

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3703732号

(P3703732)

(45) 発行日 平成17年10月5日(2005.10.5)

(24) 登録日 平成17年7月29日(2005.7.29)

(51) Int. Cl.⁷

F I

E O 1 C 9/00
 E O 1 C 7/08
 E O 1 C 7/26
 H O 5 K 9/00

E O 1 C 9/00
 E O 1 C 7/08
 E O 1 C 7/26
 H O 5 K 9/00

M

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2001-120110 (P2001-120110)	(73) 特許権者	000003621
(22) 出願日	平成13年4月18日(2001.4.18)		株式会社竹中工務店
(65) 公開番号	特開2002-21013 (P2002-21013A)		大阪府大阪市中央区本町4丁目1番13号
(43) 公開日	平成14年1月23日(2002.1.23)	(73) 特許権者	592182698
審査請求日	平成14年6月6日(2002.6.6)		株式会社竹中道路
(31) 優先権主張番号	特願2000-132524 (P2000-132524)		東京都中央区銀座八丁目2番1号
(32) 優先日	平成12年5月1日(2000.5.1)	(73) 特許権者	000150110
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		株式会社竹中土木
			東京都江東区新砂一丁目1番1号
		(73) 特許権者	591135082
			日本道路公団
			東京都千代田区霞が関3丁目3番2号
		(74) 代理人	100079049
			弁理士 中島 淳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 舗装構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

骨材、バインダと共に導電性材料及び磁性材料の少なくとも一方を混合して構成され、表面側から入射した所定周波数の電磁波の少なくとも一部を吸収可能とされた電磁波吸収層と、

前記電磁波吸収層の裏面へ面するように設けられ、該電磁波吸収層を透過した電磁波を反射する電磁波反射層と、を有する舗装構造において、

前記電磁波吸収層の空隙率を、前記電磁波吸収層の表面側から裏面側へ向かって段階的又は連続的に減少させたことを特徴とする舗装構造。

【請求項2】

前記電磁波吸収層は、その厚さ方向と直交する面に沿った平均的な誘電率が表面側から裏面側へ向かって増大することを特徴とする請求項1記載の舗装構造。

【請求項3】

前記電磁波吸収層中の導電性材料及び磁性材料の混合比率を、前記電磁波吸収層の表面側から裏面側へ向かって段階的又は連続的に増加させたことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の舗装構造。

【請求項4】

前記電磁波吸収層の表面を覆うように設けられ、電磁波が透過可能とされた表面保護層を有することを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の舗装構造。

【発明の詳細な説明】

10

20

【 0 0 0 1 】

【 発明の属する技術分野 】

本発明は、道路、駐車場等の施設における舗装面を構成する舗装構造に係り、特にマイクロ波等の電磁波を利用して車両等との間で交信を行う施設に適した舗装構造に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【 従来技術 】

次世代の道路交通システムであるインテリジェント道路交通システム（ITS）の一環として、有料道路の自動料金徴収システム（ETC）や、道路上を走行する自動車の走行支援道路システム（AHS）の開発が進んでいる。

10

【 0 0 0 3 】

この自動料金徴収システムは、高速道路等の有料道路の料金所でも自動車の走行を停止させずに自動車に搭載された通信装置と料金所に配置された通信装置との間で電磁波を利用して交信し、有料道路の利用者に対して通行料金を課金、徴収するためのデータ処理を行うものである。自動料金徴収システムでは、料金所手前に配置されたレーダ等の検出手段によって道路上を走行してきた自動車が検出されると、料金所側の通信装置から走行中の自動車側へ課金処理を開始するための起動信号を送信する。これにより、自動車側に搭載された通信装置は自動車の通行料金を算出するために必要な各種の情報（入口料金所、車種、契約内容、支払口座等）を料金所側の通信装置へ送信する。料金所側の自動料金収受装置は、通信装置を介して自動車側から送られてきた情報に基づいて通行料金を算出し、有料道路の利用者に対して通行料を課金、徴収するための処理を実行する。このとき、必要に応じて、自動料金収受装置は通信装置を介して通行料金に関する情報を自動車側へ送信する。

20

【 0 0 0 4 】

また走行支援道路システムでは、例えば、道路における自動車の走行経路に沿って所定の間隔毎にビーコンを埋設し、この道路上を走行する自動車に搭載された走行支援装置のレーダ部がビーコンからの電磁波信号を検出する。これにより、自動車に搭載された走行支援装置は、ビーコンからの電磁波信号に基づいて適正な走行ラインを算出し、この走行ラインに沿って自動車を走行させるための処理を行う。この走行支援装置による処理としては、例えば、走行レーンからの逸脱の可能性等をドライバに警告することや、適正な走行ラインに沿って自動車が走行するように自動操舵することが考えられている。

30

【 0 0 0 5 】

上記したような自動車の自動料金徴収システムや走行支援道路システムでは、料金所や自動車専用道路等の施設（インフラストラクチャー）と走行中の自動車とが比較的高い周波数の電磁波（例えば、1GHz以上のマイクロ波）を利用して情報を通信したり、道路上における自動車の位置を測定する。

【 0 0 0 6 】

【 発明が解決しようとする課題 】

しかし、従来の料金所や道路等の舗装面では、通常、電磁障害に対する対策が何ら採られていないことから、施設側の通信装置等の電磁波発生源から自動車へ向けて出射された電磁波の一部が道路の舗装面により反射し、この反射電磁波により様々な電磁障害が発生するおそれがある。具体的には、例えば、料金所側の通信装置側と自動車側の通信装置との交信が正常に行えなくなったり、自動車の走行支援装置がビーコンからの電磁波信号を正常に検出できなくなるなどの電磁障害が発生するおそれがある。

