

論文 標準供試体作製装置を用いた RCD 用コンクリートの配合設計 についての検討

永山功*¹、渡辺和夫*²

要旨：本論文は、従来より RCD 用コンクリートの配合設計に用いられている大型供試体作製装置で締め固めた RCD 用コンクリートの締め固め密度、圧縮強度と、筆者らが新たに開発した標準供試体作製装置で締め固めた RCD 用コンクリートの締め固め密度、圧縮強度を比較することにより、標準供試体作製装置の適用性について検討したものである。試験の結果、標準供試体作製装置で締め固めた RCD 用コンクリートの締め固め密度、圧縮強度は大型供試体作製装置で締め固めた RCD 用コンクリートの締め固め密度、圧縮強度とよく一致することがわかり、標準供試体作製装置が RCD 用コンクリートの配合設計に適用可能なことが確認された。

キーワード：標準供試体、大型供試体、RCD 用コンクリート、締め固め

1. はじめに

現在、RCD 用コンクリートの配合設計では、振動ローラーを模擬した大型供試体作製装置でフルサイズの RCD 用コンクリートの大型供試体（直径 50cm、高さ 45cm）を締め固め、これから採取したボーリングコア（直径 17cm、高さ 34cm）の締め固め密度、圧縮強度の試験結果に基づいて最適配合を決定している [1]。しかし、大型供試体試験は、供試体寸法が大きく大がかりな試験であるため、RCD 用コンクリートの配合設計の合理化が望まれている。

本論文は、RCD 用コンクリートの配合設計の合理化を図るため、筆者らが新たに開発した標準供試体作製装置 [2] で締め固めた標準供試体（直径 15cm、高さ 30cm）と大型供試体作製装置で締め固めた大型供試体の締め固め密度、圧縮強度の関係について検討した結果をとりまとめたものである。

2. 供試体作製装置の概要

2. 1 標準供試体作製装置

標準供試体作製装置の仕様を表-1に示す。標準供試体作製装置はエアーコンプレッサー、載荷枠およびこれに沿ってスライドする電動式の振動タンパーから構成され、載荷枠の上部に取り付けたエアーシリンダーで振動タンパーを一定の力で押しつけながら標準モールド内の RCD 用コンクリートを締め固めるようになっている。

2. 2 大型供試体作製装置

表-1 標準供試体作製装置の仕様

項 目	仕 様
エアーコンプレッサー	最大発生圧力：1 N/mm ²
調 圧 弁	無段階調整方式
エアーシリンダー	内 径：50mm ストローク：400mm
振 動 タ ン パ ー	振 動 数：50Hz 全 振 幅：1.04mm 起 振 力：1370N 質 量：27kg 加圧板直径：140mm

*1 建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室室長（正会員）

*2 建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室主任研究員

大型供試体作製装置の仕様を表-2に示す。大型供試体作製装置は大型モールドと起振機から構成され、モールド内に詰めたRCD用コンクリートの上に起振機を載せ、その振動によってRCD用コンクリートを締め固めるようになっている。供試体は一層で締め固め、その締め固め時間は60秒としている。

3. 標準供試体作製装置を用いた予備試験

3.1 試験項目

標準供試体作製装置を用いたRCD用コンクリートの締め固め特性を検討するため、下記の予備試験を行った。

- 1) 振動タンパーを押しつけるエアースリンダーの空気圧の検討
- 2) 標準供試体作製装置によるRCD用コンクリートの締め固め特性の検討

試験に用いたコンクリート材料の物性を表-3に、RCD用コンクリートの配合（VC値を20秒に設定）を表-4示す。

表-3 コンクリート材料の物性

材 料	岩種または種類	比重	吸水率
細 骨 材	凝灰質砂岩	2.66	1.97%
粗 骨 材	凝灰質砂岩	2.68	1.47%
セ メ ン ト	中庸熱ホトランド	3.22	—
フライアッシュ	—	2.15	—

表-4 RCD用コンクリートの配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	VC値 (s)	フライアッシュ 置換率 (%)	水結合 材比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水	結合材	細骨材	粗骨材	AE剤 V.80R
80	20	30	83.3	32	100	120	717	1532	0.24

