

別冊 2

北鎌倉隧道安全対策検討業務

報告書

平成 29 年 3 月 31 日

一般社団法人日本トンネル技術協会

3.3 はく落原因等検証結果

3.3.1 北鎌倉隧道はく落発生概要

北鎌倉隧道において、平成 28 年 8 月 11 日午後 4 時 50 分頃、北鎌倉隧道（鎌倉市山ノ内 520 番地）付近の岩が一部崩落しているとの連絡を受け、確認したところ鎌倉側坑口付近で約 4 m³の岩石がはく落していました。また、北鎌倉隧道は、崩落の危険性があるため、平成 27 年 4 月 28 日から通行止めの措置を取っており、このはく落によるけが人その他の被害はなかった。



写真 3.3.1 H26.3 鎌倉側坑口状況



写真 3.3.2 H28.8.12 はく落直後の状況

当委員会においては、専門委員による現地踏査を実施しており、はく落発生原因について検証をおこなった。また、各種現地調査を行っており、今後はく落が発生する恐れのある箇所等の検証結果を示す。

3.3.2 はく落状況の考察

北鎌倉隧道においては、はく落発生後専門委員による現地踏査を行っており、「第 1 回委員会 H28 北鎌倉隧道安全対策検討業務委託」での検証結果を示す。

(1) はく落発生状況

- ・岩の割れ目に樹木の根が入り込み、徐々に根の影響で割れ目が開いていった。

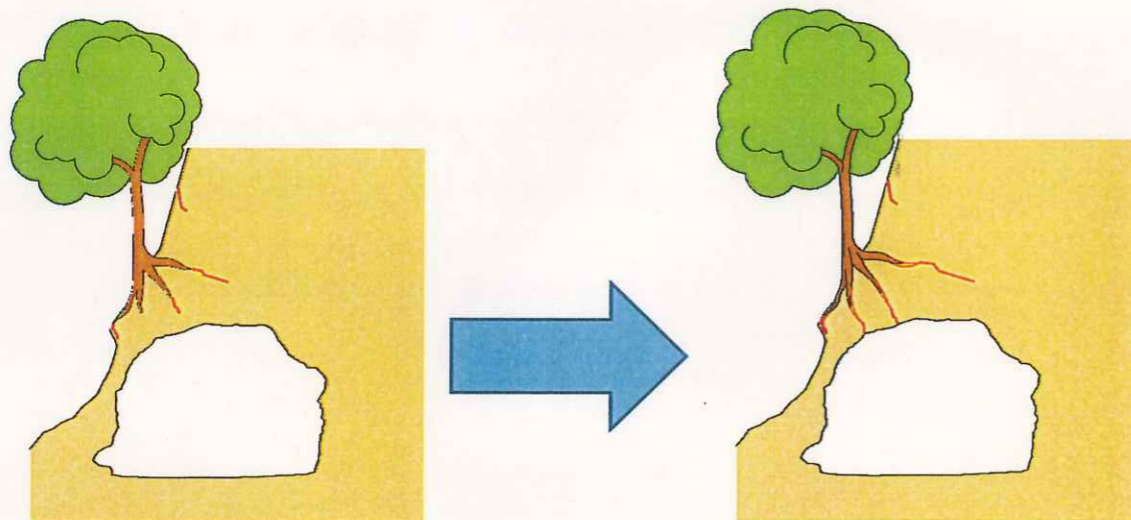