40

【 0 0 0 7 】

本発明の目的は、上記事実を考慮して、舗装面へ入射した電磁波を効率的に吸収し、舗装面からの反射電磁波による電磁障害を防止できる舗装構造を提供することにある。

【 0 0 0 8 】

【 課題を解決するための手段 】

本発明の舗装構造は、骨材、バインダと共に導電性材料及び磁性材料の少なくとも一方

50

を混合して構成され、表面側から入射した所定周波数の電磁波の少なくとも一部を吸収可能とされた電磁波吸収層と、前記電磁波吸収層の裏面へ面するように設けられ、該電磁波吸収層を透過した電磁波を反射する電磁波反射層と、を有し、電磁波吸収層の空隙率を、電磁波吸収層の表面側から裏面側へ向かって段階的又は連続的に減少させて構成する。

【0009】

上記構成の舗装構造によれば、電磁波発生源から放射する所定周波数の電磁波が舗装構造の外表面である舗装面へ入射すると、この電磁波の少なくとも一部が電磁波吸収層内を伝搬されるに従って、電磁波吸収層内に混合された導電性材料又は磁性材料により吸収されるが、全ての電磁波が電磁波吸収層により吸収されなかった場合には、この吸収されなかった残りの電磁波は電磁波吸収層を透過して電磁波反射層へ入射し、電磁波反射層により反射されて電磁波吸収層内へ再び入射する。これにより、電磁波が電磁波吸収層内の導電性材料又は磁性材料により再び吸収されて減少する。これによっても、全ての電磁波が吸収されないときには、残りの電磁波は電磁波吸収層の表面から外部へ放射する。

10

【0010】

このとき、電磁波吸収層の表面から電磁波反射層までの厚さを入射する電磁波の周波数に対して所定の関係としておけば、電磁波反射層により反射された後に電磁波吸収層内から放射される電磁波（放射波）の位相を、電磁波吸収層内へ入射する電磁波（入射波）及び電磁波吸収層の表面により直接的に反射される電磁波（直接反射波）の位相に対して逆位相の関係とすることができる。従って、放射波と入射波及び直接反射波とを合成して相互に打ち消すことができるので、この電磁波の合成作用によっても舗装面からの反射電磁波を減少させることが可能となる。

20

【0011】

これと共に、本発明の舗装構造では、電磁波吸収層の空隙率を、この電磁波吸収層の表面側から裏面側へ向かって段階的又は連続的に減少させるよう構成したので、電磁波吸収層の面方向に沿った平均的な誘電率を表面側から裏面側へ向かって増大させることができる。さらに、電磁波吸収層を、その厚さ方向に直交する面に沿った平均的な誘電率が表面側から裏面側へ向かって増大するようにすれば、電磁波吸収層の表面により直接的に電磁波が反射されることを効果的に抑制できるので、電磁波吸収層の表面により直接反射される電磁波（直接反射波）を減少させ、電磁波吸収層内へ入射する電磁波の比率を増加できる。この結果、電磁波吸収層内の導電性材料又は磁性材料により電磁波を効率的に吸収させることができるので、舗装面からの反射電磁波を更に効率的に減少できるようになる。

30

【0012】

また、電磁波吸収層中の導電性材料及び磁性材料の混合比率を、電磁波吸収層の表面側から裏面側へ向かって段階的又は連続的に増加させれば、電磁波吸収層の面方向に沿った平均的な誘電率を表面側から裏面側へ向かって増大させることができ、さらに電磁波吸収層の表面付近での電磁波反射を抑制して電磁波吸収層内で効率的に電磁波を吸収できるようになる。

【0013】

また、本発明の舗装構造において、電磁波が透過可能とされた表面保護層を電磁波吸収層の表面を覆うように設ければ、タイヤ等との接触時の磨耗、剥離等により電磁波吸収層が経時的に損耗することを防止できると共に、電磁波吸収層に経時的に圧縮変形等の変形が生じることも防止できる。この結果、電磁波吸収層の厚さが経時的に減少して、電磁波吸収層による電磁波の吸収能力の低下を防止でき、さらに電磁波吸収層の表面から電磁波反射層までの厚さが経時的に変化し、放射波と入射波及び直接反射波との合成による反射電磁波に対する抑制能力の低下も防止できる。

40

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態に係る舗装構造について図面を参照して説明する。

【0015】

（発明の概要）

50

図 1 には本発明の実施形態に係る舗装構造が適用される施設（インフラストラクチャー）の一例として有料道路の自動料金徴収所 10 が示されている。この自動料金徴収所 10 には、そのエリア内における各走行レーン 12 の中央付近を横断するようにトールゲート 14 が設置されており、このトールゲート 14 には、複数本（図 1 では 4 本）の走行レーン 12 にそれぞれ対応する複数個の自動料金收受装置 16 が配置されている。

【0016】

自動料金收受装置 16 は、レーダや赤外線遮断検出手段等の車両検出装置及び無線通信装置を内蔵している。レーダを例に説明すると、このレーダは走行レーン 12 におけるトールゲート 14 に対して手前側の所定の検出領域へ車両検出用の電磁波（送信波）を放射し、車両検出領域内へ走行してきた車両 18 により反射された電磁波（反射波）を検出する。これにより、自動料金收受装置 16 は、トールゲート 14 に近づいてくる車両の存在を検知すると共に、この車両 18 の走行レーン 12 上における位置を判断する。

10

【0017】

料金自動徴収装置 16 は、レーダにより検知された車両 18 が走行レーン 12 上における検出領域の下流側に設定された通信領域に達したことを判断すると、その無線通信装置から通信用の電磁波信号を通信領域内の車両 18 へ向かって出射する。このとき、通信用の電磁波信号としては 1 GHz 以上（例えば、5 . 8 GHz 帯）のマイクロ波が利用される。

