

3.3 コンクリートダムの打設計画に関する研究

研究年度：令和2年度～

研究分野：ダム構造・設計及び施工に関する調査研究

調査研究名：コンクリートダムの打設計画に関する研究

研究者：川崎秀明

【要約】

本研究では、令和6年から働き方改革によってダム施工の労務条件が大きく変わることにより、重力式コンクリートダム施工の工期を支配する打設計画について、労務条件、打設工法、打設能力を変えてのケース検討をダム工事積算上の設定で多数行った。結果として、ELCMとRCD工法の場合、かなりの打設工期の延びが避けられないことが確認できた。一方、RCC工法等の連続打設と打設能力の増を組み合わせれば工期の延びをより抑えられる可能性があることが判った。

【キーワード】

労働規制、工期、コンクリートダム、リフト、打設計画、打設工法

【背景】

建設業では、平成31年4月の働き方改革関連法施行から5年間の猶予期間を経て、令和6年4月から罰則付きの時間外労働規制が適用される。

具体的には「4週8閉、日8時間労働、残業なし、交代は二方まで」となるが、これらの規制のダムの工程計画への影響は非常に大きい。

また最近、品確法の改正により、「適正な工期設定」が発注者の責務として明確に位置付けられており、工期について説明責任を果たせる無理のない設定が必要となっている。

そうした中、より合理的な工期算定によって工程計画を立てることが一層重要となっている。

【目的】

本研究は、働き方改革の労働規制によって生じうるダム工期・工費の増大を有効に抑えることができる方策について、ダム工事積算に則った標準的な設定¹⁾で研究することを目的とする。

中でも打設工期は、ダムの全体工期を支配する工種であるだけに、その縮減は重要である。

【結果の要約】

重力式コンクリートダムの主要工法である面状打設について、労務条件、打設工法、打設能力等を変えてのケース検討を行い、結果を分析した。

図-1は、今回研究の結果を総括したものであり、仮想モデルダムにおける理想工期を打設能力と打設工法別に比較したものである。

図では、最適打設能力での打設月数はELCMが1.5倍、RCD、RCC工法が1.7倍に増えると推定されるが、ELCMとRCD工法の場合、打設能力を大きくしても工期縮減にはあまりつながらない。

その理由は、新RCDやELCMは打継ぎ待ちによる下限の打設面分割数があるため、打設能力を増して下限の分割数近くになると、打設日数はそれ以上ほとんど減らないためである。

これに対して連続打設(RCC工法で使われる)は、打設面分割の制約がないため、打設能力の増大を組み合わせることで、打継ぎ待ち日数が減り工期の増加を他の工法よりも抑えることが可能である。

連続打設以外にも工期増を有効な手段はあると思われるが、令和6年の労働規制が始まるまでに少しでも有効な対応策を用意しておくことが急務である。本研究がそれに役立てば幸甚である。

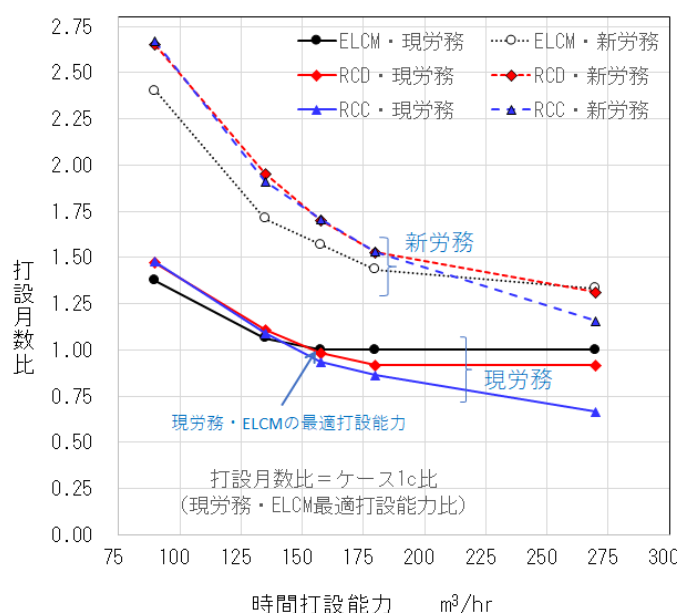


図-1 打設能力と打設月数比：理想工期比較

本研究では、重力式コンクリートダム¹⁾の打設計画（リフトスケジュール）について、ケース検討（シミュレーション）を多数行った。また、打設工期の縮減の可能性を探るために、追加検討を行った。

（１）ケース検討の条件設定

打設工期の解析を行うにあたり、労務条件、打設工法、打設能力を変えてのケース検討の条件をダム工事積算¹⁾から以下のように設定した。

① 労務条件(表-1)

現労務条件は表-1に示すように、「4週6休B、超勤あり、2方まで可」であり、日作業可能時間は「21hr/日(=2方x12hr-中休み2hr-付帯時間1hr)」である。新労務条件は「4週8休、超勤なし、2方まで可」であり、日作業可能時間は「15hr/日(=2方x9hr-中休み2hr-付帯時間1hr)」である。