図 3.3.1 樹木の根がひび割れに入り込むイメージ図

- ・割れ目に雨水等が入ると水圧で押されることもありえる。

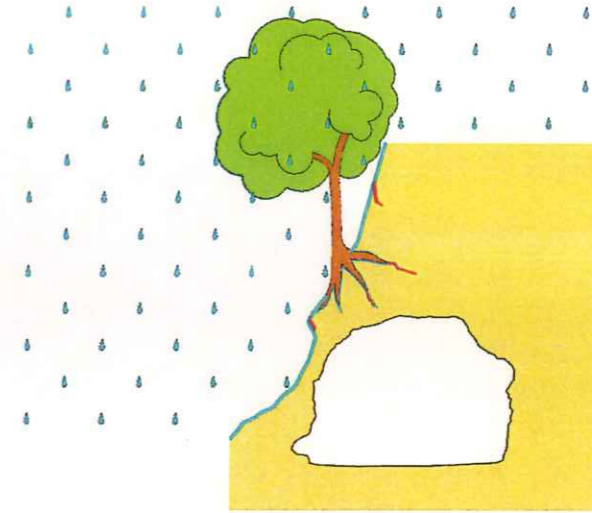


図 3.3.2 ひび割れに雨水等が入り込むイメージ図

- ・残っている根に滑り落ちている様子はなく、はく落した部分の下のほうに少し圧縮して擦れたような跡があることから、そこを支点にして岩塊が引張により転倒するように剥がれた。

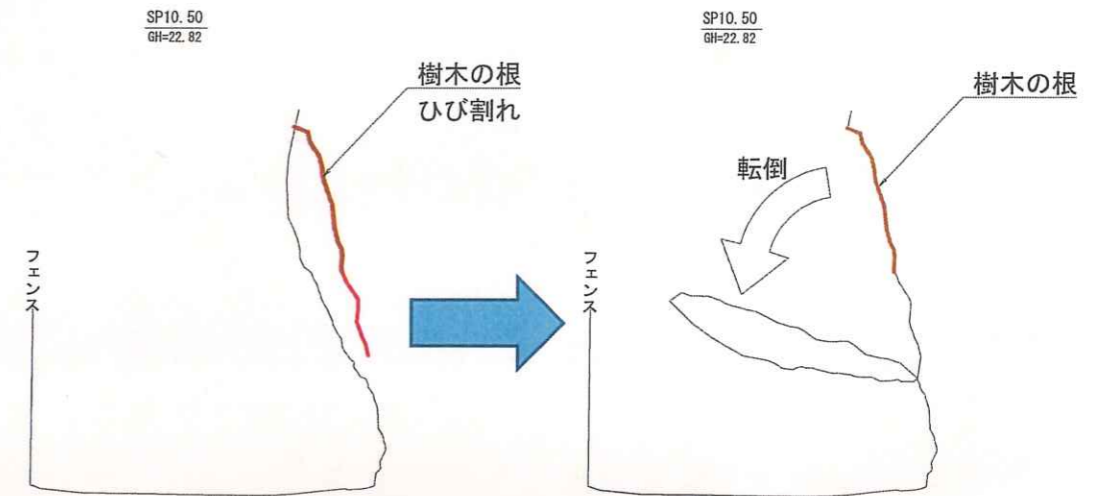


図 3.3.3 はく落箇所（転倒）イメージ図



写真 3.3.3 はく落箇所のひび割れに樹木の根が入り込んでいた状況

(2) ひび割れの発生状況

[応力的な面]

- ・針貫入試験機で強度を計測した結果、JR 側側壁 300 k N/m²、山側側壁 150～200 k N/m² と JR 側のほうが明らかに強度が高い。
- ・トンネルの天端のひびは一連で割れていると考えたほうがよい。
- ・トンネル中央のひび割れはせん断応力がかかっていると考えられる。普通は端にできるので、片持ちのトンネルになっているのかもしれない。
- ・力学的に、水道管設置のために開削した部分が埋め戻してあるものの、そこで受け持たなければならぬ力を受け持っていないため、トンネル上部が動きやすくなっている可能性がある。

[環境的な面]

