となりほぼ同程度の大きさであった。ただし、コンクリート打設開始時からコンクリート打設 2 日目までの自由変形ひずみの振れ幅の差は、180 μ となり、早期交通開放用コンクリートの方が大きい。これは、単位セメント量が、早期交通開放用コンクリートの方が 133kg/m³ ほど大きいことによる熱膨張の差であると考えられる。実際、試験体の最高温度の測定値もコンクリート打設 2 日目までで 12℃高かった。

2.4.5 熱膨張係数測定結果

熱膨張係数測定結果を表 2-9 に示す。コンクリートの熱膨張係数は一般に $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と言われており、一般舗装用コンクリートは同等また、早期交通開放用コンクリートは約 $2 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 大きかった。早期交通開放用コンクリートの方が一般舗装用コンクリートと比較して、セメントペーストの量は多く、このことが熱膨張係数の大きくなった一因と考えられる。

表 2-9 熱膨張係数測定結果

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比(%)	熱膨張係数($\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)	
早期交通開放用	H	35	12.34	12.20
			12.07	
一般舗装用	N	42	10.01	10.08
			10.15	

2.4.6 長さ変化測定結果

長さ変化率および質量変化率を図 2-7 および図 2-8 に示す。これより、早期交通開放用コンクリートの長さ変化率は一般舗装用コンクリートとほぼ同じであった。

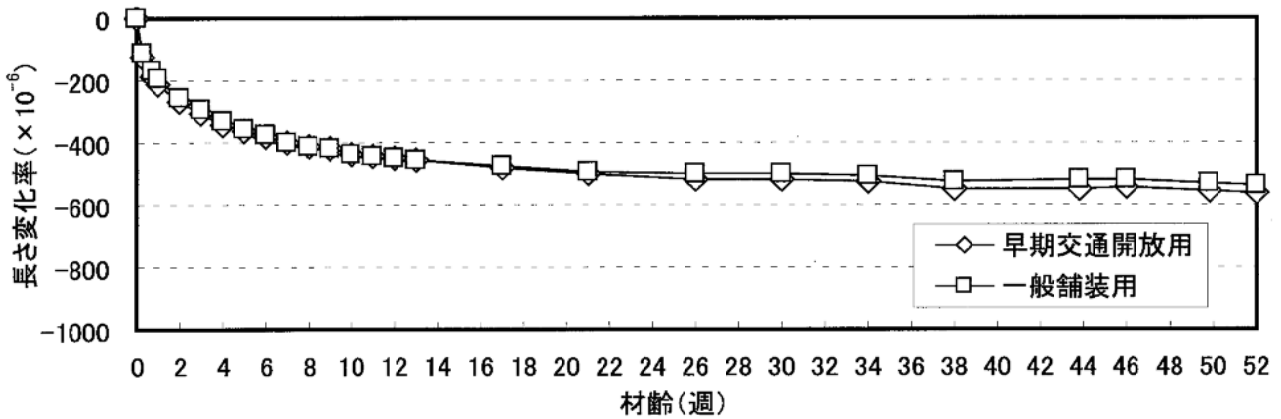


図 2-7 長さ変化率

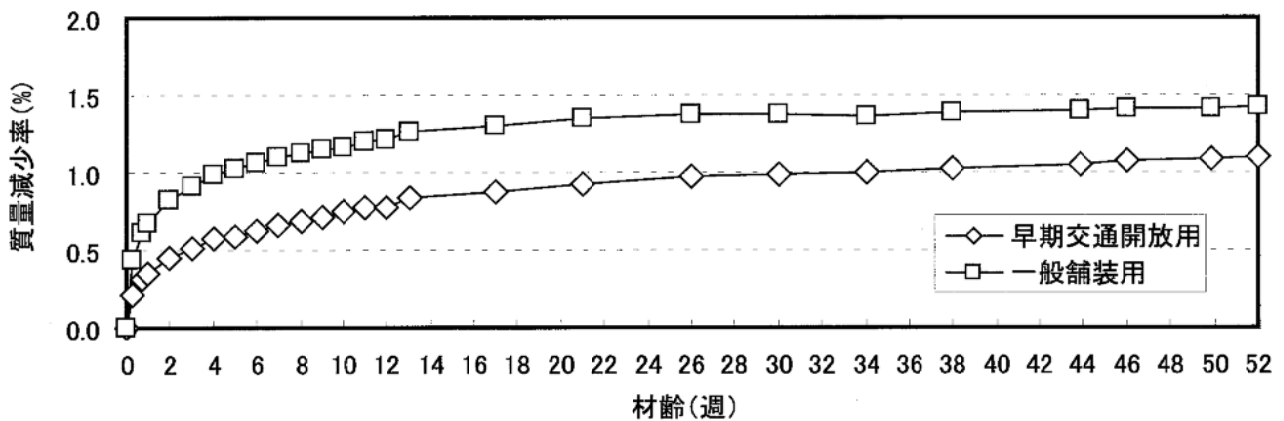


図 2-8 質量変化率

2.4.7 すべり抵抗性試験結果

振り子式スキッドレジスタンステストによるすべり抵抗性試験結果を表 2-10 に示す。これより、早期交通開放用コンクリートのすべり抵抗は、一般舗装用コンクリートよりやや小さかった。ただし、その絶対値は海外の指針値 65 以上²⁾を十分に満足している。

表 2-10 すべり抵抗性試験結果

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比(%)	BPN 値		
			85	86	88
早期交通開放用	H	35	85		
			85		
			87		
			85		
			87		
			90		
			88		
一般舗装用	N	42	90	90	93
			91		
			91		
			90		
			89	96	
			97		
			97		
			97		
93					

2.4.8 ラベリング試験結果

ラベリング試験結果を表 2-11 および写真 2-4 に示す。これより、早期交通開放用コンクリートのすり減り量は、一般舗装用コンクリートより小さかった。

表 2-11 ラベリング試験結果

コンクリートの種類	セメントの種類	水セメント比(%)	すり減り量(断面積)(cm ²)		
			0.77	0.75	0.66
早期交通開放用	H	35	0.96		
			0.58		
			0.73		
			0.71		
			0.90		
			0.54		
			0.39		
			0.47		
			0.49		
			1.11	0.79	0.84
0.75					
0.58					
0.87					
0.47	0.91				
1.40					
0.70					
1.03					
0.70					
0.71					

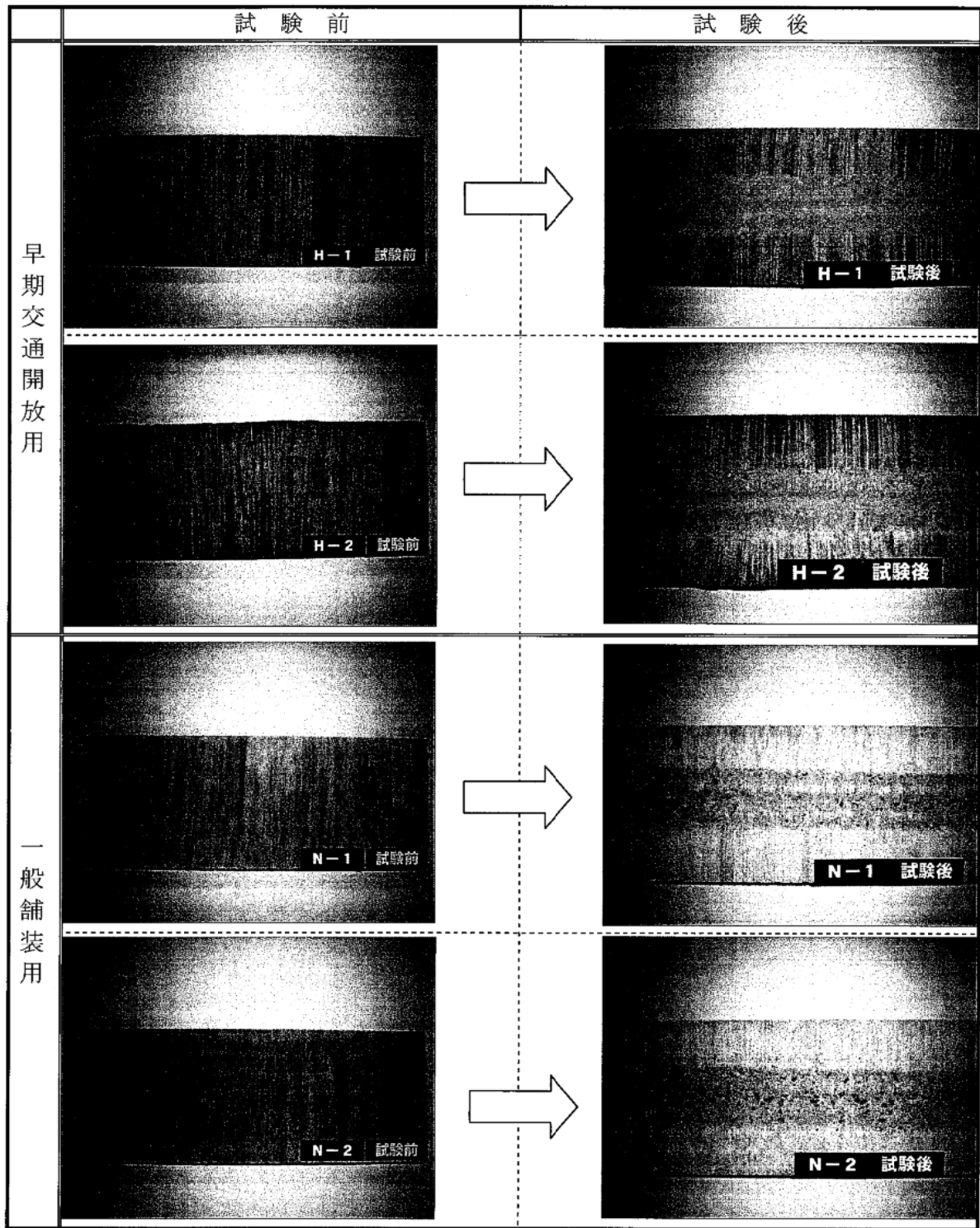


写真 2-4 ラベリング試験供試体(試験前および試験後)

3. 第 I 部(室内試験)まとめ

コンクリート舗装での補修工法および新設における普及拡大に際しての大きな課題のひとつである、「養生期間が長く交通開放までに時間を要する」の解消を目的とし、養生条件とセメントの種類、配合条件の組合せから交通開放時期（養生期間）とコンクリートの配合、フレッシュ性状および硬化コンクリートの各種性状の調査試験を行った。結果は以下のとおりである。

