

薄層RCプレキャスト版による オーバーレイ工法に関する研究

小梁川雅¹・福田萬大²・西澤辰男³

¹工博 東京農業大学講師 農学部農業工学科(〒156 東京都世田谷区桜丘1-1-1)

²大成ロテック株式会社 技術研究所(〒365 鴻巣市大字上谷1456)

³工博 石川工業高等専門学校助教授 環境都市工学科(〒929-03 河北郡津幡町北中条)

薄層RCプレキャスト版オーバーレイ工法は、工場等で作製された比較的寸法の小さな薄層のRC版を施工箇所まで運搬し、並べて表層舗装を構築するもので、アスファルト舗装の維持修繕工法として有効であると考えられる。しかし薄層RC版の力学的特性に関しては十分に明らかとなっていない。本研究では、実物大の薄層RCプレキャスト版を用いた載荷試験を行い、その力学的特性を明らかとした。この載荷試験の結果より、薄層RCプレキャスト版の耐荷力を確認した。この結果を受けて、重交通の工場ヤード舗装にこの舗装を施工し、その供用性能を検証した。

Key Words : concrete pavement, precast pavement, overlay

1. はじめに

プレキャストコンクリート舗装は、予め工場等で作製しておいたコンクリート版を施工箇所まで運搬して舗設する工法である。この工法では、コンクリートの製造、養生等が十分な管理の下で行えることから、安定した品質・強度を有するコンクリート版を一度に多数供給できる。またその舗設にあたっては、特殊施工機械が必要がない。さらに舗設時間が比較的短く、舗設直後の交通開放が可能であること等が大きな長所となっている。

都市内道路のアスファルト舗装区間では、わだち掘れなどによる舗装破損が多く発生しており、これらの維持修繕が今後増大すると予想される。都市内道路では工事期間の短縮や交通確保が問題となるが、施工の省力化・効率化の観点からプレキャスト舗装は有効であると考えられる。また耐久性の高いコンクリートを用いることによって、維持修繕頻度および費用の低減をはかることができる。

この様にプレキャストコンクリート舗装は大きな利点を有してはいるが、一方で、舗設時のコンクリート版の運搬・設置の面から考えると、その重量および寸法には制約がある。通常の無筋コンクリートによってプレキャスト版を作製する場合、十分な耐

荷力を得るためには版厚を減少させることが難しく、必然的に版の寸法を小さくせざるを得ない。しかし、版の寸法を小さくした場合には目地が増加することとなり、施工の面から見れば手間が多くなり、また施工後の乗り心地の面からも好ましくない。従って版厚を薄くし、版の大きさのある程度確保することが望ましい。そこで本研究では、100mmの薄層コンクリート版の検討を行うこととした。

無筋コンクリート版の版厚を100mmとした場合には、十分な耐荷力を得るためにはコンクリートの曲げ強度として $10\text{N}/\text{mm}^2$ 以上が要求される。筆者らはこの様な高曲げ強度コンクリートに関する検討¹⁾を行ったが、安定して高曲げ強度を得ることはかなり困難であることがわかった。そこで本研究では薄層の鉄筋コンクリート版を用いることとし、その耐荷力の検討および、実物大のRCプレキャストコンクリート版による試験舗装を実施した。

2. RCプレキャスト版の設計

本研究では前述の通り、RCプレキャスト版の版厚を100mmとすることとした。以下でこのRCプレキャスト版の設計を行ってみた。

(1)RCプレキャスト版

計算対象としたRCプレキャスト版は、長さ5m、幅1.75m、版厚100mmである。プレキャスト版は特殊ジョイントで接合され、目地における荷重伝達効果は考慮しない。鉄筋としてはSD345の異形鉄筋D13を用い、コンクリート版底面から30mmの位置に100mm間隔に配筋することとした。

(2)RCプレキャスト版の発生応力

設計条件は以下に示すとおりである。

コンクリート版厚：100mm

コンクリート圧縮強度：25N/mm²

コンクリートの弾性係数：25kN/mm²

コンクリートのポアソン比：0.2

コンクリートの温度膨張係数：0.00001

路盤支持力係数 K_{75} ：0.15N/mm³

タイヤの接地圧：0.63N/mm²

計算位置：縦自由縁部

交通量としてはD交通対応を考慮し、セメントコンクリート舗装要綱²⁾付録に示される輪荷重分布を用いた。輪荷重分布および温度頻度は表-1に示すとおりである。

以上の条件より、コンクリート標準示方書「舗装編」³⁾に示される手順に従って、コンクリート版に発生する曲げ応力を算定した。その結果、このコンクリート版に発生する最大輪荷重および最大温度応力はそれぞれ

$$\sigma_{e\max} = 8.034\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{t\max} = 1.060\text{N/mm}^2$$

