

論文 最大寸法80, 40mmの粗骨材を用いた高流動コンクリートに関する基礎実験

庄司芳之^{*1}・渡部 正^{*2}・岩崎則夫^{*3}・佐原晴也^{*4}

要旨：本研究は、中規模コンクリートダム の合理化施工方法の一つとして、コンクリートポンプ工法と高流動コンクリートとの組合せに着目し検討を行ったものである。本報では、最大寸法80, 40mmの粗骨材を用いてダム用高流動コンクリートとして適切な性状が得られる配合を検討したモルタルおよびコンクリート実験結果について述べる。実験の結果、①大粒径粗骨材を用い、増粘剤系配合を選定することによって、ダム現場製造の骨材条件でも290kg/m³程度の単位結合材量で高流動化が可能なこと、②大粒径粗骨材の高流動コンクリートにおいても、適切なモルタル品質の選定が配合を検討する上で重要であること、などが分かった。

キーワード：高流動コンクリート、コンクリートダム、コンクリートポンプ、大粒径粗骨材、増粘剤

1. はじめに

コンクリートダムの施工方法は、その合理化にむけて近年著しい進展を見せているが、その中の一つにコンクリートポンプ工法（PCD工法）がある¹⁾。PCD工法は、中規模のコンクリートダム の合理化施工技術として注目されているばかりでなく、大型重機や上下作業を伴うバケットなどを使用しないで施工できる安全な工法としても今後採用が増えていくことが期待される。しかし、大粒径粗骨材を使用し、硬練りのダムコンクリートではポンプ圧送性の面で解決すべき問題も多いと考えられる。これまでの施工例では、ポンプ圧送性を改善するために、流動化コンクリートとしてスランプを大きくした例²⁾がみられるが、この場合、大型パイプレーターをベースマシンに搭載した施工機械で行う締固め作業（機械の走行）に問題があると考えられる。このようなPCD工法における圧送性と締固めの作業性の問題を同時に改善する方法として、高流動コンクリートの適用が有効と考えられる。また、ブリーディングがほとんど発生しないことや、強制振動を省略すること

でリフト上部に脆弱な部分が生じないことなどの特長を活かせば、打継ぎ処理を簡略化できる可能性があり、コンクリートダム の施工方法の更なる合理化も期待できる。高流動コンクリートのダムへの適用については、プレキャスト通廊³⁾や放流管の周辺⁴⁾など、振動締固め作業が困難な部分への施工報告がみられる。また、小規模ダム堤体への適用性を検討した報告もある⁵⁾。

本研究は、中規模のコンクリートダム堤体への適用を目標とした高流動コンクリートに関するものである。以下に最大寸法80, 40mmの粗骨材を用いて、ダム用高流動コンクリートとして適切なフレッシュ性状が得られる配合を検討したモルタルおよびコンクリート実験の結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 実験計画

実験では、ダム堤体への適用を考慮して、温度応力低減の面から大粒径粗骨材を使用して、単位結合材量の少ない貧配合な高流動コンクリートとすることを検討した。実験手順としては、

*1 日本国土開発(株) 技術開発研究所 材料・環境研究室 工修 (正会員)
 *2 前田建設工業(株) 技術本部 技術研究所 研究第一グループ 工博 (正会員)
 *3 (株) 銭 高 組 技術本部 技術研究所
 *4 日本国土開発(株) 技術開発研究所 材料・環境研究室 工博 (正会員)

既往の研究^{7), 8)}に述べられている考え方と同様に、まず、モルタル実験を行ってできるだけ貧配合で、高流動化できるような配合を検討した。続いてモルタル実験結果をもとに選定したいいくつかの配合について最大寸法80, 40mmの粗骨材を用いたコンクリート実験を行った。表-1にモルタル実験の要因と水準を、表-2にコンクリート実験の要因と水準をそれぞれ示す。

表-1 モルタル実験の要因と水準

| 要因 | 水準 | |
|------|--|------------------------|
| 増粘剤系 | Λ'-スル細骨材容積比 (V _{pt} /V _s) | 0.8, 0.85, 0.9, 1.0 |
| | 水粉体容積比 (V _w /V _{pd}) | 1.5, 1.7 |
| | 増粘剤量 | W × 0.2, 0.25, 0.3 (%) |
| 粉体系 | Λ'-スル細骨材容積比 (V _{pt} /V _s) | 0.9, 1.0, 1.1 |
| | 水粉体容積比 (V _w /V _{pd}) | 0.9, 1.0 |

