

黒杭川ダム放流設備工事における堤体掘削振動の調査

Investigation of Vibration Generated by Dam-Body Excavation During the Construction of Reservoir Outlet Facilities at the Kurokuigawa Dam

小林 真人^{*1} 小林 薫^{*1} 目黒 信晴^{*2}
 Masahito Kobayashi Kaoru Kobayashi Nobuharu Meguro
 河野 尚司^{*2} 庄司 泰章^{*3} 深光 良治^{*3}
 Takashi Kawano Yasunori Shoji Ryouji Fukamitsu

【キーワード】 ダム 放流設備 堤体掘削 振動速度

1. はじめに

黒杭川ダムは昭和44年に柳井川水系黒杭川に建設された、堤高35.0m、堤頂長172.5m、堤体積70,000m³の重力式コンクリートダムである。黒杭川ダムは黒杭川ダム上流ダムの完成に伴い容量配分が変更された。これに対応するため、流水の正常な機能の維持および低水位放流を可能とする放流設備の増設が必要となった。本工事では放流管を新設するために堤体掘削を行うが、その際の振動影響の低減が求められた。そこで、放流管外周部の縁切（連続コア抜きボーリング）を行った後に、割岩工法により掘削部を破碎する工法を用いて周辺の堤体への振動影響を低減させた。

本報では、堤体への振動影響を確認するために実施した、現地における掘削振動の調査結果について報告する。

2. 掘削工事概要

図-1に堤体掘削断面を示す。掘削延長は19.5m、掘削断面の直径は1.8mである。掘削は表-1に示した機械により次の手順で行った。

- ①放流管外周部をコア抜きボーリング（L=2.0m、φ=160mm）し、掘削部を堤体と縁切る。

- ②掘削部にクラッカー挿入のためのコア抜きボーリング（L=1.0m、φ=180mm）を行う。
- ③掘削部のボーリング孔にクラッカーを挿入して掘削部を破碎する。
- ④テーブルリフターを用い破碎したコンクリート塊を坑外へ搬出する。
- ⑤切羽の研り仕上げを行う。

表-1 掘削機械のメーカーと型番

機械名称	用途	メーカー：型番
湿式コアドリル	コア抜き	Hakken：SPX-14A
クラッカー	破碎	平戸金属工業：HBB-300
ハンドブレイカ	研り仕上げ	東空：TCB-200
スパイクハンマー	研り仕上げ	栗田工業：KA-70

3. 振動の計測方法

振動の計測は表-1に示した機械を対象に、放流管外周スリット長を2.0m、1.0m、0.0mとした条件で図-1に示したP1からP5の点で行った。振動速度応答（X,Y,Zの3方向成分）は振動速度計（ジオスペース HSI-3D）で計測し、データレコーダ（TEAC ES-8）に記録した。記録した応答から最大速度振幅（kine）を求め、これを評価量とした。図-2に振動の計測システムを示す。

