

X線デジタル画像による遠心成形した重量コンクリートのX線遮蔽率の評価

日本ヒューム 正会員 ○井川 秀樹
 足利工業大学 横室 隆
 首都大学東京 橘高 義典
 首都大学東京 山本万悠子

1. はじめに

放射性物質により汚染された土砂や建築物の瓦礫などを一時保存し、放射線を遮蔽できる格納庫として重量コンクリートが着目されている。一方で、格納容器はコンクリートの劣化による汚染物質の漏えいなどが皆無でなくてはならず、そのためにはコンクリートの緻密さが要求される。遠心成形は、コンクリート中の余剰な水分を絞り出すことによってコンクリートを緻密にすることが可能な成形方法である。しかし重量コンクリートの場合、材料間の密度差が大きすぎるため、遠心成形時の材料分離が大きくなり、その製造は甚だ困難である。また、遠心成形された重量コンクリートの放射性物質の遮蔽性について検討された事例も少ない。

そこで本研究では、密度 4.0g/cm³を超える金属スラグ系重量骨材を用い、遠心成形した重量コンクリートのX線遮蔽率の評価を行い、遠心成形方法が放射線の遮蔽効果に与える影響について検討した。

2. 実験概要

表1に使用材料、表2に配合を示す。重量骨材には鉄分を多く含むダストと還元スラグを混合溶解して破碎、粒度調整した粗骨材と酸化鉄粉の細骨材を用い、コンクリートの乾燥容積質量が3.1, 3.6, 4.0 t/m³となるように配合した。また比較用として普通骨材を用いた配合も試験した。

成形方法は遠心成形とし(No.17~20は振動成形)、型枠に材料を投入後、遠心成形機により低速(5G)1分、中速(15G)1分、高速(35G)7分として締固めた。厚みは材料の投入量により、30,40,50,60mmに調整した。

成形後、蒸気養生(前置き 20°C-3時間、昇温 20°C/h、最高温度 65°C-4時間保持、終了後自然冷却)を行い、翌日脱型した。脱型後、ダイヤモンドカッターにて、X線照射装置に

表1 使用材料

材料	記号	種類および物理値
セメント	C	普通ポルトランドセメント
		密度3.16g/cm ³ 比表面積 3332cm ² /g
普通骨材	S1	砕砂 表乾密度2.62g/cm ³ 、吸水率1.63%、粗粒率2.85
	G1	砕石2005 表乾密度2.67g/cm ³ 、吸水率1.10%、粗粒率6.58
重量骨材	S2	酸化鉄粉 表乾密度4.95g/cm ³ 、吸水率1.87%、粗粒率2.94
	G2	DSM骨材20-05 密度4.27g/cm ³ 、吸水率0.45%、粗粒率6.52
水	W	上水道
高性能減水剤	SP	ポリカルボン酸系高性能減水剤
空気量調整剤	T	ポリアルキレングリコール誘導体

表2 コンクリート配合

密度 (g/cm ³)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
			W	C	S1	G1	S2	G2	SP
2.4	45.0	50	170	378	904	922	—	—	2.6
3.1		45			814	—	—	1621	1.5
3.6		50			—	—	1709	1474	1.5
4.0	34.5	57	134	388	—	—	2041	1328	6.6

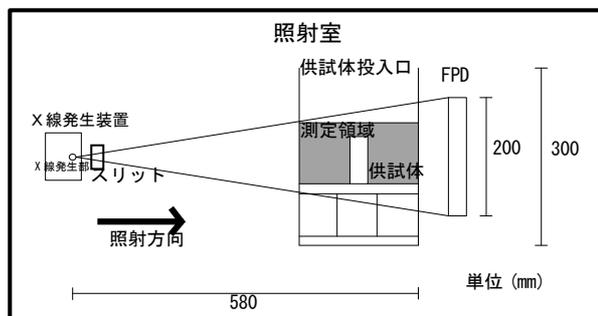


図1 X線照射装置概要

キーワード 重量骨材, 重量コンクリート, 遠心成形, X線照射, 遮蔽率,
 連絡先 〒360-0161 埼玉県熊谷市万吉 3300 TEL 048-536-5431