表-2 コンクリート実験の要因と水準

| 要因 | 水準 | |
|------|--|---------------------------|
| 増粘剤系 | 粗骨材最大寸法 | 80, 40 (mm) |
| | モルタル粗骨材容積比 (V _m /V _g) | 1.2, 1.35, 1.5, 1.65, 1.8 |
| | Λ'-スル細骨材容積比 (V _{pt} /V _s) | 0.8, 0.85, 0.9, 1.0 |
| | 水粉体容積比 (V _w /V _{pd}) | 1.5, 1.7 |
| | 増粘剤量 | W × 0.2, 0.3 (%) |
| 粉体系 | 粗骨材最大寸法 | 80, 40 (mm) |
| | モルタル粗骨材容積比 (V _m /V _g) | 1.35 |
| | Λ'-スル細骨材容積比 (V _{pt} /V _s) | 1.0, 1.1 |
| | 水粉体容積比 (V _w /V _{pd}) | 0.9, 1.0 |

2.2 使用材料

実験に使用した材料を表-3に示す。骨材はダム現場の現地製造の砕石、砕砂を使用した。なお、粗骨材の混合割合は、最大寸法80mmの場合、G1: G2: G3=34.4: 27.4: 38.2%とし、最大寸法40mmの場合、G2: G3=49.5: 50.5%とした。また、セメントに対するフライアッシュの置換率は質量で内割20%とした。

表-3 使用材料

| | |
|--------|--|
| セメント | 中廉熟成「ホランド」セメント 比重 3.21 比表面積 3340cm ² /g |
| 混和材 | フライアッシュ 比重 2.29 比表面積 3210cm ² /g |
| 細骨材 | 砂岩系砕砂, 0.15mm 以下の微粉量 11%, 比重 2.67 |
| 粗骨材 | G1: 砂岩系砕石, 80~40mm 比重 2.68 |
| | G2: 砂岩系砕石, 40~20mm 比重 2.67 |
| | G3: 砂岩系砕石, 20~5mm 比重 2.67 |
| 高性能減水剤 | ポリカルボン酸エーテル系と架橋ポリマーの複合体 |
| 増粘剤 | 水溶性セルロースエーテル |

2.3 モルタルおよびコンクリートの練混ぜ

モルタルの練混ぜは、容量5ℓのホバート型モルタルミキサもしくは容量20ℓの品川式モル

タルミキサを用いて、空練り30秒(粉体と細骨材)、本練り240秒で行った。また、コンクリートの練混ぜは、容量100ℓの強制2軸ミキサを用いて、空練り15秒(粉体と細骨材)、モルタル練り60秒、コンクリート練り60秒で行った。

2.4 試験項目

モルタルについては、フロー試験とVロート試験を行い、相対フロー面積比および相対ロート速度比⁷⁾で結果を整理した。また、目視によりフロー試験時の動きや停止後の状態を観察して、流動性の良否や材料分離の有無を評価した。コンクリートについては、図-1に示す大型スランブフロー試験、図-2に示す大型Vロート試験(流下時間、落下後のフロー値、100cmフロータイムを測定)および40mmウェットスクリーニング試料による標準スランブフロー試験、空気量試験を行った。また、流動性および