3.2 エアースリンダーの空気圧の検討

まず、エアースリンダーの空気圧が供試体の締め固め密度に及ぼす影響を求めた。標準供試体の締め固め層数は3層とし、1層あたりの締め固め時間を20秒と40秒の2種類に設定した。

図-1はエアースリンダーの空気圧と振動タンパーの加圧板の変位振幅（全振幅）の関係を示したものである。図によれば、振動タンパーの変位振幅は空気圧が高くなるほど小さくなっている。次に、図-2はエアースリンダーの空気圧と標準供試体の締め固め密度の関係を示したものである。図によれば、空気

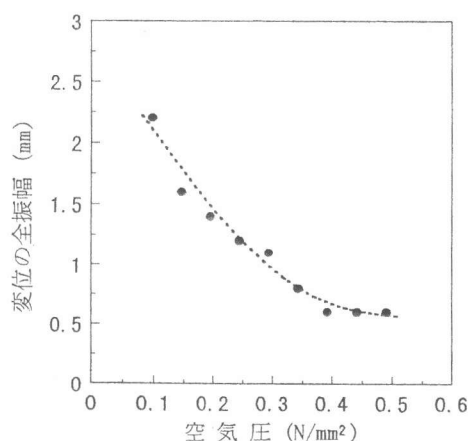


図-1 エアースリンダーの空気圧と振動タンパー加圧板の変位振幅（全振幅）の関係

圧が $0.2 \sim 0.3 \text{ N/mm}^2$ のとき、供試体の締固め密度が最大になることがわかる。これは、空気圧が低すぎると振動タンパーの押しつけ力が小さくなって十分な締固めが行えず、逆に空気圧が高すぎると図-1に示すように振動タンパーの変位振幅が小さくなって十分な締固めが行えないためと考えられる。

以上の試験から、標準供試体作製装置で標準供試体を作製するときのエアースリンダーの空気圧は 0.3 N/mm^2 （押し付け力に換算すると約 600 N ）に設定した。

3. 3 RCD用コンクリートの締固め特性

次に、標準供試体作製装置の締固め時間と供試体の締固め密度の関係を求めた。試験は、エアースリンダーの空気圧 0.3 N/mm^2 のほか、 0.25 N/mm^2 についても実施した。図-3はRCD用コンクリートの締固め時間と締固め密度の関係を示したものである。図によれば、1層あたりの締固め時間が40秒以上になると締固め密度が安定した値になることがわかる。

一般にVC値が20秒程度のRCD用コンクリートは、振動ローラーによって十分に締め固められることがわかっている。そこで、標準供試体作製装置で標準供試体を作製するときの1層当りの締固め時間は40秒以上必要であると考えられる。

4. 大型供試体試験と標準供試体試験の比較

4. 1 粗骨材の最大寸法が異なる場合

(1) 材料と配合

以上の予備的検討結果を踏まえ、大型供試体試験と標準供試体試験の比較検討を行った。試験に用いたコンクリート材料の物性を表-3に、RCD用コンクリートの配合を表-5に示す。なお、標準供試体試験では、フルサイズで練り混ぜたRCD用コンクリートからウェットスクリーニングで 40 mm 以上の粗骨材を除去したコンクリートを使用した。

(2) 供試体の作製方法

標準供試体の作製にあたっては、材料分離が生じないように標準モールド内に試料を3層に分けて投入し、大きな空隙が残らないように各層を突き棒で25回突いた後、標準供試体作製装置で各層を40秒間締め固めた。また、大型供試体の作製にあたっては、材料分離が生じないように大型モールド内に試料を3層に分けて投入し、大きな空隙が残らないように各層を突き棒で25回突

