

放射性物質を含む土砂を用いたモルタルの基礎的特性について

福島高専 正会員 ○緑川 猛彦
福島高専 正会員 原田 正光

1. はじめに

東日本大震災により発生した大量のがれきや津波堆積土砂を安全に処理・処分するためには、がれきや土砂に含まれる成分を調査し、安全であることを確かめることが重要である。特に、福島県いわき市の災害土砂においては、福島第一原子力発電所からの放射性物質が付着している可能性が高いことから、放射線量の大小によっては、そのまま廃棄処分することが困難であることも考えられる。一方、放射性物質や重金属等を含んだ災害廃棄物をそのままの状態でも処分せず、セメント等を用いた固化技術により処理し、安全を確かめた上で処分する方策も考えられる。

以上のことから本研究では、津波堆積土砂の放射線量を測定すると共に、その堆積土砂を用いたモルタルの圧縮強度や放射線量、さらにはモルタルからの重金属の溶出量を実験的に調査することとした。

2. 実験概要

2.1 モルタルの圧縮強度

モルタルに用いた津波堆積土砂は、福島県いわき市にある数カ所の保管所（O, Y, H）からサンプリングした。土砂の採取箇所による成分の違いを把握するために、土砂山の頂部、中部、底部およびそれらの表層または内部の合計9カ所からサンプリングした。

採取した土砂は、サンプリング箇所により性状が若干変わるが概ね「砂」に分類できるものであった。しかしながらH保管所より採取した土砂は細粒分が多く腐敗臭もあったことから、有機物を含んだ汚泥であると思われた。

放射性物質が検出されたことから実験室での試料の試験や調整が困難であり、モルタルの配合は現場対応にて行った。その結果、土砂13リットル（バケツ1杯）に対して普通ポルトランドセメント6.89 kgとし、水量はモルタルのフレッシュ性状がほぼ同じとなるように目分量で決定した。モルタル作製後実験室内で28日間気中養生し、圧縮強度試験を実施した。

2.2 堆積土砂およびモルタルの放射線量

サンプリングした堆積土砂の放射線量および堆積土砂を用いて作製したモルタル供試体の放射線量を、ベクレルメーターにて測定した。さらに、堆積土砂を用いたモルタルが何らかの原因で破壊した際における放射線漏れを再現するために、モルタルを5mm程度に粉砕したものの放射線量の測定も行った。

2.3 モルタル中の塩化物イオン量

津波堆積土砂中の塩分に起因するモルタル中の塩化物イオン量を測定した。モルタル供試体を放射線量測定用に粉砕した際に生じたモルタル微粉末を用い、JIS A 1154-2003「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」に準じて、実験を実施した。

2.4 モルタルからの重金属溶出

モルタルからの重金属溶出の有無を確認するために、環境庁告示46号溶出試験に準じて実験を行った。試料液は、2mm以下に粉砕したモルタル粒子20gに溶媒（蒸留水に塩酸を加え、水素イオン濃度指数を5.8以上6.3以下にしたもの）200mlを加え、振とう速度170rpm、振とう時間12時間で作製した。その後、ICP発光分析と放射線量を測定した。

3. 結果および考察

3.1 モルタルの圧縮強度

津波堆積土砂を使用したモルタルの強度を図-1に示す。圧縮強度は、バラツキはあるものの20N/mm²から40N/mm²の間であり、構造用部材としては使用できないものの廃棄物固化としては十分な強度を有することが分かる。H保管所のモルタル強度はその他のものより低い値を示したが、こればH保管所の堆積土砂には泥分や有機物が含まれていたことに起因するものと推察される。堆積土砂の地域的な差やサンプリング場所による強度の違いには関連性は見られなかった。

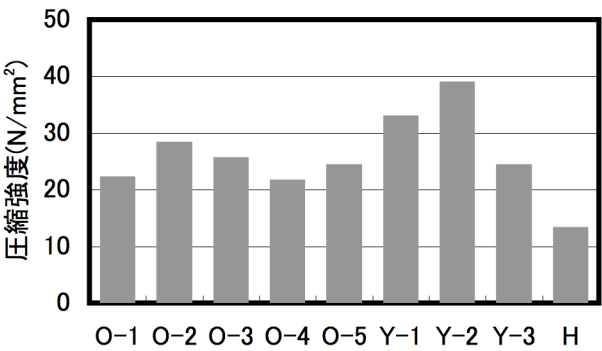
3.2 堆積土砂およびモルタルの放射線量

表-1に放射線量測定結果を示す。堆積土砂の放射線量はバラツキがあるものの、500Bq/kgから1400Bq/kg程度であった。H保管所のみ4800Bq/kgと大きい値であったが、これはH保管所の堆積土砂には泥分が多く含まれていることと、放射性物質であるセシウムが泥分に吸着し易いことに起因するものと推察される。

