

# 論 說 報 告

第 26 卷 第 2 號 昭 和 15 年 2 月

## 四國中央電力大橋堰堤コンクリート配合に就て

會 員 瀬 戸 角 馬\*

**要 旨** 大橋堰堤コンクリートにエブラムス氏の細率法を應用したる配合法を用ひたり。大橋堰堤は現在尙工事中なるも、現在迄の結果をも附記す。著者は朝鮮窒素肥料株式会社赴職江堰堤に此の方法を用ひ、次いで、富士電力株式会社静岡縣寸又川千頭堰堤に多少の變更をなして此の方法を用ひ、更に幾分の改正變更をなして、四國中央電力株式会社大橋堰堤コンクリート配合決定方法としたり。

### 1. 概 説

#### 1. 大橋堰堤の概要

事業者：愛媛縣新居濱市四國中央電力株式會社

位 置：高知縣土佐郡本川村宇大橋

高 サ：70m, 天端長：182m, 堤體：172 000 m<sup>3</sup>, 貯水：有效 24 000 000 m<sup>3</sup>

目 的：高知縣土佐郡を流れ徳島縣にて海に注ぐ吉野川を同縣同郡長澤に於て取入堰堤を造り、流域變更により高知縣にて海に注ぐ仁淀川水系枝川に導き發電を行ふに、吉野川の減水が下流に悪影響を及ぼす事なからしめんため、尙大橋堰堤下流の同社高嶺發電所の必要水量を保たしめんために、此の大橋堰堤を造りて上記の貯水を行ひ流量を調節をなすと共に、此の堰堤高を利用し 6 000 kW の發電をなす。

#### 2. 堰堤コンクリート材料

セメント：高知市土佐セメント株式會社製品

骨材：吉野川流域は凡て變質片岩にてコンクリート骨材として不適なるを以て、高知縣吾川郡勝賀瀬に於て、仁淀川より切込砂利として採集し、22km. の索道により大橋堰堤に送り、4 分鐵網傾斜 1 割 2 分の篩により、粗細を分離して混合工場に送れり。

#### 3. 混合工場及試験場設備

混合工場 ウオセクリーター：0.6m<sup>3</sup> 用 1 臺、スミス式チルチングミキサー：0.6m<sup>3</sup> 用 2 臺、コンクリート打込はシュート式。

試 験 場 アムスラー式耐壓試験機：100 噸用 1 臺、其の他。

#### 4. コンクリートの種類

堰堤の標準断面を下中上 3 段の水平層に分ち、之を A, B, C の 3 種類のコンクリートにて打立てる事としたり。此のコンクリートの強度を記すれば

種 類	抗 壓 強 度
A	145 kg/cm <sup>2</sup>
B	125 "
C	106 "

\* 工學士 四國中央電力株式會社勤務

此の強度は、堰堤標準断面下中上部に於て、計算による最大主要應力強度の 8 倍に當る。

コンクリート打立方法はシュートを用ふるが故に、スランブは 10 cm とせり。

## 2. コンクリートの標準

### 1. 標準決定方法

セメント量、水量、真正配合、骨材の標準細率を定むるには、エブラムス氏の方法によりて決定せり。條件としては、スランブ 7.5~10 cm 骨材最大寸法 76 mm である。

### 2. 標準細率及標準真正配合 (表-1)

表-1.

種類	強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	標準細率	真正配合
A	145	6.45	6.45
B	125	6.40	7.26
C	106	6.35	8.20

### 3. セメント (表-2)

表-2.

種類	真正配合	1回練コンクリート 0.6 m <sup>3</sup>	
		セメント (m <sup>3</sup> )	セメント (kg)
A	6.45	0.0930	139.5
B	6.40	0.0826	123.9
C	6.35	0.0732	109.8

實施に當りて、ウオセクリーターはミキサー 10 同分のペーストを造るが故に、セメント量は 10 同分の計算をせり (表-3 参照)。

表-3.

種類	真正配合	10 回練用セメント	
		重量 (kg)	數量 (袋)
A	6.45	1395	27.90
B	6.40	1239	24.78
C	6.35	1098	21.96

### 4. 水量 (表-4)

水量は下記の式より計算せり。

$$\sigma = \frac{170}{w} - 120$$

但し  $\sigma$  = 抗壓強度 kg/cm<sup>2</sup>  $w$  =  $\frac{\text{水重量}}{\text{セメント重量}}$

表-4.