3.1 交通開放時期（養生期間）とコンクリートの配合

養生期間が 10 時間の場合は、施工を夏季に行い早強セメントを使用し水セメント比 30%とする必要がある。養生期間が 1 日の場合は、早強セメントを使用し水セメント比を 30%とするといずれの季節でも施工が可能である。水セメント比を 40%とすると冬季以外で施工が可能である。普通セメントを使用し水セメント比を 30%とすると冬季以外で施工が可能である。

3.2 フレッシュコンクリートのダレ確認

早期交通開放用コンクリート（早強セメント、水セメント比 35%）は高流動コンクリートであるが、フレッシュコンクリートのダレ確認試験を目視で行った結果、排水勾配によるダレは認められなかった。

3.3 スランプロス

スランプロスが最も大きくなる雰囲気温度 35°Cでは、スランプロスは、30 分で 1cm、60 分で 6.5cm、スランプフローロスは、30 分で 10.5cm、60 分で 15.5cm であった。なお、空気量の経時変化は認められなかった。今回の試験施工のような人力中心の施工であっても問題なくコンクリートは打設できると考えられる。

3.4 コンクリート版の温度分布、ひずみ分布

ひずみ分布測定結果において、自由変形ひずみの年間の振れ幅は、コンクリート打設 2 日後を基長として測定した場合、早期交通開放用コンクリートが 449 μ 、一般舗装用コンクリートが 404 μ となった。両者を比較してその差は 45 μ となりほぼ同程度の大きさであった。

3.5 熱膨張係数

コンクリートの熱膨張係数は一般に $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ であるが、早期交通開放用コンクリートは単位セメント量が多いため、やや（約 $2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ）大きかった。

3.6 長さ変化

長さ変化率は早期交通開放用コンクリートも一般舗装用コンクリートもほぼ同じであった。

3.7 すべり抵抗性

早期交通開放用コンクリートのすべり抵抗は、一般舗装用コンクリートよりやや小さかった。その絶対値は海外の指針値 65 以上²⁾を十分に満足している。

3.8 ラベリングによるすり減り量

早期交通開放用コンクリートのすり減り量は、一般舗装用コンクリートより小さかった。

参考文献: 1)低収縮型超高強度コンクリートを用いた橋梁上部工の施工:コンクリート工学 Vol.43、No.11

2)新版路面のすべり,p80,表 4.1,市原薫他,技術書院,1965 年

第Ⅱ部 構内試験舗装

1. 試験舗装概要

1.1 試験舗装の計画

(1) 試験舗装の目的

試験舗装の目的は、第Ⅰ部(室内試験)で検討した早期交通開放用コンクリートを使用した舗装の交通開放時期の検証、施工性およびひび割れ・目地部の段差などの経時的な変化を確認することを目的とする。

(2) 早期交通開放用コンクリート

早期交通開放用コンクリートは、第Ⅰ部(室内試験)で検討した結果から、セメントを早強ポルトランドセメント、水セメント比を35%とし、混和剤に高性能AE減水剤を使用したものとした。

(3) 試験舗装の施工場所および規模

試験舗装の施工場所は、太平洋セメント株式会社 熊谷工場内の構内道路とした。

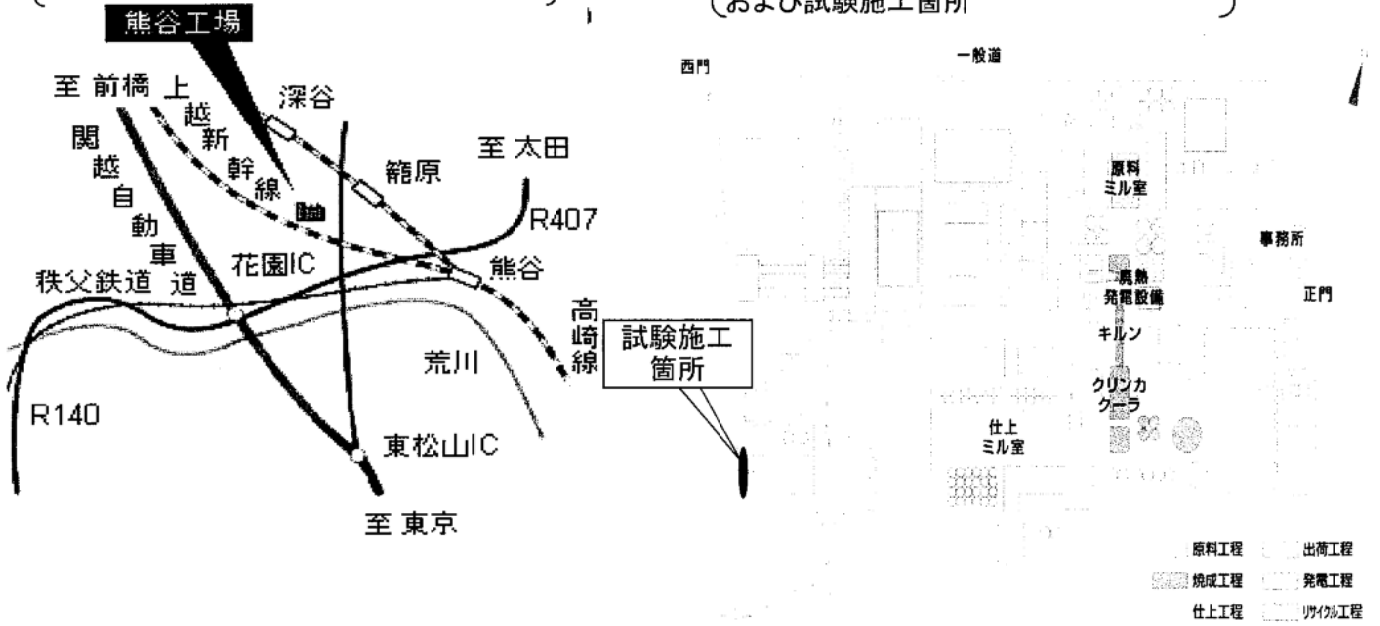
試験舗装の規模は、延長64m幅4mの256m²とした。試験舗装の施工場所を表1-1、図1-1および写真1-1に示す。

表 1-1 試験舗装の場所、延長および交通量

試験舗装の場所	延長(m)	交通量(台/日)
太平洋セメント株式会社 熊谷工場構内 (埼玉県熊谷市大字三ヶ尻 5310)	64m	約 500

〔太平洋セメント株式会社 熊谷工場位置〕

〔太平洋セメント株式会社 熊谷工場構内
および試験施工箇所〕



〔試験施工平面図〕

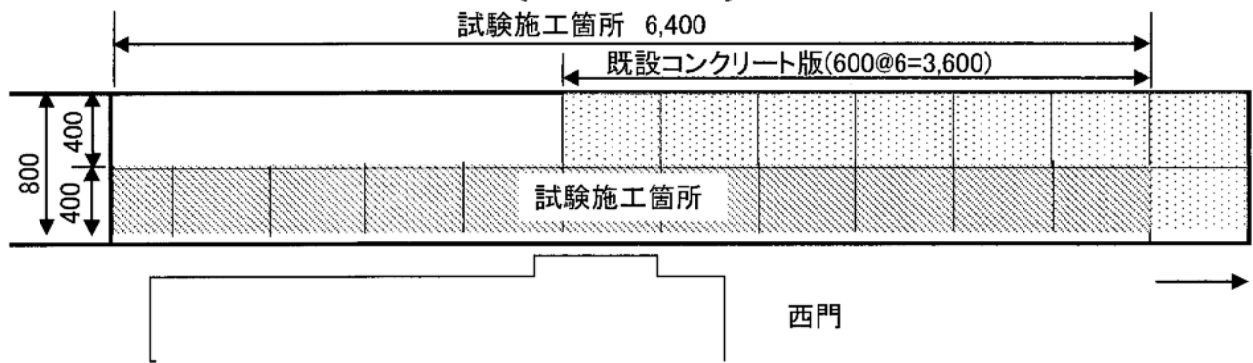


図 1-1 試験舗装の施工場所



写真 1-1 試験舗装現場の施工前状況

(4) 舗装構成

舗装構成は、熊谷工場構内の標準断面（粒度調整碎石路盤 20cm+コンクリート版 20cm）に合わせて、厚さ 20cm の粒度調整碎石路盤と、厚さ 20cm の早期交通開放用コンクリート版の表層とした。図 1-2 に本試験舗装の舗装構成を示す。

早期交通開放用コンクリート舗装の目地間隔は、図 1-1 に示すように既設コンクリート舗装の目地間隔と同様に 6m とした。また、横目地部に $\phi 25 \times 700\text{mm}$ のダウエルバーを 400mm 間隔で設置した。なお、既設コンクリート舗装が残っている箇所の縦目地部は、D16 \times 600mm のタイバーを 1000mm 間隔で設置した。

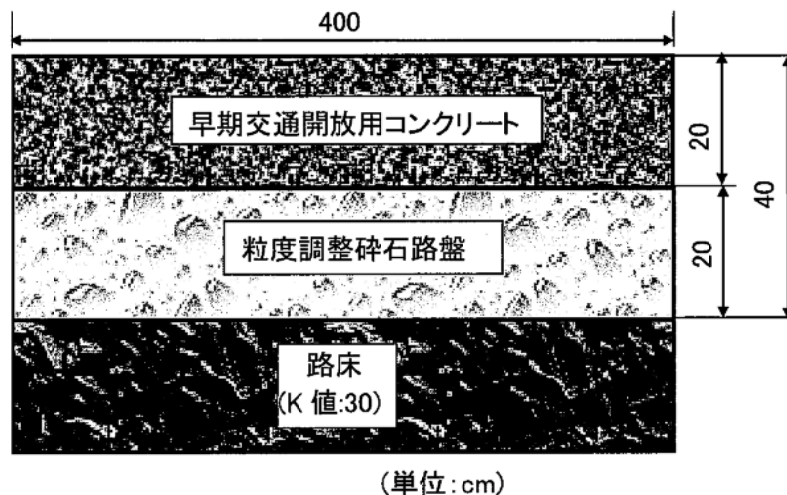


図 1-2 早期交通開放用コンクリート舗装の舗装構成

(5) 早期交通開放用コンクリートの管理曲げ強度、スランプフロー、空気量

早期交通開放用コンクリートの管理値として、曲げ強度が材齢 1 日で 3.5N/mm^2 、スランプフローが $40 \pm 2.5\text{cm}$ 、空気量が $4.5 \pm 0.5\%$ とした。