となり、コンクリート版に作用する最大合成曲げ応力は、

$$\sigma_{\max} = 9.094\text{N/mm}^2$$

となった。

(3)限界状態に対する照査

最初に、このRCプレキャスト版の終局限界状態に

表-1 輪荷重分および温度頻度

輪荷重分布		温度分布	
輪荷重 (kN)	頻度	温度差	頻度
10	14007	17	0
20	1670	15	0
30	922	13	0.004
40	348	11	0.02
50	191	9	0.05
60	139	7	0.1
70	70	5	0.135
80	35	3	0.19
90	17	1	0.5
100	3	-1	0.65
110	0	-3	0.35
120	0	-5	0

対する照査を行う。ここでは、版厚および鉄筋間隔がそれぞれ100mmであることから、RC版を100×100mmの断面を持つ梁に置き換えて考える。前項で求められた最大合成曲げ応力より、この梁に作用する最大曲げモーメントは、

$$M_{\max} = 1.516\text{kN}\cdot\text{m}$$

となるコンクリートの材料係数を、1.3としている。

一方、与えられたコンクリート断面および鉄筋条件からこのRC梁の鉄筋比および釣り合い鉄筋比を求めるとそれぞれ、

$$p = 0.0199$$

$$p_b = 0.0329$$

となり、曲げ引張破壊を生じることがわかる。

次に終局破壊モーメントを求めると、

$$M_{ud} = 2.314\text{kN}\cdot\text{m}$$

となる。従って終局限界状態に対する照査を満足することとなる。

次にひび割れ幅に対する照査を行う。ひび割れ幅の限界状態に対しては、ひび割れ間隔と鉄筋最大応力より求められるひび割れ幅と、許容ひび割れ幅との比較により照査する。ここで許容ひび割れ幅は、一般の使用状態に対して0.15mmとされている³⁾。一方、最大モーメントより求められたひび割れ幅は、0.144mmとなり満足される。

最後に疲労限界状態に対する照査を行った。ここでは設計寿命を20年とし、コンクリートの圧縮疲労および鉄筋の引張疲労に対する照査を行った。その結果コンクリートおよび鉄筋それぞれの疲労値は、

$$FD_c = 0.0002$$

$$FD_s = 0.0152$$

となり、疲労破壊を生じないこととなった。なおコンクリート標準示方書³⁾によれば、疲労荷重を検討する場合、永久荷重もしくは自重による荷重を最小荷重として考慮することとなっているが、舗装版の場合には弾性支承上にあるためこれらを見捨てる。最小荷重は0であるとして計算している。

以上のように、ここで仮定したRCプレキャスト版はD交通相当の交通量に対して、設計寿命20年で破壊しない結果となった。

3・実物大RCプレキャスト版による載荷試験

本研究では、版厚100mmの薄層プレキャストコンクリート舗装版を実際に作製し、実物大載荷試験を行った。プレキャスト版の作製は大成ロテック株式会社(以下大成ロテック)技術研究所で行い、同研究所構内に舗設して載荷試験を行った。

表-2 配合表

A配合				単位量 (kg/m ³)									
水結合 材比 (%)	細骨 材率 (%)	鋼繊維 (%)	膨張材 (kg)	水	セメント	細骨材	粗骨材		G	鋼繊維膨張材		混和剤	
				W	C	S	20-13	13-5	SF	F	減水剤	AE剤	
27.5	38.0	—	—	160	582	606	415	620	—	—	10.6	0.175	

B配合				単位量 (kg/m ³)									
水結合 材比 (%)	細骨 材率 (%)	鋼繊維 (%)	膨張材 (kg)	水	セメント	細骨材	粗骨材		G	鋼繊維膨張材		混和剤	
				W	C	S	20-13	13-5	SF	F	減水剤	AE剤	
27.5	38.0	—	70	160	512	606	415	620	—	70	10.6	0.175	

