

氏名	井上壽雄 いのうえとしお
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第1120号
学位授与の日付	昭和54年1月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	尿素樹脂の土質安定剤への応用に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 松尾新一郎 教授 岡田 清 教授 畠 昭治郎

論 文 内 容 の 要 旨

尿素とホルムアルデヒドとの付加縮合により得られる尿素樹脂は、最も安価な合成樹脂の一つとして大量に使用されている。本論文は、この安価な尿素樹脂を地盤注入工法における高性能の土質安定剤として実用化する研究をまとめたものであって、序論および本文8章から成っている。

序論は本論文の目的および構成について述べたものである。

第1章では、土質安定工法としての薬液注入工法の現状、およびその一般的原理を述べかつ各種土質安定材料の種類、性質および高性能の土質安定剤として必要な基本的性質について記入し、後章の準備としている。

第2章では、尿素樹脂を土質安定剤として適応させるための基礎的研究を行い、まず透明で安定な低粘度の尿素樹脂プレポリマーを合成する条件を検討し、次に、この尿素樹脂プレポリマーのゲル化時間を自由に調節するためには、塩化ナトリウムあるいは尿素を後添加すると有効であることを見出している。

さらに、これらの系のゲル化の機構について考察し、生成ゲルの固結性および止水性の基本的性質を示している。

第3章では、適当な条件で合成した尿素樹脂プレポリマーの土質安定剤としての性質、すなわち注入薬液の粘度、土質の固結強度および透水係数などの各種物性を測定し、尿素樹脂プレポリマー濃度、尿素添加量、ゲル化時間の調節条件との間の関係を示している。その結果、尿素樹脂は土質安定剤として注入薬液粘度 1.4 cp, サンドゲル一軸圧縮強さ数十 kg/cm^2 と浸透性および固結強度にすぐれた性能を持っていることを明らかにした。

第4章では、ホルムアルデヒド臭を除いて現場施工性を改善するための尿素樹脂プレポリマーの合成条件、およびプレポリマー中の遊離のホルムアルデヒドを捕捉する方法について検討した。これには尿素樹脂プレポリマー中に各種の添加剤を加えると効果があり、とくに尿素により遊離ホルムアルデヒドをメチロール化して脱臭した尿素樹脂プレポリマーが、土質安定剤として実用性が大きいことを示している。

第5章では、尿素樹脂プレポリマーを土の中へ注入ゲル化した場合の固結性について研究した。まずコ

ンクリート槽を用いて静水砂、および砂中水を流動させた動水砂中へ注入実験を行い、プレポリマー濃度、注入量、ゲル化時間、固結体積、固結形状、固結位置などとの関係を示している。この結果、伏流水など地下水の流速の大きい場合でも、尿素樹脂により確実に固結できることが明らかにされた。さらに、現地盤への注入実験を行い、注入量、固結体積、固結土の強度および透水係数を測定し、尿素樹脂の土質安定剤としての性質を明らかにしている。

第6章では、固結土の透水係数を減少して止水性能を向上させるための、尿素樹脂プレポリマーより生成する含水ゲルをち密化する方法および親水性を向上させる方法について研究を行い、ケトン類およびアルコール類の添加が有効であることを示している。とくにポリビニルアルコールの効果は大きく、その少量の添加により大幅に止水性能が向上することを明らかにしている。

第7章では、尿素樹脂プレポリマーのゲル化を中性あるいはアルカリ性で行う方法について述べている。すなわち、尿素樹脂プレポリマーをゲル化させるための硬化触媒には、従来硫酸、硫酸水素ナトリウム、塩化アンモニウムなどの無機酸あるいは無機酸塩類が使用されている。ゲル化後の固結地盤を中性化するため各種添加剤を検討した結果、プレポリマーをゲル化するときアミド類あるいはアミン類を添加しておくと、ゲル化の速度を低下させることなく、ゲル化後ゲル中の酸は速やかに中和されることを見出した。さらに、アミン類とホルムアルデヒドの反応性を応用して、アルカリ硬化方法について検討した。ヘキサメチレンジアミンにより中性あるいはアルカリ性において尿素樹脂プレポリマーをゲル化し、土を固結する方法を見出し、その条件を示している。

第8章では、尿素樹脂を土質安定剤として実際の建設工事に使用し、尿素樹脂がすぐれた土質安定効果を発揮することを施工例により示している。

最後に以上の研究を総括し結論としている。

論文審査の結果の要旨

近年の都市再開発工事、軟弱地盤における建設工事の増加にともない土質安定工法の重要性はますます大きくなり、これらに使用される土質安定剤の性能も高度のものが要求されている。本論文は浸透性にすぐれた低粘度尿素樹脂プレポリマーを合成し、かつゲル化時間を広範囲に調節することにより、尿素樹脂を地盤注入工法による土質安定剤として実用化する方法を明らかにしたものであり、主な内容はつぎのようにまとめられる。

(1) 尿素樹脂プレポリマーに尿素を後添加することにより、常温においてポリマーのゲル化時間を数十分から数十分まで自由に調節できることを見出した。この方法により、尿素樹脂プレポリマーをゲル化直前まで低粘度に保ち、ゲル化時間に到達すると急速にゲル化させることが可能となり、尿素樹脂が土質安定工法に効率よく使用できることを初めて明らかにした。

(2) 尿素樹脂で土を固結したサンドゲルの一軸圧縮強さを求め、数十 kg/cm^2 の強さになることを示した。また、伏流水が10 cm/min の大きな場合でも充分固結し、尿素樹脂プレポリマー注入量、固結土の大きさ、固結位置などとゲル化時間との関係を明らかにしている。

(3) 尿素樹脂のホモゲルおよびサンドゲルの離漿性と大きい透水性は、尿素樹脂プレポリマーにポリビ

ニルアルコールを約1%添加することにより、含水ゲルの離漿性が消失し、透水係数が 10^{-7}cm/sec と止水性のすぐれた性質に改良できることを明らかにした。特にポリビニルアルコールの部分ホルマール化物の添加により、浸透性、固結強度および作業性がより優れた樹脂になることを見出した。

(4) 尿素樹脂プレポリマー中の遊離のホルムアルデヒド量を低下させ、施工性を改良するためには、プレポリマーに尿素を添加し、pH7.5、20℃において熟成することが有効であり、この場合土の固結強度も未熟成の場合より上昇することを認めた。また、地盤の酸性化を防止するために、中性あるいは塩基性触媒によるプレポリマーのゲル化を検討し、さらに酸性触媒による硬化ではヘキサメチレンテトラミンの添加が有効であることを示した。

(5) このようにして得られた尿素樹脂土質安定剤の現地盤への注入実験を行い、さらに建設工事に使用した事例を述べ、実用性能の大きいことを確認した。

以上要するに本論文は、低粘度尿素樹脂プレポリマーに尿素その他の試薬を後添加することによりゲル化時間を広範囲に調節し、尿素樹脂が高性能の土質安定剤として用いられることを示したものであって、土質安定工法に大きく貢献している。従って、学術上はもとより工業上にも寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。