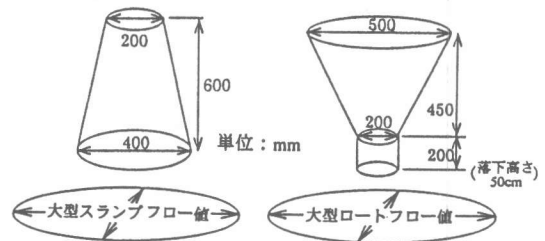


図-1 大型スランブフロー試験 図-2 大型Vロート試験

表-4 目視観察の評価基準

| 評価項目 | 評価点 (1人当たり) |
|-------------|-----------------------------------|
| 排出時の状況 | +1 動き方がスムーズで速い |
| | 0 動き方がやや遅い |
| | -1 動き方が非常に遅い |
| 材料分離抵抗性 | +1 粗骨材の沈降なし、またはごくわずかに沈降 |
| | -1 粗骨材の沈降が著しい |
| 大型スランブフロー試験 | +1 動き方がスムーズで速い |
| | 0 動き方がやや遅い |
| | -1 動き方が非常に遅い |
| 材料分離抵抗性* | +1 粗骨材の分散状態良好、外縁にモルタルやペースト層なし |
| | -1 粗骨材が中央付近に残り、外縁にモルタルやペースト層が若干あり |
| 大型Vロート試験 | +1 ほぼ連続流れて流下 |
| | 0 粘性大、粗骨材のかみ合いが若干あり、やや不連続で流下 |
| | -1 流下時間が非常に長い、粗骨材が分離して落下 |
| 材料分離抵抗性* | +1 粗骨材の分散状態良好、外縁にモルタルやペースト層なし |
| | -1 粗骨材が中央付近に残り、外縁にモルタルやペースト層が若干あり |

*: 停止後あるいは落下後のコンクリートの拡がり状態を評価

材料分離抵抗性については、①ミキサからの排出時の状況や練り返し時の状況、②大型スランブフロー試験の状況、③大型のロート試験の状況を、5人の技術者が目視観察して評点付けを行い、各種試験結果と併せて総合評価した。表-4に目視観察の評価基準を示す。

3. 実験結果および考察

3.1 モルタル実験

モルタル実験結果の一覧を表-5に示す。既往の文献⁷⁾では、相対フロー面積比5に対応する相対ロート速度比を求めてモルタル配合を検討している。ここでも相対フロー面積比は5を目安として、これが適当な(単位結合材量に対し1~2%程度)高性能AE減水剤量で得られるかどうかを流動性の良否を評価する一つの指標とした。また、材料分離抵抗性についてはフロー停止後のモルタル周囲に練混ぜ水の分離が生じていないか、モルタル表面に減水剤の浮きなどが見られないかなどを観察して評価した。

この結果、表-5に示すように、増粘剤系配合では $V_{pt}/V_s=0.9$ 、 $V_w/V_{pd}=1.7$ の条件と、 $V_{pt}/V_s=1.0$ 、 $V_w/V_{pd}=1.5$ の条件で増粘剤量を変化させて良好なモルタルができることが分かった。

表-5 モルタル実験結果一覧

| 配合 No | V_{pt}/V_s | V_w/V_{pd} | *1 VA | *2 SP | *3 Fm | *4 Rm | 性状評価 | |
|----------|--------------|--------------|----------|----------|----------|----------|------|---------|
| | | | | | | | 流動性 | 材料分離抵抗性 |
| 1 | 0.80 | 1.5 | 0.20 | 2.00 | 2.00 | 閉塞 | 不良 | 良好 |
| 2 | 0.80 | 1.7 | 0.20 | 2.00 | 3.64 | 0.52 | 不良 | ほぼ不良 |
| 3 | 0.80 | 1.7 | 0.30 | 2.50 | 4.13 | 0.40 | SP多い | ほぼ良好 |
| | | | | 5.00 | 4.81 | 0.44 | SP過多 | ほぼ良好 |
| 4 | 0.85 | 1.7 | 0.30 | 2.00 | 4.99 | 0.66 | SP多い | ほぼ良好 |
| | | | | 2.50 | 5.58 | 0.78 | SP多い | ほぼ良好 |
| 5 | 0.90 | 1.5 | 0.25 | 1.20 | 2.84 | 0.48 | 不良 | 良好 |
| | | | | 1.50 | 4.23 | 0.63 | やや不良 | 良好 |
| 6 | 0.90 | 1.7 | 0.25 | 1.50 | 5.57 | 0.96 | 良好 | 良好 |
| | | | | 1.50 | 5.36 | 0.90 | 良好 | 良好 |
| 7 | 0.90 | 1.7 | 0.30 | 1.00 | 4.59 | 1.14 | ほぼ良好 | ほぼ良好 |
| | | | | 1.20 | 6.02 | 1.36 | 良好 | やや不良 |
| 8 | 1.00 | 1.5 | 0.20 | 1.20 | 5.38 | 1.00 | 良好 | 良好 |
| | | | | 1.20 | 4.19 | 0.75 | ほぼ良好 | 良好 |
| 9 | 1.00 | 1.5 | 0.30 | 1.50 | 5.34 | 0.91 | 良好 | やや不良 |
| | | | | 1.20 | 3.51 | 0.53 | 不良 | ほぼ良好 |
| 10 | 1.00 | 1.5 | 0.30 | 1.30 | 4.88 | 0.79 | ほぼ良好 | 不良 |
| | | | | 1.20 | 5.24 | 0.68 | ほぼ良好 | 不良 |
| 11 | 0.90 | 1.0 | 0 | 1.10 | 5.89 | 1.08 | 良好 | ほぼ良好 |
| | | | | 1.20 | 7.35 | 1.34 | 良好 | やや不良 |
| 12 | 1.00 | 0.9 | 0 | 0.95 | 3.84 | 0.79 | ほぼ良好 | 良好 |
| | | | | 1.05 | 6.71 | 1.00 | 良好 | ほぼ良好 |
| 13 | 1.00 | 1.0 | 0 | 1.00 | 4.01 | 1.40 | ほぼ良好 | 不良 |