一方、月施工可能日数は(表-2)、現労務での平均的な値としてELCMで20日、RCDで19日(降雨を考慮)を設定した。新労務では休日や雨天完全休工等を想定して、ELCMで15日、RCDで14日とした。実使用上は、暦上に打設計画を数通り入れてより有利な工程とする必要がある。

② 打設工法

面状施工であるELCM、RCD工法についてケース検討を行った。また、コンクリートダム施工法として海外で主流のRCC工法についても追加検討を行った。

なお、中規模以下のダムに採用例の多いブロック柱状打設工法については、打設過程が複雑であるために、別の機会に記述したい。

③ 打設能力(表-2, 3)

打設能力は、堤体コンクリート運搬用のケーブルクレーンの規格上の能力によるものとし以下の5種類とした。

- 20ton=90 m³/hr、打設能力大幅減
- 13.5ton×2基=135 m³/hr、打設能力減
- 20ton+13.5ton=157.5 m³/hr、実採用
- 20ton×2基=180 m³/hr、打設能力増
- 20ton×3基=270 m³/hr、打設能力大幅増

（２）モデルダムの作成

モデルダムは、RCD工法の適用性の明確化を考慮してある程度大規模の重力式コンクリートダムとし、事前検討の結果、堤体積約80万m³、堤高111mの解析モデルとした。堤体のリフト毎の打設量は既設ダムの実績を比較して標準的なものを選んで堤体形状の特殊条件を除いた。

表-1 労務条件の違い(働き方改革前後)

項目		現労務条件 (4週6休B)	新労務条件 (4週8休)
日作業 可能時間		最大 21hr/日	最大 15hr/日**
		2方x12hr-中休み 2hr-付帯時間 1hr	2方x9hr-中休み 2hr-付帯時間 1hr
月施工 可能日 数*	ELCM	20日/月	15日/月
	RCD	19日/月	14日/月

* 上記は非雪寒地域の平均的な経験値だが、現場条件や休日設定によって大きく変わる。

**基本となる残業なしの賃金対象時間は8hrである。

表-2 運搬設備による打設能力の違い

区分	箇所	13.5ton クレーン	20ton クレーン
時間打 設能力	一般部	67.5 m ³ /hr 4.5m ³ /回×15回/h	90 m ³ /hr 6m ³ /回×15回/h
	岩着部	54 m ³ /hr 4.5m ³ /回×12回/h	72 m ³ /hr 6m ³ /回×12回/h
	堤頂部	54 m ³ /hr 4.5m ³ /回×12回/h	72 m ³ /hr 6m ³ /回×12回/h
現労務 の日打 設能力	一般部	1,417.5 m ³ /日 67.5m ³ /h×21h/日	1,890 m ³ /日 90m ³ /h×21h/日
	岩着部	1,134 m ³ /日 54m ³ /h×21h/日	1,512 m ³ /日 72m ³ /h×21h/日
	堤頂部	1,134 m ³ /日 54m ³ /h×21h/日	1,512 m ³ /日 72m ³ /h×21h/日
新労務 の日打 設能力	一般部	1,013 m ³ /日 67.5m ³ /h×15h/日	1,350 m ³ /日 90m ³ /h×15h/日
	岩着部	810 m ³ /日 54m ³ /h×15h/日	1,080 m ³ /日 72m ³ /h×15h/日
	堤頂部	810 m ³ /日 54m ³ /h×15h/日	1,080 m ³ /日 72m ³ /h×15h/日

表-3 運搬設備の組合せによる打設能力

	運搬 能力	20ton x 1	13.5 ton x2	13.5+ 20ton	20ton x 2	20ton x 3
時間打 設能力 m ³ /hr	一般部	90	135	157.5	180	270
	岩着部	72	108	126	144	216
	堤頂部	72	108	126	144	216
現労務 日打設 能力 m ³ /日	一般部	1890	2835	3308	3780	5670
	岩着部	1512	2268	2646	3024	4536
	堤頂部	1512	2268	2646	3024	4536
新労務 日打設 能力 m ³ /日	一般部	1350	2025	2363	2700	4050
	岩着部	1080	1620	1890	2160	3240
	堤頂部	1080	1620	1890	2160	3240

いわば仮想モデルであるが、工期影響への要因分析を行うためには仮想化した方がよい。このモデルダムの作成が今回研究において、最も手間のかかる作業であった。なお、仮想モデルによる今回研究は、現実工程での阻害要因を排除した理想工程での比較とも言える。

(3) 検討ケースと打設工期計算方法

検討ケースは、上記の条件設定に基づいて、労務条件、打設工法、打設能力を変えた表-4の計50ケース（2工法+工法追加3種類）で行った。打設工期は、ダム協会が発行されているテキスト類を参考にし、Excelによる表プログラムを作成して計算した。表-5にリフト毎に計算した打設工期の算定例を示す。

