

うき・はく落による変状の健全度評価に関する考察

砂金 伸治¹・角湯 克典²・真下 英人¹

¹正会員 独立行政法人土木研究所 道路技術研究グループ (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)
E-mail:n-isago@pwri.go.jp

²独立行政法人土木研究所 道路技術研究グループ (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

道路トンネルの健全度を適切に評価するためには、健全度に影響を及ぼす要因を予め把握するとともに、点検や調査結果の判定がなるべく定量的な指標を用いて行われる必要がある。本研究では、トンネルの点検や調査時に行われるひび割れ等の観察や打音検査等から得られる情報から、うき・はく落に対する健全度の評価に有効と考えられる評価指標の抽出を行い、その指標をもとに健全度の定量的な評価手法の確立に向けた考察を行った。その結果、打音の音質、ハンマー打撃による落下の状態、およびひび割れと材質劣化の状態に着目することによって、定量的に健全度を評価できる可能性を示した。

Key Words : tunnel, maintenance, health degree, inspection, judgment grouping, hammer test

1. はじめに

現在、供用中の道路トンネルでは各種の基準類^{1)~2)}に基づいて点検や調査が実施されている。点検等によってトンネルにひび割れや巻厚不足などの変状や構造的欠陥が発見された場合、対策工の必要性や実施時期の判断は、基準類やマニュアル³⁾等を参考としながら主として過去の経験や実績に基づいた定性的な評価により行われることが多い。今後、財源が制約される中で、効率的に道路トンネルの維持管理を実施するためには、点検や調査等を通じてトンネルのひび割れの発生状況、空洞の有無、覆工厚等の情報を的確に得る必要があるとともに、その情報から発生原因をなるべく正確に推定し、適切な対策を実施することが重要である。そのためには、変状の状態を客観的に判断できると同時に、トンネルの健全度を定量的に評価できる手法の確立が望まれる。

トンネルの変状には、大別して材質劣化による変状と、トンネル構造の安定に関わる、例えば外力による変状の両者があると考えられる。筆者らはこれまでに実施されてきた点検結果等の分析⁴⁾を進めているところであるが、判定区分の推移を考えた場合に変状が進行していると疑われる変状には前者によるものもあると考えられてきていることから、トンネルの健全度を評価するためには、その状態を評価する手法が必要であると考えている。そこで本検討では、トンネルの点検や調査時に行われるひ

び割れ等の観察や打音検査等によって得られる種々の情報から、材質劣化によって引き起こされることが多いうき・はく落に対して定量的に健全度を評価できると考えられる評価指標の抽出を行った。また、その評価指標をもとに変状の状態を判定し、その結果を用いて健全度を定量的に算定する手法の確立に向けた考察を行った。

2. うき・はく落に対する健全度評価指標の抽出

(1) 評価指標抽出のための対象変状事例

うきやはく落に対する健全度評価指標の抽出にあたっては、初めに既往のトンネルの点検や調査結果を参考に、覆工コンクリートのうき・はく落に関連した変状事例を収集し、文献^{1)~2)}に示されている点検や調査の判定区分を参考に打音検査等を実施し、変状の程度の判定を行った。表-1に検討に使用したうき・はく落が生じている場合のうき・はく落物の種類とその事例数を示す。変状事例は10本のトンネルの計114事例である。うき・はく落物の種類はコンクリートの塊状片(ブロック)、コンクリート片、コンクリート粗骨材、補修材料が多数を占める。また、変状現象の内訳については、ひび割れの発生や覆工材料の劣化、補修材料の劣化が多数を占めていた。

(2) 評価指標の抽出

うき・はく落に対する健全度評価を行うための手法の

構築であることから、それらの情報を得るための点検手法は基本的には近接目視と打音検査になる。すなわち、変状の程度を区分するための評価指標の抽出にあたっては、覆工コンクリートに直接触れることによって得られる打音検査による情報と、覆工コンクリートに直接触れることはせず、ある程度の距離からの外観で情報を得られる近接目視による情報の両者になることを前提とした。そこで、前節において得た種々のデータに対し、点検者が着目することが多いと考えられる指標を抽出した。