*1 VA: 増粘剤量(W%) *2 SP: 高性能AE減水剤量(C%)
*3 Fm: 相対フロー面積比 *4 Rm: 相対ロート速度比

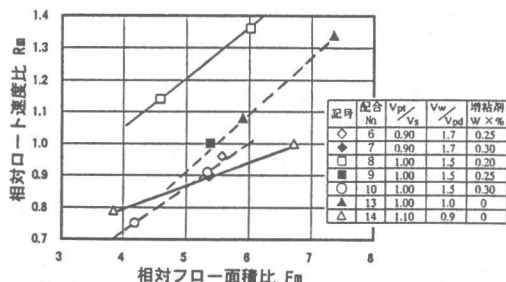


図-3 相対フロー面積比と相対ロート速度比の関係

また、粉体系配合については、全体的に増粘剤系配合に比べて材料分離抵抗性が不足する傾向がみられたが、 $V_{pt}/V_s=1.0$ 、 $V_w/V_{pd}=1.0$ および $V_{pt}/V_s=1.1$ 、 $V_w/V_{pd}=0.9$ の条件ではほぼ良好な性状のモルタルが得られることが分かった。

図-3には、上述のほぼ良好と判断されるモルタルについて、相対フロー面積比と相対ロート速度比の関係を示す。同図から、本実験では相対フロー面積比5の時の相対ロート速度比が0.8~1.2の範囲のモルタルが良好な性状と目視判定されていることが分かる。今後、更にデータを蓄積してこの結果の妥当性を検討したいと考えている。