1.2 使用材料および配合

使用材料および配合を表 1-2 および表 1-3 に示す。

表 1-2 使用材料

材 料	性 質
セメント	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 、比表面積:4540cm ² /g
細骨材 (粗:砕:細 =35:50:15)	粗砂、埼玉県熊谷市大麻生産 表乾密度:2.60g/cm ³ 、吸水率:1.65%、粗粒率:3.07
	砕砂、埼玉県秩父郡皆野町産 表乾密度:2.66g/cm ³ 、吸水率:1.48%、粗粒率:2.77、粒形判定実積率:54.8%
	細砂、千葉県香取市産 表乾密度:2.58g/cm ³ 、吸水率:2.76%、粗粒率:1.78
粗骨材	硬質砂岩砕石 2005、埼玉県秩父郡皆野町産 表乾密度:2.67g/cm ³ 、吸水率:0.97%、粗粒率:6.68、実積率:60.8%
混和剤	高性能 AE 減水剤(フローリック SF500H)、空気量調整剤(ポゾリス 303A)

表 1-3 配合

粗骨材 最大 寸法 (mm)	セメ ント の 種類	目標 スラン プ フロー (cm)	目標 空気量 (%)	水セ メン ト比 (%)	細骨 材率 (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤	
						水	セメ ント	細骨材	粗骨材	高性能 AE 減水 剤	空気 量調 整剤
20	早強	40±2.5	4.5±0.5	35	42	165	471	705	991	2.0%	5A

注)高性能 AE 減水剤および空気量調整剤は(セメント量×質量%)で示す

1.3 施工概要

早期交通開放用コンクリート舗装の施工は、路床工および路盤工を実施し、その後早期交通開放用コンクリートを舗設した。舗設は 2009 年 5 月に実施し、その工程を図 1-3 に示す。施工状況を写真 1-2～写真 1-15 に示す。

コンクリートは、埼玉太平洋生コン株式会社 東松山工場から製造・出荷した。運搬時間は約 40 分であった。

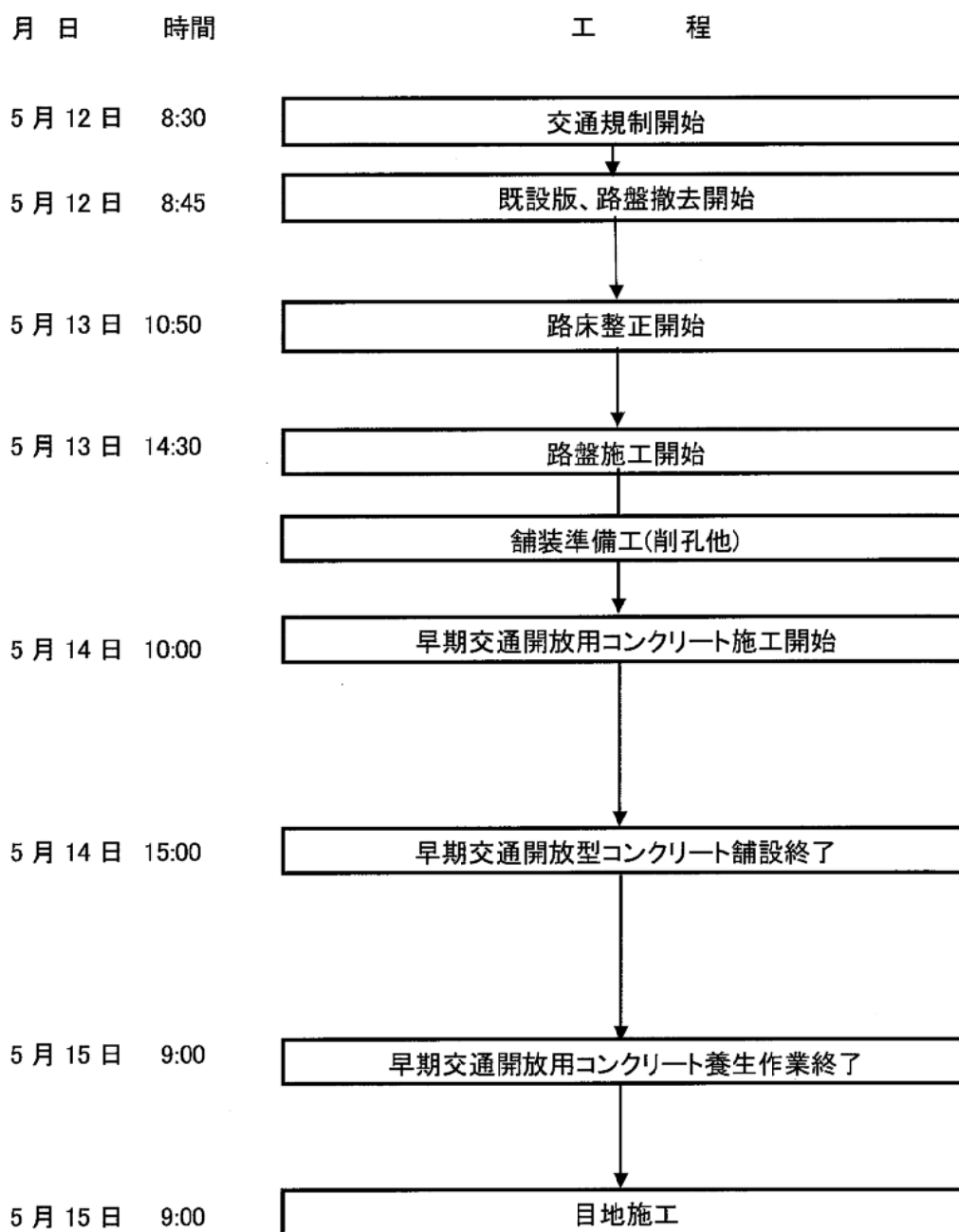


図 1-3 施工工程

1) 既設版および路盤撤去工

コンクリート破碎機によって版を破碎し、バックホー(0.4m³)にて破碎物および路盤を撤去した。

2) 路盤工

路床整正後、路盤材(粒調碎石)をダンプトラックで舗設現場まで搬入し、これをブルドーザで整正し、タイヤローラおよび振動ローラ(4t)で転圧した。

3) タイバーおよび路盤紙の設置

路盤工後、既設コンクリート版に D16×600mm のタイバーを 1000mm 間隔で設置した。また、路盤上に路盤紙を設置した。

4) 早期開放用コンクリートの舗設

生コンプラントで製造した早期開放用コンクリートをトラックアジテータ(10t)で舗設現場まで搬入した。横目地部に φ25×700mm のダウエルバーを 400mm 間隔で設置しながら、早期開放用コンクリートを簡易コンクリートフィニッシャ(4m 級)および棒状パイブレータ(高周波)によって全幅で仕上がり厚さが 20cm になるように敷きならしおよび締め固めた。敷きならし速度は、約 0.5~1.0m/分とした。