表-2に抽出した合計11の評価指標を示す。打音検査では打音による判定の目安が示されている¹⁾ことから打音の音質に着目した指標を使用するとともに、その後の応急措置で行われることが多いたき落とし作業の内容に関連づけ、ハンマー打撃による落下の状態について着目した指標を抽出した。また、近接目視からは覆工の外観の状態、すなわちひび割れや材質劣化の情報が得られることから、この両者の状態に着目した指標を抽出した。特に、ひび割れの状態に関しては、その特徴を代表できるひび割れや分離面に関する情報やひび割れによる閉合、ひび割れの派生や段差の有無、はく離等の情報に細分化するとともに、材質劣化の状態に関しては、骨材・異物等の情報や、漏水の凍結、そして表層の劣化に関する情報に着目した。

また、表-2に示すように抽出したそれぞれの評価指標に関して、その状態を説明するために2～3段階程度に状態を分類した。

ここで、本研究で健全度の定量化のために使用する評価指標は近接目視・打音検査により得られる情報に基づくものとなるため、遠望目視等で検討に用いられる定量的な評価手法に関しては別途検討する必要があることに注意を要する。また、うき・はく落に対する変状の健全度の評価を行うことを前提としているため、外力による変状に関してはここでは対象外としている。

(3) 抽出した評価指標による健全度評価点の試算

健全度の定量的な評価にあたっては、評価指標をもとに健全度評価点を算定することが望ましいと考え、そのための評価式を構築する必要がある。評価は以下の式(1)によって、健全度評価点の試算を行った。

$$Y = \sum_{i=1}^n W_i \cdot X_i \tag{1}$$

- ここに、Y：健全度評価点
- Wi：評価指標iに対する重み係数
- Xi：評価指標iに対する評価の基準点(Xi=0～1)
- n：評価指標の数(本検討では11)

表-1 検討に使用したうき・はく落物の種類

うき・はく落物の種類	事例数
片状コンクリート	21
塊状(ブロック化)コンクリート	32
コンクリート粗骨材	20
コンクリートモルタル分	7
鋼材(支保工・鉄筋)	0
補修材(セメント系)	25
補修材(非セメント系)	4
溶出物	2
その他	3
合計	114

表-2 抽出した評価指標

評価指標		説明	基準点Xi
大区分	小区分		
(A)打音の音質		濁音(薄さを感じる)	1.0
		濁音(鈍い音)	0.5
		清音	0.0
(B)ハンマー打撃による落下の状態		軽打で落ちる	1.0
		強打で落ちる	0.5
		強打しても落ちない	0.0
(C)覆工の外観の状態	(a)ひび割れの状態	ひび割れ・分離面が鋭角	1.0
		ひび割れ・分離面が鋭角	0.5
		ひび割れ・分離面が開く	1.0
		ひび割れ・分離面が開く	0.0
		ひび割れ等が閉合	1.0
		ひび割れ等で閉合が不完全	0.5
		ひび割れ等で閉合していない	0.0
		派生するひび割れがある	1.0
		派生するひび割れがある	0.0
		ひび割れに段差がある	1.0
		ひび割れに段差がある	0.0
	(b)材質劣化の状態	ひび割れ沿いにはく離	1.0
		ひび割れ沿いにはく離	0.0
		骨材・異物等が露出	1.0
		骨材が露出する変状を重要視する	0.0
		骨材が露出する変状を重要視しない	0.0

