

# 論文 骨材最大寸法80mm のダム用高流動コンクリートの自己充填性

町田宗久\*1・永山 功\*2・渡辺和夫\*3・新井博之\*4

**要旨:**骨材最大寸法を 80 mm まで大きくしたダム用高流動コンクリートの自己充填性を一辺が 30 cm の立方体供試体の単位容積質量比とジャンカ率によって評価した。その結果, 十分な(ジャンカを生じない)自己充填性を得るためには, 骨材最大寸法の大小に関わらず, 120 cm 程度以上の大型スランプフローを確保することが必要なことがわかった。また, 骨材最大寸法を大きくすると, 少ない単位結合材量で自己充填性を確保できることがわかった。

**キーワード:**高流動コンクリート, 骨材最大寸法, 自己充填性, 大型スランプフロー

## 1. はじめに

コンクリートダムの施工法は, RCD 工法や拡張レヤ工法の開発によって合理化, 省人化が図られているが, 放流管の設置ブロックや堤体内通廊などの鉄筋構造物部では, いまだ人力に多くを依存したコンクリートの打設が行われている。このような部位のコンクリート打設に高流動コンクリートを利用する試みは, 既にいくつかのダムで行われている。また, さらに発展して, 高流動コンクリートを小規模ダムの施工に適用できないかという検討も行われている。

このようなダム用高流動コンクリートでは, 通常の高流動コンクリートほど高い流動性を必要としないが, 通常の高流動コンクリートと同様に高い自己充填性が要求される。また, マスコンクリートという観点から, できるだけセメント使用量を減じた配合であることが望まれる。

このような背景から, 筆者らは骨材最大寸法を最大 80 mm としたダム用高流動コンクリートの可能性について検討を進めている。<sup>1)</sup>本論文は, 骨材最大寸法を 10~80 mm の範囲で変化させた高流動コンクリートの自己充填性について検討した結果を述べたものである。

## 2. 試験概要

### 2.1 使用材料および配合条件

本試験では, セメント使用量を極力減じるため, 増粘剤系高流動コンクリートを使用した。

表-1 使用材料および物性値

材料	種類および性質
セメント	中庸熟ポルトランドセメント 比重: 3.20 比表面積: 3280cm <sup>2</sup> /g
フライアッシュ	電発磯子産 比重: 2.27 比表面積: 3190cm <sup>2</sup> /g
細骨材	笠間産砂岩 比重: 2.64 吸水率: 1.07% 粗粒率: 2.80
粗骨材	笠間産砂岩 比重: 2.67 吸水率: 0.40%
高性能 AE 減水剤	ポリカルボン酸塩系
AE 助剤	アニオン系界面活性剤
増粘剤	水溶性セルロースエーテル系

表-2 配合条件

水粉体比	W/P	50%
フライアッシュ置換率	F/P	30%
高性能 AE 減水剤添加率	SP/P	1.4%
AE 助剤添加率	A/P	0.009%
増粘剤添加率	V/W	0.3%
ペースト細骨材絶対容積比	vp/vs	0.9
骨材最大寸法	Gmax	10, 20, 40, 80mm
単位粗骨材絶対容積	vg	290~510ℓ/m <sup>3</sup>

\*1 建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室研究員 (正会員)

\*2 建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室室長 (正会員)

\*3 建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室主任研究員

\*4 大成建設 (株) (前) 建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室交流研究員 (正会員)

表-3 示方配合

単位粗骨材絶対容積 ( $\ell/m^3$ )	細骨材率 (%)	単位量( $kg/m^3$ )				
		水	セメント	フライアッシュ	細骨材	粗骨材
290	54.5	184	257	110	915	775
370	45.2	161	226	97	804	989
450	36.9	139	195	84	693	1203
510	31.2	122	171	73	610	1363

