

明 細 書

発明の名称：

トンネル覆工面調査システムおよびトンネル覆工面調査システムに用いる車両

技術分野

[0001] 本発明は、トンネル覆工面調査システムおよびトンネル覆工面調査システムに用いる車両に関し、特に、トンネル覆工面のひびわれ等の損傷状態を画像にて可視化して、トンネルの健全度（劣化度）を調査するためのシステムおよび車両に関する。

背景技術

[0002] 本出願人は、すでに、特許文献 1 に示されるように、トンネル内を車両が走行中に、当該車両に搭載した撮影手段によって、トンネル覆工面の画像を撮影し、トンネル覆工面を調査するための調査対象画像に加工するトンネル覆工面調査システムを提案している。

[0003] この特許文献 1 で提案された発明によれば、1 台の車両を走行させながらトンネル覆工面の画像を取得することができ、その画像を用いて、トンネル覆工面のひびわれ等の損傷状態を画像にて可視化して、トンネルの健全度（劣化度）を調査することができる。

特許文献 1：特開 2014-95627 号

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] トンネル覆工面は、1 スパン毎に構築されている。トンネル覆工面は、1 スパン毎に、目地によって区切られ、各スパンには、トンネル覆工面の部位を特定するスパン番号（覆工番号）が付与されている。

[0005] よって、トンネルの健全度（劣化度）を調査するに際して、画像をスパン番号（覆工番号）によって管理して、スパン毎に、ひび割れの幅、長さ、方向および形状、密度、漏水及びエフロレッセンスの有無、その他変状の発生

状況を抽出して、対策を画策することが望まれている。

[0006] 本発明は、こうした実情に鑑みてなされたものであり、車両を走行させて得られるトンネル覆工面の画像を、スパン毎のトンネル覆工面の両側面を示す画像に加工して、スパン毎に、トンネルの健全度（劣化度）を調査できるようにすることを解決課題とする。

課題を解決するための手段

[0007] 第1発明は、

トンネル内を車両が走行中に、当該車両に搭載した撮影手段によって、トンネル覆工面の画像を撮影し、トンネル覆工面を調査するための調査対象画像に加工するトンネル覆工面調査システムであって、

前記車両に搭載され、トンネル覆工面の両側面のうち片側側面の撮影範囲を有する撮影手段と、

前記撮影手段を、トンネル覆工面の両側面のうち一方の片側側面を撮影可能な第1の撮影位置に固定させるとともに、前記撮影手段を反転させて、前記撮影手段を、トンネル覆工面の両側面のうち他方の片側側面を撮影可能な第2の撮影位置に固定させる固定・反転手段と、

前記撮影手段が前記第1の撮影位置に固定された状態で、前記撮影手段によって撮影されたトンネル覆工面の両側面のうち一方の片側側面を示す第1の画像と、前記撮影手段が前記第2の撮影位置に固定された状態で、前記撮影手段によって撮影されたトンネル覆工面の両側面のうち他方の片側側面を示す第2の画像とを突き合わせて、トンネル覆工面の同スパンとなる部位を指示することにより、トンネル覆工面のスパン毎にトンネル覆工面の両側面を示す画像に合成する画像加工手段と

を備えたトンネル覆工面調査システムであることを特徴とする。

[0008] 第2発明は、第1発明において、

前記撮影手段は、トンネル覆工面の周方向に沿って配列され、トンネル覆工面の周方向に沿った各エリアの画像を撮影する複数のラインセンサを含むものであり、

前記画像加工手段は、

前記複数のラインセンサが前記第 1 の撮影位置に固定された状態で、前記複数のラインセンサによって撮影された各エリアの画像と、前記複数のラインセンサが前記第 2 の撮影位置に固定された状態で、前記複数のラインセンサによって撮影された各エリアの画像とを突き合わせて、トンネル覆工面の同スパンとなる部位を指示することにより、トンネル覆工面のスパン毎にトンネル覆工面、の両側面を示す画像に合成するものであることを特徴とする。

[0009] 第 3 発明は、第 1 発明または第 2 発明において

前記撮影手段は、トンネル覆工面の周方向に沿って配列され、トンネル覆工面の周方向に沿った各エリアの画像を撮影する複数のラインセンサを含むものであり、

前記固定・反転手段は、駆動軸を回転中心に、トンネル覆工面の周方向に、 90° 回転自在な部材であって、前記数のラインセンサが、トンネル覆工面の周方向に沿って配置された L 字状の部材と、当該 L 字状の部材を、前記第 1 の撮影位置に位置決めするとともに、前記 L 字状の部材が、トンネル覆工面の周方向に、 90° 回転されて、前記第 2 の撮影位置に位置されたときに当該第 2 の撮影位置に位置決めする位置決め手段とを含むものであることを特徴とする。

