

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4279159号  
(P4279159)

(45) 発行日 平成21年6月17日(2009.6.17)

(24) 登録日 平成21年3月19日(2009.3.19)

(51) Int. Cl. F 1  
 E 2 1 D 11/00 (2006.01) E 2 1 D 11/00 Z  
 G 0 6 Q 50/00 (2006.01) G 0 6 F 17/60 1 0 4

請求項の数 3 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2004-12616 (P2004-12616)	(73) 特許権者	000173784 財団法人鉄道総合技術研究所
(22) 出願日	平成16年1月21日(2004.1.21)		東京都国分寺市光町2丁目8番地38
(65) 公開番号	特開2005-207044 (P2005-207044A)	(73) 特許権者	500519987 株式会社ジェイアール総研情報システム
(43) 公開日	平成17年8月4日(2005.8.4)		東京都国立市北1-7-23 国立ビル3F
審査請求日	平成18年4月11日(2006.4.11)	(74) 代理人	100089635 弁理士 清水 守
		(74) 代理人	100096426 弁理士 川合 誠
		(72) 発明者	小島 芳之 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財団法人 鉄道総合技術研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トンネル健全度診断システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

- (a) トンネル内面の事象の入力部と、
- (b) 前記トンネル内面の事象に基づいて変状展開図を作成する変状展開図作成部と、
- (c) 前記トンネルに対する外力に起因するひび割れを抽出するひび割れ抽出部と、
- (d) 前記トンネルに対する外力に起因するひび割れの照合・特定部と、
- (e) 前記トンネルの基本情報に関する情報の入力部と、
- (f) 前記トンネルの基本情報に関する情報の入力データベース部と、
- (g) 前記ひび割れの照合・特定部からの情報と前記トンネルの基本情報に関する情報のデータベース部からの情報とに基づいて変状原因を推定する変状原因推定部と、
- (h) 該変状原因推定部からの情報に基づいて力学的健全度を判定する力学的健全度判定部と、
- (i) 剥落に対する健全度を判定する剥落に対する健全度の判定部と、
- (j) 剥落に対する健全度の判定と力学的健全度の判定に基づいて、総合的な判定を行う総合判定部とを具備し、
- (k) 前記トンネルに対する外力を、トンネルに作用する偏圧、地すべり圧、塑性圧、鉛直圧、凍上圧として評価することを特徴とするトンネル健全度診断システム。

【請求項2】

請求項1記載のトンネル健全度診断システムにおいて、前記トンネルの基本情報に関する情報が地形・地質・構造情報、環境情報、打音データ、変状監視データであることを特

徴とするトンネル健全度診断システム。

【請求項 3】

請求項 1 記載のトンネル健全度診断システムにおいて、前記トンネルのスパン毎に健全度の評価を行うことを特徴とするトンネル健全度診断システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、トンネル健全度診断システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

トンネルの健全度を考える場合、「剥落に対する健全度」と「外力に対する力学的健全度」の両方を判定する必要がある。特に後者については、ひび割れ等の変状現象の他に周辺の地山情報、地形条件、地質条件、建設時の施工条件、構造条件等のさまざまな影響要因を整理し、その変状原因を特定することが必要不可欠であるため、トンネル健全度診断を自動化するのは非常に困難であった。

