

II-11 バーチャルリアリティを用いた施設管理システムの開発

Development of Facility Management System Based on Virtual Reality

吉田武司¹・沼田太郎²・山口修平³

Yoshida Takeshi, Numata Taro, and Yamaguchi Shuhei

抄録：施設の維持管理では、問題発生の頻度や規模、管理者の経験や知識ならびに緊急度の有無に係わらず、所定の機能を保持していくことが求められる。また、施設の維持管理段階においては、各施設の点検、修繕等の履歴及び運転状況のモニタリング情報が逐次更新されるため、これら大量の情報を効率よく集約し、維持管理業務へ活用していくことは、効率的な施設管理の第一歩である。本稿はダムに焦点をあて、調査・設計・施工に従事していない技術者でも容易にダム施設の状況を把握できるよう、3次元モデル（VR）により表現した空間情報を基本とし、この空間上に従来から蓄積されてきた情報を管理するダム施設管理システムの開発と導入効果を評価したものである。

キーワード：維持管理，3次元モデル，バーチャルリアリティ，Webアプリケーション

Keywords：Facility Management, 3D-Model, Virtual Reality, Web Application

1. はじめに

昨今の施設管理の現場では、経験豊富な技術者の退職、維持管理費の削減等が進んでおり、将来的にもこうした流れは続くものと予想される。また、職員の異動等に伴い、調査・設計・施工に従事していない技術者が施設管理に従事することも多くみられる。そのため、施設事業において得られた技術的な知見は蓄積され分かりやすい表現方法にて伝承していくことが求められる。

従来から、調査・設計・施工の各段階で得られた知見は、2次元の図面として表現され蓄積されてきた。2次元の図面は、施設維持管理を行う上での重要な基礎資料の一つである。しかしながら、図面情報は、2次元という制約から、表現できる情報量や精度等に一定の限界がある。また、地中や構造物内に埋め込まれる埋設施設などは、施設完成後には、目視で確認することが困難な状況になる。このため、調査・設計・施工に従事していない技術者が施設管理に従事した場合、複数の2次元の図面と現地における目視の確認だけでは、施設の立体的な状況を正確に把握するために時間を要することとなる。

そこで、ダムに焦点をあて、仮想の3次元空間にダム施設の状況を再現したVR（Virtual Reality）を活用したWebシステムによるダム維持管理システムを開発した。ここにシステムの紹介と導入効果につ

いて述べる。

2. 現状におけるダム管理情報の課題

現状のダム維持管理における情報管理の課題について以下に整理する。

(1) ダム管理施設

ダム堤体およびその周辺には、長期にわたってダムがその能力を発揮するために必要な施設・設備が3次元空間に複雑に配置されている。

維持管理段階において、施設・設備の状況を把握するためには、保管されている完成図書から建設当時の図面を参照するとともに現場で目視により確認することになる。

しかしながら、図面はその施設・設備に特化して表現されたものが多く、ダム堤体との位置関係などを把握するためには、複数の図面を参照し、立体的な構造を把握することとなる。また、埋設計器やケーブルは目視で確認することが困難であるため、複数の2次元の図面を組み合わせ、その状況を想定することとなる。

(2) 基礎地盤

社会基盤のなかでも最大規模であるダムといえども、ジョイントや岩盤等より漏水が起こるものである。その影響がダム機能に問題無いものなのかを既存資料（図面やモニタリング結果）から検討・判断

1：正会員 八千代エンジニアリング株式会社
(〒161-8575 東京都新宿区西落合 2-18-12, Tel :03-5906-0153, E-mail : t-yoshida@yachiyo-eng.co.jp)

2：非会員 八千代エンジニアリング株式会社

3：非会員 八千代エンジニアリング株式会社

し、場合によっては対処しなければならない。また、緊急時の対応として、地震によるダム堤体の挙動の影響把握や貯水池地すべり時の水位低下における安定性の観察を行うことも考えられる。この様に大規模構造物を管理するにあたっては、迅速且つ確実に情報を把握し対処する必要がある。

このような場面において、調査・施工段階で知り得た基礎地盤情報（地質・基礎処理情報）は、ダム堤体および貯水池の安全管理において、漏水や地すべりの原因を検討する上で貴重な情報となる。

