



「コンクリート構造診断士」とは、プレストレストコンクリート工学会により認定される技術者資格です。コンクリート構造診断士に期待される役割は、既設の鉄筋コンクリート構造物やプレストレストコンクリート構造物に対して、力学的・構造的な診断や評価を実施し、当該構造物の適切な補修・補強、あるいは維持管理の手法を提示することです。

このコーナーでは、こうしたコンクリート構造診断士の活動を紹介するため、資格登録更新時に提出される研修報告書のなかから、とくに一般の読者にも有益な情報を与えるとして選出された事例を掲載します。

## 老朽化トンネルの 内部補強技術の開発



大成建設(株) 技術センター  
武者 浩透

### 1. はじめに：開発の背景

高度成長期以来構築されてきた建設物が、建設当時との荷重条件の違いによる耐荷力不足や老朽化による変形などの問題に直面している事例が増加している。とくに都市部の地下に建設されている地下鉄、下水道、共同溝などのトンネルでは、都市再開発による外荷重変化に伴うトンネル上部の変形といった事例が生じており(図-1)、トンネルの補強技術に対する需要が高まっている。このような背景を踏まえて、既存トンネルの内部補強技術の開発を行った。

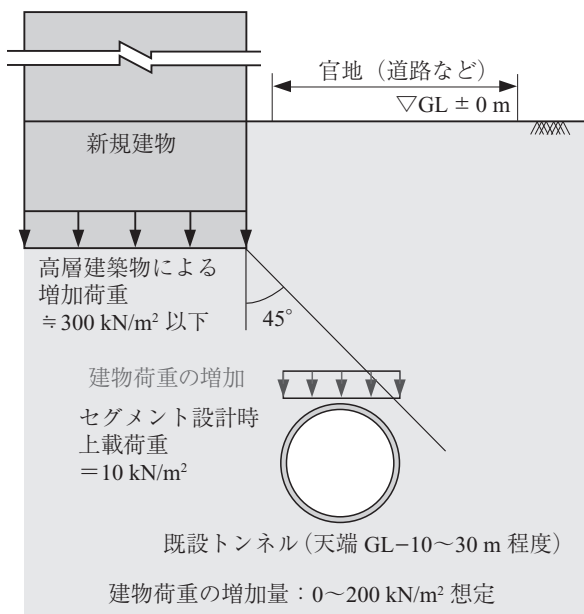


図-1 外荷重変化の例

### 2. 内部補強技術の概要

#### 2.1 トンネル変状の現状と課題点

老朽化トンネルの変形の実態を把握すべく顧客への調査を行った結果、顕著かつ深刻な変形はトンネル頂部の沈下であり、それが年々増加しているとのことであった。その対策として、内部補強を試みてはいるものの、内空スペースの余裕が少ないため工法に制約があり、また既存の技術ではすでに生じてしまった変状および躯体応力の改善ができないという課題があった。

#### 2.2 開発技術の概要

これらの課題を解決するために、図-2に示すような補強構造を開発した。これは、まずトンネル頂部に平板上のゴムチューブを設置し、鋼製の補強アーチ部材と弦材を設置して、接続鋼材にてトンネル躯体と補強鋼材の一体化を行う。その後に、ゴムチューブに無収縮モルタルを所定の圧力まで加圧充填することにより頂部の補強を行う工法

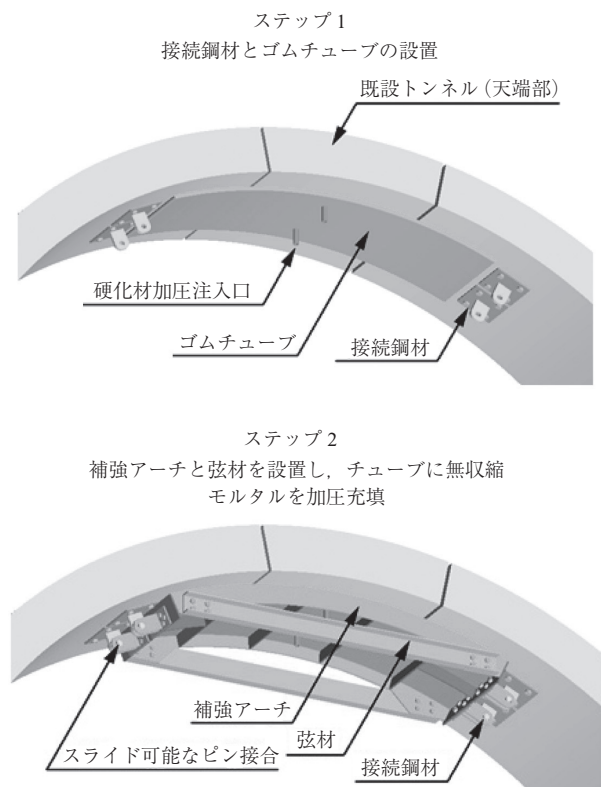


図-2 補強構造の概要

である。ポイントとしては、設置した補強アーチおよび弦材を反力として、モルタルを加圧充填することにより、トンネル上部に外向きの力を作用させる点である。これには、2つの大きな効果があり次項に示す。

