

### 3.13 【特別セッション（維持管理）】すぐに役立つ道路構造物の維持管理 （道路構造物研究部長 真下 英人）

ただいまご紹介いただきました道路構造物研究部長の真下でございます。「すぐに役立つ道路構造物の維持管理」と題してお話をさせていただきます。

#### —スライド（講演内容）—

本日お話をさせていただく内容でございますが、道路構造物の老朽化対策は大きな課題となっており、今年の7月から道路橋、道路トンネルなどを対象に定期点検を行うことが義務付けられております。このため、本日は維持管理における技術基準の体系について簡単に紹介したうえで、技術者が現場で実際に点検と診断を行う際にぜひ知っておいていただきたいことを道路橋における点検のポイント、それから道路トンネルにおける診断のポイントとして紹介させていただきたいと思っております。

#### —スライド（維持管理における技術基準の体系）—

まず初めに、維持管理における技術基準の体系について簡単に紹介させていただきます。

#### —スライド（維持管理における技術基準の体系）—

道路構造物の老朽化対策を進めるには点検、診断、措置、記録というメンテナンスサイクルを確立することが重要となっております。このため、昨年には道路法が改正されまして、維持、点検、措置を講じることが規定されております。また、本年の3月には省令・告示が公布され、トンネル、橋などを対象に定期点検が規定されております。



写真-16 道路構造物研究部長 真下 英人

## すぐに役立つ 道路構造物の維持管理

平成26年度 国土技術政策総合研究所 講演会  
平成26年12月3日

国土技術政策総合研究所  
道路構造物研究部長 真下英人

### 講演内容

- ・維持管理における技術基準の体系
- ・道路橋における点検のポイント
- ・道路トンネルにおける診断のポイント

国総研 国土技術政策総合研究所  
National Institute for Road and Transport Safety and Management

### 維持管理における技術基準の体系

その内容としましては5年に1回近接目視を基本として実施すること、健全性の診断結果を4段階に区分することとなっております。また本年の6月には省令の規定に基づいて行う点検の最小限の方法、記録項目を規定した定期点検要領が道路橋、あるいは道路トンネルなどを対象に通知されているところでございます。

—スライド（健全性の診断結果の分類に関する告示）—

これは健全性の診断結果の分類に関する告示でございます。診断結果は1～4までに区分することになっておりまして、1が健全、2が予防保全段階、3が早期措置段階、4が緊急措置段階となっております。特に4の緊急措置の段階では「構造物の機能に支障が生じている、または生じる可能性が著しく、緊急に措置を講ずべき状態」となっておりまして、4の段階では緊急に措置を講ずることが求められます。

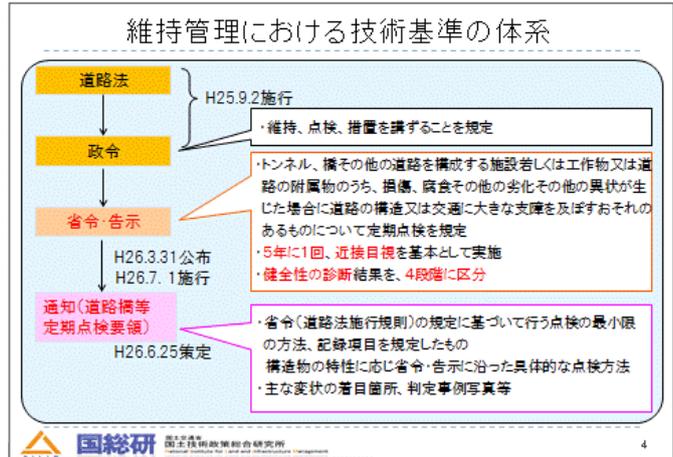
このような区分は道路橋、トンネル等すべての構造物に共通な分類でありまして、路線や地域などのマクロ的な状態把握が可能となっております。

—スライド（定期点検要領（平成26年6月））—

次に定期点検要領の概要でございますが、対象は道路橋、道路トンネル、シェッド・大型カルバート等、横断歩道橋、門型標識等となっております。

定期点検要領の内容でございますが、道路橋の場合には定期点検について最低限行われるべき事項と考えられる方法、記録項目を具体的に記したものとなっております、各項目について具体的な考え方や留意点を補足しております。また、一般的構造と主な着眼点、判定の手引きを付録として添付しております。

ほかの構造物につきましても、ほぼ同様な内容となっております。



健全性の診断結果の分類に関する告示

区分(告示)		例示(イメージ)	
I	健全 構造物の機能に支障が生じていない状態	—	
II	予防保全段階 構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態	・過剰適切な修繕により健全な状態に回復可能な損傷(80年を越えても使用可能)	
III	早期措置段階 構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態	・海岸部など立地環境の厳しい場所等で発生する塩害による断面欠損など放置すると4～5年のうちに致命的な状態になる損傷 ・大型車交通の影響による圧縮の損傷など放置すると4～5年のうちに緊急の対応が必要となる損傷	
IV	緊急措置段階 構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態	・圧縮の逃げ落ちが発生する可能性があるなど緊急の修繕が必要な損傷 ・桁のPCケーブル断断など致命的な損傷(落橋のおそれがあり通行止め等の必要)	

道路橋だけでなくトンネル等すべての構造物に共通な分類であり、路線や地域などのマクロ的な状態把握が可能。

定期点検要領(平成26年6月)

① 道路橋 ② 道路トンネル ③ シェッド・大型カルバート等  
④ 横断歩道橋 ⑤ 門型標識等

**道路橋定期点検要領**

- 道路法施行規則第4条の5の2の規定に基づいて行う定期点検について、最低限行われるべき事項と考えられる方法、記録項目を具体的に記したものの。
- 各項目について、具体的な考え方や留意点を補足。
- 「一般的構造と主な着眼点」、「判定の手引き」を付録として添付。