しかしながら、基礎地盤の状況は、実物を目で確認することが困難であり、図面やコア写真などで確認することとなる。さらに図面による検討では、複数枚の2次元の図面から立体的な基礎地盤構造を把握する必要があり、時間を要することとなる。

（３）長期にわたるダム事業

ダム事業で得られる技術的な知見は、ダム本体建設のほか、貯水池、付替道路、環境保全、周辺の管理設備といった多様な分野にわたる。また、事業の進展にしたがって生成される情報は、増加の一途をたどる。

これら膨大な情報の管理は、人の手による管理だけだと情報抽出の効率化や分野間を連携する利活用の面において限界がある。また、ダム建設段階で蓄積された情報は、維持管理段階における有用な情報

として長期にわたり引き継がなければならない。

３． ３次元モデルの構築

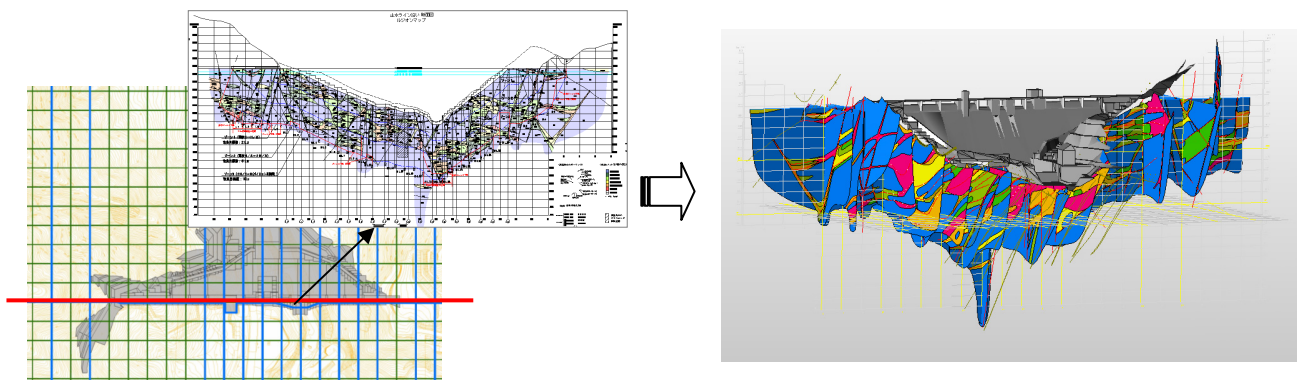
以上のダム管理に関する課題から VR を活用した情報管理に着目した。3次元情報であるVRは、人間が日常的に視覚で情報をとらえている状況と同じ環境を提供することができ、正確な位置や状態を瞬時に把握できるという大きなメリットを有している。

