

河床砂礫を用いる堤体材料の品質管理について —平取ダムにおける堤体材料の問題と対策について—

室蘭開発建設部 沙流川ダム建設事業所 ○栗原 章成
西村 義
宮下 綾太

平取ダムは、河床砂礫を破碎製造しコンクリートを製造する。河床砂礫を構成する礫種は、様々な礫種により構成されており、その中には、耐凍害性に悪影響を及ぼす泥岩も含まれている。コンクリートを製造するにあたっては、この泥岩をできるだけコンクリート骨材に含めないよう品質管理が求められる。本論文は、泥岩を極力含めないために実施している品質管理方法について報告するものである。

キーワード：河床砂礫、品質管理、耐凍害性、泥岩含有率

1. 平取ダムの概要

平取ダムは、沙流川総合開発事業の一環として、沙流郡平取町芽生地先に建設する多目的ダムである。ダムの位置と諸元を図-1および表-1に示す。

平取ダムの事業の進捗は、平成25年度に堤体基礎掘削に着手し、平成26年度に堤体建設工事の契約を行っている。平成27年度は堤体打設に着手しており、平成31年度の完成を目標に事業を実施しているところである。

平取ダムの堤体材料は、ダムサイト上流に分布する現河床堆積物で製造した骨材でコンクリートを製造することを基本としている。



図-1 ダム位置図

表-1 ダム諸元

目的	洪水調節、流水の正常な機能の維持、水道用水
型式	重力式コンクリートダム
堤高	56.5m
堤頂長	350.0m
総貯水容量	45,800,000m ³
有効貯水容量	44,500,000m ³

2. 地形・礫種概要

(1) 材料採取箇所の地形・礫種

a) 地形状況

材料採取箇所である豊糠地区は、低位段丘堆積物、氾濫原堆積物、現河床堆積物が分布しているが、氾濫原堆積物および、低位段丘堆積物は、支沢からの押し出しや地すべりの崩壊土砂の押し出しの影響を受けており土砂を多く含むことから、コンクリートの骨材として使用できないことが分かっていた。

b) 礫種構成

礫種構成を図-2に示す。コンクリートの骨材として使用可能である現河床堆積物の礫種は、主に緑色岩、酸性凝灰岩、硬質泥岩、軟質泥岩、砂岩、チャート、角閃岩等で構成されている。

全体の傾向としては、緑色岩の比率が大きいが、粒径が小さくなるにつれ泥岩（硬質、軟質）の比率が大きくなる傾向がみられる。

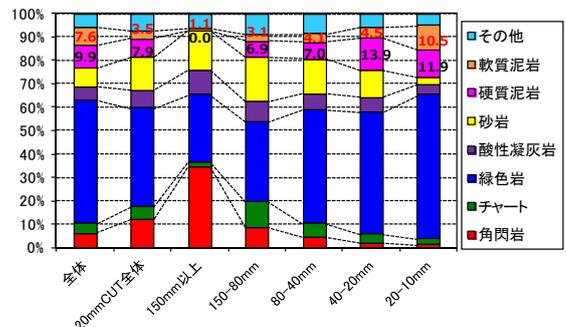


図-2 礫種判定結果

3.河床砂礫を用いる堤体材料における問題点

(1) 安定性損失質量を増加させる礫種の特定

コンクリート標準示方書〔ダムコンクリート編：標準〕によると凍結融解作用を受けるおそれのあるコンクリート配合に用いる粗骨材は、凍結融解作用に対して十分な抵抗性（以下、耐凍害性）を有していなければならないとされている。

粗骨材の耐凍害性は、JIS A 1122「硫酸ナトリウムによる骨材の安定性試験方法」から得られる骨材の損失百分率である安定性損失質量（%）を12%以下とすることが標準とされている。

上記のことから、材料採取箇所から採取した河床砂礫（以下、原石）で礫種別の安定性試験を実施した。

礫種別の安定性試験は、ピット調査で主に確認された7岩種の内、品質的に良好な角閃岩を除き、原石に占める割合が大きいチャート、緑色岩、砂岩および硬質泥岩軟質泥岩の5岩種を対象に実施した。礫種別粒径別の安定性損失質量を図-3に示す。