表中で下から上に堤体は打ち上がって行く。注意すべきは打継ぎ日数の制約であり、ELCMでは中4日後でないとい次のリフトを打設できないため、1リフトの分割数は5以上となる。RCD工法では中2日後でないとい次のリフトを打設できないため、1リフトの分割数は3以上となる。RCD工法で「1リフト3分割が打設計画の理想」と言われるのはこのことである。

表-4 打設工期の検討ケース

打設工法	労務	ケース名(時間打設能力別)				
		90 m ³ /hr	135 m ³ /hr	157.5 m ³ /hr	180 m ³ /hr	270 m ³ /hr
ELCM	現労務条件	ケース1a	ケース1b	ケース1c	ケース1d	ケース1e
	新労務条件	ケース2a	ケース2b	ケース2c	ケース2d	ケース2e
RCD工法	現労務条件	ケース3a	ケース3b	ケース3c	ケース3d	ケース3e
	新労務条件	ケース4a	ケース4b	ケース4c	ケース4d	ケース4e
【追加3種類】	現労務条件	ケース5a	ケース5b	ケース5c	ケース5d	ケース5e
RCC工法	新労務条件	ケース6a	ケース6b	ケース6c	ケース6d	ケース6e

表-5 表プログラムによる打設工期計算例 その1

ELCM							RCD工法																			
現労務条件				新労務条件			現労務条件				新労務条件															
ケース1c: 157.5 m ³ /hr				ケース2c: 157.5m ³ /hr			ケース3c: 157.5 m ³ /hr				ケース4c: 157.5m ³ /hr															
堤高からの高さ m	リフト日数	リフト量/日能力		リフト数	打設日数	打設延べ日数	リフト量/日能力	リフト日数	打設日数	打設延べ日数	リフト	リフト量/日能力	リフト日数	打設日数	打設延べ日数											
		一般部	3308													岩着堤頂	2646	一般部	2363	岩着堤頂	1890	一般部	3308	岩着堤頂	2646	一般部
108 ~ 111	ELCM	1.67	5	2	10	374	18.7	2.34	5	2	10	440	29.3	ELCM	1.67	5	2	10	367	19.3	2.34	5	2	10	445	31.8
93 ~ 96																										
102 ~ 105	ELCM	1.73	5	2	10	354	17.7	2.43	5	2	10	420	28.0	ELCM	1.73	5	2	10	347	18.3	2.43	5	2	10	425	30.4
99 ~ 102																										
96 ~ 99	ELCM	2.31	5	2	10	334	16.7	3.23	5	2	10	400	26.7	ELCM	1.54	3	3	9	327	17.2	2.16	3	3	9	405	28.9
93 ~ 96																										
90 ~ 93	ELCM	2.56	5	2	10	314	15.7	3.58	5	2	10	380	25.3	ELCM	1.71	3	3	9	309	16.3	2.39	3	3	9	387	27.6
87 ~ 90																										
84 ~ 87	ELCM	3.00	5	2	10	294	14.7	4.20	5	2	10	360	24.0	ELCM	2.00	2	3	6	291	15.3	2.80	3	3	9	369	26.4
81 ~ 84																										
78 ~ 81	ELCM	3.17	5	2	10	284	14.2	4.57	5	2	10	340	22.7	ELCM	2.17	3	3	9	276	14.5	3.04	4	3	12	351	25.1
75 ~ 78																										
75 ~ 78	ELCM	3.60	5	2	10	264	13.2	5.28	6	2	12	318	21.2	ELCM	2.52	3	3	9	258	13.6	3.52	4	3	12	327	23.4
72 ~ 75																										
69 ~ 72	ELCM	3.83	5	2	10	244	12.2	5.64	6	2	12	294	19.6	ELCM	2.69	3	3	9	240	12.6	3.76	4	3	12	303	21.6
66 ~ 69																										
63 ~ 66	ELCM	4.05	5	2	10	224	11.2	6.07	7	2	14	258	17.2	ELCM	2.81	3	3	9	222	11.7	3.94	4	3	12	279	19.9
60 ~ 63																										
57 ~ 60	ELCM	4.34	5	2	10	204	10.2	6.28	7	2	14	230	15.3	ELCM	2.95	3	3	9	204	10.7	4.13	5	3	15	255	18.2
54 ~ 57																										
51 ~ 54	ELCM	4.49	5	2	10	184	9.2	6.41	7	2	14	216	14.4	ELCM	3.05	4	3	12	186	9.8	4.27	5	3	15	225	16.1
48 ~ 51																										
45 ~ 48	ELCM	4.69	5	2	10	164	8.2	6.69	7	2	14	188	12.5	ELCM	3.19	4	3	12	162	8.5	4.46	5	3	15	195	13.9
42 ~ 45																										
39 ~ 42	ELCM	4.76	5	2	10	144	7.2	6.66	7	2	14	160	10.7	ELCM	3.17	4	3	12	138	7.3	4.44	5	3	15	165	11.8
36 ~ 39																										
33 ~ 36	ELCM	4.84	5	2	10	124	6.2	6.54	7	2	14	132	8.8	ELCM	3.12	4	3	12	114	6.0	4.36	5	3	15	135	9.6
30 ~ 33																										
27 ~ 30	ELCM	4.65	5	2	10	104	5.2	6.58	7	2	14	104	6.9	ELCM	3.13	4	3	12	90	4.7	4.39	5	3	15	105	7.5
24 ~ 27																										
21 ~ 24	ELCM	4.59	5	2	10	84	4.2	5.49	6	2	12	76	5.1	ELCM	2.61	3	3	9	66	3.5	3.66	4	3	12	75	5.4
18 ~ 21																										
15 ~ 18	ELCM	3.35	5	2	10	64	3.2	4.24	5	2	10	54	3.6	ELCM	2.02	3	3	9	48	2.5	2.82	3	3	9	51	3.6
12 ~ 15																										
9 ~ 12	ELCM	2.99	5	2	10	44	2.2	3.94	5	2	10	34	2.3	ELCM	1.87	3	3	9	33	1.7	2.62	3	3	9	33	2.4
6 ~ 9																										
3 ~ 6	ELCM	1.51	3	4	12	24	1.2	1.54	3	4	12	12	0.8	ELCM	1.51	3	4	12	24	1.3	1.54	3	4	12	12	0.9
0 ~ 3	ハーフ	1.10	3	4	12	12	0.6	1.54	3	4	12	12	0.8	ハーフ	1.10	3	4	12	12	0.6	1.54	3	4	12	12	0.9