—スライド（道路橋における点検のポイント）—

それでは、ここからは道路橋における点検のポイントについてお話をさせていただきます。

—スライド（道路橋の点検の難しさ）—

まず、道路橋の点検の難しさはどこにあるかということですが、1つには各種の橋梁形式があるということ、構造が非常に複雑であるということ、それから多様な使用材料や損傷があるということがあげられます。また外観目視では把握できない損傷、例えばこのようにコンクリートが変色している、あるいは土中の基礎に損傷があるなどがあげられます。従いまして、変状を見逃さないためには、点検者には知識、技能が必要となってまいります。

—スライド（道路橋の点検におけるポイント）—

本日お話する道路橋の点検のポイントは大きく2つございます。1つ目は近接目視の必要性、重要性。2つ目が各部材の点検のポイントとなっております。

—スライド（遠望目視の限界支間中央部の内桁での大きな亀裂）—

まず、近接目視の必要性であります。第一に遠望目視では見ることのできる範囲に限界があるということがあげられます。例えば、このような支間中央部の内桁に発生している大きな亀裂、これは遠望では見つけることはできません。

## 道路橋における点検のポイント

### 道路橋の点検の難しさ

- ▶ 各種の橋梁形式、複雑な構造、多様な使用材料や損傷



- ▶ 外観目視では把握できない損傷



コンクリートが変色しているが？



土中の基礎の損傷は？

変状を見逃さないために、  
点検者には、知識、技能が必要

### 道路橋の点検におけるポイント

- ▶ 近接目視
  - ✓ 遠望目視の限界
  - ✓ 打音や触診
- ▶ 各部材の点検のポイント
  - ✓ 鋼部材
  - ✓ コンクリート部材
  - ✓ 下部構造
  - ✓ 支承・附属物 等



### 遠望目視の限界



遠望では発見不可能な支間中央部の内桁での大きな亀裂の発生

—スライド(遠望目視の限界遠望目視での死角)—

また遠望目視には死角があることがあげられます。このような桁の端部、あるいは支承部、これらは遠望目視で見ることにはできません。

—スライド(遠望目視の限界目視距離による見え方の違い(ひびわれ))—

さらに目視距離によって把握できる情報の信頼性が異なることがあげられます。遠い距離からの目視ではひび割れを見逃したり、あるいは蜘蛛の巣をひび割れと誤認したり、このようなリスクが存在いたします。

—スライド(必要に応じて、打音や触診を)—

一方、近接目視の場合には正確な事象が捕捉できるほか、測定により定量的に状態を把握することができます。また、必要に応じて打音や触診が必要となる場合があります、例えばこのような合マークがないボルトのゆるみ、あるいは外見上の変化が見られないボルトの破損、このようなものは目視では見つけることができず打音や触診が必要になってまいります。近接目視の場合にはこのような打音や触診を行うことが可能となります。

—スライド(第三者被害の懸念のある状態(うき、はくりなど)は速やかに措置することが不可欠)—

また、第三者被害の懸念のあるうき、はくりなどは速やかに措置することが不可欠でありまして、例えばこのような橋脚張り出し部、床版の下面に発生したうき、はくりなどの見落とし、処置漏れは第三者被害に直結するため注意が必要となります。

このようなはくりなどは打音により見つかる

遠望目視の限界

遠望目視では、死角がある



遠望目視での死角



桁端部



支承部

遠望目視の限界

目視距離による見え方の違い(ひびわれ)



見逃しリスクの存在      誤認リスクの存在      正確な事象の捕捉

- ✓ 目視距離によって、把握できる情報の信頼性が異なる。
- ✓ 近接目視の場合には、正確な事象の捕捉の他、測定により定量的に状態を把握できる。

必要に応じて、打音や触診を



合マークがなく目視ではゆるみを判断できない。



破損ボルトに外見上の変化が見られない事例(打音により発見)

第三者被害に懸念のある状態(うき、はくりなど)は速やかに措置することが不可欠



橋脚張り出し部



床版下面

見落とし、処置漏れは第三者被害(コンクリート片落下)に直結



国総研 国土交通省政策総合研究所

ものでございまして、また打音を行う際には軽微な浮きであればその場で叩き落とすことができるというようなことがあります。

—スライド（写真撮影時のポイント）—

また、点検時には写真撮影を行います。写真撮影にもいくつかのポイントがございます。1つ目は黒板を入れ撮影地を特定すること。2つ目は対象や目的を明確に構図を工夫することでございます。これはよい例で撮影対象が明確で、寸法の記載があり規模の把握が可能です。一方悪い例としましては、撮影対象が不明確で、黒板位置が悪く内容が確認できない、あるいは黒板が主となっており損傷が把握しにくいといったものであります。

**写真撮影時のポイント**

- ✓ 黒板を入れ、撮影位置を特定。(橋梁名、部材名、部材番号、損傷の種類) ただし、黒板で撮影対象物を隠さないように。
- ✓ 対象や目的を明確にし、構図(撮影対象物の大きさ)を工夫。
- ✓ スケールが判るようなものを添えておくことが望ましい。
- ✓ 様式にこだわらず、必要な情報を写真として記録しておくことが望ましい。

【良い例】



撮影対象が明確  
寸法の記載があり規模の把握が可能。

【悪い例】



撮影対象が不明確  
黒板位置が悪く、内容を  
確認できない。



黒板が主となっており、損傷  
が把握しにくい。

**国総研** 国土技術政策総合研究所

—スライド（鋼部材の点検のポイント：腐食（腐食しやすい箇所））—

ここからは各部材の点検のポイントについて紹介をしてみたいと思います。まずは鋼部材の腐食であります。これは桁の端部、排水装置の直下、あるいは高力ボルト連結部に発生した腐食の例であります。鋼部材の腐食につきましては発生しやすい箇所がほぼ決まっております。具体的には漏水の多い桁の端部、水平材上面など滞水しやすい箇所、通気性、排水性の悪い支承部周辺や連結部、泥、ほこりの堆積しやすい下フランジの上面、溶接部などとなっております。

