



既設無筋トンネルの耐震性能照査

－ 耐力が低く対策難度も高い構造への挑戦－

若鈴コンサルタンツ株式会社

概要

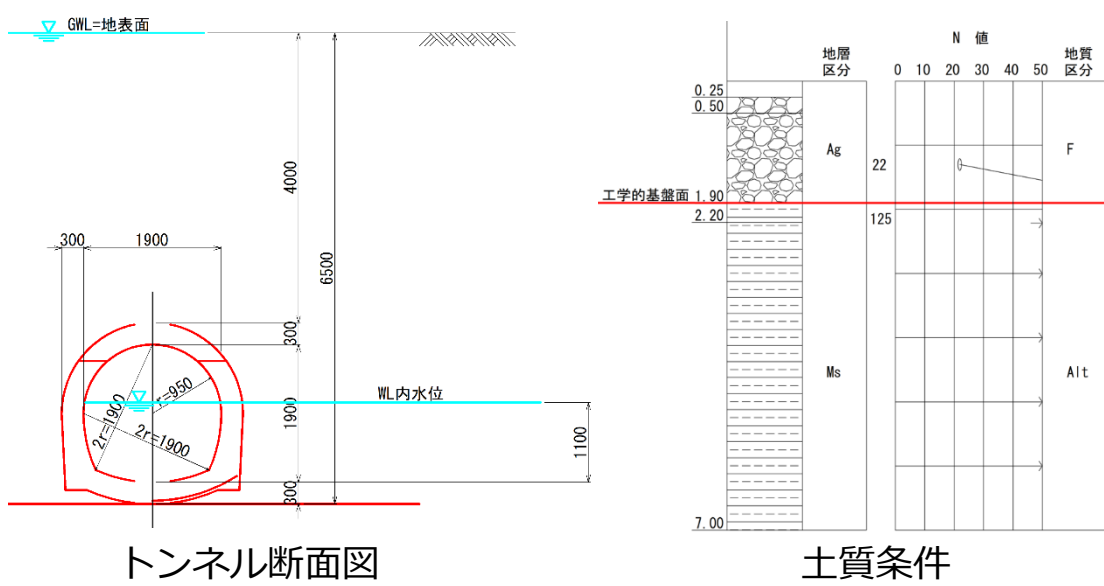
本施設は、既設のコンクリート製水路トンネルである。竣工から数十年経過したトンネルは経年劣化による補修が度々必要となり近年では維持管理費が増加しているほか、公共施設や住宅に近接するトンネルは、安全性確保の観点から耐震性能の向上が求められるようになっている。またトンネルはアーチなどと同様に圧縮力が卓越しやすく圧縮に強いコンクリートには有利な構造であるため、竣工当時は経済性を考慮して無筋コンクリートで設計された区間も存在しており、その安全性や耐久性も課題となっている。

そこで本業務では既設無筋トンネルの耐震計算を実施し、耐震補強と経年劣化の補修対策を検討した。

モデル図

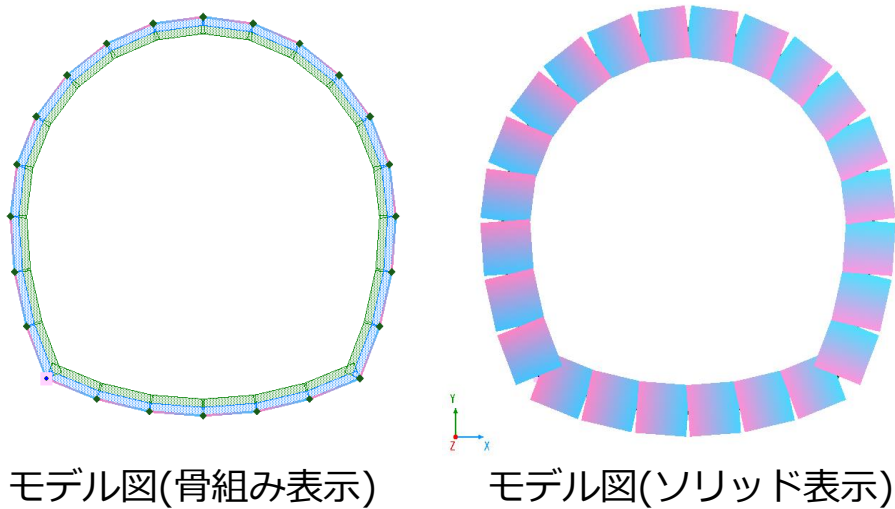
本施設は壁厚 300mm、内空高・内空幅 1900mm の複心円形トンネルである。表層地盤は N 値 22 の砂礫層で、底板下面が岩盤に接しており工学的基盤面となっている。

計算対象の断面は坑口付近とした。坑口付近は土かぶりが小さいためグラウンドアーチが形成されず、トンネルに過大な荷重がかかりやすく、より危険と判断したためである。



解析条件

- ・ 準拠指針：土地改良事業設計指針「水路トンネル」平成 26 年 7 月、同「耐震設計」平成 27 年 5 月
- ・ コンクリート材料： $\sigma'_{ck}=18\text{N/mm}^2$
- ・ 解析手法：応答変位法
- ・ 設計地震動：レベル 1、レベル 2 地震動
- ・ 考慮する荷重：自重、慣性力、常時土圧、外水圧、地盤反力、内水圧、動水圧、応答変位荷重、周面せん断力