【0018】

一方、車両 18 には、無線通信装置を内蔵した自動料金支払装置（図示省略）が搭載されており、この自動料金支払装置は、その無線通信装置が自動料金收受装置 16 からの電磁波信号を受信すると、車両 18 の通行料金の算出及び徴収に必要な情報（入口料金所、車種、契約内容、支払口座等）を自動料金收受装置 16 へ電磁波信号を利用して送信する。この車両 18 側からの電磁波信号を受けた自動料金收受装置 16 は、有料道路上での車両 18 の走行距離等に基づき通行料金を算出すると共に、この通行料金を有料道路の利用者から徴収するための処理を実行する。

20

【0019】

上記した自動料金徴収所 10 のエリア内では、自動料金收受装置 16 の無線通信装置からの送信波が出射される走行レーン 12 上の通信領域及びレーダからの車両検出用の電磁波が出射される走行レーン 12 上の検出領域における電磁波反射を可能な限り抑制することが望ましい。

30

【0020】

すなわち、通信領域及び検出領域内の舗装面による電磁波反射率が大きいと、各種の電磁障害が生じる。具体的には、例えば、通信領域内の舗装面による電磁波反射率が大きいと、自動料金收受装置 16 からの電磁波信号が舗装面により反射され、これが目標とする車両 18 以外の車両（例えば、後続の車両）へ入射してしまい、自動料金收受装置 16 と目標とする車両 18 との間での正常な無線通信ができなくなったり、また検出領域内の舗装面による電磁波反射率が大きいと、レーダからの送信波が舗装面により反射され、これが目標とする車両 18 以外の車両に放射してしまい、この車両からの反射波がノイズとしてレーダに入射して車両の位置検出精度が低下するなどの電磁障害現象が生じる。

40

【0021】

自動料金徴収所 10 では、上記のような電磁障害を防止するため、少なくとも通信領域及び検出領域内の走行レーン 12 の舗装構造として本発明の実施形態に係る舗装構造が採用され、これにより、走行レーン 12 の舗装面からの反射電磁波による電磁障害を抑制している。

【0022】

（第 1 の実施形態）

図 2 には本発明の第 1 の実施形態に係る舗装構造が示されている。この舗装構造 20 では、砂利、砂等が突き固められた路盤（図示省略）上加熱アスファルト混合物等からなる基層 22 が設けられると共に、この基層 22 の上部層として表層 24 が設けられている。

50

この表層 2 4 は厚さ方向に沿って機能がそれぞれ異なる複数の層からなる多層構造とされ、基層 2 2 側から舗装面 3 1 へ向かって電磁波反射層 2 6、電磁波吸収層 2 8 及び表面保護層 3 0 が順に積層されている。

【 0 0 2 3 】

図 1 に示される走行レーン 1 2 の舗装面 3 1 を構成する表面保護層 3 0 は、通常のアスファルト舗装の場合と同様に、骨材及びアスファルトが混合されて構成され、その下部層である電磁波吸収層 2 8 の表面 2 9 を覆っている。ここで、表面保護層 3 0 は、舗装面 3 1 から電磁波吸収層 2 8 までの電磁波透過を容易にするため、その強度を損なわないことを限度に、空隙率が高くなるような骨材配合とすることが好ましい。但し、表面保護層 3 0 内への電磁波透過性は、主として表面保護層 3 0 の舗装面 3 1 付近における誘電率の影響が大きい。このため、表面保護層 3 0 は、舗装面 3 1 側の誘電率を十分小さくし、舗装面 3 1 から裏面側へ向かって誘電率が増加するように構成しても、電磁波反射を減少して電磁波吸収層 2 8 へ電磁波を効率的に透過させることができる。

10

【 0 0 2 4 】

表層 2 4 の電磁波吸収層 2 8 は、砂、砂利等からなる骨材及びバインダとしてのアスファルトと共に、導電性材料としての炭素繊維 3 2 を加熱混合した舗装材料により構成されている。このとき、電磁波吸収層 2 8 内へ入射する電磁波（電磁波）の周波数に対応する所定長さ炭素繊維 3 2 をアスファルト混合物へ混合することにより、電磁波吸収層 2 8 内へ入射した電磁波（電磁波）を炭素繊維 3 2 により散乱し、この散乱した電磁波を電磁波吸収層 2 8 内で共振させることが可能になる。これにより、電磁波吸収層 2 8 内へ入射した電磁波を熱エネルギーに効率良く変換して減衰できる。

20

【 0 0 2 5 】

ここで、電磁波吸収層 2 8 内に混合された炭素繊維 3 2 の長さ（ $= L$ ）の最小値及び最大値は、次の 1 ~ 3 ような基準により設定される。

【 0 0 2 6 】

1 電磁波吸収層 2 8 内の炭素繊維 3 2 へ電磁波が入射したときの抵抗損失を期待するためには、吸収対象となる電磁波の波長（空气中）に対して抵抗損失体としての炭素繊維 3 2 の長さ L は、 $L = n / 2$ （ n は自然数）となることが好ましい。

【 0 0 2 7 】

2 電磁波は、通過する物質、媒質、抵抗損失体（この場合は炭素繊維）自体の誘電率等の電気特性による波長短縮効果により、空气中よりも波長が短くなる。この点を考慮して、炭素繊維 3 2 の長さ L の最小値を理論的に計算し、これを実験で確認すると、アスファルト混合物へ混合する炭素繊維 3 2 の長さ L の最小値は、 $L / 10$ とすることで有効な電磁波吸収効果が得られることが判明した。