**鋼部材の点検のポイント：腐食**



桁端部の腐食  
下フランジ部が特に進行している



排水装置直下の腐食



高力ボルト連結部の腐食

- ✓ 腐食しやすい箇所：
  - ・漏水の多い桁端部
  - ・水平材上面など滞水しやすい箇所
  - ・通気性、排水性の悪い支承部周辺や連結部
  - ・泥、ほこりの堆積しやすい下フランジの上面
  - ・溶接部 等

**国総研** 国土技術政策総合研究所

—スライド（鋼部材の点検のポイント：腐食）—

また主桁に関しましては、この例のように主桁の外側では一般部では異常な錆は見られなくても、下フランジとウェブの溶接部で著しい腐食と断面欠損が生じて、部材の剛性や耐荷力が大きく低下している場合があること、あるいは主桁の内側でも全体にわたり著しい腐食や

**鋼部材の点検のポイント：腐食**



主桁外側

ウェブ一般部では、異常なさびは見られない。(1箇所亀裂)  
下フランジとウェブの溶接部で著しい腐食と断面欠損



主桁内側

全体にわたり、著しい腐食や断面欠損

- ✓ 雨水により表面が洗われる外面よりも内面で異常なさびが進行することがある。
- ✓ ウェブやフランジの断面欠損が大きい場合でも、接合する溶接部の断面欠損が大きい場合、部材の剛性や耐荷力が大きく低下していることが見込まれる。

**国総研** 国土技術政策総合研究所

断面欠損が生じている場合があること。このようなことに留意する必要があります。

—スライド（鋼部材の点検のポイント：亀裂・破断）—

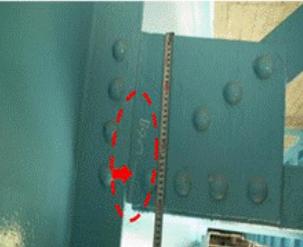
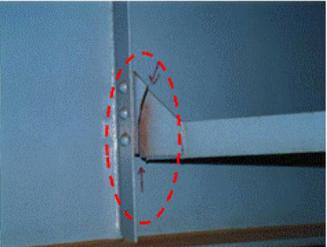
次に鋼部材の亀裂・破断であります。亀裂・破断に関しましてはまず対象とする部材によって亀裂の橋全体への影響が大きく異なるということに留意する必要があります。

すなわち水平荷重に抵抗する部材としましては対傾構、横構などがありますが、これらの部材に発生する亀裂の橋全体への影響は限定的となっております。

鋼部材の点検のポイント：亀裂・破断



主に**水平荷重に抵抗**する部材：対傾構、下横構、床版  
亀裂の橋全体への影響は、限定的。

国総研 国土技術政策総合研究所  
18

—スライド（鋼部材の点検のポイント：亀裂・破断）—

一方、鉛直荷重に抵抗する部材としましては、主桁、横桁などがありますが、これらに発生する亀裂は致命的となる可能性があり、損傷の大きさだけで部材や橋におよぼす影響は決まらないことに留意する必要があります。

鋼部材の点検のポイント：亀裂・破断



主に**鉛直荷重に抵抗**する部材：主桁、横桁、床版  
亀裂は、致命的となる可能性がある。  
✓ 損傷の大きさだけで、部材や橋に及ぼす影響は決まらない。




国総研 国土技術政策総合研究所  
19

—スライド（コンクリート部材の点検のポイント：変色）—

次にコンクリート部材の点検のポイントであります。まず1つ目は、変色に着目するという点であります。これはPC箱桁下床版の下面に変色部が発生した例であります。変色部をはつてみたところ、このようなPC鋼材の著しい腐食・破断が見られた例であります。このようにコンクリート変色部では、内部で損傷が進行している場合があるため注意が必要となっております。

コンクリート部材の点検のポイント：変色



PC箱桁下床版下面に変色部



変色部のはつり調査



PC鋼材の著しい腐食・破断

✓ コンクリート変色部では、内部で損傷が進行している場合がある。

国総研 国土技術政策総合研究所  
20

—スライド（コンクリート部材の点検のポイント（補強部材の損傷））—

次に補強部材の損傷であります。これは塩害による断面修復箇所、それからその外側でひび割れやうきが発生した例であります。このように補修または補強した箇所では、再劣化に注意が必要で

あり、補強効果が失われていたり、内部で損傷が進行している可能性があります。

—スライド（コンクリート部材の点検のポイント（PC）間詰め部）—

また、コンクリート部材ではPC橋のT桁の間詰め部、この部分であります。この部分にも注意を払う必要があります。特にPC橋の標準設計は1969年に改訂されており、この改訂以前の設定ではフランジ端部にテーパがありませんので、間詰め部との境界が劣化すると、このような間詰めコンクリートの抜け落ちが発生する可能性があるため注意が必要となってまいります。

—スライド（床版の点検のポイント）—

次に床版の点検のポイントであります。床版におきましては、まず舗装の異常に着目することがポイントとなります。これは舗装にひび割れ、石灰分浸出が見られたので床版下面を見てみたところ、コンクリートの変色、ひび割れが見つかった例であります。

舗装のひび割れから水が浸入すると、床版の損傷を著しく進行させることがあり、舗装に著しい異常が生じた場合、床版コンクリートが著しく劣化し、土砂化している場合があるため注意が必要となってまいります。

—スライド（床版の点検のポイント）—

また、鋼板接着により補強された床版コンクリートでは劣化状況を目視により確認することができないということにも注意が必要であります。これは舗装にひび割れ、陥没が見られたため床版下面を見てみたところ、このような補強鋼板が接着されており、床版コンクリートの状態が確認できなかった例であります。

