

RI 機器を用いた硬化コンクリートの密実性評価に関する検討

鹿島建設(株) フェロー会員 ○渡邊賢三 正会員 香島和輝 松本修治 荒川 遥 芦澤良一 柳井修司

1. はじめに

コンクリートの締固め作業における締固め完了の判定は、定性的に評価されることが多く、これを定量的に評価する技術・手法は少ない。筆者らは、放射線同位元素（Radioisotope：以降、RI と記す）を用いた密度計を型枠面に押し当てて計測し、締固め時のフレッシュコンクリートの密度変化を捉えることで、締固め完了の判定ができることを示している¹⁾。また、RI 機器はシュミットハンマーや透気試験に加えて、硬化コンクリートの密実性を評価できる技術として期待できる。ここでは、硬化コンクリートの密実性評価への RI 機器の適用性を確認するために、硬化コンクリートの表面に RI 機器を押し当てて計測した結果と、硬化コンクリートの単位容積質量、透気係数および表面吸水速度の結果を比較し評価した。

2. RI 機器

RI 機器は、透過能力が高いセシウム 137 を元素とする線源部と、ガンマ線の検出部が一体化した機構となっている。線源部より放出されるガンマ線は、密度が大きい物質を透過するとエネルギーの消失が大きくなる特性を有し、密度が大きい物質ほど透過したガンマ線の検出数（以降、カウント値と記す）が小さくなる。既往の研究¹⁾では、締固めによりフレッシュコンクリートが充填し密度が大きくなることで、締固め後のカウント値が小さくなる傾向が確認されている。

3. 実験概要

硬化したコンクリートに RI 機器を押し当てて測定したカウント値の結果と、測定部分における硬化コンクリートの品質評価試験の結果を比較した。表-1 にコンクリートの配合を示す。本実験では、入念な締固めを必要とするスランプ 12 cm のコンクリートを用いた。実験は、締固めの有無によるカウント値の違いを確認するために、締固めを行わなかったもの、締固めを行ったものの 2 ケースとした。試験体形状は、高さ 600 mm×幅 500 mm×奥行き 500 mm の木製型枠で、スコップを用いてコンクリートを打ち込んだ。締固めは、内部振動機（φ40 mm）を用いて、型枠の中心部分で 140 秒間行った。表-2 に、硬化コンクリートの品質評価試験の項目を示す。材齢 7

表-1 コンクリートの配合

W/C (%)	スラ ンプ (cm)	空気 量 (%)	細骨 材率 (%)	単位量(kg/m ³)						
				W	C	S1	S2	G1	G2	Ad
52.0	12.0	4.5	43.8	175	337	537	230	605	404	2.36

W:地下水, C:普通ポルトランドセメント,密度:3.16 g/cm³, S1:砕砂, 表乾密度:2.62 g/cm³, 粗粒率:3.00, S2:山砂, 表乾密度:2.56 g/cm³, 粗粒率:1.80, G1:砕石 2005, 表乾密度:2.65g/cm³, 実積率:59.5%, G2:砕石 2005, 表乾密度:2.70g/cm³,実積率:59.5%, Ad: AE 減水剤(リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体)

日に脱型を行い、材齢 21 日に、高さ 300 mm の位置で硬化コンクリートの表面に RI 機器を押し当てて、カウント値を 60 秒間測定した。その後、カウント値を測定した位置で表層透気係数と表面吸水速度を測定した。材齢 22 日に、RI 機器を押し当てた位置で φ100×L500 mm のコアを採取した。コアの表面から深さ 0～50 mm, 50～250 mm となる部分でカットし、2 本の供試体の単位容積質量を測定した。

表-2 品質評価試験項目

試験項目	摘要
カウント値	-
単位容積質量	水中質量法
表層透気係数	Torrent 法
表面吸水速度	SWAT 法

4. 試験結果および考察

写真-1 に、脱型後の試験体の側面を示す。締固めを行わなかったものは、表層部に豆板が生じていた。一方で、締固めを行ったものは、豆板がなく、型枠の隅々まで充填していた。

カウント値は、締固めを行っていない場合で 74.4×10³ count per minute（以下、cpm と記す）、締固めを行っ



写真-1 脱型後の試験体の側面

キーワード RI, 締固め, カウント値, 単位容積質量, 透気係数, 表面吸水速度
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

た場合で $71.7 \times 10^3 \text{cpm}$ であり、締固めを行った場合のカウント値の方が小さい結果であった。図-1に、カウント値と表面から深さ0～50 mmの部分の単位容積質量の関係を示す。カウント値が小さいほど単位容積質量が大きくなることが確認された。既往の研究¹⁾では、締固めを行うことで密度が大きくなるためカウント値が小さくなることが確認されているが、硬化コンクリートにおいてもその大小関係を確認することができた。図-2に、カウント値と透気係数の関係を示す。カウント値が小さいほど透気係数も小さくなった。図-3に、カウント値と表面吸水速度の関係を示す。図-2と同様にカウント値が小さいと表面吸水速度も小さくなった。以上の結果から、カウント値によってコンクリート表面の密実性を評価できる可能性があることが分かった。ただし、本検討は締固めの有無のみの極端な比較であることから、締固めの程度がカウント値に及ぼす影響については、今後検討する必要がある。

