

九州電力(株)玄海建設所 永島英起 野間口敬芳
九州電力(株)総合研究所○正員 是石俊文 正員 杉田英明 清国三朗

1. まえがき

玄海発電所貯水池ダムは図1に示すように直線重力式コンクリートダムで、高さ19.0m、底中13.5m、ダム頂長97.0mである。ダムサイトは基礎岩盤上最大深さ約13mにもおよぶ透水性の高い沖積層(シルト質ローム)が存在し、かつ地下水位がきわめて高いため、通常の掘削工法では基礎掘削量が非常に大きくなる。そこで上流側および下流側にO. W. S.工法による連続地中壁を施工して仮締切とし、その中間を掘削した。連続地中壁の規模は上下流壁とも巾0.60m、最大深さ15.0m、面積1,039.05㎡である。上流壁は、基礎掘削終了後は型枠兼用とし、堤体の一部として利用した。

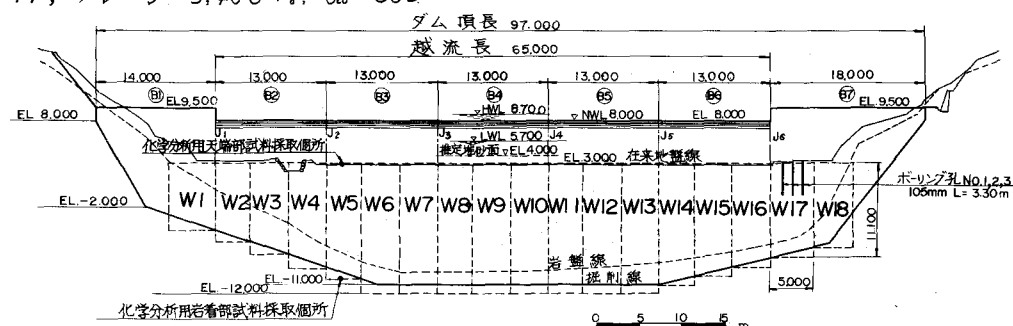
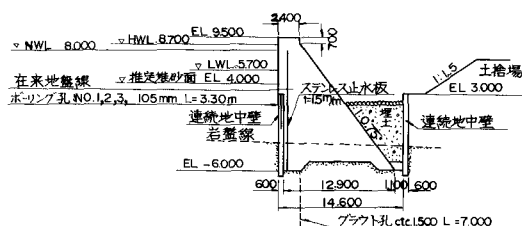
本研究はこのO. W. S.工法による連続地中壁についてボーリングコア試体の試験、現場非破壊試験、配合推定および鉗物顕微鏡写真観察などを行なって、コンクリートの品質を検討したのでその概要を報告する。

2. O. W. S.連続地中壁の施工

最初にガイドトレンチを構築し、その中にベントナイト泥水を充滿させて掘削準備を完了する。単位パネルの両端部に縦孔を掘削し、ついでトレンチをガイドにして特殊掘削機を水平方向に往復運動させて中間を掘削する。破砕した土砂は泥水とともに吸いあげる。掘削が終了とスライムを取り除き、あらかじめ組立てた鉄筋ごをそう入する。ついでトレミー管を使ってコンクリートを打設する。コンクリートは孔の底部から逐次ベントナイト泥水を押し上げるように打設される。1パネルの壁体が完成すると、隣接したつぎの壁体を施工し、順次鉄筋コンクリート造の連続地中壁となる。連続地中壁の仕上がり状況を写真1,2に示す。 図1. 貯水池ダム連続地中壁概要図

3. 連続地中壁コンクリートの材料、配合および品質管理結果

りセメント 連続地中壁用セメントは
日産フライアッシュセメント(麻生セメント(株)田川工場製)を用いた。比重=2.91, ブレーン=3,450 $\frac{cm^2}{g}$, σ_{28} =350



$13\text{kg}/\text{cm}^3$ である。

2) 細骨材 細骨材は福岡県糸島郡芥屋沖産の海砂と、糸島産の山砂とを7:3の割合で混合して用いた。混合細骨材は粒径 5mm 以下，比重2.57，F.M.=2.57である。

