

6. ダムコンクリートの圧縮強度試験の合理化

(出典) 令和5年度ダム工学会

研究発表会・特別講演会・講演集

令和5年11月16日 ダム工学会



1



2

ダムコンクリートの特徴

1. **骨材の最大粒径が大きい**
Φ150mm ~ 80mm
2. **スランブが小さい**
有スランブ:3cm、RCD用:ゼロ
3. **現地で製造**
骨材(原石山or購入)、コンクリート製造(現地BP) or 市中の生コン工場で示方配合どおりに製造
4. **コンクリートダムの施工実績の多い建設会社が施工**

☞ 一般的なコンクリート工事とは、大きく異なる

3

○有スランブコンクリート(ELCMなど在来工法)

骨材最大寸法	φ150mm または 80mm
単位セメント量	外部220kg/m ³ 、内部150kg/m ³ 程度
スランブ	3cm程度

4

○ゼロスランブコンクリート(RCD、CSG工法)

骨材最大寸法	φ80mm
単位セメント量	外部220kg/m ³ 、内部120kg/m ³ 程度
スランブ	0cm

5

問題意識

◎圧縮強度試験の頻度や方法は永年変更されていないが、

- 骨材製造設備やコンクリート製造設備は**進歩**
 - ・材料の計量精度向上
 - ・細骨材表面水率(量)の練混ぜ水量への反映
 - ・骨材粒度の連続測定
 - ・ミキサの負荷電力量によるスランブ値の常時監視など
- 打設現場での**連続的な施工管理**
 - ・GNSSによる締固め状況の常時監視 など

***従来の硬化コンクリートの「点管理」から、材料やフレッシュコンクリートの「連続管理」へシフト**

↓

現状に即した圧縮強度試験への転換

6

部会の検討スケジュール

◎目標

- ① **成果を実施工に反映するために、標準示方書ダムコンクリート編への反映を目指す**
 - ・ダムコンクリート編は、**2023年9月改訂予定**
 - ・ダム工学会施工研究部会の委員に、**ダムコンクリート編改訂部会主査(代表者)の宇治公隆東京都立大学名誉教授をはじめ3名の方が委員として参画**
 - **互いに情報交換しつつ検討作業を進める**
- ② **検討成果をダム工学2023年9月号に掲載する**

7

7

ダムコンクリート圧縮強度試験の合理化

— 施工研究部会での検討経緯と部会報告の概要 —

◎検討期間 2020年7月 ~ 2023年7月
部会開催 計15回

◎部会報告の内容

1. 圧縮強度試験の改善提案
2. 圧縮強度試験に付随する改善提案
 - ① 供試体寸法の変更
 - ② 圧縮強度試験の遠隔確認の導入
 - ③ 公的試験機関での試験指定の除外

8

8

1. 圧縮強度試験の改善提案

(1) 圧縮強度試験結果の分析

諸元	大規模ダム①	大規模ダム②	中規模ダム	小規模ダム
堤高	97.2m	102.5m	52.0m	35.4m
堤頂長	342.0m	556.0m	145.0m	122.0m
堤体積	759千m ³	935千m ³	128千m ³	27千m ³

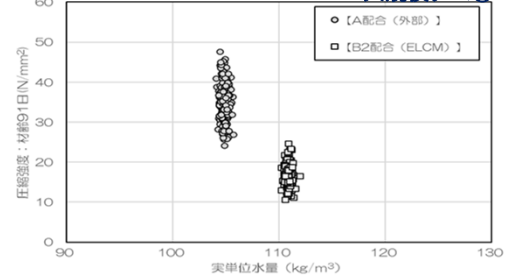
- ・施工研究部会所属の6社が施工した大規模～小規模の6ダムを調査(部会報告は4ダム掲載)
- ⇒ **ダム規模による圧縮強度試験結果の違いを確認**