【特許文献 1】なし

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明は、上記の状況に鑑みて、剥落に対する健全度と外力に対する力学的健全度を一括して判定し、精度の高いトンネルの健全度診断を行うことができるトンネル健全度診断システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕トンネル健全度診断システムにおいて、トンネル内面の事象の入力部と、前記トンネル内面の事象に基づいて変状展開図を作成する変状展開図作成部と、前記トンネルに対する外力に起因するひび割れを抽出するひび割れ抽出部と、前記トンネルに対する外力に起因するひび割れの照合・特定部と、前記トンネルの基本情報に関する情報の入力部と、前記トンネルの基本情報に関する情報の入力データベース部と、前記ひび割れの照合・特定部からの情報と前記トンネルの基本情報に関する情報のデータベース部からの情報とに基づいて変状原因を推定する変状原因推定部と、この変状原因推定部からの情報に基づいて力学的健全度を判定する力学的健全度判定部と、剥落に対する健全度を判定する剥落に対する健全度の判定部と、剥落に対する健全度の判定と力学的健全度の判定に基づいて、総合的な判定を行う総合判定部とを具備し、前記トンネルに対する外力を、トンネルに作用する偏圧、地すべり圧、塑性圧、鉛直圧、凍上圧として評価することを特徴とする。

【0005】

〔2〕上記〔1〕記載のトンネル健全度診断システムにおいて、前記トンネルの基本情報に関する情報が地形、地質、構造、環境情報、打音データ、変状監視データであることを特徴とする。

【0006】

〔3〕上記〔1〕記載のトンネル健全度診断システムにおいて、前記トンネルのスパン毎に健全度の評価を行うことを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、剥落に対する健全度と外力に対する力学的健全度を一括して判定し、精度の高いトンネル健全度の診断を行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

トンネルの検査で得られる撮影画像あるいはトンネル点検者により入力されるひび割れ

10

20

30

40

50

情報からなる検査情報から電子化された変状展開図を作成し、これと入力データベース部からのトンネルの基本情報とを入力することにより、自動的にトンネルの剥落に対する健全度と力学的健全度の診断を行うことができる。

【実施例】

【0009】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0010】

図1は本発明の実施例を示すトンネル健全度診断システムのブロック図である。

【0011】

この図において、1はトンネル検査車等により撮影されるトンネル内面の画像データの入力部、2はトンネルの点検者の目視により検出されるトンネル内のひび割れ情報の入力部、3はトンネルの基本情報に関する情報である、地形・地質・構造情報、環境情報、打音データ、変状監視データの入力部、10は情報処理装置であり、この情報処理装置10は、画像データの入力部1から入力されるトンネル内の画像データと、ひび割れ情報の入力部(手動入力部)2から入力されるトンネル内のひび割れ情報に基づいて、CAD(電子)化された変状展開図を作成する変状展開図作成部11と、その変状展開図に基づいて画像解析を行う画像解析部〔(1)閉合、交差、平行判定、(2)ひび割れ密度計算〕12と、画像解析部12からの解析画像に基づいて剥落に対する健全度の判定を行う、剥落に対する健全度の判定部13と、変状展開図に基づいて外力に起因するひび割れを抽出する、外力に起因するひび割れ抽出部14と、その外力に起因するひび割れとあらかじめ作成したひび割れ変状パターンとの照合と特定を行うひび割れの照合・特定部15と、トンネルの基本情報に関する情報である、地形・地質・構造情報、環境情報、打音データ、変状監視データの入力部3からの情報を記憶する入力データベース部16と、この入力データベース部16に記憶された入力データと前記ひび割れの照合・特定部15からのひび割れ情報に基づいて変状原因の推定を行う、変状原因の推定部17と、この変状原因の推定部17で推定された変状原因に基づいて力学的健全度を判定する力学的健全度判定部18と、剥落に対する健全度の判定部13からの剥落に対する健全度情報と、力学的健全度判定部18からの力学的健全度情報に基づいてトンネルの健全度の総合的な判定を行う総合判定部19から構成される。