30

【 0 0 2 8 】

3 一方、電磁波吸収層 2 8 に混合される炭素繊維 3 2 の長さ L の最大値については、次のような点を考慮する必要がある。

【 0 0 2 9 】

炭素繊維 3 2 の長さ L が極端に長いと、炭素繊維 3 2 同志が絡み合ってしまう、電磁波吸収層 2 8 内に均一に分散させることが困難となる。

40

【 0 0 3 0 】

また、表層 2 4 は、通常、一回当たりの施工厚さが 30 ~ 50 mm 程度とされ、1 回乃至複数回の施工を行って設計された厚さとされる。よって、電磁波吸収層 2 8 内へ混合する炭素繊維 3 2 の長さが一回当たり施工厚さよりも長いと、電磁波吸収層 2 8 内で炭素繊維 3 2 が偏在し易くなる。

【 0 0 3 1 】

また、炭素繊維 3 2 は、曲げ方向及び剪断方向の荷重によって破断し易い特性を有している。一方、道路舗装で使用される骨材の最大寸法は 15 mm 以下の場合が多い。このため、骨材の最大寸法に対して極端に長い炭素繊維 3 2 は、ミキシング時に破断し易く、施工後の炭素繊維 3 2 の長さが不安定になる原因となる。

50

【0032】

以上の点を考慮し、炭素繊維32の長さLの最大値は、安定した電磁波吸収性能を得るために50mm以下とすれば良いことが判明した。これにより、おおよそ電磁波吸収特性が5.8GHzにおいて-10~-15dB(現地実験結果)という良好な結果が得られた。

【0033】

次に、電磁波吸収層28内で最も効率良く吸収対象となる波長の電磁波を吸収できる炭素繊維32の長さLの設定方法について説明する。炭素繊維32が最も効率良く波長の電磁波を吸収するのは、炭素繊維32の長さが波長の電磁波に共振する長さとなったときである。

10

【0034】

すなわち、通信、検出又は計測用に用いられる波長の電磁波に対して $n/2$ (nは自然数)という演算式により算出される値を炭素繊維32の長さLとすれば、共振効果により波長の電磁波を効率的に吸収できる。但し、表面保護層30及び電磁波吸収層28内を伝搬する電磁波の波長は、表面保護層30及び電磁波吸収層28の誘電率等の電気特性によって波長が短縮される。さらに電磁波吸収層28内では、電磁波が炭素繊維32へ入射することによってもその誘電率等の電気特性により波長が短縮される。

【0035】

従って、電磁波吸収層28へ混合する炭素繊維32の長さLは、表面保護層30、電磁波吸収層28及び炭素繊維32により短縮された波長に対応させて設定する必要がある。このような炭素繊維32の長さLを設定する場合、例えば、表面保護層30及び電磁波吸収層28を構成するアスファルト混合物の電気特性及び炭素繊維32の電気特性から電磁波吸収層28内での電磁波の波長を予測する。

20

【0036】

次に、予測された電磁波の波長から演算された炭素繊維32の長さ(演算値)に対して段階的に長さを変えた複数種類の炭素繊維32を用意し、これら長さが異なる炭素繊維32がそれぞれ混合された電磁波吸収層28のサンプルを作成する。そして、これらのサンプルへ波長の電磁波を照射して、その吸収特性を測定する。このとき、吸収特性のピーク効果が得られた炭素繊維32の長さを、通信、検出又は計測用に用いられる波長の電磁波に対して共振する炭素繊維32の長さL(目標値)として設定する。このようにして設定されたL又はそれに近似する長さを有する炭素繊維32を電磁波吸収層28へ混合すれば、波長の電磁波を電磁波吸収層28内で効率的に吸収できる。

30

【0037】

次に、電磁波吸収層28内へ混合する炭素繊維32の混合量について説明する。電磁波吸収層28内への炭素繊維32の混入量を増やしていくと、電磁波の反射率が増加して、最終的には電磁波の反射体と見なせるようになる。実験的には、アスファルトと骨材との混合比が5:95(重量比)のアスファルト混合物を用い、このアスファルト混合物に混合する炭素繊維32(長さ5mm)を骨材の0.5%(重量比)より多く混合すると、電磁波吸収層28が電磁波吸収体としてよりも電磁波反射体としての性質を強く示すようになることが判明した。よって、電磁波吸収層28を構成するアスファルト混合物への炭素繊維32の混合比は、骨材の0.5%(重量比)以下とすることが望ましい。

40

【0038】

表層24における下部層である電磁波反射層26は、炭素や金属等の導電性材料により構成されている。この電磁波反射層26は、例えば、炭素繊維、金属繊維等を網状に編んだメッシュ構造体を基層22上に敷いて構成される。この際、メッシュ構造体のメッシュサイズは、吸収対象とする電磁波の波長に対する20分の1以下とすることが好ましい。また電磁波反射層26の構造としては、導電性材料をメッシュ構造体としたもの以外にも、金属薄膜や導電性塗料を基層22の表面に設置して電磁波反射層26としたものや、多量の導電性材料をアスファルト混合物に混合し、このアスファルト混合物により基層22上に電磁波反射層26を構成したものなどが適用可能である。

50

【0039】

次に、電磁波吸収層28へ入射する電磁波の波長に対応して設定される電磁波吸収層28の厚さについて説明する。表層24の厚さについては道路の仕様等により予め規格化されていることから、電磁波吸収層28の厚さTについても表層24の厚さに応じて制限される。このような制限を考慮せずに、電磁波吸収層28の厚さTを電磁波の強度に対して十分厚くできれば、電磁波吸収層28内へ入射した電磁波は、電磁波吸収層28の表面から電磁波反射層26へ達した後、この電磁波反射層26により反射して電磁波吸収層28の表面までの伝搬する間に全て吸収される。

