

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 1 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25820265

研究課題名(和文) 損傷を受けたコンクリート容器の線遮蔽性能定量評価

研究課題名(英文) Quantity evaluation of gamma radiation shielding performance of concrete container which have damage

研究代表者

鈴木 裕介 (SUZUKI, YUSUKE)

東北大学・災害科学国際研究所・助教

研究者番号：90635400

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：原発事故で発生した放射能汚染物を保管するための遮蔽コンクリート容器の遮蔽性能評価，及び，容器がひび割れ等の損傷を受けた際の損傷度に対する線遮蔽性能劣化について，実験及び解析により評価し，以下の結果を得た．(1)格納すべき汚染物の放射能濃度や量などに応じ遮蔽コンクリート容器の最適な壁厚や密度を選択するためのシミュレーション手法の基礎を構築した．(2)遮蔽コンクリートのひび割れ粗さと線遮蔽性能劣化の関係を検討し，粗さ指標に従って線透過率が低下するといった想定通りの実験結果が得られた．また，モンテカルロ法による解析によって，当実験結果を概ね模擬することができた．

研究成果の概要(英文)：This study evaluated the shielding performance of concrete container to store the radioactivity pollutant which occurred by a nuclear plant accident, and shielding performance deterioration of the container which have damage, through experiments and analysis. The following conclusions can be drawn from the research. (1) The simulation system which can choose the most suitable wall-thickness and density of the shielding concrete container according to radioactivity and quantity of the pollutant was constructed. (2) Relationship of the shielding concrete damage surface roughness and the gamma radiation shielding performance deterioration were studied. In this results, the radiation transmission was decreased according to surface roughness of concrete cracking. In addition, analysis study by Monte Carlo simulation, was able to qualitatively simulate this experiment results.

研究分野：コンクリート工学

キーワード：遮蔽コンクリート 損傷度 表面粗さ 線遮蔽性能劣化

1. 研究開始当初の背景

2011年3月の東京電力福島第一原子力発電所事故(以下、原発事故)で飛散した放射性物質(主に放射性セシウム)によって汚染された土砂等の処理は、現在でも非常に深刻な課題である。原発事故後の除染活動により、多量の汚染物が発生している。汚染物の減容化(汚染された物質のみを取出し体積を減らす)や、減容前の汚染物の保管方法に関する研究開発は精力的に進められているが、減容化された高線量汚染物の保管方法についての研究開発は見当たらない。そのため、高線量汚染物を数十年～数百年にわたって保管できる遮蔽容器の開発への社会的ニーズは高い。このような背景の下、線遮蔽性能の主要な影響因子となるコンクリート容器の材料密度及び壁厚をパラメータとした実験に基づく遮蔽性能のデータベース構築や、保管・運搬のし易さと容器の低コスト化までを体系化した基礎的資料の蓄積が求められている。また、コンクリートは、セメントの水和収縮による内部ひび割れや、外的作用(衝撃など)や長期暴露による外部ひび割れの発生が不可避である。そのため、ひび割れに対する線遮蔽性能劣化の適切な評価を行う事が重要となる。

2. 研究の目的

本応募課題では、2011年3月の原発事故時に飛散した放射性セシウムによる汚染物格納用コンクリート容器の、ひび割れによる放射線遮蔽性能低下に関する基礎資料を蓄積することを目的とする。今後、格納の主対象となる放射性汚染物は、減容され高線量の線を放出するものになる。その一方で、格納容器の壁厚は、原発内のマッシブなコンクリート壁と比較すると厚さがかなり薄い。そのため、コンクリート容器にひび割れが発生した際、ひび割れ部から漏えいする線量の適切な評価が重要になる。本研究では、現地汚染土を用いた遮蔽実験及び遮蔽解析を通して、様々な密度と壁厚を有したコンクリート容器のひび割れ幅と線遮蔽性能低下の関係を定量化することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、以下に記す研究課題について実施する。