また、コンクリートの配合条件を表-2 に示す。本試験では、粗骨材の影響を把握するためモルタルの品質を一定として試験を進めるものとし、モルタルの水粉体比 (W/P) を 50%、配合試験で選定したペースト細骨材絶対容積比 ( $v_p/v_s$ ) を 0.9 とし、骨材最大寸法 ( $G_{max}$ ) と単位粗骨材絶対容積 ( $v_g$ ) を変化させた。なお、混和剤 (高性能 AE 減水剤, 増粘剤) の添加率は、基本配合 ( $G_{max}=40mm$ ,  $v_p/v_s=0.9$ ,  $v_g=330\ell/m^3$ ) においてスランプフロー 60±5cm, 空気量 5±2% の目標値と材料分離が生じないことを条件に決定した。

骨材最大寸法は 10, 20, 40, 80mm の 4 種類とし、その粗骨材の粒度分布は最大寸法 80mm の粗骨材の剪頭粒度とした。代表的なコンクリートの配合を表-3 に示す。

コンクリートの練混ぜには強制二軸ミキサ (容量 100 $\ell$ ) を使用した。練混ぜにあたっては、粗骨材, 細骨材の半分, 結合材, 増粘剤, 細骨材の残り半分の順に材料を投入して 30 秒間の空練りを行った後、水と高性能 AE 減水剤を投入して 2 分間の練混ぜを行った。その後、練り板上にコンクリートを排出して切返しを行った後、30 分間放置してから各種試験を行った。

## 2.2 試験項目および試験方法

10, 20, 40, 80mm の各骨材最大寸法に対して単位粗骨材絶対容積を変化させ、流動性と自己充填性を測定した。

流動性は大型スランプフローによって評価した。図-1 に大型スランプフローの試験装置を示す。内径 30 cm、内高 70 cm の円筒容器にコンクリートを高さ 60 cm まで投入した後、容器を約 12 cm/s の速度で引き上げ、スランプフローを測定した。なお、円筒容器の

寸法は骨材最大寸法 80 mm までの高流動コンクリートに対応できるようにその形状を設定したものである。

また、自己充填性は打設した角柱供試体側面のジャンカ率によって評価した。図-2 に自己充填性の評価に用いた試験装置を示す。打設ホップを用いて高さ 10 cm の位置から約 7 $\ell$  のコンクリートを 30 cm×30 cm×30 cm の型枠内に打設し、コンクリートが硬化した後、供試体の単位容積質量と供試体側面のジャンカ面積 (コンクリートが型枠に接していない部分の面積。ただし、直径 2 mm 以下の気泡を除く) を測定した。なお、後述するジャンカ率はジャ

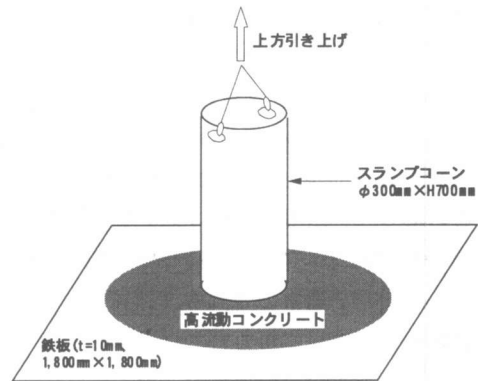


図-1 大型スランプフロー試験

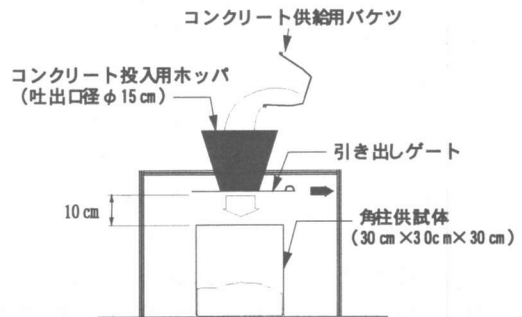


図-2 高流動コンクリート用打設装置

ンカ面積／供試体側面積で定義した。また、供試体から直径 18 cm のボーリングコアを採取し、同様な方法でジャンカ率を測定した。

### 3. 試験結果および考察

#### 3.1 流動性

まず、試験に先立って、骨材最大寸法 10, 20, 40mm のコンクリートを用いて標準スランプフローと大型スランプフローの関係を調査した結果を図-3 に示す。図によれば、骨材最大寸法に関わらず、大型スランプフローと標準スランプフローの間には直線的な関係があることが確認された。