検討結果

<照査方法>

無筋コンクリート断面では、コンクリートがひび割れに達すると脆性的に破壊すると考えられることから、レベル 2 地震時においても終局耐力照査ではなく、常時、レベル 1 地震時と同様に許容応力度照査で行うこととした。無筋コンクリートの許容応力度は、『土地改良計画設計基準「水路工」』より右記の通り定めた。

<照査結果>

照査の結果、許容圧縮応力度、許容せん断応力度では OK となったが、許容引張応力度ではレベル 2 地震時においてほとんどの部材で NG となった。曲げモーメント図と許容引張応力度照査の NG 図を右に示す。

※右の曲げモーメント図は左→右方向に加振した結果のため、実際には左右対称に厳しい方の結果を採用すべき点に注意が必要である。NG 図はそれを考慮したものとなっている。

<対策>

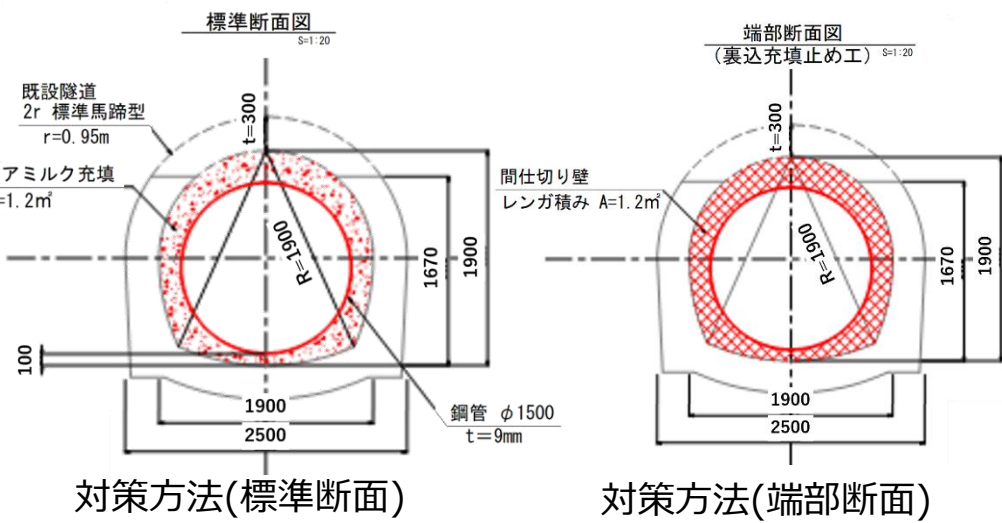
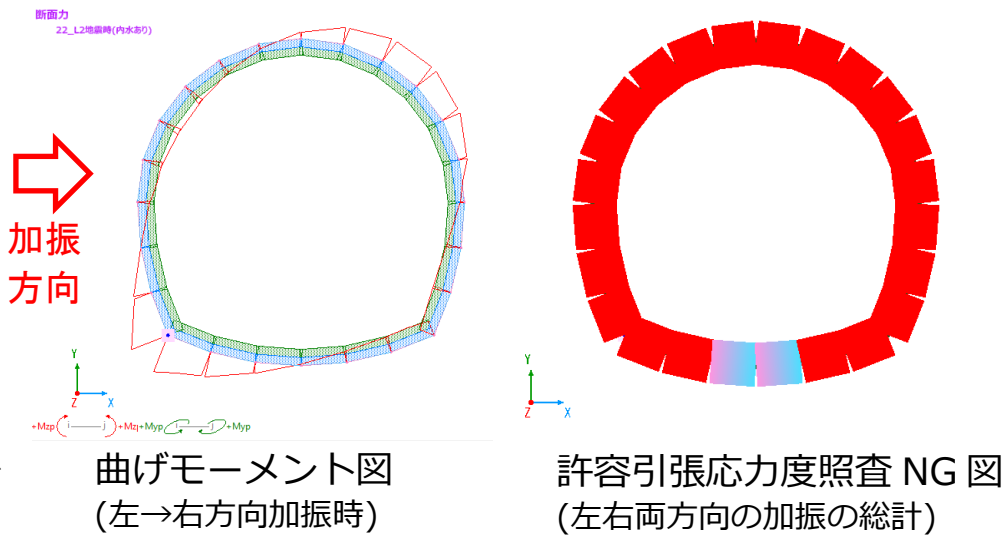
対策としてトンネル内側に新たな鋼管を挿入するパイプインパイプ工法を検討した。この工法は高強度、高耐久性の鋼管により耐震補強と維持管理の両方を対策できるものである。粗度が改善されることで流量への影響も低減でき、かつ施工も容易であることから、最小減のコストで対策が可能である。

無筋コンクリートの許容応力度

単位：N/mm²

種 類	算出式	本モデル($\sigma'_{ck}=18$)の値(※1)
許容圧縮応力度	$\sigma'_{ck}/4 (\leq 5.5)$	4.5
許容引張応力度	0.25	0.25
許容せん断応力度(※2)	$\sigma'_{ck}/100+0.15$	0.33

※1：地震時の割増を考慮しない基本値
※2：無筋コンクリートの許容せん断応力度では地震時の割増は考慮しない



考察

供用中の無筋構造物の対策が必要であったが、既設構造物が保有する性能を評価できる解析を行った結果、流量への影響も少なく、施工性も良い効率的な補修・補強対策を検討することができた。

近年では既設構造物の経年劣化、大規模地震動への対策、資材高騰や担い手不足による建設工事費の増大など様々な課題が生じているが、適切な解析を行うことでそれらを解決し国土強靱化に貢献したいと考える。