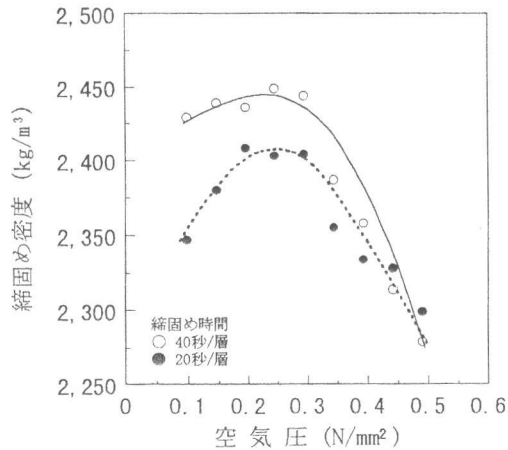


図-2 エア-シリンダーの空気圧と標準供試体の締固め密度の関係

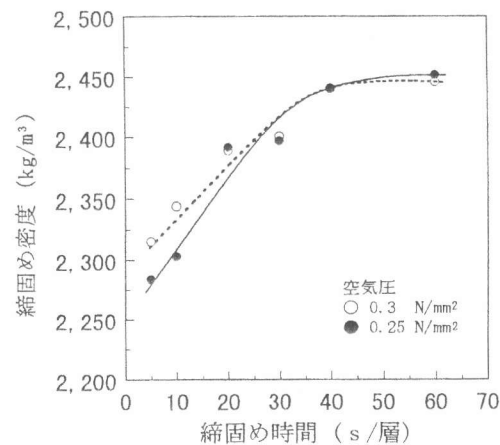


図-3 標準供試体の締固め時間と締固め密度の関係

表-5 RCD用コンクリートの配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	V C 値 (s)	フライッシュ 置換率 (%)	水結合 材比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水	結合材	細骨材	粗骨材	A E 剤 V. 80R
80	57	30	75.0	32	90	120	725	1551	0.24
80	30	30	79.2	32	95	120	721	1543	0.24
80	20	30	83.3	32	100	120	717	1532	0.24
80	13	30	87.5	32	105	120	713	1523	0.24
80	8	30	91.7	32	110	120	708	1514	0.24

いた後、大型供試体作製装置で3層全体の締固めを行った。

(3) 締固め密度の比較

本試験では、粗骨材の最大寸法が標準供試体試験では40mm、大型供試体試験では80mmであるため、両者の締固め密度を直接比較することができない。そこで、供試体密度を理論密度で除した相対締固め密度を用いて比較を行った。なお、相対締固め密度は、配合によらずコンシステンシーの大きさのみに依存する物理量と考えられる。

図-4は大型供試体から採取したボーリングコアの相対締固め密度と標準供試体の相対締固め密度の関係を示したものである。図によれば、RCD用コンクリートのコンシステンシー（VC値）に関わらず、標準供試体の相対締固め密度は大型供試体の相対締固め密度とほぼ一致することがわかる。

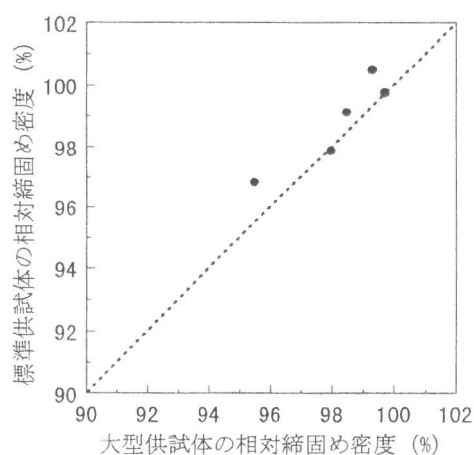


図-4 大型供試体の相対締固め密度と標準供試体の相対締固め密度の関係

(4) 圧縮強度の比較

次に、図-5は大型供試体から採取したボーリングコアの圧縮強度と標準供試体の圧縮強度の関係を圧縮強度比を用いて示したものである。ここで、圧縮強度比とは、供試体の圧縮強度を理論密度時の圧縮強度（ベーストが完全に浮上するまで締め固めた供試体の圧縮強度で、セメント水比の法則に従う。 $f_c = 31.2(C + F) / W - 18.4$ ）で除した値である。圧縮強度比は、相対締固め密度と同様に、配合によらずコンシステンシーの大きさのみに依存する物理量と考えられる。図によれば、大型供試体の圧縮強度比と標準供試体の圧縮強度比の間には線形の関係があるが、大型供試体の圧縮強度比に比べて標準供試体の圧縮強度比が低い結果となっている。