C配合				単位量 (kg/m ³)									
水結合 材比 (%)	細骨 材率 (%)	鋼繊維 (%)	膨張材 (kg)	水	セメント	細骨材	粗骨材		G	鋼繊維膨張材		混和剤	
				W	C	S	20-13	13-5	SF	F	減水剤	AE剤	
32.5	55.0	1.0	—	175	538	860	296	442	80	—	13.5	0.081	

(1)コンクリートの配合

プレキャスト版の作製にあたっては、コンクリートの高曲げ強度化も合わせて検討したため、以下の3種類のコンクリートを用いることとした。

A配合：高性能AE減水剤を用いてW/Cを低減したコンクリート

B配合：高性能AE減水剤＋膨張材を用いてケミカルプレストレストを導入したコンクリート

C配合：高性能AE減水剤＋鋼繊維を用いたコンクリート

表-2に配合表を示す。

これらの配合によるコンクリートの曲げ強度は、供試体による材齢28日室内試験の結果、A配合が6.38N/mm²、B配合が8.59N/mm²、C配合が14.33N/mm²となった。この結果、鋼繊維補強コンクリートが最も高い曲げ強度を示しているが、供試体間のばらつきも最も大きな結果を示し、安定した曲げ強度を得ることが難しいことがわかった。また材齢90日の曲げ強度で比較すると、最も高い曲げ強度を示したのは、膨張材を用いたコンクリートであった。

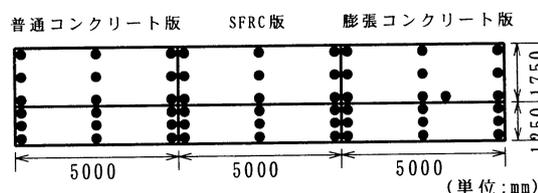


図-1 プレキャスト版配置並びに荷重位置(黒丸)

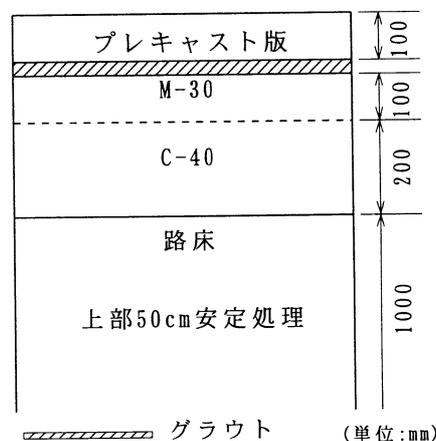


図-2 舗装断面

(2)舗装構造

荷重試験では上記3種類のコンクリートにより、2種類の大きさの版を作製し、図-1の様に配置した。荷重位置は、自由縁部、目地縁部、隅角部、中央部とし、荷重とひずみ、たわみの関係を測定した。

図-2に舗装断面を示す。プレキャストコンクリート版舗設位置における路盤支持力係数(k₃₀)を実測した結果(15点)、その平均値は0.337N/mm³であった。またそれぞれの配合によるコンクリートの荷重時における供試体曲げ強度は、A、B、C配合それぞれ6.86N/mm²、13.54N/mm²(鉄筋入り供試体による)、

12.09N/mm²となった。

(3)荷重試験結果

図-3に示すのは、膨張コンクリート版横自由縁部に荷重した場合のコンクリート版表面の荷重-ひずみ関係である。この図によれば、荷重点から版中央方向に離れたコンクリート版表面に引張応力が作用していることがわかる。荷重点から900mmの位置のひずみ変化によれば、約80kNでコンクリート版表面にひびわれが発生したことが推察される。これよりコ