チャート、緑色岩は、概ね基準値を満足する結果となったものの、軟質泥岩、硬質泥岩については、大半の粒径で基準値である12%を大きく上回る結果となった。

以上のことから、安定性損失質量を増加させる礫種は軟質泥岩及び硬質泥岩であると判明した。

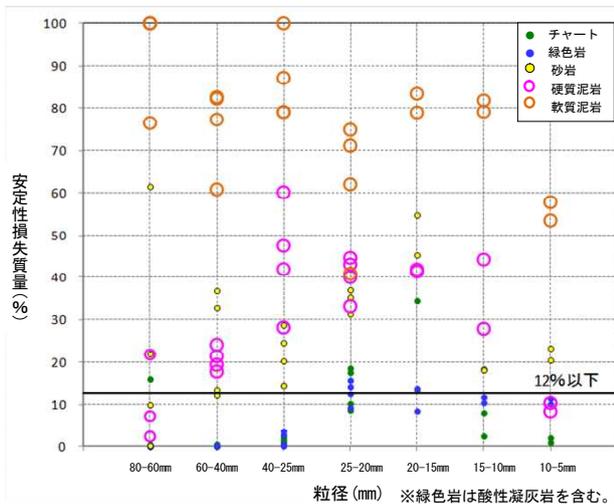


図-3 原石の礫種別の安定性損失質量

(2) コンクリートとしての耐凍害性の確認

コンクリート標準示方書〔ダムコンクリート編：標準〕により、粗骨材の安定性損失質量が規定の値を超える場合でも、JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」（A法：水中凍結融解試験方法）から得られる0サイクル時と300サイクル時の動弾性係数の比である相対動弾性

係数（300サイクル）が80%より十分大きければ、その粗骨材は耐凍害性を有していると判断することができる。とされている。

そこで、「豊糠地区」の河床砂礫を用いて製造した骨材で作成した供試体で、耐凍害性を確認すべく凍結融解試験を実施した。

その結果、一部に相対動弾性係数80%を満足できないことが判明し(表-3参照)、「豊糠地区」の河床砂礫は、安定性損失質量と相対動弾性係数ともに基準値を満足しなかったため、コンクリート骨材として使用するには何らかの改善が必要となった。

泥岩が安定性損失質量を増加させ、骨材の耐凍害性を得られない原因であることは判明していたことから、所要の耐凍害性を得るため、極力泥岩を混入させない品質管理方法を策定することとした。

表-3 H16コンクリート試験結果

試験名	H16-2	H16-3
配合区分	外部	
粗骨材最大寸法 Gmax (mm)	150	
セメント種類 C	中庸熱 フライアッシュ	
スランブ(cm)	4±1	
空気量(%)	3±1	
水結合材比 W/C+F(%)	47.6	47.6
フライアッシュ置換率 F(%)	30	
細骨材率 s/a (%)	25	25
単位質量 (kg/m ³)	結合材 C+F	210
	水 W	100
	細骨材 s	557
	粗骨材	1695
圧縮強度 σ ₉₁ (N/mm ²)	29.8	27.6
相対動弾性係数(%)	70.7(180cy) 83.2 89.1	82.0 78.8 33.4(270cy)

※赤字は基準値を満足しないもの。

4.所定の品質を確保するための対策

(1) ふるい分けによる泥岩混入対策

骨材の耐凍害性を確保するために泥岩の含有率を低減させる必要があるが、泥岩がどの程度混入することで耐凍害性に影響を与えるか把握するため、原石で粒径別の安定性試験を実施した(図-4.1)。

その結果、粒径 40-05mm において基準値を大きく上回る結果となった。その要因としては、粒径別の礫種判定結果 (図-2) からわかるように、粒径 40mm 以下で泥岩の占める割合が大きくなっていることが考えられる。

よって、粒径 40mm 以下の原石に多く含まれる泥岩を極力除去することが必要となった。

次に、泥岩を極力除去するため、泥岩が最も多く含まれている粒径20-10mmに着目し、粒径20mm以下を廃棄した原石を破碎製造した骨材にて安定性試験を実施した (図4.2)。

