

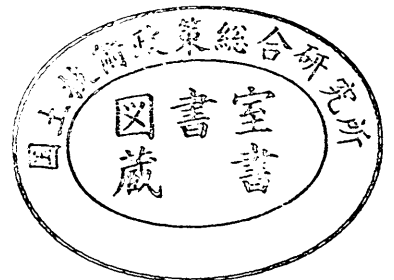
運輸省港湾技術研究所

港湾技術研究所 報告

REPORT OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH
INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT

VOL. 33 NO. 4 Dec. 1994

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



3. 転圧コンクリート舗装の性能向上に及ぼす 分級フライアッシュの混入効果

福 手 勤 *
三 浦 幸 治 **
寺 野 宜 成 ***
石 井 光 裕 ****

要 旨

コンクリート舗装では、近年、転圧コンクリート舗装が目目されているが、締固めと平坦性の確保の観点から1層施工の版厚が最大25cmに制限されている。このため、これより厚い版を施工しようとした場合、コンクリート版を上下に分けて2層による施工を行わざるを得なかった。このことが、転圧コンクリート舗装を空港・港湾のような重荷重を対象とした舗装に適用していく上で大きな欠点となっている。

一方、一般のコンクリートにおいて、コンシステンシーの改善効果や耐久性向上の効果をもつ混和材として、フライアッシュを粒径20 μ m以下のものに分級し、より高品質化した分級フライアッシュがある。この分級フライアッシュを転圧コンクリート舗装用のコンクリートの材料として用いた場合に、締固め特性の向上、一層施工厚さの増大が期待される。

本報告では、まず分級フライアッシュの混入による転圧コンクリートの必要締固めエネルギーの変化および締固め特性の改善効果を、実際の転圧コンクリート舗装の施工のメカニズムに近い状態で締固めができる「振動締固め性試験機」を用いて検討した。さらに、その結果をもとに試験舗装を作製し、そこから切り出した供試体の充填率や曲げ強度の結果から、分級フライアッシュの混入が転圧コンクリートの締固め特性の改善に及ぼす効果を実際の施工レベルで考察した。

一連の実験より、分級フライアッシュを混入することにより、①必要締固めエネルギーが低減できる、②単位水量が低減でき、最適細骨材率が上昇する、③舗装版の下層部分の強度が上昇する、等の結果が得られ、35cmの版厚の一層施工が可能であることが確認できた。

* 構造部 材料研究室長
** 第四港湾建設局鹿児島港工事事務所(前 構造部 材料研究室)
*** 住友大阪セメント㈱(前 構造部 材料研究室 研修生)
**** テクノ・リソース㈱

Effects of Classified Fly Ash on Improving the Performance of Roller Compacted Concrete Pavements

Tsutomu FUKUTE*
Kouji MIURA**
Yoshinari TERANO***
Mitsuhiro ISHII****

Synopsis

Roller compacted concrete (RCC) pavement is expected to be an economical and rational concrete pavement system and is becoming popular in Japan. RCC pavements can reduce labor through increased mechanization during construction, and it can be opened to traffic in short time after construction.

The maximum thickness of RCC slabs executed in one layer is limited to 25cm because of limitation in compactibility of the concrete and control of the pavement surface profile. Therefore, execution in two layers is required to construct thicker slabs than 25cm. This has been an obstacle to apply RCC to heavy duty pavements like airport and seaport pavements. To increase the RCC slab thickness executed in one layer, an improved concrete material is expected to be employed that gives the adequate compactibility for obtaining high filled volume ratio and required strength.

Classified fly ash (CFA) is produced by grading fly ash and expected to improve the consistency of fresh concrete and durability of hardened concrete. The use of CFA as a mineral admixture of RCC provide the possibility to improve the compactibility of concrete and to increase the thickness of RCC slabs executed in one lift.

In this paper, the effects of CFA to improve compactibility of RCC is studied using a compactibility test apparatus and a full scale test pavement. From a series of experiments, the following important conclusions were obtained.

- (1) Use of CFA can reduce required compacting energy to achieve a target level of filled volume ratio of RCC.
- (2) Use of CFA can reduce unit water content and increase sand percentage.
- (3) Use of CFA can increase the flexural strength of concrete in the bottom part of RCC slabs.
- (4) Thick slabs up to 35cm can be compacted in one lift using CFA mixed RCC for heavy duty pavements.

Key Words : classified fly ash, roller compacted concrete pavement, compactibility, airport pavements, seaport pavements

* Chief of Materials Laboratory, Structural Engineering Division

** Kagoshima Construction Office, The Forth District Port Construction Bureau (Ex-member of Materials Laboratory, Structural Engineering Division)

*** Sumitomo-Osaka Cement Co., Ltd.

**** Techno-Resource Company, Incorporated

目 次

要 旨	43
1. ま え が き	47
2. 分級フライアッシュの混入効果確認のための室内試験	48
2.1 概 要	48
2.2 使用材料	48
(1) セメント	48
(2) フライアッシュ	48
(3) 骨 材	48
2.3 転圧コンクリートの配合	49
2.4 試験方法	49
(1) 締固め性試験	49
(2) セメントおよびフライアッシュの粒度分布測定	51
(3) セメントおよびフライアッシュの粒子形状	51
2.5 室内試験結果および考察	51
(1) 分級フライアッシュによる置換が充填率に及ぼす影響	51
(2) 分級フライアッシュの混入による単位水量の低減効果	51
(3) 分級フライアッシュの混入が最適細骨材率に及ぼす影響	52
(4) 骨材粒子の配列と充填率の関係	52
(5) 粒度分布および粒子形状の測定結果	53
(6) 分級フライアッシュの混入が品質安定性の向上に及ぼす効果	55
3. 試験舗装による分級フライアッシュ混入効果の検討	57
3.1 概 要	57
3.2 使用材料	57
3.3 転圧コンクリートの配合	57
3.4 舗装構造	57
3.5 施工手順	60
3.6 試験項目	63
(1) コアによるコンクリート充填率の測定	63
(2) RCCP 版のひずみおよび温度変化測定	63
(3) 曲げ強度試験	64
(4) 平坦性試験	64
3.7 試験舗装の結果および考察	65
(1) コアによる充填率測定結果	65
(2) 温度およびひずみ測定結果	65
(3) 曲げ強度試験結果	66
(4) 平坦性試験結果	67
4. 結 論	67
参考文献	68

1. はじめに

転圧コンクリート舗装 (Roller Compacted Concrete Pavement, 以下 RCCP という) は、従来の舗装用コンクリートよりも、大幅に水量を減じた超硬練りのコンクリートを路盤上に敷き均し、これを振動ローラによって転圧し、締め固めて作られる舗装である。この RCCP の利点として、①特殊な施工機械を必要としないため、アスファルト舗装と同様に施工速度が早い、②早期の交通解放が可能である、③本来のコンクリート舗装と同様に耐久性に富む等があげられる。

RCCP 用コンクリートの配合に関しては、機械による施工性の確保のためには硬いコンクリートが望まれ、また密実で高い充填率を得るためには柔らかいコンクリートが必要とされることから、その両面から適切な締め固め特性を有するコンクリートの配合が決定されなければならない。

現在、転圧コンクリートの配合設計には、VC (Vibrating Compaction) 振動締め固め試験やランマー突固め試験、マーシャル突固め試験が用いられることが一般的であるが、それらの試験で採用されている締め固めメカニズムは、実際の施工の締め固めメカニズムと異なるため、それらの試験で得られる締め固めに関するパラメータは現場での転圧による締め固め性状を必ずしも十分に表現しているものとはいえない。このことは、転圧コンクリートにおいて、高い充填率の版を形成する必要があるにもかかわらず、締め固めのメカニズムおよび締め固め特性を明確に表す配合設計上のパラメータが十分には明らかにはなっていないことを意味している。

ローラ転圧時には、コンクリート中の振動加速度は表面からの深さとともに減少し、締め固められたコンクリートの密度は下層ほど小さくなるので¹⁾、1層で転圧できる版厚には限度がある。締め固めが十分でない場合には、コンクリート中に有害な空隙が残る、舗装が本来持つべき強度および耐久性を損なう可能性があるため、「転圧コンクリート舗装技術指針 (案)」²⁾では一層で施工する版厚の上限を25 cmと規定している。そのため、エプロンなどの空港基本施設や港湾エプロンのように、一般的な道路舗装に比べて荷重が大きく、25 cm 以上のコンクリート版厚が必要とされる場合には、上記の理由より2層に分けて施工せざるを得ない。このことが、空港・港湾の舗装に RCCP を本格的に適用していく上で解決すべき課題となっている。

ところで、一層施工厚さを今以上に増大させるために与える締め固めエネルギーを大きくすることは施工機械の

特殊化、大型化につながり、一般的には得策とはならないことから、材料面からの改善により必要締め固めエネルギーの小さいコンクリートとすることが有効であるものと考えられる。

一方、石油代替エネルギーとして石炭が見直されている現在、火力発電所における石炭使用量の増大に伴い、その産業副産物である石炭灰 (フライアッシュ) の発生量が飛躍的に増大している。このフライアッシュのうち JIS A 6201 の規定を満足するものは、コンクリート用の混和材としてしばしば用いられている。

フライアッシュのコンクリート用混和材としての効果は、①ワーカビリティの改善、②単位水量の低減効果③化学抵抗性の向上、④水和熱の低減、⑤アルカリ骨材反応の抑制、等があげられる。しかし、近年、環境対策に伴う燃焼条件の変化や、使用炭の多様化に伴って品質が低下しており、コンクリート用混和材としての品質を満足するものが減っている。こうしたことから、フライアッシュの品質低下の克服を目的として、微粒分だけを気流分級することにより、フライアッシュの粒度および粒形、成分を改良した分級フライアッシュ (Classified Fly Ash, 以下 CFA とする) が開発されている。この CFA は、上記の①～⑤のような効果を有することが認められている^{3) 4)}。

このような背景から、分級フライアッシュを混和材として転圧コンクリートに有効的に利用し、その結果として一層施工可能な版厚を増大させることができれば、重荷重を対象とした RCCP の発展・普及につながることになる。

本研究の内容は、図-1のフローチャートに示す通りである。すなわち、分級フライアッシュを、空港・港湾施設の RCCP への適用を目的として転圧コンクリートに用い、締め固め性試験 (Compactibility test)⁵⁾ を実施した。この締め固め性試験の特長は、締め固め率よりも、締め固めエネルギーと充填率との関係から、締め固めプロセスそのものを評価できることにある。締め固め性試験の結果より、配合上の種々のパラメータがコンクリートの締め固め特性に及ぼす影響を考察し、分級フライアッシュの混入による必要締め固めエネルギーの変化および締め固め特性の改善効果を確認した。