3) 粗骨材 粗骨材は佐賀県東松浦郡玄海町有浦産の玄武岩碎石を用いた。最大寸法 25mm ，比重2.80，F.M.=7.0である。

4) 配合 連続地中壁コンクリートの配合は表1に示すとおりである。

5) 品質管理結果 コンクリートは昭和46年11月11日～昭和47年3月1日の期間に打設し，バッチャブランクにおける品質管理試験結果は全試料数25，スランプ17.3cm，空気量4.1%， $\sigma_{28}=345\text{kg}/\text{cm}^2$ ，変動係数6.4%である。

4. ホーリングコア供試体の試験結果

施工後50日を経過して下流側W17の天端でホーリングによってコアを採取し供試体を作成した。

供試体(直径7.7cm， $\gamma_b=1.3\sim 2.0$)の材令91日における試験結果を表2に示す。コア供試体試験での $\sigma_{91}=379\text{kg}/\text{cm}^2$ は，現場管理試験での $\sigma_{28}=345\text{kg}/\text{cm}^2$ に対して110%に過ぎず，フライアッシュセメントB種を用いた場合の σ_{91}/σ_{28} として普通考えられている140%程度と比較してかなり小さい。これは，地中壁コンクリートは締固めがなされていないこと，地中壁の施工時期が冬期であったことなどの影響であろうと考える。引張強度は $\sigma_t=36\text{kg}/\text{cm}^2$ で， $\sigma_t/\sigma_c=0.95$ であり，一般に知られている程度の比率である。超音波伝播速度は $4.55\text{km}/\text{s}$ であり，この値は $\sigma_{91}=379\text{kg}/\text{cm}^2$ のコンクリートの持つ値として妥当なものと考ええる。

5. 現場非破壊試験

1). 超音波伝播速度 W2とW12の下流面およびW10とW13の上流面で原則的に1.0m間隔に測点を設け，鉛直方向測線および水平方向測線について超音波伝播速度を測定した。測定数226個の平均値は $4.39\text{km}/\text{s}$ ，標準偏差0.25 km/s ，変動係数5.7%である。W10上流面で天端から鉛直方向に0.3m，以下1.0m間隔に設定した水平方向測線についての超音波伝播速度を図2に示す。図2によると天端から3.3mまでの現場超音波伝播速度は $4.49\text{km}/\text{s}$ で，コア供試体の超音波伝播速度 $4.55\text{km}/\text{s}$ の約

写真1 連続地中壁仕上り状況(岩着部)

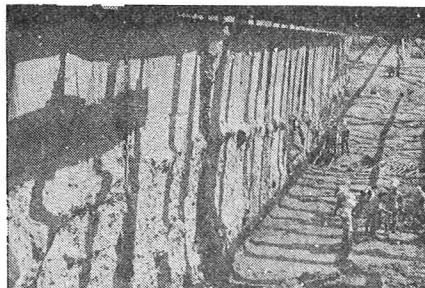


写真2 連続地中壁仕上り状況(天端部)

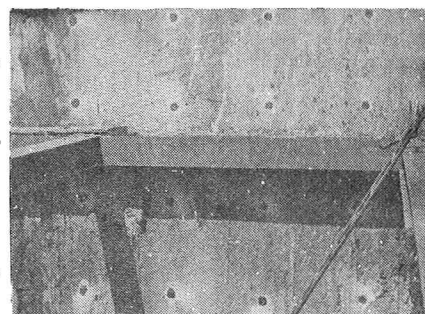


表1 コンクリートの示方配合

粗骨材 の最大 寸法 (mm)	スラン プの範 囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水セメ ント比 $\frac{W}{C}$ (%)	細骨 材率 S_g (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 25～ 5mm	混和剤 ポリス NO.5L
25	17±3	4±1	50.0	45.5	185	370	804	1,047	0.925

表2 コア供試体(φ7.7cm)試験結果(材令91日)

	単位容積 重 量 (kg/m ³)	超音波 伝播速度 (km/s)	圧縮強度		引張強度 (kg/cm ²) $\times 10^3$	静弾性 係数Es $\times 10^4$ kg/cm ²	ポアソン比
			実測値 強度	50℃ 調整値			
試料数	27	27	21	21	6	17	17
平均値	2.39	4.55	40.2	37.9	36	2.82	0.21
標準偏差	0.03	0.12	6.5	6.1	—	0.42	0.02
変動係数	1.3	2.6	16.2	16.1	—	14.9	9.5