- ・日射の影響が大きいかもしれない。表面と内面の温度差が高くなると熱膨張する。温度変化で膨張と収縮を繰り返し、ひび割れが発生する。
- ・背面から水が表面にきて蒸発するとき膨張収縮がおきる。そういうものの積み重ねが応力解放も含めて最終的にひび割れとなる。
- ・現時点では表面で起きているが、長期的には地山の内側まで影響を与えて、表面に平行な割れ目を作っていくと考えられる。
- ・表面がパラパラ崩れるのは、表面の温度変化と乾湿の影響が大きい。

(3) はく落の再発について

- ・鎌倉側の坑口上部は本当に危険であり、いつ崩れてもおかしくない。坑口部の水平方向のひび割れとトンネルから延びる縦断方向のひび割れが交差する箇所は、特に注意。今後、はく落につながる可能性がある。
- ・鎌倉側のはく落した箇所はもう一枚落ちる可能性がある。
- ・大船側の以前崩れた箇所の上部はさらに崩れる恐れがある。
- ・ひび割れに根が入り込んでいる箇所は、風で木が揺れるだけでも徐々にひび割れが進行する。特に太い根の場合は振動が岩に伝わるので危ない。

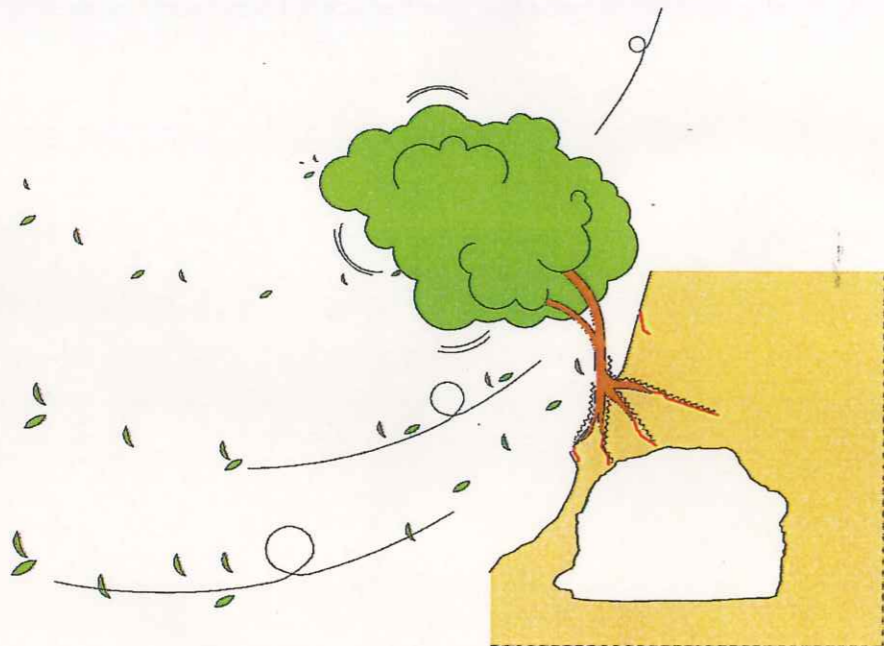


図 3.3.4 風による振動が根に伝わりひび割れが進行するイメージ図

(4) 今後の対応

- ・水平方向のひび割れが JR 側斜面に通じているようであれば問題である。必ず確認したほうがよい。水平方向のひび割れが下のほうに発生すると大きな崩落につながる可能性がある。
- ・一番大事なのは人命。現時点で見えている落ちそうな岩塊は落としたほうがよい。いつか必ず落ちる。残すのは無駄が多い。
- ・割れ目に変位計を取り付け、ひび割れが開口すればランプが点灯して危険を知らせる等の措置をとる。