また、実際に厚さ35 cmの版を一層で転圧した試験舗装を作製し、その結果より一層で締め固め可能な舗装版厚の増大を検討した。

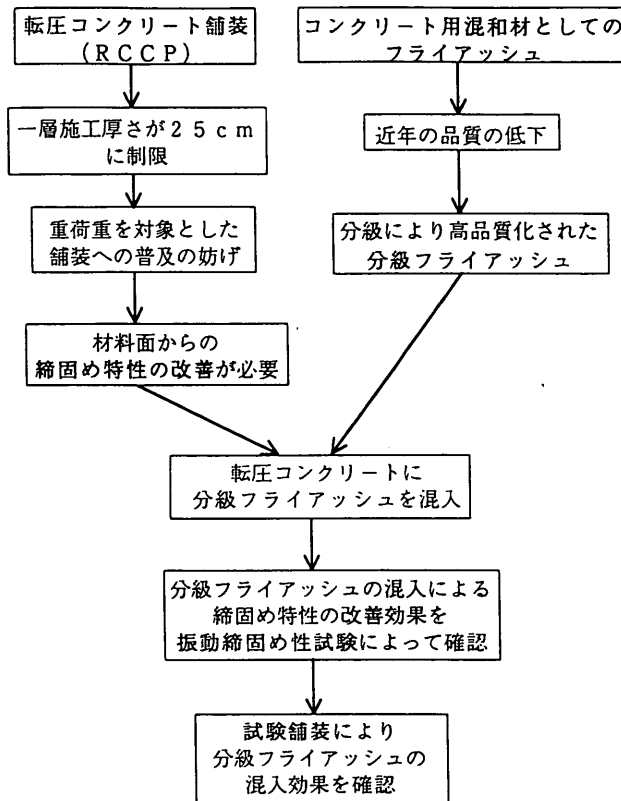


図-1 本研究のフローチャート

2. 分級フライアッシュの混入効果確認のための室内試験

2.1 概要

転圧コンクリートは、強度や耐久性確保の点から、十分な締固めを行うことが不可欠であり、そのために締固めメカニズムを明らかにすることが重要である。コンシステンシーの評価方法として、マーシャル突固め、ランマー突固め、VC振動締固めの3種類が一般的であるが、いずれも実施工における締固め方法や締固めエネルギーなどの施工条件と施工されたコンクリートの品質の関係は十分に把握できるとはいえない。このような観点から、締固めエネルギーと充填率との関係からコンシステンシーの評価を行うことができる締固め性試験機を用いて室内実験を行った。

本章では、分級フライアッシュを混入した配合と混入していない配合を比較し、分級フライアッシュの使用が、転圧コンクリートの締固め特性の改善に及ぼす効果を検討した。

2.2 使用材料

(1) セメント

本実験では、比表面積 $3240\text{cm}^2/\text{g}$ （ブレン値）の普通ポルトランドセメント（以下、OPCとする）を用いた。その化学成分および物理的性質を表-1に示す。

(2) フライアッシュ

本実験に用いたフライアッシュ JIS 規格品（一般市場品、以下、JFAとする）、および分級フライアッシュ（Classified Fly Ash、以下、CFAとする）の化学成分および物理的性質を表-2に示す。

(3) 骨材

細骨材として香川県室木産の海砂、また粗骨材として大阪府高槻産の2005碎石を用いた。これらの骨材の物理的性質を表-3に示す。

転圧コンクリート舗装の性能向上に及ぼす分級フライアッシュの混入効果

表-1 セメントの化学成分および物理的性質

	比重	比表面積 (cm ² /g)	強熱減量 (%)	化学組成 (%)				圧縮強度(kgf/cm ²)		
				MgO	SO ₃	R ₂ O	Cl	3日	7日	28日
OPC	3.16	3240	1.5	1.6	2.1	0.65	0.007	173	276	430

表-2 フライアッシュの化学成分および物理的性質

	比重	比表面積 (cm ² /g)	強熱減量 (%)	化学組成 (%)						メソポール- 吸着量 (mg/g)	材齢28日での 圧縮強度比(%) (ブレン =419kgf/cm ²)
				SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃		
CFA	2.36	5400	3.3	59.8	26.5	2.5	3.6	1.5	0.0	0.50	90.5
JFA	2.23	3100	1.7	53.7	28.2	6.3	4.7	1.4	0.6	0.20	82.4
JIS規格値	1.95 以上	2400 以上	5 以下	45 以上	-	-	-	-	-	-	60以上

表-3 使用骨材の物理的性質

	最大寸法 (mm)	表乾比重	吸水率 (%)	粗粒率 (%)
細骨材	5	2.56	1.70	2.73
粗骨材	20	2.63	0.70	6.63

2.3 転圧コンクリートの配合

本実験に用いたコンクリートの配合を表-4に示す。まず、骨材の粒度構成や水量の影響を排除するために、単位水量および骨材の種類・配合を一定とし、セメント単味および(セメント+JFA)、(セメント+CFA)の容積を一定とした状態で、セメント質量の20%をJFAおよびCFAで置換した(a)の配合を用いて実験を行った。次に単位水量および細骨材率を変化させた配合(b)、(c)について実験を行った。以下、本報告では、セメント単味をOPC、OPCにJFAを混入したものをOPC+JFA、CFAを混入したものをOPC+CFAと記することとする。

2.4 試験方法

(1) 締固め性試験

RCCP用コンクリートの締固め特性の検討に用いた

試験装置は、写真-1に示すような加振部とコンピュータによるデータ処理部から構成される締固め性試験装置である。この装置では、加振機に固定した円筒形型枠(φ15×30cm)中の試料の締固めにともなう沈下量から試料密度を求め、充填率と締固めエネルギーとの関係を求めることができる。ここでいう充填率とは、示方配

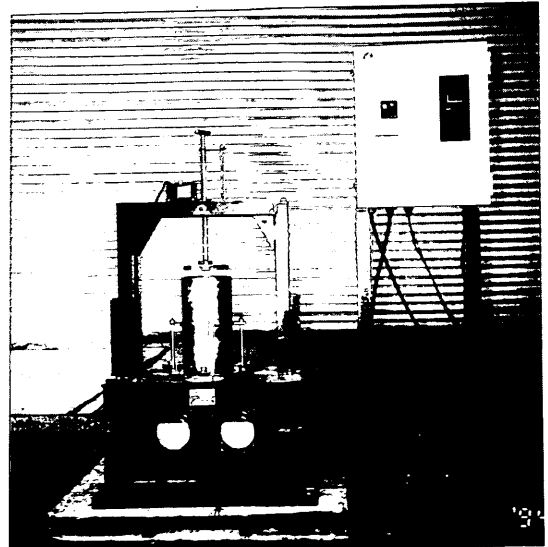


写真-1 締固め性試験装置

表-4 転圧コンクリートの配合

(a)

	細骨材率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
		W	C	F	S	G
OPC	40	100	342	—	817	1278
OPC+JFA			252	63		
OPC+CFA			256	64		

(b)

	細骨材率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
		W	C	F	S	G
OPC	40	95	320	—	829	1297
		100			824	1289
		105			819	1281
		110			814	1273
		115			809	1265
		120			804	1257
OPC + JFA	40	95	256	64	821	1284
		100			816	1276
		105			810	1267
		110			805	1259
		115			800	1251
OPC + CFA	40	95	256	64	822	1286
		100			817	1278
		105			812	1270
		110			807	1262

(c)

	細骨材率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
		W	C	F	S	G
OPC	36	115	320	—	728	1349
	38				768	1307
	40				809	1265
	42				849	1223
	44				890	1180
OPC + JFA	40	110	256	64	805	1259
	42				845	1217
	44				886	1175
	46				926	1133
OPC + CFA	40	100	256	64	817	1278
	42				858	1236
	44				899	1193
	46				940	1150

転圧コンクリート舗装の性能向上に及ぼす分級フライアッシュの混入効果

合において、空隙ゼロでの理論密度で試料密度を除いたものをパーセント表示したものである。

試料を入れた型枠を一定の振動数で上下に振動させ、そのときの型枠の加速度を加速度計で測定する。また、試料上面の上載板の変位を0.3秒ごとに変位計により計測する。それらのデータはコンピュータに転送された後、変位は充填率に変換され、締固めエネルギーと充填率ともにCRT画面上に表示する。

なお、試料は、空隙ゼロの状態、すなわち充填率が100%となった場合に、型枠中で試料厚が20cmとなる量を計り取り、3層に分けて投入し、各層を直径10mmの突き棒で22回突いた。最後に上面を均して上載板をセットした。

(2) セメントおよびフライアッシュの粒度分布測定
セメント単味、フライアッシュ単味およびセメント質量の一部をフライアッシュで置換した試料の粒度分布を、レーザー回折式粒度分布計により測定した。

(3) セメントおよびフライアッシュの粒子形状
セメントおよびフライアッシュの粒子形状を走査型電子顕微鏡にて観察した。

2.5 室内試験結果および考察

(1) 分級フライアッシュによる置換が充填率に及ぼす影響

締固め性試験機を用いて、式(1)で計算される締固めエネルギーと充填率との関係を求めた⁶⁾。

$$E = \frac{m \cdot a_{max}^2 \cdot t}{4 \pi^2 n} \dots\dots\dots \text{式 (1)}$$

ここに、

- E: 締固めエネルギー (J/ℓ)
- m: 試料の単位容積質量 (kg/ℓ)
- a_{max} : 振動機の最大加速度 (m/s²)
- n: 振動数 (Hz), t: 締固め時間 (s)

図-2は、単位水量および骨材量を一定とし、結合材(セメントまたはセメント+フライアッシュ)の体積を一定とした状態において、セメント質量の20%をJFAおよびCFAで置換したものの締固め曲線を示す。この図より、JFAの混入では充填率の上昇は見られないが、CFAを混入することによって締固め特性は改善され、同じ締固めエネルギーのもとで充填率は上昇することがわかる。このことは、CFAの混入によって細骨材粒子間の摩擦がボールベアリングの効果によって減少し、結果として締固め特性が改善されるとともに、マイクロフィラー効果による充填率の上昇効果があらわれたものと考

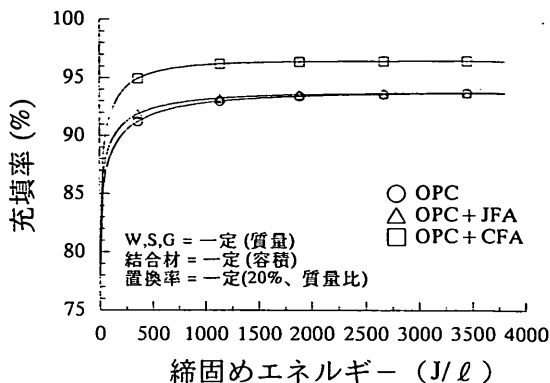


図-2 締固めエネルギーと充填率の関係

えられる。また、JFAは一般のコンクリートにおいて同様なボールベアリング効果が認められているが⁷⁾、この場合のような単位水量が極端に少ない配合の場合には、そのような効果は表れていないようである。

(2) 分級フライアッシュの混入による単位水量の低減効果

図-3は締固めエネルギー(2000J/ℓ)を与えたときの充填率と単位水量の関係を示したものである。図中の配合は、細骨材率を45%、結合材量を320kg/m³一定としたOPC、OPC+JFAおよびOPC+CFAの配合である。この図から、セメント単味(OPC)の場合では、単位水量の増加に伴い充填率は上昇し、単位水量115kg/m³の場合で最大の充填率を示すことがわかる。

また、JFAおよびCFAを混入した場合は、充填率が最大となる最適単位水量がそれぞれ110kg/m³および100kg/m³となることがわかる。このことより、JFAの混入により約5kg/m³、またCFAの混入により約15kg/m³の単位水量が減少できることがわかる。