99%であるが、これは既に報告²⁾されている試験結果の傾向とも合致する。またW10の深さのほぼ中央部分を示す3.3~10.3m間の平均伝播速度4.68km/sに対して、天端から0.3m~2.3m間の平均伝播速度は4.42km/sで94%、天端から11.3m(若着部から1.25m)の平均伝播速度は4.47km/sで96%である。このことは、地中壁コンクリートの品質の鉛直方向の変動を示すものであり、強度において約70~90 kg/cm^2 程度の低下を意味する。

図2 連続地中壁W10の天端からの深さと超音波伝播速度との関係

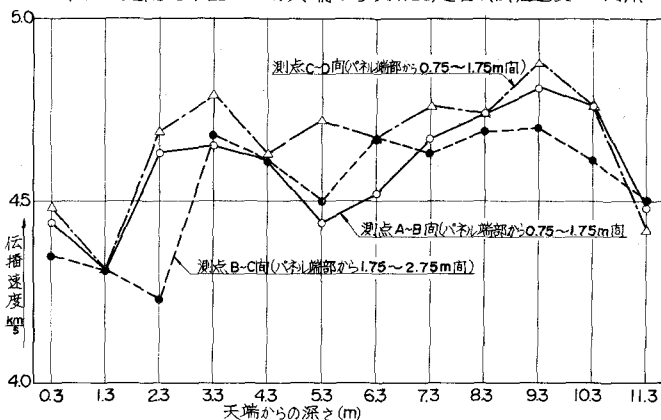
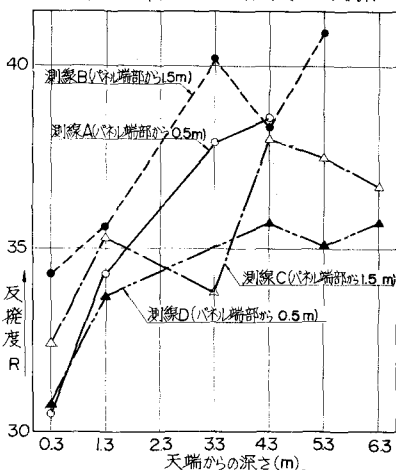


図3 連続地中壁W2の天端からの深さとシュミットハンマー反撓度との関係



2) シュミットハンマー反撓度の測定
W2, 6, 8~17の下流壁およびW10の上流壁でシュミットハンマー反撓度(R)を測定した。打撃方向はすべて水平とした。1測定点についてその周辺20箇所でもRを測定し、そのRの偏差が平均値に対して±3以内にあるものが15箇所あればその測定を正しいものと判断し、そのうち10箇所を取って平均しこれを1測定値とした。このようにして得た測定数52個のRの平均値は34.3である。Rからシリンダー供試体の圧縮強度Fを1式³⁾によって求めた。

$$F = -184 + 13R (\text{kg}/\text{cm}^2) \quad (1)$$

1式による強度推定値の平均値は262 kg/cm^2 、標準偏差46 kg/cm^2 、変動係数17.6%である。W2下流壁で天端から鉛直方向に0.3m、以下1.0m間隔に設定した測定点についてのRを図3に示す。図3によるとW2の深さのほぼ中央部分より下部である3.3~6.3m間のRの平均値37.4に対して、天端から0.3~2.3m間のRの平均値は33.4で、89%である。このことは強度において約50 kg/cm^2 程度の低下を意味する。また1式による強度推定値262 kg/cm^2 は、コア供試体の圧縮強度平均値379 kg/cm^2 の69%に過ぎない。これは1式が地中壁コンクリートのような単位セメント量の多い、そして篩目められない場合のコンクリートにおいては少しも適当でないためではないかと考える。

6. 配合推定

非破壊試験の結果から、連続地中壁コンクリートの品質は、鉛直方向に変動する傾向を有すること認められる。この点を一層明確にするために、W5下流壁の天端および若着部にホーリング供試体を採取し、硬化コンクリートの配合を推定した⁴⁾。試料は天端部分および若着部分について各々3個とした。骨材が表乾状態のときの単位量と、原配合に対する比率を表3に示す。配合推定結果からみる