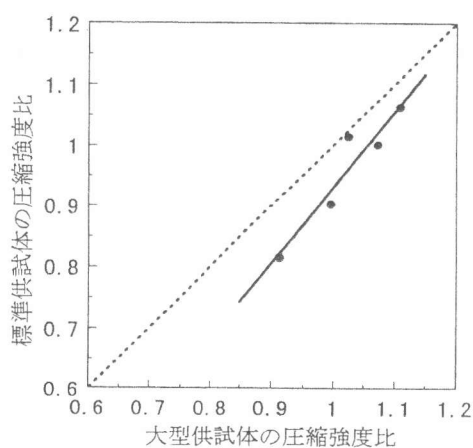


図-5 大型供試体の圧縮強度比と標準供試体の圧縮強度比の関係

4. 2 粗骨材の最大寸法が同一の場合

(1) 材料と配合

上述の試験で、大型供試体と標準供試体の相対締固め密度が一致したにも関わらず、両者の圧縮強度比が一致しなかった理由として、最大粗骨材寸法の差が考えられる。そこで、

大型供試体と標準供試体で粗骨材の最大寸法を40mmにそろえた試験を再度実施した。

試験に用いたコンクリート材料の物性を表-6に、RCD用コンクリートの配合を表-7に示す。

表-6 コンクリート材料の物性

材 料	岩種または種類	比重	吸水率
細 骨 材	花崗岩	2.58	0.86%
粗 骨 材	花崗岩	2.60	1.07%
セ メ ン ト	中庸熱ホ [®] ルトランド [®]	3.20	—
フライアッシュ	—	2.22	—

表-7 粗骨材最大寸法40mmのRCD用コンクリートの配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	V C 値 (s)	フライアッシュ 置換率 (%)	水結合 材比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水	結合材	細骨材	粗骨材	混和剤 P. No8
40	63	30	62.7	44	99	158	944	1213	0.395
40	34	30	67.1	44	104	158	936	1202	0.395
40	20	30	70.9	44	112	158	929	1194	0.395
40	11	30	75.3	44	119	158	921	1184	0.395
40	6	30	79.7	44	126	158	913	1174	0.395

(2) 供試体の作製方法

供試体の作製方法は粗骨材最大寸法が異なる試験の場合と同じである。ただし、標準供試体については締固め時間を20、40、60秒に変えた試験も実施した。

(3) 締固め密度の比較

本試験では、粗骨材の最大寸法が同一であるため、大型供試体から採取したボーリングコアの締固め密度と標準供試体の締固め密度を直接比較することも可能である。しかし、先の試験との対応を図るため、ここでは相対締固め密度を用いて比較を行った。図-6は種々の単位水量のRCD用コンクリートについて、大型供試体のボーリングコアの相対締固め

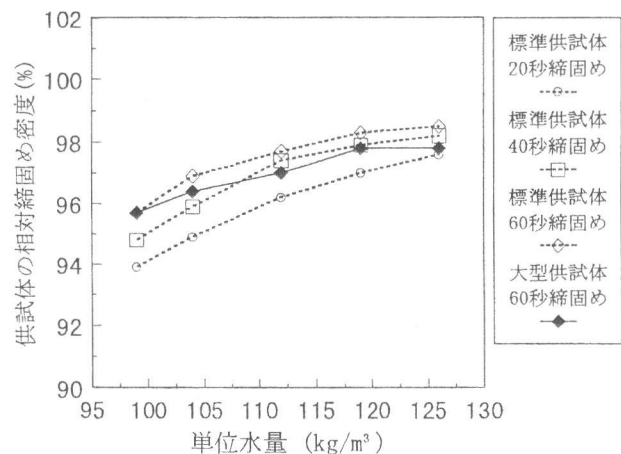


図-6 RCD用コンクリートの単位水量と大型供試体、標準供試体の相対締固め密度の関係

密度と、1層あたり20、40、60秒間の締め固めを行った標準供試体の相対締固め密度を示したものである。図によれば、大型供試体の相対締固め密度と最もよく対応しているのは60秒間締め固めた標準供試体の相対締固め密度であることがわかる。