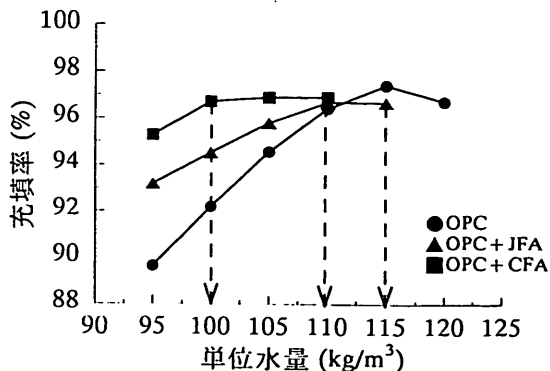


図-3 単位水量と充填率の関係

以上のことより、CFA を混入した場合、JFA を混入した場合よりも単位水量の減少効果は大きく、このことは、転圧コンクリートの強度発現性および乾燥収縮の減少、耐久性の向上に対し有効に寄与することを示している。

(3) 分級フライアッシュの混入が最適細骨材率に及ぼす影響

図-4 は、単位水量および単位結合材量を一定として、締固めエネルギー（2000J/ℓ）を与えた時の充填率と細骨材率との関係を示したものである。この図において、曲線(A)に示すようなセメント単味の配合では、細骨材率が36%から40%の間ではほぼ一定の充填率を示しているが、40%の値を越えると充填率は減少することから最適細骨材率は40%と評価される。

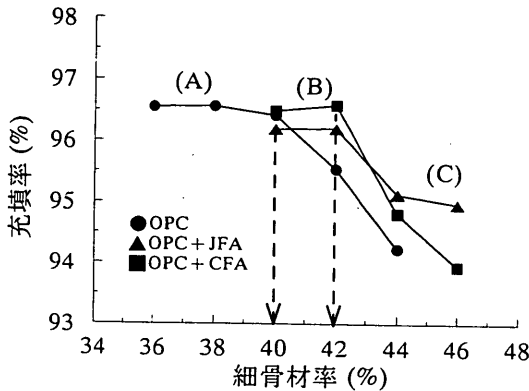


図-4 細骨材率と充填率の関係

図-4の曲線(B)および(C)の示すJFA およびCFAを混入した配合では、両配合ともに40%および42%の細骨材率では同程度の充填率を示しており、最適細骨材率は42%であるといえる。

これらの結果より、フライアッシュを混入することにより最適締固め性能を得る細骨材率を増加させることが可能であることがわかる。この一つの理由として、細骨材率を増大させると微細な空隙が増大するが、フライアッシュを混入することによりその空隙が充填されやすくなり、細骨材率を増加させても最終充填率が低下しないことが考えられる。

一方、加形ら⁹⁾によると、細骨材率を増加すると、施工されたRCCP版の上層と下層の充填率の差は減少することがわかっている。しかし、あまり細骨材率を大きくすると施工性が悪くなったり、強度低下が認められるようになる。したがって、重荷重を対象とした大きい版

厚を必要とする舗装では、細骨材率はそれらの悪い影響が表れない範囲で、できるだけ大きくすることが望ましいと考えられる。

このようなことから、フライアッシュをRCCPに用いることにより、より大きい細骨材率の配合で施工を行うことが可能となり、その結果、一層施工可能な版厚の増大につながるものと考えられる。

(4) 骨材粒子の配列と充填率の関係

転圧コンクリートの締固め特性について、その細骨材率が影響することがわかった。ここでは、骨材粒子の配列と充填率との関係より、締固めについての考察を加える。

細骨材率、すなわち骨材の粒度分布のほかに、モルタル中の細骨材の空隙に対するペーストの容積の割合(Kp)、およびコンクリート中の粗骨材の空隙に対するモルタルの容積の割合(Km)を用いて、コンクリートの締固め特性を表現しようとする研究もみられる⁹⁾。

$$K_p = \frac{\text{コンクリート } 1 \text{ m}^3 \text{ 中のペーストの容積}}{\text{コンクリート } 1 \text{ m}^3 \text{ 中の細骨材の作る空隙の容積}}$$

$$= \frac{W/\rho_w + C/\rho_c + F/\rho_f}{(1/T_s - 1/\rho_s)S} \quad \dots\dots\dots \text{式 (2)}$$

$$K_m = \frac{\text{コンクリート } 1 \text{ m}^3 \text{ 中のモルタルの容積}}{\text{コンクリート } 1 \text{ m}^3 \text{ 中の粗骨材の作る空隙の容積}}$$

$$= \frac{W/\rho_w + C/\rho_c + F/\rho_f + S/\rho_s}{(1/T_c - 1/\rho_c)G} \quad \dots \text{式 (3)}$$

ここに、

- W: 単位水量 (kg/m³),
- C: 単位セメント量 (kg/m³),
- F: 単位フライアッシュ量 (kg/m³)
- S: 単位細骨材量 (kg/m³)
- G: 単位粗骨材量 (kg/m³)
- ρ_w : 水の比重
- ρ_c : セメントの比重
- ρ_f : フライアッシュの比重
- ρ_s : 細骨材の比重
- ρ_c : 粗骨材の比重
- T_s : 細骨材の単位容積質量 (kg/ℓ)
- T_c : 粗骨材の単位容積質量 (kg/ℓ)

図-5 は、粗骨材粒子の配列と Km の関係を概念的に表したものである。Km=1 の場合、粗骨材が形成する空隙をモルタルが完全に満たし、しかも粗骨材粒子が相互に接している状態を表わす。密実なコンクリートを

得るためには、粗骨材間にモルタルがゆきわたり、十分に締固めできるものでなければならない。このためには、粗骨材の空隙よりも多いモルタル量が必要となる。K_pについても細骨材粒子とペースト量との間に同様な関係が考えられる。

図-6は、図-4に用いた配合をK_pと充填率の関係に表現し直したものである。いずれの配合に関してもK_pの値が1.0から1.1の範囲で最大の充填率を示している。また、普通セメント単味およびJFA混入のものと比較して、CFAを混入したものは小さいK_p値で高い充填率が得られていることがわかる。このことは、細骨材のつくる空隙がより少ないペースト量で充填されていることを示しており、CFAを混入することにより、ペーストをより充填しやすい状態に変化させ、結果として少ない量のペーストで十分に空隙が満たされるようになるものと考えられる。

つぎに、式(2)、(3)に加えて、コンクリート全体積を表す式(4)を用いてコンクリートの配合を考えてみる。

$$1000 = W/\rho_w + C/\rho_c + F/\rho_f + S/\rho_s + G/\rho_g \quad \dots\dots \text{式(4)}$$

式(2)、(3)、(4)のうち未知数は、W、C（または単位結合材量：C+F）、S、G、およびK_p、K_mの6個であるので、このうち3個を仮定すれば配合が決定できることになる。よって、骨材の粒子間隔を示すK_p、K_mの値とペースト自体の粘性を示すと思われる水結合材比をパラメーターとして配合が決定できる。

まず、骨材粒子間隔が充填率に及ぼす影響について明らかにするため、普通セメント単味の配合で粗・細骨材の粒子間隔（K_p、K_m）を変化させた場合での締固め特性を考える。

図-7は水セメント比を一定（W/C=35.9%）とし、K_p、K_mを変化させて締固め性試験で得られた充填率の変化を等高線で示したものである。この図において、充填率が最大となるようなK_pおよびK_mの範囲が表現できることがわかる。

一方、図-8は、図-7に示した実験に用いた配合におけるK_pおよびK_m、単位水量の関係を等高線で表したものである。コンクリートの配合において、少ない単位水量で同等の充填率を得ることのできる配合が理想的である。したがって、図-7と図-8を重ね合わせ、最も高い充填率の97.5%を示す等高線と最も少ない単位水量の等高線の交差する点が最適単位水量と考えられ、今回の実験では最適単位水量は115 kg/m³と決定できる。

以上の結果より、水セメント比が一定、すなわちペーストの粘性、流動性が一定の状態では、細骨材および粗骨材の粒子間隔を変化させると最大の充填率を得る骨材粒度構成が存在し、そのときの最適な単位水量が求められることがわかった。また、K_p値が同じであっても、K_m値の変化によって充填率が左右されることから、コンクリートの締固め特性は、モルタルの流動性および締固め特性だけではなく、粗骨材のつくる空隙とモルタル量の関係も充填率に大きく関与することがわかった。

(5) 粒度分布および粒子形状の測定結果

図-9および図-10は本実験に用いたOPCおよびJFA、CFA、OPC+JFA、OPC+CFA、5種類の試料の粒度分布を示したものである。これらの図より、CFA粒子はOPC、JFAよりも粒度が細かく、その粒度範囲も狭いことがわかる。また、JFA、CFAを混入したものの粒度分布はあまり差がみられず、20%の置換では粒度分布に見かけ上大きな変化を与えていないことがわかる。