【0012】

以下、順次各項目の説明を行う。

【0013】

(1)剥落に対する健全度は、以下のようにして判定される。

【0014】

図2及び図3は本発明の実施例を示すトンネルのひび割れ形状パターンの模式図である。

【0015】

剥落に対する健全度の判定区分としては、表1のように、健全度判定区分(要対策)、(要注意)、(問題なし)の3種類に分けられる。

【0016】

40

【表 1】

健全度判定区分	措置	
$\alpha$	要対策	①（圧縮orせん断）に伴う覆工面に対して鋭角なひび割れ+濁音 ②（圧縮orせん断）ひび割れを含むひび割れ等の（閉合or交差or平行）+濁音 ③放射状ひび割れ+濁音 ④ひび割れ等の閉合+濁音 ⑤ひび割れ等の（平行or交差）+顕著な食違い（段差）+濁音 ⑥ひび割れ等の [平行or交差or顕著な食違い（段差）]+漏水+濁音+凍結 ⑦（叩落しては対応できないor叩落し後も）不安定な状態が残る
$\beta$	要注意	①（圧縮orせん断）に伴う覆工面に対して鋭角なひび割れ ②（圧縮orせん断）ひび割れを含むひび割れ等の（閉合or交差or平行） ③放射状ひび割れ ④ひび割れ等の閉合 ⑤ひび割れ等の [平行or交差or顕著な食違い（段差）]+濁音
$\gamma$	（問題なし）	$\alpha$ , $\beta$ 以外

10

これらの区分を決定する上では、変状展開図作成部 1 1 で作成された変状展開図から画像解析部 1 2 において、まず、ひび割れ形状パターンの抽出、すなわち、ひび割れの「閉合」、「交差」、「平行」の抽出が行われる。このひび割れの「閉合」、「交差」、「平行」について説明する。

20

【0017】

図 2 に、トンネルのひび割れの「閉合」、「交差」、「平行」の模式図（その 1）が示されている。

【0018】

ここで、図 2（a）は「閉合」、図 2（b）は「交差」、図 2（c）は「平行」の例をそれぞれ示している。

【0019】

図 3 に、トンネルのひび割れの「閉合」、「交差」、「平行」の模式図（その 2）が示されている。

30

【0020】

ここで、図 3（a）は「浮き」（剥離）、図 3（b）はひび割れの「閉合」、「交差」、「平行」、図 3（c）はコールドジョイント（トンネルの接合部）と「閉合」、図 3（d）は「顕著な食違い（段差）」の例をそれぞれ示している。

【0021】

このようなひび割れ形状パターンの抽出に次いで、今度はひび割れ密度の計算が行われる。このひび割れ密度の計算も画像解析部 1 2 において、変状展開図を用いて行われる。

【0022】

図 4 はそのトンネルの剥落に対する健全度の自動判定の模式図である。

40

【0023】

このように、変状展開図が画像解析され、トンネルのひび割れの状況、つまり、ひび割れの長さ、角度のほか、上記の抽出されたひび割れ形状パターン及びひび割れ密度から判定された評価値が表示されるようになっている。

【0024】

すなわち、「剥落に対する健全度」については、上記したマニュアルで整理されたルールに基づいて、自動的にひび割れの閉合、交差、平行等を判定し、剥落に対する健全度の判定部 1 3 で上記表 1 に示される健全度判定区分（要対策）、（要注意）、（問題なし）を判定するようにしている。

50

## 【 0 0 2 5 】

( 2 ) 次に、本発明の特徴であるトンネルの力学的健全度は、以下のようにして判定される。

## 【 0 0 2 6 】

まず、変状展開図作成部 1 1 で作成された変状展開図からトンネルの覆工にあるひび割れのうち外力に起因するものを、ひび割れ抽出部 1 4 において自動的にピックアップし、これをあらかじめ 5 0 種類以上あるひび割れ変状パターンと照合してどのひび割れ変状パターンに該当するかをひび割れの照合・特定部 1 5 でチェックする。そして、該当したひび割れ変状パターンおよび周辺の地山条件、地質条件、建設時の施工条件、構造条件等の基本情報を基に、変状原因の推定部 1 7 でトンネルに作用する外力が何であるか(変状原因)を推定する。さらに、推定された変状原因と共に、上記の基本情報に関する情報を踏まえて力学的健全度判定部 1 8 においてトンネルの力学的健全度を判定する。