3.2 コンクリート実験

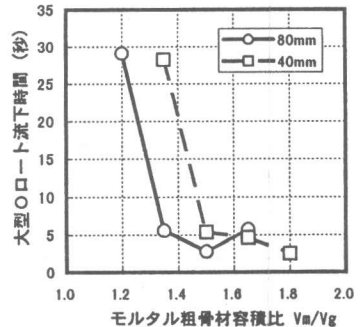
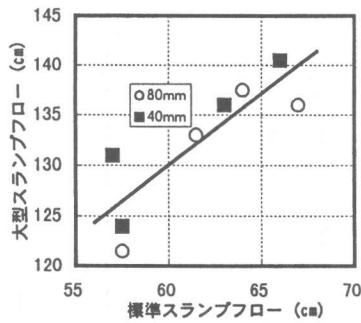
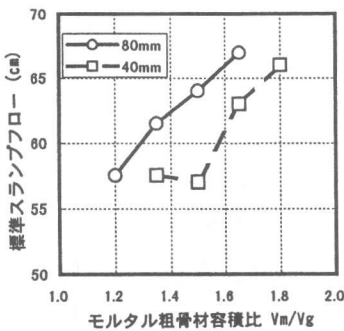
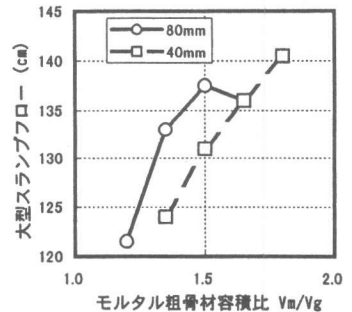
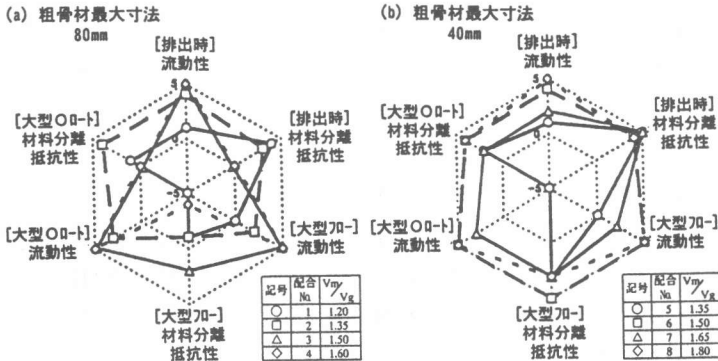
3.2.1 適切な粗骨材量の検討結果

ここではモルタル実験結果をもとに、 $V_{pt}/V_s=0.9$ 、 $V_w/V_{pd}=1.7$ 、増粘剤量 $W \times 0.3\%$ のモルタル配合を選定し、最大寸法80mm、40mmの粗骨材についてモルタル粗骨材容積比 V_m/V_g を変えることで適切な粗骨材量の検討を行った。表-6にコンクリート配合とフレッシュコンクリートの実験結果の一覧を示す。

前述したように、コンクリート実験では5人の技術者が目視観察して評点付けを行ってフレッシュ性状を評価したが、その結果をレーダーチャートで整理して図-4に示す。同図から、最大寸法40mmの場合には、 $V_m/V_g=1.5$ 以上でレーダーチャートの形が六角形に近く、流動性と材料分離抵抗性のバランスがとれていることが分かる。これに対して、最大寸法80mmの場合には、流動性の評価は良いが、材料分離抵抗

表-6 フレッシュコンクリートの実験結果

| 配合 No | 粗骨材 の最大 寸法 (mm) | べ-スト 細骨材 容積比 V _{pt} /V _s | 水 粉体 容積比 V _w /V _{pd} | モルタル 粗骨材 容積比 V _m /V _g | 単位量 (kg/m ³) | | | | 高性能 AE 減水剤 C+F×% | 増粘剤 W×% | 大型スランブフロー | | 標準スランブフロー | | 大型Oロ-ト | | 空気量 (%) | |
|----------|--------------------------|---|---|--|--------------------------|------------|----------|----------|---------------------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------------|-----------------|-------------|------------|----------------|
| | | | | | 水 W | 結合材 C+F | 細骨材 S | 粗骨材 G | | | フロー (cm) | 100cm 時間(秒) | フロー (cm) | 50cm 時間(秒) | 流下 時間 (秒) | フロー (cm) | | 100cm 時間(秒) |
| 1 | 80 | 0.9 | 1.7 | 1.20 | 156 | 278 | 736 | 1167 | 1.60 | 0.30 | 121.5 | 13.6 | 57.5 | 34.6 | 29.1 | 121.5 | 40.8 | 4.8 |
| 2 | | | | 1.35 | 165 | 293 | 775 | 1092 | | | 133.0 | 7.7 | 61.5 | 16.3 | 5.6 | 129.0 | 7.8 | 4.2 |
| 3 | | | | 1.50 | 172 | 306 | 809 | 1027 | | | 137.5 | 7.9 | 64.0 | 12.3 | 2.8 | 133.5 | 6.2 | 4.58 |
| 4 | | | | 1.65 | 178 | 318 | 840 | 969 | | | 136.0 | 4.7 | 67.0 | 11.5 | 5.7 | 142.5 | 8.3 | 4.2 |
| 5 | 40 | 0.9 | 1.7 | 1.35 | 165 | 293 | 775 | 1091 | 1.60 | 0.30 | 124.0 | 16.2 | 57.5 | 34.0 | 28.2 | 128.0 | 32.4 | 4.8 |
| 6 | | | | 1.50 | 172 | 306 | 809 | 1025 | | | 131.0 | 7.1 | 57.0 | 20.4 | 5.4 | 139.0 | 8.0 | 4.2 |
| 7 | | | | 1.65 | 178 | 318 | 840 | 967 | | | 136.0 | 15.3 | 63.0 | 22.8 | 4.6 | 144.0 | 4.6 | 4.58 |
| 8 | | | | 1.80 | 184 | 328 | 867 | 915 | | | 140.5 | 5.7 | 66.0 | 12.5 | 2.5 | 143.5 | 6.8 | 4.2 |