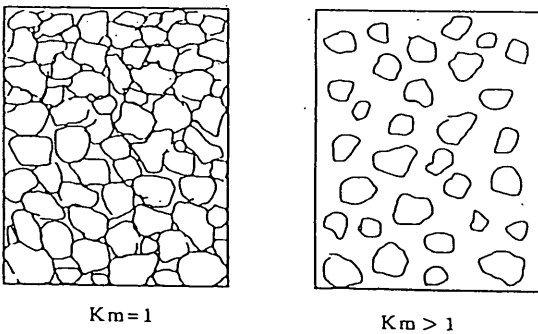


図-5 Km値と表す粗骨材粒子の配列

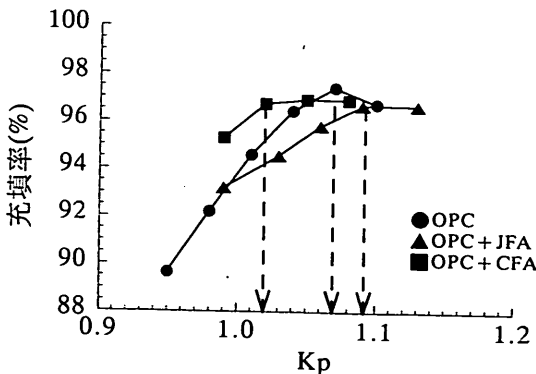


図-6 K_p値と充填率の関係

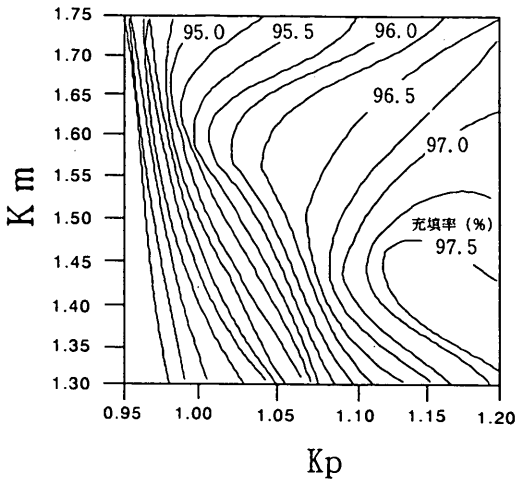


図-7 Kp, Km と充填率の関係

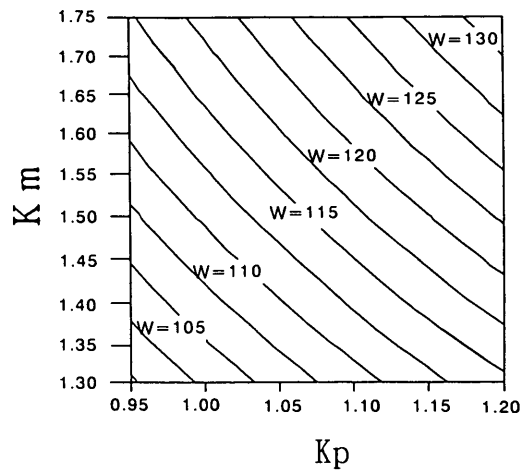


図-8 Kp, Km と単位水量の関係

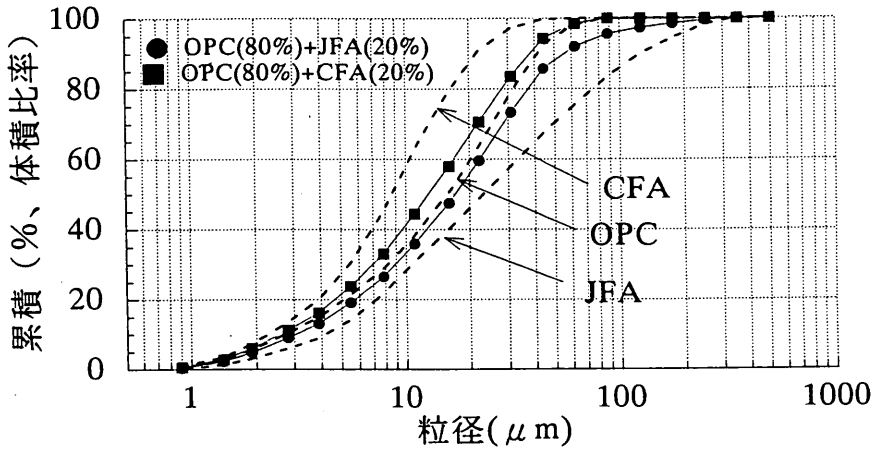


図-9 粒度分布

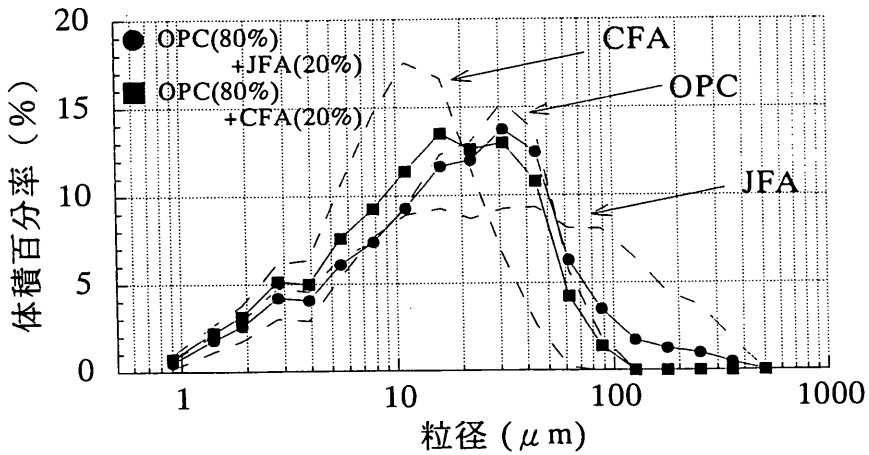


図-10 粒度分布

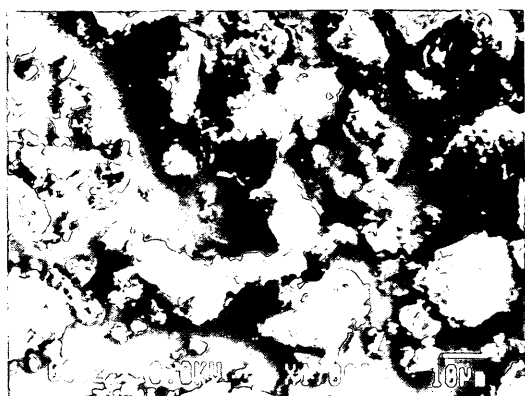


写真-2 (a) 粒子形状 (OPC)

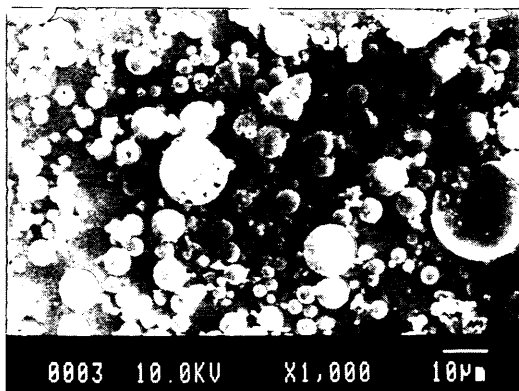


写真-2 (b) 粒子形状 (JFA)

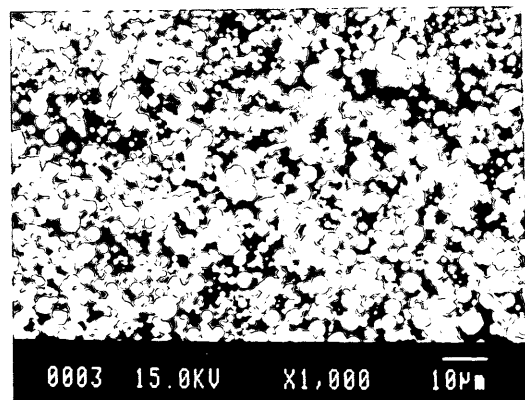


写真-2 (c) 粒子形状 (CFA)

次に、電子顕微鏡により得られた OPC および JFA、CFA の粒子形状を観察した結果を写真-2 (a), (b), (c) に示す。写真-2 (a) によると、OPC 粒子は不規則な形状を示している。写真-2 (b) によると、JFA 粒子は比較的細かい粒子はなめらかな球形を示しているものの碎けた形状で不規則なものが一部みられる。写真-2 (c) によるとほとんどの CFA 粒子はなめらかな球形を示している。

図-11 および図-12 は JFA および CFA 粒子を撮影した顕微鏡写真より、画像解析装置を用いて粒子の円形度係数を測定した結果を示したものである。円形度係数は球形度評価する一つの指標であり、式(5)によって求められ、この値が1に近づくほど円形を示すものである。

$$\text{円形度係数} = \frac{4 \pi \times \text{面積}}{\text{周 囲 長}^2} \quad \dots\dots \text{式 (5)}$$

図より、JFA 粒子は広い範囲に分布しているのに対し、CFA 粒子は1付近の度数が大きくなっていることがわかる。粒度分布および粒子形状の測定結果より、CFA は、OPC および JFA と比較して不定形の粗粒子がほとんど認められない、ほぼ球形の微粒子であるといえる。

以上の結果より判断して、JFA および CFA の混入による単位水量減少の効果の違いは、粒度分布の差によるものだけではなく、粒子の形状の違いと、それに起因するであろうボールベアリング効果の違いによるものと思われる。

しかしながら、図-4 において OPC + JFA、OPC + CFA とともに、最適細骨材率は42%となっていることから、フライアッシュの粒子形状および表面形状の違いが細骨材率に及ぼす影響は認められなかった。

(6) 分級フライアッシュの混入が品質安定性の向上に及ぼす効果

図-13は、図-3 に用いた試料と同じ配合での単位水量とマーシャル充填率との関係を示したものである。なお、マーシャル突固め試験は、日本道路協会の「転圧コンクリート舗装技術指針(案)」の付録に示されている方法に従って行った。これより、CFA を混入した場合にはセメント単味と比較して高い充填率を示すことがわかる。また、JFA を混入した場合にはセメント単味のものより高い充填率を示すものの、その直線の傾きは急となっている。このことは、単位水量が変動した場合、それに伴う充填率の変化が大きくなることがわかる。また、CFA を混入した場合には、セメント単味のものよりも単位水量の変動に対する充填率の変化は小さい。そ

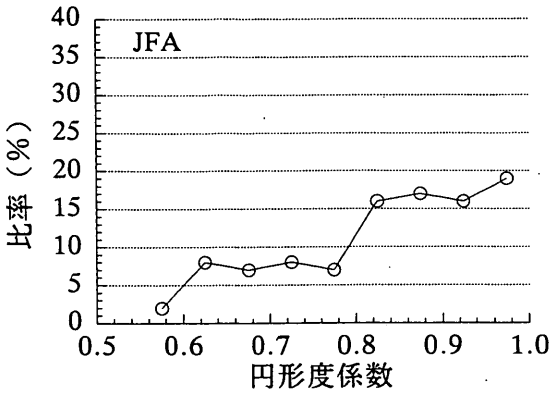


図-11 円形度係数 (JFA)

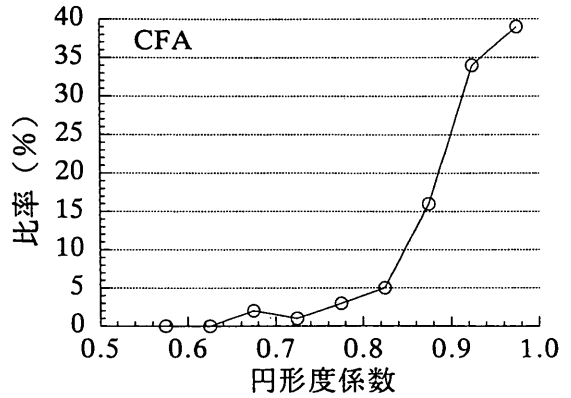


図-12 円形度係数 (CFA)

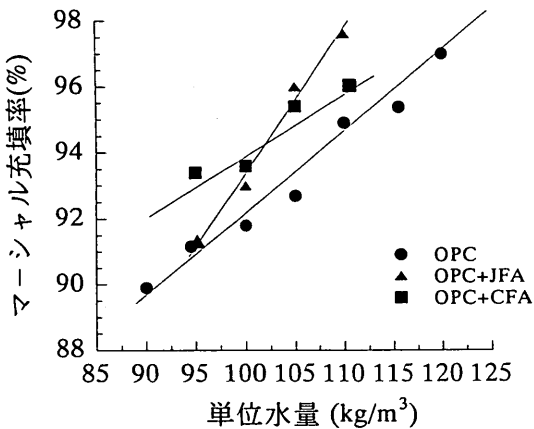


図-13 単位水量とマーシャル充填率の関係

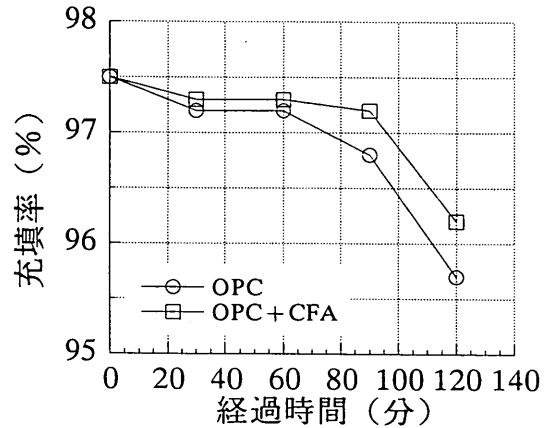


図-14 充填率の経時変化

のため、コンクリートプラントにおいて、骨材の表面水率に多少の変動があっても、CFAを混入することによって安定した品質を得ることが容易となることが考えられる。

図-14は、セメント単味とCFAを混入した配合において、夏場の施工を想定し練上がり直後より、35℃の高温養生室内に放置し、30分ごとに締固め性試験を行い、経過時間と充填率の関係を示したものである。なお、試料は表面の乾燥を防ぐためビニールシートで覆ったが密封としない状態とした。この図より、高温状態における経過時間、すなわち夏場におけるコンクリート練

