

論 文 要 旨

区 分	甲	氏 名	荒 木 絃 一
論文題名	地中埋設管の位置修復グラウチングに伴うグラウト材の挙動および周辺地盤変状に関する研究		

論 文 内 容 の 要 旨

近年、都市化の進行に伴って地下利用は高度化し、都市中心部のみならず広範な市街地道路下における地中埋設管の輻輳は増大の一途を辿っている。これまで、地震や近傍の土木建設工事に起因する埋設管の損傷や破断等により、重大な機能不全や道路陥没等の事故が生じることに留まらず、近年では埋設管の老朽化に起因する道路陥没の箇所数が増加していることも判明している。埋設管の破断や道路陥没に到る原因は、埋設管の材質や構造により異なるものの、その修復、対処には甚大なる労力や費用が費やされてきた。この実情を受け、埋設管の機能低下、事故防止、震災への対応に優れた非開削管渠更生工法が近年開発されて実施工に供され始めたが、これらの更生工法は地盤の不同沈下や近接工事などに起因する埋設管の蛇行やたるみの修復には十分に対応できないため、依然として開削工法による施工が行われている。しかし、開削工法によるライフラインの修復は、交通支障や騒音、振動等への対処が不可欠なため、とくに都市部においての開削工法の適用は非常に困難となっている。

本論文は、このような問題点を解決するために、蛇行やたるみ等が生じた埋設管の周辺地盤にグラウト材を注入し、地盤を強制的に変形させることで埋設管の位置を修復する Under Ground Scope (U.G.S.) 工法の開発と実用化を目指して、この U.G.S. 工法を適用する際の種々の解決すべき課題を実験的および数値解析的な面から検討し、設計施工指針の確立を図ったものである。

本論文は6章で構成され、各章で得られた結果をまとめると以下のようである。

第1章は緒論であり、本研究の意義と目的を述べた。すなわち、まず地中埋設管の現状や、更生工法への取り組みが最も進んでいる下水道管の概要、下水道管に生じる異常の種類、異常程度の区分判定、異常への対策について述べ、次に U.G.S. 工法における位置修復の基礎技術である薬液注入工法に関する既往の研究について述べた。

第2章では、まず U.G.S.工法の特徴や地中埋設管の位置修復手法、グラウト材の注入作業内容等について詳述し、U.G.S.工法の積算資料に記載されている修復規模やグラウト材の選定方法、位置修復グラウト注入量の算定方法、最適な注入深度、適用可能地盤について検討した。この結果、地盤内でのグラウト材の挙動は、グラウト材のゲルタイムや注入圧力、注入対象地盤の地盤強度などにより異なってくることから、U.G.S.工法における最適な設計指針を確立するためには、グラウト注入量や地盤変形量とグラウト材の浸透・固化挙動の関係を明確にする必要がある等の課題解決に向けた具体的検討項目を抽出した。

第3章では、U.G.S.工法を地中埋設管の位置修復に適用する際に、非常に重要となるグラウト材の地盤内での挙動とグラウチングに伴う隆起等の地盤変状の関連性についての考察を行った。すなわち、U.G.S.工法の施工に関わる定量的指針を得るための足掛かりとして、本工法で用いられるグラウト材を用いて実験室内で模擬地盤への注入実験を行い、注入後の地盤内でのグラウト

材固結物の状態および分布範囲と注入に伴う地盤の移動特性を観察、計測した。その結果、本工法で用いられるグラウト材はゲルタイムが4秒程度と極めて小さい瞬結型のグラウト材であるため、注入後の地盤内でのグラウト材は浸透注入ではなく割裂注入の形態で注入されること、分布範囲については地盤や土被りには左右されず円盤状に分布すること、円盤状に賦存するグラウト材固結物の割裂長さや固結高さがゲルタイムに依存すること等が判明した。

第4章では、U.G.S.工法を実施工に適用するためには、要求される位置修復量を得るために必要なグラウト材の注入量を前もって把握する必要があることから、2次元有限要素解析によって注入による地盤の変形量を予測し、前章の実験結果と対比検討することによりこの解析手法の可否を検討した。その結果、本解析手法では、地表面からグラウト注入管までの距離の注入管に近い側1/3程度の領域においては、グラウト注入管設置に伴って発生する注入管周辺地盤の空隙の発生により、実際の変形量を正確にはシミュレートすることはできないが、地表面から近い側2/3程度の領域については、定量的に評価することが可能であることが判明した。実施工におけるグラウト注入管と位置修復を行う埋設管の位置関係は、地表面からグラウト注入管までの距離の2/3程度に埋設管が存在しているため、本解析手法による最適なグラウト注入量の事前予測が可能であることが分かった。次に、実施工スケールにおいて地盤物性値やグラウト注入量と埋設管の位置修復量の関係について明確にするために2次元有限要素解析を行うとともに、実施工の対象となるN値が10以下の軟弱地盤状況において要求される埋設管の位置修復量を得るために必要なグラウト注入量についての予測の可否について検討した。その結果、グラウト注入量と位置修復量の間には極めて良い相関関係が認められ、位置修復に必要な最適なグラウト注入量予測式を導出することに成功した。

第5章では、実際の施工における注入管間隔の最適設計に関する検討を行った。すなわち、位置修復する埋設管の両側に2本のグラウト注入管を同時に設置するため、この注入管の最適な間隔を予め得る必要がある。そこで、最適な注入管間隔に関する模型実験および数値解析を行った結果、埋設管径の1.5倍程度の注入管間隔にすれば、効率的に位置修復できることが判明した。

第6章では結論であり、上述各章を総括したものである。