【0040】

しかし、電磁波吸収層28の厚さTを、常に電磁波の強度に対して十分厚くすることは現実的ではなく、電磁波吸収層28の厚さTを十分厚くできない場合にも、電磁波吸収層28へ入射する電磁波を効率的に吸収、除去する必要がある。このためには、電磁波吸収層28の内部から外部へ放射される電磁波（放射波）と電磁波吸収層28へ入射する電磁波（入射波）とを合成し、これらを相互に打ち消すことが有効であり、このような作用を得るための電磁波吸収層28の構成を次に説明する。

10

【0041】

電磁波吸収層28へ入射する入射波 R_1 を、電磁波吸収層28内からの放射波 R_0 と合成して打ち消すためには、放射波 R_0 の位相を入射波 R_1 の位相の逆位相とする必要がある。また電磁波吸収層28の表面により直接的に反射される電磁波（直接反射波 R_R ）は入射波 R_1 と同一位相であるので、この直接反射波 R_R も放射波 R_0 との合成により打ち消される。ここで、放射波 R_0 の位相を入射波 R_1 及び直接反射波 R_R の位相と逆位相とするためには、電磁波吸収層28の厚さTを $T = n / 4$ （但し、 n は入射波 R_1 の波長、 n は自然数）とする必要がある。

20

【0042】

電磁波吸収層28の厚さTを上記のように設定することにより、電磁波吸収層28内へ入射し、電磁波反射層26により反射されて電磁波吸収層28の表面から放射される放射波 R_0 の位相が、入射波 R_1 及び直接反射波 R_R の位相と逆位相となり、放射波 R_0 が電磁波吸収層28の表面付近で入射波 R_1 及び直接反射波 R_R とそれぞれ合成されることにより、入射波 R_1 及び直接反射波 R_R をそれぞれ打ち消すことができる。

【0043】

但し、 $T = n / 4$ という演算式により設定される厚さTは、電磁波吸収層28の誘電率が真空の誘電率 ϵ_0 に近似していると仮定した場合のものであり、本実施形態のように電磁波吸収層28の誘電率が真空の誘電率 ϵ_0 と無視できない程度に異なる場合には、電磁波吸収層28の誘電率に応じた厚さTを補正する必要がある。すなわち、電磁波吸収層28の実測長ではなく、誘電率に応じた変化する電気長 T' を $n / 4$ から算出される値と一致させる必要がある。また、これを換言すれば、電磁波吸収層28の厚さが施工上、制限されてその実測長を $n / 4$ と一致できない場合でも、電磁波吸収層28の誘電率を調整することにより電気長 T' を $n / 4$ と一致させることが可能になる。

30

【0044】

ここで、電磁波吸収層28へ混合する導電性材料の混合率を変化させることにより、電磁波吸収層28の誘電率を調整することが可能になる。従って、炭素繊維32の混合率を変化させても、電磁波吸収層28の誘電率を調整できるが、炭素繊維32については前述したように骨材の0.5%以下とすることが望ましく、その混合率を大きく変化させることができない。一定の大きさ（粒径）を有する金属、炭素等の導電性材料をアスファルト混合物へ混合すると、導電性材料が実質的に骨材として機能することから、電磁波吸収層28の強度等の機械性質が変化するおそれがある。これらの点を考慮し、本実施形態では、所定粒径の骨材の一部又は全部に置換し、この骨材と略同径の粒度を有する炭素粒を置換する骨材と略同量だけ電磁波吸収層28内へ混合し、電磁波吸収層28の誘電率を目標とする値へ調整している。

40

【0045】

50

また以上説明したように、電磁波吸収層 28 の厚さ T 又は T' を $n/4$ から算出される値と一致させることにより、放射波 R_0 と入射波 R_I 及び直接反射波 R_R とを互いに逆位相の関係にできるが、このときの厚さ T 又は T' は入射波 R_I が電磁波吸収層 28 の表面 29 へ垂直に入射すると仮定した場合、すなわち電磁波発生源が無窮遠の位置にあると見なせる場合の値である。すなわち、入射波 R_I の電磁波吸収層 28 への入射角が小さくなる（水平に近づく）に従い、電磁波吸収層 28 の表面から電磁波反射層 26 までの入射波 R_I の伝搬経路は長くなっていく。このため、電磁波発生源が舗装面 31 と比較的近接している場合には、電磁波発生源からの舗装面 31 に沿った距離に応じて電磁波吸収層 28 の厚さを変化させて、電磁波吸収層 28 内における入射波 R_I の伝搬経路を $n/4$ から算出される値と一致させることが望ましい。

10

【0046】

次に、以上説明した第 1 の実施形態に係る舗装構造 20 を図 1 に示される自動料金徴収所 10 へ適用した場合の作用について説明する。図 1 に示される自動料金徴収所 10 では、自動料金收受装置 16 の無線通信装置による通信領域及びレーダによる検出領域内における走行レーン 12 の舗装構造として、それぞれ図 2 に示される舗装構造 20 が採用されている。但し、電磁波発生源としての無線通信装置とレーダとは、それぞれ異なる周波数の電磁波を使用していることから、通信領域と検出領域とは、それぞれ使用される電磁波周波数に応じて電磁波吸収層 28 の厚さが異なっている。また、自動料金徴収所 10 では、電磁波発生源からの舗装面 31 に沿った距離に応じて電磁波吸収層 28 の厚さが調整されている。