コンクリート部材の点検のポイント  
補強部材の損傷



塩害による断面修復箇所：修復箇所やその外側でひび割れ・うき

- ✓ 補修または補強した箇所では再劣化に注意。
- ✓ 補強効果が失われていたり、内部で損傷が進行している可能性がある。

国総研 国土技術政策総合研究所

コンクリート部材の点検のポイント



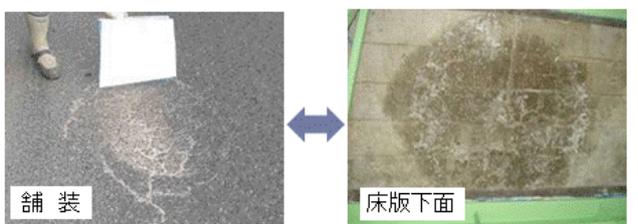
建設省標準設計(1969)  
前：テーパ無し 後：テーパ有り

間詰め部の構造

- ✓ 古いT桁では、フランジ端部にテーパがないので、間詰めとの境界部が劣化すると、間詰めコンクリートが抜け落ちる可能性がある。

国総研 国土技術政策総合研究所

床版の点検のポイント



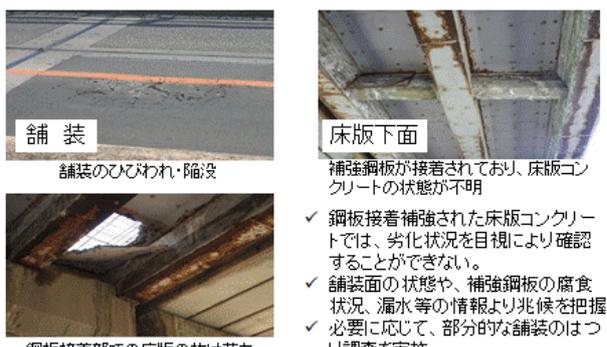
舗装 床版下面

舗装のひびわれ、石灰分浸出  
コンクリートの変色、ひび割れ

- ✓ 舗装のひび割れから水が浸入すると、床版の損傷を著しく進行させることがある。
- ✓ 舗装に著しい異常が生じた場合、床版コンクリートが著しく劣化し、土砂化している場合がある。

国総研 国土技術政策総合研究所

床版の点検のポイント



舗装 床版下面

舗装のひびわれ・陥没  
補強鋼板が接着されており、床版コンクリートの状態が不明

- ✓ 鋼板接着補強された床版コンクリートでは、劣化状況を目視により確認することができない。
- ✓ 舗装面の状態や、補強鋼板の腐食状況、漏水等の情報より兆候を把握。
- ✓ 必要に応じて、部分的な舗装のはつり調査を実施。

国総研 国土技術政策総合研究所

この橋では別の個所で、このような鋼板接着部での床版の抜け落ちが発生しており、舗装面の状態や補強鋼板の腐食状況、漏水等の兆候を把握し、必要に応じて部分的な舗装のはつり調査を実施することが重要となってまいります。

—スライド（下部構造の点検のポイント）—

次に下部構造であります。下部構造におきましては外見からは判断できない基礎の変状を見つけることがポイントとなります。これはアルカリ骨材反応によりフーチングにひび割れが発生し、鉄筋破断が生じた例であります。地中にある基礎の変状を見つけるには、掘削を行わないと分かりませんが、例えばこの例ではこのような地表面付近にひび割れが発生しており、地表面付近のこのようなひび割れを見つけることによって兆候を見つけ、必要があれば掘削調査を行うということがポイントとなってまいります。

下部構造の点検のポイント

- ✓ 地中部の基礎でもアルカリ骨材反応によりひび割れが生じていることがある。
- ✓ 地表面付近に生じているひび割れ等より兆候を補足し発見。
- ✓ 必要があれば、掘削調査も。

25

—スライド（下部構造の点検のポイント（橋台背面））—

また、下部構造につきましては増水時に水の流が強く当たる箇所、いわゆる水衝部、この部分で橋台が突出する場合には流水の影響により洗掘が生じやすいことに注意を払う必要があります。洗掘が発生しますと、橋台が沈下・傾斜するほか、橋台背面の土砂が吸出しで流れ出し、このような路面の陥没、あるいは舗装面のひび割れが生じている可能性もあるため注意が必要となってまいります。

下部構造の点検のポイント

- ✓ 水衝部(増水時に水の流が強く当たる箇所)で橋台が突出している場合、流水の影響により洗掘が生じやすい。
- ✓ 洗掘により橋台が沈下・傾斜するほか、背面の路面が陥没する可能性がある。
- ✓ 舗装面のひび割れが生じている可能性も

26

—スライド（伸縮装置の点検のポイント：遊間異常）—

最後に伸縮装置であります。伸縮装置におきましては、遊間異常に着目することがポイントとなります。このように伸縮装置の遊間が異常に狭い、あるいは伸縮装置の遊間が左右で不均等といった異常が生じる場合には、地震の影響

伸縮装置の点検のポイント：遊間異常

- ✓ 伸縮装置の遊間で異常が生じている場合、地震の影響による下部工の変位、支承の損傷、上部工の異常等が生じていることがある。

27

により下部工の変位、あるいは支承の損傷、上部工の異常等が生じていることがあるため注意が必要となってまいります。

—スライド（道路橋の点検で参考となる資料）—

以上が道路橋の点検のポイントでございますが、国総研では道路橋の点検で参考になる資料としまして、「橋梁損傷事例写真集」というものを国総研資料として公開しております。これらは国総研のホームページよりダウンロードできますので、ぜひご活用いただけたらと思います。

道路橋の点検で参考となる資料

直轄道路の定期点検に関する技術情報と損傷事例

- ▶ 国土技術政策総合研究所資料 196号  
「道路橋の定期点検に関する参考資料  
～橋梁損傷事例写真集～」
- ▶ 国土技術政策総合研究所資料 748号  
「道路橋の定期点検に関する参考資料(2013年版)  
～橋梁損傷事例写真集～」