ここで評価指標に対する重み係数の決定には、種々の手法があると考えられるが、本検討では階層分析法(AHP)による考え方をを用い、複数の技術者が上記の評価指標のそれぞれに対して1対1評価を実施し、評価指標に対する重み係数Wiを決定した。具体的には、まず初めにトンネル専門技術者の9名に対し、表-2に示した(A)～(C)の大区分毎で重み係数を算定した。引き続いて(C)における(a)および(b)の小区分それぞれに対して重み係数を算定した。最終的には、全ての評価指標の重み係数の総和が100となるようにそれぞれの重み係数を配分した。各技術者に対して重み係数をそれぞれ算定し、9名の回答者から得られた重み係数の平均を算定したものを最終的な重み係数とした。また、表-3に示すように、9名の回答者に対しては本検討の目的を明確にするために評価指標の内容とその評価指標が想定している具体的で極端な事例をあらかじめ提示した。これは、評価指標それぞれが持つ意味を明らかにし、本検討の目的と異なる意味のばらつきが結果の中に含まれることが極力少なくなる

ように配慮するためである。

また、それぞれの重み係数に対して与える基準点は、本章における検討では全体の分布を把握するための試計算の位置づけとして、機械的に0～1.0として検討し、評価指標が2項目に分類される場合は0または1.0、3項目に分類される場合は0、0.5、1.0と割り振った。

(4) 健全度評価点の試計算結果

表-4に上述した手法によって得られた重み係数を示す。また、図-1にこの設定した重み係数をもとに、表-1に示した計114事例の変状に対して健全度評価点を試計算した結果を示す。なお、表-2および表-4に示した形で基準点を配したことから、評価点は0～100点で得られ、変状の程度が悪いほど得点は高くなり、健全であると考えられる場合には得点は低くなる。これより、判定区分が2AとAの敷居値が30点程度に分布していることが分かる。このことからうき・はく落に対して抽出した評価指標を用いて、定量的に健全度を評価することが可能であると考えられる。

しかしながら、現在のトンネルの点検、特に初回定期点検では打音検査と近接目視が併用されていることから、打音検査による(A)および(B)の着眼点と、外観によって求められる(C)の着眼点における重み係数に大きく齟齬が生じていると適正な点検結果とならない可能性がある。そこで、この影響を最小とし、重み係数などの妥当性を検討する目的で、得られた重み係数を変状事例のデータおよび階層分析法による評価結果の観点から精査を行ったうえで、重み係数を設定することにした。

3. うき・はく落に対する健全度評価法の検討

(1) 覆工の外観に関連する評価指標の妥当性の検証

上述までの評価指標を用いたうえで、階層分析法に基づく重み係数の適正化を図るにあたって、従来の点検手法の内容と照らし合わせて検討を行った。

初めに覆工の外観に関連、すなわち、近接目視に関連する評価指標の妥当性の検証を行った。図-1に示した結果において、打音に関する評価指標である(A)と(B)の指標を除外し、(C)に示した外観による9つの特徴的な変状項目のみで写真を用いて114の変状事例を見直して評価点を検討した。その結果、判定区分が2Aや3Aとなった場合でも、試算した評価点はAやB程度であるものが散見された。これらの変状をさらに検証したところ、写真-1に見られるような「骨材・異物等が露出」している状況が顕著な変状であることが分かった。表-4に示した結果にあるようにこの評価指標に対する重み係数は非常に小さく、逆に「表層劣化・はく離」に関する重みは大き

表-3 評価指標の具体的な内容

評価指標		説明	想定する極端な事例
(A)	打音の音質	打音の音が異音である変状を重要視する	ひび割れや、材質劣化の有無にかかわらず、打音で異音がする箇所を、より健全度が低いものと判定する
(B)	ハンマー打撃による落下の状態	打撃によって、覆工材料が分離、落下する変状を重要視する	ひび割れや、材質劣化の有無にかかわらず、点検ハンマーの打撃によって、はく離や落下してしまう状態の箇所を、より健全度が低いものと判定する
(C)(a)	ひび割れの状態	ひび割れの状態を重要視する	打音結果に関係なく、ひび割れが密集していたり、せん断ひび割れや、開口したコールドジョイント、ひび割れが閉合している箇所などを、より健全度が低いものと判定する
(C)(b)	材質劣化の状態	材質劣化の状態を重要視する	打音結果に関係なく、覆工や補修材の表面が劣化している箇所を、より健全度が低いものと判定する