[0010] 第 4 発明は、

トンネル覆工面調査システムに用いる車両であって、

トンネル覆工面の両側面のうち少なくとも片側側面の撮影範囲を有する撮影手段であって、

トンネル覆工面の周方向に沿って配列され、トンネル覆工面の周方向に沿った各エリアの画像を撮影する複数のラインセンサを含む撮影手段と、

前記撮影手段を、トンネル覆工面の両側面のうち一方の片側側面を撮影可能な第 1 の撮影位置に固定させるとともに、前記撮影手段を反転させて、前記撮影手段を、トンネル覆工面の両側面のうち他方の片側側面を撮影可能な第

2の撮影位置に固定させる固定・反転手段であって、駆動軸を回転中心に、トンネル覆工面の周方向に、 90° 回転自在な部材であって、前記数のラインセンサが、トンネル覆工面の周方向に沿って配置されたL字状の部材と、当該L字状の部材を、前記第1の撮影位置に位置決めするとともに、前記L字状の部材が、トンネル覆工面の周方向に、 90° 回転されて、前記第2の撮影位置に位置されたときに当該第2の撮影位置に位置決めする位置決め手段とを含む固定・反転手段とを備えたトンネル覆工面調査システムに用いる車両であることを特徴とする。

発明の効果

- [0011] 本発明によれば、トンネル覆工面の両側面のうち片側側面の撮影範囲を有する撮影手段を搭載した車両を走行させることで、トンネル覆工面の両側面の画像を取得することができる。本発明によれば、スパン毎に、トンネル覆工面の両側面を示す画像が得られる。
- [0012] これにより、これにより、スパン毎に、トンネル覆工面の健全度（劣化度）を調査でき、スパン毎に、調査結果を管理することができるようになる。

図面の簡単な説明

- [0013] [図1]図1は、本発明に係るトンネル覆工面調査システムに用いる車両の左側面を示す図である。
- [図2]図2は、車両がトンネル内の左側の走行車線を走行している状態を示す断面図であり、ラインセンサおよびハロゲンランプを用いて、トンネルの覆工面を撮影している様子を示す図である。
- [図3]図3は、図2に対応する図であり、車両がトンネル内の右側の追い越し車線を走行している状態を示す断面図である。
- [図4]図4は、固定・反転手段の構成を平面図にて示す図である。
- [図5]図5は、撮影手段が第2の撮影位置に固定された状態を示した図である。
- [図6]図6は、ステージ部材、L字状の部材の断面を示し、図4における矢視

A－A断面を示した図である。

[図7]図7は、図4に対応する図であり、L字状の部材に設けられる照明手段を、ハロゲンランプの代わりにLEDユニットに変更した変形例を示した図である。

[図8]図8は、LEDユニットの内部構成を示す図で、図8(a)は、図7の状態における内部を示す横断面図で、図8(b)は、縦断面図である。

[図9]図9は、実施例のトンネル覆工面調査システムで行われる処理の手順を示した図である。

[図10]図10(a)、(b)、(c)、(d)、(e)は、パーソナルコンピュータで行われる画像加工処理を説明する図である。

[図11]図11(a)、(b)は、歪み補正画像処理(図10(b))を説明するための図である。

[図12]図12(a)、(b)、(c)は、歪み補正画像処理(図10(b))を説明するための図である。

[図13]図13(a)、(b)は、各画像を突き合わせて、トンネル覆工面の同一スパンとなる部位を指示する処理(図10(c))を説明するための図である。

[図14]図14(a)、(b)、(c)は、斜影補正(仰り補正)画像処理(図10(d))を説明するための図である。

[図15]図15(a)、(b)は、トンネル覆工面のスパン毎にトンネル覆工面の両側面を示す画像に合成する処理(図10(e))を説明するための図である。

[図16]図16は、トンネル覆工面の健全度(劣化度)を調査例を示す図である。

符号の説明

[0014] 1 車両 10 撮影手段 20 照明手段 30 固定・反転手段 32
L字状の部材
34 位置決め手段 100 トンネル覆工面 S(S1、S2、S3…S

n) スパン

110-1、110-2、110-3…110-n 合成された画像

発明を実施するための最良の形態

[0015] 以下、図面を参照して、本発明に係るトンネル覆工面調査システムおよびトンネル覆工面調査システムに用いる車両の実施形態について説明する。

[0016] 図1は、本発明に係るトンネル覆工面調査システムに用いる車両1の左側面を示す。

[0017] 車両1は、たとえば道路維持作業に用いられる作業用トラックをベースとする作業車両である。

[0018] 車両1の荷台部分は、コンテナ状になっており、コンテナの一方の側面（図1では左側面）の扉と、コンテナの天井の扉が開閉自在となっている。図1では、扉が開いた状態を示している。

[0019] 撮影手段10および照明手段20は、車両1の上記扉が開かれたときに、トンネルの覆工面を撮影でき、照明できるように、車両1の荷台に設けられている。

[0020] 撮影手段10は、ラインセンサ（カメラ）を想定している。実施例では、3台のラインセンサ10a、10b、10cを想定している。なお、以下では、3台のラインセンサ10a、10b、10cを代表させるときは、ラインセンサ10と呼ぶことにする。

