

潜水管理システムの開発とダム貯水池における潜水作業への適用

鹿島建設(株) 正会員 ○椿 治彦 小川 雄一郎 海瀬 芳治
(有)ソクテック 村上 高志

1. はじめに

長安口ダムでは、洪水調節能力を増強させるため、既設堤体を大規模に切削して新たな洪水吐ゲートを2門増設し、減勢工を改造する再開発事業を行っている。本工事は、一連の改造事業のうち、堤体切削を行うための仮締切りを兼ねる予備ゲート設備を先行設置する工事で、次期工事に引渡して完了となる。

本報文では、ダムの運用を継続しながら貯水位を下げずに施工する予備ゲート設備の潜水作業(図-1)について、潜水管理システムを構築し、高気圧障害の発症リスクを低減する安全管理を実施したので報告する。

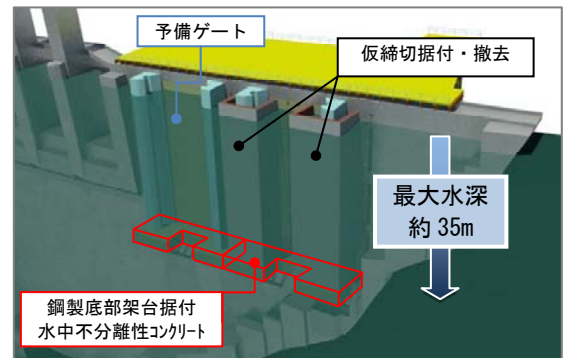


図-1 長安口ダムでの潜水作業

2. 潜水作業の課題

予備ゲートを先行設置する本工事の作業のうち、ダム天端仮設構台設置と予備ゲートピアの構築を除き、その他は全て潜水作業である。工事工程表を表-1に示す。約4年6カ月の全体工期で、潜水作業が3年以上と長期間に及ぶことから、延べ潜水時間が非常に長くなることが想定された。

表-1 工事工程表

工 種	作業内容	2012年度				2013年度				2014年度				2015年度				2016年度				備 考
		6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12	3	
指定仮設工	ダム天端仮設構台																					
構造物取壊し工	堤体上流面張出部撤去																					
	堤体上流フーチング撤去																					
不陸整正工																						
底部架台工	据付・水中コンクリート																					
仮締切据付・撤去工	据付																					
	撤去																					
予備ゲートピア工	高流動コンクリート																					
予備ゲート据付工	据付																					

また、底部架台の据付は、空気潜水としては非常に深い部類となる潜水深度 35mでの作業である。そのため、高気圧障害の発症リスクが高い。ここで高気圧障害のうち、最も発症リスクが高いものは減圧症である。減圧症の発症割合は一般的に 0.2%程度とされているが、その発症をゼロにすることは物理的に不可能であるものの、低減することは可能であるとされている。

減圧症の発生を抑制するためには、①正確な最大作業水深の把握、②適切な水中停止位置と減圧時間の設定および遵守、③浮上速度の遵守等が必須である。しかし、本工事の潜水作業は、作業場所(水深)の移動が頻繁に行われることから、最大作業水深を正確に把握することが困難である。例えば停止位置は、下がり綱を目安にする、浮上速度は、一般的な方法に準じれば、潜水士の排出気泡より遅い速度で浮上するといった定性的なものにならざるを得ない。さらに、これらが適切に行われているかは潜水士に一任せざるを得ないことから、減圧症の発生リスクが高くなることが懸念された。刻々と位置が変化する潜水士の水中位置を正確に把握し、適切な減圧が行われていることをどのように管理するかが課題であった。

3. 潜水管理システムの開発

上記の課題を踏まえ、圧気工事で使用されている入函管理システムを潜水作業向けに改良し、減圧状況をリアルタイムに確認できる潜水管理システムとして開発することとした。図-2に概要を示す。

潜水管理システムは、以下の3つの特徴を有する。

キーワード ダム、再開発、潜水作業、安全管理、潜水管理システム、減圧症

連絡先 〒760-0050 香川県高松市亀井町 1-3 鹿島建設(株)四国支店 TEL 087-839-3111

- ① 潜水者に水圧計を取り付けることで、潜水中の水深を自動的に計測し、台船上のパソコンでリアルタイムに表示できる。
- ② 潜水者の潜水時間、最大潜水深度等の潜水記録を自動的に検知・記録することで、適正な減圧テーブルを選定する。
- ③ 減圧時には、潜水記録に基づいた適切な減圧指標グラフ(理想値)に減圧グラフ(計測値)をリアルタイムに重ね合せる。