そこで、以下に示す情報を3次元化した。

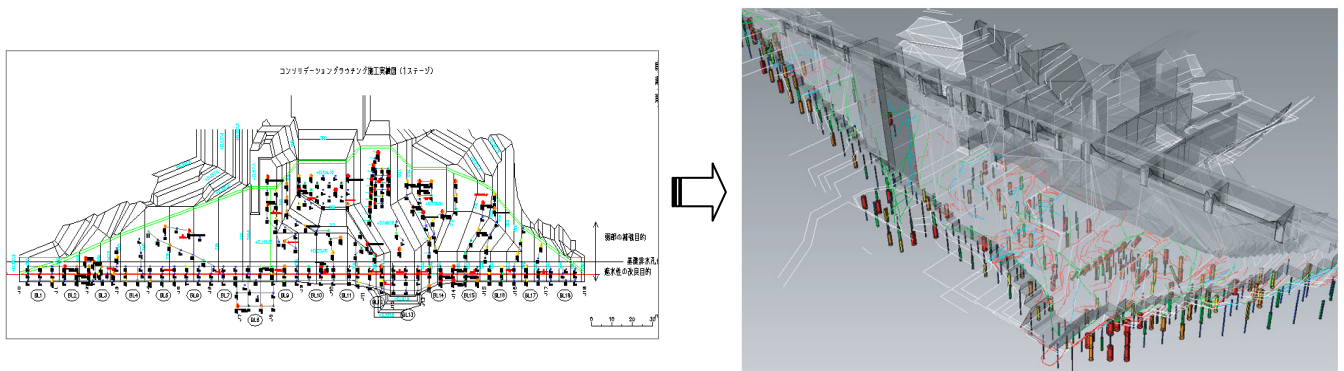
（１）地質情報

調査・施工段階で得られた2次元の地質断面図を活用し、パネルダイアグラムを作成した。ダム堤体付近では、ダム軸を中心にグリッド上に地質断面図が作成される。各断面側線を絶対座標に整合させ、複数の断面図を3次元化した。また、ダム堤体の安全性に影響を及ぼす可能性が高い地すべり面および割れ目の面は、コンターから3次元の面を作成した（図－１参照）。

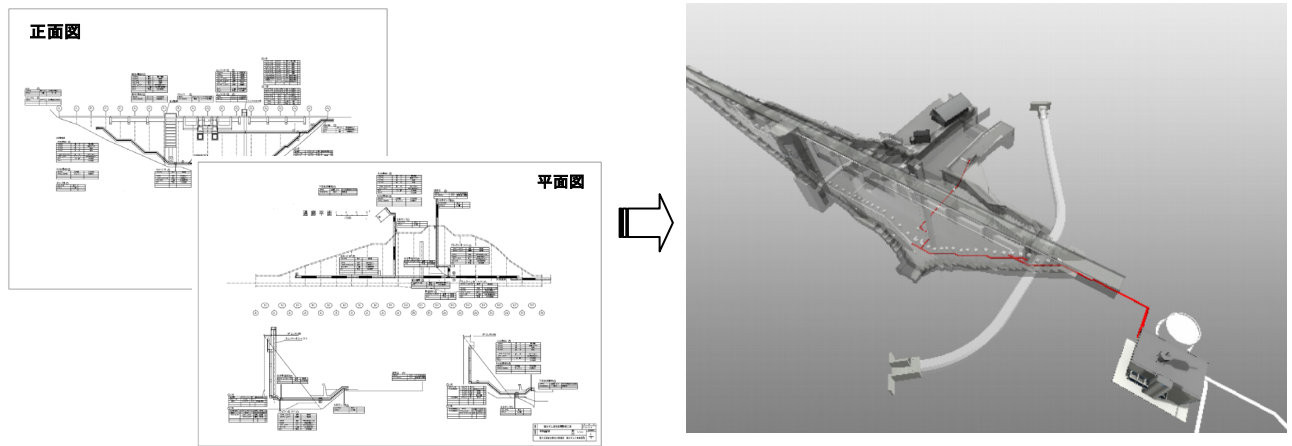
これにより、複数の2次元の図面から3次元的にイメージする必要があった作業を大幅に短縮することができ、立体的に水みちとなる岩盤の割れ目や地すべり面を瞬時に把握することができるようになった。熟練技術者は、自らがイメージした地質構造を確認でき、経験の少ない技術者でも、熟練技術者と同等の状況把握ができ、問題解決に向けて時間を有



図－１ 地質情報の３次元化



図－２ 基礎地盤情報の３次元化



図－3 施設情報の3次元化

効に活用できることとなった。

(2) 基礎処理情報

施工段階で得られた2次元の基礎処理実績図を活用し、注入実績を3次元化した。注入実績は、ルジオン値および単位セメント注入量のデータから構成されており、円柱の太さ、色、長さにより直感的に把握できるように工夫している（図－2）。

基礎処理情報の3次元化により前項と同様の効果が得られるようになった。

(3) 施設情報

ダム堤体周辺の施設・設備の図面を活用し、3次元化した。地形には、LP（レーザプロファイラ）データに航空写真を重畳し、さらに掘削平面図を元に堤体との整合を図った上で、堤体をはじめとする各施設・設備を3次元化した。特に埋設計器、ケーブルなどダム完成後には目で確認することが困難となる設備は、監査廊からの位置関係が把握できるように、堤体表面を透過表示できるものとした。

3次元化した施設は、個々の識別ができるようにモデル化し、施設別に属性情報と連携できるものとした（図－3）。

4. Web版VRシステムの構築

(1) システム概要

3次元化した様々な情報は、任意の視点から確認できるメリットがある。この情報を維持管理の観点から有機的に活用するためのシステムを構築した。システム構築にあたっては、以下に示す内容を基本思想とした。