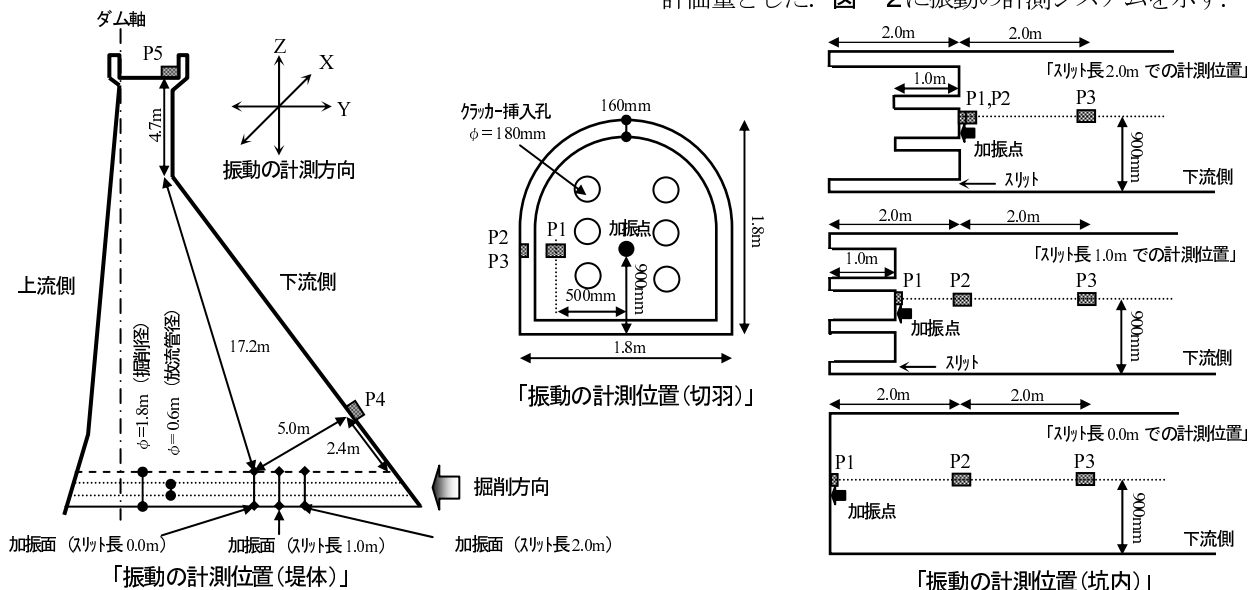


図-1 堤体掘削の概要と振動の計測位置

1. 技術研究所 2. 中四国土木事業部 黒杭ダム放流設備作業所 3. 土木事業本部 土木技術部

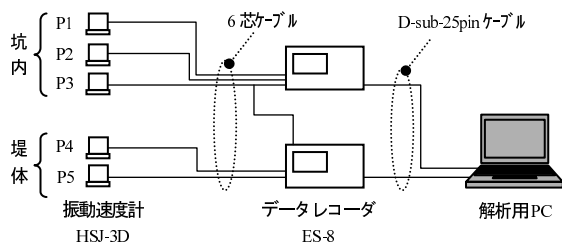


図-2 振動の計測システム

4. 振動の調査結果

表-2に最大速度振幅計測結果の一覧を示す。

4.1 振動の発生傾向

何れの振動源においても加振点に近接する P1 で振動速度が大きくなった。発生した振動の大きさはおおむね、ハンドブレーカ>スパイクハンマ>クラッカー>コアドリルの順であった。これらの中でスリット長 2.0m におけるハンドブレーカの 1.5kine (Y)が最大であった。しかしながら、スリット長 1.0m と 0.0m では 0.35kine 以下であり、凹凸や骨材の露頭など切羽面の状態によって応答が異なることが考えられる。次いで、スリット長 2.0m におけるクラッカーが 1.1kine (Z)であった。ハンドブレーカでは X,Y,Z の各方向で 1.0kine を超えていたが、クラッカーでは Z 方向のみ卓越しており、破碎体の落下方向に対応した結果となった。

堤体掘削工事に関する振動の管理基準は、既往事例¹⁾において 2.0kine が採用されている。本工事で採用した工法では、加振点近傍の振動がこれより十分に小さいことから、掘削に伴う堤体への影響は無いものと考えられる。

4.2 振動の伝搬性状

距離に対する応答は一樣でなく、P2 と P3 に比べて離隔のある P4 の応答が大きくなる傾向が見られる。これらのことから、坑内表面を伝搬する振動と堤体内部を伝搬する振動の性状が異なることが示唆される。また、P5 における振動は極めて小さく、本工事で採用した工法であれば、加振点から 20m 以上の範囲では十分に減衰していることが判る。また、最も振動の大きいハンドブレーカにおける P1 と P2 の応答を比較すると、加振点からスリットを介した位置にある P2 では最大速度振幅が 1/10 から 1/100 の幅で低減しており、スリットによる振動低減効果が確認できる。