国総研のHPよりダウンロードできます！

<http://www.nilim.go.jp>

 28

—スライド（道路トンネルにおける診断のポイント）—

それではここからは道路トンネルにおける診断のポイントについてお話をさせていただきます。

道路トンネルの場合は構造は比較的単純で、使用する材料も主としてコンクリートとなるため、発生する変状は覆工のひび割れ、うき、はく離、あるいは路面の変形などとほぼ決まっております。点検作業はそれほど難しいものではありません。しかし、点検結果を受けた診断を行う際には予備知識としてぜひ知っておいていただきたいポイントがいくつかありますので、本日はこれらについて紹介をさせていただきます。

道路トンネルにおける診断のポイント



—スライド（トンネルの診断で行うこと）—

まずトンネルの診断で行うことでありますが、大きく2つございます。1つ目は変状を発生原因により外力、材質劣化、漏水に区分すること。

2つ目は変状の種類、これは圧ぎ、ひび割れ、うき、はく離、変形、移動、沈下、鋼材腐食、有効巻厚不足または減少、漏水等による変状、6つに分類されますが、変状の種類ごとにその

トンネルの診断で行うこと

- ・変状を発生原因により、外力、材質劣化、漏水に区分
- ・変状の種類に応じて利用者の安全性、トンネル構造の安全性の観点から対策の必要性和その緊急度を判定

変状種類	変状区分		
	外力	材質劣化	漏水
①圧ぎ、ひび割れ	○		
②うき、はく離	○	○	
③変形、移動、沈下	○		
④鋼材腐食		○	
⑤有効巻厚の不足または減少		○	
⑥漏水等による変状			○



発生原因がこの表の丸印に該当する場合に、利用者の安全性、トンネル構造の安全性の観点から対策の必要性とその緊急度を判定することとなります。

—スライド（診断で重要な2つのポイント）—

このため、診断におきましては2つの重要なポイントがあります。1つ目は変状の発生原因の区分でありまして、見つけた変状がその発生原因が外力の作用によるものか、あるいは材質劣化によるものかを判別すること。特にひび割れにつきましては、外力によるものと、材質劣化によるものの判別が重要となっております。

2つ目が対策の必要性とその緊急度の判定でありまして、利用者の安全性という観点からは、見つかったひび割れがコンクリートのはく落につながるものかどうか判断すること、あるいは漏水の程度、位置は利用者に影響を与えるものかどうかを判断すること、それからトンネル構造の安全性という観点から見つかった変状は構造全体の崩壊につながるような危険な変状であるかどうかこれを判断すること。これが重要となっております。

—スライド（トンネルに発生する変状の種類）—

これはトンネルに発生する変状の種類を、発生する部位との関係で整理したものであります。主なものとしましては1. 覆工・坑門のひび割れ、うき・はく離、2. 覆工・坑門の変形、移動、沈下、3. 水平打ち継目、横断目地の段差、4. 路面・路肩のひび割れ、隆起、5. 側溝、監査歩廊のひび割れ変形、6. 鋼材腐食、7. 覆工の巻厚不足、減少、8. 漏水となっております。

—スライド（トンネルに発生する変状の例（その1））—

これはトンネルに発生する変状の例を示したものであります。覆工のひび割れ、坑門のひび

診断で重要な2つのポイント

- ・変状の発生原因の区分  
外力の作用によるものか、材質劣化によるものか？  
特に、ひび割れについては、外力によるものと材質劣化によるものの判別が重要
- ・対策の必要性とその緊急度の判定  
利用者の安全性 →コンクリートのはく落につながるひび割れ、漏水の程度・位置  
トンネル構造の安全性 →構造全体の崩壊につながる変状

国総研 国土交通政策総合研究所

トンネルに発生する変状の種類

- ・覆工、坑門のひび割れ、うき・はく離
- ・覆工、坑門の変形、移動、沈下
- ・水平打ち継目、横断目地の段差
- ・路面、路肩のひび割れ、隆起
- ・側溝、監査歩廊のひび割れ、変形
- ・鋼材腐食
- ・覆工の巻厚不足、減少
- ・漏水

国総研 国土交通政策総合研究所

トンネルに発生する変状の例(その1)

覆工のひび割れ

坑門のひび割れ

覆工のうき・はく離

横断目地の段差

国総研 国土交通政策総合研究所

割れ、覆工のうき・はく離、横断目地の段差となっております。

—スライド（トンネルに発生する変状の例（その2））—

同じく路面の隆起、側溝・監査歩廊の変形、鋼材腐食、漏水となっております。

—スライド（トンネルの変状の主な発生原因）—

それではこのような変状はどういう原因でできるかということですが、変状の発生原因は大きく3つに分けることができます。1つ目は外力でありまして、主なものとして土圧の作用、地すべり、水圧、凍上圧の作用、地震、支持力不足といったものであります。

2つ目は材質劣化で、経年劣化、温度・乾燥の影響によるコンクリートの収縮、施工方法、具体的にはコンクリートの打込みの中断、不足、不十分な締固め、養生不良、型枠の据え付け・脱型・沈下、さらには使用材料ということで、具体的には鋼材腐食、アルカリ骨材反応となっております。

3つ目が漏水でありまして、これはひび割れの発生、地下水の存在、防水工・排水工の不良ということが原因となります。

—スライド（外力の作用による変状の例（その1））—

これは外力の作用による変状の例でありまして、土圧の作用によりひび割れが発生したもの、同じく土圧の作用によるひび割れ、それから土圧の作用による路面隆起、土圧の作用による側溝・監査歩廊の変形となっております。

—スライド（外力の作用による変状の例（その2））—

トンネルに発生する変状の例(その2)



路面の隆起



側溝・監査歩廊の変形



鋼材腐食



漏水

トンネルの変状の主な発生原因

外力

- ・土圧
- ・地すべり
- ・水圧、凍上圧
- ・地震
- ・支持力不足

材質劣化

- ・経年劣化
- ・コンクリートの収縮(温度・乾燥)
- ・施工方法
  - 打込みの中断、不足
  - 不十分な締固め
  - 養生不良
  - 型枠の据え付け・脱型・沈下
- ・使用材料
  - 鋼材腐食
  - アルカリ骨材反応