と、連続地中壁の天端部分および岩着部分のコンクリートは示方配合に比較してセメント量が少なく、水量が多くになっているようである。この傾向は天端部分コンクリートの方に強くみられ、示方配合量に対する比率はセメント量93%、水量109.2%、骨材量96.7%である。このため、水セメント比は示方配合の水セメント比(50%)の117.6%に達している。

7. 顕微鏡観察

連続地中壁コンクリートの施工時に用いられるベントナイトがセメントの水和におよぼす影響を検討するため、W5下流壁天端部および岩着部の硬化コンクリートの薄片を鉱物顕微鏡写真によって観察した。その1例を写真3に示す。ベントナイトは凝灰岩や石英粗面岩などの火山噴出物の風化および続生作用でできたものでシリカを主成分とする。そのため、コンクリート中の水和物中でベントナイトの影響を判定するためにはベントナイト混入量の大きい場合の水和物の状態についてあらかじめ確認しておく必要がある。本試験ではそうした準備がなされなかったためもあり、水和物に対するベントナイトの影響は明確には観察されなかった。

8. むすび

本ダムに採用したO.W.S.工法による連続地中壁のコンクリートは、ホーリングコア供試体による圧縮強度は $\sigma_{pr}=37.9\text{kg/cm}^2$ 、変動係数は16.1%であり、また超音波伝播速度は 4.55km/s 、変動係数2.6%で良好な品質であった。しかし、非破壊試験結果によれば連続地中壁コンクリートの品質は鉛直方向に変動する傾向を有することが認められ、岩着部分および天端部分の圧縮強度は中央部分に比較して、シュミットハンマー測定結果では最大約 50kg/cm^2 、超音波伝播速度測定結果では最大約70~90 km/s の低下がみられた。また、配合推定結果からも天端部分において示方配合に対して水セメント比が大きくなっていることが認められた。この原因としては、岩着部周辺では注入コンクリートの流れが複雑でコンクリートが不均一になりやすいと考えられ、他方天端部分つまり打上り面では、コンクリート注入中に、ベントナイト泥水に接触しながら上昇する時間が長いことおよびフリージングの影響によるものと考えられる。なお、これらの点については今後一層の検討がなされるべきであろうと考えられる。

おわりに本研究を進めるに当たり御協力いただいた麻生産業(株)田川工場泊正雄氏、福田一徳氏、大林組九電玄海工事事務所、西日本技術開発(株)ならびに関係各位に厚く感謝致します。

参考文献 1)明石外屯樹;コンクリートの非破壊試験法

2)田代,是石;塚原ダムコンクリートの材令30年試験 セメントコンクリートNo.304, June 1972.

3)日本材料学会実施コンクリート強度判定法委員会報告 シュミットハンマーによる実地コンクリートの圧縮強度判定方法指針.

4)セメント協会コンクリート専門委員会報告F-23,硬化コンクリートの配合推定に関する共同試験報告.

5)尾坂,小池,連続地中壁の設計施工に関する基礎的研究上下コンクリートジャーナルVOL.10 No.2, No.3, 1972.

表3 コンクリートの配合推定(単位量一骨状表乾)

項目 試体 NO	推 定 配 合				原配合に対する比率(%)			
	C (kg)	W (kg)	A (kg)	W/C (%)	C	W	A	W/C
上-1	357	199	1,779	55.7	96.5	107.6	96.1	111.4
上-2	339	195	1,803	57.5	91.6	105.4	97.4	115.0
上-3	336	213	1,786	63.3	90.8	115.1	96.5	126.6
平均	344	202	1,789	58.8	93.0	109.2	96.7	117.6
下-1	355	202	1,779	56.9	95.9	109.2	96.1	113.8
下-2	364	204	1,768	56.0	98.4	110.3	95.5	112.0
下-3	355	195	1,786	54.9	95.9	105.4	96.5	109.8
平均	358	200	1,778	55.9	96.8	108.3	96.1	111.8

写真3 コンクリートの水和物の状態×50