性の評価は全体的に低い結果となった。特に、大型スランブフロー試験の材料分離抵抗性の評価が低い傾向にあった。これは大粒径の粗骨材が中心付近に残るためであるが、フロー試験時のコンクリートの量と粗骨材径を考えるとやむを得ないと考えられる。また、大型Oロ-ト試験の材料分離抵抗性の評価は、大型スランブフロー試験に比べて良い傾向にある。これはロ-トからコンクリートが流下した勢いで粗骨材が周囲に散らばるためであり、実際の施工状況(ポ

ンプ筒先からの放出)を考えると、大粒径粗骨材を用いた高流動コンクリートのフレッシュ性状は、大型スランブフロー試験よりも大型Oロ-ト試験で評価した方が良いと考えられる。このような観点でレーダーチャートを見ると、最大寸法80mmの場合、Vm/Vg=1.35の配合は良好な性状を有していると評価できる。

図-5, 6に、モルタル粗骨材容積比と大型スランブフロー値および標準スランブフロー値の関係を示す。両図から、Vm/Vgが大きいほど

大型スランブフロー値および標準スランブフロー値は大きくなる傾向にあることが分かる。また、最大寸法80mmと40mmの比較では、同じVm/Vgでみると前者の方が大きなフロー値が得られていることが分かる。これは流動性に寄与するモルタル量の差によると考えられる。図-7には標準スランブフロー値と大型スランブフロー値の関係を示すが、両者にはある程度相関が見られることから、スランブフロー試験としてはいずれか一方を行えば良いと考えられる。

図-8に、モルタル粗骨材容積比と大型オートの流下時間の関係を示す。同図から、最大寸法80mmの場合にはVm/Vg=1.35以上の配合で、最大寸法40mmの場合にはVm/Vg=1.5以上の配合で閉塞を生じることなくスムーズに流下していることが分かる。このことから、それぞれの粗骨材寸法について、ほぼ良好な流動性が得られる限界粗骨材量が考察できる。

以上述べたように、本実験で使用した材料条件では、目視評価や大型オート試験値から、最大寸法80mmの場合にはモルタル粗骨材容積

比1.35（粗骨材容積409ℓ）、最大寸法40mmの場合にはモルタル粗骨材容積比1.5（粗骨材容積384ℓ）が限界粗骨材量と判断された。

3.2.2 モルタル品質とコンクリート性状の関係の検討

ここでは3.1で述べたモルタルのうちのいくつかについて、最大寸法80mmの粗骨材をVm/Vg=1.35で配合したコンクリート実験を行い、モルタル品質とコンクリート性状の関係を検討した。表-7にコンクリート配合とフレッシュコンクリートの実験結果の一覧を示す。

図-9には、目視評価結果をレーダーチャートで整理した結果を示す。同図から、モルタル実験で流動性が不良と判断されたVpt/Vs=0.8および0.85の配合（表-5の配合No.3,4）は、コンクリート実験の目視評価でも同様であることが分かる。このことは、表-7に示した各種ワーカビリティ試験のフロー時間や流下時間が遅いことから判断できる。また、モルタル性状が良好と判断されたVpt/Vs=0.9, Vw/Vpd=1.7とVpt/Vs=1.0, Vw/Vpd=1.5の増粘剤系配合（表-