種類	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\omega$	10 回練	
			セメント (kg)	水 (kg)
A	145	0.64	1 395	892.8
B	125	0.69	1 239	854.9
C	106	0.75	1 098	823.5

## 5. コンクリート標準 (表-5)

前述を要約すればコンクリート標準は次の如し (スラブ 7.5~10 cm)。

表-5.

種類	強度	標準細率	眞正配合	10回練(セメント)	10回練(水)
単位符號	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$F_0$	$T_0$	$C_0$ (kg)	$L_0$ (kg)
A	145	6.45	6.45	1 395	892.8
B	125	6.40	7.26	1 239	854.9
C	106	6.35	8.20	1 098	823.5

## 3. 骨材試験

## 1. 単位容積の重量試験

## (i) 器具

金屬製圓筒計量器は内面機械仕上げにして堅固水密、其の寸法は次の如くである。

細骨材用： 内徑 14 cm, 内高 13 cm, 容量 2 l

粗骨材用： " 24.", " 22.1 ", " 10 "

搗棒： 直徑 16 mm, 長 50 cm, 末端 3 cm の間を鈍き球狀に圓めたるもの。

## (ii) 試験法

先づ容器の 1/3 の試料を入れ之を均らし、搗棒の尖端を以て 25 回一様に搗く。次に容器の 2/3 迄入れ前同様 25 回搗き、更に容器を充滿し同様 25 回搗き、最後に搗棒を定規として餘分を取り去る。

第一層を搗く時、底を搗く可からず、第二層を搗く時、搗棒の尖端が軟く前層に達する様搗く可し。第三層の場合も同じ。

次に量器中の試材の重量を測定し、容積を以て除し、単位容積の重量を算出す。10 回行つて平均値を出す (誤差は 1% 以内とす)。

## 2. 注瀉試験

## 第一法

## (i) 器具及試料

細骨材は徑 23 cm, 高 10 cm, 粗骨材は徑 30 cm, 高さ 10 cm の容器を用ふ。

試料は細骨材 500 g, 粗骨材 2 kg とす。

## (ii) 試験法

乾燥したる試料を一旦計量して容器に入れ、試料を覆ふ程度に水を加へ、15 秒間烈しく攪拌し、15 秒間沈澱せしめ、細骨材の流出せざる様水を排除し、此の操作を水が透明になるまで繰返す。

瀉出したる水は  $1\text{cm}^2$  に 600 孔を有する篩を通過せしめ、残留したるものは試料中に戻す。

此の試料を加熱乾燥して計量す。

$$\text{泥土百分率} = \frac{\text{注瀉前の重量} - \text{注瀉後の重量}}{\text{注瀉前の重量}} \times 100$$

泥土 1% 以上は不良とす。

## 第二法

## (i) 器具

メスシリンダー 300 cc

## (ii) 試験法

砂即ち細骨材 100 cc を入れ、水を 200 cc 迄入れ良く攪拌して放置、1 晝夜の後泥土沈澱の容積と總容積の比を見る。

第二法は適時参考として試験せり。

## 3. 有機不純物の試験

## (i) 器具及試料

試料 砂 約 500 g

器具 200 cc の目盛せる硝子シリンダー

試劑 3% の苛性曹達溶液 (水 33, 苛性曹達 1)

## (ii) 試験法

硝子筒に 100 cc の試材を入れ、溶液が 150 cc の目盛に昇る迄入れ、充分振盪し 24 時間放置し溶液の色を見る。

清澄、淡黄、淡褐、薄黒にして淡褐以上は不良とす。

實施に當りては、注瀉試験と有機不純物試験は採集場に於て之を行ひて留意したるを以て、混合工場に於ける試験に於て不良品を出した事はなかつた。

## 4. 含水率

## 第一法

試材の砂利、砂、各 25 kg を採り、之を計量し、鐵板上にて充分乾燥し、之を計量して其の差を含水量とす。而して含水量と乾燥せるもの、重量との比を含水率とす。

$$\gamma_s \cdots \cdots \text{砂の含水率}$$

$$\gamma_l \cdots \cdots \text{砂利の含水率}$$

## 第二法

約 2 リットル入の硝子器に清水を満し、硝子板にて蓋をなし、氣泡を含まぬ様にし、外面を拭き取り、之を計量して之を  $W_1$  とす。次に 1.4 kg の砂又は砂利を計量し之を  $W_2$  とす。次に此の計量したる砂又は砂利を硝子器に入れ水を満し、氣泡を含まぬ様に鐵棒にて攪拌して満水せしめ硝子板にて蓋をなし氣泡を含まぬ様にし、外面を拭