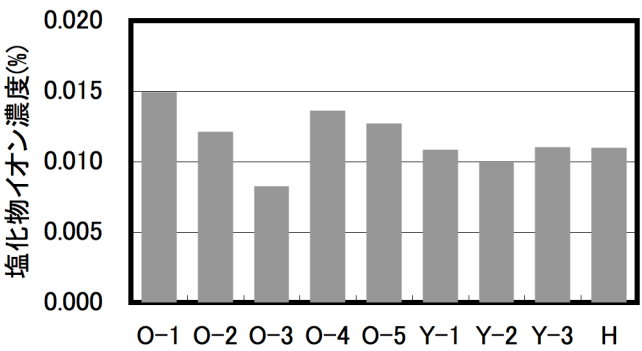
一方、これらの土砂を用いたモルタルの放射線量は、土砂自身のもつ放射線量の約63%程度であった。モルタル中に占める土砂の重量割合は、モルタルの配合により多少変化するものの大まかな計算によれば65%程度と考えられることから、モルタルの放射線量は使用する土砂の放射線量とほぼ等しくなるものと推察される。また、モルタルを5mm以下に粉砕したものの

キーワード 放射性物質、遮蔽、モルタル、重金属溶出、塩化物イオン

連絡先 〒971-8144 福島県いわき市平上荒川字長尾30 福島高専 建設環境工学科 TEL 0246-46-0835



採取場所
図-1 モルタルの圧縮強度



採取場所
図-2 モルタル中の塩化物イオン濃度

放射線量は、粉砕前の放射線量とほぼ等しくなったことから、固形物でも粉砕物でも放射線量には変化が無く、使用する放射性物質の量と直接関係することが明らかとなった。

参考まで、モルタル5mm粉砕物の表面線量を測定した結果を表-1に示す。表面線量はモル

タル内部に含まれる放射線量により上下するが、内部の放射線量ほど敏感ではなくいずれの供試体でもほぼ同等の値となった。福島高専内におけるこの時点での空間線量が $0.17\mu\text{Sv/h}$ 程度であることを考慮すると、これらの値は空間線量以下で非常に小さいものと考えられた。

3.3 モルタル中の塩化物イオン量

図-2 にモルタル中の塩化物イオン量を示す。いずれのモルタルにおいても塩化物イオン量は若干高いが、鉄筋コンクリート構造で使用することは考えていないことから、問題ないレベルである。

3.4 モルタルからの重金属溶出

表-2 に ICP 発光分析の結果を示す。いずれのモルタルにおいてもヒ素、カドミウム、クロムについては土壤汚染に係る環境基準許容値以下であったが、場所によってはホウ素、鉛、セレンにおいて許容値を上回る値となった。これらは津波による海水由来と考えられる。試料液の放射性物質溶出試験においては、いずれのモルタルからもセシウム等の溶出量は N.D.であった。

4. 結論

津波堆積土砂の処理・処分に資するために、それら土砂の放射線量やセメントで固化したモルタルの放射線量、圧縮強度、更にはモルタルからの重金属の溶出量などについて調査した。特に重要であると考えられる放射線量については、いずれの津波堆積土砂からも認められるものの、①環境省が示している通常の廃棄物としての取扱い基準 8000Bq/kg を大きく下回っていること、②いわき市内の一般的な土地の放射能 400Bq/kg 程度と大差ないこと、③津波堆積物の表面線量がいわき市内の空間線量程度であること、④健全な材料と混ぜ合わせるにより薄めることができること等が明らかになった。また、溶出試験において鉛などの重金属量が基準値を超える場所があるものの、海水由来であると考えられた。

【謝辞】本研究は、いわき市からの受託研究「平成 23 年度大学等と地域の連携したまちづくり推進事業」の一部として行われたものであり、いわき市役所および災害土砂管理事業者等関係各位には多大なご協力を頂きました。ここに記し深甚の謝意を表します。

表-1 放射線測定結果

採取場所	堆積土砂			モルタル			モルタル5mm粉砕			
	C-137	C-134	合計(Bq/kg)	C-137	C-134	合計(Bq/kg)	C-137	C-134	合計(Bq/kg)	表面線量($\mu\text{Sv/h}$)
O-1	284	234	518	262	154	416	214	159	373	0.12
O-2	785	610	1395	401	304	705	450	320	770	0.13
O-3	233	263	496	208	131	339	190	163	353	0.11
O-4	627	513	1140	348	283	631	376	291	667	0.12
O-5	320	241	561	161	152	313	175	121	296	0.12
Y-1	428	342	770	270	217	487	315	252	567	0.12
Y-2	373	275	648	227	163	390	238	176	414	0.13
Y-3	351	258	609	243	177	420	230	175	405	0.12
H	2660	2130	4790	1550	1220	2770	1700	1330	3030	0.21

表-2 モルタルからの重金属の溶出試験結果

採取場所	単位(mg/L)					
	As	B	Cd	Pb	Cr	Se
O-1	N.D.	0.820	N.D.	0.036	0.023	0.021
O-2	N.D.	0.926	N.D.	0.022	0.026	0.027
O-3	N.D.	0.595	N.D.	N.D.	0.029	0.020
O-4	N.D.	1.100	N.D.	0.131	0.022	0.028
O-5	N.D.	2.690	N.D.	N.D.	0.027	N.D.
Y-1	N.D.	0.757	N.D.	N.D.	0.028	0.030
Y-2	N.D.	0.958	N.D.	N.D.	0.028	0.022
Y-3	N.D.	0.005	0.001	N.D.	N.D.	N.D.
H	N.D.	0.809	N.D.	0.016	0.019	0.013
許容値	0.01	1	0.01	0.01	0.05	0.01