[0021] 照明手段20は、ハロゲンランプを想定している。なお、メタルハライドランプ（HID）、LED照明を光源とするものであってもよい。実施例では、12台のハロゲンランプ20a、20b、20c、20d、20e、20f、20g、20h、20i、20j、20k、20lを想定している。なお、以下では、12台のハロゲンランプ20a～20lを代表させるときは、ハロゲンランプ20と呼ぶことにする。

[0022] ラインセンサ10は、車両1の進行方向に対して垂直な方向が視準線11aの方向となるように、固定・反転手段30に固定されている。ラインセンサ10は、図1の図面に対して奥行き方向および看者方向に広がる所定の画角

をもって撮影範囲 11 を撮影する。

[0023] ハロゲンランプ 20 は、車両 1 の進行方向に対して垂直な方向を向けて光を投光するように、固定・反転手段 30 に固定されている。ハロゲンランプ 20 の照射範囲 21 内に、ラインセンサ 10 の視準線 11a が入るように、ラインセンサ 10 とハロゲンランプ 20 の位置関係が設定されている。

[0024] 画像処理部 40 は、ラインセンサ 10 で撮影された撮像データを受け取り、トンネル覆工面の画像を生成する画像処理を行う。

[0025] 図 2 は、車両 1 がトンネル内の左側の走行車線 150L を走行している状態を示す断面図であり、ラインセンサ 10 およびハロゲンランプ 20 を用いて、トンネルの覆工面 100 を撮影している様子を示している。なお、説明の便宜上、トンネルのセンターライン TC の図中左側の路面を左側の走行車線 150L とし、トンネルのセンターライン TC の図中右側の路面を右側の追い越し車線 150R と称する。また、トンネルの覆工面 100 のうちトンネルのセンターライン TC で区切られた左側を、左側側面 100L とし、トンネルの覆工面 100 のうちトンネルのセンターライン TC で区切られた右側を、右側側面 100R とする。

[0026] 図 2 に示すように、撮影手段 10 は、トンネル覆工面 100 の両側面 100L、100R のうち少なくとも片側側面（図 2 では、左側面 100L）の撮影範囲を有する撮影手段であって、トンネル覆工面 100 の周方向に沿って配列され、トンネル覆工面 100 の周方向に沿った各エリア 100A、100B、100C をそれぞれ撮影する複数（実施例では、3 台）のラインセンサ 10a、10b、10c を含んで構成されている。ラインセンサ 10a、10b、10c はそれぞれ、 61° の画角を有する。したがって各エリア 100A、100B、100C は、隣り合うエリア同士の一部が重複している。

[0027] 照明手段 20 は、図 4 で後述するように（図 2 では図示せず）、トンネル覆工面 100 の両側面 100L、100R のうち少なくとも片側側面（図 2 では、左側面 100L）の照射範囲を有する照明手段であって、トンネル覆工

面 100 の周方向に沿って配列され、トンネル覆工面 100 の周方向に沿った各エリア 100A、100B、100C を照射する複数（実施例では、12 台）のハロゲンランプ 20a ~ 20l を含んで構成されている（図 4 参照）。

[0028] 固定・反転手段 30 は、撮影手段 10 を、トンネル覆工面 100 の両側面のうち一方の片側側面である左側面 100L を撮影可能な第 1 の撮影位置に固定させるとともに、撮影手段 10 を反転させて、撮影手段 10 を、トンネル覆工面 100 の両側面のうち他方の片側側面である右側面 100R を撮影可能な第 2 の撮影位置に固定させる固定・反転手段であって、駆動軸 31 を回転中心に、トンネル覆工面 100 の周方向に、90° 回転自在な部材であって、複数（図 2 では、3 台）のラインセンサ 10a、10b、10c が、トンネル覆工面 100 の周方向に沿って配置された L 字状の部材 32 と、この L 字状の部材 32 を、第 1 の撮影位置に位置決めするとともに、L 字状の部材 32 が、トンネル覆工面 100 の周方向に、90° 回転されて、第 2 の撮影位置に位置されたときに、この第 2 の撮影位置に位置決めする位置決め手段（図 2 では図示せず、図 4 で後述する）とを含んで構成されている。

[0029] 固定・反転手段 30 が第 1 の撮影位置にあるときには、照明手段 20 も同様に第 1 の撮影位置に位置され、第 1 の撮影位置に対応する撮影エリア 100A、100B、100C を照明し、固定・反転手段 30 が第 2 の撮影位置にあるときには、照明手段 20 も同様に第 2 の撮影位置に位置され、第 2 の撮影位置に対応する撮影エリア 100D、100E、100F（図 3 参照）を照明する。

[0030] 図 3 は、図 2 に対応する図であり、車両 1 がトンネル内の右側の追い越し車線 150R を走行している状態を示す断面図である。

[0031] 図 3 は、固定・反転手段 30 によって、第 1 の撮影位置（図 2）から 90° 右回りに反転されて、第 2 の撮影位置に、撮影手段 10 および照明手段 20 が位置決め固定された状態を示している。