養生は、補助締固め終了直後に浸透式被膜養生剤を電動噴霧器によって散布し、養生マットで 1 日間行った。

目地施工は、打設 1 日後に目地間隔 6m、目地幅 10mm、深さ 50mm でダイヤモンドソーによって切削し、ポリウレタン系の目地材を注入した。



写真 1-2 施工場所



写真 1-3 既設コンクリート版および路盤撤去



写真 1-4 路床整正

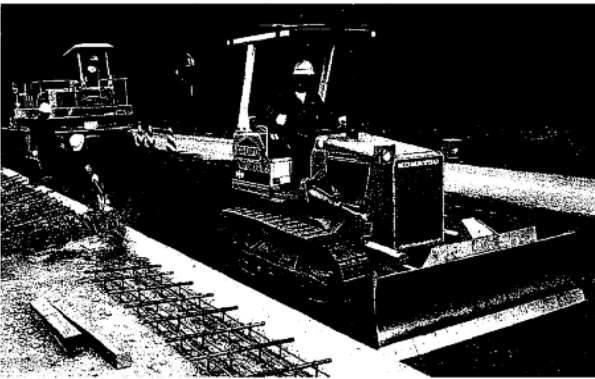


写真 1-5 路盤工

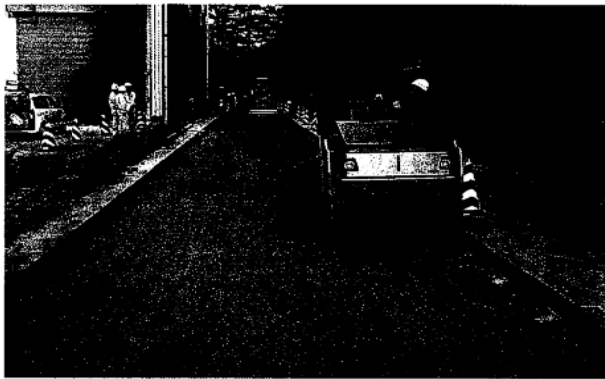


写真 1-6 D16×600mm のタイバーを
1000mm 間隔で設置

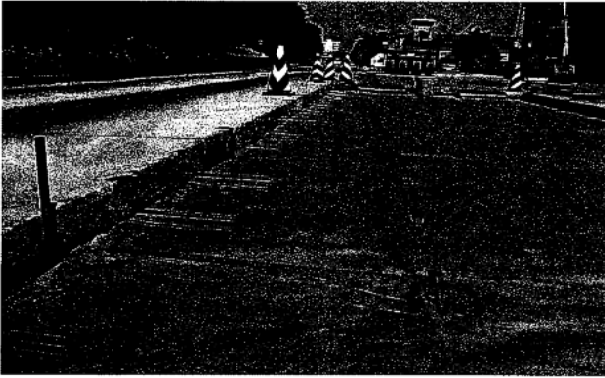


写真 1-7 路盤上に路盤紙を設置



写真 1-8 早期開放用コンクリートの舗設

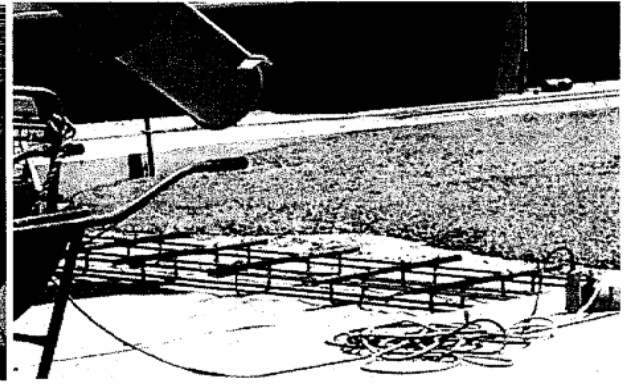


写真 1-9 $\phi 25 \times 700\text{mm}$ のダウエルバーを
400mm 間隔で設置

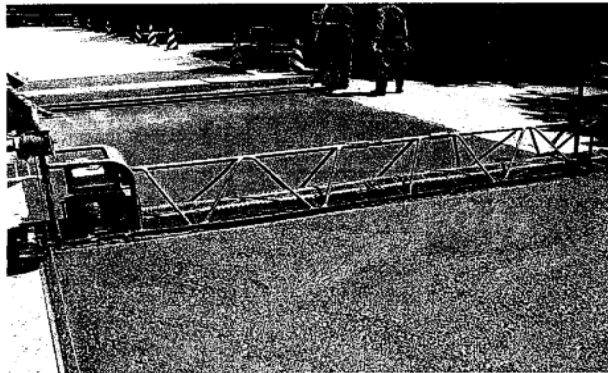


写真 1-10 コンクリートフィニッシャによる
敷ならし及び締め固め



写真 1-11 こて均し



写真 1-12 養生



写真 1-13 目地施工

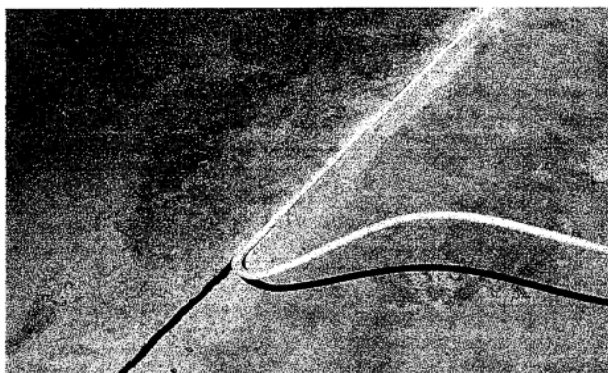


写真 1-14 目地材施工

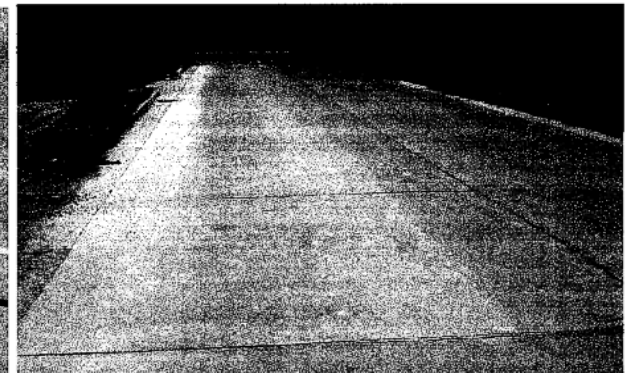


写真 1-15 完成

1.4 供用前の調査計画

早期交通開放用コンクリート舗装の供用前調査は、表 1-4 に示すような試験項目で計画した。各測定位置を図 1-4 に示す。測定状況を写真 1-16～写真 1-18 に示す。

表 1-4 試験項目、試験方法、測定位置および頻度

試験項目	試験方法	測定位置	備考
曲げ強度	JIS A 1106「コンクリートの曲げ強度試験方法」		1、7、28 日
ひび割れ・路面性状	舗装調査・試験法便覧 S029「舗装路面のひび割れ測定方法」	路面全面	—
平坦性	舗装調査・試験法便覧 S028「舗装路面の平坦性測定方法」のうち、3m プロフィールメータによる方法	OWP(外側車輪通過位置)	—
すべり抵抗	舗装調査・試験法便覧 S021-3「回転式すべり抵抗測定器による動的摩擦係数の測定方法」	3 箇所(OWP(外側車輪通過位置))	—
わだち掘れ	舗装調査・試験法便覧 S030「舗装路面のわだち掘れ量測定方法」のうち、横断プロフィールメータによる方法	すべり抵抗と同一横断位置	—
目地の段差	舗装調査・試験法便覧 S031「舗装路面の段差の測定方法」	OWP(外側車輪通過位置)	—

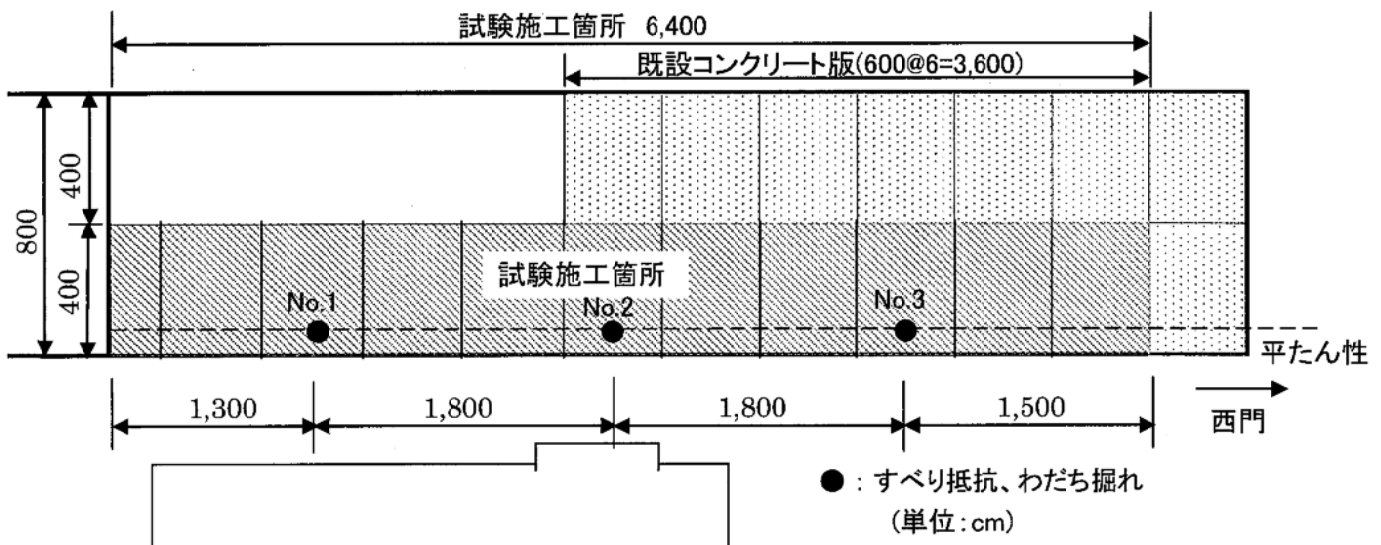


図 1-4 試験舗装の測定位置

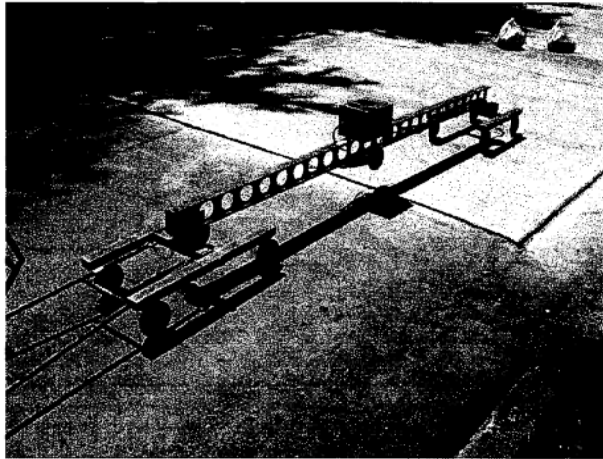


写真 1-16 3m プロフィールメータによる
平坦性の測定状況

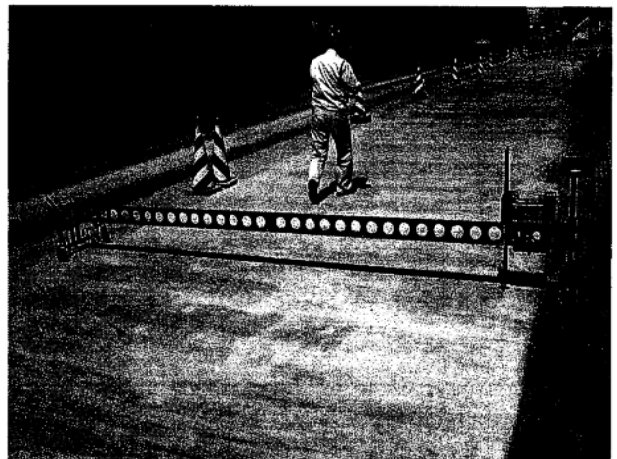


写真 1-17 横断プロフィールメータによる
わだち掘れの測定状況

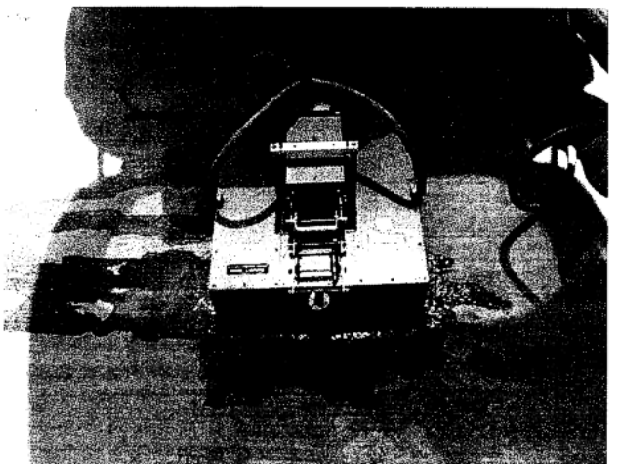
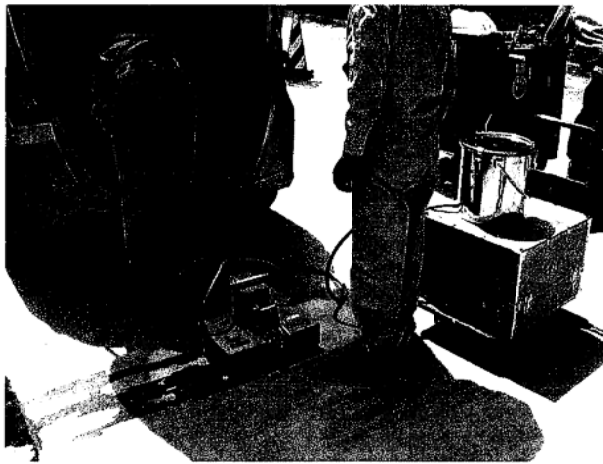


写真 1-18 DF テスターによる動的摩擦係数の測定状況

2. 試験舗装結果および考察

2.1 早期交通開放用コンクリートの施工性

コンクリート舗装に供するコンクリートは、一般に硬練りまたは超硬練りコンクリートである。本試験舗装に供したコンクリートは、早期強度発現、施工性および排水勾配確保の観点から、水セメント比を小さくし、高性能 AE 減水剤を使用したため、目標スランプフロー $40\pm 2.5\text{cm}$ (スランプ 22cm 程度)と軟らかいが粘性の高いコンクリートとなった。しかし、コンクリートの打設、締固めおよび表面仕上げに関して施工上、問題になるようなことはなかった。また、排水勾配確保での課題について検証したが、特に問題になるようなことはなかった。

2.2 早期交通開放用コンクリートのフレッシュ性状、曲げ強度および交通開放時期

1) 早期交通開放用コンクリートのフレッシュ性状

早期交通開放用コンクリートの現着時のフレッシュ性状を表 2-1 に示す。これより、管理目標値のスランプフロー $40\pm 2.5\text{cm}$ 、空気量 $4.5\pm 0.5\%$ を満足した。