表-7 フレッシュコンクリートの実験結果

| 配合No | 粗骨材の最大寸法 (mm) | べ-スト 細骨材 容積比 Vpt/Vs | 水 粉体 容積比 Vw/Vpd | 砂外 粗骨材 容積比 Vm/Vg | 単位量 (kg/m ³) | | | | 高性能 AE 減水剤 C+F×% | 増粘剤 W×% | 大型スラブ加- | | 標準スラブ加- | | 大型オート | | 空気量 (%) | |
|------|---------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|------------|----------|----------|---------------------------|------------|-------------|----------------|-------------|---------------|-----------------|-------------|---------|----------------|
| | | | | | 水 W | 結合材 C+F | 細骨材 S | 粗骨材 G | | | フロー (cm) | 100cm 時間(秒) | フロー (cm) | 50cm 時間(秒) | 流下 時間 (秒) | フロー (cm) | | 100cm 時間(秒) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 80 | 0.80 | 1.7 | 1.35 | 154 | 275 | 818 | 1092 | 2.00 | 0.30 | 120.5 | 37.6 | 58.5 | 47.0 | 35.5 | 127.0 | 39.7 | 5.0 |
| 2 | | 0.85 | | | 160 | 284 | 796 | | 2.00 | | 129.0 | 14.5 | 61.0 | 25.6 | 11.4 | 133.0 | 16.9 | 3.5 |
| 3 | | 0.90 | 165 | | 293 | 775 | 1.60 | | 133.0 | | 7.7 | 61.5 | 16.3 | 5.6 | 129.0 | 7.8 | 4.2 | |
| 4 | | 1.00 | 1.5 | | 165 | 334 | 786 | | 1.40 | | 126.0 | 6.1 | 60.5 | 13.2 | 8.4 | 133.0 | 12.2 | 5.0 |
| 5 | | | | | 1.10 | 165 | 334 | | 786 | | 1.10 | 123.5 | 7.1 | 61.5 | 13.5 | 9.4 | 127.5 | 13.2 |
| 6 | 80 | 1.00 | 1.0 | 1.35 | 138 | 418 | 736 | 1092 | 1.40 | 0.00 | 138.0 | 6.6 | 68.5 | 11.7 | 12.1 | 139.0 | 14.7 | 6.0 |
| 7 | | 1.10 | 0.9 | | 137 | 461 | 701 | | 1.00 | | 134.0 | 8.6 | 56.5 | 22.6 | 14.6 | 129.0 | 19.4 | 5.3 |

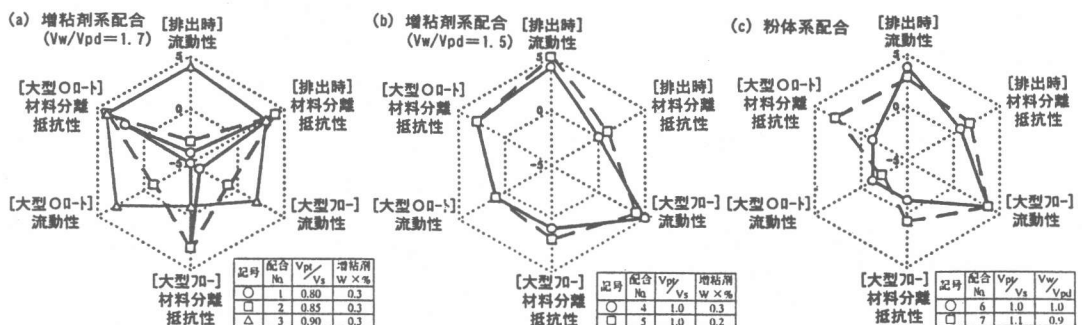


図-9 目視評価結果

5の配合No.7,8,10)は、コンクリート性状の目視評価や各種ワーカビリティ試験値も同等に良好であることが分かる。一方、粉体系配合については、レーダーチャートの面積が増粘剤系配合に比べて小さい傾向にある。これは材料分離抵抗性の目視評価が増粘剤系配合に比べて小さいためであるが、この傾向は前述したようにモルタル実験でも認められたものである。また、大型ローターの流下時間は、性状が良好な増粘剤系配合に比べ遅いが、これは粗骨材がかみ合いながら流下するためであり、試験値的にも材料分離抵抗性の若干の不足が示されている。