[0032] 図 3 に示すように、撮影手段 10 は、トンネル覆工面 100 の右側側面 10

ORを撮影する。すなわち、ラインセンサ10a、10b、10cはそれぞれ、トンネル覆工面100の周方向に沿った各エリア100D、100E、100Fを撮影する。

[0033] 照明手段20は、トンネル覆工面100の右側側面100Rを照明する。すなわち、12台のハロゲンランプ20a～20lは、トンネル覆工面100の周方向に沿った各エリア100D、100E、100Fに光を照射する。

[0034] 図4は、固定・反転手段30の構成を平面図にて示す。

[0035] L字状の部材32は、回転中心となる駆動軸31を通る対象軸m1に関して左右対称な腕32L、32Rを有し、同じ長さの腕32L、32Rが垂直に交差して一体形成された部材であり、L字状の部材32の上面32Sには、左右対称となるように、12台のハロゲンランプ20a～20lが配列されている。

[0036] L字状の部材32の内側コーナ部には、対象軸m1に関して左右対称となるように、三角形状のステージ部材33が取り付けられている。ステージ部材33の上面33Sには、対象軸m1に関して左右対称となるように、3台のラインセンサ10a、10b、10cが配列されている。位置決め手段34は、T字状の部材35を含んで構成されている。T字状の部材35は、車両1の荷台に据え付けられたフレームに固定されている。L字状の部材32は、フレームに固定されたT字状の部材35に対して相対的に駆動軸31を回転中心にして回動される。駆動軸31は図示しないモータなどの駆動手段によって駆動される。

[0037] T字状の部材35は、駆動軸31を通る対象軸m2に関して左右対称な部材であり、駆動軸31から端部まで同じ長さの腕35L、35R、35Mが垂直に交差して一体形成された部材であり、腕35L、35R、35Mにはそれぞれ、駆動軸31から等距離にある孔35a、35b、35cが形成されている。

[0038] L字状の部材32の腕32L、32Rには、駆動軸31から等距離にある孔32a、32bが形成されている。

[0039] 図4は、撮影手段10が第1の撮影位置に固定された状態を示している。

[0040] T字状の部材35の腕35Mと、L字状の部材32の腕32Lとが重なり、孔35cと、孔32aが同位置となるとともに、T字状の部材35の腕35Rと、L字状の部材32の腕32Rとが重なり、孔35bと、孔32bが同位置となっている。この状態で、孔35cと、孔32aに図示しないピンが挿通されるとともに、孔35bと、孔32bに図示しないピンが挿通されることで、撮影手段10および照明手段20が第1の撮影位置に固定される。

[0041] 図5は、撮影手段10が第2の撮影位置に固定された状態を示している。

[0042] 図4に示す状態から、図4、図5に矢印で示すように、駆動軸31によってL字状の部材32が右回りに90°回転されると、T字状の部材35の腕35Lと、L字状の部材32の腕32Lとが重なり、孔35aと、孔32aが同位置となるとともに、T字状の部材35の腕35Mと、L字状の部材32の腕32Rとが重なり、孔35cと、孔32bが同位置となる。この状態で、孔35aと、孔32aに図示しないピンが挿通されるとともに、孔35cと、孔32bに図示しないピンが挿通されることで、撮影手段10および照明手段20が第2の撮影位置に固定される。

[0043] 図6は、ステージ部材33、L字状の部材32の断面を示し、図4における矢視A-A断面を示している。ステージ部材33の上面33Sは、L字状の部材32の上面32よりも高い位置に設けられている。したがって、ラインセンサ10は、ハロゲンランプ20よりも高い位置に取り付けられている。

[0044] ここで、ハロゲンランプ20の照射範囲21内に、ラインセンサ10の視準線11aが入りつつ、ラインセンサ10の視準線11aが、ハロゲンランプ20などに干渉しないように、ラインセンサ10とハロゲンランプ20の位置関係が設定されている。なお、ラインセンサ10の画角11は、図6の図面の奥行き方向および看者方向に広がる。

[0045] 図7は、図4に対応する図であり、L字状の部材32に設けられる照明手段20を、ハロゲンランプ20の代わりにLEDユニット20に変更した変形例を示している。すなわち、L字状の部材32の上面32Sには、左右対称と

なるように、4台のLEDユニット20A、20B、20C、20Dが配列されている。4台のLEDユニット20A、20B、20C、20Dは、ハロゲンランプ20a~20lと同じ照射範囲21を有する。

[0046] 図8は、LEDユニット20の内部構成を示す図で、図8(a)は、図7の上面でみた横断面図で、図8(b)は、図7の断面でみた縦断面図である。

[0047] LEDユニット20は、トンネル覆工面100の周方向（車両1の進行方向に対して垂直な方向）に沿って複数のLED22aが配列されたライン状のLED基板22と、ライン状のLED基板22で発光された光を屈折するレンズであって、ライン状のLED基板22のLED配列長さに対応する長手方向の長さを有する円柱状のロッドレンズ23と、ロッドレンズ23によって屈折された光25を透過して外部に出射するカバーガラス24と、ライン状のLED基板22を冷却するためのファン26とを含んで構成されている。

