

トンネル覆工コンクリートのひび割れ目視形状によるはく落危険性評価に関する基礎的検討

西日本高速道路エンジニアリング四国(株) ○正会員 林詳悟, 山本達哉
愛媛大学 正会員 全 邦釘
香川高等専門学校 正会員 林 和彦

1. はじめに

道路トンネル（以下、トンネル）の覆工コンクリート片のはく落事象は、第三者被害に至る可能性が高く、道路管理者は発生を未然に防ぐため打音点検を実施しているが、道路構造物の老朽化と熟練技術者不足が進む中、従来点検を支援する効率的かつ効果的な非破壊検査技術の開発が急務となっている。実トンネル点検の経験から、はく落危険領域のひび割れや表面の凹凸に何らかの特徴があると考えられている。本検討では、定性的な判断となっているひび割れ形状によるはく落危険性評価を、ひび割れの幅や長さなどの形状から、はく落の危険性を定量的に評価する手法を提案することを目的とし、代表的なはく落危険性のある事象を参考として、コンクリートの骨材最大寸法と、発生するひび割れの形状の関係、およびひび割れ幅ごとのせん断強度の関係性を整理した。

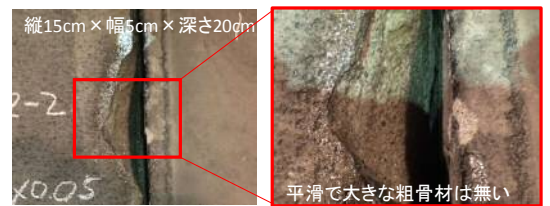


写真-1 目地部はく離事例

2. ひび割れの内部進展形状とせん断強度の関係

ひび割れ面のせん断強度は、津野らの研究²⁾で、ひび割れ面の凹凸が大きいほど、噛み合わせの効果によりはく落しづらいとされている。実験では、高速道路トンネルにおける代表的なはく落危険性のある事例を想定して、せん断強度試験を行った。目地部のひび割れは、形状が平滑で、目地部以外のひび割れは蛇行する傾向があることから、材料分離による粗骨材の最大寸法がひび割れの目視形状に大きく影響すると考えた。そこで、最大寸法の異なるコンクリートで、図-1に示すせん断供試体を作製し、ひび割れ面の目視形状と光切断法にて計測したひび割れ面の三次元形状（図-2）を比較し、せん断強度を計測することでその関係性を整理した。

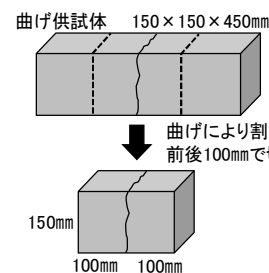


図-1 供試体概要

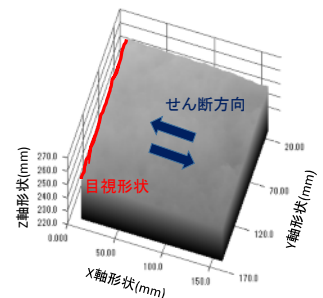


図-2 断面形状例

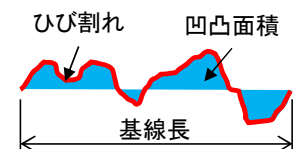


図-3 評価模式図

3. ひび割れ形状の評価

ひび割れの目視形状を定量評価するため、式-1（図-3）の蛇行指標を用いて数値化した¹⁾。ひび割れの大きな湾曲により、蛇行指標が過大とならないよう、前処理として近似曲線を求め、差分して湾曲の影響を除去（図-4）した後に蛇行指標を算出した。なお、近似曲線は単純な凹凸にあると仮定して、二次曲線を採用した。

$$\text{蛇行指標 (mm}^2/\text{mm)} = \text{凹凸面積} / \text{基線長} \cdots (\text{式-1})$$

4. せん断強度試験結果

図-5にせん断強度試験の結果を示す。ひび割れ幅が大きくなるにつれてせん断強度が低下する傾向が見られ、粗骨材を含む供試体はせん断強度が高くなる傾向が見られた。図-6に、ひび割れ密着状態、ひび割れ幅0mmの各骨材寸法のせ

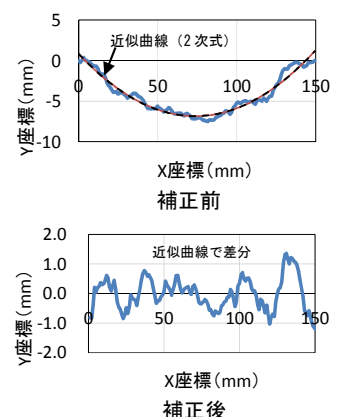


図-4 湾曲補正例

キーワード トンネル覆工, ひび割れ, 形状計測, 光切断, せん断強度, ひび割れ表面形状, 蛇行指標
連絡先 〒760-0072 高松市花園町三丁目1番1号 TEL 087-834-1121 FAX 087-834-0150

せん断応力と変位の関係の代表例を示す。せん断応力が降伏する変位量は、骨材に関わらず約 4mm となり、せん断強度は、最大寸法 40mm がもっとも高くなった。また、最大寸法 40mm のひび割れ幅とせん断応力と変位の関係を図-7 に示す。ひび割れ幅が 1mm 以上になると、せん断強度が、約 1/2 程度に低下し、最大せん断応力が発現する変位量が大きくなった。これは、ひび割れに隙間ができると、初期のひび割れ面の摩擦によるせん断強度の上昇が期待できないこと、ひび割れ面の凹凸部分の少ない接触面積に応力集中が生ずるため、面の摩擦で対抗する場合と比較して、せん断強度が小さくなったためと考えられる。

