

平成 26 年度
老朽化トンネル補強技術の研究
目 次

| | |
|----------------------------------|----|
| 第 1 章 研究の概要 | 1 |
| 1.1 背景および目的 | 1 |
| 1.1.1 背景 | 1 |
| 1.1.2 目的 | 1 |
| 1.2 補強方法 | 2 |
| 1.2.1 現状と課題 | 2 |
| 1.2.2 着眼点と補強概要 | 2 |
| 1.2.3 補強方法の特徴 | 3 |
| 1.2.4 補強手順 | 3 |
| 1.2.5 施工状況概要 | 4 |
| 1.3 補強方法の適用範囲と適用方法 | 5 |
| 1.3.1 適用範囲について | 5 |
| 1.3.2 適用方法について | 5 |
| 1.4 研究の進め方 | 7 |
| 1.5 研究内容と成果概要 | 7 |
| 1.5.1 平成 25 年度実施事項概要 | 7 |
| 1.5.2 平成 26 年度実施事項概要 | 15 |
| 第 2 章 既設トンネルへの適用方法検討（パラメータ解析） | 17 |
| 2.1 解析条件 | 17 |
| 2.1.1 既設トンネル設定条件 | 17 |
| 2.1.2 設定荷重 | 17 |
| 2.1.3 既設トンネルの部材仕様の設定 | 17 |
| 2.1.4 補強リングの部材仕様の設定 | 22 |
| 2.1.5 解析モデル | 25 |
| 2.2 解析結果 | 27 |
| 2.3 各部応力照査結果 | 72 |
| 2.3.1 既設トンネルの応力照査結果 | 72 |
| 2.3.2 補強リングの応力照査結果 | 74 |
| 2.3.3 充填材加圧注入時・充填材硬化後残存圧力作用時の安全性 | 74 |
| 2.4 追加外荷重作用時の補強効果の検討 | 88 |
| 2.5 まとめと課題 | 89 |
| 2.5.1 まとめ | 89 |
| 2.5.2 課題 | 89 |

| | |
|-----------------------------------------|-----|
| 第3章 設計方法の検討（2次元フレーム解析） | 91 |
| 3.1 2次元フレーム解析の方針 | 91 |
| 3.2 全体系解析条件 | 95 |
| 3.3 全体系解析結果 | 97 |
| 3.3.1 設計荷重時の比較 | 97 |
| 3.3.2 付加荷重時の比較 | 97 |
| 3.4 リング間継手部 | 113 |
| 3.4.1 解析条件 | 113 |
| 3.4.2 解析結果 | 114 |
| 3.5 応力照査の比較 | 115 |
| 3.6 2次元フレーム解析による追加外荷重作用時の検討 | 124 |
| 3.6.1 既設トンネルの剛性低下を考慮した追加外荷重作用時の荷重分担率の検討 | 124 |
| 3.6.2 既設トンネルと補強リング間の離隔発生 of 検討 | 126 |
| 3.7 まとめと課題 | 128 |
| 3.7.1 まとめ | 128 |
| 3.7.2 課題 | 128 |
| 第4章 簡易型ゴムチューブによるコストダウン実験検討 | 129 |
| 4.1 実験計画 | 129 |
| 4.1.1 簡易型ゴムチューブの概要 | 129 |
| 4.1.2 ゴムチューブの形状 | 130 |
| 4.1.3 実験装置および加水圧過程 | 132 |
| 4.2 実験結果 | 133 |
| 4.2.1 CASE-1 | 134 |
| 4.2.2 CASE-2-1 | 135 |
| 4.2.3 CASE-2-2 | 136 |
| 4.3 まとめと課題 | 137 |
| 4.3.1 まとめ | 137 |
| 4.3.2 課題 | 137 |
| 第5章 施工方法の検討 | 139 |
| 5.1 施工ステップ毎の課題と対処方法 | 139 |
| 5.2 計測計画 | 141 |
| 5.3 施工・維持管理フロー | 143 |
| 5.4 まとめと課題 | 144 |
| 5.4.1 まとめ | 144 |
| 5.4.2 課題 | 144 |
| 第6章 まとめと今後の展開 | 145 |
| 6.1 まとめ | 145 |
| 6.2 今後の展開 | 147 |

第 1 章 研究の概要

1.1 背景および目的

1.1.1 背景

本研究は、都市部の地下に建設されている地下鉄、共同溝トンネルといった円形トンネルを対象とする。

これらの対象トンネルでは、経年変化による老朽化などが進んできており、この状況に対応すべく、特にコンクリートの剥落に対する各種の補修技術が開発されてきている。

しかし、都市再開発による外荷重変化に伴う覆工コンクリートの変状といった事案が浮かび上がってきており、上記の補修技術のみでは十分な対応が困難となる。このため、老朽化トンネルの耐力を増加させる補強技術が、都市の再生技術として今後必要な技術になってくる。

また、東日本大震災を教訓に耐震補強のさらなるグレードアップが必要とされてきつつあり、このような問題に対しては、上記の補修技術のみでは十分な対応が困難となる。

1.1.2 目的

本研究では補強方法として、補強が必要な既設トンネルの内側に補強リングを組立て、補強リングと既設トンネルの間に圧力を掛けて、既設トンネルを内側から外側へ押す力を与えることによって行う技術に着目して行う。なお、既設トンネルの補強を担うのは補強リングであり、注入圧力による補強の程度は、既設トンネルの状況を把握したうえで、既設トンネルの構造に支障をきたさない範囲内とする。

平成 25 年度においては、まず、材料選定検討によって、ゴムチューブ材質としてクロロブレンゴムを、充填材として PC グラウト材を選定し、選定した材料を用いた充填材加圧注入実験を行い、充填材の硬化過程で浮上り反力が消失するような事象は見られず、ゴムの圧縮応力を介した圧力が長期的に有効であることを確認した。次に、3 次元 FEM 解析による構造解析を行い、既設トンネルに悪影響を及ぼさない加圧注入圧の大きさならびに補強完了後の追加外荷重作用時の補強リングの荷重分担率を把握した。

平成 26 年度においては、既設トンネル径・土被りをパラメータとした構造解析によって、本技術の適用性に関する知見を広げるとともに、設計手法として汎用的な 2 次元フレーム解析手法の適用性を探ること、施工にあたっての課題への対処方法の検討ならびに簡易型ゴムチューブの適用性について検討を行い、実用化に向けた前進を行うことを目的とした。