以上のように、モルタル実験結果とコンクリート実験結果には良い関連が認められ、既往の研究⁹⁾で述べられているように、大粒径粗骨材を用いた高流動コンクリートにおいても、適切なモルタル品質を定めることが配合を検討する上で重要であると言える。

4. 単位結合材量をできるだけ低減した配合選定

高流動コンクリートをダム堤体に適用するためには、単位結合材量をできるだけ低減した配合が望ましい。3.で述べた実験結果および考察から、高流動コンクリートとしての適切なフレッシュ性状を有し、単位結合材量を最も低減した配合を選定すると表-8が得られる。同表に示すように、最大寸法80mmの粗骨材を使用した場合には、現場製造の碎石、砕砂の骨材条件で、290kg/m³程度の単位結合材量で高流動コンクリートを製造できることが分かった。また、最大寸法80mmと40mmでは、前者の方が単位結合材量を低減できるが、その差は15kg/m³程度であった。

しかしながら、ダム堤体に適用するには最大

寸法80mmの粗骨材を使用した場合の単位結合材量でも温度応力の面では問題があり、今後更なる低発熱化の検討が必要と考えている。

また、粗骨材の最大寸法による結合材の低減効果はそれほど大きいとは言えないため、PCD工法と組み合わせる場合には、骨材製造設備や施工設備(ポンプ機種や配管径)なども含めたコストを考慮して、粗骨材の最大寸法を選定する必要があると考えられる。

5. まとめ

本研究の結果をまとめると以下のようになる。

- (1) 大粒径粗骨材を用い、増粘剤系配合を選定することによって、ダム現場の現地製造の碎石、砕砂の条件でも、単位結合材量を290kg/m³程度まで低減した配合で、ダム堤体に適用できると判断される高流動コンクリートの製造が可能である。
- (2) 粗骨材の最大寸法80mmと40mmでは、前者の方が単位結合材量を低減できる。
- (3) モルタル実験結果とコンクリート実験結果には良い関連が認められることから、大粒径粗骨材を用いた高流動コンクリートにおいても、適切なモルタル品質を定めることが配合を検討する上で重要である。
- (4) 本実験で検討した大型スランプフロー試験と大型ローター試験では、後者の方が大粒径粗骨材の高流動コンクリートのフレッシュ性状の評価に適している。

参考文献

- 1) 川口信幸：宮ヶ瀬副ダム施工の特徴について、ダム日本、No.609, pp53-66, 1996.5
- 2) 福岡辰義：長与ダムコンクリートポンプ工法について、ダム日本、No.474, pp1-13, 1984
- 3) 佐々木重成：PCD工法による三國川ダム非常用洪水吐きの施工、ダム日本、No.510, pp29-44, 1987.7
- 4) 永山功ほか：宇奈月ダムにおける通廊のプレキャスト化施工、コンクリート工学、Vol.33, No.8, pp47-54, 1995.8
- 5) 七澤馨：滝里ダムの施工について、ダム日本、No.630, pp17-29, 1997.4
- 6) 小澤一雅：自己充填コンクリートを用いた合理化施工システム、平成7、8年度科学研究費補助金(基盤研究(A1))研究成果報告書
- 7) 岡村甫、前川宏一、小澤一雅著：ハイパフォーマンスコンクリート、技報堂出版、1993
- 8) 永山 功ほか：高流動コンクリートのダムへの適用に関する検討、ダム技術、No.130, pp28-34, 1997.7

表-8 選定したコンクリート配合

| 粗骨材の最大寸法 (mm) | バース 細骨材 容積比 Vp/Vs | 水 粉体 容積比 Vw/Vpd | 砂 骨材 容積比 Vm/Vg | 単位量 (kg/m ³) | | | | 高性能 AE 減水剤 C+F % | 増粘剤 W % |
|---------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|------------|----------|----------|---------------------------|------------|
| | | | | 水 W | 結合材 C+F | 細骨材 S | 粗骨材 G | | |
| 80 | 0.90 | 1.7 | 1.35 | 165 | 293 | 775 | 1092 | 1.60 | 0.30 |
| 40 | | | 1.50 | 172 | 306 | 809 | 1025 | 1.60 | |