20

【0047】

すなわち、自動料金徴収所 10 の通信領域及び検出領域内の走行レーン 12 を舗装構造として舗装構造 20 を採用することにより、自動料金收受装置 16 の電磁波発生源である無線通信装置及びレーダから放射する所定周波数の電磁波が舗装構造 20 の外表面である舗装面 31 へ入射すると、この電磁波の少なくとも一部が電磁波吸収層 28 内を伝搬するに従って、電磁波吸収層 28 内に混合された導電性材料である炭素繊維 32 により熱エネルギーに変換されて吸収される。このとき、全ての電磁波が電磁波吸収層 28 により吸収されなかった場合には、この吸収されなかった残りの電磁波は電磁波吸収層 28 を透過して電磁波反射層 26 へ入射し、電磁波反射層 26 により反射されて電磁波吸収層 28 内へ再び入射する。これにより、電磁波が電磁波吸収層 28 内の炭素繊維 32 により再び吸収されて減衰する。これによっても、全ての電磁波が電磁波吸収層 28 内で吸収されないときには、残りの電磁波は電磁波吸収層 28 の表面 29 から放射される。

30

【0048】

このとき、電磁波吸収層 28 の表面 29 から電磁波反射層 26 までの厚さ（電気長）が $n/4$ から算出される値と一致していることにより、電磁波反射層 26 により反射された後に電磁波吸収層 28 内から放射される電磁波（放射波 R_0 ）の位相を、電磁波吸収層 28 内へ入射する電磁波（入射波 R_I ）及び電磁波吸収層 28 の表面により直接的に反射される電磁波（直接反射波 R_R ）の位相に対して逆位相の関係とすることができる。従って、放射波 R_0 と入射波 R_I 及び直接反射波 R_R とを合成して相互に打ち消すことができるので、この電磁波の合成作用によっても舗装面 31 からの反射電磁波を減衰できる。

40

【0049】

従って、本実施形態に係る舗装構造 20 を自動料金徴収所 10 の通信領域及び検出領域内の走行レーン 12 へ適用することにより、舗装面 31 からの反射電磁波による各種の電磁障害を防止できる。具体的には、例えば、自動料金收受装置 16 からの電磁波信号が舗装面により反射され、これが目標とする車両 18 以外の車両（例えば、後続の車両）へ入射してしまい、自動料金收受装置 16 と目標とする車両 18 との間での正常な無線通信ができなくなったり、またレーダからの送信波が舗装面 31 により反射され、これが目標とする車両 18 以外の車両に放射してしまい、この車両からの反射波がノイズとしてレーダに入射して車両の位置検出精度が低下するなどの電磁障害現象を防止できる。

【0050】

50

なお、本実施形態に係る舗装構造 20 では、電磁波吸収層 28 内に導電性材料として耐久性及び強度に優れ、しかも電磁波周波数に応じた長さ L の調整が容易な炭素繊維 32 を混合しているが、導電性材料としては、十分な電気導電性を有していれば炭素繊維 32 以外も使用可能であり、例えば、カーボン含有繊維、ニードルカーボン、メタルファイバ、導電性繊維等を電磁波吸収層 28 へ混合するようにしてもよい。

【0051】

また炭素繊維 32 は、電磁波吸収層 28 の素材となるアスファルト混合物をミキシングする際に、必ずしも骨材及びアスファルトと同時にミキシングして混合する必要はなく、例えば、予め炭素繊維 32 をアスファルト等のバインダと混合して塊又は粒状としておき、これを骨材及びアスファルトと共にミキシングしてアスファルト混合物としてもよく、また骨材表面にアスファルト等のバインダにより付着させ、この炭素繊維 32 が付着した骨材の一部としてアスファルト混合物を製造するようにしてもよい。

10

【0052】

また電磁波吸収層 28 内には、導電性材料に代えて、又は導電性材料と共に磁性材料を混合し、この磁性材料により電磁波を吸収するようにしてもよい。ここで、電磁波吸収層 28 へ混合する磁性材料としては、フェライト等の強磁性材料が特に適しており、例えば、フェライト粒を、電磁波吸収層 28 を構成するアスファルト混合物の骨材の一部として混合する。さらに本実施形態では、電磁波吸収層 28 を構成する舗装材料のバインダとしてアスファルトを用いたが、このようなバインダとしては、タール等の他の瀝青材料やセメント等を用いることもできる。

20

【0053】

また、本実施形態に係る舗装構造 20 では、電磁波吸収層 28 の表面 29 を覆うように電磁波が透過可能とされた表面保護層 30 が設けられていることにより、車両 18 のタイヤ等との接触時の磨耗、剥離等により電磁波吸収層 28 が経時的に損耗することを防止できると共に、電磁波吸収層 28 に経時的に圧縮変形等の変形が生じることも防止できる。この結果、電磁波吸収層 28 の厚さが経時的に減少して、電磁波吸収層 28 による電磁波の吸収能力の低下を防止でき、さらに電磁波吸収層 28 の表面 29 から電磁波反射層 26 までの厚さが経時的に変化し、放射波 R_0 と入射波 R_1 及び直接反射波 R_R との合成による反射電磁波に対する抑制能力の低下も防止できる。

【0054】

(第2の実施形態)

図3には本発明の第2の実施形態に係る舗装構造が示されている。なお、図3では、図2に基づいて説明した第1の実施形態に係る舗装構造 20 と同一部材については同一符号を付して説明を省略する。この舗装構造 34 では、基層 22 の上部層として表層 35 が設けられている。この表層 35 は、基層 22 側から順に電磁波反射層 26、電磁波吸収層 36 及び表面保護層 30 からなる3層構造とされている。表層 35 における電磁波吸収層 36 は、更に厚さ方向及び面方向に沿ってそれぞれ機能がそれぞれ異なるプレキャスト層 40 及び充填層 42 からなる二層構造とされている。