入るように、50mm角に切断し試験に供した。

X線照射装置の概要を図1に示す。試験体と基準体(鉄校正板)をX線で撮影した。撮影は電流200μA,電圧160kV,照射時間5秒で行った。

3. 実験結果

遮蔽率の測定結果を表3,遮蔽率と密度の関係を図2に示す。遮蔽率はX線照射によるデジタル画像から以下の方法によって求めた。

X線が平行線束を単一エネルギーの光子が物質中での減衰を表す式(1)が適用できる¹⁾。

$$I = I_0 \exp(-\mu \cdot x) \quad (1)$$

ただし、 I_0 は入射光子のフルエンス率、 I は厚さ x の物質を通過した光子のフルエンス率、 μ は物質光子に対する線減弱係数である。光子フルエンスとはある場所を通過する単位面積,単位時間当たりの放射線光子数である。本実験では、厚さの異なる供試体のX線通過率から遮蔽率 S を求めた。遮蔽率と透過率の関係は下式である。

$$S = (1 - I_0) \times 100 \quad (2)$$

供試体と共に撮影する基準体の遮蔽率に関しては、文献²⁾より鉄の線減弱数を求め($=0.15\text{mm}^{-1}$),式(1)を用いて基準体の各厚さでの遮蔽率 S_{iron} を式(3)より求めた。

$$S_{\text{iron}} = (1 - \exp(-0.15 \cdot x)) \times 100 \quad (3)$$

供試体と基準体の相関をもとに、それぞれの明度の比較によって、供試体の遮蔽率を求める。また、その結果を(1)に当てはめ、供試体の線減弱係数を求めた。

実験の結果は、供試体の厚さが大きいほど遮蔽率も大きくなった。また、密度が大きいほど、遮蔽率もおおむね大きくなる傾向が見られた。密度4.0において、遠心成形と振動成形での遮蔽率の差は無かった。実験から得られた遮蔽率は参考値と大きくずれることなく、X線画像での明度による評価で遮蔽性能が求められることが明らかになった。

4. まとめ

- (1) X線透過デジタル画像からX線遮蔽性を求めることができる。
- (2) 供試体の密度が大きくなるほど、また供試体の厚さが大きくなるほど、遮蔽率は大きくなることが明らかになった。
- (3) 材料間密度に差の有る密度4.0においても、振動成形と遠心成形での遮蔽率に差はなく、X線遮蔽性能に成形方法による差異は見られなかった。

参考文献

1) 西谷源, 鈴木昇一:放射線安全管理学, オーム社, p.57, 2008
 2) 医学において使用される体外線源からの電離放射線に対する防護, 日本アイソトープ協会, 1983

表3 遮蔽率の測定結果

NO	密度	厚さ	遮蔽率	線減弱係数 μ
		(mm)	(%)	(mm^{-1})
1	2.4	30	42.3	0.00795
2		40	59.0	0.00969
3		50	60.6	0.00809
4		60	60.6	0.00674
5	3.1	30	60.2	0.01333
6		40	64.9	0.01136
7		50	64.6	0.00902
8		60	66.0	0.00781
9	3.6	30	72.3	0.01858
10		40	75.1	0.01508
11		50	77.5	0.01297
12		60	78.0	0.01094
13	4	30	72.2	0.01852
14		40	73.1	0.01424
15		50	74.6	0.01189
16		60	75.6	0.01020
17		30	72.8	0.01885
18		40	75.7	0.01536
19		50	77.5	0.01296
20		60	78.8	0.01123

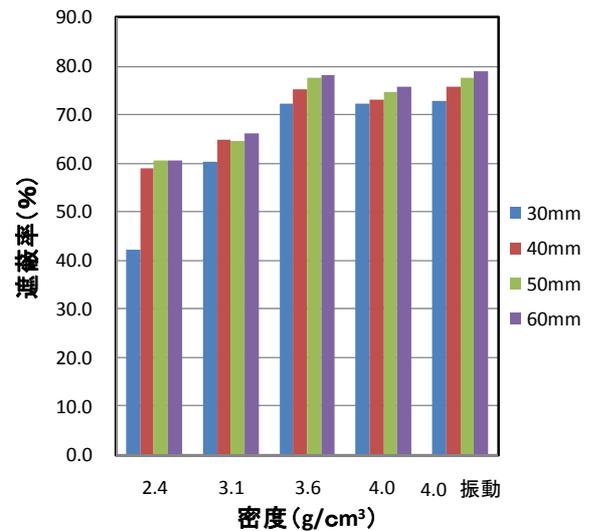


図2 遮蔽率と密度の関係