- (1) コンクリートの密度及び容器壁厚をパラメータとした遮蔽容器を作製し、現地汚染土を用いた遮蔽実験及び解析を通して、容器の各スペックに対する線遮蔽性能の定量化を図る。
- (2) 上記(1)における容器の1面(蓋板)にひび割れを発生させ、ひび割れた面での線漏えい量を実験及び解析から評価する。
- (3) 鉄系骨材を使用したコンクリートを中心に塩害や中性化に対する耐久性評価を行うとともに、簡易な耐久性改善策を講じその有効性を確認する。

4. 研究成果

(1) まず、線遮蔽容器の遮蔽性能と容器可搬性の向上を考慮し、容器作製に用いる高密度モルタルの開発を実施した。詳細として、モルタルの細骨材として代替した鉄粒粉の粒径や混入量、並びに、それに伴うセメント量や混和剤添加量を最適化し調合することで、密度 5.0g/cm^3 を有し、通常の打設工法が可能な流動性を持ちながら骨材分離も生じず、更には、 70MPa 程度の高強度を有する高密度モルタルの作製が可能であった。次に、上述の高密度モルタル及び一般的な普通密度(セメント:細骨材=1:3)モルタルなどにより作製した遮蔽容器(図-1及び写真-1)及びこれの蓋板となる遮蔽板を用い、原発事故による実際の放射能汚染物を線源とした遮蔽実験及びこれを忠実にモデル化した解析を通し、遮蔽条件(遮蔽容器の形状、密度、厚さ、及び、体積線源の放射能汚染レベル)が異なる際の放射線遮蔽性能について評価した(図-2)。その結果、格納すべき汚染物の放射能濃度や量などに応じ遮蔽容器の最適な壁厚や密度を選択するためのシミュレーション手法の基礎を構築した。

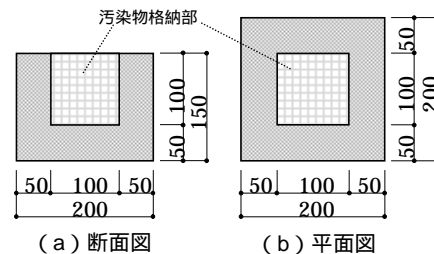


図-1 高密度モルタル遮蔽容器形状



写真-1 高密度モルタル遮蔽容器

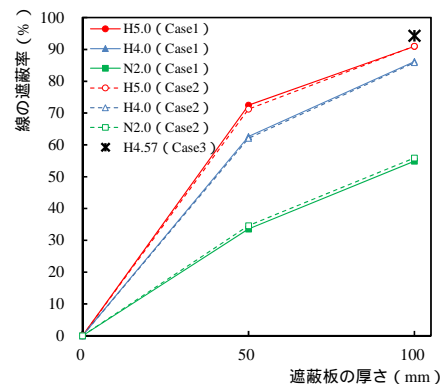


図-2 線の遮蔽率と遮蔽板の厚さの関係

(2) 予備検討として、図 - 1 に示した高密度モルタル遮蔽容器及び1本のひび割れ(または1本のスリット)を有する容器蓋板を用いて、原発事故で発生した実際の汚染土体積線源から発する線の遮蔽実験及び解析を実施し、ひび割れ幅と線透過率について評価した。その結果、測定上理想化された損傷(ひび割れ)であるスリットに対する線透過率は、解析によって精度よく模擬できるものの、実際のひび割れに対する透過率に関しては、ひび割れの深さ(遮蔽厚)方向の形状(角度や表面粗さ)が線透過量に影響するため、シミュレーションを実施する際の実験体系の忠実なモデル化が極めて困難であった(図 - 3)。

よって、本課題では線の透過に対してひび割れ深さ方向の表面粗さ(算術平均粗さ)が及ぼす影響について着目し、ひび割れ表面粗さとして、最も単純な形状と考えられるV形、W形に直線形のスリットを加えた3パターン(図 - 4)で作製したモルタル遮蔽板を用いた、線遮蔽実験及びモンテカルロ法による遮蔽解析を実施した。その結果、実験において、算術平均粗さに従って線透過率が減衰するといった想定通りの結果が得られた。また、当実験結果の傾向をモンテカルロ法による解析から概ね模擬することができた(図 - 5)。更には、本解析結果を自然なひび割れを有する遮蔽板の実験値(線透過率)と比較した結果、解析による透過率が実験値を過大に評価した。特に、ひび割れ幅及び粗さともにより小さい範囲での差異が大きい結果に至った。