30

【0055】

電磁波吸収層 28 におけるプレキャスト層 40 は、複数個の略角錐台又は略円錐台のブロック体 44 から構成されており、このブロック体 44 は、図3に示されるように厚さ方向に沿った断面形状が上方へ向かって幅が狭くなるような台形状とされている。ブロック体 44 は、基本的には第1の実施形態の舗装構造 20 における電磁波吸収層 28 と同一材料、すなわち導電性材料及び磁性材料の少なくとも一方が混合されたアスファルト混合物により形成されている。但し、アスファルト混合物へ混合される導電性材料又は磁性材料については、その混合比が電磁波吸収層 36 全体として第1の実施形態の電磁波吸収層 28 と略等しくなるように混合されている。従って、ブロック体 44 単体としては、導電性材料又は磁性材料の混合比が電磁波吸収層 28 より高くなっている。

40

【0056】

ブロック体 44 は、工場に設置された成形装置(図示省略)や施工現場等へ移動可能とさ

50

れた自走式の成形装置（図示省略）により図示の形状に成形され、基層 2 2 上に敷き詰められる。これにより、舗装構造 3 4 には電磁波吸収層 3 6 のプレキャスト層 4 0 が形成される。基層 2 2 上に敷き詰められたブロック体 4 4 の外側面間には、アスファルト混合物が隙間なく充填され、このアスファルト混合物により電磁波吸収層 3 6 の充填層 4 2 が形成される。

【 0 0 5 7 】

ここで、ブロック体 4 4 には導電性材料及び磁性材料の少なくとも一方が混合され、充填層 4 2 には導電性材料及び磁性材料の何れもが混合されていないことから、充填層 4 2 の誘電率はプレキャスト層 4 0 の誘電率に対して十分小さくなっている。この結果、電磁波吸収層 3 6 全体には、その厚さ方向に直交する面に沿った平均的な誘電率が表面 3 7 側から裏面 3 8 側へ向かって連続的に増大するような電磁気的特性が付与される。

10

【 0 0 5 8 】

なお、このときの電磁波吸収層 2 8 の厚さ方向に沿った単位長さ当たりの誘電率の増加量（増加率）は、ブロック体 4 4 の表面 3 7 側から裏面 3 8 側への断面積の増加率を変化させれば調整可能となる。またブロック体 4 4 の形状は、必ずしも円錐台状又は角錐台状である必要はなく、例えば、面方向に沿った断面積がそれぞれ異なる複数の円柱体や角柱体を複数個積み重ねた形状のもの等でも、厚さ方向に直交する面に沿った平均的な誘電率が表面 3 7 側から裏面 3 8 側へ向かって増大できる。但し、この場合には、電磁波吸収層 3 6 における平均的な誘電率は表面 3 7 側から裏面 3 8 側へ向かって段階的に増大することになる。

20

【 0 0 5 9 】

なお、図 3 では充填層 4 2 と表面保護層 3 0 とをそれぞれ異なる層として示しているが、充填層 4 2 と表面保護層 3 0 とを同一材料により一体的に成形するようにしてもよい。また電磁波吸収層 3 6（プレキャスト層 4 0）へ混合する導電性材料としての炭素繊維 3 2 の長さ及び混合比については、第 1 の実施形態の場合と同様の考え方により適正值を求めることができ、また電磁波周波数に応じて設定される電磁波吸収層 2 8 の電気長に基づく厚さ T' についても、第 1 の実施形態の場合と同様の考え方により適正值を求めることができる。

【 0 0 6 0 】

以上説明した第 2 の実施形態に係る舗装構造 3 4 によれば、充填層 4 2 と共に電磁波吸収層 3 6 を構成するプレキャスト層 4 0 に導電性材料及び磁性材料の少なくとも一方が混合され、かつ電磁波吸収層 3 6 が電磁波周波数に応じた厚さ T' とされていることにより、第 1 の実施形態に係る舗装構造 2 0 と同様に、電磁波吸収層 3 6 へ入射した電磁波（入射波 R_i ）を共振効果等により吸収できると共に、放射波 R_o との合成によっても入射波 R_i 及び直接反射波 R_r を減少できるので、舗装面 3 1 からの反射電磁波を効率的に減少できる。

30

【 0 0 6 1 】

さらに第 2 の実施形態に係る舗装構造 3 4 では、電磁波吸収層 3 6 の厚さ方向に直交する面に沿った平均的な誘電率が表面 3 7 側から裏面 3 8 側へ向かって連続的に増大することにより、電磁波吸収層 3 6 の表面 3 7 により直接的に電磁波が反射されることを効果的に抑制できるので、直接反射波 R_r を減少させ、電磁波吸収層 3 6 内へ入射する電磁波を増加できる。この結果、電磁波吸収層 3 6 内の導電性材料又は磁性材料により入射波 R_i を効率的に吸収させることができ、第 1 の実施形態の舗装構造 2 0 と比較して、さらに舗装面 3 1 からの反射電磁波を効率的に減少できるようになる。従って、本実施形態に係る舗装構造 3 4 を自動料金徴収所 1 0 の通信領域及び検出領域内の走行レーン 1 2 へ適用することにより、第 1 の実施形態の舗装構造 2 0 を用いた場合と比較して、舗装面 3 1 からの反射電磁波による各種の電磁障害を更に効果的に防止できる。

40

【 0 0 6 2 】

なお、第 2 の実施形態に係る舗装構造 3 4 では、プレキャスト層 4 0 を構成するブロック体 4 4 の断面積を厚さ方向に沿って変化させ、電磁波吸収層 3 6 の誘電率を連続的に変化