5. ひび割れ面の形状とせん断強度の関係

図-8 にひび割れ面の形状計測結果より求めた凹凸の表面積とせん断強度との関係を示す。表面積が大きいほど、せん断強度が高い傾向を示している。また、ひび割れ幅ごとにグループ化すると、表面積が同じであっても、せん断強度に差があることが分かる。

このことから、せん断強度はひび割れ幅の無い密着した状態では、ひび割れ面の表面積の摩擦によって強度を発現しており、ひび割れ幅が大きくなると、ひび割れ面の凹凸の部分的な噛み合わせによって強度を発現していると考えられる。

6. ひび割れ面の表面積と目視形状の関係

ひび割れ面が滑面の場合、凹凸面の噛み合わせ効果が、発揮されにくいことから、ひび割れ部の骨材の有無に着目して、はく落危険度を評価した。図-9 にひび割れ面の表面積とコンクリート表面の目視形状の蛇行指標の関係を示す。ひび割れ内部の形状と、コンクリート表面のひび割れの目視形状には相関が見られ、材料分離により粗骨材の無い状態になった箇所、最大寸法 5mm の蛇行指標は、全て 1.0 以下となった。このことから、蛇行指標が 1.0 以下のひび割れは、骨材分離を伴うはく落危険性の高い箇所と考えられる。

7. まとめ

本検討では、ひび割れの目視形状と内部のひび割れ進展形状と相関があり、骨材の最大寸法の影響が大きく、骨材分離によって粗骨材が含まれない場合は、ひび割れの目視形状、進展形状、せん断強度が著しく低下することが分かり、その蛇行指標は全て 1.0 以下となることから、蛇行指数 1.0 を目安とする定量的なひび割れ形状評価を提案した。今後は、ひび割れを発端として、はく落に至るまでの期間を明確にするために、走行車両の振動などの外力の影響を定量化することが必要と考える。

参考文献

- 1) 山本達哉, 林詳悟, 橋本和明, 松田靖博, 徳田尚器, 村上豊和: 光切断法を用いた表面形状データによるトンネル覆工コンクリート評価への提案, 土木学会第 72 回年次学術講演会, 講演番号Ⅲ-361, 2017.9
- 2) 津野究, 吉川和行, 西山達也, 小島芳之, 岸田潔: トンネル覆工コンクリート片のはく落に関する基礎的検討, 土木学会論文集 F, Vol. 65, No. 2, pp. 196-208, 2009. 5

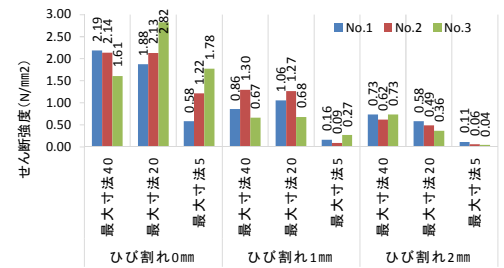


図-5 各供試体のせん断強度

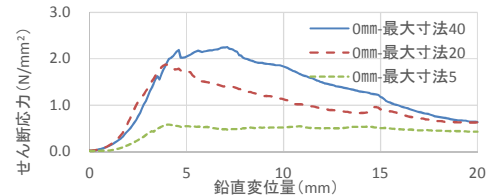


図-6 ひび割れ 0mm のせん断応力と変位

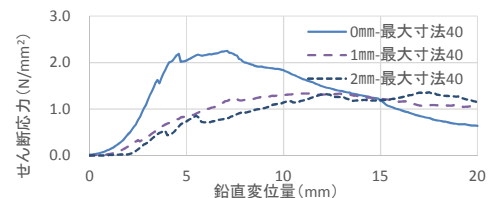


図-7 最大寸法 40 mm のせん断応力と変位

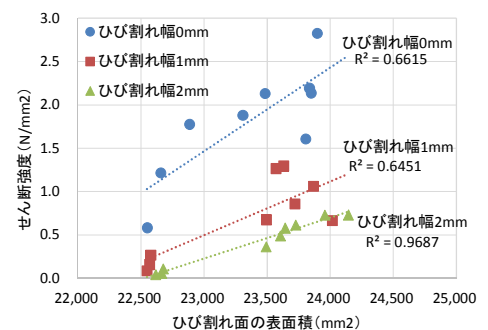


図-8 表面積とせん断強度の関係

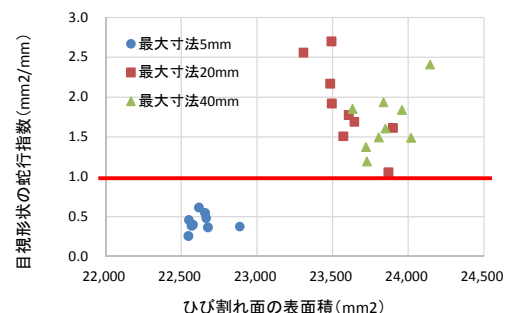


図-9 ひび割れ面の表面積と蛇行指標の関係