(4) 打設工期計算結果と考察 (ELCM と RCD 工法)

① 打設能力と打設日数 (月数) の関係

表-6、図-2、3に計算結果を示すが、以下のことが言える。

- a. 打設能力の大小に拘らず、新労務に移行することの影響は、打設日数よりも打設月数の方が大きい。理由は月当たり打設可能日数が新労務によって大きく減るためである。
- b. 新労務の現労務に対する打設日数 (月数) の増分は打設能力が小さいほど大きく増える。即ち、新労務で打設能力を減じるとその減率以上に工期増を招く可能性が高い。
- c. 新労務の工期増への影響は、総じてELCMの方がRCD工法よりも若干小さく、有利となる。理由は、新労務で打設能力が減る場合、リフト分割数が多くなり、RCDの分割数の少ないという利点が減じるためである。
- d. ELCM、RCDともに一定の打設能力以上で打設日数 (月数) の縮減が頭打ちとなる。原因は打継ぎの日数制限を超えて工期を減ら

せないためであり、下限日数は表-6でELCMが374日、RCD工法が343日である。

- e. 頭打ちの影響は、堤体の体積や形状によって異なるが、現労務での打設日数は、ELCMの場合は打設能力150m³/hr、RCD工法の場合は打設能力180m³/hrを超えると生じる。
- f. 新労務での打設日数 (月数) は、現労務よりも打設能力が若干高いところで頭打ちとなる。これは、単に労働時間短縮によって打設の速度が低下したことによる。
- g. 上記の勾配変化点の付近が、最短最適の打設能力となる。従来、実ダムの打設能力もこの辺りで採用されて来た。

② 打設月数と累計打設量の関係

図-4と5は、新労務で増えた打設月数を打設能力の増で減らすことができるかを検討したものである。以下のことが言える。

- a. ELCM, RCD工法ともに新労務採用によって中盤の打設速度がかなり低下するが、打設能力増で補うことは、若干可能である。

表-6 打設工期の検討ケース

打設工法	労務		打設日数・月数計算結果(打設能力別)				
			90 m ³ /hr	135 m ³ /hr	157.5 m ³ /hr	180 m ³ /hr	270 m ³ /hr
ELCM	現労務条件	日数	514日	398	374	374	374
		月数	25.7ヶ月	19.9	18.7	18.7	18.7
	新労務条件	日数	674日	480	440	402	374
		月数	44.9ヶ月	32.0	29.3	26.8	24.9
RCD工法	現労務条件	日数	522日	394	367	343	343
		月数	27.5ヶ月	20.7	18.4	17.2	17.2
	新労務条件	日数	694日	511	445	400	343
		月数	49.6ヶ月	36.5	31.8	28.6	24.5