9

9

実単位水量と σ_{91} の関係

大規模ダム①



- ◎ダム規模によらず、
- ・実単位水量は、最大でも4kg/m³程度の変動幅
- ・圧縮強度は、A(外部)、B(内部)とも1.5～2.5倍の変動幅

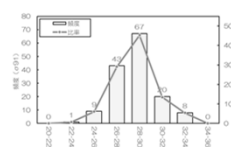
10

10

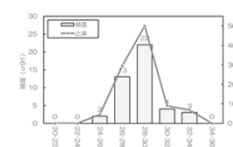
全データと間引き(週1回)の関係

【小規模ダム】

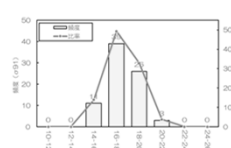
A配合 σ_{91}



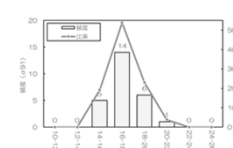
A配合 σ_{91} (間引きデータ)



B配合 σ_{91}



B配合 σ_{91} (間引きデータ)



11

11

全データと間引き(週1回)の関係

小規模ダム

配合種類	項目	圧縮強度 全データ			圧縮強度 1回/週データ			統計値比較(差異)		
		材齢7日	材齢28日	材齢91日	材齢7日	材齢28日	材齢91日	材齢7日	材齢28日	材齢91日
A配合	データ数	148	148	148	44	44	44			
	平均値	7.57	17.54	28.60	7.59	17.63	28.55	0.01	0.09	0.05
	標準偏差	0.82	1.61	1.81	0.88	1.75	1.81	0.07	0.14	0.01
	変動係数	10.8%	9.2%	6.3%	11.7%	9.9%	6.3%	0.9%	0.7%	0.0%
B配合	データ数	79	79	79	26	26	26			
	平均値	3.93	9.35	17.38	3.96	9.41	17.15	0.02	0.06	0.22
	標準偏差	0.45	1.06	1.37	0.42	1.03	1.38	0.03	0.03	0.01
	変動係数	11.3%	11.3%	7.9%	10.6%	10.9%	8.0%	0.7%	0.4%	0.1%

- ◎ダム規模によらず、
- ・圧縮強度の全データと週1回に機械的に間引いた場合のヒストグラムや統計データ(平均値、標準偏差、変動係数)に大きな違いはない

12

12

部会報告：圧縮強度試験の改善提案

コンクリートの打設開始後、

- ☞ ① X-Rs-Rm管理図で圧縮強度が安定化し、
- ☞ ② 圧縮強度の材齢間の相関があることが確認できた 段階以降は、
材料やフレッシュコンクリートの性状を監視しながら、材齢91日強度を主とした管理を行い材齢7日や28日の試験頻度を少なくする。

13

13

標準示方書への反映結果

9.3.3 硬化コンクリートの品質管理
圧縮強度の管理材齢は91日を標準とする。

【解説】

施工の初期段階や材料や施工条件等が変わる場合には、材齢91日のほかに材齢7日または28日の試験値を確認することが望ましい。

(中略)

材齢91日における圧縮強度が十分に安定化した後は、フレッシュ性状が適切に管理されている状態では、早期材齢の圧縮強度試験の頻度を合理的に見直しでもよい。

14

2. 圧縮強度試験に付随する改善提案

① 供試体寸法の変更

- ・一般的なコンクリート工事の供試体
直径100mm×高さ200mm または
直径125mm×高さ250mm
アンボンドキャッピング
- ・一方、ダム工事の供試体は
直径150mm×高さ300mm と大きい
☞ 産業廃棄物、養生水槽の規模大
キャッピング作業が必要
圧縮強度試験結果に影響を及ぼす可能性

15

15

JIS A 1132:2020 「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」

【圧縮強度試験用供試体】

供試体の寸法

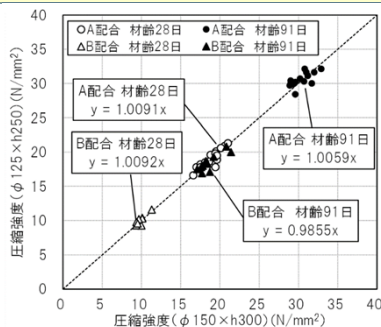
供試体は、直径の2倍の高さをもつ円柱形
直径は、粗骨材の最大寸法の3倍以上かつ100mm以上
供試体の直径の標準は、100mm, 125mm, 150mm