漏水

- ・ひび割れの発生
- ・地下水の存在
- ・防水工・排水工の不良

外力の作用による変状の例(その1)



土圧(ひび割れ)



土圧(ひび割れ)



土圧(路面隆起)



土圧(側溝・監査歩廊変形)

外力の作用による変状の例(その2)



土圧(ひび割れ)



地すべり(ひび割れ)



水圧(ひび割れ)



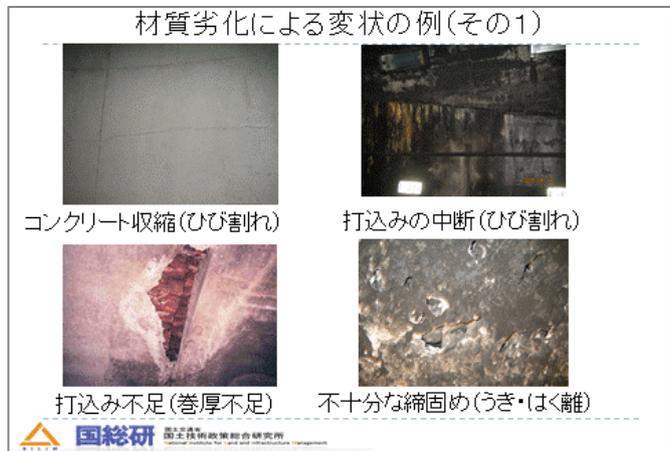
地震(ひび割れ)

2) ) —

同じく土圧の作用によるひび割れ、地すべりによるひび割れ、水圧の作用によるひび割れ、地震によるひび割れとなっております。

—スライド（材質劣化による変状の例（その1））—

一方、これは材質劣化による変状の例を示したものであります。コンクリート収縮によるひび割れ、コンクリートの打込みの中断によるひび割れ、コンクリートの打込み不足による巻厚不足、不十分な締固めによるうき・はく離となっております。



—スライド（材質劣化による変状の例（その2））—

同じく材質劣化による変状の例で型枠の据え付け時に発生するひび割れ、鋼材腐食、アルカリ骨材反応によるひび割れとなっております。



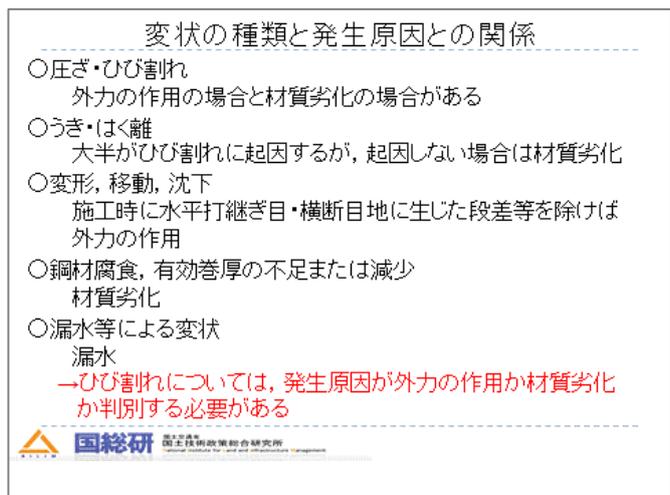
—スライド（変状の種類と発生原因との関係）—

このように見てきますと、変状の種類によっては複数の原因が考えられるものがあることが分かります。これは変状の種類と発生原因との関係を整理したものであります。

まず圧ぎ・ひび割れ。これに関しましては外力の作用の場合と材質劣化の場合があることが分かっています。なお、圧ぎというのはコンクリートの曲げ圧縮破壊によって生じるもので、ひび割れの一種と考えることができます。

それからうき・はく離。これに関しましては、大半がひび割れに起因するが、起因しない場合は材質劣化ということが分かっております。

また変形、移動、沈下。これは施工時に水平打ち継目・横断目地に生じた段差等を除けば外力の作用ということが分かっております。



また、鋼材腐食、有効巻厚の不足または減少、これは材質劣化です。漏水等による変状は漏水ということになります。

このように見てみますと変状の多くはその発生原因が明確になっていると思いますが、ただひび割れだけにつきましては発生原因が外力の作用の場合と、材質劣化の場合があるため、それを判別するということが必要になってまいります。

—スライド（ひび割れの発生原因の判別方法（第一段階））—

それでは、点検でひび割れが見つかった場合に、どのようにしてその発生原因を判別するかということになりますが、まず第1段階としては点検から得られたひび割れの情報から判別するという方法があります。その際の着目するポイントとしましては、圧ぎ、せん断、引張りといったひび割れの種類、ひび割れの発生位置と方向、過去の点検記録がある場合はひび割れの進行性ということに着目すれば良いということになります。

ひび割れの発生原因の判別方法(第一段階)  
点検から得られたひび割れの情報から判別

- ・ひび割れの種類(圧ぎ, せん断, 引張り)
- ・ひび割れの発生位置と方向
- ・ひび割れの進行性(過去の点検記録がある場合)



—スライド（ひび割れの種類と変状原因との関係）—

これは1つ目の着目のポイントであるひび割れの種類と変状原因との関係であります。ここに示しますような曲げ圧縮ひび割れ、いわゆる圧ぎ、あるいはこのようなせん断ひび割れ、これは外力の作用により発生するものであります。

一方、引張りのひび割れ。これは外力作用の場合と材質劣化の場合が考えられるため、別の情報を用いてその原因を判別する必要があります。

ひび割れの種類と変状原因との関係



圧ぎ(曲げ圧縮ひび割れ)    せん断ひび割れ    →外力作用による

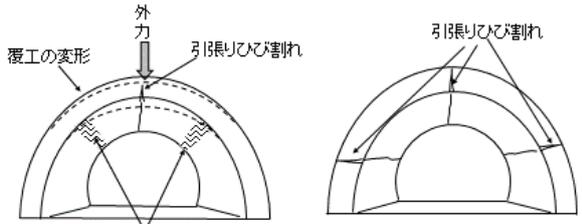
引張りひび割れ    →外力作用と材質劣化が考えられる



—スライド（ひび割れの発生位置と変状原因との関係（縦断方向））—

2つ目のひび割れの着目点である発生位置と変状原因との関係であります。まず縦断方向のひび割れに対しましては、例えばこのよう

ひび割れの発生位置と変状原因との関係(縦断方向)