次に、骨材最大寸法 10, 20, 40, 80mm のコンクリートに対して、単位粗骨材絶対容積と大型スランプフローの関係を図-4 に示す。図から、単位粗骨材絶対容積の増加に伴って大型

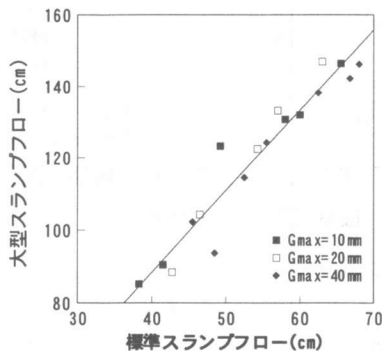


図-3 標準スランプフローと大型スランプフローの関係

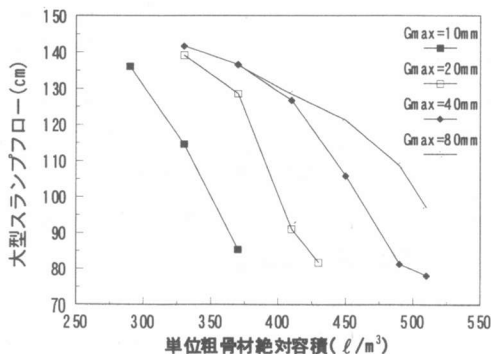


図-4 単位粗骨材絶対容積と大型スランプフローの関係

スランプフローが減少している。また、骨材最大寸法の影響について見ると、骨材最大寸法を大きくすることで所要のフロー値を得るために必要なモルタル量を低減できることがわかる。

#### 3.2 自己充填性

骨材最大寸法 10, 20, 40, 80mm のコンクリートに対して、単位粗骨材絶対容積と角柱供試体の単位容積質量比の関係を図-5 に示す。図から、各骨材最大寸法の場合とも、単位粗骨材絶対容積が増加すると単位容積質量比が急激に低下する限界の配合があることがわかる。また、骨材最大寸法の影響について見ると、骨材最大寸法を大きくすることによって所要の自己充填性を得るために必要なモルタル量を低減できることがわかる。

次に図-6 に単位粗骨材絶対容積と角柱供試体から採取したコアの単位容積質量比の関係を

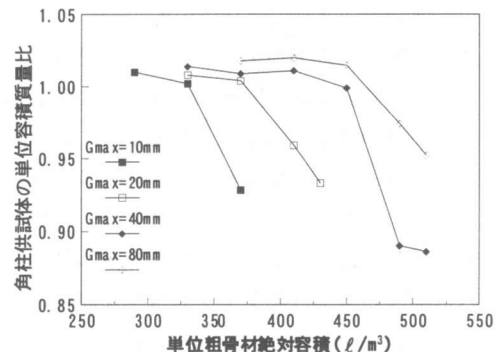


図-5 単位粗骨材絶対容積と角柱供試体の単位容積質量比の関係

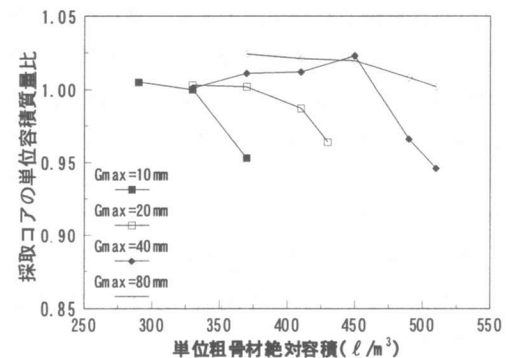


図-6 単位粗骨材絶対容積と採取コアの単位容積質量比の関係

示す。図から、角柱供試体の場合と同様に、単位粗骨材絶対容積が増加すると単位容積質量比が低下する限界の配合が存在している。

また、図-7 に角柱供試体の単位容積質量比と採取コアの単位容積質量比の関係を示す。図によると、採取コアの単位容積質量比の方が角柱供試体の単位容積質量比に比べて高くなっており、型枠付近に比べて内部ではジャンカが発生しにくいことを示している。また、角柱供試体の単位容積質量比と採取コアの単位容積質量比の間には骨材最大寸法の大きさによらない一定の相関関係があるように見える。