【注記】粗骨材の最大寸法が40mmを超える場合には、40mmの網ふるいでふるって40mmを超える粒を除去した試料を使用し直径150mmの供試体を用いることがある。ここで、40mmの網ふるいとは、JIS Z 8801-1に規定する公称目開き37.5mmの網ふるいのことをいう。

16

16

ダムコンクリート配合での比較試験結果



橋本亮馬ほか：
ダムコンクリートにおける供試体寸法と圧縮強度の関係に関する一考察，
令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会，Vol. 73，V-573，2019

17

17

供試体寸法変更の提案

○圧縮強度試験の供試体寸法を
直径125mm×高さ250mm に変更しても
圧縮強度に違いはない

標準示方書への反映

9.3.3 硬化コンクリートの品質管理

【解説】

圧縮強度試験の供試体寸法については、これまで直径15cmが標準であったが、JIS改正により追加された直径12.5cm供試体の使用例も増えている。

18

18

②圧縮強度試験の遠隔確認の導入

圧縮強度試験の遠隔確認や録画による事後確認



19

③公的試験機関での試験指定除外の提案

Dダム本体工事特記仕様書(品質管理)

(供試体の作製)
作製した供試体は、請負者の設置した現場試験室において保護養生したのち、キャッピングを行い約48時間後に脱型し水中又は霧室において養生する。

(供試体の試験)
供試体の圧縮試験は、公的試験機関で行うことを原則とする。
(費用の負担)
試験に要する費用は、すべて請負者の負担とする。

20

20

③公的試験機関での試験指定の除外



- ①試験室に公的試験機関と同等の精度の試験設備を設置
 - ②計量法に基づく検定の実施
 - ③コンクリート主任技士による試験
- 以上を発注者が確認することで、公的試験機関での試験を除外できる。

21

余録

ダムコンクリートに関わる課題

- (1)働き方改革への対応
- (2)熟練労働者減少への対応
- (3)カーボンニュートラルへの対応

22

22

(1)働き方改革への対応

- ・働き方改革関連法 令和6年4月から本格施行
- ・現場は土日完全閉所
 - ☞工期の長期化(30%増加の試算)
 - 寒冷地ダムは施工可能日数がさらに短縮

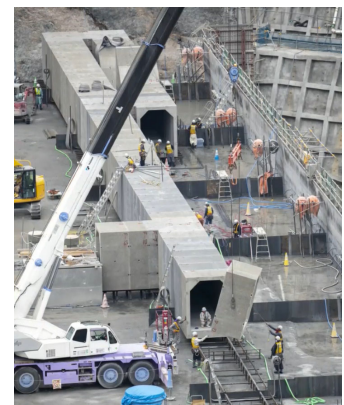
〈対応策〉

- 月曜～金曜の間に極力多く打設
- ①金曜日の打設後に遅延剤を撒く
 - ☞月曜日に打設面清掃して打設再開
 - R4年度に現地試験、近々現場へ導入
- ②プレキャスト部材の活用
 - ☞通廊の全面PC化、減勢工側壁など
- ③巡航RCD工法の活用
 - ☞任意の位置で打止め可能

23

23

②プレキャスト部材の活用 監査廊



今後は、
堤内構造物は
全てPC化を

24

24

(2) 熟練労働者減少への対応

- ・熟練技術者の減少、若者の現場離れ
外国人労働者（技能研修生）の増加
↳ 技術継承をどうするの？
熟練者がいなくても施工できるの？

〈対応策〉

○未熟練者でも良質なコンクリートを打設できる
配合、施工法、設計法の開発

- ①骨材の最大寸法を小さくして大玉分離を解消
最大粒径150mm → 80mm → 60mm or 40mm
- ②プレキャスト部材活用による熟練作業の解消
- ③無人化施工
- ④鉄筋量削減によるコンクリート充填性の向上