[0048] なお、上述した実施例では、撮影手段10を3台のラインセンサ10a、10b、10cで構成した場合を想定して説明したが、それよりも多い数の撮影手段で構成してもよく、1台の撮影手段で構成してもよい。たとえば、トンネル覆工面100の片側側面を撮影できる撮影範囲を有する1台のラインセンサ20を、固定・反転手段30に取り付けて、第1の撮影位置で、1台のラインセンサ20により左側面100Lを撮影し、その後90°反転させて、第2の撮影位置で、1台のラインセンサ20により右側面100Rを撮影するようにし、1台のラインセンサ20でトンネル覆工面100の両側面100L、100Rを撮影する実施も可能である。

[0049] 図9は、実施例のトンネル覆工面調査システムで行われる処理の手順を示している。

[0050] まず、ラインセンサ10a、10b、10cおよびハロゲンランプ20a~20lが第1の撮影位置に固定された状態で、車両1を、左側の走行車線150Lに沿って走行させる。車両1を走行させながら、3台のラインセン

サ10a、10b、10cおよびハロゲンランプ20a~20lを動作させる。これによりトンネル覆工面100の左側側面100Lの各エリア100A、100B、100Cが3台のラインセンサ10a、10b、10cによって順次撮影される。各ラインセンサ10a、10b、10cによって撮影されたトンネル覆工面100の左側側面100Lの各エリア100A、100B、100Cの画像のデータは、画像処理部40に取り込まれる。(図2参照;ステップ201)。

[0051] つぎに、固定・反転手段30によってラインセンサ10a、10b、10cおよびハロゲンランプ20a~20lを90°反転させる(ステップ202)。

[0052] ラインセンサ10a、10b、10cおよびハロゲンランプ20a~20lが第2の撮影位置に固定された状態で、車両1を、右側の追い越し車線150Rに沿って走行させる。

[0053] 車両1を走行させながら、3台のラインセンサ10a、10b、10cおよびハロゲンランプ20a~20lを動作させる。これによりトンネル覆工面100の右側側面100Rの各エリア100D、100E、100Fが3台のラインセンサ10a、10b、10cによって順次撮影される。各ラインセンサ10a、10b、10cによって撮影されたトンネル覆工面100の右側側面100Rの各エリア100D、100E、100Fの画像のデータは、画像処理部40に取り込まれる。(図3参照;ステップ203)。

[0054] 画像処理部40に取り込まれたトンネル覆工面100の左側側面100Lの各エリア100A、100B、100Cの画像データおよび右側側面100Rの各エリア100D、100E、100Fの画像データは、画像加工のために、たとえば外部のパーソナルコンピュータに取り込まれる(ステップ204)。

[0055] つぎに、後述する歪み補正画像処理を行う(ステップ205)。

[0056] つぎに、後述するように、3台のラインセンサ10a、10b、10cによって撮影された各エリア100A、100B、100C、100D、100

E、100Fの画像同士を突き合わせて、トンネル覆工面100の同ースパンSとなる部位を指示する（ステップ206）。

[0057] つぎに、後述する斜影補正（仰り補正）画像処理を行う（ステップ207）。

[0058] つぎに、トンネル覆工面100のスパンS1、S2…Sn毎にトンネル覆工面100の両側面100L、100Rを示す画像110-1、110-2…110-nに合成する（ステップ208）。

[0059] 図10は、パーソナルコンピュータで行われる画像加工処理を説明する図である。

[0060] すなわち、トンネル覆工面100の左側側面100Lおよび右側側面100Rの各エリア100A、100B、100C、100D、100E、100Fを示す各画像110A、110B、110C、110D、110E、110Fを取り込み（図10（a））、各画像110A、110B、110C、110D、110E、110Fに対して歪み補正画像処理を行い（図10（b））、各画像110A、110B、110C、110D、110E、110Fを突き合わせて、トンネル覆工面100の同ースパンSとなる部位を指示し（図10（c））、斜影補正（仰り補正）画像処理を行い（図10（d））、トンネル覆工面100のスパンS1、S2…Sn毎にトンネル覆工面100の両側面100L、100Rを示す画像110-1、110-2…110-nに合成する（図10（e））。

[0061] 図11、図12は、歪み補正画像処理（図10（b））を説明するための図である。

[0062] トンネル覆工面100に、撮影手段10の視準を直交させるように撮影手段10を設置すると、照明手段20と撮影手段10の位置関係から、トンネル覆工面100の表面が水滴などにより結露している場合には、正反射となって、撮影手段10で撮像した画像に、部分的に結露が映り込み、本来、撮像すべきひび割れなどの欠陥の判別が困難になるおそれがある。そこで、これを回避するために、照明手段20の照射方向の軸と撮影手段10の撮影方向