次に、図-8 に大型スランプフローと角柱供試体の単位容積質量比の関係を示す。図から骨材最大寸法の大きさに関わらず大型スランプフローと角柱供試体の単位容積質量比の間には一定の相関関係があることがわかる。なお、大型スランプフローが概ね 120cm 以上になると単位容積質量比は 1.0 になっている。

また、図-9 に大型スランプフローと採取コアの単位容積質量比の関係を示す。この関係は角柱供試体の場合とほぼ同様であるが、この関係は単位容積質量比が 1.0 になる大型スランプフローの値は概ね 110cm 程度であり、角柱供試体の場合に比べてやや小さい値を示している。これは前述したようにジャンカは型枠面付近に生じやすいためである。

次に、図-10 に単位粗骨材絶対容積と角柱供試体側面のジャンカ率の関係を示す。図から、単位粗骨材絶対容積が増加すると角柱供試体側面のジャンカ率が急激に大きくなる限界の配合が存在することがわかる。また、骨材最大寸法の影響について見ると、骨材最大寸法が大きくなるほどジャンカ率が急増する限界の単位粗骨材絶対容積が大きくなっていることがわかる。

また、図-11 に単位粗骨材絶対容積と採取コア側面のジャンカ率の関係を示す。全体的な傾向は角柱供試体とほぼ同様であるが、ジャンカ率が急増する単位粗骨材絶対容積はやや小さくなっており、コンクリート内部では表面部に

