

学位論文題名

極低レベル放射性コンクリート廃棄物の
締固め特性と埋設処分方法に関する研究

学位論文内容の要旨

原子力発電施設の中には、21世紀初頭にはその役割を終え解体されるものが徐々に出現する。この際に発生するコンクリート廃棄物は、放射化されたものと汚染されたものに大別され、その放射化・汚染の程度によって、処分形態が各々異なる。

本研究で対象とした非常に放射能濃度が低いコンクリート廃棄物は、その放射能濃度ならびにコンクリートの物理的・化学的安定性から、コンクリートピット等の人工構築物を設置せずに掘削した土壌中(素掘りトレンチ)に埋設処分しても、安全性に支障がないと考えられているものである。しかし、埋設処分に当たっては、原子炉等規制法によって、

- ①埋設時において、埋設区画にたまっている水を排除し、雨水等が浸入することを防止する措置を講ずること
- ②埋設地の外に放射性物質が飛散するおそれのあるときは、飛散防止のための措置を講ずること
- ③廃棄物の埋設が終了した後において空隙が残らないように措置すること
- ④廃棄物埋設地表面を周辺の土壌に比して透水性の大きくない土砂等で覆うこと

等の条件を満たす必要があるとされている。これら各種要件のうち、埋設後の空隙に関するコンクリート廃棄物の締固め特性については、最大粒径5cm程度の小粒径のものについては既往の研究によってその特性が明らかになっている。しかし、本研究で対象とする極低レベル放射性コンクリート廃棄物のように、放射性物質の飛散防止の観点から比較的大粒径のまま処分されるものについては、締固め特性が明らかになっていない。したがって、極低レベル放射性コンクリート廃棄物を埋設処分するに当たっては、大粒径のコンクリート廃棄物の締固め特性を明らかにするとともに、上記の各種要件を満足し、安全かつ合理的に埋設処分する方法を早急に確立することが望まれている。

そこで本論文では、主として実大規模のコンクリート構造物を解体して得られた試験材料を振動ローラで締固め、大粒径のコンクリート廃棄物の締固め特性を明らかにした。また、極低レベル放射性コンクリート廃棄物の埋設状況を想定して、実際のダンプトラックを用いてコンクリート廃棄物の定置試験を行い、粉塵発生状況を把握するとともに、その抑制方法を考案した。そして、これらの試験結果を踏まえ、現時点において最も安全性、合理性に優れ、かつ現実的な極低レベル放射性コンクリート廃棄物の埋設処分方法を提案した。

本論文は、序論を含み、8章から構成される。

序論では、研究の背景および目的と論文の概要を示した。

第2章では、極低レベル放射性コンクリート廃棄物の埋設処分方法を検討するに当たり、関連する法規を調査し、必要となる条件を明らかにした。また、国内外における極低レベル放射性コンクリート廃棄物の埋設処分事例と既往の研究ならびに国内における一般のコンクリート廃棄物の処分方法を調査し、本研究の特色と位置づけを明らかにした。

第3章では、第2章での調査結果を踏まえ、極低レベル放射性コンクリートの地中埋設処分形態を想定して、実大のコンクリート構造物を解体し、発生するコンクリート廃棄物の粒度特性と基本的な締固め特性を把握した。その結果、解体後に発生するコンクリート廃棄物の粒度特性は鉄筋量と関係があり、鉄筋量が多い程比較的良い粒度特性を示すこと、また、一般の粗粒地盤材料と同様に、コンクリート廃棄物の粒度分布と締固め後の表乾密度、間隙比、間隙率等の間に強い相関があることを明らかにした。

第4章では、埋設処分後の地表面の変状に大きな影響を与える因子としてコンクリート廃棄物の間隙に着目し、実大コンクリート構造物を解体して得られた材料を振動ローラで締固め、この試験体に赤色顔料を混入させた超微粒子セメントを注入・硬化させ、中央部をダイヤモンドカッターで切断し、廃棄物内の間隙分布特性を明らかにした。さらに、締固めたコンクリート廃棄物上に覆土材を設置して締固め、廃棄物間隙部への覆土混入状況を把握した。また、極低レベル放射性コンクリート廃棄物を埋設処分する際に必要となる施工管理上の基礎資料を得ることを目的として、コンクリート廃棄物中に導管型RI密度計を埋設して締固め試験を実施し、転圧回数毎の鉛直方向密度分布を把握することによって、適切なまき出し厚さと必要転圧回数の関係を明らかにした。

第5章では、コンクリート廃棄物周辺の地下水位が一時的に上昇・下降する状況を想定した試験を実施し、廃棄物間隙部への覆土や周辺地山土の流入特性に及ぼす水位変動の影響を調べた。これは、現時点で極低レベル放射性コンクリートは地下水位以上の地層に地中埋設処分することを想定しているが、埋設完了後にコンクリート廃棄物周辺の地下水位が一時的に上昇し、帯水する可能性も否定できないためである。その結果、コンクリート廃棄物間隙部に覆土を混入し十分締固めることで覆土あるいは周辺地山の流入が防止可能なことが明らかとなった。また、コンクリート廃棄物と覆土等の境界に適切な粒度分布のフィルターを設置すること、周辺地山掘削勾配を適切に設定することによっても、覆土や周辺地山土の流入が防止可能で、地表面に変状を生じないことが確認された。