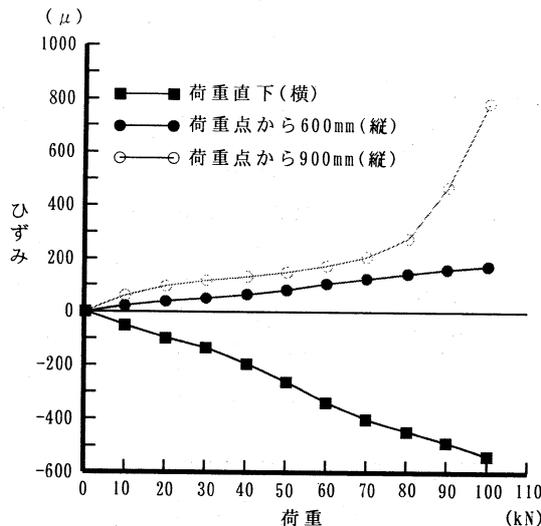
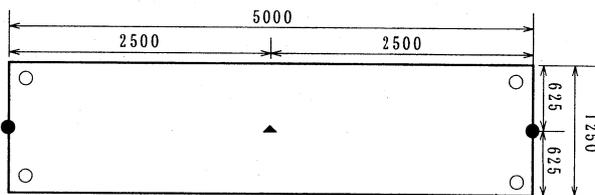


図-3 荷重-ひずみ関係

コンクリートの引張強度を推定すると約 $8.83\text{N}/\text{mm}^2$ となり、供試体強度を若干下回っていた。以上のように、このような薄層コンクリート版では、ひび割れが版下面ばかりでなく、載荷点から離れた版上面にも発生する可能性があることがわかった。

本試験では、上記プレキャスト版とは別に 5×1.2 5mのプレキャスト版を作製し、温度変化および湿度変化に伴う長さ変化量およびそり変形量の測定も行った⁴⁾。図-4に測定用プレキャスト版寸法、温度および変位測定位置を示す。測定は作製後約6カ月を経過したプレキャスト版によって行い、14日間の散水の後乾燥させた。

長さ方向の変位の測定結果によると、散水期間においては膨張し、乾燥期間では収縮を示した。この変位を温度変化によるものと乾燥収縮によるものとに分離したところ、温度変化に伴う版長方向の変位は、乾燥期間においても若干の膨張を示していたが、乾燥収縮に伴う収縮が大きく生じていることがわかった。乾燥期間における版長変化は、温度変化によると推定されるものが乾燥開始後約1カ月で 0.6mm 程度の膨張を示したのに対して、乾燥収縮のみによると推定されるものは約 0.7mm の収縮を示しており、



▲ 熱電対 ● 軸方向変位測定位置 ○ そり変位測定位置

図-4 変位測定用プレキャスト版

全体として 0.1mm 程度の収縮となった。

一方そり変位量によると乾燥1カ月で、最大約 1.5mm 下に凸となる変形を示した。この期間の版内の温度差はほぼ $2 \sim 8^\circ\text{C}$ の範囲にあり、温度変化によるそり変形はわずかであり、そり変形のほとんどが乾燥収縮によって生じていることがわかる。

その結果このような薄層コンクリート版の場合、コンクリート版内の温度変化ばかりでなく、コンクリートの乾燥収縮がコンクリート版の長さ変化およびそり変形に大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。

4・RCプレキャスト版の供用試験

実物大RCプレキャスト版の載荷試験により得られた結果を基に、実際の交通荷重による供用試験を行うこととした。舗設箇所は大成ロテック浦和合材工場内のアスファルト舗装区間とし、1995年9月に施工した。本工場では合材および材料搬入・搬出のためのダンプトラックが、一日約1000台通行しており、かなりの重交通箇所となっている。

(1)RCプレキャスト版

実物大載荷試験の結果、載荷点から離れたRC版上面にも引張応力が発生することがわかったので、供用試験にあたってはこの点を考慮し、配筋を変えることとした。すなわち実物大載荷試験用プレキャスト版では、鉄筋としてD13をコンクリート断面中央に配置していたが、供用試験においては複鉄筋構造とし、コンクリート版上面の引張応力に対しても対処することとした。図-5にプレキャスト版の配筋の一例を示す。

供用試験に用いたプレキャスト版は、図-5に示した複鉄筋の配筋に表-2に示される配合のうちA配合およびB配合のコンクリートを用いて作製した2種類と、比較のために単鉄筋の配筋にB配合のコンクリートで作製したものを加えた3種類とした。またプレキャスト版の寸法は図-1に示される2種類としたため、合計6種類のプレキャスト版を作製し、舗設した。プレキャスト版の作製は大成ロテック技術研究所で行い、養生後10tトラックにて運搬した。