表 2-1 現着時のフレッシュ性状

スランプ(cm)	スランプフロー(cm)	空気量(%)	コンクリート温度(°C)
21.0	39.5	4.7	24.0

2) 早期交通開放用コンクリートの曲げ強度

施工時に採取した早期交通開放用コンクリート試料によって作製した $100\times 100\times 400\text{mm}$ 角柱供試体による曲げ強度の試験結果を表 2-2 に示す。なお、供試体は翌日脱型後、打設面を除く面に対して水分の逸散を防止するために、アルミテープで覆ったのち、写真 2-1 に示すように試験舗装場所の横に静置した。

これより、早期交通開放用コンクリートの材齢 1 日における曲げ強度は、 3.5N/mm^2 以上であり、目標曲げ強度を満足した。



写真 2-1 供試体設置状況

表 2-2 早期交通開放用コンクリートの曲げ強度、圧縮強度、静弾性係数

材齢 (日)	曲げ強度(N/mm ²)		圧縮強度(N/mm ²)		静弾性係数(KN/mm ²)	
	現場養生	水中養生	現場養生	水中養生	現場養生	水中養生
1	5.69	—	34.2	—	—	—
7	5.74	—	58.0	—	—	—
28	7.57	8.19	69.3	70.1	34.4	34.9

3) 交通開放時期

交通規制から早期交通開放用コンクリートの舗設前(既設版・路盤撤去、路床整正、路盤工、コンクリート施工準備工)、早期交通開放用コンクリートの舗設開始から舗設終了まで、養生終了まで、また交通開放までと区切った場合および、図 2-1 より交通開放目標曲げ強度の 3.5N/mm² および 4.5N/mm² 以上となる早期開放用コンクリートの舗設開始から交通開放までの推定時間を表 2-3 に示す。

これより、舗設開始から交通開放までの実測時間は、26 時間であったが曲げ強度からの施工開始から交通開放(3.5N/mm² および 4.5N/mm² 以上)までは、18 および 22 時間と推定された。また、本試験施工の規模は延長 64m 幅 4m の 256m² であり、路盤から打換えの場合には、交通規制から交通開放までの実測総時間は 75.5 時間であったが、曲げ強度からの推定総時間は、67.5~71.5 時間であり、どちらも約 3 日であった。

なお、交通規制から早期交通開放用コンクリートの施工前(既設版・路盤撤去、路床整正、路盤工、コンクリート施工準備工)までの時間(49.5 時間)が総時間(67.5~75.5 時間)の約 66%~73% を占めているため、この工程の時間短縮も必要と考えられる。

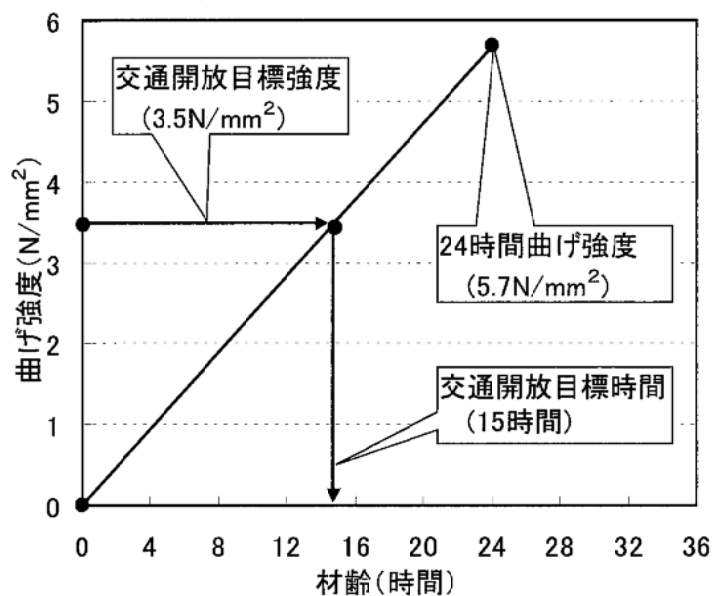


図 2-1 材齢と曲げ強度との関係

表 2-3 本施工で消費した時間

項目	消費時間 1	消費時間 2 (目標曲げ強度)
交通規制からコンクリート舗設前まで	49.5	—
コンクリートの舗設開始から舗設終了まで	5.0	—
コンクリートの舗設開始から養生終了まで	23.0	15.0(3.5N/mm ²)
		19.0(4.5N/mm ²)
コンクリートの舗設開始から交通開放まで	26.0	18.0(3.5N/mm ²)
		22.0(4.5N/mm ²)
交通規制から交通開放まで(全工程)	75.5	67.5(3.5N/mm ²)
		71.5(4.5N/mm ²)

注) 施工規模は、延長 64m 幅 4m の 256m²

消費時間 1: 試験施工で実際に消費された時間

消費時間 2: 目標曲げ強度に達した時点で養生を終了して作業を続けた場合の消費された時間

2.3 供用前の平坦性(標準偏差(σ))

3m プロファイルメータによる平坦性(標準偏差(σ))の測定を行った。施工直後の平坦性は、1.93mm であった。これは、舗装設計施工指針(日本道路協会編)の基準値 2.40mm 以下を満足している。

2.4 供用前のすべり抵抗値

コンクリート舗装路面のすべり抵抗性を評価するために、回転式すべり抵抗測定器(DF テスター)による動的摩擦係数の測定を行った。すべり抵抗の測定対象の走行速度は、40km/h、60km/h および 80km/h とした。測定結果は、40km/h が 0.60 μ 、60km/h が 0.51 μ 、80km/h が 0.47 μ で、やや小さい印象がある。これは、表層にほうき目が入り難かったことが理由として挙げられる。ただし、動摩擦係数自体は、舗装設計便覧(日本道路協会編)の路面設計条件例の 0.3 μ 以上を満足している。

2.5 早期交通開放用コンクリート舗装の路面性状変化

ひび割れ調査結果を図 2-2 および表 2-4 に示す。コンクリート打設翌日の調査で一枚の版に初期ひび割れが発見された。これは、コンクリート打設の当日に、気温が高く強風であった(最高気温 25°C,最大瞬間風速 20m)ため、養生マットが乾きやすかったこと、また、養生マットの一部がはがれたことにより、図 2-2 のようなひび割れが発生したものと考える。ただし、半年後の調査では、ひび割れの進行は見られなかった。今後も継続して調査を続ける。

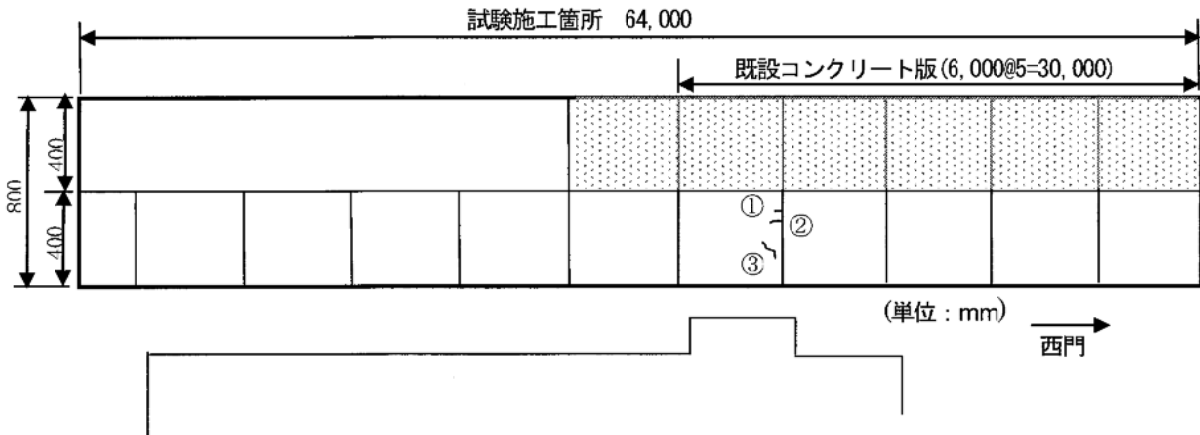


図 2-2 路面状況

表 2-4 ひび割れ調査結果 (単位:長さ:cm、幅:mm)

調査時期	①		②		③	
	長さ	幅	長さ	幅	長さ	幅
施工直後	41	0.1	83	0.2	1220	0.3
6ヶ月後	41	0.2	83	0.3	1220	0.5

3. 第Ⅱ部(構内試験舗装)まとめ

コンクリート舗装での補修工法および新設における普及拡大に際しての大きな課題のひとつである、「養生期間が長く交通開放までに時間を要する」の解消を目的とし、第Ⅰ部で養生条件とセメントの種類、配合条件の組合せから交通開放時期(養生期間)とコンクリートの配合、フレッシュ性状および硬化コンクリートの各種性状の調査試験を行った。その結果から構内試験舗装を施工した。その結果は以下のとおりである。

3.1 早期交通開放用コンクリートの施工性

本試験舗装に供したコンクリートは、早期強度発現、施工性および排水勾配確保のことから、水セメント比を小さくし高性能 AE 減水剤を使用したため、目標スランプフロー $40\pm 2.5\text{cm}$ (スランプ 22cm 程度)と軟らかいが粘性の高いコンクリートであった。しかし、コンクリートの打設、締固めおよび表面仕上げに関して施工上、問題になるようなことはなかった。また、排水勾配確保での課題について検証したが、特に問題になるようなことはなかった。

3.2 早期交通開放用コンクリートのフレッシュ性状、曲げ強度および交通開放時期

早期交通開放用コンクリートの現着時のフレッシュ性状は、スランプフローが 39.4cm、空気量が 4.7%と管理目標値のスランプフロー $40\pm 2.5\text{cm}$ 、空気量 $4.5\pm 0.5\%$ を満足した。

材齢 1 日における曲げ強度は、 5.69 N/mm^2 であり、目標曲げ強度(3.5 N/mm^2 以上)を満足した。

施工開始から交通開放までの実測時間は、26 時間であったが、曲げ強度から推定した早期交通開放用コンクリートの舗設開始から交通開放 (3.5 N/mm^2 および 4.5 N/mm^2 以上) までは、18 および 22 時間と推定された。通常、早強セメントを使用したコンクリート版の養生期間は、1 週間であるが、本試験舗装では 1 日間で交通開放できる可能性が見い出せた。また、本試験施工の規模は延長 64m、幅 4m の 256m^2 であり、路盤から打換えの場合には、交通規制から交通開放までの実測総時間は 75.5 時間であったが、曲げ強度からの推定総時間は、67.5~71.5 時間であり、どちらも約 3 日であった。