その結果、粒径40-20mmは基準値を満足したものの、粒径20-05mmは他の粒径よりばらつきが大きい結果となった。

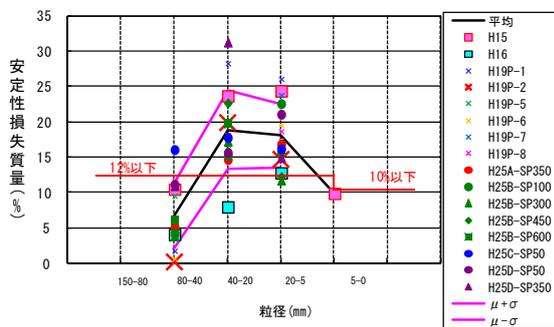


図4.1 原石の粒径別安定性試験結果

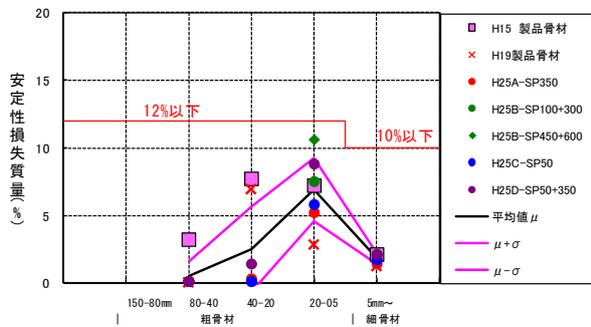


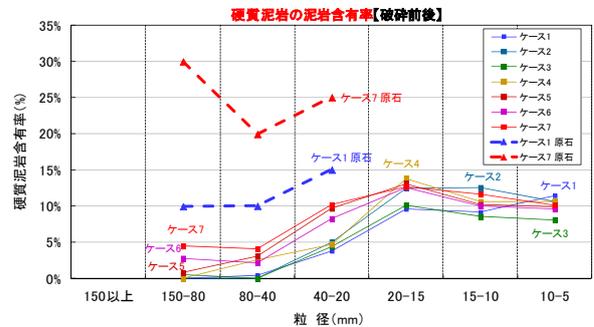
図4.2 製品骨材の粒径別安定性試験結果

そのため、原石における泥岩含有率が大きい場合、基準値を満足せず耐凍害性を得られない可能性があった。

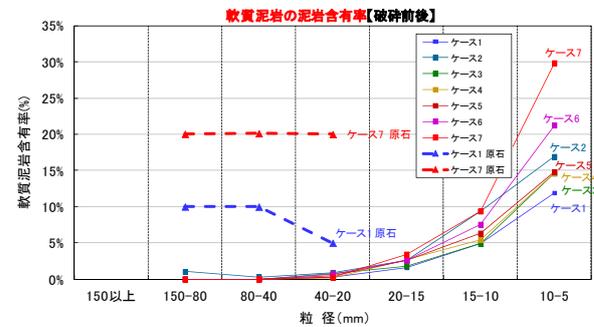
(2) 耐凍害性に影響を及ぼす泥質岩の含有率

製品骨材の粒径 20-05mm は安定性損失質量にばらつきが生じている。そのため、原石における泥岩含有率が大きい場合においても、破碎製造することで耐凍害性を得られるか把握する目的で、人工的に泥岩含有率を増大させた原石を用いて、破碎効果を確認する試験 (以下、「破碎試験」) と破碎製造した骨材にて安定性試験を実施した。

破碎試験の結果、硬質・軟質泥岩ともに、原石での泥岩含有率に対して破碎後の泥岩含有率は低減しており、破碎製造することにより改善傾向が見られている (図-4.3)。



(a): 硬質泥岩



(b): 軟質泥岩

図4.3 粒径毎の泥岩含有率

表4 破碎試験の各試験ケースの泥岩 (硬質・軟質) 含有率

試験ケース	150-80mm		80-40mm		40-20mm		泥岩合計	設定方針
	硬質	軟質	硬質	軟質	硬質	軟質		
1					15	5	20	20mm以上で平均値相当(40-20mm 硬:13.9% 軟:4.6% 150-40mm 硬:約 7%, 軟:約 4%)
2					20	10	30	40mm以上は平均値相当。 40-20mmは既往調査における各泥岩の最大値相当(40-20mm 硬:17.6% 軟:12.1%)
3	10	10	10	10	20	20	40	。 40-20mmについて、軟質泥岩の想定最大値相当(40-20mm 軟:平均値+3×σ → 14.6%)
4					25	20	45	。 40-20mmについて、硬質泥岩の想定最大値相当(40-20mm 硬:平均値+3×σ → 20.5%)
5					15	5	20	上記ケース1~4 について、原石40mm以上の泥岩含有率の影響を分析するために実施する。
6	30	20	20	20	20	10	30	・原石40-20mmの泥岩含有率は、上記ケース1~4と同じ値。 ・80-40mmは既往調査の最大値相当(80-40mm 硬:平均値+3×σ → 19.8% 軟:平均値+3×σ → 18.8%) ・150-80mmは既往調査の最大値相当(150-80mm 硬:H25-D350の最大値 29.6% 軟:平均値+3×σ → 14.2%) [150-80mmの8試料の硬質泥岩含有率は、1.9~5%の範囲に分布するので、H25-D350は、極めて大きな値を示している]
7					25	20	45	

しかし、粒径20-05mmについては、破碎後の泥岩含有率が増加する結果となり、特に10-05mmの軟質泥岩含有率が大きくなった。これは、泥岩が他の礫種と比較し礫の強度が小さく、また硬質泥岩と軟質泥岩では軟質泥岩はより強度が小さいため、原石が破碎される過程において粒径が小さくなることから、特に軟質泥岩において泥岩含有率が大きくなったと考えられる。