曲げ圧縮ひび割れ    引張りひび割れ

外力(上方からの土圧作用)    材質劣化(コンクリート収縮)

→外力作用の場合は、初めに引張りひび割れが発生し、変形が進むと圧ぎ(曲げ圧縮ひび割れ)が発生することが多い



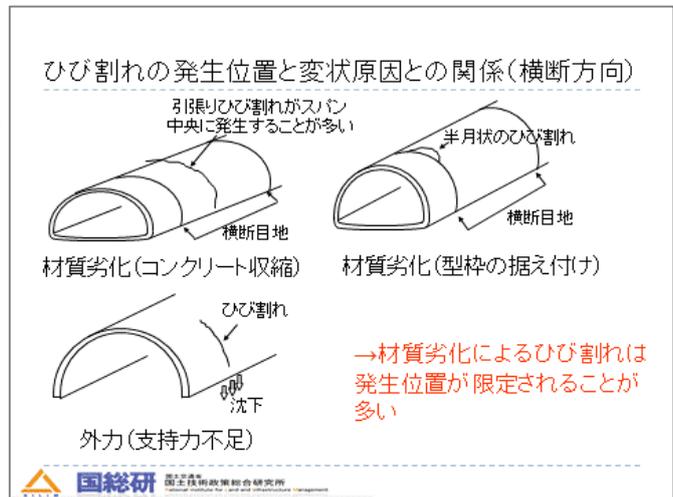
なトンネルの頂部に出る引張りのひび割れ。これに対しましては、ここにありますように外力として上方から土圧が作用した場合、あるいは材質劣化のコンクリートの収縮によっても発生するということがありまして、なかなかこのような天端に発生した引張りのひび割れを判別するのは難しいというのが現状であります。

ただし、外力が作用した場合には、初めに引張りのひび割れが発生し、変形が進むと別の個所にこのような圧ぎが発生することが多いということが分かっておりますので、周辺のひび割れの発生状況をよく見ることによって変状の発生原因の判別をできる場合があります。

また一般に外力が作用する場合にはトンネルの全延長にわたって同じ荷重が作用するということはありませんので、トンネル全延長にわたって同じ位置にこのような引張りのひび割れが続いて発生する場合、そのような場合には材質劣化が疑われるということになります。

—スライド（ひび割れの発生位置と変状原因との関係（横断方向））—

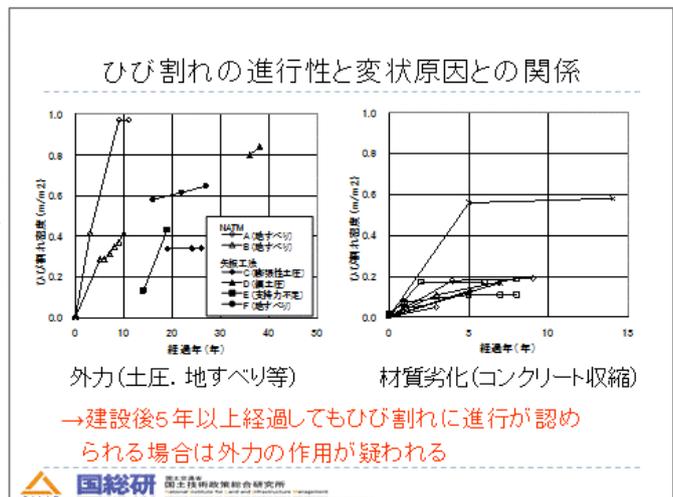
それから、同じくひび割れの発生位置と変状原因との関係で、横断方向のひび割れであります。まず、材質劣化のコンクリート収縮が原因となる場合には、ここにありますように引張りのひび割れがスパン中央に発生することが多いということが分かっております。また、材質劣化の型枠の据え付けが原因となる場合には、横断目地付近にこのような半月状のひび割れが出るということが分かっております。一方、外力の支持力不足によってもこのようなひび割れが発生しますが、この場合にはひび割れの発生する場所は限定されません。



このように材質劣化によるひび割れは、発生原因位置が限定されることが多いため、発生位置に着目することによって変状原因が判別できる場合があります。

—スライド（ひび割れの進行性と変状原因との関係）—

3つ目の着目点であるひび割れの進行性と変状原因との関係であります。これはいくつかのトンネルの点検データから発生したひび割れの密度と、トンネルができてからの経過年との関係を外力が作用した場合と、材質劣化の場合に分けて示したものであります。



この図からも分かりますように、外力が原因となる場合には、ひび割れはトンネルができて

から10年以上経ってもまだ増える傾向にあるということが分かります。一方、材質劣化の場合には5年もするとひび割れはほぼ収束して、増加が見られないということが分かります。従いまして、建設後5年以上経過してもひび割れに進行が見られる場合は、外力の作用を疑えば良いということになります。

### —スライド（ひび割れの発生原因の判別方法（第二段階））—

このように、ひび割れの情報に着目することによって多くのひび割れはその発生原因を判別することができますが、それでもひび割れの発生原因が判別できない場合には必要に応じて実施する調査から得られる情報、例えばひび割れの貫通の程度とか、トンネル周辺の地形・地質、施工時のトンネル挙動、周辺の地下水状態、こういう情報を加えて総合的に判別することが必要となってまいります。

ひび割れの発生原因の判別方法(第二段階)

ひび割れの情報から判別できない場合  
→必要に応じて実施する調査から得られる情報を加えて総合的に判別

- ・ひび割れの貫通の程度, 断面内の方向
- ・トンネルの施工法
- ・トンネル周辺の地形・地質
- ・トンネルの形状, 大きさ, 構造, 強度
- ・施工時のトンネル挙動
- ・周辺の構造物の有無
- ・周辺の地下水状態