の軸（視準）を傾けることが有効となる。

[0063] すなわち、図 11 (a) に示すように、車両 1 の側面からみて、撮影手段（ラインセンサ）10 の視準線 11a が、鉛直方向、つまりトンネル覆工面 100 の天井面に対して垂直となる方向に対して、前方に角度 α （たとえば 8° ）傾斜するとともに、図 11 (b) に示すように、車両 1 の上面からみて、撮影手段（ラインセンサ）10 の視準線 11a が、水平方向、つまりトンネル覆工面 100 の側面に対して垂直となる方向に対して、前方に角度 α （たとえば 8° ）傾斜するように、撮影手段（ラインセンサ）10 を設置する。

[0064] 照明手段（ハロゲンランプ）20 の照射方向も同様に傾斜させる。

[0065] 図 12 (a) は、撮影手段（ラインセンサ）10 の視準線 11a と、トンネル覆工面 100 の目地 111 との関係を示す。トンネル覆工面 100 の各スパンス 1、S2...は、車両 1 の進行方向（トンネルの中心ライン TC の方向）に対して直交する目地 111 によって区切られている。

[0066] 上記したように、照明手段 20 の照射方向の軸と撮影手段 10 の撮影方向の軸（視準）を傾けると、視準線 11a の方向と目地 111 の方向とが所定角度 β で交差し、視準線 11a が目地 111 を通過するタイミングが、各画像毎に異なるために、撮影手段（ラインセンサ）10 で撮影された画像中の目地 111 が、曲線状に歪んでしまう（図 12 (b)）。

[0067] そこで、撮影された画像中の歪んだ目地 111 を、本来の直線状に補正する画像処理を行う（図 12 (c)）。

[0068] 図 13 は、各画像 110A ~ 110F を突き合わせて、トンネル覆工面 100 の同一スパンスとなる部位を指示する処理（図 10 (c)）を説明するための図である。

[0069] この処理は、歪み補正画像処理によって、直線状になった目地 111 を基準線にして行う。

[0070] 図 13 (a) に示すように、パーソナルコンピュータの画面上で、トンネル覆工面 100 の左側側面 100L について得られた各画像 110A、110

B、110Cを、同一位置になるように並べる。位置合わせは、直線状になった目地111を基準線にして行う。

[0071] 各ラインセンサ10a、10b、10cは、ほぼ同時にシャッターを切っているので、各画像110A、110B、110Cの目地111の位置は、画面上でほぼ同じ位置となる。なお、トンネル覆工面100には、KP（キロポスト）、スパン番号（覆工番号）、照明番号等の位置を特定するものがあり、各画像には、それが撮像されているので、これらを目安に、位置を認識するようにしてもよい。

[0072] つぎに、各画像110A、110B、110Cの中から、トンネル覆工面100の同ースパンSとなる部位を指示する。たとえば、各画像110A、110B、110Cのうち、スパンS1となる部位が、それぞれ110A-1、110B-1、110C-1（以下、スパンS1の画像データを示す符号として用いる）であったとすると、それら同一のスパンS1となる部位110A-1、110B-1、110C-1を特定する画像データ110A-1、110B-1、110C-1が、レーン1（走行車線150L）のフォルダL1に、スパンS1を示すアドレスに対応づけられて、格納される。以下、同様に、同ースパンS2、S3…Snとなる部位を指示して、同一のスパンS2、S3…Snとなる部位を特定する画像データを、レーン1（走行車線150L）のフォルダL1に格納していく。

[0073] 追い越し車線150Rも同様にして行う。すなわち、図13（b）に示すように、各画像110D、110E、110Fのうち、スパンS1となる部位が、それぞれ110D-1、110E-1、110F-1（以下、スパンS1の画像データを示す符号として用いる）であったとすると、それら同一のスパンS1となる部位110D-1、110E-1、110F-1を特定する画像データ110D-1、110E-1、110F-1が、レーン2（追い越し車線150R）のフォルダL2に、スパンS1を示すアドレスに対応づけられて、格納される。以下、同様に、同ースパンS2、S3…Snとなる部位を指示して、同一のスパンS2、S3…Snとなる部位を特定す

る画像データを、レーン2（追い越し車線150R）のフォオルダL2に格納していく。

[0074] 図14は、斜影補正（仰り補正）画像処理（図10（d））を説明するため
の図である。

[0075] 図14（a）は、トンネル覆工面100とラインセンサ10a、10b、10cとの位置関係を示す

[0076] ラインセンサ10a、10b、10cは、トンネルのセンタ－ライントCに
対してオフセットされた位置にある。したがって、ラインセンサ10a、10b、10cの視線線11aは、撮影対象物であるトンネル覆工面100に
対して正対しておらず、斜めになっている。このためラインセンサ10a、
10b、10cでは、近くのトンネル覆工面100が大きく撮像され、遠く
のトンネル覆工面100が小さく撮像される。