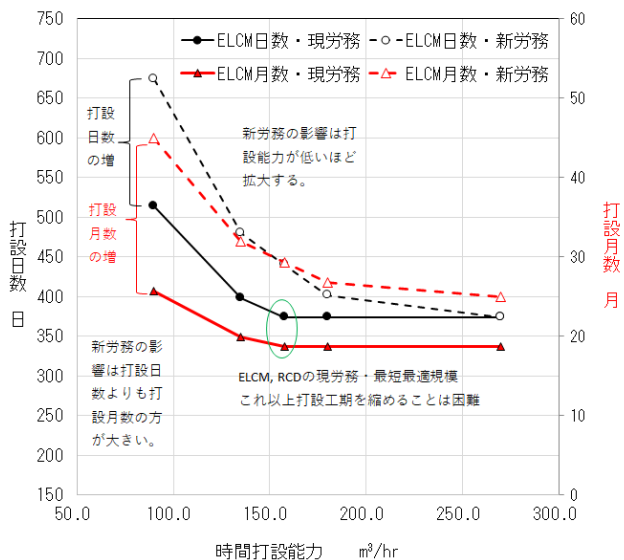


図-2 時間打設能力と打設日数・月数 : ELCM

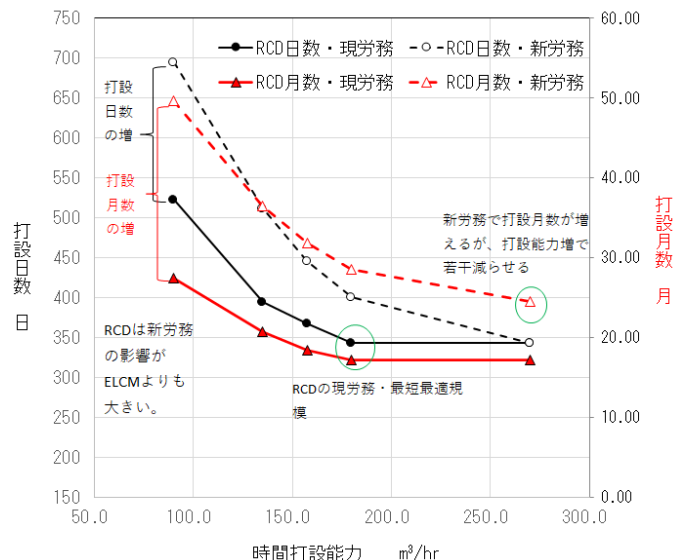
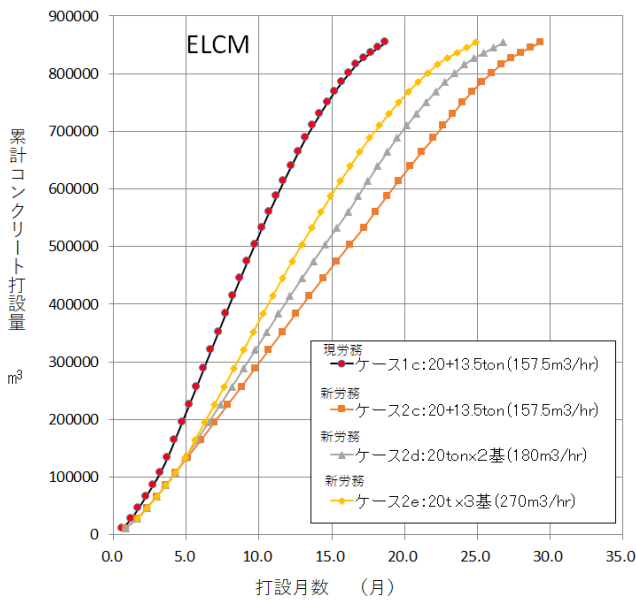
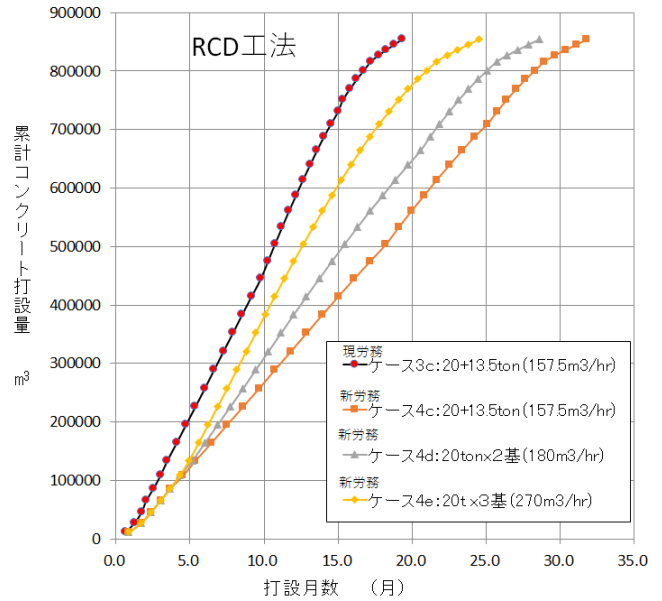


図-3 時間打設能力と打設日数・月数 : RCD工法



図一四 打設月数と累計打設量：ELCM



図一五 打設月数と累計打設量：RCD工法

- b. RCD工法の方が新労務による速度低下が大きいのは月当り施工可能日数がELCMより1日少ないことにも影響されている。
- c. ELCM, RCDともに高標高で打設速度が低下する。これは、高標高のリフトは打設量が小さいので打継ぎの日数制限の影響を受けるためである。