10

## 【 0 0 2 7 】

そこで、まず、第 1 にトンネルの外力に対する力学的健全度の判定のための主要なひび割れ変状パターンについて説明する。

## 【 0 0 2 8 】

図 5 はトンネルの外力に対する力学的健全度の判定のための主要なひび割れ変状パターンの例を示す図である。

## 【 0 0 2 9 】

この図に示すように、外力は偏圧、塑性圧、鉛直圧、この図 5 には示さないが地すべり圧や凍上圧等からなり、トンネルに作用する外力が偏圧(トンネルの天端(crown)の片側に外力が作用)の場合は、図 5 の上欄に示すように、それぞれトンネルにひび割れ、せん断ひび割れ、圧ざ(コンクリートや石積みなどに圧縮力が働いた場合に発生する圧縮き裂)が生じ、軽いものから順に判定 B 相当、判定 A 相当、判定 A A 相当となる。

20

## 【 0 0 3 0 】

また、塑性圧(トンネルの両側から外力が作用)する場合は、図 5 の中欄に示すように、それぞれトンネルにひび割れ、圧ざが生じ、軽いものから順に判定 B 相当、判定 A 相当及び判定 A A 相当となる。

## 【 0 0 3 1 】

更に、鉛直圧(トンネルの天端の真上から外力が作用)の場合は、図 5 の下欄に示すように、それぞれトンネルにひび割れ、圧ざが生じ、軽いものから順に判定 B 相当、判定 A 相当、判定 A A 相当となる。なお、特に、放射状ひび割れが生じているものを判定 A A 相当とする。

30

## 【 0 0 3 2 】

次に、表 2 にひび割れの点数付けの例を示す。ひび割れは長さ、幅、位置、方向等をもとに、1 ~ 1 0 点の点数が付けられる。

## 【 0 0 3 3 】

【表 2】

		ひび割れ幅						
		～1mm	1～3mm	3～5mm	5～10mm	10mm～	せん断	圧ざ
長 さ	～5mスパンまたがらない	0	0	1	5	5	10	10
	～5mスパンまたがる	0	0	5	5	5	10	10
	5～10mスパンまたがらない	0	0	5	5	10	10	10
	5～10mスパンまたがる	0	1	5	10	10	10	10
	10m以上	0	1	5	10	10	10	10
* 輪切りひび割れは		1	5	10	10	10	10	10

図 6 はトンネルの外力に対する力学的健全度の判定のためのひび割れ変状パターンとその照合例を示す図である。

## 【 0 0 3 4 】

図 6 ( a ) に示すように、例えば、トンネルの位置 7 にひび割れ 1 つと、位置 1 0 に圧ざ 1 つが抽出された場合、図 5 に示したひび割れ変状パターンとの照合が行われ、図 6 ( b ) に示すように、2 つの候補が挙げられる。候補 1 ( 偏圧 5 ) の場合、標準となるその長さ、幅、位置、方向等を基にひび割れは 5 点、圧ざは 1 0 点の点数が付けられる。つまり、ここでは、図 6 ( b ) に示すように、トンネルの位置 7 に 5 点のひび割れ、位置 1 0 に圧ざ 1 0 点の合計 1 5 点が付与される。

## 【 0 0 3 5 】

また、候補 2 ( 塑性圧 7 ) ではひび割れは 2 . 5 点、圧ざは 1 0 点が付与され、合計 1 2 . 5 点が付与される。

## 【 0 0 3 6 】

このように、ひび割れ変状パターン毎にその幅、位置及び寄与度を考慮して点数付けを行う。

## 【 0 0 3 7 】

次に、上記で得られたひび割れ変状パターンとの照合結果に、トンネルの基本情報に関する情報、すなわち、地形・地質・構造情報、環境情報、打音データ、変状監視データを考慮して、変状原因の推定を行う。

