

第V部門

振動締固め時間がコンクリートの品質に与える影響

立命館大学大学院理工学研究科 学生会員 ○坂野 大世
 福岡大学工学部 正会員 山田 悠二
 立命館大学理工学部 正会員 川崎 佑磨

1. 研究の背景と目的

RC 構造物の現場打ちコンクリートにおける目標スランプは 8cm から 12cm に見直され、流動性は向上した。一方で、コンクリート標準示方書施工編において、振動締固め時間は、5～15 秒程度と規定されており、現場では技術者がその範囲内で振動締固め時間を決定している。これらのことから、流動性の向上に伴い、過剰な振動の付与となるケースの増加が懸念される。

本研究では、目標スランプ 12cm のコンクリートへの振動締固め時間の変化が、硬化コンクリートの圧縮強度、細孔径分布、圧縮試験時の破壊過程に与える影響について検討した。なお本研究は、特にスランプの増大に伴って懸念される、過剰な振動締固めによるコンクリート品質への影響の検討について重点を置いている。

2. 供試体および実験の概要

コンクリートの配合は目標スランプが 12cm、目標空気量が 4.5%、水セメント比を 55%とした。配合を表 1 に示す。供試体は $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の円柱供試体であり、コンクリートの打込みは 2 層とした。振動締固め時間は 1 層あたり、0、5、15、25 秒の 4 ケースとし、棒状バイブレータにより行った。また 2 層目の振動締固め終了後に、型枠外から木槌で軽く叩いた。

材齢 28 日に圧縮強度試験を行った。供試体 1 体より、圧縮破壊過程で発生する弾性波を AE 法で検出し、別の 1 体の試験後の試料に対して累積空隙量測定を実施した。圧縮強度試験は JIS A 1108 に準拠して行った。累積空隙量測定は、水銀圧入式細孔分布測定装置を用いて算出し、試料は材齢 28 日に行った、圧縮強度試験後の供試体中心付近の破片を用いた。AE 測定は、共振周波数 150kHz の AE センサを図 1 の位置に計 8 個取り付け、材齢 28 日時の圧縮強度試験時に行った。しきい値は 40dB、サンプリング間隔は $1\mu\text{s}$ として測定した。万能試験機より発せられるノイズの検出を低減するため、上下

表 1 コンクリートの配合

G _{max} (mm)	SL (cm)	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
					W	C	S	G		Ad1	Ad2
								G1	G2		
20	12	55	4.5	46.5	171	309	837	587	391	2.07	0.93

※Ad1：高性能 AE 減水材、Ad2：AE 助剤

単位：mm ■：AE センサ

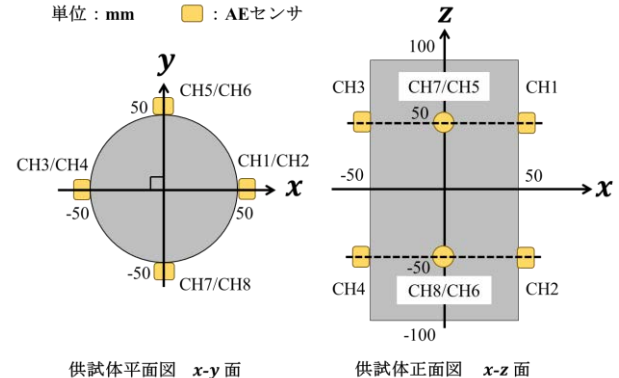


図 1 AE センサ設置位置

の載荷板にテフロンシートを取り付けた。立上り時間 $0\mu\text{s}$ 、エネルギー 0、AE カウント 1、平均周波数が 50kHz 未満または 600kHz 以上のいずれかを満たす AE 現象は、ノイズとして解析対象外とした。また載荷板と供試体面の圧着による影響から、応力レベル 0～20% の範囲を評価対象外とした。ここで応力レベルとは、最大応力に対するある時点での応力の比率と定義する。圧縮試験時の破壊過程の評価は、AE パラメータのうち、平均周波数と RA 値の関係について検討した。ここで、平均周波数はカウント数を継続時間で除した値であり、RA 値は立上り時間を最大振幅値で除した値である。立上り時間が短く周波数が相対的に高くなる場合は引張型クラックと、立上り時間が長く周波数が相対的に小さくなる場合にはせん断型クラックであると分類し、50 個の AE パラメータの移動平均値を用いた。

3. 実験結果および考察

圧縮強度試験結果を図 2 に示す。同図には非 AE 測定時の圧縮強度試験結果の平均値と AE 測定を実施した際の結果を示した。圧縮強度は、非 AE 測定時と AE 測定時において差があるものの、振動締固め時間が長くな

るほど、増加する傾向にあった。AE 測定時において圧縮強度に明確な差異が生じなかった原因として、テフロンシートが存在により、載荷板と供試体間の摩擦が低減し、強度増加の抑制につながったことが考えられる。

累積空隙量を図-3に示す。振動締固め時間が長くなるほど、 $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ の範囲における比較的大きな空隙が減少し、累積空隙量についても減少することが確認された。一方で、毛細管空隙と推定される $0.05 \mu\text{m}$ 程度の径が、相対的に増加することが確認された。