5. まとめ

黒杭川ダム放流設備工事における堤体掘削時の振動調査結果を以下にまとめる。

- 1) 本工事で採用した掘削工法による振動は、加振点近傍の最大速度振幅の最大値で 1.5kine と十分に小さく、堤体に損傷を与えることなく掘削が可能であることを示した。
- 2) スリットによる振動低減効果は 1/10 から 1/100 程度であること、また、加振点から 20m の地点では、振動は十分に減衰していることが確認できた。

謝辞：調査にあたり、山口県柳井土木建築事務所ダム管理課 飛渡一敏主査にご協力をいただきました。ここに深謝いたします。

【参考文献】

- 1) 樋口淳美, 高橋聡, 安保一, 中村雅彦: 鏝畑ダム堤体掘削工事について, ダム技術, No.55, pp.24-41, 1991.

表-2 最大振動速度の計測結果

スリット長	振動源	振動方向	最大速度振幅 (Kine)					振動源からの離隔 (m)				
			P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
2.0m	ハンドブレーカ	X	1.376	0.026	0.030	0.068	0.007	0.5	4.9	6.9	7.9	24.8
		Y	1.539	0.028	0.025	0.061	0.010	0.5	4.9	6.9	7.9	24.8
		Z	1.169	0.027	0.026	0.110	0.011	0.5	4.9	6.9	7.9	24.8
	スパイクハンマ	X	0.601	0.020	0.018	0.024	0.005	0.5	4.9	6.9	7.9	24.8
		Y	0.638	0.020	0.019	0.030	0.008	0.5	4.9	6.9	7.9	24.8
		Z	0.587	0.018	0.019	0.037	0.008	0.5	4.9	6.9	7.9	24.8
	クラッカー	X	0.352	0.020	0.013	0.020	0.004	0.5	4.9	6.9	7.9	23.0
		Y	0.440	0.018	0.016	0.017	0.005	0.5	4.9	6.9	7.9	23.0
		Z	1.101	0.019	0.020	0.018	0.004	0.5	4.9	6.9	7.9	23.0
1.0m	コアドリル	X	0.021	0.018	0.016	0.015	0.004	0.5	3.9	5.9	6.9	23.8
		Y	0.023	0.020	0.015	0.017	0.004	0.5	3.9	5.9	6.9	23.8
		Z	0.016	0.019	0.016	0.016	0.004	0.5	3.9	5.9	6.9	23.8
	ハンドブレーカ	X	0.314	0.017	0.020	0.027	0.006	0.5	3.9	5.9	6.9	23.8
		Y	0.350	0.019	0.020	0.026	0.006	0.5	3.9	5.9	6.9	23.8
		Z	0.194	0.021	0.020	0.043	0.006	0.5	3.9	5.9	6.9	23.8
	スパイクハンマ	X	0.606	0.021	0.026	0.036	0.006	0.5	3.9	5.9	6.9	23.8
		Y	0.532	0.017	0.023	0.028	0.006	0.5	3.9	5.9	6.9	23.8
		Z	0.590	0.019	0.022	0.043	0.005	0.5	3.9	5.9	6.9	23.8
	クラッカー	X	0.020	0.017	0.015	0.016	0.005	0.5	3.9	5.9	6.9	23.8
		Y	0.020	0.023	0.018	0.015	0.006	0.5	3.9	5.9	6.9	23.8
		Z	0.020	0.021	0.015	0.017	0.005	0.5	3.9	5.9	6.9	23.8
0.0m	ハンドブレーカ	X	0.258	0.041	0.046	0.060	0.008	0.5	2.9	4.9	5.9	22.8
		Y	0.330	0.039	0.055	0.038	0.014	0.5	2.9	4.9	5.9	22.8
		Z	0.353	0.035	0.023	0.061	0.015	0.5	2.9	4.9	5.9	22.8
	スパイクハンマ	X	0.112	0.029	0.035	0.039	0.006	0.5	2.9	4.9	5.9	22.8
		Y	0.271	0.021	0.048	0.032	0.014	0.5	2.9	4.9	5.9	22.8
		Z	0.194	0.021	0.021	0.066	0.013	0.5	2.9	4.9	5.9	22.8