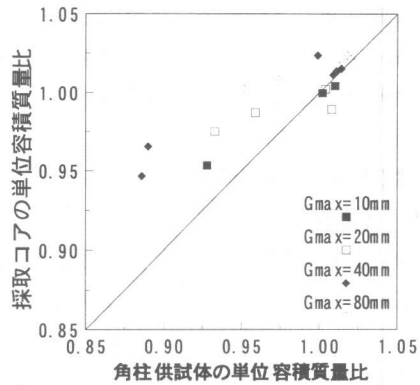


図-7 角柱供試体の単位容積質量比と採取コアの単位容積質量比の関係

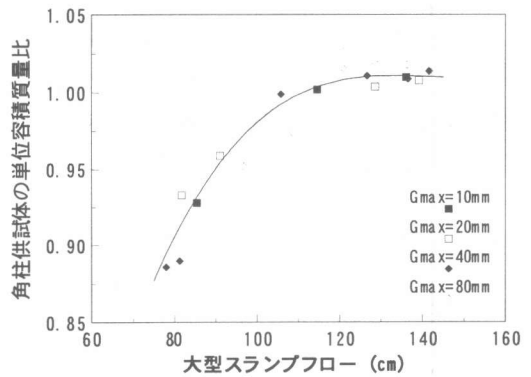


図-8 大型スランプフローと角柱供試体の単位容積質量比の関係

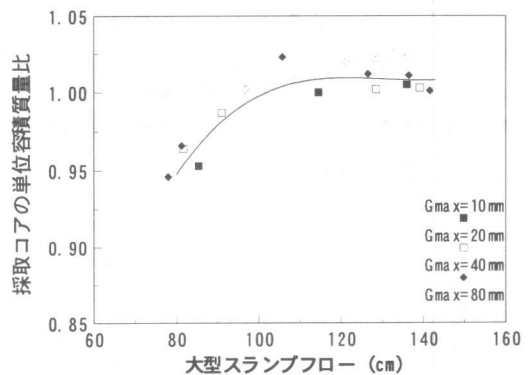


図-9 大型スランプフローと採取コアの単位容積質量比の関係

比べてジャンカが生じにくいことを示している。

次に、図-12 に角柱供試体側面のジャンカ率と採取コア側面のジャンカ率の関係を示す。

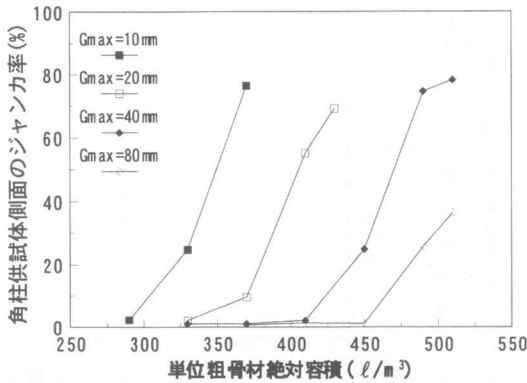


図-10 単位粗骨材絶対容積と角柱供試体側面のジャンカ率の関係

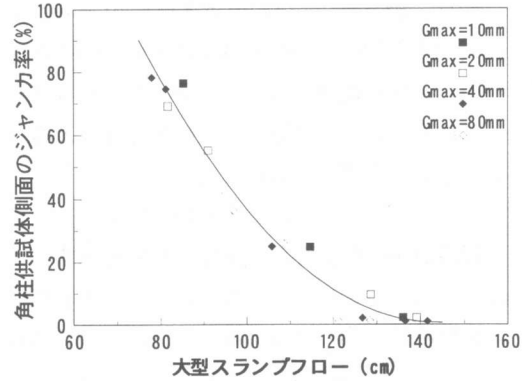


図-13 大型スランプフローと角柱供試体側面のジャンカ率の関係

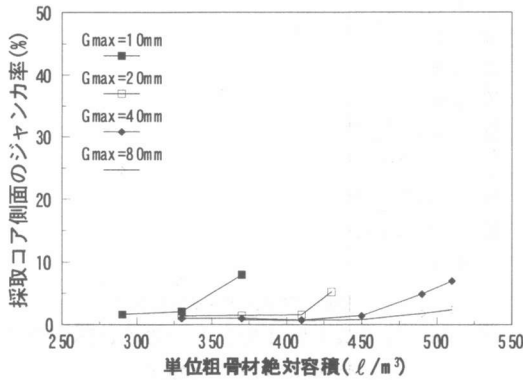


図-11 単位粗骨材絶対容積と採取コア側面のジャンカ率の関係

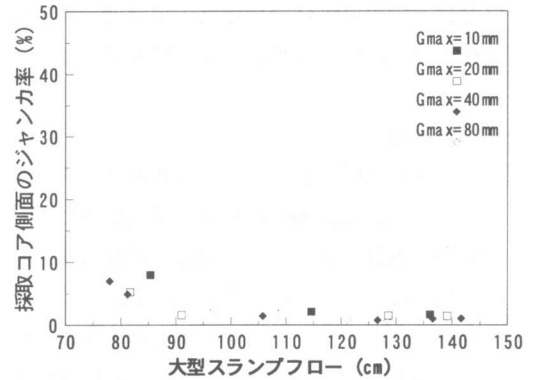


図-14 大型スランプフローと採取コア側面のジャンカ率の関係

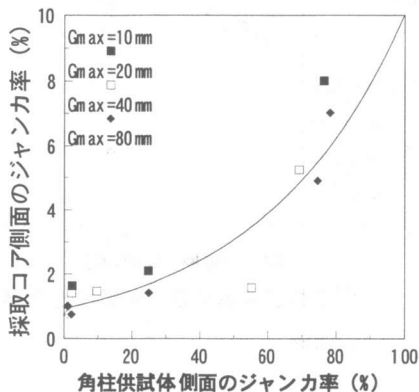


図-12 角柱供試体側面のジャンカ率と採取コア側面のジャンカ率の関係

図から、角柱供試体のジャンカ率と採取コアのジャンカ率には、骨材最大寸法の大きさによらない一定の相関関係があり、角柱供試体のジャ

ンカ率が 50%を超えるあたりから採取コアのジャンカ率が急激に増加していることがわかる。

次に、図-13 に大型スランプフローと角柱供試体側面のジャンカ率の関係を示す。図から、大型スランプフローと角柱供試体のジャンカ率の間には、骨材最大寸法の大きさによらない一定の相関関係があることがわかる。なお、大型スランプフローが 120~130cm より大きくなるとジャンカはほとんど見られない。

また、図-14 に大型スランプフローと採取コア側面のジャンカ率の関係を示す。全体的な傾向は角柱供試体とほぼ同様であるが、ジャンカ率が急増する大型スランプフローはやや小さくなっており、コンクリート内部では表面部に比べてジャンカが生じにくいことを示している。