(5) 追加ケースの検討

新労務の採用で増加した打設日数(月数)を打設能力増で減らすことは、ELCM, RCD工法ともに打継ぎ待ち日数が必要なため限界がある。

そこで、打継ぎ待ち日数を減らすために、コンクリートの連続打設の効果について検討することにした。いわば、待ち日数の減によって実質の施工可能日数を増やす考え方である。

国内の連続打設については、15年ほど前に長井ダムの試験施工で薄層の連続RCDが実施されたことがあり、当センターの当時評価においては「有望であるが打継ぎ方法等の課題もある」という結論であった。その後は、巡航RCD工法の普及によって連続打設の国内試みは無い。

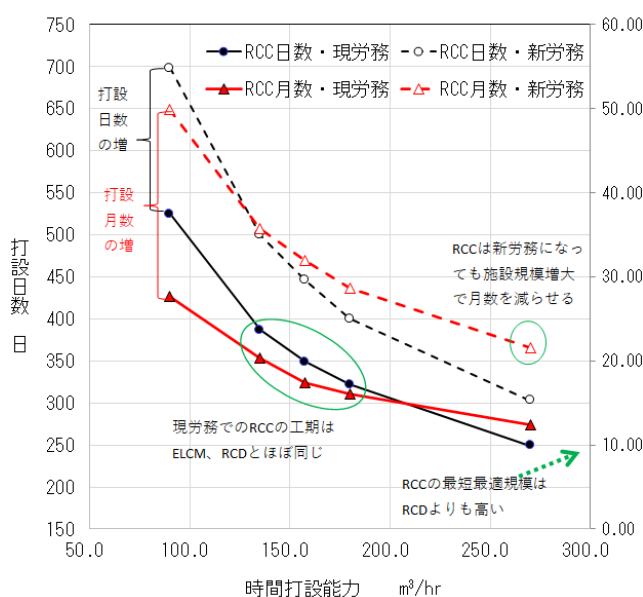
しかし、海外のコンクリートダムでは、薄層(約0.3m)の連続打設によるRCC工法が主流である。海外のRCC施工については、参考文献²⁾に記しているが、薄層リフト0.3m毎に打設と振動ローラー転圧が連続的に行われる。また、打継部は打設後に20hr内であればホットジョイントとして無処理で打ち継がれ、25hr以上が経てばコールドジョイントとしてグリーンカット・敷きモルタル等の打継ぎ面処理が為される。