第6章では、極低レベル放射性コンクリート廃棄物の定置状況を想定し、実大規模のテント構造物の中で、ダンプトラックからコンクリート廃棄物を定置する際の粉塵発生状況と、テント等の覆いによる外部への粉塵飛散抑制効果を把握するため、粉塵に関する各種試験を行った。その結果、テント等の覆いによる粉塵の外部環境への飛散抑制効果を確認するとともに、内部におけるコンクリート廃棄物の定置作業による粉塵の発生状況と、定置方法による粉塵発生抑制効果を確認した。粉塵抑制効果が期待できる定置方法としては、ダンプトラックのコンクリート廃棄物上部に土砂を設置し土砂ごとダンピングする方法が考えられるが、この方法は、粉塵抑制効果だけでなく、コンクリート廃棄物間隙部への充填効果も期待できることが明らかとなった。

第7章では、以上の研究結果を踏まえて、極低レベル放射性コンクリート廃棄物を埋設処分するに当たって必要な各種要件を考慮した具体的な施工方法を提案した。

第8章は、論文全体の結論である。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 三 田 地 利 之
副 査 教 授 佐 伯 昇
副 査 教 授 大 沼 博 志
副 査 教 授 三 浦 清 一

学 位 論 文 題 名

極低レベル放射性コンクリート廃棄物の 締固め特性と埋設処分方法に関する研究

21世紀初頭には、その役割を終えて解体される原子力発電施設が徐々に出現する。施設の解体に伴って発生するコンクリート廃棄物のうち、本研究で対象としている非常に放射能レベルの低い廃棄物は、その放射能レベルの低さとコンクリート自体の物理的・化学的安定性から、人工構築物を設置せずに掘削した地盤中に直接埋設処分する方法が検討されている。しかしこの場合でも、

1)埋設時の雨水等の浸入防止 2)埋設時の放射性物質の飛散防止 3)埋設後の空隙の存在による地表面の不等沈下や亀裂の発生防止

等についての対策が必要である。これらの要件のうち、埋設後の空隙に関係するコンクリート廃棄物の締固め特性に関して、最大粒径 5cm 程度の小粒径のものについては既往の研究によって明らかになっている。しかし、本研究で対象とする極低レベル放射性コンクリート廃棄物のように、放射性物質の飛散防止の観点から比較的大粒径のまま処分されるものについては、締固め特性が明らかになっていない。

本研究は以上のような背景の下に、大粒径のコンクリート廃棄物の締固め特性を明らかにするとともに、上記の各種要件を満足し、安全かつ合理的に埋設処分する方法の確立を目的としたもので、8章から構成される。研究の成果を要約すると以下のものである。

第1章では研究の背景および目的と論文の概要を示している。

第2章では、関連法規における規定内容とともに、前記の各種要件を満たすために必要となる検討項目を具体的に示している。また、国内外における極低レベル放射性コンクリート廃棄物の埋設処分事例と既往の研究ならびに国内における一般のコンクリート

廃棄物の処分方法を調査し、本研究の特色を述べるとともに位置づけを行っている。

第3章では、地中埋設処分形態を想定して、実大コンクリート構造物を解体し、発生するコンクリート廃棄物の粒度特性と基本的な締固め特性を実験的に調べている。その結果、鉄筋量が多い程解体後に発生するコンクリート廃棄物は比較的良い粒度特性を示すこと、また一般の粗粒地盤材料と同様に、初期粒度分布と締固め後の表乾密度、間隙比、間隙率等の間に強い相関があることを明らかにしている。

第4章では、埋設処分後の地表面の変状に大きな影響を与える因子としてコンクリート廃棄物の間隙構造に着目し、締固め後の試験体に赤色顔料を混入させた超微粒子セメントを注入・硬化させたのち、ダイヤモンドカッターで切断した断面を画像処理することによって廃棄物内の間隙分布特性を明らかにしている。さらに、施工管理上の基礎資料を得ることを目的として、コンクリート廃棄物中に導管型RI密度計を埋設して締固め試験を実施し、適切なまき出し厚さと必要転圧回数との関係を明らかにしている。

第5章では、埋設完了後にコンクリート廃棄物周辺の地下水位が一時的に上昇・下降する状況を想定した試験を実施し、覆土や周辺地山土の廃棄物間隙部への流入特性に及ぼす水位変動の影響を調べている。その結果、コンクリート廃棄物間隙部に覆土を混入し十分締固めること、あるいはコンクリート廃棄物と覆土等の境界に適切な粒度分布のフィルターを設置すること、周辺地山掘削勾配を適切に設定することによっても、覆土や周辺地山土の流入が防止可能で、地表面に変状を生じないことを確認している。

第6章では、実際の作業状況を想定し、実大規模のテント構造物の中でダンプトラックからコンクリート廃棄物を定置するシミュレーション実験を通して、テント等の覆いによる粉塵の外部環境への飛散抑制効果を確認するとともに、内部におけるコンクリート廃棄物の定置作業による粉塵の発生状況と、定置方法の違いによる粉塵発生抑制効果を確認している。さらにダンプトラックのコンクリート廃棄物上部に土砂を設置し土砂ごとダンピングする方法は、粉塵抑制効果だけでなく、コンクリート廃棄物間隙部への充填効果も期待できることを明らかにしている。

第7章では、以上の研究結果を踏まえて、極低レベル放射性コンクリート廃棄物を埋設処分するに当たって必要な各種要件を満足し得る具体的な施工方法を提案している。

第8章は本研究の結論であり、得られた知見を総括し、今後の研究課題を述べている。これを要するに、著者は、極低レベル放射性コンクリート廃棄物を地中埋設処分する際の施工時の状況を想定した各種実験を通して、埋設時の締固め特性および埋設後の地盤の安定性を詳細に検討し、実務上有用な多くの新知見を得るとともに、実際の施工時にとるべき具体的な方法を提案したものであり、地盤工学の発展に寄与するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。