混ぜ直後から転圧までの経過における、その締固め性能の低下は、CFAを混入することによって少なくなることがわかる。

以上の結果により、CFAを混入することによりコンクリート自体の品質は安定したものとなり、プラントおよび現場施工における品質管理が容易となることがわかる。

以上、室内試験の結果より、分級フライアッシュの混入によりコンクリート自体の締固め特性が改善され、一層施工が可能な版厚を増加させる可能性を示しているものと思われる。

3. 試験舗装による分級フライアッシュの混入効果の検討

3.1 概要

室内試験の結果により、CFAを転圧コンクリートに混入する効果が明らかとなり、一層で施工可能な舗装版厚の増大が可能であることが示された。

しかし、実際の施工において、25cmを越える厚い版の下層部分で十分な締固め密度や強度が得られるものか、また、一層施工される版厚が増した際に路面の平坦性の確保が可能かどうか確認する必要がある。

このような背景から、実際に普通セメントのみを用いたコンクリートとともに、CFAを混入したコンクリートを用いて、厚さ35cmの版を一層で施工する試験舗装を行った。

3.2 使用材料

試験舗装の施工に用いたOPCおよびCFAは、室内試験に用いたものと同様のものを用いた。使用骨材としては、細骨材に千葉県君津産の山砂、粗骨材には山口県美祿産の一般舗装用に用いられている石灰石砕石を用いた。用いた骨材の物理的性質を表-5に示す。

表-5 使用骨材の物理的性質

	最大寸法 (mm)	表乾比重	吸水率 (%)	粗粒率 (%)
細骨材	5	2.58	1.78	2.64
粗骨材	20	2.69	0.36	6.60

3.3 転圧コンクリートの配合

2.5(3)に示したように、転圧コンクリートの配合において細骨材率の大きいほど、施工されたRCCP版の上層と下層の充填率の差は減少することがわかっており、25cmを超える版厚では、細骨材率は施工性を損なわない程度にできるだけ大きくすることが望ましいと考えられる。よって配合設計は室内試験の結果を考慮し、図-15に示すような手順で行った。

① 単位水量の決定

まず、単位セメント量(C)を320kg/m³、細骨材率(s/a)を45%と仮定した。単位水量は、図-16および、図-17に示す振動締固め性試験の結果より、セメント単味の配合(OPC)で97kg/m³、セメントの20%(質量比)をCFAで置換した配合(OPC+CFA)で93kg/m³と決定した。

② 細骨材率の決定

①で得た単位水量および単位結合材量により、細骨材率を変化させた配合で振動締固め性試験を行い、施工性を損なわない程度にできるだけ大きい細骨材率を採用した。

図-18および図-19の結果より、OPCは45%、CFAでは50%が最適であるものと判断されるが、本試験舗装では異なる材料を用いることによる施工された転圧コンクリートの充填率の違いを把握することを目的の一つとしたため、細骨材率の影響を排除するために両配合ともに細骨材率50%に統一した。

③ 単位セメント量の決定

①および②で得られた細骨材率および単位水量を用い、単位セメント量の異なる普通セメント単味の配合のセメント水比と材齢28日曲げ強度の関係は図-20のようになる。作製した供試体の本数は各3本であり、その3本の強度の分散を計算すると10.6となった。そこで、実際の施工でのばらつきをやや大きく見積もり、分散値15.0の場合の割り増し係数1.146を用い、配合強度を51.6kgf/cm²(45×1.146=51.6)と定めた。なお、「転圧コンクリート舗装技術指針(案)」では、実際の施工での強度のばらつきや、深さ方向へ充填率が減少することによる強度低下を考慮して配合強度を8kgf/cm²上増ししている。しかし、今回の試験舗装では、コンクリート材料を変えたときの実施工での強度の変化、特に深さ方向の強度変化を確認することを目的としているため、配合強度の8kgf/cm²の上増しは採用しなかった。

この配合強度に対応するセメント水比はC/W=3.32となり、単位水量97kg/m³に対して単位セメント量322kg/m³となる。CFAを混入した場合の配合は、単位結合材量を322kg/m³一定とし、CFA置換率を20%(質量比)とした。

④ プラントでの試験練りによる配合の決定

施工日前日にプラントにて実機による試験練りを行ったが、プラントの細骨材の粒度が室内試験の場合と変わっていて細骨材率を50%では所定の充填率まで締め固まらなかったため、細骨材率を42%に修正した。なお、細骨材率の変更以外に他のパラメータの変更の必要はなかった。

表-6にプラント実機試験練りで決定したコンクリートの示方配合を示す。

3.4 舗装構造

試験舗装における転圧コンクリート版は、配合の異なる2材料で1レーンずつ、幅員7m、延長50m、版厚35cmの施工とした。路盤は、粒調砕石路盤(層厚15

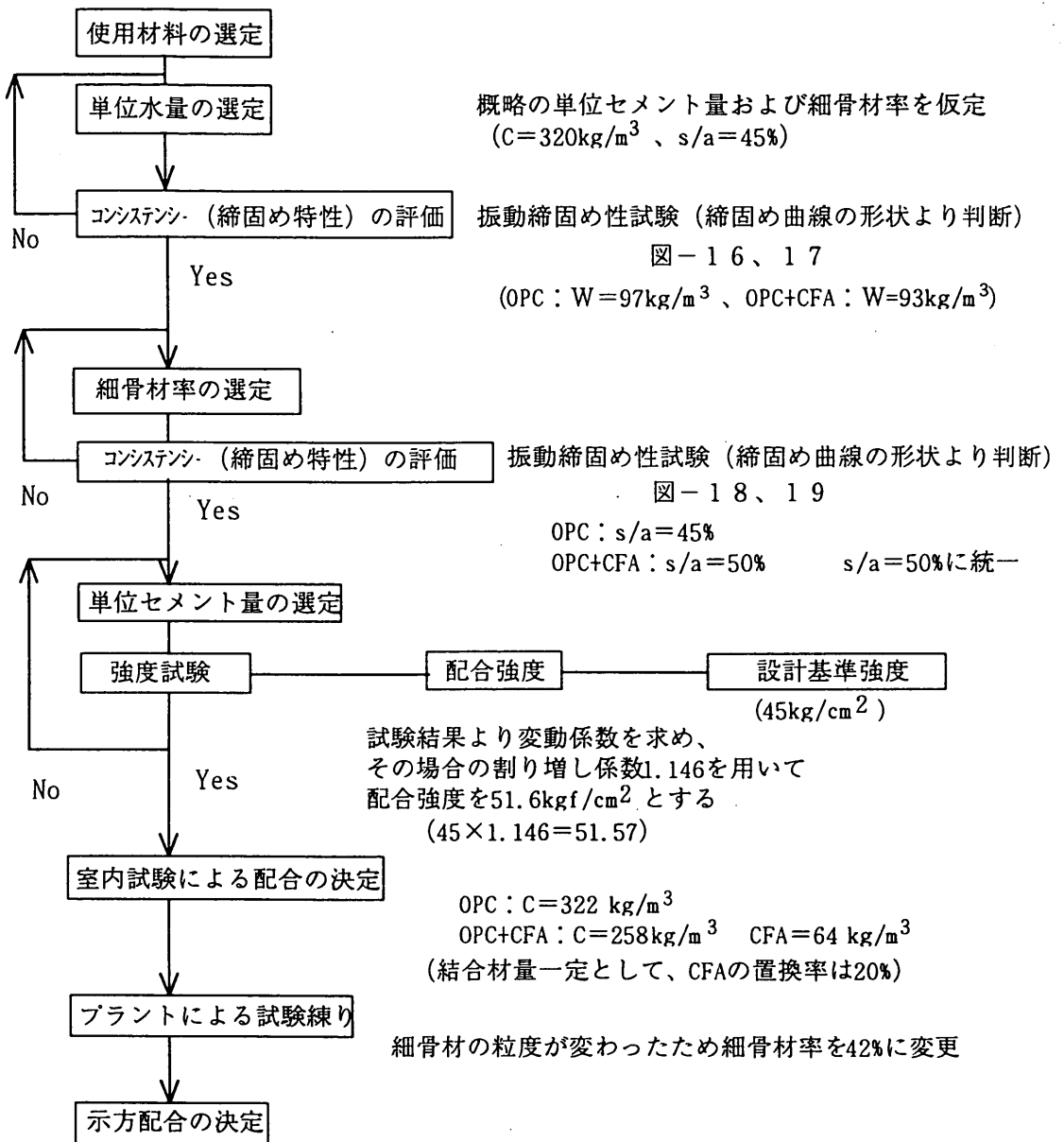


図-15 配合設計フロー

転圧コンクリート舗装の性能向上に及ぼす分級フライアッシュの混入効果

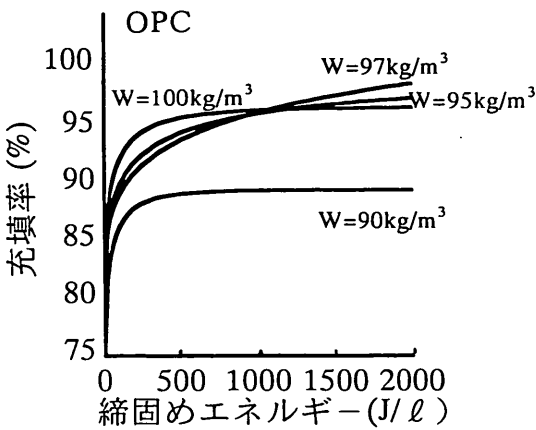


図-16 振動締固め性試験結果
(単位水量変化, OPC)

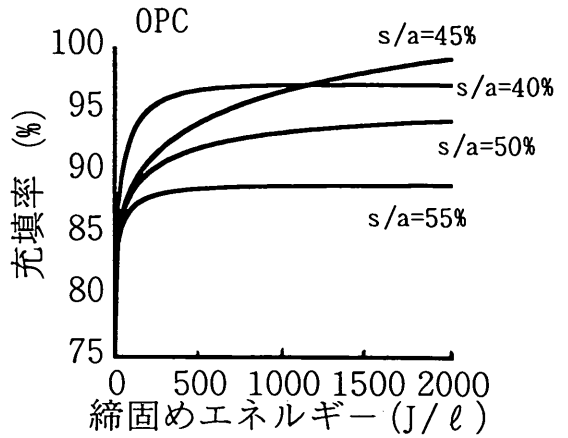


図-17 振動締固め性試験結果
(単位水量変化, OPC + CFA)