次に、安定性試験結果は、粒径40-20mmの安定性損失質量はどのケースにおいても5%以下となっており、図-4.5のとおり、これまでの試験結果から、安定性損失質量が12%以下であれば相対動弾性係数80%を満足するものとしている。粒径20-05mmでは高い値を示しており、一部のケースでは基準値を超過した。その要因としては、図-4.3に示すとおり、破碎された泥岩が粒径20-05mmに多く含まれるためと考えられる。

以上のことから、粒径 20mm を超える骨材については原石の泥岩含有率が大きい場合でも破碎し骨材を製造することで耐凍害性を満足できる結果となったが、粒径 20mm 以下の骨材については、破碎して骨材を製造しても耐凍害性を満足できなかった。そのため、粒径 20-05mm については、骨材を購入することで耐凍害性を確保することとした。

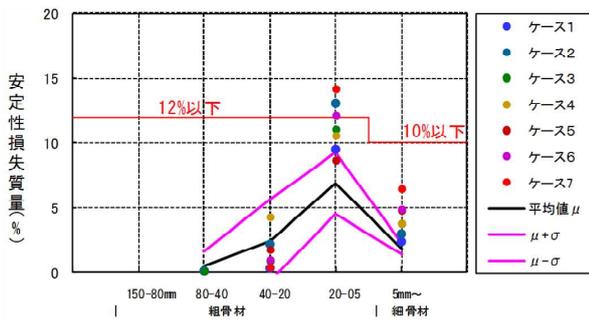


図-4.4 ケース1～7の製品骨材の安定性損失質量

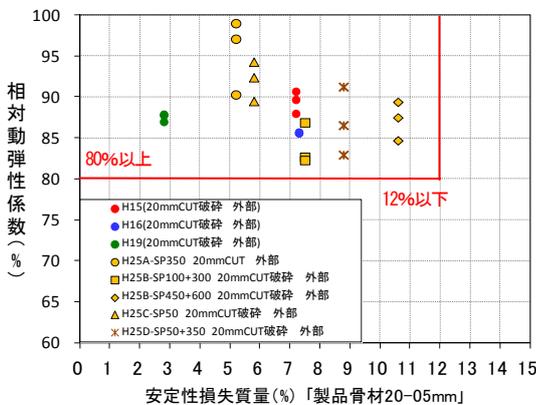


図-4.5 相対動弾性係数と安定性損失質量の関係

表-5 購入骨材 (20-05mm) の物理試験結果

項目	規格	H25 平取ダム試験	基準値 (コンクリート標準示方書)
		20~5	
ふるい分け (FM)	JIS A1102	6.43	-
表乾密度 (g/cm ³)	JIS A1110	3.18	2.50以上
絶乾密度 (g/cm ³)		3.17	(2.50以上)
吸水率 (%)		0.31	3.0%以下
すりへり (%)	JIS A1121	15.8	40%以下
微粒分量 (%)	JIS A1103	0.1	1.0%以下 *1 1.5%以下
粘土塊量 (%)	JIS A1137	-	0.25%以下
安定性 (%)	JIS A1122	0.5	12%以下(耐凍害性有)
軟石量 (%)	JIS A1126	0.5	
単位容積質量 (kg/m ³)	JIS A1104	1.790	
実積率 (%)		56.5	
塩化物含有量 (%)	JSCE-C 502	-	-
アルカリシリカ (化学法)	JIS A1145	無害 0.88	Sc/RC=1.0以下

備考
() 内には、コンクリート標準示方書 施工編の標準値を記載した。
1) コンクリートの表面がすりへり作用を受ける場合
2) その他の場合
*1 砕石の場合、微粒分量試験で失われるものが砕石粉の場合、最大値を1.5%とする。

5. 泥岩混入対策を実施したことによる効果

(1) 購入骨材性状

購入骨材の物理試験結果を表-5に示す。

購入骨材における安定性損失質量は0.5%であり、粒径20-05mmの骨材を耐凍害性を有する購入骨材とした結果、所要の耐凍害性を確実に確保することが出来た。

6. まとめ

原石の礫種別の安定性試験から、安定性損失質量を増加させる礫種が泥岩であることを特定し、泥岩を極力取り除くため原石の20mm以下を廃棄することとした。

また、所要の耐凍害性を確実に確保するため、耐凍害性を要求性能とする20-05mmの製品骨材は、全て購入骨材とした。その結果、堤体材料として使用できなかった骨材を改善することができ、所要の耐凍害性を確保することができた。

7. おわりに

本報告では、平取ダムの建設にあたり課題とされている河床砂礫を用いたコンクリート骨材の品質管理手法について、経済性、施工性を踏まえ合理的な品質管理方法の検討を述べた。平取ダムは、堤体の打設に着手している。早期に地域の安全・安心に寄与するため品質管理及び工程促進に積極的に取り組んでいく所存である。