表-4 試計算に基づく重み係数

評価指標		説明	基準点Xi	重み係数Wi		
大区分	小区分					
(A)打音の音質		濁音(濁さを感じる)	1.0	34		
		濁音(鈍い音)	0.5			
		清音	0.0			
(B)ハンマー打撃による落下の状態		軽打で落ちる	1.0	46		
		強打で落ちる	0.5			
		強打しても落ちない	0.0			
(C)覆工の外観の状態	(a)ひび割れの状態	ひび割れ・分離面が鋭角	鋭角のひび割れ	1.0	10	0.5
			不明	0.5		
		ひび割れ・分離面が開口	開口している(1mm程度以上)	1.0		1.4
			開口していない(1mm程度未満)	0.0		
		ひび割れ等が閉合	ひび割れ等で完全に閉合	1.0		3.8
		ひび割れ等が閉合	ひび割れ等で閉合が不完全	0.5		
			ひび割れ等で閉合していない	0.0		
		派生するひび割れがある	主ひび割れから派生するひび割れがある変状を重要視する	1.0		0.5
			主ひび割れから派生するひび割れがある変状を重要視しない	0.0		
	ひび割れに段差がある	せん断による段差がある	せん断による段差がある	1.0	1.2	
			せん断による段差がない	0.0		
		ひび割れ沿いにはく離	ひび割れ沿いにはく離が見られる変状を優先する	1.0	2.5	
			ひび割れ沿いにはく離が見られる変状を優先しない	0.0		
	(b)材質劣化の状態	骨材・異物等が露出	骨材が露出する変状を重要視する	1.0	0.8	
			骨材が露出する変状を重要視しない	0.0		
		漏水の凍結	漏水が凍結膨張する環境を重要視する	1.0	1.9	
			漏水が凍結膨張する環境を重要視しない	0.0		
		表層劣化・はく離	表層のはく離、補修材のうきを重要視する	1.0	7.3	
			表層のはく離、補修材のうきを重要視しない	0.0		

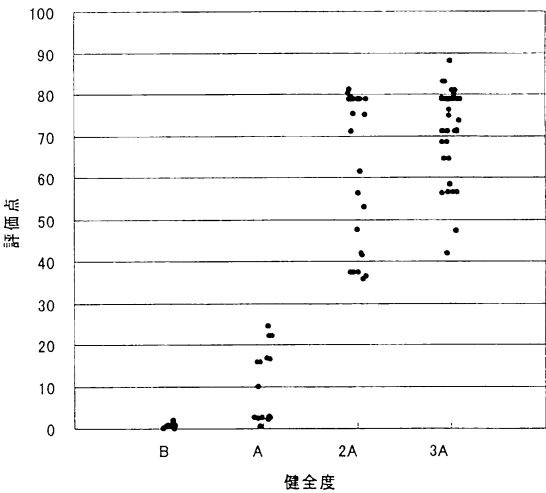


図-1 試計算に基づく評価点の分布

くなっていることから、「骨材・異物等が露出」のみの変状の評価点が著しく低い結果になったと推定した。そ

ここで実際に回答者から得られた内容をもとに、改めて9つの特徴的な変状項目のみの評価点を再計算した。その結果、新たな重み係数として、「(b)材質劣化の状態」によるものは、それぞれ3.3, 2.8, 3.9に修正するのが望ましいといった結果が得られた。