[0077] 図14（b）に示すように、ラインセンサ10（たとえばラインセンサ10
c）で撮影されるエリアは、たとえば100Cで示されるが、この撮影エリ
ア100Cのうち、分割された各分割エリア100C-1、100C-2、
100C-3、100C-4、100C-5のうち、ラインセンサ10に最
も近い分割エリア100C-1でトンネル覆工面100が最も大きく撮像さ
れ、ラインセンサ10から最も遠い分割エリア100C-5でトンネル覆工
面100が最も小さく撮像される。

[0078] そこで、撮影対象物であるトンネル覆工面100が、画像の各エリアで実際
の大きさに撮像されるように、画像処理を行うものである。

[0079] 斜影補正（仰り補正）画像処理のために必要なラインセンサ10についての
パラメータは、つぎのように与えられる（図14（c）参照）。
[0080] θ ：ラインセンサ10の撮影方向（視線線11a）を示す角度（水平線HL
に対する角度）

X：ラインセンサ10（レンズ、センサ）の2次元水平方向位置（トンネル
のセンタ－ライントCを基準とする相対位置）

Y：ラインセンサ10（レンズ、センサ）の2次元鉛直方向位置（トンネル

の路面 150L、150R を基準とする相対位置)

ϕ : ライセンスサ 10 の画角

上記パラメータ θ 、 X 、 Y 、 ϕ が得られ、トンネルの形状を示すデータがたとえば CAD 図面によって得られると、図 14 (b) において、各分割エリア 100C-1、100C-2、100C-3、100C-4、100C-5 毎に、ライセンスサ 10 からトンネル覆工面 100 までの距離 $d1$ 、 $d2$ 、 $d3$ 、 $d4$ 、 $d5$ が求められる。

[0081] そして、この求められた距離 $d1$ 、 $d2$ 、 $d3$ 、 $d4$ 、 $d5$ に応じて、各分割エリア 100C-1、100C-2、100C-3、100C-4、100C-5 毎に、撮影対象物であるトンネル覆工面 100 が、実際の大ききで撮像されるように、画像処理を行う。

[0082] 図 15 は、トンネル覆工面 100 のスパンス 1、 $S2 \dots Sn$ 毎にトンネル覆工面 100 の両側面 100L、100R を示す画像 110-1、110-2 $\dots$ 110-n に合成する処理 (図 10 (e)) を説明するための図である。

[0083] 図 15 (a) に示すように、レーン 1 (走行車線 150L) のフオルダ L1 から、スパンス 1 を示すアプルス 1 に対応づけられた画像データ 110A-1、110B-1、110C-1 が読み出される。同様に、レーン 2 (追い越し車線 150R) のフオルダ L2 から、スパンス 1 を示すアプルス 1 に対応づけられた画像データ 110D-1、110E-1、110F-1 が読み出される。

[0084] つぎに、パーソナルコンピュータの画面上で、画像 110A-1、110B-1、110C-1、110D-1、110E-1、110F-1 それぞれについて、隣り合う画像同士を結合すべき対応点 P T を指示する。

[0085] 各エリア 100A、100B、100C、100D、100E、100F は、隣り合うエリア同士の一部が重複している撮影されている。その重複分を考慮して、対応点 P T が指示される。

[0086] すると、図 15 (b) のように、対応点 P T を基準にして画像 110A-1、110B-1、110C-1、110D-1、110E-1、110F-1

1 同士が合成されて、トンネル覆工面 100 のスパン S1 について、左右両側面 100L、100R の画像 110-1 が得られる。

[0087] 以下、スパン S2、S3…Sn についても同様の処理が行われ、図 15 (b) に示すように、トンネル覆工面 100 のスパン S2、S3…Sn 毎にトンネル覆工面 100 の両側面 100L、100R を示す画像 110-2、110-3…110-n が得られる。各画像 110-2、110-3…110-n は、所定のファイル L3 に格納され、トンネル覆工面 100 の健全度の調査のために用いられる。

[0088] 以上のように、本実施例によれば、トンネル覆工面 100 の両側面 100L、100R のうち片側側面の撮影範囲を有する撮影手段 10 を搭載した車両 1 を走行させることで、トンネル覆工面 100 の両側面 100L、100R の画像を取得することができる。本実施例によれば、スパン S1、S2…Sn 毎に、トンネル覆工面 100 の両側面 100L、100R を示す画像画像 110-1、110-2…110-n が得られる。これにより、スパン S1、S2…Sn 毎に、トンネル覆工面 100 の健全度（劣化度）を調査でき、スパン S1、S2…Sn 毎に、調査結果を管理することができるようになる。

[0089] 図 16 は、トンネル覆工面 100 の健全度（劣化度）の調査例を示している。

[0090] 図 16 は、各スパン S1、S2、S3、S4、S5、S6 の画像 110-1、110-2、110-3、110-4、110-5、110-6 をファイル L3 から読み出し、パーソナルコンピュータの画面上に連続表示した状態を示している。オペレータは、画面上で、トンネル覆工面 100 の画像の中から、はく離の可能性のあるひび割れ箇所を特定して、ひび割れ 300 を描画する処理を行う。