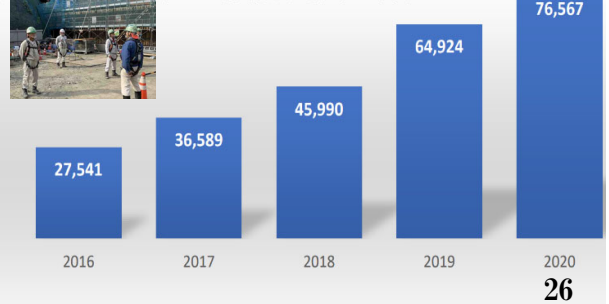
25

25

○建設関係外国人技能実習生は5年間で3倍近くに急増

○建設業界で働く外国人労働者の約7割が技能実習生

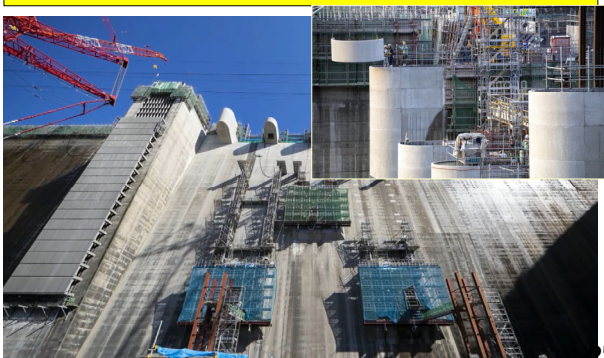
建設関係職種 of 技能実習生数



26

26

高所張出し部へのプレキャスト部材活用



27

27

成瀬ダム(東北・秋田) 無人化施工



28

28

(3) カーボンニュートラルへの対応

○石炭火力の電源構成比率：32% → 19% (2030) に

- 2050年までに温室効果ガス排出をゼロに
- ダム用セメントはフライアッシュⅡ種を30%混合
- フライアッシュは、石炭火力発電所の石炭灰
- 石炭火力発電所の減少
↳ フライアッシュⅡ種が入手困難に

〈対応策〉

- ①非JIS灰の利用
 - ・非JIS灰の使用事例（揚水発電所の例）
 - ・非JIS灰の利用検討事例（成瀬ダムでの試験）
- ②石炭灰以外の混和材料を探す

29

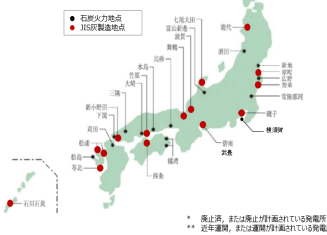
29

JIS灰の生産地点（電力事業分）

■生産地点は全国に散在。

●廃止が計画されている地点もあるが、近年稼働を開始した地点もある。

下記出荷実績を 加藤・東新
■ 日本コンクリート工業会 (web)
『フライアッシュ2025年以降の利用拡大に向けて～普及と自律的取組～』



地域	事業者	発電所・行機	年産出力 (t/a)	JIS規格	備考
北海道	北海道電力	藤井江	350		
		野田	250		
東北	東北電力	送東厚田2.4	1650	○	○
		福地1.2	1800	○	○
		藤原2.2	2000		
		宮田	700		
関東	関東電力	常陸常陸火力発電	2000		
		常陸常陸火力発電	1450	○	
		常陸常陸	1200		
		常陸常陸	2000		
中部	中部電力	常陸常陸	2000		
		常陸常陸	1200	○	
		常陸常陸	650		
		常陸常陸	4100		
北陸	北陸電力	常陸常陸	1070		
		常陸常陸	1900	○	
		常陸常陸	1200	○	
		常陸常陸	1800	○	
関西	関西電力	常陸常陸	1300		
		常陸常陸	156	○	
		常陸常陸	258		
		常陸常陸	2000		
中国	中国電力	常陸常陸	1000		○
		常陸常陸	250	○	○
		常陸常陸	500	○	○
		常陸常陸	700		
四国	四国電力	常陸常陸	200		
		常陸常陸	1400	○	
		常陸常陸	700	○	
		常陸常陸	1000	○	
九州	九州電力	常陸常陸	2000	○	
		常陸常陸	1500		
		常陸常陸	312		
		常陸常陸	440		
沖縄	沖縄電力	常陸常陸	312		
		常陸常陸	312		

* 廃止済、または廃止が計画されている発電所
** 近年稼働、または稼働が計画されている発電所

30

30