上記の結果に基づき、(C)に示した9つの指標のみを用いて評価点を修正した結果を図-2に示す。これより、判定区分が3Aに近づくほど評価点も高い値となり、実際の現象に見合った評価ができるものと考えられる。ただし、この(C)に示した項目のみを用いても、判定区分の2AとAの境界を明確には区分できない。この点は特徴的な変状項目を外観のみで判断することで評価点を算定する限界もあることも予想されるため、データの蓄積を行った上での検討が引き続き必要になると考えられる。

(2) 打音検査に関連する評価指標の妥当性の検証

次に、打音検査がはく落の状態を判定するための主要な方法であることから、打音の音質とハンマー打撃のみに着目した場合で、うき・はく落の判定が可能かどうかに関する検証を行った。併せて評価の基準点の値の設定の妥当性の検証も行った。これまでの試算では評価指標の説明を2～3段階程度に分け、0, 0.5, 1.0の基準点を機械的に割り当てたが、実務上で結果の整合を図るためには基準点を変更する必要もあると考えたためである。

重み係数自体は是であるものと仮定した場合で基準点を変更する検討を行った。この場合、表-2や表-4における(A)と(B)の指標を基本とし、その上に(C)によって得られる9つの特徴的な変状項目の配点を上積みする方法を考えた。その理由は9つの特徴的な変状項目に該当する変状現象が生じていない場合でも、濁音とハンマー打撃によって覆工コンクリートが不安定化する、すなわち落下する可能性が明らかに存在すると考えられるケースでは、現行の基準類に則った場合は調査に基づく判定区分が2Aまたは3Aと判定されるのが望ましいと考えられるためである。

ここで、表-5に打音の音質とハンマー打撃による落下の状態の組合せと判定区分の関連性の考え方の仮定を示す。表-5をもとに、打音検査で判定区分が決定され、さらに実務上における安全性を考慮し、B→A, A→2A～3A等に判定区分を変更する、すなわち9つの特徴的な変状項目のみの加算で判定区分を変更することを想定する。この場合、以下のルールを適用するものと仮定した。

- 判定区分がAの変状では、打音異常が認められる変状であり、9つの特徴的な変状項目の「ひび割れ等の状態」または「材質劣化の状態」の多くの項目が該当、すなわち基準点で示すところの1.0となる事象が発生しているような変状のケースでは、は

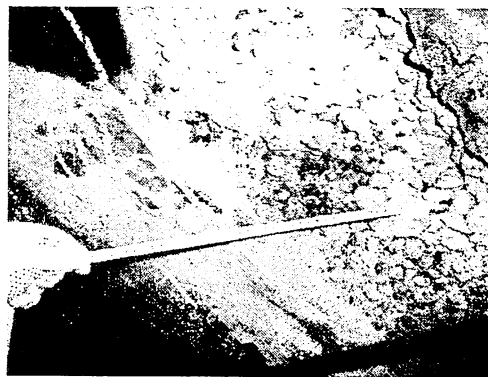


写真-1 骨材が露出している変状例

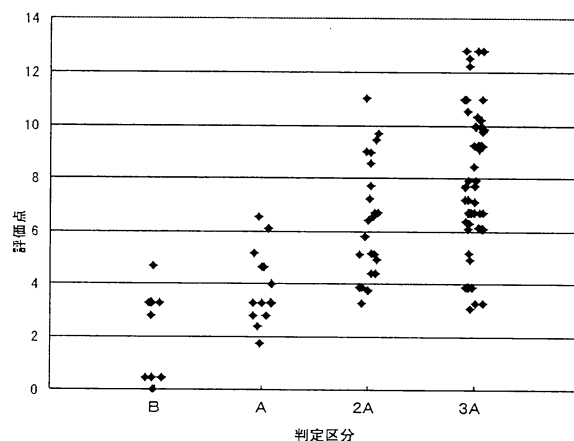


図-2 9つの特徴的な変状項目のみのでの評価点

表-5 打音検査の判定区分の考え方の仮定

		(A)打音の音質		
		濁音(薄さを感じる)	濁音(鈍い音)	清音
(B)ハンマー打撃による落下の状態	軽打で落ちる	(3A)	—	—
	強打で落ちる	2A～3A		—
	強打しても落ちない	A		B ^{注)}