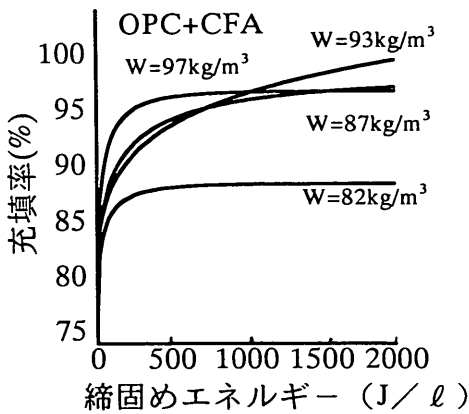


図-18 振動締固め性試験結果 (細骨材率変化, OPC)

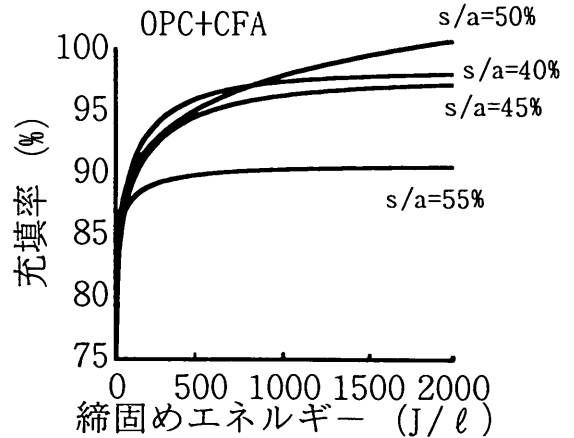


図-19 振動締固め性試験結果 (細骨材率変化, OPC + CFA)

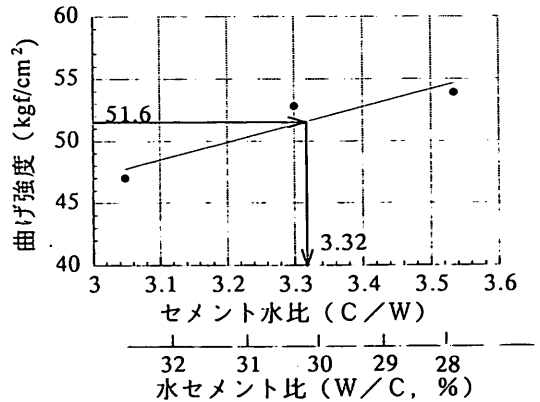
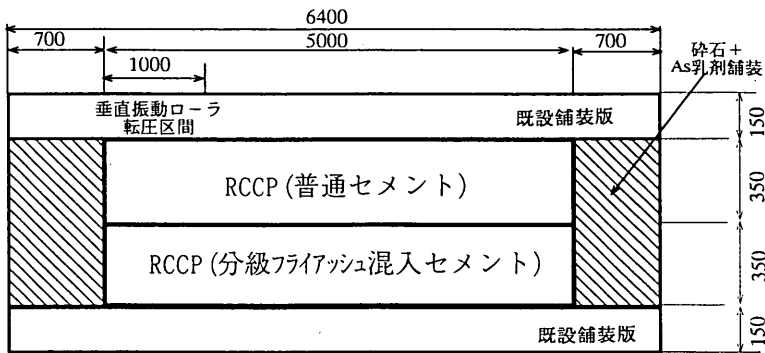


図-20 セメント水比と曲げ強度の関係

表-6 試験舗装に用いた転圧コンクリートの配合

セメント	粗骨材の最大寸法 (mm)	W/B (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)						材齢91日曲げ強度 (室内)
				水	セメント	分級フライアッシュ CFA	細骨材	粗骨材	AE 減水剤 (C×%)	
OPC	20	30.1	42	97	322	—	868	1255	0.25	60.2
OPC+CFA		28.9		93	258	64	865	1250		57.4

設計基準曲げ強度：4.5 kgf/cm²



(単位：cm)

図-21 施工平面図

cm), セメント安定処理路盤 (CTB, 弾性係数 $E = 40,000 \sim 10,000 \text{ kgf/cm}^2$, 層厚 15~20 cm) とその上にリフレクションクラックの発生を防ぐために層厚 5 cmのアスファルト中間層から構成されている。施工平面図および断面図を図-21および図-22に示す。

なお、締固めは大型振動ローラを用いたが、各レーン長さ方向のうち10 mは、その代わりに垂直振動ローラによる転圧を行い、使用機械による締固めの程度の違いについても検討した。

3.5 施工手順

施工は次の手順に従って行った。

(1) 路盤工

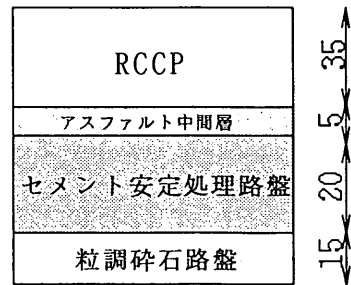
路盤は、既設のコンクリート舗装の一部を解体し、その路盤を転用した。路盤の状況を写真-3に示す。

(2) プライムコート工

露出したCTB路盤にアスファルト乳剤をディストリビューターで均一に散布し、プライムコートを施工した。

(3) アスファルト中間層工

密粒度アスファルト混合物(最大粒径 13 mm)をアスファルトフィニッシャーを使用し、厚さ 5 cm で均一



(単位：cm)

図-22 施工断面図

に敷均した。敷均し時の混合物の温度は110℃以上を標準とし、転圧は振動ローラ、タイヤローラを用いて十分に締固めた。また、アスファルト中間層施工後、カッターを挿入して埋設計器ケーブル埋設用の溝を作った。

(4) 目地設置工

既設舗装版と新設 RCCP を分離するため図-23に示

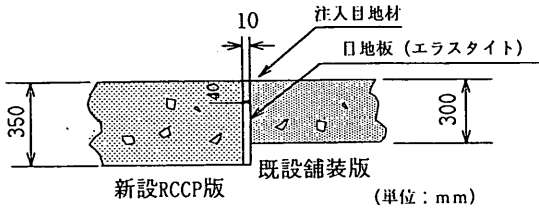


図-23 目地の設置

すように目地を設置した。目地板にはエラストイトを用いた。

(5) RCCP工

転圧コンクリートは図-24に示す施工フローに従って舗設した。

① 型枠の設置

型枠には規定の厚さ ($t = 35\text{cm}$) が確保できるように高さを調節したH型鋼を用いた。

② 運搬

転圧コンクリートの運搬には大型ダンプトラック (11t) を用いた。コンクリートの練混ぜから締固め開始までの時間は90分以内とし、運搬中はシートを使用して乾燥を防いだ。

③ 敷均し

敷均しはアスファルトフィニッシャーを使用し、余盛り10%をみこんで高さ38.5cmに均一に敷き均した。



写真-3 路盤の状況

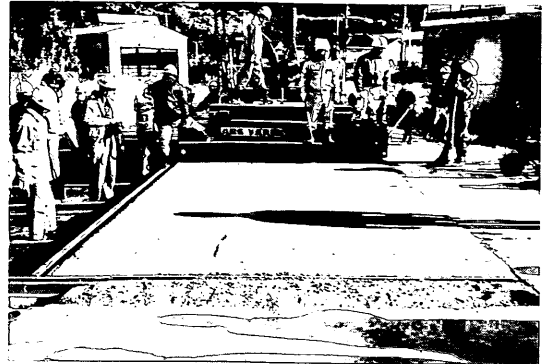


写真-4 アスファルトフィニッシャーによる敷均し敷均し状況を写真-4に示す。

④ 転圧

初期転圧は水平振動ローラーを使用し、無振動で2回、

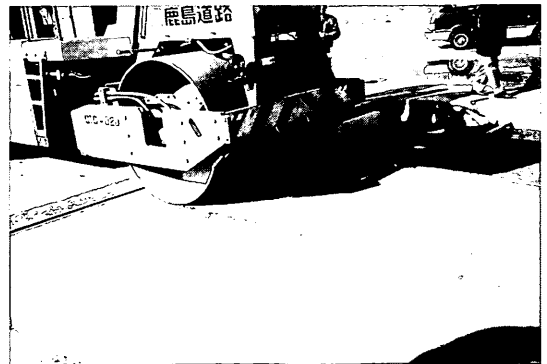
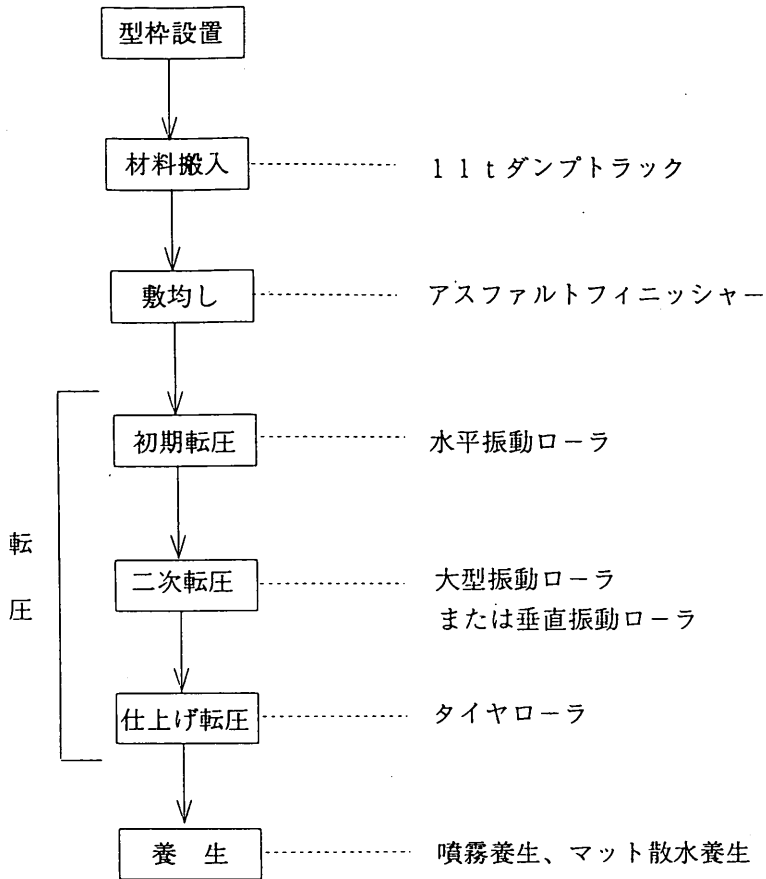


写真5 大型振動ローラーによる転圧有振動で4回転圧を行った。2次転圧は大型振動ローラーを使用し、十分な締固めが得られるように無振動で2回、有振動で6回程度転圧した。なお、端部10mの区間は



写真-6 垂直振動ローラーによる転圧2次転圧に、通常の振動ローラーよりも締固め能力の高い垂直振動ローラーを用い転圧を行った。



機械名	形式	荷重	作業内容
アスファルト フィニッシャー	タイタン411	-	RCC敷均し
水平振動ローラ	N3R	7.2トン	初期転圧
大型振動ローラ	CC421	11.3トン	二次転圧
垂直振動ローラ	SD450	10.2トン	二次転圧
タイヤローラ	T600	8トン	仕上げ転圧