き取り、之を計量して  $W_0$  とす。

砂の場合

砂利の場合

$$\gamma_s = \frac{W_1 + W_2 \left( \frac{g_s - 1}{g_s} \right) - W_0}{W_2 - W_1}$$

$$\gamma_g = \frac{W_1 - W_2 \left( \frac{g_g - 1}{g_s} \right) - W_0}{W_2 - W_1}$$

但し  $g_s$  …… 砂の真比重,  $g_g$  …… 砂利の真比重

仁淀川産の大橋堰堤使用砂, 砂利にて  $g_s = g_g$  なりき。

### 5. 骨材細率

前記乾燥したる 25 kg の砂又は砂利を用ひてタイラーの篩分試験を行ひ、篩上に残りしもの重量 (kg) を加へ 4/100 倍したるものを砂及砂利の細率とす (表-6)。

表-6

篩番號	100	50	30	16	8	4	3/8"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	計	細率	符號
篩上に 残る砂														即ち計に 4/100 を乗じたるもの	$F_s$
同 上 砂 利															$F_g$

## 4. 配合の決定

### 1. コンクリート種類の決定

コンクリート打立箇所と其の必要強度によりコンクリート種類 A, B, C の何れかに決定す。之により 2 章 4 節コンクリート標準により下記を決定す。

真正配合:  $T_0$ , 標準細率:  $F_0$ , 標準水量:  $L_0$  (10 回練分), セメント:  $C_0$  (10 回練分)

### 2. 砂及砂利の割合

3 章 5 節骨材細率試験に於て算出せる

砂細率:  $F_s$ , 砂利細率:  $F_g$

尚、標準細率  $F_0$  より標準細率に達す可き砂利, 砂配合割合は

$$\text{砂配合割合} = P_s = \frac{F_g - F_0}{F_g - F_s}, \quad \text{砂利配合割合} = P_g = 1 - P_s$$

### 3. 收縮率

#### 第一法

$G_s$ : 砂の單位容積の重量,  $G_g$ : 砂利の單位容積の重量

砂 ( $10 \times P_s \times G_s$ ) kg, 砂利 ( $10 \times P_g \times G_g$ ) kg を取り, 各々を徑 24 cm の金屬製圓筒に入れ, よく鐵棒にて搗き込みその體積を各々砂  $V_s$ , 砂利  $V_g$  とす。

次に, 砂, 砂利を取出し, 之を混和し, 更に圓筒に入れ體積を計り, 之を  $V_{s+g}$  とす。

$$\text{收縮率} = S = \frac{V_{s+g}}{V_g + V_s}$$

#### 第二法

$$\text{収縮率} = \frac{P_s G_s + P_g G_g}{G_{s+g}}, \quad \text{但し } G_{s+g} \cdots \text{混合材の單位體積重量}$$

4. 公稱配合 (容積)

$$\text{セメント} : \text{砂} : \text{砂利} = 1 : \frac{T_0 P_s}{S} : \frac{T_0 P_g}{S} \equiv 1 : N_s : N_g$$

5. 1 回練 (0.6 m³) に要する乾砂, 乾砂利の重量

$$\left(\frac{0.6}{T_0} \times N_s\right) \times G_s = W_s' \cdots \cdots \text{乾砂の重量}, \quad \left(\frac{0.6}{T_0} \times N_g\right) \times G_g = W_g' \cdots \cdots \text{乾砂利の重量}$$

6. 1 回練 (0.6 m³) に要する自然砂, 自然砂利の重量

上記を含水率にて訂正す。

$$W_s' \times (1 + \gamma_s) = W_s \cdots \cdots \text{自然砂の重量}, \quad W_g' \times (1 + \gamma_g) = W_g \cdots \cdots \text{自然砂利の重量}$$

7. 實施水量

$$L_0 \text{ を含水率にて訂正す (10 回練)}, \quad L_0 - 10 (W_s' \gamma_s + W_g' \gamma_g) = L \cdots \cdots \text{實施水量}$$

8. 決定配合

以上により配合を決定す (單位は kg)。

$$10 \text{ 回練セメント } C_0, \quad 10 \text{ 回練水 } L, \quad 1 \text{ 回練砂重量 } W_s, \quad 1 \text{ 回練砂利重量 } W_g$$

5. 試験及配合決定規則

1. 試験材料

試験材料採集は混合工場材料ビンに於て, 當日施工のコンクリートに用ふる材料のうち, 最も代表的と認むるものを選ぶ。

2. 試験の順序

- (a) 注瀉試験, 元採集場にて試験, 尙試験場にて前日試験をなす,
- (b) 有機不純物の試験, 同上

圖-1.