これらにより、これまで潜水士に任されていた減圧を台船上の潜水管理者が一元的に管理できるため、理想的な減圧に近づけることができると考えた。



図-2 潜水管理システムの概要

表-2 圧力式水位センサの諸元

型 式	HM-300-50-100	センシズ社製
定格圧力	50mH ₂ O	
精 度	±0.3%F.S.以下	150mm以下
使用温度範囲	-10 ～ 50℃	
材 質	本体：SUS316	
重 量	本体部：約300g	

4. 潜水管理システムを使用した安全管理

通常の現場では、潜水管理者が、潜水士からの情報をもとに最大潜水深度と潜水作業時間に応じた減圧テーブルをグラフ化して、減圧停止位置などを指示することが一般的である。しかし、本工事では、潜水管理システムを導入することで、圧力式の水圧センサ(表-2、写真-1)を用いて潜水士の作業水深を自動的に計測して最大作業水深を記録し、作業状況に応じた減圧テーブルを表示するとともに、同一画面上で実際の潜水士の減圧状況をトレースすることができるようにした(図-3)。4人1セットの潜水管理システムを2隻分導入し、同時に2人の減圧中に2人の潜水作業を確認できるようにした(写真-2)。

なお、過去の潜水記録データの閲覧と潜水作業日報等の管理帳票を自動的に作成することもできる。

本システムにより、減圧管理を見える化することができた。潜水士の減圧状況がリアルタイムに表示され、潜水管理者や担当職員が視覚で直接確認できることから、減圧過程における潜水士の人為的なミスを防ぎ、減圧症の発生を抑制することが可能なシステムとなった。



写真-1 圧力式水位センサ

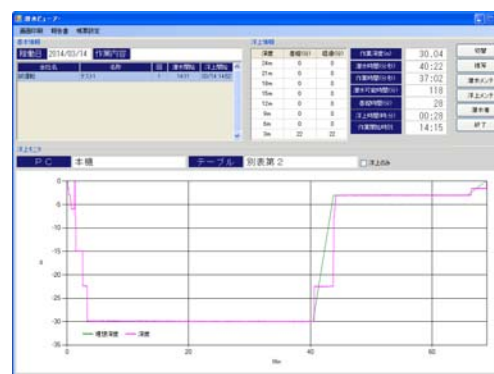


図-3 潜水管理システムのモニタ画面

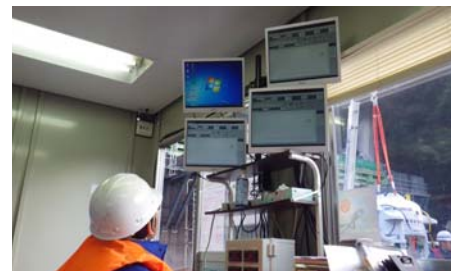


写真-2 減圧管理の状況

5. 高気圧則の改訂に準拠したシステムの改良

潜水管理システムは、旧高気圧作業安全衛生規則(高圧則)に則ったシステムで構築し、平成26年2月より本格運用を開始したが、平成27年4月に高圧則の改正がなされたことを受け、これに適合するようシステムの改良を行った。主な改良点は、全ての許容最大不活性ガス分圧(M値)が、高圧則の計算で求められる数値を上回らない減圧表を採用したこと、および1か月と1週間当たりの潜水者の酸素ばく露量が規定値を超えないようにするために潜水者の潜水作業内容に応じた酸素ばく露量を計算する機能を追加したことである。

6. まとめ

潜水作業における高気圧障害の発症リスクを低減する安全管理のうち、最も重要な事項は、最大潜水深度に応じた減圧テーブルの決定とその遵守であると考え、これを一元管理できるシステムをダム工事に適用した。

長安口ダムにおける潜水作業は、3年を経過し、延べ12,200人の潜水士が作業し、潜水時間は約8,500時間が経過した。統計的に見れば、25人程度の減圧症が発症してもおかしくない状況であるが、潜水管理システムを用いて協力会社、職員が一丸となって安全管理を行った結果、現在まで無事故・無災害を継続中である。