## 【 0 0 3 8 】

図 7 はトンネルの外力に対する力学的健全度の判定例を示す図である。

## 【 0 0 3 9 】

そこで、トンネルの基本情報に関する情報からの変状の発生可能性の評価について説明する。

## 【 0 0 4 0 】

トンネル構造としては、一般に覆工厚、トンネル形状、インバート ( 山岳トンネルにおいては掘削断面の底部に打設する逆アーチ形状のコンクリートのことをいい、シールドトンネルにおいては道床敷のコンクリートのことをいう ) の有無等が挙げられる。

## 【 0 0 4 1 】

また、地形としては土被り状態 ( 斜面地形、平坦地形など ) などの状況が挙げられる。

## 【 0 0 4 2 】

さらに、地質としては、火山岩、礫岩、蛇紋岩などが挙げられる。

## 【 0 0 4 3 】

そこで、例えば、上記したひび割れパターンのトンネルのトンネル構造が、単線であり、覆工厚 4 5 c m、インバートなし、地形は土被り 2 0 0 m、偏圧地形では無く、地質が

10

20

30

40

50

蛇紋岩である場合には、変状発生の可能性としては、塑性圧の可能性が高く、偏圧の可能性は低いことになる。

【0044】

次に、上記で得られた変状原因に基づき力学的健全度評価を出力する。

【0045】

上記した事例においては、「塑性圧の作用による変状の可能性が高い。よって、背面空洞がある可能性が高い。「圧ざ」が発生しており、変状ランクはIIIである。よって変状監視あるいは対策が必要である。」という判定が出される。

【0046】

なお、上記した事例においては、候補1に挙げたように、ひび割れ状態から見ると偏圧の可能性も考えられるが、トンネルの基本情報に関する情報を考慮すると、斜面地形でないことや、土被りが大きいことから、塑性圧の可能性の方がより高いと判定できる。

10

【0047】

このように、本発明によれば、「剥落に対する健全度」と「外力に対する力学的健全度」の2つの健全度を同時に診断できる特徴を有する。

【0048】

そこで、本発明のトンネル健全度診断システムの機能について説明する。

【0049】

本発明のトンネル健全度診断システムが有する機能として以下のものが挙げられる。

【0050】

20

(1) 変状展開図をCAD化している。判定はトンネルのスパンごとに行う。

【0051】

(2) 画像情報からひび割れを抽出し、CAD化した変状展開図上にプロットすることができる。

【0052】

(3) 閉合、交差、平行を自動的に判定し、健全度判定区分、 $\theta$ 、 $\phi$ を抽出することができる。

【0053】

(4) 画像情報からひび割れを変状展開図にプロットした場合、1つのひび割れが複数のひび割れに分断されて認識されることがある。本発明のトンネル健全度診断システムでは、図面上で2つ以上のひび割れであっても1つのひび割れと考えられるものは自動的に1つのひび割れと認識することができる。

30

【0054】

(5) ひび割れの長さを自動的に計算する。ひび割れが曲線である場合は、長さの近似値を計算することができる。

【0055】

(6) あらかじめひび割れ変状パターンを作成しており、各々のひび割れがひび割れ変状パターンに属するものであるかを照合することにより、外力に起因するひび割れを自動抽出する。また、ひび割れ変状パターンに属すると判定された各々のひび割れについて、その原因の推定と共に、幅、位置および寄与度を考慮して点数付けを行うことができる。

40

【0056】

(7) トンネルの周辺の地山条件、地形条件、建設時の施工条件、構造条件からそれぞれのひび割れ変状パターンが発生する蓋然性を評価する。これに上記(6)で該当したひび割れ変状パターンを考慮して、どのひび割れ変状パターンに属するかを最終的に決定する。

【0057】

(8) ひび割れ変状パターン毎に健全度の目安が決まっており、これに含まれるひび割れ等の点数を合わせて、外力による力学的健全度を評価することができる。

【0058】

(9) トンネルの全てのスパンについて、上記(3)と上記(8)を、一括して出力す

50

る。これにより、多くのスパンの健全度の低いところ分かる。

【0059】

また、外力による変状の可能性がある場合は、これについて詳細なコメントを出力することができる。

【0060】

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づき種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【産業上の利用可能性】