図-4に、表面から深さ0～50 mm、50～250 mm部分の単位容積質量の試験結果を示す。「締固めなし」について、表面から深さ50～250 mmの内部の単位容積質量は、理論上の値より若干小さいが、大差のない結果であった。一方で、深さ0～50 mmの表面部については、内部よりも明らかに小さくなる結果であった。これは、内部は自重による圧力がかかることである程度密実になるが、表面部は圧力がかかりにくく、密実の度合いが低下するためであると推察される。締固めを行ったものについては、表面から深さ0～50 mmの表面部と50～250 mmの中心部の単重容積質量は同程度であった。以上のことから、締固めの有無によるカウント値の差は、特に0～50 mmの表面部を評価したものと示唆される。ただし、カウント値がどの深さまでを正確に測定できているかが不明であり、今後の課題である。

5. まとめ

本検討では、硬化コンクリートの表面にRI機器を押し当てることで、コンクリートを透過するガンマ線のカウント値の測定結果と、測定位置における硬化コンクリートの品質評価試験の結果を比較した。カウント値は、締固めを行ったコンクリートの方が締固めを行わなかったコンクリートに比べて小さくなった。また、カウント値が小さいほど単位容積質量は大きく、透気係数と表面吸水速度が小さくなる関係が確認された。以上のことから、カウント値によって硬化コンクリートの密実性を評価できる可能性が示された。今後、カウント値と締固めの程度との関係、深さ方向の測定範囲について詳細に検討していく。

参考文献

- 1) 水野浩平, 松本修治, 倉田和英, 柳井修司, 坂井吾郎: RIによるフレッシュコンクリートの締固め度合いの検知に関する研究, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.73, V-039, 2018.

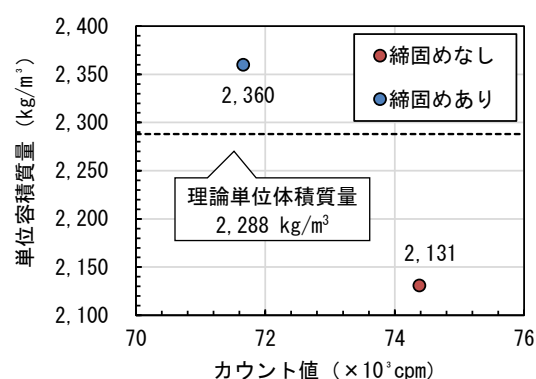


図-1 カウント値と単位容積質量の関係 (深さ0～50 mm)

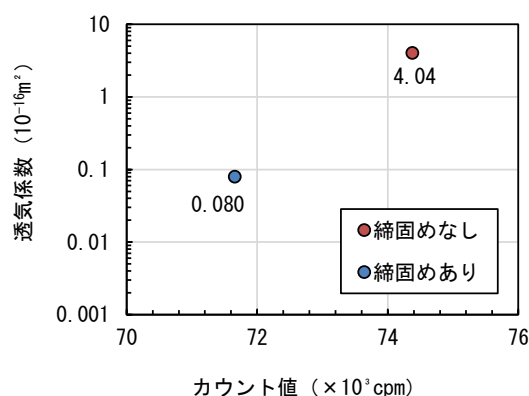


図-2 カウント値と透気係数の関係

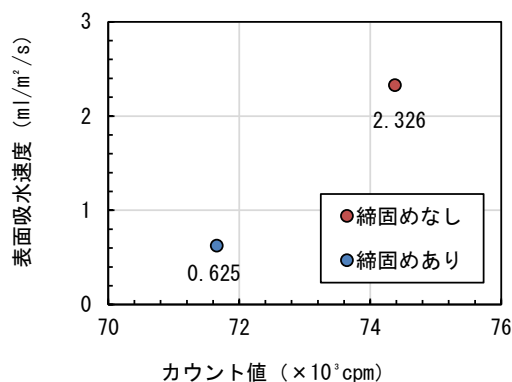


図-3 カウント値と表面吸水速度の関係

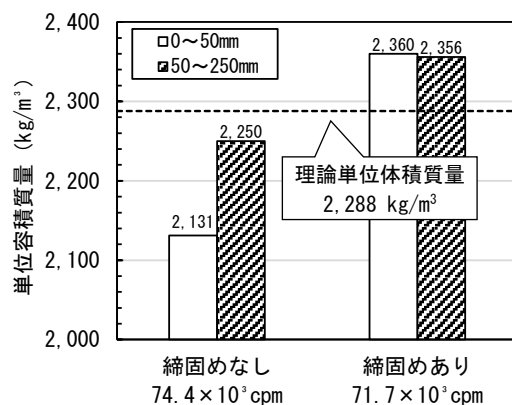


図-4 単位容積質量の試験結果