2.3 加圧充填の効果

(1) 効果その1：変形への対応と即効性

トンネル内部から鋼板を当てるなどの補強をした場合、トンネル頂部の内面は先に述べた変形によりいびつな形になっており、鋼材がさらなる変形を支持しようとした際には、コンクリートと補強鋼材は局部的な接触から始まり応力集中が生じるためコンクリートの損傷が懸念される。また、補強鋼材がトンネルを支持し始めるのは、トンネルが変形して各部材の馴染みが済んでからとなるため、補強後に効果が得られるまでには、さらにトンネルに変形と鉄筋の応力増加が生じてしまう問題がある。しかしながら、今回開発のモルタルを加圧充填する方式では、トンネルの現状に応じてゴムチューブが変形し、また加圧によって馴染み分をあらかじめ吸収してくれるため、トンネルの変形に即座に対応することができ、既存トンネルへの損傷の心配もない。

(2) 効果その2：応力の改善

加圧充填によるトンネル外向きの力を制御することにより、これまで生じていた鉛直変形を改善するとともに、それにより生じていた鉄筋の引張応力も緩和し、施工当初の状態に近づけることが可能となる。

3. 開発技術の検証

開発した技術を検証するためにFEM解析を実施し、その結果を踏まえて実大のモデルを製作して、加圧充填試験並びにセグメントの曲げ荷試験を実施した。その状況と結果を次に示す。

写真-1には注入試験時の状況写真を、図-3には補強セグメントの曲げ荷試験体の概要図を示す。セグメントは内径6000mm、桁高300mm、幅1200mmである。加圧充填試験では、ゴムチューブに無収縮グラウト材を加圧注入して鉄筋に外側引張の応力が出るのを確認した後に注入口を閉鎖し、鉄筋応力の時間推移を計測した。

モルタル注入時のセグメント外側（上面側）と内側（下面側）の鉄筋のひずみの経過を図-4に示しているが、注入時に圧力が上昇し、鉄筋のひずみは外側引張状態、つまりセグメントを内空側より押し上げた状態（トンネルの変形改善側）となっている。また、モルタルが硬化した後もある程度の応力は保持されており、トンネルの変形および鉄筋の応力緩和への改善効果が確認された。さらに、その後実施した耐力試験では、補強なしのセグメントに比べて、本補強を施したセグメントは約1.5倍の曲げ耐力を有することが確認された。今後は、さらなる改善を施し、増加する老朽化トンネルの補強に役立てたいと考えている。



写真-1 試験状況

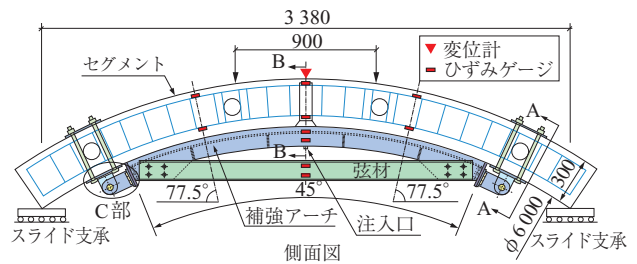


図-3 試験体図

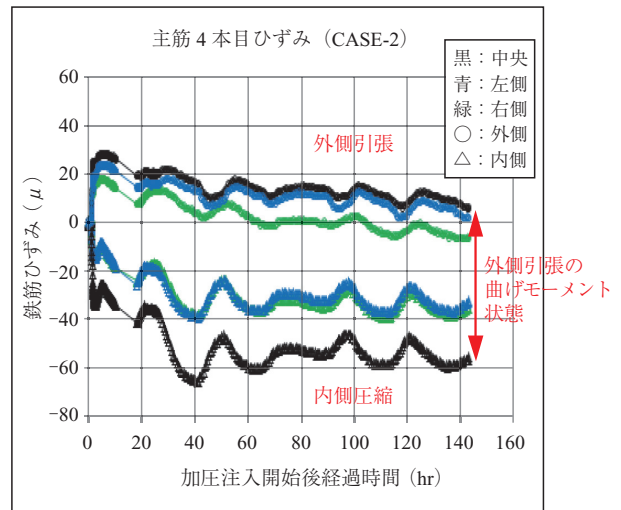


図-4 加圧注入時間と鉄筋ひずみの関係

4. おわりに

今後、コンクリート構造物の老朽化が進むとともに、補強やリニューアルのニーズが飛躍的に増えていくと考えられる。新設と異なり難しいのは、既に傷んでいる・損傷もしくは変形している構造物を、供用しながらいかに効率的に対応していくかという点である。コンクリート構造診断士として、構造物の実状をしっかりと調査・診断し、それに即した補修・補強を選択する、あるいは開発するという使命を痛感する日々である。

【2017年5月1日受付】