なお、交通規制から早期交通開放用コンクリートの施工前(既設版・路盤撤去、路床整正、路盤工、コンクリート施工準備工)までの時間(49.5 時間)が総時間(67.5~75.5 時間)の約 66%~73%を占めているため、この工程の時間短縮が望まれる。

3.3 供用前の平たん性(標準偏差(σ))

施工直後の平たん性は、1.93mm であった。これは、舗装設計施工指針(日本道路協会編)の基準値 2.40mm 以下を満足している。

3.4 供用前のすべり抵抗値

DF テスタによる動的摩擦係数の測定結果は、40km/h が 0.60μ 、60km/h が 0.51μ 、80km/h が 0.47μ であった。これは舗装設計便覧(日本道路協会編)の路面設計条件の 0.3μ 以上を満足している。

3.5 舗装の路面性状変化

打設直後から前述の図 2-2 および表 2-4 に示すようなひび割れが発生したが、半年後の調査で進行は見られなかった。今後も継続して調査する。

4. まとめ

コンクリート舗装の普及拡大に際しての課題の一つである、「養生期間が長く交通開放までに時間を要する」ことの解消を目的として、養生条件とセメントの種類、配合条件の組合せからコンクリートの配合と交通開放時期（養生期間）、フレッシュ性状および硬化コンクリートの各種性状の調査試験を行った。その室内試験の結果、早強セメントを使用して水セメント比を 30～35% とすると、冬季でも 1 日で交通開放時間が可能であることを確認した。

その早期交通開放用コンクリート（早強セメント、水セメント比 35%）が高流動コンクリートのため、排水勾配の確保が懸念された。そこで、フレッシュコンクリートのダレ確認試験を目視で行ったが、排水勾配によるダレは認められなかった。また、スランプロスが最も大きくなる雰囲気温度 35℃では、練上がり時に比べてスランプロスは、60 分でスランプ低下が 6.5cm（スランプが 15cm）、スランプフロー低下が 15.5cm（スランプフローが 26cm）と許容範囲であり、空気量の経時変化も認められなかった。これらより、実施工には問題がないことを確認した。

早期交通開放用コンクリートの長さ変化率は、一般舗装用コンクリートとほぼ同じであった。早期交通開放用コンクリートのすべり抵抗（BPN）は、一般舗装用コンクリートよりやや小さかったが、その絶対値は海外の指針値 65 以上を十分に満足していた。早期交通開放用コンクリートのすり減り量は一般舗装用コンクリートより小さく、すり減り抵抗性は良好であった。これらのことより、早期交通開放用コンクリートの硬化性状は、舗装用コンクリートとして問題がないことを確認した。

次に、上記実験で配合条件を選定した早期交通開放用コンクリートを用いて、構内試験舗装を実施し、施工性および排水勾配確保での課題などについて検証した。その結果、施工性にも問題は認められなかった。早期交通開放用コンクリートの現着時のフレッシュ性状は、スランプフローが 39.4cm、空気量が 4.7%と管理目標値のスランプフロー $40\pm 2.5\text{cm}$ 、空気量 $4.5\pm 0.5\%$ を満足した。材齢 1 日における曲げ強度は、 5.69 N/mm^2 であり、目標曲げ強度 3.5 N/mm^2 以上を満足した。

施工直後の路面性状は、平坦性が 1.93mm であった。これは、舗装の構造に関する技術(日本道路協会編)の基準値 2.4mm 以下を満足した。路面のすべり抵抗性は、DFテスターで 80km/h が $\mu_{80}=0.47$ であった。すべり摩擦係数 μ_{80} は、舗装設計便覧の路面設計条件例の 0.3 以上を満足した。また、打設直後に初期ひび割れが発生したが、半年後の路面調査ではその進行や新たな発生は認められなかった。大型車が約 200 台/日(平均車両重量 20t 超)走行する箇所であるが、供用性は良好であった。

以上のことから、普通コンクリート舗装でも早強セメントを用いて低 W/C とすることにより、1 日後に交通開放できる可能性を見いだした。今後、現道での試験施工を実施し、施工性、供用性を検証していきたい。

資 料

1. 既存コンクリート舗装の調査
2. 構内舗装用の早期交通開放用コンクリートの配合設計
3. 測定結果

1. 既設コンクリート舗装の調査

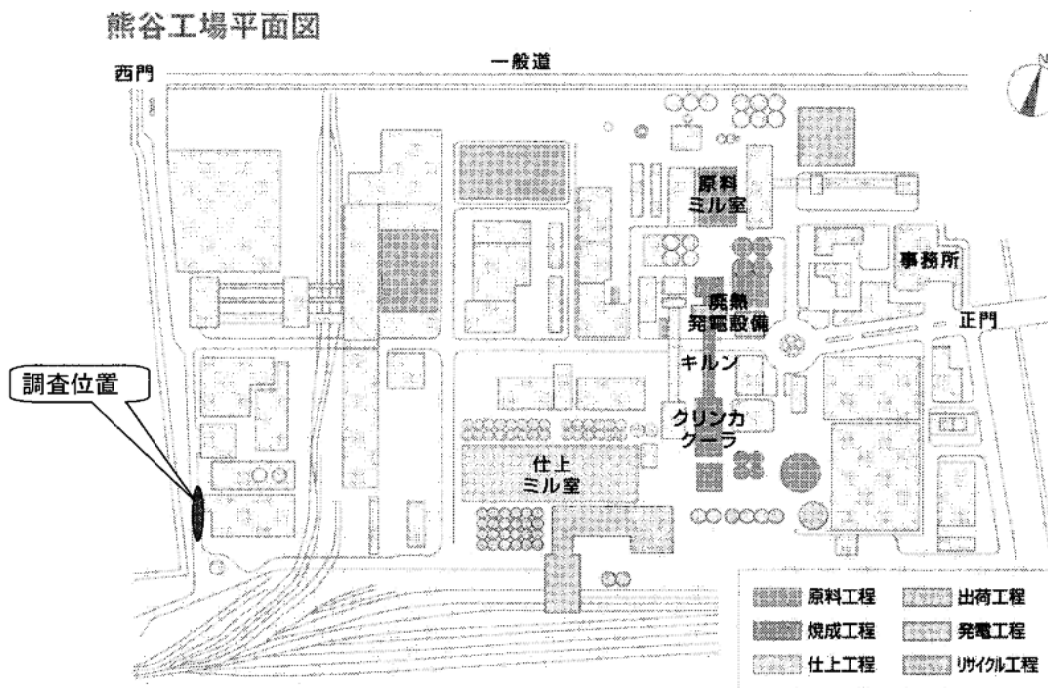
1.1 調査概要

(1) 目的

本調査は、早期交通開放用コンクリートの試験施工箇所に予定されている既設舗装の舗装構成、路盤の支持力等の状況確認を目的に実施した。

(2) 調査場所、調査日等

- ①調査場所：埼玉県熊谷市大字三ヶ尻 5310 太平洋セメント(株)熊谷工場構内
- ②調査位置：資料図 1-1 参照
- ③対象箇所：幅 4m×延長 64m (面積 256m²)
- ④調査日：平成 20 年 12 月 17 日 (水)



資料図 1-1 調査位置図

(3) 調査項目

調査項目は、資料表 1-1 に示すとおり舗装厚、地盤支持力および施工箇所の現況について実施した。

資料表 1-1 調査項目および数量

調査項目	調査方法	数量	備考
①舗装厚	コア採取 (φ 10cm)	6 箇所 (φ 10cm)	
②地盤支持力	開削	1 箇所 (1m×2m)	舗装厚、地盤支持力、路盤厚、現地盤の状況
③施工箇所現況	スケッチ	一式	

(4) 調査方法

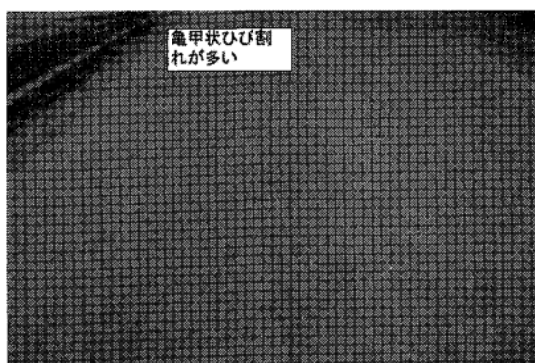
①舗装厚

舗装厚の測定は、φ10cmのコア採取により行った。採取位置をP47の資料図1-2に示す。

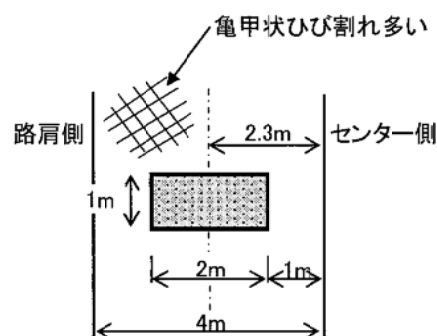
②開削調査

開削調査箇所は、P47の資料図-2に示すように起点から12mの位置とした。

調査箇所付近の路面状況は、資料写真1-1に示すように車線幅のほぼ中央付近から路肩側に亀甲状ひび割れが多く発生しているため、舗装構造が異なる可能性が推測され、資料図1-3に示すように車線の中央付近を挟んだ位置で開削を行った。