例：ひび割れ検知センサによる自動監視システム

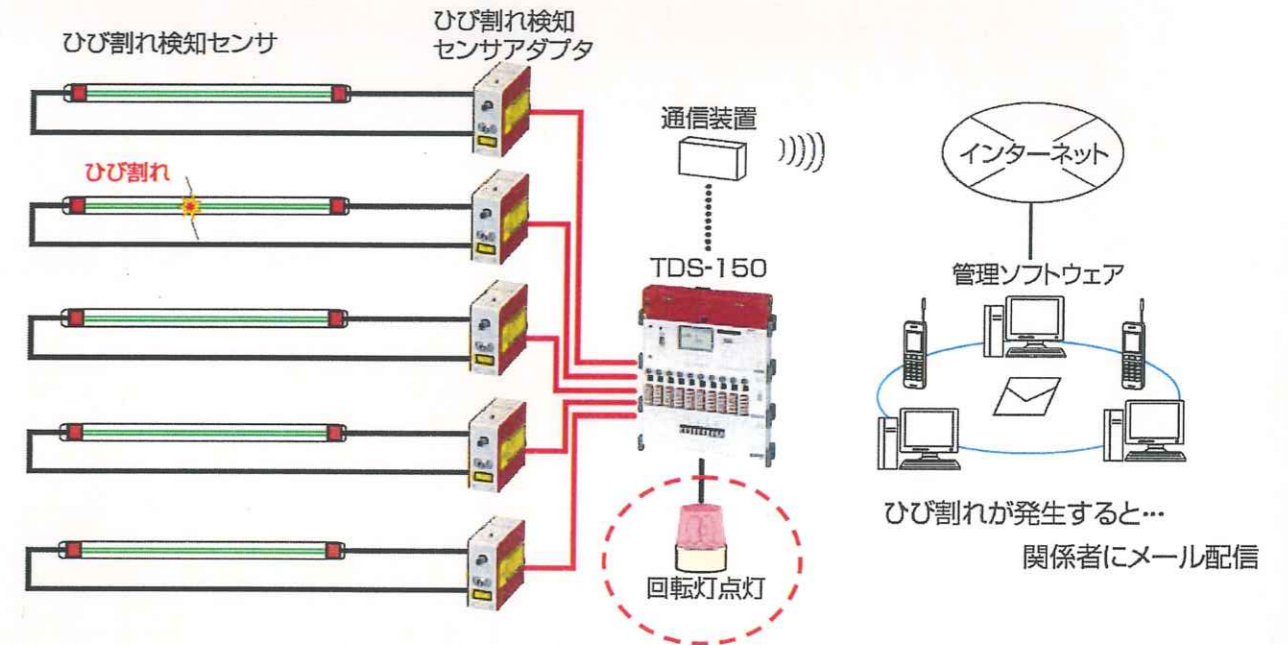


図 3.3.5 ひび割れ検知センサによる自動監視システム例

また、北鎌倉隧道において今年度、地表踏査及び植生調査を行っており、調査の結果を次に示す。

[地表踏査結果]

- ・今回はく落した箇所の周辺近くでは、さらにはく落が起きると想定され、鎌倉側坑口の山側側壁では、開口クラックに沿って、厚さ 20～60cm の岩盤の転倒・はく落が懸念される。
- ・尾根上部の斜面に堆積している土砂及び亀裂沿いにゆるんだ岩盤が崩落する可能性があるため、安全な通行と JR 軌道側の安全確保を目的に崩落防止対策が必要である。
- ・岩盤への根の侵入、上部が風で揺れることによる亀裂の増長などが懸念されるため、尾根上部の斜面に生えている樹木の植生管理を行うこととし、危険のある高中木・竹林は伐採する。

[植生調査結果]

- ・サクラ属は亀裂に根を伸長しやすい種であり、実際にはく落箇所に網目状に根茎が伸長していることから、岩盤の風化及びはく落の要因の一つになっていると考えられる。また、風雨による幹枝の揺れによる亀裂の拡大、はく落の助長も懸念されるため、優先的に伐採、除去する。
- ・はく落箇所への根茎の侵入が確認されたフジ属とウツギ属についても、亀裂に根茎が侵入しやすい可能性があるため、伐採し、除去することが望ましい。