(2)プレキャスト版設置

設置箇所は、排水経路およびグラウト厚を考慮し、既設路面の縦横断勾配を測量した上で決定した。プレキャスト版の設置は、20tクレーンを用いて行った。なお設置にあたっては、施工後の平坦性を確保するために、各プレキャスト版の高さ調整を行った。

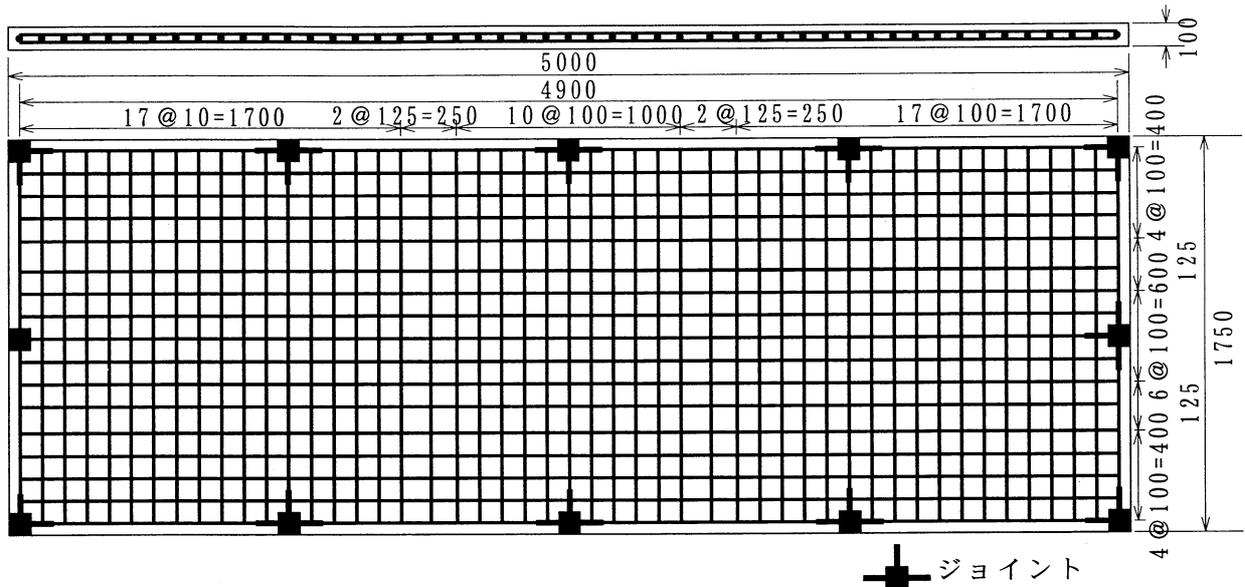
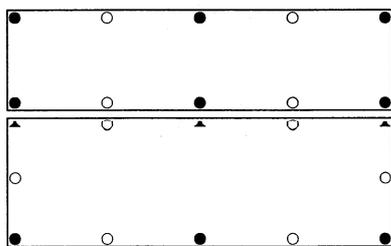


図-5 RCプレキャスト版の配筋



- グラウト注入孔
- 高さ調整ボルト穴
- ▲ 高さ調整ボルト穴兼グラウト注入孔

図-6 高さ調整ボルト穴およびグラウト注入孔位置

これは、図-6に示す高さ調整ボルト穴にセットされたボルトを調整することにより、プレキャスト版接合地後行った。

プレキャスト版の連結は、専用のジョイントを用いて行った。ジョイントはコンクリート版作製時に、図-5に示す位置に予め埋設されている。これにボルトをセットし、高さ調整後、専用工具により締め付けた。なおプレキャスト版連結位置は、実物大載荷試験および変位量測定結果を考慮して決定した。

(3) グラウト注入

高さ調整およびジョイント締め付け後、プレキャスト版にグラウトの注入を行った。グラウトは施工場所においてグラウトミキサによって混合し、専用注入機を用いて図-6に示すグラウト注入孔より注入した。注入は勾配の低い箇所から順に行った。グラウト厚は15mmを目標としたが、既設舗装の不陸により平均18mm程度となった。

なお高さ調整ボルトは、グラウト硬化後取り去り、ジョイントに充填モルタルを打設した。

(4) 供用状況

写真-1に供用現況を示す。RCプレキャスト版は施工後約1年を経過しているが、荷重に伴うひび割れは発生しておらず、良好な供用状態を保持している。縦目地、横目地部においても段差の発生は見られず、目地部の角欠け等も発生していない。しかしながら写真にも見られるように、ジョイント部において充填モルタルにひび割れが発生しており、このひび割れ部から充填モルタルの剥離が一部発生している。このジョイント部の充填に関しては、今後の検討課題であると考えられる。