【0061】

本発明は、精度の高いトンネル健全度診断のツールとして好適である。

10

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1】本発明の実施例を示すトンネル健全度診断システムのブロック図である。

【図2】トンネルのひび割れ形状パターンの模式図(その1)である。

【図3】トンネルのひび割れ形状パターンの模式図(その2)である。

【図4】トンネルの剥落に対する健全度の自動判定の模式図である。

【図5】本発明の実施例を示すトンネルのトンネルの外力に対する力学的健全度の判定のためのひび割れ変状パターンの例を示す図である。

【図6】本発明の実施例を示すトンネルの外力に対する力学的健全度の判定のためのひび割れ変状パターンとの照合例を示す図である。

20

【図7】本発明の実施例を示すトンネルの外力に対する力学的健全度の判定例を示す図である。

【符号の説明】

【0063】

1 トンネル内面の画像データの入力部  
 2 トンネル内のひび割れ情報の入力部  
 3 トンネルの基本情報に関する情報(地形・地質・構造情報、環境情報、打音データ、変状監視データ)の入力部

10 情報処理装置

11 変状展開図作成部

30

12 画像解析部

13 剥落に対する健全度の判定部

14 外力に起因するひび割れ抽出部

15 ひび割れの照合・特定部

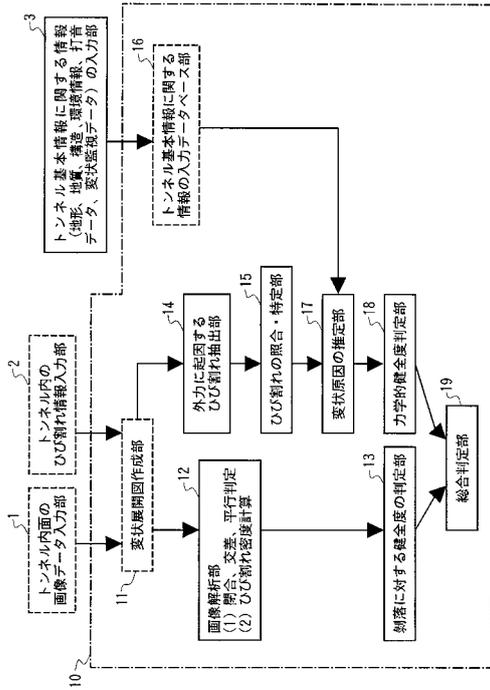
16 トンネルの基本情報に関する情報の入力データベース部

17 変状原因の推定部

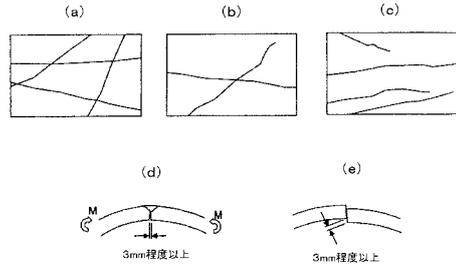
18 力学的健全度判定部

19 総合判定部

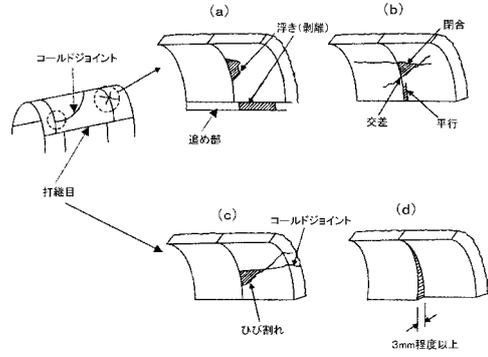
【 図 1 】



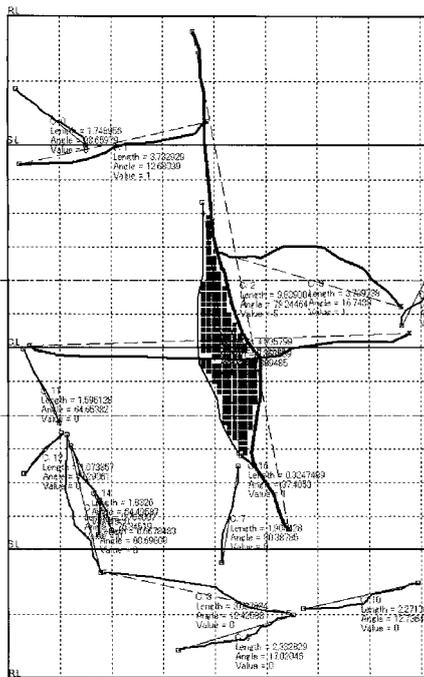
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】