50

させているが、このような構成以外にも、例えば、電磁波吸収層 3 6 の空隙率を表面 3 7 側から裏面 3 8 側へ向かって段階的又は連続的に減少させれば、電磁波吸収層 3 6 の面方向に沿った平均的な誘電率を表面 3 7 側から裏面 3 8 側へ向かって連続的又は段階的に増大させることができる。この場合には、電磁波吸収層 3 6 を構成するアスファルト混合物へ混合する骨材配合を連続的又は段階的に変化させることにより、電磁波吸収層 3 6 の空隙率を表面 3 7 側から裏面 3 8 側へ向かって段階的又は連続的に減少させることが可能になる。また電磁波吸収層 3 6 の空隙率を段階的に変化させる場合には、電磁波吸収層 3 6 をそれぞれ骨材配合を変えた複数種類のアスファルト混合物により段階的に形成するようにしてもよい。また電磁波吸収層 3 6 に混合される導電性材料又は磁性材料の混合比を、表面 3 7 側から裏面 3 8 側へ向かって段階的又は連続的に増加させても、電磁波吸収層 3 6 の面方向に沿った平均的な誘電率を表面 3 7 側から裏面 3 8 側へ向かって連続的又は段階的に増大させることができる。

10

【 0 0 6 3 】

以上の説明では、第 1 及び第 2 の実施形態に係る舗装構造 2 0 , 3 4 を自動料金徴収所 1 0 の走行レーン 1 2 へ適用した場合のみを説明したが、これらの舗装構造 2 0 , 3 4 は、舗装面 3 1 上にて電磁波が使用されるならば、どのような施設の電磁障害を防止するために適用できる。例えば、各種走行支援道路システムや、道路上にある交通情報提供装置、ナビゲーションシステム等を利用する道路の舗装の他、コンクリートをパインダとした防音壁や防護法面、建造物の壁面、トンネル坑内を構成する構造物等へも適用できる。その他、道路以外でも駐車場の自動料金徴収所や、建造物内の車路における走行支援装置の電

20

【 0 0 6 4 】

【 発明の効果 】

以上説明した本発明の舗装構造によれば、舗装面へ入射した電磁波を効率的に吸収し、舗装面からの反射電磁波による各種の電磁障害を防止できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の実施形態に係る舗装構造が適用される施設の一例としての有料道路の料金所の構成を示す斜視図である。

【 図 2 】 本発明の第 1 の実施形態に係る舗装構造の構成を示す断面図である。

【 図 3 】 本発明の第 2 の実施形態に係る舗装構造の構成を示す断面図である。

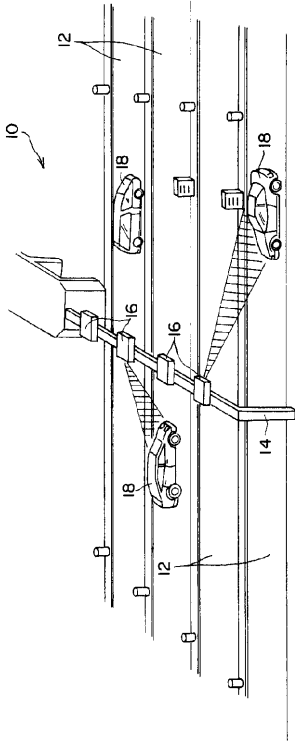
30

【 符号の説明 】

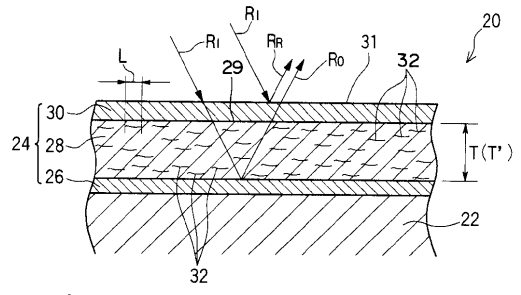
2 0	舗装構造
2 6	電磁波反射層
2 8	電磁波吸収層
3 0	表面保護層
3 1	舗装面
3 2	炭素繊維（導電性材料）
3 4	舗装構造
3 6	電磁波吸収層
4 0	プレキャスト層（電磁波吸収層）
4 2	充填層（電磁波吸収層）
4 4	ブロック体（プレキャスト層）

40

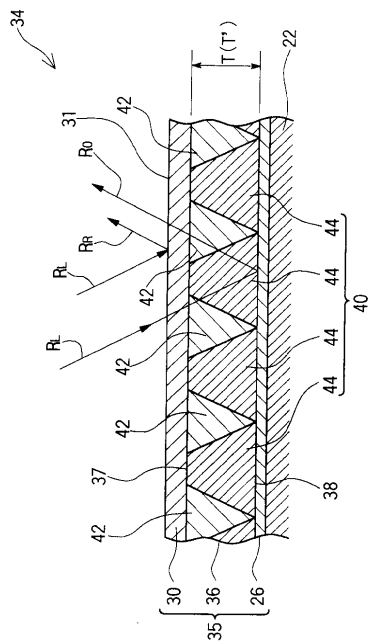
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100084995
弁理士 加藤 和詳
- (72)発明者 岩田 武夫
東京都町田市忠生2-2-1-405
- (72)発明者 斉藤 俊夫
千葉県印西市大塚1丁目5番地1 株式会社竹中工務店 技術研究所内
- (72)発明者 原川 健一
千葉県印西市大塚1丁目5番地1 株式会社竹中工務店 技術研究所内
- (72)発明者 国島 武史
東京都中央区銀座8丁目2番地1号 株式会社竹中道路内
- (72)発明者 吉村 賢一
東京都中央区銀座8丁目2番地1号 株式会社竹中道路内
- (72)発明者 藤井 義文
東京都中央区銀座8丁目2番地1号 株式会社竹中土木内
- (72)発明者 安藤 慎一郎
東京都中央区銀座8丁目2番地1号 株式会社竹中土木内

審査官 西田 秀彦

- (56)参考文献 特開昭62-268200(JP,A)
特開昭64-082600(JP,A)
特開2000-349490(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

E01C 1/00
E01C 7/08
E01C 7/26
E01C 9/00
H05K 9/00