5・結論

本研究では、薄層RCプレキャスト版によるオーバーレイ工法に関して検討を行った。得られた主な結果をまとめると以下の通りである。

- (1) 版厚100mmのRC版に関して応力解析を行ったところ、D交通相当の交通量に対して破壊を生じないこと、またひび割れ幅も許容値以下であることが確かめられた。
- (2) RCプレキャスト版の実物大載荷試験を実施し、荷重応答特性、ひび割れの発生状況に関して検討した。その結果、載荷点から離れた版上面に引張応力が発生し、これにより版上面からのひび割れが発生する可能性があることがわかった。したがってRCプレキャスト版の配筋は、複鉄筋

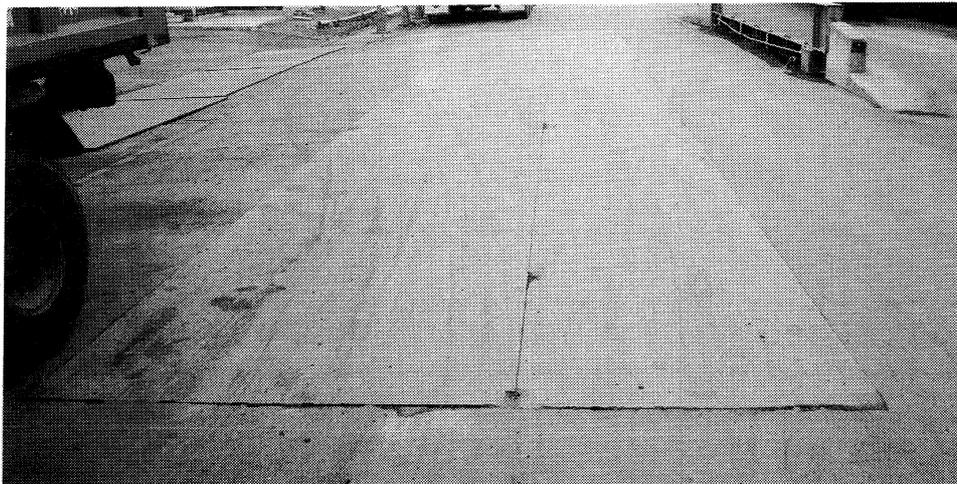


写真-1 RCプレキャスト版の供用状況

とすることが望ましいことがわかった。

(3)RCプレキャスト版を重交通区間に舗設し、その供用状況を検討した。供用1年後においてもひび割れ、目地部段差は生じておらず、良好な供用成績を示していることが明らかとなった。

(4)以上より、薄層RCプレキャスト版によるオーバーレイ工法は、十分な供用性を期待できることが判明した。

参考文献

- 1) 小梁川雅, 西澤辰男, 福田萬大: 薄層プレキャスト舗装に関する基礎的研究, 第21回日本道路会議論文集, pp.1995
- 2) セメントコンクリート舗装要綱, 日本道路協会, 1984
- 3) コンクリート標準示方書「舗装編」, 土木学会, 1996
- 4) 越川喜孝, 伊藤文隆, 吉野康啓, 福田萬大: 薄層プレキャストコンクリート舗装版の変形に関する実験, 土木学会第51回年次学術講演会講演概要集V, pp.58-59, 1996

A STUDY ON THE OVERLAY METHOD BY THIN PRECAST REINFORCED CONCRETE SLAB

Masashi KOYANAGAWA, Takatomo FUKUDA, Tatsuo NISHIZAWA

The thin reinforced concrete precast slab overlay method is the new effective rehabilitation method for asphalt concrete pavements. In this method, the small thin RC slabs are made at a yard, and then they are carried and set on the asphalt concrete pavement. But the mechanistic properties of thin RC slabs are not clear enough. In this study, we investigate the mechanistic properties of slabs by the loading test of the real size slabs. From the results of the test, the RC slab have a enough ability for heavy loads. Then we constructed this thin RC precasted pavement for the heavy traffic road and examined the serveciability of this pavement.