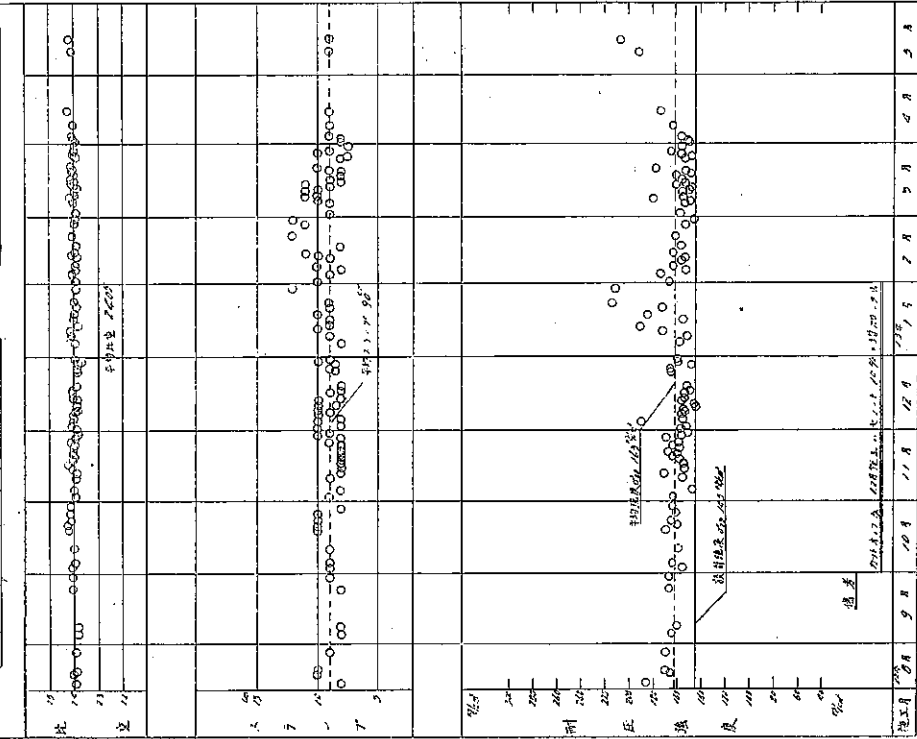
配合票										昭和 年 月 日 / 配合				
種類	スラング		容積	細粒率	真正配合	一回練セメント		水						
	cm		kg/cm³		T₀	Dₛ	Dₑ	L₀						
級数	残留率	砂	砂利	Tₛ = 連続スル砂利 / 比	収縮	T₀/m³ / 容積		一回練 (0.6m³) に要スル Wₛ Wₑ						
3/4"	kg	kg	kg	Fₑ - Fₛ	率 S	Pₛ × Gₑ	kg	kg	kg					
2"				Fₑ - Fₛ		Pₑ × Gₑ	kg	kg	kg					
1 1/2"				Pₛ	$\frac{Fₑ - Fₛ}{Fₑ - Fₛ}$	$\frac{Pₛ \times Gₑ + Pₑ \times Gₑ}{T₀/m³ / 容積}$	kg	kg	kg					
1"				Pₑ	1 - Pₛ	單位容積 / 重量	kg/m³	kg	kg	含水 = 0.01 訂正				
3/4"						砂	Gₛ	kg	kg	Wₛ Wₑ × (1 + γ)				
3/8"						砂利	Gₑ	kg	kg	Wₑ Wₑ × (1 + γ)				
d				T₀/S	配合		水		決定配合量					
B				Nₛ	Pₛ × T₀/S	自然砂		kg						
16				Nₑ	Pₑ × T₀/S	既砂		kg						
30				1 : :		合水		kg		砂 砂 セメント 水				
50				水量 / 訂正		含水率		%						
100				L₀	kg		自然砂利		kg		Wₛ Wₑ C₀ L			
2%				10(Wₛγₛ + Wₑγₑ)	kg		既砂利		kg					
合計				L	kg		合水		kg					
					kg		含水率		%					
種類	Fₛ	Fₑ	粘土率		所長		検査	混合場	測定者	西國中央電力株式会社 大橋堰堤建設事務所				
等級			有機物 / 有灰											