平均周波数と RA 値の関係を、図-4に示す。振動締固め時間 5 秒では、応力レベル 85%以降の結果の記録ができておらず、プロットされていないことに留意されたい。結果より、振動締固め時間が長くなるほど、プロット範囲がせん断型側へと推移したことが確認された。また振動締固め時間 25 秒では、応力レベル 20~50%の時点において、既にせん断型に分類されるものが多くみられ、以後においても、せん断型に多く分類されるといった特徴があった。振動締固め時間が長い供試体では、ブリーディングの増加により毛細管空隙などの微小な空隙が連続的に生じやすいことが推測され、骨材界面におけるずれや摩擦などに起因する、せん断型クラックに分類される AE 現象が初期より増加したことが推測される。したがって、特に、振動締固め時間 25 秒において、せん断型クラックに分類される AE が非常に多く検出され、その発生頻度も非常に高かったことが考えられる。ここで低品質再生粗骨材を使用したコンクリートの場合、比較的早期の段階でせん断破壊に移行することが報告²⁾されている。また再生骨材を用いた場合、界面強さは普通骨材を用いた場合と比較して小さくなる³⁾ことから、粗骨材界面の付着性の低下が示唆される。よって、粗骨材界面の付着性が低い場合、早期にせん断型破壊に移行すると考えられる。よって、早期にせん断型に移行する破壊形態は脆性的な破壊形態であり、振動締固め時間 25 秒のように強度が高い場合であっても、破壊挙動は脆弱的であったことが推測される。

4. まとめ

振動締固め時間が長くなるほど、圧縮強度は大きく、累積空隙量は小さくなり、同時に小径の空隙が相対的に増加した。また、圧縮強度試験時の破壊挙動については、振動締固め時間が長い場合、早期にせん断破壊に移行する、脆性的な破壊の進行が確認され、コンクリート内部の微小な空隙の連続性に起因することが推測される。

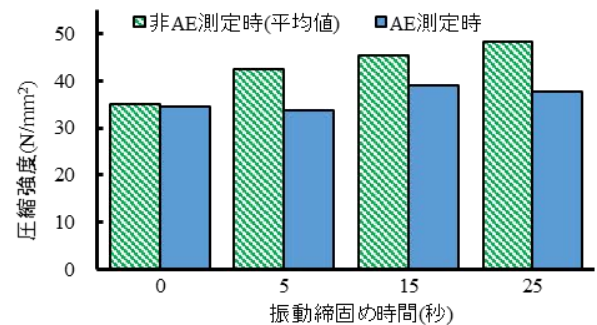


図-2 圧縮強度試験結果

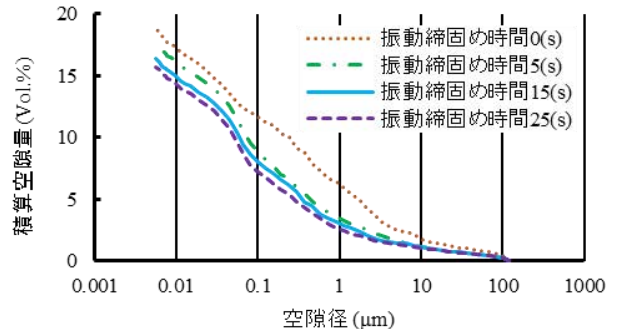


図-3 累積空隙量

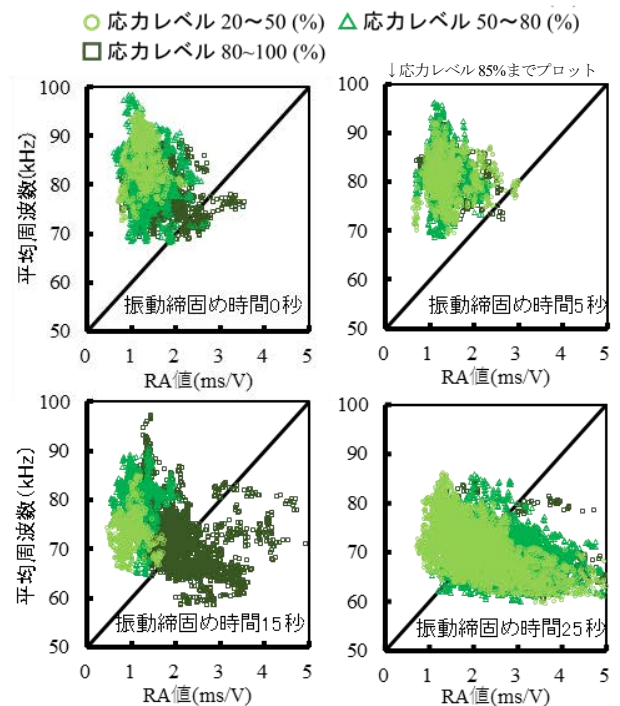


図-4 平均周波数と RA 値の関係

参考文献

- 1) 土木学会:2017年制定コンクリート標準示方書[施工編], p.122
- 2) 西畑清華ほか:再生骨材コンクリートの AE 発生特性の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, p. 1991-1996, 2006.7
- 3) 原法生ほか:再生骨材の使用がコンクリート中における粗骨材とモルタル間の界面形成に及ぼす影響, 土木学会第53回年次学術講演会, 講演概要集第5部, pp.458-459, 1998.