### —スライド（変状の発生原因と対策の必要性の考え方）—

次に変状の発生原因と対策の必要性の考え方について紹介をしたいと思います。まず、トンネル構造の安全性ということにつきましては、発生する変状の原因が外力の作用による場合、この場合にはトンネル構造全体の崩壊につながるおそれがあります。ただし、軽微な引張りのひび割れは、直ちに崩壊に至る可能性は小さいということも分かっております。

変状の発生原因と対策の必要性の考え方

- 外力の作用による場合  
トンネル構造全体の崩壊につながるおそれ有り  
ただし、軽微な引張りひび割れは、直ちに崩壊に至る可能性は小さい
- 材質劣化による場合  
有効巻厚が極端に不足するという特殊な場合を除けばトンネル構造の安全性に影響は無い
- 漏水の場合  
トンネル構造の安全性に影響は無い  
→対策の必要性は、外力作用の場合はトンネル構造の安全性と利用者の安全性、材質劣化・漏水の場合は利用者の安全性の観点から判断する必要有り



一方、材質劣化による場合、この場合には有効巻厚が極端に不足するという特殊な場合を除けば、トンネル構造の安全性に影響はないということが分かっております。

また、漏水の場合もトンネル構造の安全性に影響はないということが分かっております。

一方、利用者の安全性という観点から考えますと、想定すべき被害はコンクリート片の落下、あるいは漏水の落下ということですので、これに対しましては変状の発生原因に関係なく、対策の必要性を考えていく必要が生じます。従いまして、対策の必要性は外力作用の場合は、トンネル構造の安全性と利用者の安全性。材質劣化、漏水の場合は、利用者の安全性の観点から判断する必要があるということになります。

—スライド（早急な対策が必要となる変状）—

それでは早急な対策が必要となる変状は具体的にどのようなものかということになりますと、まず利用者の安全性。これは外力作用、材質劣化、漏水の場合、いずれの場合も検討しなければなりません。まずコンクリート片のはく落の防止ということが必要となってきます。そのため、ひび割れの閉合によるブロック化、あるいは表面の劣化等による小片のはく落、これらに対して注意を払う必要があります。また、漏水につきましては車道に落下するようなもの、これらに注意を払う必要があります。

一方、トンネル構造の安全性という観点からいいますと、外力作用により発生した変状のうち、圧ざ、せん断ひび割れ、あるいは著しい進行性が見られる変状、特に路面・路肩の隆起、側溝・監査歩廊の変形、これらに注意を払う必要が出てまいります。

早急な対策が必要となる変状

- 利用者の安全性(外力作用, 材質劣化, 漏水)
  - ・コンクリート片のはく落
    - ひび割れの閉合によるブロック化
    - 表面の劣化等による小片のはく落
  - ・漏水
    - 車道に落下する
- トンネル構造の安全性(外力作用)
  - 圧ざ, せん断ひび割れ
  - 著しい進行性が見られる変状
  - 特に, 路面・路肩の隆起, 側溝・監査歩廊の変形


**国総研** 国土技術政策総合研究所  
National Institute for Land and Infrastructure Management

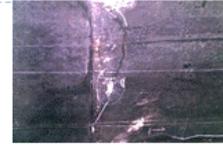
—スライド（利用者の安全性から早急な対策が必要な変状（ブロック化によるはく落））—

これは利用者の安全性から早急な対策が必要な変状のうち、ブロック化によるはく落の例であります。このようにひび割れと横断目地との組み合わせ、同じくひび割れと横断目地との組み合わせでブロック化したもの。あるいは複数のひび割れが交差してブロック化したもの。このような変状に対しましては、早急な対策が必要となってまいります。

利用者の安全性から早急な対策が必要な変状  
(ブロック化によるはく落)



ひび割れと  
横断目地との組合せ



ひび割れと  
横断目地との組合せ



複数のひび割れが交差



複数のひび割れが交差


**国総研** 国土技術政策総合研究所  
National Institute for Land and Infrastructure Management

—スライド（利用者の安全性から早急な対策が必要な変状（コンクリート小片のはく落））—

また、コンクリート小片のはく落に関しましては、このように表面劣化して表面がボロボロ落ちるもの、あるいは横断目地部の欠け、このようなものに対して早急な対策が必要となってまいります。

利用者の安全性から早急な対策が必要な変状  
(コンクリート小片のはく落)



表面劣化



横断目地部の欠け


**国総研** 国土技術政策総合研究所  
National Institute for Land and Infrastructure Management

—スライド（構造の安全性から早急な対策が必要な変状）—

一方、トンネルの構造の安全性から早急な対策が必要な変状ということですが、ここに示すような圧ぎ、あるいはせん断ひび割れ、また進行性が著しい側溝・監査歩廊の変形、路面・路肩の隆起、このような変状を見つけた場合には要注意ということになります。



—スライド（まとめ）—

以上が、道路トンネルの診断のポイントでございます。最後に、本日お話をさせていただいたまとめになりますが、まず道路橋の点検のポイントであります。近接目視に際しては変状箇所のみならず、さまざまな情報や事象の関連性を考慮し、兆候を見逃さないことが重要であるということ。また、現状のみでなく、前後の推移も考える。第三者の被害の防止は最優先で行うということになります。

次に道路トンネルの診断のポイントですが、変状の発生原因を区別する必要があります。特にひび割れについては外力の作用と材質劣化によるものの判別が重要であるということ。ブロック化したひび割れなどは利用者の安全性、それから圧ぎ、せん断ひび割れ、進行が著しい監査歩廊の変形、路面の隆起などの変状は構造の安全性に影響をおよぼすおそれがあり早急な対策が必要であるということになります。

以上、駆け足になりましたがこれで私の発表を終わらせていただきます。どうもご清聴ありがとうございました。