次に、図-15 に角柱供試体側面のジャンカ率と角柱供試体の単位容積質量比の関係を示す。図から、角柱供試体のジャンカ率と単位容積質量比の間には、骨材最大寸法の大きさによらない一定の相関関係があることがわかる。

また、図-16 に採取コア側面のジャンカ率と採取コアの単位容積質量比の関係を示す。図から、採取コアにおいても、ジャンカ率と単位容積質量比の間には骨材最大寸法の大きさによらない一定の相関関係がある。

最後に、図-17 に採取コアの単位容積質量比と採取コアの圧縮強度の関係を示す。図から採取コアの単位容積質量比と圧縮強度の間には、骨材最大寸法によらない一定の相関関係がある。

#### 4. まとめ

モルタルの配合を一定とした条件で、骨材最大寸法を 10~80 mm の範囲で変化させた増粘剤系高流動コンクリートの自己充填性を検討した。以下にその結果をとりまとめる。

- (1) 高流動コンクリートの自己充填性は、今回開発した装置を用いて角柱供試体の単位容積質量比、ジャンカ率から評価することができる。
- (2) 単位粗骨材絶対容積が増加すると、スランプフローは低下し、自己充填性もこれに応じて低下する。
- (3) 骨材最大寸法を大きくすることによって、自己充填性を確保するために必要な単位結合材量を減じることができる。
- (4) 十分な（ジャンカを生じないような）自己充填性を得るためには、骨材最大寸法の大小に関わらず、120 cm 程度以上の大型スランプフローが必要である（標準スランプフローに換算すると 55 cm 程度以上となる）。
- (5) 水結合材比を一定とした場合、供試体の単位容積質量比と圧縮強度の間には、骨材最大寸法の大きさによらない一定の相関関係がある。

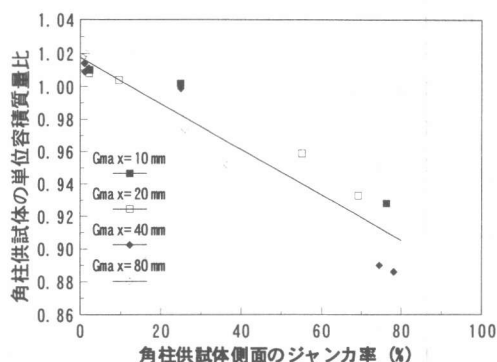


図-15 角柱供試体側面のジャンカ率と角柱供試体の単位容積質量比の関係

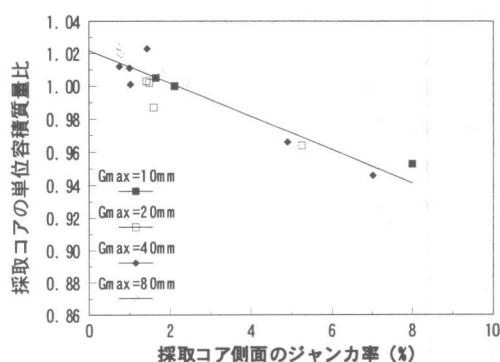


図-16 採取コア側面のジャンカ率と採取コアの単位容積質量比の関係

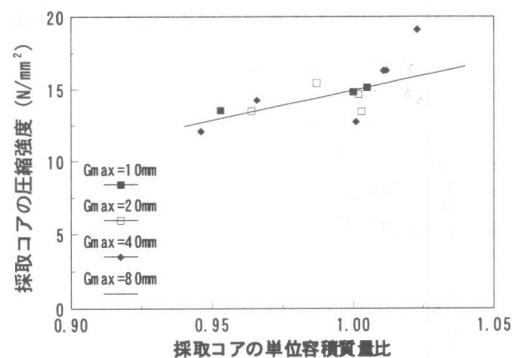


図-17 採取コアの単位容積質量比と圧縮強度の関係

#### 参考文献

- 1) 永山功・渡辺和夫・町田宗久・新井博之：粗骨材最大寸法が高流動コンクリートの流動性に与える影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 20, No. 2, pp.445-450, 1998.7