表一七 表プログラムによる打設工期計算例 その2

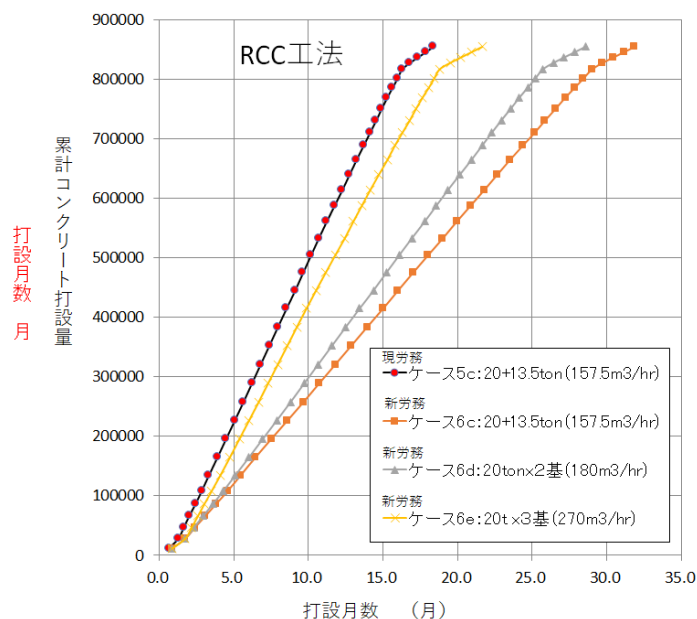
RCC 工法 1												
現労務条件						新労務条件						
ケース 5c: 157.5 m ³ /hr						ケース 6c: 157.5m ³ /hr						
1リフト 日数	リフト量/日能力 分割数: 3以上	リフト 日数	打設 日数	打設 延べ 日数	打設 延べ 月数	リフト量/日能力 分割数: 3以上	リフト 日数	打設 日数	打設 延べ 日数	打設 延べ 月数	岩着	堤頂
	一般部 3308					一般部 2363					2646	1890
	m ³ /日											
ELCM	1.67	5	2	10	349	18.4	2.34	5	2	10	446	31.9
リフト高 1.5m	1.67	5	2	10	339	17.8	2.34	5	2	10	436	31.1
	1.73	5	2	10	329	17.3	2.43	5	2	10	426	30.4
	2.06	5	2	10	319	16.8	2.89	5	2	10	416	29.7
RCC リフト高 1.0m	0.46		10	6	309	16.3	0.65		10	8	406	29.0
	0.46		10	6	303	15.9	0.64		10	8	398	28.4
	0.51		10	7	297	15.6	0.72		10	9	390	27.9
	0.56		10	7	290	15.3	0.78		10	9	381	27.2
	0.60		10	7	283	14.9	0.84		10	10	372	26.6
	0.63		10	8	276	14.5	0.89		10	10	362	25.9
	0.65		10	8	268	14.1	0.91		10	11	352	25.1
	0.72		10	9	260	13.7	1.01		10	12	341	24.4
	0.75		10	9	251	13.2	1.06		10	12	329	23.5
	0.77		10	9	242	12.7	1.07		10	12	317	22.6
	0.81		10	10	233	12.3	1.13		10	13	305	21.8
	0.81		10	10	223	11.7	1.13		10	13	292	20.9
	0.84		10	10	213	11.2	1.18		10	13	279	19.9
	0.87		10	10	203	10.7	1.21		10	14	266	19.0
	0.88		10	10	193	10.2	1.24		10	14	252	18.0
	0.90		10	10	183	9.6	1.26		10	14	238	17.0
	0.92		10	11	173	9.1	1.28		10	14	224	16.0
	0.94		10	11	162	8.5	1.31		10	15	210	15.0
	0.96		10	11	151	7.9	1.34		10	15	195	13.9
	0.95		10	11	140	7.4	1.33		10	15	180	12.9
0.95		10	11	129	6.8	1.33		10	15	165	11.8	
0.97		10	11	118	6.2	1.35		10	15	150	10.7	
0.93		10	11	107	5.6	1.31		10	15	135	9.6	
0.93		10	11	96	5.1	1.30		10	15	120	8.6	
0.94		10	11	85	4.5	1.32		10	15	105	7.5	
0.92		10	11	74	3.9	1.29		10	14	90	6.4	
0.78		10	9	63	3.3	1.10		10	12	76	5.4	
0.67		10	8	54	2.8	0.94		10	11	64	4.6	
0.61		10	8	46	2.4	0.85		10	10	53	3.8	
0.60		10	7	38	2.0	0.84		10	10	43	3.1	
0.56		10	7	31	1.6	0.79		10	9	33	2.4	
ELCM	1.51	3	4	12	24	1.3	2.12	3	4	12	24	1.7
ハーフ	1.10	3	4	12	12	0.6	1.54	3	4	12	12	0.9

表－8 打設工期の検討ケース（RCC工法：連続打設）

打設工法	労務		打設日数・月数計算結果（打設能力別）				
			90 m ³ /hr	135 m ³ /hr	157.5 m ³ /hr	180 m ³ /hr	270 m ³ /hr
RCC工法1 （予備日1日）	現労務 条件	日数	525日	387	349	322	249
		月数	27.6ヶ月	20.4	18.4	16.9	13.1
	新労務 条件	日数	698日	500	446	400	303
		月数	49.9ヶ月	35.7	31.9	28.6	21.6
RCC工法2 （予備日0.5日）	現労務	月数	26.7ヶ月	19.6	17.7	15.9	12.3
	新労務	月数	49.1ヶ月	34.7	30.4	27.6	20.9
RCC工法3 （予備日なし）	現労務	月数	26.0ヶ月	18.7	16.7	15.3	11.5
	新労務	月数	47.6ヶ月	33.5	29.6	26.4	19.4



図－6 時間打設能力と打設日数・月数：RCC工法1



図－7 打設月数と累計打設量：RCC工法1

(1) 打設工期計算結果と考察（RCC工法）

① RCC工法の計算条件（表－7、表－8）

計算条件の大半はELCM、RCD工法と同じだが、施工法の違いから以下の条件が異なる。

- 薄層リフト（約0.3m）で転圧することで連続打設を可能とした。
- 打設日数は、3m（10リフト）毎に、打継ぎ処理と型枠設置のための予備日を1日足して端数を切上げて積み上げた。

なお、予備日1日は余裕過大な面はあるが、予備日0.5日、予備日なしと比べて新労務での工期への影響は10%程度であり（表－8）、標準値としては適切と考えられる。

② 打設能力と打設日数(月数)の関係(図－6)

RCC工法1（3m毎予備日1日）はELCM、RCD工法と比べて、以下のことが言える。

- RCCの現労務・打設月数は、180m³/hrまではRCD、ELCMとほぼ同じとなった。

b. RCCは、現、新労務とも、打設能力の限界点が高いため、打設能力が270m³/hrに増えても打設月数は減少傾向にある。

- RCCは、連続打設であるため労務時間の減少による打設月数増への影響をRCDよりも受けにくいと予想されたが、計算結果によってこれを確認できた。

③ 打設月数と累計打設量の関係(図－7)