図-24 転圧コンクリート施工フロー

転圧コンクリート舗装の性能向上に及ぼす分級フライアッシュの混入効果

仕上げ転圧は、タイヤローラを使用し、ローラマークや表面の引きずり跡を消去し、緻密な面となるよう仕上げを行った。

転圧の状況について写真-5から写真-7に示す。

⑤ 養生

仕上げ転圧の終了箇所は速やかに養生マットで覆い、表面を荒らさないようにするとともに、3日間の散水養生を行った。

写真-8に散水、マット養生の状況を示す。

図-25に施工機械の編成を示す。

3.6 試験項目

(1) コアによるコンクリート充填率の測定

各レーンにおいて舗設7日後に、 $\phi 10 \times 35$ cm(版厚)のコアを切り出し、図-26に示すような深さ5cm毎に切断した。切断したコアの表乾質量を測定し体積で除して表乾密度を求め、それぞれの充填率を求めた。

(2) RCCP版のひずみおよび温度変化測定

図-27に示すように、各レーンに4箇所、埋設ひずみ計および熱電対を設置し、RCCP版のひずみおよび

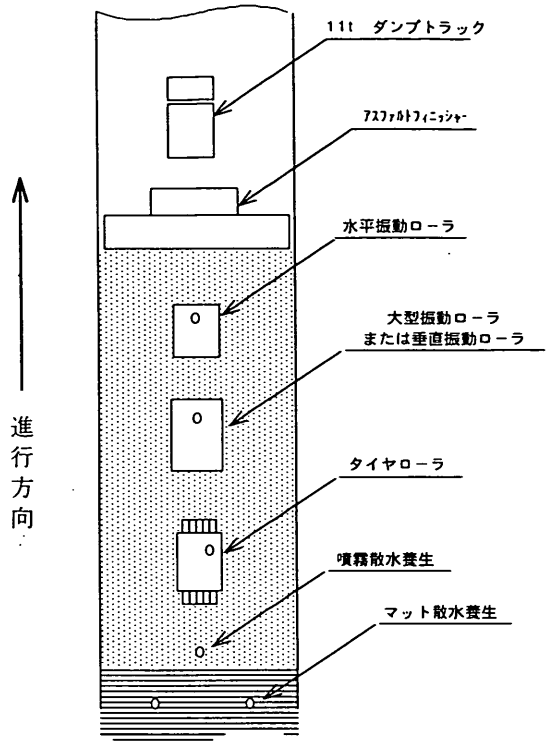


図-25 施工機械の編成

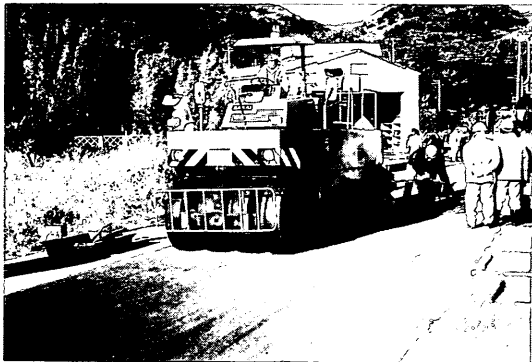


写真-7 タイヤローラによる仕上げ転圧

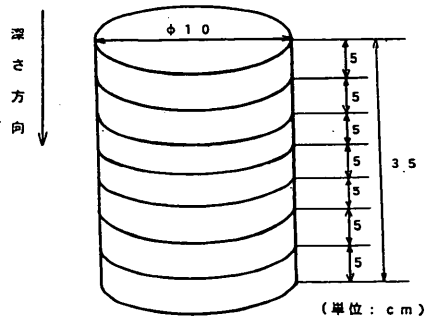


図-26 充填率測定用コア試料



写真-8 散水、マット養生

温度の測定を行った。なお、熱電対は表面から深さ方向へ5, 17.5, 22.5cmの位置へ3箇所設置した。また、無拘束状態での計測として現場作成供試体(10×10×40cm)中にもひずみ計および熱電対を設置した。写真-9にひずみ計および熱電対の設置状況、写真-10に無拘束供試体の設置状況を示す。測定開始は、ひずみ計を所定の位置に設置しタイヤローラによる仕上げ転圧が終了した時点とした。



写真-9 ひずみ計および熱電対の設置状況



写真-10 無拘束供試体の設置状況

(3) 曲げ強度試験

管理試験用に供試体を「転圧コンクリート舗装技術指針(案)」に記されている供試体作製手順にしたがって現場で作製し、20℃の恒温水槽で養生を行った。そして所定の材齢(3, 7, 28, 91日)に達した時点で JIS A 1106 に従って曲げ強度試験を行った。

また、材齢4カ月たった時点で各工区より図-28に示すような曲げ強度試験用供試体を深さ方向に切り出し、曲げ強度試験を行った。

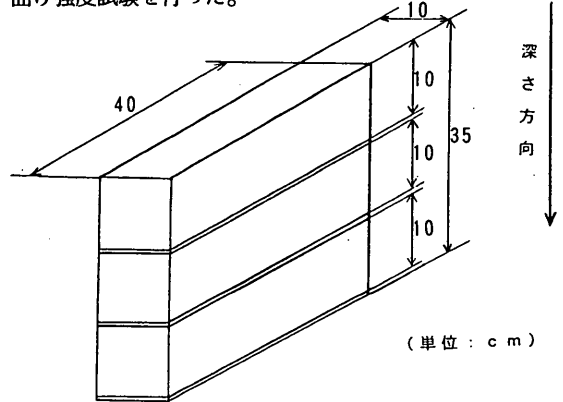
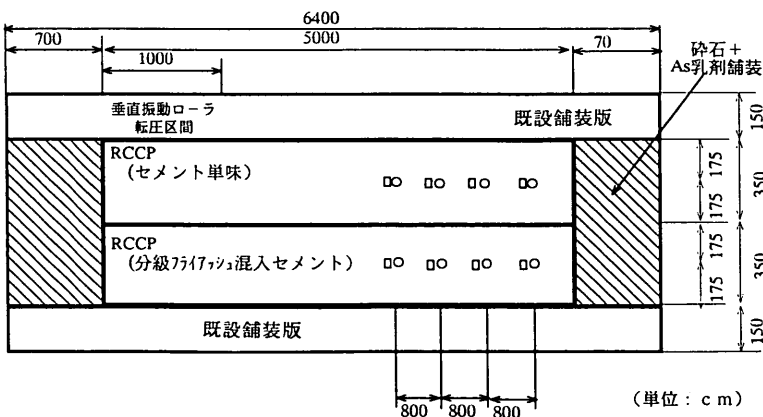


図-28 切り取り曲げ強度試験用供試体

(4) 平坦性試験

平坦性試験は、3mプロフィールメーターを用いて、ひずみ計埋設位置を避けた各レーンの縦断方向に2測線で測定を行った。測定方法は「舗装試験法便覧」¹⁰⁾に従



○ : ひずみ計 (4箇所/レーン)

□ : 熱電対 (4箇所/レーン)

図-27 ひずみ計および熱電対設置位置

た。

3.7 試験舗装の結果および考察

(1) コアによる充填率測定結果

図-29に、RCCP版より切り出したコアの充填率を、目標充填率(96.0%)で除した値である「締固め度」で表した結果を示す。日本道路協会による「転圧コンクリート舗装技術指針(案)」では充填率そのものの値よりも、締固め度を用いて出来型管理を行っており、合格判定値を締固め度95.5%以上としている。

図-29より、セメント単味のものも、CFA混入のものも、この値を満足しており、35cm版厚の一層施工が可能であることを示唆している。また、垂直振動ローラを用いることにより充填率は幾分上昇するもののその差は小さい。

(2) 温度およびひずみ測定結果

図-30および図-31に、材齢1日までのRCCP版内に埋設した熱電対による温度測定結果を示す。この図より、普通セメント単味では、コンクリート版内の温度は20℃を超えるが、CFAを混入したものでは温度上昇は抑えられていることがわかる。このことは、セメントの20%をCFAで置換することにより、単位セメント量が抑えられ、発熱量が少なくなることによる。版厚がより大きくなると、舗装版自体が一種のマスコングリートのような状態となるため、発熱量を低減することは、内部温度応力の発生による温度ひび割れの抑制に有効であるものといえる。今回の試験舗装では外気温が低く、路盤への放熱もあったと考えられるため、舗装直後の温度ひび割れは発生しなかった。

図-32および図-33は、ひずみ計により得られた材齢14日までのひずみの変化を示す。図中に示す実ひずみと締固め度(%)

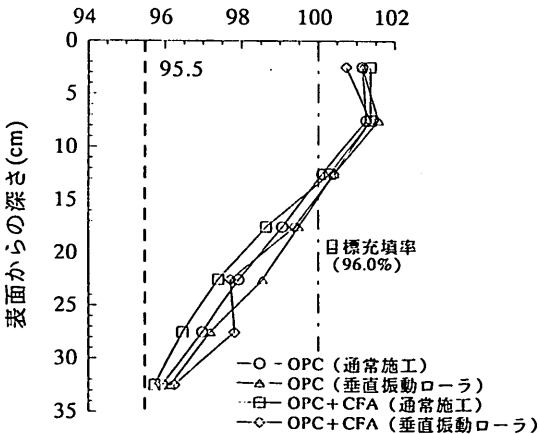


図-29 表面からの深さと締固め度の関係

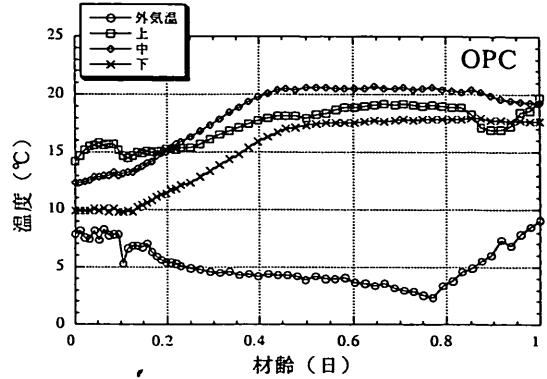


図-30 RCCP版内の温度変化(OPC)

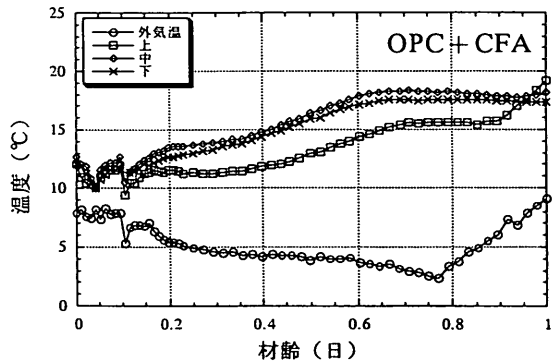


図-31 RCCP版内の温度変化(OPC+CFA)

みとは、RCCP版内に発生する応力ひずみや、乾燥収縮、温度、クリープ、反りなどの複合ひずみであり、また乾燥収縮ひずみは、無拘束供試体のひずみを温度補正したものである。また、応力ひずみは、実ひずみと乾燥収縮ひずみとの差であり、主に温度応力ひずみである。

図より、乾燥収縮ひずみはOPC+CFAにおいて、初期の段階で変化し、その後一定の値を示しているのに対し、OPCではゆるやかな変化を示し、材齢12日ではOPC+CFAのものと同程度のひずみ量を示している。また、応力ひずみはOPC+CFAにおいて、初期の段階から安定しており、OPCでは上昇の傾向がみられるが、材齢13日ではOPC+CFAと同程度のひずみ量を示している。今回の試験舗装に用いたコンクリートの配合において、CFAを混入することによる単位水量の低減は4kg/m³と少ない値となったため、減水による乾燥収縮の低減の効果は顕著には表れておらず、両配合ともに同程度のひずみ変化であった。