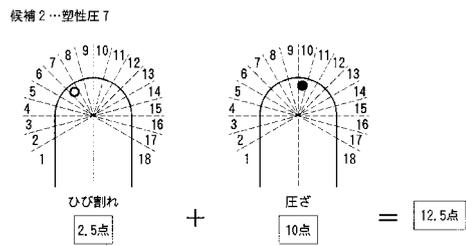
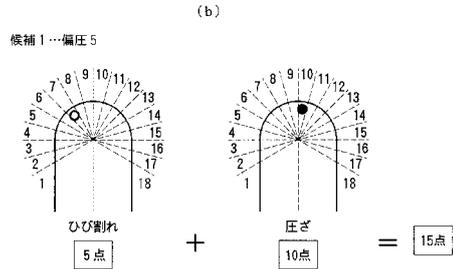
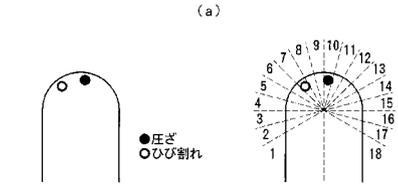


【 図 5 】

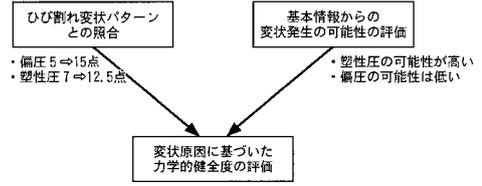
	判定 B相当	判定 A相当	判定 AA相当
偏圧	偏圧1	偏圧2 偏圧5 偏圧3 偏圧6	偏圧4 偏圧9 偏圧10 偏圧11
塑性圧	塑性圧1 塑性圧5, 6 塑性圧3	塑性圧2 塑性圧7, 8 塑性圧4	
鉛直圧	鉛直圧3	鉛直圧4, 5, 6	鉛直圧7 放射状ひび割れあり

- : ひび割れ
- ◎ : せん断ひび割れ
- : 圧ざ

【図6】



【図7】



例) 塑性圧の作用による変状の可能性が高い。  
 背面空洞がある可能性が高い。  
 「圧ざ」が発生しており、変状ランクはⅢである。  
 変状監視あるいは対策が必要である。  
 ひび割れ形態からみると偏圧の可能性も考えられるが、  
 斜面地形でないことや土質りが大きいことから、  
 塑性圧の可能性の方がより高いと考えられる。

---

フロントページの続き

(72)発明者 津野 究

東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財団法人 鉄道総合技術研究所内

(72)発明者 栗林 健一

東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財団法人 鉄道総合技術研究所内

(72)発明者 蒲地 秀矢

東京都国立市北1-7-23 国立ビル3F 株式会社ジェイアール総研情報システム内

審査官 小野 忠悦

(56)参考文献 特開平08-005565(JP,A)

特開2002-083017(JP,A)

特開2002-156459(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E21D 10/00-19/06

G06Q 50/00