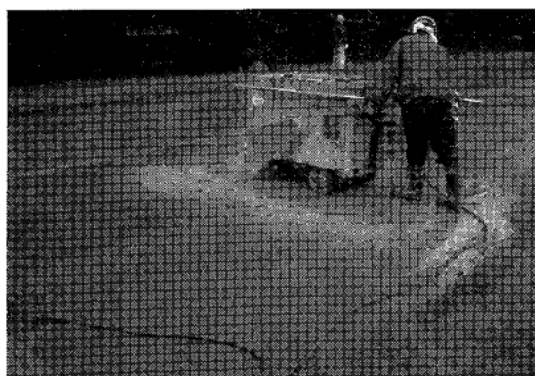


資料写真 1-1 開削調査付近の路面状況

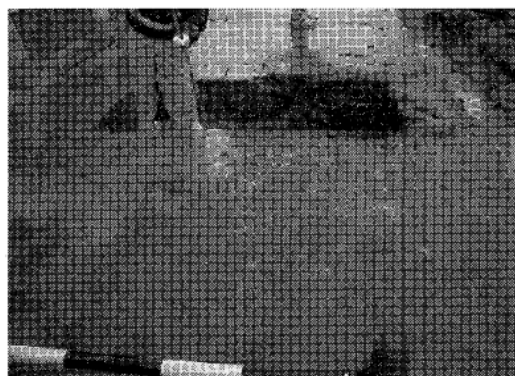


資料図 1-3 開削調査箇所

開削は、周囲をカタ切削し、バックホウ（0.4m³）にて掘削して行った。カタの切削状況を資料写真1-2に、開削箇所の状況を資料写真1-3に示す。

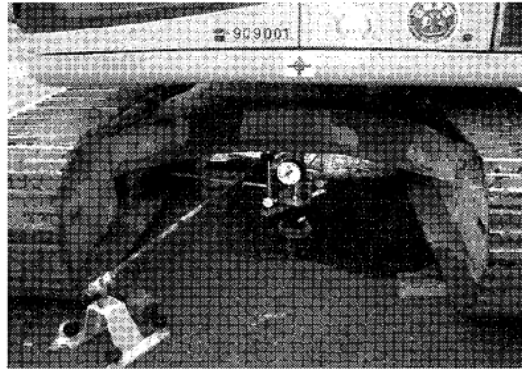


資料写真 1-2 カッタ切削状況



資料写真 1-3 開削箇所の状況

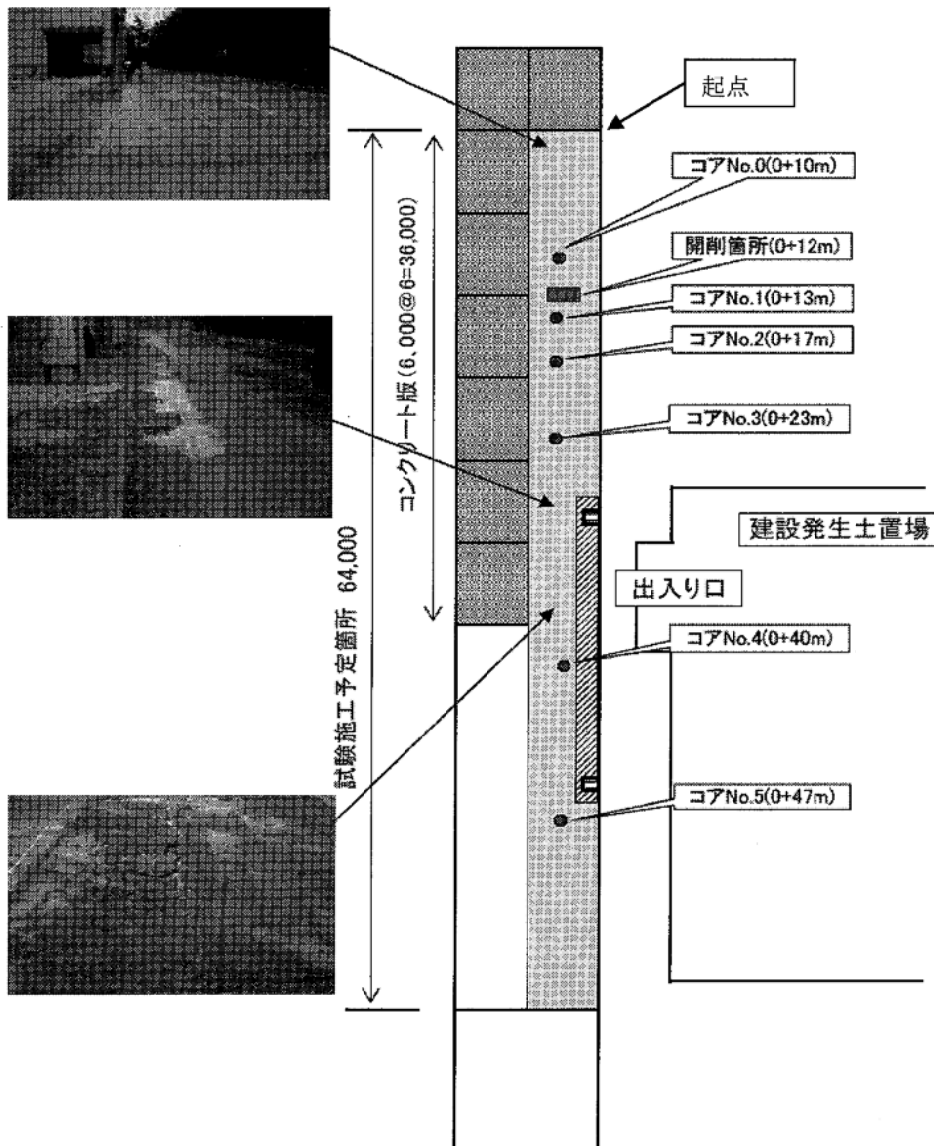
開削後、側面の状況から舗装厚の測定および舗装構成の観察を実施した。平板载荷試験（支持力測定）は、当初、路盤面上と路床面上を計画したが、路盤面が明確でなかったため、表層から約40cm下の地盤面の1箇所を実施した。実施状況を資料写真1-4に示す。



資料写真 1-4 地盤の平板載荷試験状況

③ 施工箇所 の 現況

施工箇所の現況調査は、写真、スケッチにより実施した。資料図 1-2 に施工箇所の現況を示す。



資料図 1-2 コア採取位置、開削調査箇所および調査箇所の現況

1.2 調査結果

(1) コアによる舗装厚測定結果およびコアの圧縮強度試験結果

コアによる舗装厚の測定結果およびコアの圧縮強度試験結果を資料表 1-2 に示す。コアによる厚さ測定結果によると、表層は厚さ 3~4cm 程度のアスファルト層であるが、表層以下はコンクリート層、アスファルト混合物層、路盤層等が混在している。なお、コア採取は車線のほぼ中央付近の位置から採取したものである。また、コアの圧縮強度は $35.6 \sim 40.3 \text{N/mm}^2$ で平均 37.3N/mm^2 であり、「舗装用コンクリートの実態調査 伊藤茂富・養王田栄一 土木技術資料 昭和 39 年 8 月号 p6~p12」から、曲げ強度を換算すると 5.6N/mm^2 である。

資料表 1-2 コアによる厚さ測定結果

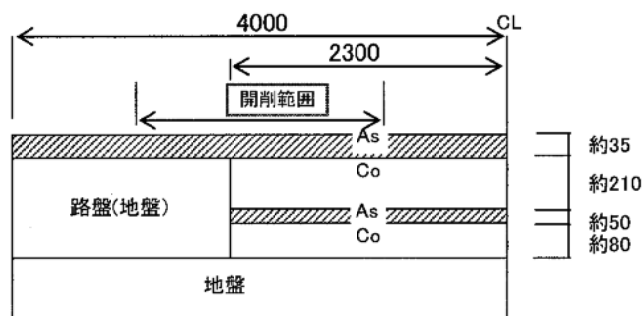
コア No	採取位置	第 1 層		第 2 層		総厚 (cm)	圧縮強度 (N/mm ²)	平均圧縮強度 (N/mm ²)	換算曲げ強度 (N/mm ²)
		厚さ (cm)	種別	厚さ (cm)	種別				
No.0	0+10m	3.0	As 層	—	—	3.0	—	—	—
No.1	0+13m	2.9	As 層	19.2	Co 層	22.1	36.1	37.3	5.6
No.2	0+17m	3.7	As 層	16.1	Co 層	19.8	40.3		
No.3	0+23m	3.0	As 層	20.0	Co 層	23.0	35.6		
No.4	0+40m	2.6	As 層	3.0	As 層	5.7	—	—	—
No.5	0+47m	4.0	As 層	—	—	4.0	—	—	—

(2) 開削調査結果

① 舗装厚、舗装構成調査結果

開削箇所における舗装構成を資料図 1-4 に示す。現状の表層は約 3.5cm のアスファルト舗装であるが、道路センターから路肩側に約 2.3m の位置については、表層以下にコンクリート版が約 21cm、アスファルト混合物層が約 5cm、コンクリート版が約 8cm の 4 層構成となっている。残りの路肩側 1.7m の位置については、表層以下は最大粒径が 80~100mm 程度の碎石混じりの路盤材であった。

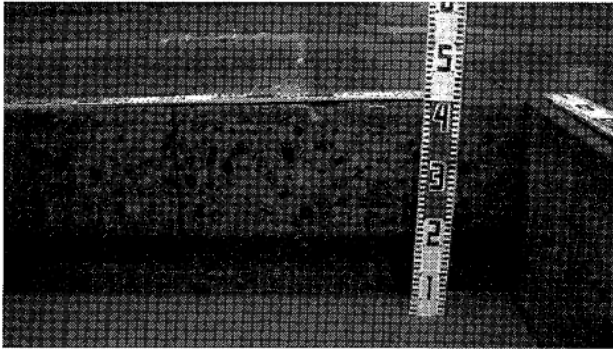
開削箇所における舗装厚測定結果を資料表 1-3 に、開削箇所の状況を資料写真 1-5、資料写真 1-6 に示す。



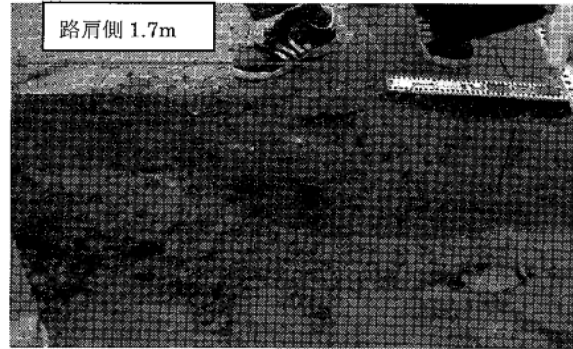
資料図 1-4 開削箇所の舗装構成

資料表 1-3 開削箇所における舗装厚測定結果

位置	第1層	第2層	第3層	第4層	総厚
CL から 2.3m	3.5cm (As)	21.1cm (Co)	5.7cm (As)	6.1cm (Co)	36.4cm
	3.3cm (As)	21.4cm (Co)	5.5cm (As)	7.0cm (Co)	37.2cm
路肩側の 1.7m	3.5cm (As)	最大粒径 80~100mm の碎石混じりの路盤在			



資料写真 1-5 CL~2.3m の舗装構成



資料写真 1-6 路肩側の 1.7m の舗装構成

②平板載荷試験結果

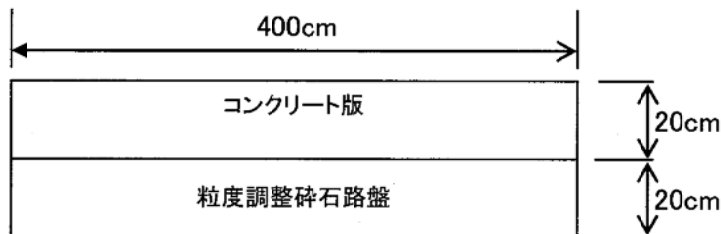
開削箇所の地盤面上での平板載荷試験結果を資料表 1-4 に示す。地盤面の支持力係数は、 259MN/m^3 (26.4kgf/cm^3) であり、地盤の支持力としては良好である。