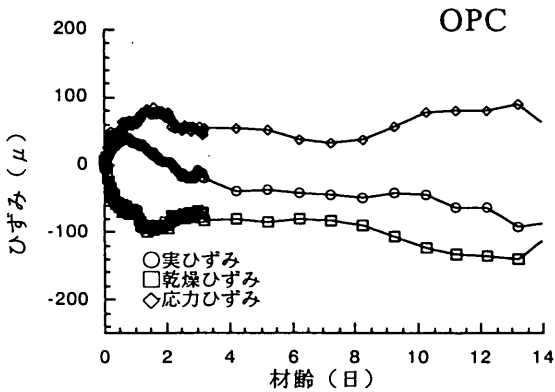


図-32 RCCP版のひずみ変化 (OPC)

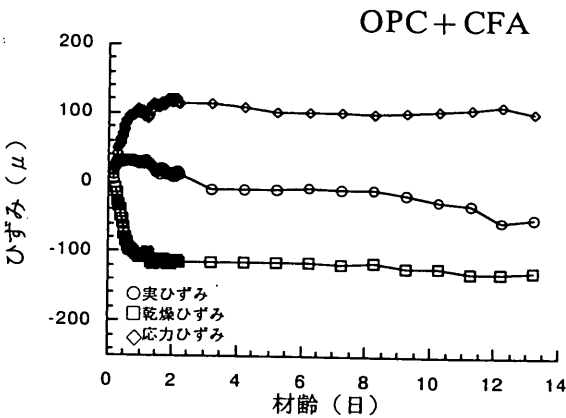


図-33 RCCP版のひずみ変化 (OPC+CFA)

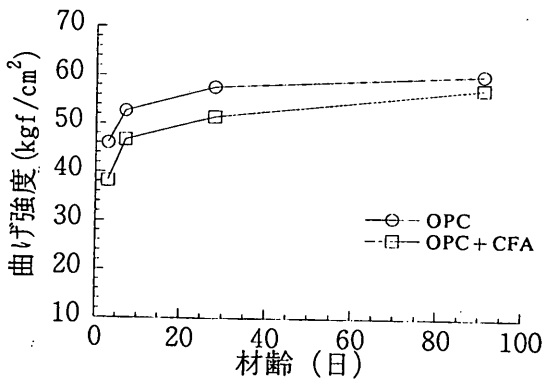


図-34 曲げ強度試験結果 (管理試験)

また、材齢4カ月経った時点でひび割れは両者とも発生しておらず、ひずみ量としては小さい値であると思われる。

(3) 曲げ強度試験結果

図-34に管理試験用供試体による曲げ強度試験の結果を示す。この図より、CFAによりセメントの20%を置換すると、セメント単味のものに比べて幾分強度は低下するものの、両者とも材齢7日で設計基準強度の45 kgf/cm²を越えており、また材齢91日ではセメント単味のものとはほぼ同じ強度発現を示すことがわかる。

図-35に施工4ヶ月後に現場より切り取った供試体の曲げ強度試験結果を示す。図より、OPCでは下層部分で設計基準強度の45 kgf/cm²を満足してはいないが、CFAを混入したものでは50 kgf/cm²に達している。また、上層部分の強度も高いものとなった。

なお、垂直振動ローラの転圧によるRCCP版の曲げ強度も図-35に示しているが、今回の測定では強度の増進には大きな効果を与えなかったことがうかがえる。

図-36は、曲げ試験に用いた切り取り供試体の充填

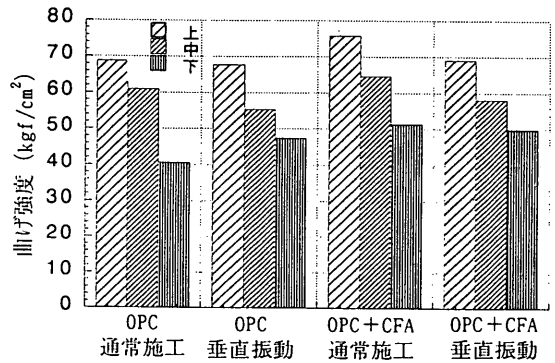


図-35 曲げ強度試験結果 (現場からの切り取り供試体)

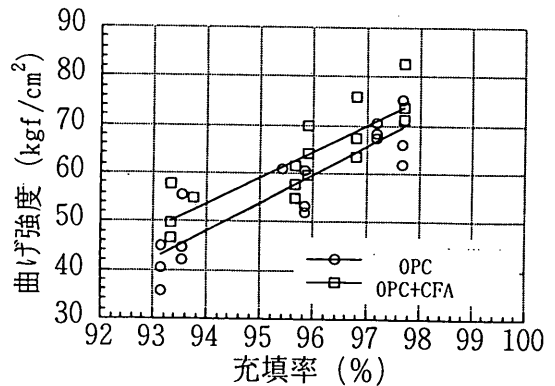


図-36 充填率と曲げ強度の関係 (現場からの切り取り供試体)

率と曲げ強度の関係を示している。図より、データにはばらつきはあるものの、CFAを混入することにより、同一充填率において曲げ強度が高くなることがわかった。これは一定体積中に存在する空隙量が同じであっても、その空隙の分布の状況が異なれば曲げ強度に影響を与えるためと考えられる。すなわち、比較的大きな空隙が存在した場合、その部分に応力集中が起こり破壊のきっかけとなりやすいために強度低下の原因となるが、CFAを混入したコンクリートでは大きな空隙はCFA粒子に充填されて、小さい空隙が多く分散しているためと思われる。このような現象は、転圧コンクリート舗装技術指針(案)に示されている方法にしたがって作製した図-34の結果には表れていない。この原因としては、室内における電動タンパによる締固めと、実際の施工の締固め方法およびエネルギーの伝達等の影響が考えられる。

(4) 平坦性試験結果

各レーンの縦断方向2測線で測定された平坦性の結果を表-7に示す。転圧コンクリート舗装技術指針(案)に示される出来型管理における合格判定値は標準偏差で3.0mm以内とされているが、施工延長が50mであることを考慮すると、実際の長距離での施工ではより平坦性が向上し、セメント単味およびCFAを混入した配合ともに合格判定値を満足するものと考えられる。

表-7 平坦性試験結果

区画	測線	標準偏差(mm)
OPC	1	3.32
	2	3.95
OPC + CFA	1	3.62
	2	2.84

4. 結 論

本報告では分級フライアッシュを混入した転圧コンクリートを対象として、室内試験および試験舗装を作製し、いくつかの新たな知見が得ることができた。

室内試験より得られた結論は以下のとおりである。

(1) 分級フライアッシュを混入することにより、必要締固めエネルギーが減少でき、結果として締固め特性の改善、充填率の上昇効果が得られる。

(2) 分級フライアッシュを混入することにより、普通セメント単味の配合のものと比較して約15kg/m³程度単位水量が低減できる。

(3) 分級フライアッシュを混入する事により、最適締固め性能を得る細骨材率を増加させることができる。

(4) 分級フライアッシュを混入することにより、水量の変動に対する充填率の変化が小さくなり、安定した品質を得ることができる。

(5) 転圧コンクリートの充填率は、モルタルの締固め特性だけではなく、粗骨材のつくる空隙とモルタル量との関係にも左右される。

(6) フライアッシュの粒子形状、球形度の違いが単位水量減少の効果に大きく左右する。

試験舗装より得られた結論は以下のとおりである。

(1) コアによる充填率測定結果より、セメント単味および分級フライアッシュを混入した両配合とも、十分な締固め度を示しており、35cm版が一層施工できる可能性を示唆するものである。

(2) 分級フライアッシュを混入することにより、RC版内の温度上昇が抑制される。

(3) 曲げ強度の深さ方向の変化に関し分級フライアッシュを混入することは、下層部分の強度低下を軽減させる効果があり、下層部でも設計基準曲げ強度を満足する。

(4) 平坦性試験結果より、35cm版厚の施工でも平坦性の確保は可能であると思われる。

室内試験および試験舗装により得られた結果を総括、整理すると、分級フライアッシュを混和材として転圧コンクリートに用いることにより、25cmを越える35cmの版厚が一層により施工可能となることが示された。また、このことは重荷重を対象とした舗装へのRCCPの適用、普及につながるものである。

本研究では、フライアッシュ粒子の形状、表面性状が最適細骨材率の増大効果に及ぼす影響、すなわち、フライアッシュ粒子の持つ特性が、締固めメカニズムにどのように関与しているものなのか、また、単位水量の低減が、RCCP版のひずみ変化に及ぼす影響など明確にはできなかった。今後の研究課題であると思われる。

また、舗装の構造上、コンクリート版の上層と下層の強度やヤング係数の違いが舗装版全体の耐荷性、耐久性にどのような影響を与えるものか検討が必要であろう。

最後に、本研究を実施するのにあたり東京都立大学 国府勝郎教授および上野 敦助手に御指導、御協力いただいたことを深く感謝いたします。また、実験に御協力

いただいた運輸省港湾技術研究所主任研究官 浜田秀則氏，材料研究室研究生 真下昌章氏（電気化学工業㈱），また試験舗装の計画・施工に際し御助言いただいた鹿島道路㈱ 加形 護氏，児玉孝善氏，日本道路㈱野田悦郎氏，世紀東急工業㈱奥平真誠氏に記して謝意を表します。

なお，本報告は港湾技術研究所とテクノ・リソース㈱との間で行われた共同研究の成果の一部をとりまとめたものである。

参 考 文 献

- 1) 前田強司，西岡 哲，丸山光義，森田純一：超硬練りコンクリートの振動締固め施工実験，土木学会第43回年次学術講演会，1988，pp 344-345
- 2) 転圧コンクリート舗装技術指針（案）：日本道路協会，1990
- 3) 浮田和明，石井光裕，重松光裕，野尻陽一：分級フライアッシュを混入したコンクリートの基礎物性，第10コンクリート工学年次論文報告集，1988，pp 1-6
- 4) 石井光裕，浮田和明，重松光裕：分級フライアッシュによるコンクリートの品質向上について，土木学会第42回年次学術講演会，1987，pp 628-629
- 5) 國府勝郎，近藤拓也，上野 敦：RCCP用コンクリートの締固め性試験方法に関する研究，セメントコンクリート論文集，Vol. 46，1992，pp 964-969
- 6) K. Kokubu, A. Ueno, T. Kondoh, Studies on Compactibility and Its Test Method of Extremely Dry Concrete Used for Roller Compacted Concrete Pavement, Fifth International Conference on Concrete Pavement Design and Rehabilitation, Vol. 2, 1993, pp 271-280
- 7) 松井嘉孝，笠井芳夫：日本建築学会混合セメント用法研究委員会報告，1965，pp 11～
- 8) 加形 護，淵上 学，坂田廣介：舗装用転圧コンクリートの配合設計法に関する一検討，第43回セメント技術大会講演集，1989，pp 812-817
- 9) 中原 康・横田慎一・平田重信：超硬練りコンクリートの配合の考え方とコンシステンシー，セメント・コンクリート，No. 384，1979，pp 12-18
- 10) 舗装試験法便覧：(株)日本道路協会，1988