圖-3 (2). 大橋堰堤コンクリート試験成績圖表

昭和二十一年

種類	試料	強度	配合	試験	結果	備考
A	75-0	10.5	1:2.45	23.25	68%	
B	75-0	10.5	1:2.45	23.25	68%	

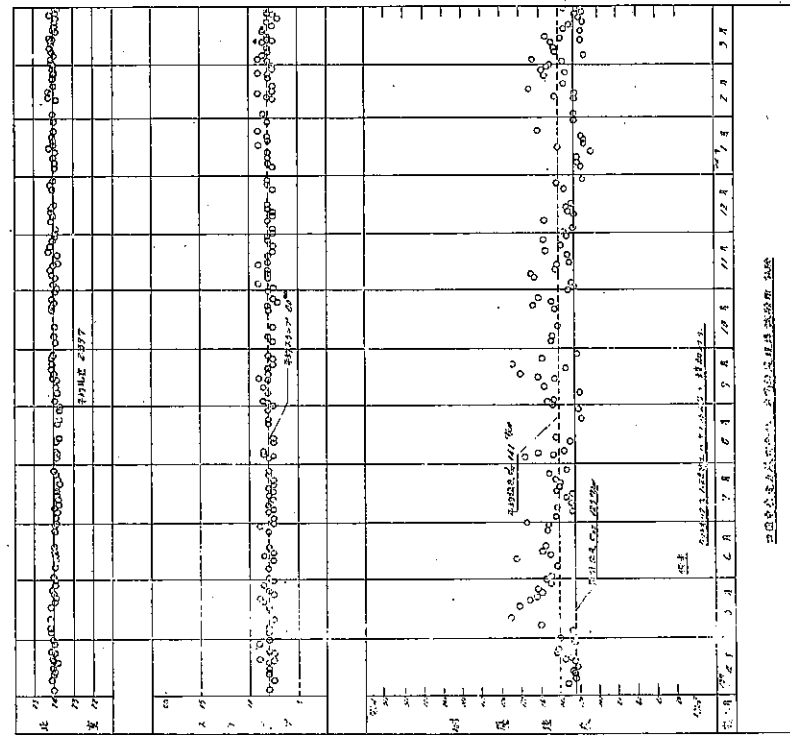


四國中央電力株式会社 大橋堰堤コンクリート試験成績表

圖-3 (1). 大橋堰堤コンクリート試験成績圖表

昭和二十一年

種類	試料	強度	配合	試験	結果	備考
A	75-0	12.5	1:2.25	28.5	67%	
B	75-0	12.5	1:2.25	28.5	67%	



四國中央電力株式会社 大橋堰堤コンクリート試験成績表



- (c) 含水率試験 ( $\gamma$ ), (d) 細率試験 ( $F$ ), (e) 単位體積の重量 ( $G$ ), (f) 收縮率 ( $S$ ),  
(g) 配合決定計算

### 3. 配合票

別に附せる配合票に試験及計算の結果を記載し、築造係及所長を経て混合工場係に送附し、混合係は之によりてコンクリート配合を行ふ。

### 4. 施工中の訂正

コンクリート施工中、見掛により、スランプ測定により、又は新材料投入により、コンクリート材料骨材が、試験せる材料と差異を認めたる時、又は降雨等により含水率に變化ありたる時は、直ちに試験を行ひ、更に配合を決定す。

## 6. 結果並に後記

### 1. 試験及配合決定に要せし時間

コンクリート施工前より試験計算配合決定の練習を行ひしに、最初の間は約 3 時間を要せしも、熟練及計算ダイヤグラムの作製等により、著しく時間を短縮し 30~40 分間にて充分なる様になれり。

### 2. コンクリート試験

コンクリート施工毎日上記の方法にて配合を決定し、ウォセクリーター及其の附屬計量機水タンク等によりて計量し、スミスチルチングミキサーにて練り上げ、シユートを用ひてコンクリートを打立てた。此の中間で練上りのコンクリートを採集して、土木學會規定のコンクリート試験法により試験を行つた。その結果は別表の如し。

大體に於て所期強度及所要比重以上を得た。

### 3. 後記

コンクリート骨材は、粒の大きさによつて、5~6 種に篩分け、之を一定に配合し、常に一定の細率を保たしめる事が理想に近いものであらう。然るに、著者が、千頭堰堤、大橋堰堤に關係した時、既にその以前に於て、工事は請負契約に附せられ、コンクリート配合  $1:n:m$  なる方法で價格の契約済であつた。之を變更する事は單價値上げを伴ひ、事業者に苦痛を與へるから、上述の如き配合決定法を用ひて、骨材のグレーチングを計つたので、云はゞ窮餘の一策であつた。諸賢參考の一端になれば著者の満足する所である。

附記 本配合決定法作製並に實験には現在應召中の工士池田忠君並に中田公平君多大の努力を致されたり。