(3) 線遮蔽容器の高密度化に際し、鉄粒粉骨材を主要材料として使用したため、鉄粒粉の発錆に対する耐久性評価として、促進中性化試験を行い、中性化深さの測定及び高密度モルタル表面及び内部の鉄粒粉の発錆について観察した。結果として、比較用である普通モルタル供試体の試験対象断面のすべてが中性化に至った促進期間8週目においても、高密度モルタルの中性化及び鉄粒粉の発錆やそれに伴うモルタル表面のひび割れ発生は確認されなかった。

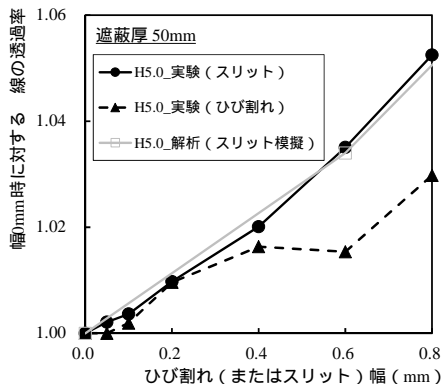


図 - 3 モルタル遮蔽板の損傷度と線透過率の関係

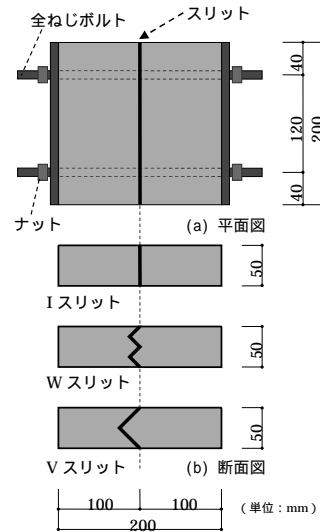


図 - 4 遮蔽容器蓋板(遮蔽板)形状

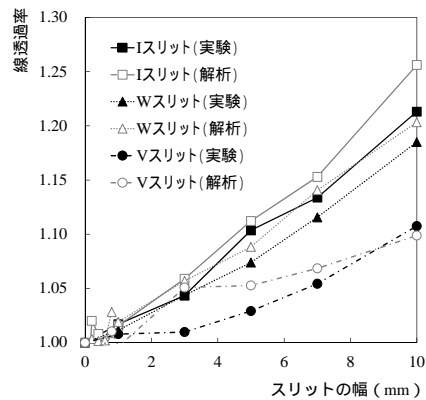


図 - 5 スリット幅と線透過率の関係

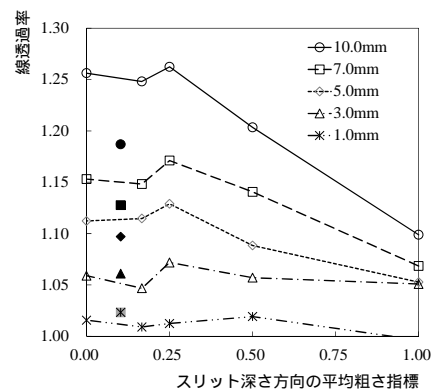


図 - 6 平均粗さと線透過率の関係

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

- [1] 鈴木裕介, 木村健一, Sanjay PAREEK, 荒木慶一: 遮蔽コンクリートの損傷度と性能劣化の定量化に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, 査読有, 2015, 採用決定

- [2] 鈴木裕介, 木村健一, Sanjay PAREEK, 荒木慶一: 鉄粒粉骨材を用いた高密度モルタルの基礎物性と線遮蔽性能評価, コンクリート工学年次論文集, 査読有, Vol.36, No.1, pp.1762-1767, 2014
- [3] K. Kimura, Y. Suzuki, T. Tanaka, Y. Fujikura, H. Kubota, Y. Lee, S. Pareek, Y. Araki: A Development of Optimized Radiation Shielding Design Method for Contaminated Soil in Fukushima, Progress in Nuclear Science and Technology, 査読有, Vol.4, pp.51-55, 2014

