

充填硬化材の加圧注入圧を利用した既設トンネルの補強技術の開発 ～ 充填材の硬化過程における残存圧力確認実験 ～

大成建設株式会社 正会員○高倉 克彦 正会員 森田 泰司
一般財団法人エンジニアリング協会 正会員 竹東 正孝

1. はじめに

高度成長期以来構築されてきた建設物が、経年変化による老朽化あるいは建設当時との荷重条件の相違による耐荷力不足の問題に近い将来直面することは、想像に難くない。都市部の地下に建設されている地下鉄、下水道トンネル、共同溝トンネルについても、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、都市の再生の観点からも、トンネルの補強技術に対する需要が高まっているといえる。また、東日本大震災以降、耐震基準が見直されてきつつあり、今後、既設トンネルの耐震補強が必要とされてくるものと考えられる。このような状況に鑑み、既設トンネルの補強を目的とした技術の開発を行っており、前編ではこの補強技術の概要について報告した。本編では、補強技術の成立性のポイントとして取り上げた、セメントミルクが液体から硬化体に変化する過程で加圧注入圧が消失してしまわないことを確認した実験について報告する。

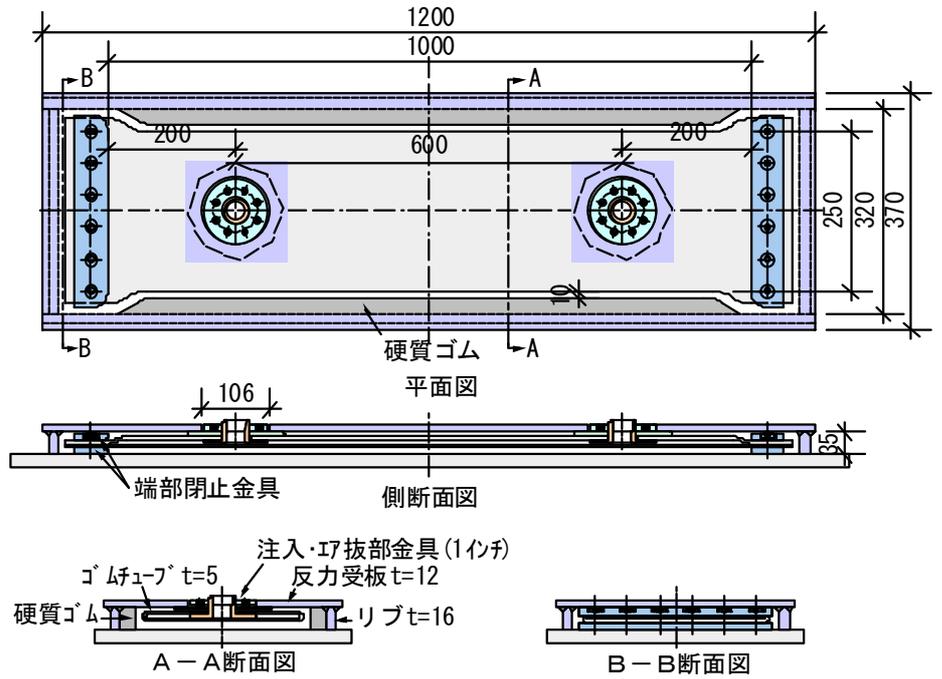


図-1 ゴムチューブおよび蓋状平板形状寸法

2. 実験概要

図-1 にゴムチューブおよび蓋状鋼板の形状寸法を示す。蓋状鋼板の内空高さは 35mm、ゴムチューブ厚は 5mm としている。したがって、セメントミルク（充填硬化材）の充填高さは 25mm 程度となる。セメントミルクの加圧注入圧は、前編の外荷重変化例の推定値である 0.2MPa を充填材硬化時に見込むために 1.5 倍に上げ越した 0.3MPa とした。このため、注入孔及びエア抜孔ならびにゴムチューブ両端部では、加圧注入圧 0.3MPa を保持するために、ゴムチューブを金具で挟み込む構造としている。なお、ゴムチューブには CR ゴムを、セメントミルクには PC グラウト材を用いている。

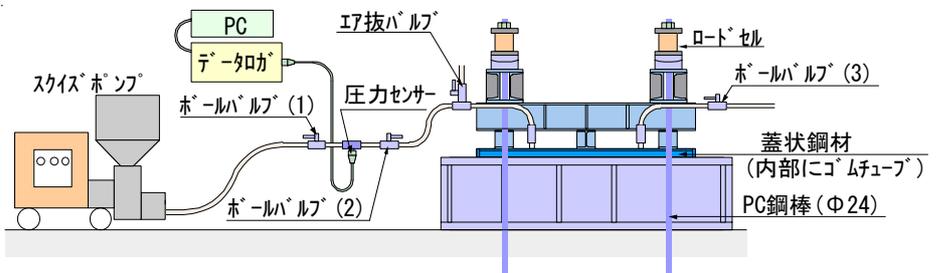


図-2 荷重装置および加圧注入装置

図-2 に荷重装置および加圧注入装置の概要図を、写真-1 に荷重装置状況を示す。ゴムチューブに加圧することによって、蓋状鋼板が浮上ろうとする力を床面に固定した PC 鋼棒の反力としてロードセルにて計測した。

キーワード 老朽化, トンネル, 補強, 充填硬化材, 加圧注入

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 技術センター土木技術開発部 TEL 045-814-7229

注入加圧においては、加圧段階毎に圧力保持時間を設けて、漏水などによる圧力減少などが発生しないか確認した。また、耐圧ホースなどのクリープの影響を低減するために一旦 0.3MPa まで加圧注入して 1 時間ボールバルブ(1)を閉止したのち、再度 0.3MPa まで加圧注入を行うこととした。