[0091] これにより、ひび割れ 300 の幅、長さ、方向および形状、密度が、各スパン S1、S2、S3、S4、S5、S6 毎に抽出され、各スパン S1、S2、S3、S4、S5、S6 の画像データ 110-1、110-2、110-

3、110-4、110-5、110-6に対応づけられて記憶される。同様に、エフロッセンスの有無、その他変状の発生状況を抽出してもよい。

[0092] したがって、本実施例によれば、スパンS1、S2、S3、S4、S5、S6毎に、ひび割れなどの変状に対して対策を画策することができる。

[0093] なお、パーソナルコンピュータで行われる上述した画像加工処理は、その一部を手動で行う半自動処理で行ってもよく、全て自動処理で行う実施も当然可能である。

請求の範囲

[請求項1]

トンネル内を車両が走行中に、当該車両に搭載した撮影手段によって、トンネル覆工面の画像を撮影し、トンネル覆工面を調査するための調査対象画像に加工するトンネル覆工面調査システムであって、

前記車両に搭載され、トンネル覆工面の両側面のうち片側側面の撮影範囲を有する撮影手段と、

前記撮影手段を、トンネル覆工面の両側面のうち一方の片側側面を撮影可能な第1の撮影位置に固定させるとともに、前記撮影手段を反転させて、前記撮影手段を、トンネル覆工面の両側面のうち他方の片側側面を撮影可能な第2の撮影位置に固定させる固定・反転手段と、

前記撮影手段が前記第1の撮影位置に固定された状態で、前記撮影手段によって撮影されたトンネル覆工面の両側面のうち一方の片側側面を示す第1の画像と、前記撮影手段が前記第2の撮影位置に固定された状態で、前記撮影手段によって撮影されたトンネル覆工面の両側面のうち他方の片側側面を示す第2の画像とを突き合わせて、トンネル覆工面の同スパンとなる部位を指示することにより、トンネル覆工面のスパン毎にトンネル覆工面の両側面を示す画像に合成する画像加工手段と

を備えたトンネル覆工面調査システム。

[請求項2]

前記撮影手段は、トンネル覆工面の周方向に沿って配列され、トンネル覆工面の周方向に沿った各エリアの画像を撮影する複数のラインセンサを含むものであり、

前記画像加工手段は、

前記複数のラインセンサが前記第1の撮影位置に固定された状態で、前記複数のラインセンサによって撮影された各エリアの画像と、前記複数のラインセンサが前記第2の撮影位置に固定された状態で、前記複数のラインセンサによって撮影された各エリアの画像とを突き合わせて、トンネル覆工面の同スパンとなる部位を指示することにより

、トンネル覆工面のスパン毎にトンネル覆工面の両側面を示す画像に合成するものである

請求項2記載のトンネル覆工面調査システム。

[請求項3]

前記撮影手段は、トンネル覆工面の周方向に沿って配列され、トンネル覆工面の周方向に沿った各エリアの画像を撮影する複数のラインセンサを含むものであり、

前記固定・反転手段は、駆動軸を回転中心に、トンネル覆工面の周方向に、90°回転自在な部材であって、前記数のラインセンサが、トンネル覆工面の周方向に沿って配置されたL字状の部材と、当該L字状の部材を、前記第1の撮影位置に位置決めするとともに、前記L字状の部材が、トンネル覆工面の周方向に、90°回転されて、前記第2の撮影位置に位置されたときに当該第2の撮影位置に位置決めする位置決め手段とを含むものである請求項1または2に記載のトンネル覆工面調査システム。

[請求項4]

トンネル覆工面調査システムに用いる車両であって、

トンネル覆工面の両側面のうち少なくとも片側側面の撮影範囲を有する撮影手段であって、

トンネル覆工面の周方向に沿って配列され、トンネル覆工面の周方向に沿った各エリアの画像を撮影する複数のラインセンサを含む撮影手段と、

前記撮影手段を、トンネル覆工面の両側面のうち一方の片側側面を撮影可能な第1の撮影位置に固定させるとともに、前記撮影手段を反転させて、前記撮影手段を、トンネル覆工面の両側面のうち他方の片側側面を撮影可能な第2の撮影位置に固定させる固定・反転手段であって、駆動軸を回転中心に、トンネル覆工面の周方向に、90°回転自在な部材であって、前記数のラインセンサが、トンネル覆工面の周方向に沿って配置されたL字状の部材と、当該L字状の部材を、前記第1の撮影位置に位置決めするとともに、前記L字状の部材が、トンネ

ル覆工面の周方向に、 90° 回転されて、前記第2の撮影位置に位置されたときに当該第2の撮影位置に位置決めする位置決め手段とを含む固定・反転手段とを備えたトンネル覆工面調査システムに用いる車両。