- 3工法ともに新労務の労務時間減少によって、打設日数は大きく増えるが、RCC工法は、ELCM、RCD工法と比べて、打設能力増で打設月数を減らすことができる。
- 高標高では、ELCM、RCD工法ともにリフト当りの打設量が減るので、打継ぎのための待ち日数が生じて、打設速度が下がる。一方、RCC工法は、待ち日数不要の連続打設であるため打設速度を高く保つことができる。

(7) 稼働率に関する考察 (図-8)

図-8に打設稼働率と時間打設能力の関係を示す。ここで打設稼働率とは「打設日の日数(打設日実回数)を打設期間の日数(打設日数)で除した値に、月施工可能日数を考慮したもので、打設に要する労務時間と機械稼働時間のベースとなるものである。

当値が66.7%の場合、現労務の月施工可能日数(20日/30日)同値であるので、日施工可能時間においてフル稼働することを意味する。新労務では月施工可能日数が20日から15日に減じることを考慮すると、0.75(15日/20日)を前述の66.7%に乗じて、当値は50%となる。分かりにくいのが、例えば、当値が40%の場合、打設機械は、年間365日のうち40%である146日(リフト毎の実数日数の積み上げ)において稼働していることになる。この146日に平均日作業時間を乗ずることで年間稼働時間を算定できる。これは労務費の年間稼働時間に相当する。

そのような前提で図-8を見ると、以下のことが言える。

- 現労務、新労務ともに、打設能力が高いほど打設能力を活かしきれず、打設稼働率は下がる。ただし、RCC工法1では当値の低下を少なくできる。
- 図の実線の現労務では前述の打設能力最適値の157.5m³/hrでも約47%である。新労務においてこの値が目標値となる。
- 破線の新労務になると、これが約41%に低下するが、ELCM,RCD工法では180m³/hrを超えると打設稼働率は急減する。即ち、労務費と機械経費が急騰すると言える。
- 新労務の+点線はRCC工法1(予備日なし)を示すが、△破線(3m毎に予備日1日)との間に施工業者の工夫によってさらに改善できる余地が残されている。

(2) 人員確保に関する考察

ELCM、RCD工法等の断続打設では、リフト毎に打設日数が決まるために、日によっては短時間で所定のリフト打設量に達して、日作業が終了となり、日別のばらつきが大きくなる。

一方、RCC工法のような連続打設では、その場合でも連続して打設が行われるので、労務人員数のムラを小さくできる。即ち、人員確保が容

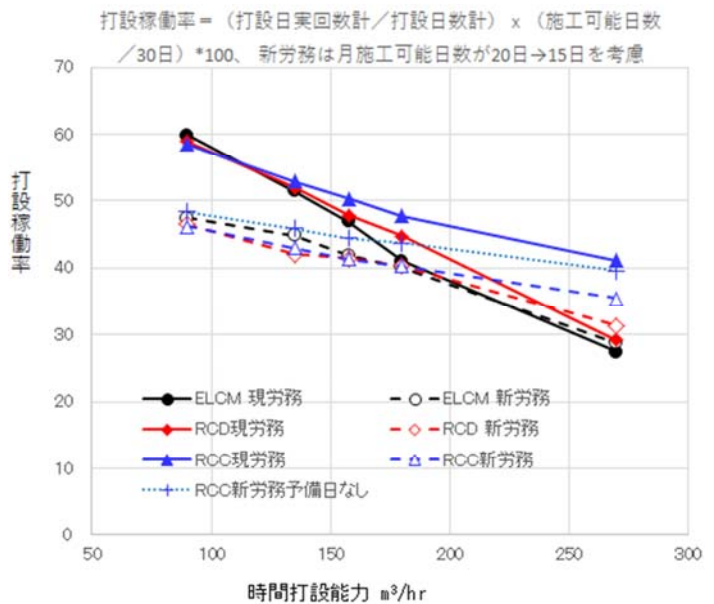


図-8 打設稼働率と時間打設能力の関係

易となるが、人員確保は現地施工においての大きな課題であるので、この利点は大きい。

(9) 今後の方向

今後、多くのモデルダムで同様の検証を行い、新労務条件のELCM、RCD工法への影響を堤体規模別に把握する必要がある。また、柱状ブロック工法についても、国内事例を参考にモデル解析の方法を検討すべきである。その上で曆上の工期への影響を把握すべきである。

RCC工法による連続打設については、海外情報を収集し、モデルの精度を高めてその効果を確認し、より有効な連続打設の方法を検討する必要がある。

掘削工等の直線的に進められる他の工種は、労務時間減に反比例して工期が増える反面、作業班数を増やし作業能力を高めることで工期増を抑えられることが予想される。ただし、それらの具体的な検証を今回の打設工程と同様な方法で今後行う必要がある。

参考文献

- ダム技術センター、ダム工事積算の解説 平成28年度版、2016.5
- 川崎秀明、ダムに関する技術の系譜第6回-ダムコンクリート その4-、ダム技術 No.412、2021.1