そこで、図－7は大型供試体のボーリングコアの相対締固め密度と60秒間締め固めた標準供試体の相対締固め密度の関係を示したものである。図によれば、60秒間締め固めた標準供試体の相対締固め密度は大型供試体の相対締固め密度とよく一致していることがわかる。

(4) 圧縮強度の比較

次に、図－8は大型供試体から採取したボーリングコアの圧縮強度比と60秒間締め固めて作製した標準供試体の圧縮強度比を比べたものである。図によれば、相対締固め密度の場合と同様に、60秒間締め固めた標準供試体の圧縮強度比は大型供試体の圧縮強度比とよく一致していることがわかる。

5. まとめ

大型供試体作製装置と標準供試体作製装置を用いた比較試験から明らかになった事項をまとめると次のとおりである。

(1) 大型供試体と標準供試体で粗骨材の最大寸法が異なる場合、大型供試体作製装置で締め固めた大型供試体の相対締固め密度、圧縮強度比と標準供試体作製装置で締め固めた標準供試体の相対締固め密度、圧縮強度比の間には線形の関係がある。ただし、大型供試体と標準供試体の相対締固め密度が同じであっても、両者の圧縮強度比は互いに異なる結果となった。これは、骨材の最大寸法の差が影響しているものと考えられる。

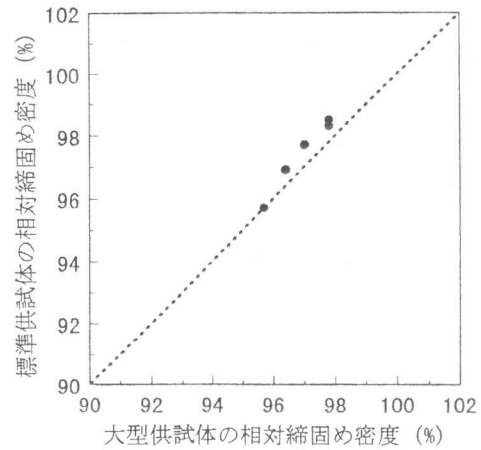
(2) 粗骨材の最大寸法を40mm一定とした場合、大型供試体作製装置で締め固めた大型供試体の相対締固め密度、圧縮強度比と標準供試体作製装置で60秒間締め固めて作製した標準供試体の相対締固め密度、圧縮強度比はよく一致した。

(3) 以上の結果から、従来、大型供試体作製装置を用いて行われてきたRCD用コンクリートの配合設計は、標準供試体作製装置を用いても同様に行うことができることが確認できた。

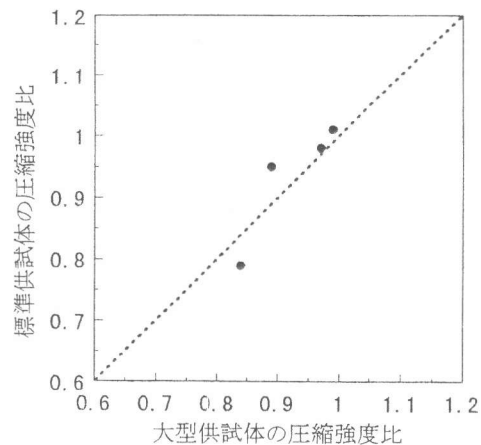
今後は、さらに試験データを蓄積し、標準供試体作製装置を用いた配合試験法の信頼性を高めていく予定である。

参考文献

- [1] 永山 功：大型供試体を用いたRCD用コンクリートの配合設計法に関する一考察、ダム技術、No. 62、pp. 46-57、1991. 11
- [2] 建設省土木研究所ダム構造研究室：RCD用コンクリートの標準供試体作製装置について、ダム技術、No. 68、pp. 73-77、1992. 5



図－7 大型供試体の相対締固め密度と標準供試体の相対締固め密度の関係



図－8 大型供試体の圧縮強度比と標準供試体の圧縮強度比との関係