(注)清音であってもひび割れが閉合する場合はAとする

く落の危険度が高まっているものと予想されることから、判定区分が2A～3Aとなるようにする

- 判定がBの変状では、9つの特徴的な変状項目の該当項目があったとしても、打音が清音で強打でもはく落しない程度の変状であることから、BからAへの判定区分の変更は行わないものとする

ここで、表-5の仮定に基づいた場合で、(A)の「濁音(鈍い音)」と(B)の「強打で落ちる」について、上述の判定区分が変更されうるケースを机上にて検討した。すなわち、それぞれの基準点が0.5を中心に±0.1点ずつ変動させて、(A)と(B)の評価点の総和を算定した。ここで一例として表-6に(A)と(B)の基準点の中間値が0.5である場合の評価点の分布を示す。表-5と表-6を比較すれば、評価点が40点以上では判定区分が2Aまたは3A、17～34

点であれば判定区分がAとなることを示している。

ここで、実際の事例を分析し、(C)に示されたひび割れの状態と材質劣化の状態に対して、実際に現象として観察されている評価項目の組み合わせを分析した。その結果、表-5および表-6でAと判定された変状が2A～3Aに変更される必要がある場合、(C)における最小の評価点の組合せとして合計点として3.0が確保されれば、安全側で見た場合に望ましいことが分かった。それは例えば(a)の項目であれば、ひび割れが鋭角、派生するひび割れが重要視される場合、ひび割れ沿いにはく離が見られるといった現象が同時に存在した場合であった。また、(b)の項目であれば、骨材・異物等が露出している場合、または表層劣化・はく離の一方でも見られると評価されている場合であった。ここで、基準点が0.5を中心に±0.1点ずつ変動させた検討を行ったところ、「濁音(鈍い音)」と「強打で落ちる」の項目のうち、「濁音(鈍い音)」については0.4に修正することが望ましいと考えられた。なお、(B)について0.4に修正した場合は、判定区分の差が小さくなりすぎることと判定が出来なくなると考えられ、また、一方どちらかでも0.6とした場合については、(C)の項目の点数を上積みしても判定区分が変更されることがないと考えられたため検討から除外されることになった。また、今回は基準点が0.5を中心に±0.1点ずつでの検討を実施しているが、その組合せは無数にある。組合せによっては重み係数自体の設定にも関係するため本検討では基準点を大きく変えないと考えられる範囲での比較にとどまっているが、今後はデータの蓄積を踏まえた上での検討が望まれる。

また、これ以外では、打音検査で明確に特徴が得られるAとBの項目以外では、その現象が見られる場合のみに1.0または0.5の基準点で示される重みの項目が付加されるとし、評価項目に対して基準点が0であるものは除外し、また、「ひび割れ・分離面が鋭角」の「鋭角のひび割れ」または「不明」という判別に関しては、実務上判別に混乱をきたすため表-2や表-4の「不明」は表現を改めた。

(3) 健全度評価点の算定結果

これまでの検討によって得られた基準点と重み係数を表-7に示す。なお、検討に基づいて基準点および重みを変更したところはハッチングを施している。また、これらに基づいて算定したうき・はく落に対する健全度評価点の傾向を図-3に示す。この結果より実際の点検によって得られる情報をもとにうきやはく落に対する評価に関して、今回の評価式の導入によって、2AとAの定量的な敷居値を設定できる可能性があるものと考えられる。

ただし、これまでも述べたように基準点の変更につ

表-6 仮定に基づく評価点の傾向
(A)と(B)の基準点の中間が0.5の場合)

		(A)重み係数=34		
		濁音(薄さを感じる)	濁音(鈍い音)	清音
(B)重み係数=46	軽打で落ちる	80	—	—
	強打で落ちる	57	40	—
	強打しても落ちない	34	17	0