資料表 1-4 平板載荷試験結果 (載荷板径:30cm)

測定箇所	測定位置	対象	支持力係数	
起点 0+12m	CL から 2.5m	地盤面	26.4kgf/cm^3	259MN/m^3

1.3 試験施工の舗装断面の提案

本調査結果から、試験施工予定箇所の既設舗装構成が均一でないため、試験施工の舗装断面としては、資料図 1-5 に示すように路盤からの打換えとする。舗装断面は、熊谷工場構内の標準断面である、路盤厚 20cm、コンクリート版厚 20cm とする。



資料図 1-5 試験施工の舗装断面(案)

2. 構内舗装用の早期開放用コンクリートの配合設計

2.1 室内配合

検討した配合を資料表 2-1 に示す。

資料表 2-1 検討配合

セメントの種類	粗骨材最大寸法	目標スランプフロー	目標空気量
H	20mm	40±5cm	4.5±1.0%

配合 No.	水セメント比	細骨材率	単位量(kg/m ³)					
			水	セメント	細骨材	粗骨材	高性能 AE 減水剤	AE 剤
1	35%	42%	155	443	726	1020	5.759(1.3%)	0
2	35%	42%	165	471	705	991	8.007(1.7%)	0
3	35%	42%	165	471	705	991	9.420(2.0%)	0.028(3A)
4	35%	42%	165	471	705	991	9.420(2.0%)	0.066(7A)
5	35%	42%	165	471	705	991	9.420(2.0%)	0.047(5A)

(1) コンクリートのフレッシュ性状

コンクリートのフレッシュ性状を資料表 2-2 に示す。この結果より配合 No.4 を推奨配合とした。

資料表 2-2 コンクリートのフレッシュ性状

配合 No.	混和剤添加率		スランプ(cm) (スランプフロー)	空気量 (%)
	高性能 AE 減水剤(%)	AE 剤(A)		
1	1.3	0	3.5(-)	2.0
2	1.7	0	12.5(-)	1.6
3	2.0	3	17.0(-)	1.9
4	2.0	7	22.0(35.5)	6.4
5	2.0	5	20.5(30.5)	4.0

(2) スランプロス試験

配合 No.4 について試験を実施した。試験結果を資料表 2-3 に示す。生コン工場から舗装現場までの運搬予想時間は 40 分であることから、スランプおよび空気量の保持性能は十分であると考えられる。

資料表 2-3 スランプロス試験結果

配合 No.	経過時間	スランプ(cm) (スランプフロー)	空気量 (%)
4	0.0	22.0(35.5)	6.4
	1.0	19.5(28.0)	4.8
	1.5	19.5(30.0)	4.0

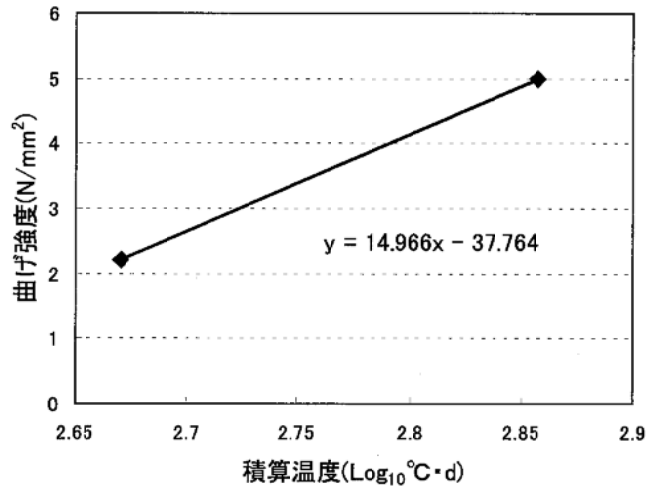
(3) 曲げ強度試験

配合 No.5 について試験を実施した。推奨配合は No.4 であるが、現着 1.5 時間後のスランプおよび空気量を考慮して配合 No.5 のコンクリートより供試体を作製した。試験結果を資料表 2-4 に示す。

資料表 2-4 曲げ強度試験結果 (N/mm²)

配合 No.	養生		材齢(日)	
			1	28
5	封緘	20.0℃	5.0	—
		9.5℃	2.2	—
	水中		—	8.3

曲げ試験結果より 20℃の恒温室で養生した供試体は目標強度を超える曲げ強度を示したが、24 時間の平均気温が 9.5℃の場所で養生した供試体は目標強度を下回る値を示した。積算温度を考慮して曲げ強度と積算温度の関係を資料図 2-1 に示す。圧縮強度は積算温度の常用対数と比例するとの既知の結果^{*2}より、曲げ強度も積算温度の常用対数と比例すると仮定して、資料図 2-1 より求めた近似式より内挿して交通開放の目安の 3.5N/mm²以上となる 1 日の平均気温は 14℃となる。熊谷地方の 4 月 15 日(施工予定日は 4 月 15 日～28 日)の過去 10 年間の日平均気温の平均は、気象庁の統計情報によれば 14.5℃であり、14℃を下回った日は 3 日で、雨天でない日はそのうちの 1 日であった。したがって高い確率で材齢 1 日の 3.5N/mm²以上の曲げ強度は確保できる。しかし、養生時、平均気温が 14℃を下回る低温が予想される場合は、W/C を変更するなどの根本的な配合の変更が必要となる。



資料図 2-1 積算温度と曲げ強度の関係

3. 測定結果

3.1 曲げ強度、圧縮強度および静弾性係数の試験結果

資料表 3-1 曲げ強度、圧縮強度および静弾性係数

材齢 (日)	曲げ強度(N/mm ²)				圧縮強度(N/mm ²)				静弾性係数(KN/mm ²)			
	現場養生		水中養生		現場養生		水中養生		現場養生		水中養生	
1	5.47	5.69	-	-	33.2	34.2	-	-	-	-	-	-
	5.95				34.9							
	5.66				34.5							
7	6.34	5.74	-	-	58.1	58.0	-	-	-	-	-	-
	5.80				58.3							
	5.09				57.6							
28	8.23	7.57	8.13	8.19	71.6	69.3	67.2	70.1	33.3	34.4	35.1	34.9
	7.34		8.26		70.2		72.3		34.8		32.5	
	7.14		8.18		66.1		70.7		35.2		37.0	

3.2 平たん性(標準偏差(σ))の測定結果

資料表 3-2 平たん性の測定結果

No.	測定データ	No.	測定データ	No.	測定データ
1	2.0	15	3.8	29	4.0
2	-3.1	16	2.9	30	-0.2
3	0.5	17	-1.5	31	-1.5
4	1.5	18	0.1	32	1.0
5	1.8	19	-1.0	33	0.5
6	0.2	20	2.5	34	-1.8
7	0.4	21	1.5	35	3.0
8	-1.4	22	0.3	36	-0.5
9	3.0	23	0.3	37	2.0
10	-1.0	24	2.0	38	-0.9
11	1.6	25	-1.0	39	3.0
12	-0.5	26	-2.6	40	2.0
13	0.2	27	-3.0	41	1.0
14	0.0	28	5.7	42	0.0
標準偏差(mm)				1.93	

3.3 すべり抵抗値の測定結果

資料表 3-3 すべり抵抗値の測定結果

測点	動的摩擦係数		
	速度(km/h)		
	40	60	80
No.1	0.65	0.55	0.49
	0.67	0.57	0.52
	0.65	0.57	0.52
No.2	0.57	0.48	0.42
	0.57	0.48	0.42
	0.57	0.47	0.42
No.3	0.60	0.53	0.50
	0.57	0.49	0.46
	0.53	0.47	0.44
平均	0.60	0.51	0.47

関係報告書

号数	発行年月	表 題	価格 (円)
R-11	1999年10月	舗装用ポーラスコンクリート共通試験結果報告	2,000
R-12	2000年2月	レディーミクストコンクリートの舗装工事への適用拡大に関する検討	2,000
R-13	2001年3月	養生剤を用いたコンクリート舗装の養生の合理化に関する調査・研究	1,500
R-14	2001年12月	薄層付着型ホワイトトッピング工法に関する調査・研究	2,000
R-15	2003年11月	車道用ポーラスコンクリート現場試験舗装結果 (福井県) － 中間報告 (供用3年) －	2,000
R-16	2004年7月	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 松戸・野田線・供用3年 －	1,500
R-17	2005年11月	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 －	2,000
R-18	2005年11月	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 －	2,000
R-19	2006年3月	ホワイトトッピング試験舗装 中間報告	1,500
R-20	2006年9月	車道用ポーラスコンクリート試験舗装報告 － 千葉県道 松戸・野田線・供用5年 －	1,500
R-21	2007年9月	ホワイトトッピング試験舗装 供用5年報告	1,500
R-22	2007年10月	車道用ポーラスコンクリート試験舗装報告 － 千葉県道 成田小見川鹿島港線・供用5年 －	1,500
R-23	2008年5月	車道用ポーラスコンクリート試験舗装報告 － 国道210号浮羽バイパス(福岡県)・供用5年 －	1,500
R-24	2009年1月	コンクリート舗装のライフサイクルコスト調査結果	1,500
R-25	2009年2月	車道用ポーラスコンクリート試験舗装報告 － 宮城県道 仙台岩沼線・供用7年 －	1,500
R-26	2009年12月	車道用ポーラスコンクリートによる 薄層付着型オーバーレイ試験舗装報告 － 福井県道 皿谷大野線・供用5年 －	1,500

関係資料

発行年月	表 題	価格 (円)
1998年4月	第6回コンクリート舗装の高度化を目指した設計法と材料に関する パデュエ国際会議論文集概要	
1999年3月	第8回コンクリート道路に関する国際会議論文集 (要旨)	
1999年3月	コンクリート舗装の補修技術資料	
2003年12月	第7回コンクリート舗装に関する国際会議論文集概要	
2005年8月	コンクリート舗装の補修技術資料	1,500
2006年2月	第9回コンクリート道路に関する国際会議 (ISTANBUL2004年4月開催) 論文集概要	
2006年11月	第8回コンクリート舗装に関する国際会議 (Colorado2005年8月開催) 論文集概要	
2007年9月	車道用ポーラスコンクリート舗装設計施工技術資料	1,000
2008年3月	第10回コンクリート道路に関する国際会議 (BLUSSELS2006年9月開催) 論文集概要	

ISBN978-88175-106-0 C3358 ¥1500E

舗装技術専門委員会報告 R-27

定価：本体 1,500+税

平成22年3月25日 印刷

社団法人 セメント協会

平成22年3月25日 発行

東京都中央区八丁堀4丁目5番4号

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 有限会社 イー・エム・ピー

東京都千代田区三崎町2丁目14番6号

電話 03(3265)6050(代)

JCA