

氏 名	つね おか のぶ ゆき 恒 岡 伸 幸
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3800 号
学位授与の日付	平 成 16 年 5 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	セメント改良土からの六価クロムの溶出とその周辺地盤での挙動に関する研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 嘉 門 雅 史    教 授 森 澤 眞 輔    教 授 宮 川 豊 章

### 論 文 内 容 の 要 旨

セメント改良土から六価クロムが溶出する可能性のあることを受け、建設事業において今後新たに施工するセメント改良土が六価クロムの溶出のないものであること、これまでに施工されたセメント改良土の周辺環境への影響を把握することは重要な課題である。本論文では、セメント改良土からの六価クロムの溶出の特徴を把握し、六価クロム溶出の原因や溶出メカニズムを解明するとともに、六価クロムの溶出を抑制する要因やセメント改良土から溶出した六価クロムに作用する周辺地盤の移動抑制効果等を明らかにして、周辺地盤への影響予測手法を確立して、既存の国の施策の妥当性を評価したものであり、以下の9章からなっている。

第1章は序論であり、本研究の社会的な背景を述べ、その意義を明らかにし、セメント改良土からの六価クロムの溶出メカニズム、溶出の特徴、周辺地盤での挙動等を解明することの重要性を詳述した。

第2章では室内配合試験や文献調査の結果をもとに、セメント改良土から溶出する六価クロムの起源を特定し、六価クロムが溶出する原因とそのメカニズムを明らかにした。六価クロム溶出に関わる主要な要因として、1) 土質によっては、セメントの水和反応を阻害するものがあるため、こうした土を用いたセメント改良土からは六価クロムが溶出する、2) 固化材に含まれる還元性物質により、こうした固化材を用いたセメント改良土からは六価クロムの溶出が抑制される、3) 土の持つ酸化・還元雰囲気によって、セメント改良土からの六価クロムの溶出のしやすさが違うこと等を明らかにした。

第3章では国土交通省直轄工事、農林水産省直轄工事、及び日本道路公団工事について、セメント改良土の六価クロム溶出試験のデータを全国集計し、この集計結果から六価クロムの溶出傾向が、第2章で述べた六価クロムの溶出のメカニズムを裏付けるものであることを検証した。溶出の特徴として、1) 土と固化材の組合せによって溶出頻度に顕著な差が見られ、多くの土と固化材の種類で溶出を生じない組合せを特定できない、2) 現地のセメント改良土からの六価クロムの溶出濃度は、室内試験で得た値と同等であり、その最大値は土壤環境基準値を一桁上回る程度である、3) 施工前の溶出試験(若い材齢)で溶出のなかったセメント改良土は、施工後の溶出試験(材齢を経過)でもほとんど溶出することはないことを示し、国の通達に基づく六価クロムの溶出試験による安全性の確認が妥当であることの根拠を示した。

第4章では既設のセメント改良土及びその周辺土壌や地下水をサンプリングし、六価クロムの溶出試験を行い、一部のセメント改良土から六価クロムの溶出を確認したが、その周辺土壌や地下水からは六価クロムの溶出はほとんど見られなかった。この理由をカラム通水実験及びバッチ試験で検証し、pHが低い周辺地盤では土壌の吸着・還元作用を受けやすく、その移動が抑制されること、ならびに三価クロムへの還元などによる減衰が生じていること等を明らかにした。

第5章と第6章ではセメント改良土から溶出した六価クロムが周辺環境に与える影響予測手法について検討し、数値解析に用いる溶出モデルの設定と実験に基づいたパラメータに関する評価等を行った。まず浅層改良土では、数値解析の入力値となる六価クロムの溶出量を求めるためにカラム通水実験を行い、六価クロムの溶出量とカラム通過水量の関係を決定した。深層改良土では、タンクリーチング試験結果から、溶出モデルはFickの法則に基づく拡散溶出モデルで表現できることを確認した。いずれの溶出モデルも汎用される環告46号試験値との関連づけを行い、大型土槽実験結果と同定することにより、

溶出モデルや遅延係数等のパラメータの妥当性を検証した。

第7章では第5、6章で確立した予測手法に基づいて、実際の地盤条件をモデル化して数値解析を行い、その適用性を確認した。また、数値解析の結果、周辺地盤に影響を及ぼしやすい外力と境界条件を整理し、第4章で検討した六価クロムの周辺地盤における挙動と併せて、既設改良土の周辺環境への総合的影響把握を行い、セメント改良土からの六価クロム溶出対策の留意事項をまとめた。

第8章ではこれまでの研究成果を国の環境施策へ反映することを目的に、今後新たに施工されるセメント改良土の安全性の確保と、これまでに施工されたセメント改良土の周辺地盤に与える影響把握という施策目標の論拠を明示した。特に、既設のセメント改良土の周辺環境への影響把握のための全数調査は不可能であることから、一般性を有する信頼性の高い影響予測が必要となるが、本研究の結果として周辺環境に影響を及ぼすことはほとんどないことが判明し、新たな施策の必要性は認められないことを確認した。

第9章は結論であり、本論文で得られた成果について要約し、今後の課題を整理して示している。

### 論文審査の結果の要旨

建設事業においてセメント改良土は、土木材料の中でも基本のものであり、また地盤改良手法として最も多用されている手法の一つである。本論文は、このようなセメント改良土から有害重金属である六価クロムが周辺環境へ溶出する可能性のあることを受け、六価クロムの溶出の特徴を把握し、六価クロム溶出の原因や溶出メカニズムの解明、ならびに周辺地盤への影響予測手法の確立を図ったものであり、得られた成果は以下の通りである。

- (1) セメント改良土の室内配合試験や文献調査に基づいて、セメント改良土から溶出する六価クロムの起源を対象土とセメント材料の双方から特定し、六価クロムが溶出する原因とそのメカニズムを実験的・理論的に検証した。
- (2) 国土交通省直轄工事、農林水産省直轄工事、及び日本道路公団工事について、セメント改良土の六価クロム溶出試験のデータを全国集計し、土と固化材の組合せによって溶出頻度に顕著な差が見られること、現地のセメント改良土からの六価クロムの溶出濃度は室内試験で得た値と同じレベルであり、その最大値は土壤環境基準値を一桁上回る程度であることを明らかにした。
- (3) 過去に施工されたセメント改良土及びその周辺土壌や地下水をサンプリングし、六価クロムの溶出試験を行った結果、一部のセメント改良土からは六価クロムを溶出するが、その周辺土壌や地下水からは六価クロムはほとんど溶出していないことを確認した。
- (4) 浅層改良土や深層改良土から溶出した六価クロムが、周辺環境に与える影響予測手法に関する詳細な要因分析を実施し、数値解析に用いる溶出モデルの設定とパラメータの実験的検証を行った。
- (5) 周辺地盤への六価クロムの拡散状況の数値解析を行い、実際の地盤条件をモデル化し、その適用性を検証した。さらに、周辺地盤に影響を及ぼしやすい外力と境界条件を整理して、既設改良土の周辺環境への影響の把握を行うとともに、対策上の留意事項を総合的にとりまとめた。以上の結果は、国土交通省の通達における六価クロムの溶出試験による安全性の確認施策が、セメント改良土による周辺環境影響を未然に防止する施策として妥当であることの根拠を示したものである。

以上要するに、本論文はセメント改良土の及ぼす環境影響に対して、詳細な全国調査データに基づいて、改良土から溶出する六価クロムの特徴を把握し、溶出の原因や溶出メカニズムの解明、ならびに周辺地盤への影響予測手法の確立を行って、国の施策の有効性を確認したものであって、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成16年3月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。