表-7 うき・はく落に対する評価点

評価指標		説明		基準点Xi	重み係数Wi	
大区分	小区分					
(A)打音の音質		濁音(薄さを感じる)		1.0	34	
		濁音(鈍い音)		0.4		
		清音		0.0		
(B)ハンマー打撃による落下の状態		軽打で落ちる		1.0	46	
		強打で落ちる		0.5		
		強打しても落ちない		0.0		
(C)選工の外観の状態	(a)ひび割れの状態	ひび割れ・分離面が鋭角	鋭角である	1.0	10	0.5
			鋭角ではない	0.0		
		ひび割れ・分離面が開口	開口している(1mm程度以上)	1.0		1.4
			開口していない(1mm程度未満)	0.0		
		ひび割れ等が閉合	ひび割れ等で完全に閉合	1.0		3.8
			ひび割れ等で閉合が不完全	0.5		
		派生するひび割れがある	ひび割れ等で閉合していない	0.0		0.5
			主ひび割れから派生するひび割れがある変状を重要視する	1.0		
		ひび割れに段差がある	主ひび割れから派生するひび割れがある変状を重要視しない	0.0		1.2
			せん断による段差がある	1.0		
	(b)材質劣化の状態	ひび割れ沿いにはく離	せん断による段差がない	0.0	10	2.5
			ひび割れ沿いにはく離が見られる変状を優先する	1.0		
		骨材・異物等が露出	ひび割れ沿いにはく離が見られる変状を優先しない	0.0		3.3
			骨材が露出する変状を重要視する	1.0		
		漏水の凍結	骨材が露出する変状を重要視しない	0.0		2.8
			漏水が凍結膨張する環境を重要視する	1.0		
		表層劣化・はく離	漏水が凍結膨張する環境を重要視しない	0.0		3.9
			表層のはく離、補修材のうきを重要視する	1.0		
			表層のはく離、補修材のうきを重要視しない	0.0		

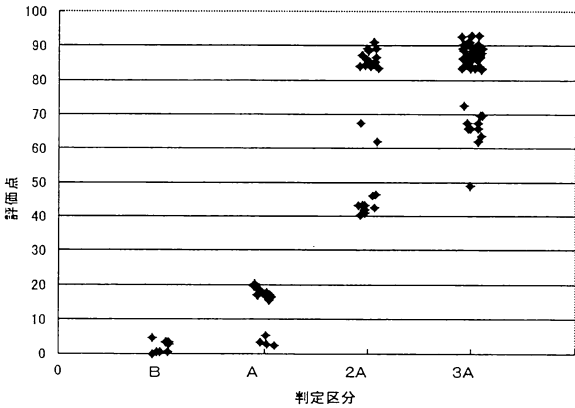


図-3 うき・はく落に対する評価点の分布

いては、実際に得られた変状例に照らし合わせて検討していることから、さらに事例等の詳細な分析を行い、その妥当性も含めてさらなる検討が必要である。

4. まとめと今後の課題

本検討では、道路トンネルの点検データを使用し、ト

ンネルの点検や調査時に行われる打音検査や近接目視から得られる情報をもとに、うき・はく落に対する健全度の評価に有効と考えられる評価指標の抽出を行い、その指標をもとに健全度の定量的な評価手法の確立に向けた考察を行った。

その結果、打音の音質、ハンマー打撃による落下の状態、およびひび割れと材質劣化の状態に着目することによって、うき・はく落が見られるに関して定量的に健全度を評価する手法の確立に一定の可能性あることを示した。本検討で得られるうき・はく落に関する評価点と評価式に関しては、近接目視と打音検査によって得られる評価指標により構成されていることから、近接目視と打音検査を繰り返すことにより、うき・はく離に関する変状の進行度合いを定量的に把握でき、データを継続的に取得できれば点検の間隔、監視のあり方、そして劣化予測を行える可能性を有している。