〔学会発表〕(計11件)

- [1] 鈴木裕介, 木村健一, Sanjay PAREEK, 荒木慶一: ひび割れたコンクリートの損傷レベルと γ 線透過率の定量評価に関する基礎研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2015年9月6日(発表予定), 東海大学(神奈川)
- [2] S. Pareek, Y. Suzuki, K. Kimura, Y. Fujikura, Y. Araki: Radiation Shielding Properties and Freeze-Thaw Durability of High-Density Concrete for Storage of Radioactive Contaminated Soil in Fukushima, Proceedings of the International Conference on Ageing of Materials & Structures, Keynotes, pp.1-8, 2014.5.26, デルフト工科大学(オランダ), 招待講演
- [3] Sanjay PAREEK, 木村健一, 鈴木裕介, 荒木慶一, 藤倉裕介: 様々な遮蔽条件に対する高密度モルタルの線遮蔽性能評価に関する実験的研究(その1), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.199-200, 2014年9月14日, 神戸大学(兵庫)
- [4] 木村健一, Sanjay PAREEK, 鈴木裕介, 荒木慶一, 藤倉裕介: 様々な遮蔽条件に対する高密度モルタルの線遮蔽性能評価に関する実験的研究(その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.201-202, 2014年9月14日, 神戸大学(兵庫)
- [5] 鈴木裕介, Sanjay PAREEK, 木村健一, 荒木慶一, 藤倉裕介: 鉄粒粉を用いた高密度モルタルの線遮蔽容器適用性評価, 日本建築学会東北支部研究報告集, 構造系(77), pp.149-152, 2014年6月22日, 日本大学(福島)
- [6] 鈴木裕介, 藤倉裕介, 木村健一, Sanjay PAREEK, 荒木慶一: 放射能汚染灰体積線源を用いた超高密度モルタルの線遮蔽性能評価, 第3回コンクリート技術大会(郡山)技術講演会発表論文集, pp.43-50, 2013年10月31日, ホテルハイツ(福島)
- [7] 木村健一, 鈴木裕介, Sanjay PAREEK, 荒木慶一, 藤倉裕介: 放射能汚染灰及び電解水素水を用いたモルタル供試体の放射線量変化に関する基礎的研究, 第3

回コンクリート技術大会(郡山)技術講演会発表論文集, pp.51-58, 2013年10月31日, ホテルハイツ(福島)

- [8] Sanjay PAREEK, 鈴木裕介, 木村健一, 荒木慶一, 藤倉裕介: 放射性セシウム汚染灰を用いた超高密度モルタル容器の線遮蔽性能評価(その1), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.653-654, 2013年9月1日, 北海道大学(北海道)
- [9] 鈴木裕介, 木村健一, Sanjay PAREEK, 荒木慶一, 藤倉裕介: 放射性セシウム汚染灰を用いた超高密度モルタル容器の線遮蔽性能評価(その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.655-656, 2013年9月1日, 北海道大学(北海道)
- [10] 木村健一, 鈴木裕介, Sanjay PAREEK, 荒木慶一, 藤倉裕介: 3種類のコンクリートを用いた放射能による汚染物格納容器の解析的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.657-658, 2013年9月1日, 北海道大学(北海道)
- [11] 荒木慶一, 鈴木裕介, 木村健一, Sanjay PAREEK, 藤倉裕介: 放射性セシウム汚染灰モルタル供試体の放射線量変化に関する基礎的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.659-660, 2013年9月1日, 北海道大学(北海道)

〔図書〕(計1件)

- [1] 鈴木裕介: 放射性物質の吸着・除染および耐放射線技術における材料・施工・測定の新技術(第2章第6節), 技術情報協会, 633頁(pp.89-98), 2014

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 裕介 (SUZUKI YUSUKE)
 東北大学・災害科学国際研究所・助教
 研究者番号: 90635400