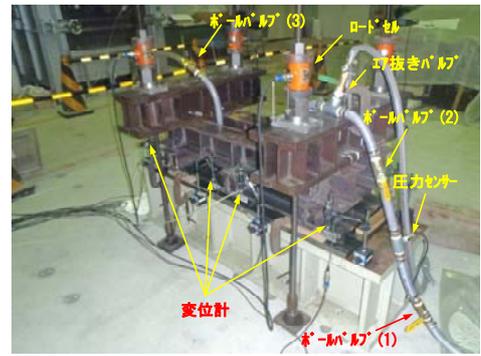


写真-1 載荷装置状況

3. 実験結果

最大加圧力目標値 300KPa (0.3MPa) に対して、1 回目の加圧値は 297KPa, 再加圧値 (1 時間経過後) は 321KPa となった。図-4 に圧力センサー値の経時変化図を、図-5 に浮上り反力の経時変化図を示す。圧力センサー値は、最大注入圧を保持したあとは低下傾向を示し、PC グラウト材の終結時間を若干超えた練上り 24 時間程度で底を打ち、その後、PC グラウト材の膨張効果を受けて上昇している。浮上り反力は、最大注入圧を保持したあと、徐々に低下しており、練上り 7 日程度においてもわずかながら低下している。ただし、PC グラウト材の硬化過程において、浮上り反力が消失してしまうことは見られなかった。

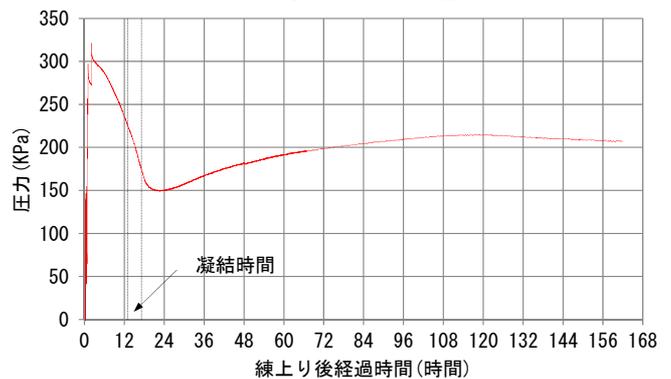


図-4 圧力センサー値の経時変化

4. 浮上り反力の経過試算

雰囲気圧を 3 気圧まで上昇させた状態で、セメントペーストの自己収縮ひずみを測定した実験結果¹⁾などを参考に、PC グラウト材 (高炉セメント) の自己収縮ひずみと PC グラウト材中の膨張材の伸長効果を類推して、浮上り反力の経過試算を行った。その結果を図-6 に示す。試算においては、自己収縮ひずみの大きさならびに加圧下での自己収縮ひずみの増加比率をパラメーターとした。これによれば、材齢 60 日での浮上り反力予測値は、加圧注入時の浮上り反力計算値の 66%程度となる。

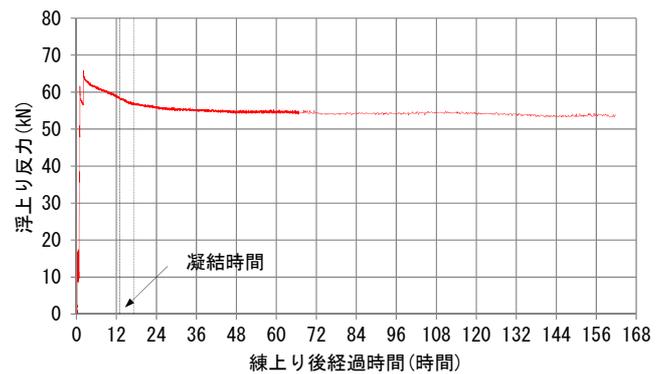


図-5 浮上り反力の経時変化

5. まとめ

セメントミルクが液体から硬化体に変化する過程で、加圧注入圧が消失してしまわないことを確認することができた。今後は、解析的な検討を進める。

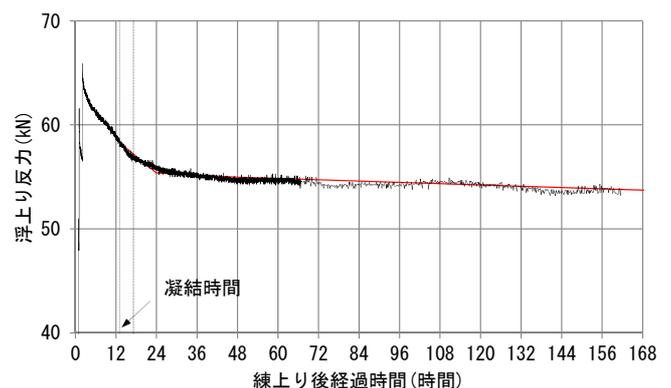


図-6 浮上り反力の試算結果

本研究は、公益財団法人 J K A から機械工業振興資金の補助金を受けて、一般財団法人エンジニアリング協会 地下開発利用研究センターが、「平成 25 年度 老朽化トンネル補強技術の研究」として検討を進め、その成果をとりまとめたものであり、大成建設株式会社は地下開発利用研究センターから検討の一部を受託して行ったものです。なお、本研究を進めるにあたっては、調査研究委員会 (委員長 公立大学法人 前橋工科大学 辻幸和学長) が編成され、貴重なご意見を頂きました。関係各位に心から謝意を表します。

参考文献

- 1) 山下ほか, 「極初期材齢におけるセメントペーストの収縮挙動に関する研究」 コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.1, 2005