ただし、本検討で着目した評価指標や、算定した重み係数や評価式に関しては以下に挙げる検証が引き続き必要である。

第一にうき・はく落の健全度の評価に関しては重み付けの妥当性の検証が必要である。すなわち、今回の評価指標に対する重み付けは階層分析法に基づいた手法により、トンネルの点検等に精通する技術者が実施したが、それでも判定する人間の主観が反映するものであり、個人差が生じる性質のものである。なるべくその影響を除去するために経験や専門が若干異なる個人差を考慮し、その妥当性について検証を行ったが、本手法が普遍的に適用できるかについて、実際の現場における適用性を検証しながら、さらなる検討が必要であると考えられる。

第二に本検討では評価指標の説明を2～3段階程度に分け、それらに対して0～1.0の基準点を割り当て、重みを階層分析法によって求めた結果をうえて、実務上に適合する形で重みや基準点を変更した。この基準点の割り当てや適合性に関しても、現場における試験的な適用を踏まえて検証を行う必要がある。また、評価指標が表-2や表-4に示した内容で過不足がないかどうかの検証もさらに行われる必要がある。

第三に、評価点の算定に関しては判定区分の考え方の仮定等を設定しているが、これについても今後の検討や事例の検証等を踏まえる必要があると考えられる。

上記の課題の解決を図る必要があるとともに、本検討における評価式は打音検査や近接目視のための評価式である。しかし、実際には常に近接目視や打音検査を行うことが不可能である場合も多い。特に二回目以降の定期点検では最初に徒歩による遠望目視を行った上で、近接目視を必要とする変状箇所に対して、近接目視等が実施されることになっている。本検討における評価式を用いた定量的な評価について、重点的に監視を必要とするような変状を対象とする場合への適用性が高いと想定されるが、それ以外の変状に対しては、遠望目視によって変状の進行性を判別する必要がある。そのためには、遠望目視の段階やそれより前の段階で行われることがあるスクリーニング等の段階で用いる評価指標と評価式の構築が必要であると考えられる。このため、遠望目視等の段階で使用できる評価項目、評価式を別途検討する必要がある。特に、今回検討した評価指標のうち、(C)で示した9つの特徴的な変状項目に関しては健全度と比較的良好な相関が認められるため、同じ指標を遠望目視に適用できる可能性を有していると想定されるが、トンネル内の視認条件の制約等も大きいことから引き続き検討を行う必要がある。さらに、うき・はく落の正確な評価は打音検査によってしか判別できないといった課題がある一方、これらの特徴的な変状項目に着目した場合でどの程度の正確性が得られるのかの検討が必要である。

今後はこれらの課題の解決を図り、合理的な点検・診断方法の確立に関する検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局国道課：道路トンネル定期点検要領(案)，平成 14 年 4 月
- 2)(社)日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧，平成 5 年
- 3) 真下英人，石村利明：道路トンネル変状対策工マニュアル(案)，土木研究所資料第 3877 号，2003 年 2 月
- 4) 松岡誠二，砂金伸治，角湯克典：既設トンネルの変状の発生状況に関する一考察，第 65 回年次学術講演会第 VI 部門，VI-037, 2010

THE QUANTITATIVE HEALTH EVALUATION FOR EXISTING TUNNEL AGAINST SCALING AND SPALLING

Nobuharu ISAGO, Katsunori KADOYU and Hideto MASHIMO

In order to evaluate the health degree of road tunnel properly, it is essential that the factor which influences on the health is grasped in advance and that the judgment of inspection and investigation is

achieved by quantitative parameters. The parameters, to evaluate the health degree of tunnel with scaling and spalling, based on the information from inspection and survey of tunnel such as crack and the situation of hammer test was examined. Also the quantitative method for evaluation of health degree was discussed. The possibility of establishing the method was shown through the data of the sound of hammer test, falling situation of lining concrete during hammer test and the situation of crack and deterioration of crack.