- 1) 堤体の安定性や施設の維持補修に対して必要な情報が簡単に入手できること
- 2) 調査・設計・施工段階に従事していない技術

者でも容易に基礎岩盤・基礎処理結果・施設配置状況が把握できること

- 3) 高度なパソコン知識がなくとも誰でも簡単に利用できること
- 4) 将来、情報公開への拡張が容易にできること

以上のことより本システムは、3次元モデルを任意の視点から拡大・縮小できるダイナミックなコントロール機能、データベース機能を備えたWebシステムとして構築した。

本システムにて管理する情報項目を表－1に示す。

表－1 情報項目一覧

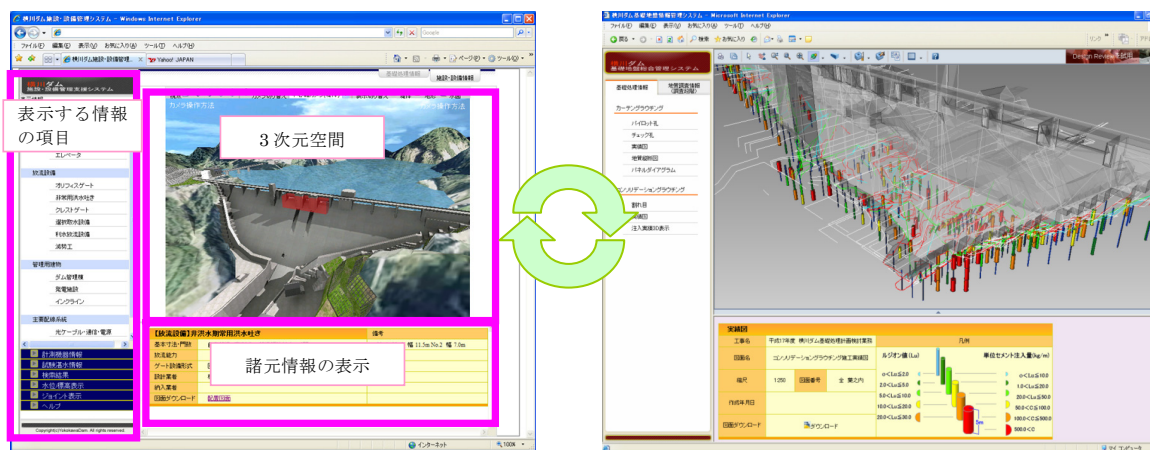
分類	項目		表示情報	
情報調査	調査ボーリング		位置・柱状図・コア写真・ボアホールスキャナ	
	横坑		位置・壁面展開図	
基礎処理情報	カーテニング グラウチング	パイロット孔		位置・柱状図・コア写真・ボアホールスキャナ
		チェック孔		
		実績図		図面
		地質縦断面図	地質区分	図面
			岩級区分	
			ルジオンマップ	
		パネルダイアグラム	地質区分	3次元モデル
			岩級区分	
	ルジオンマップ			
	コンソリデーショングラウチング		3次元注入実績、実績図、割れ目平面図	
施設情報	ダム堤体		3次元モデル・諸元情報・図面	
	放流設備			
	管理用建物			
	主要配線系統			
計測機器情報	漏水量計測設備			3次元モデル・諸元情報・図面
	変位計測設備			
	揚圧力計測設備			
	地震動計測設備			
	貯水位計測設備			

(2) システムの特徴と機能

3次元空間（VR）を情報管理のプラットフォームとして利用することで「どこに何がある」というこ

表－２ 基本機能一覧

No.	システム利用のシナリオ	機 能
1	施設および設備の空間的な位置を把握する	表示切り替え
2		■ 堤体の透過 ■ 地形の表示・非表示 ■ 水面の表示・非表示
3		3次元モデル制御
4		■ 3次元モデルの拡大・縮小・回転
5		カメラ切り替え
6		■ 自由飛行カメラへの切り替え ■ 堤体中心軸カメラへの切り替え ■ 天端歩行カメラの切り替え
7	施設・設備位置表示	施設・設備位置表示
8		■ 選択した施設・設備のハイライト
9		■ 規定水位面および任意水面の表示
10	ジョイント表示	ジョイント表示
11		■ 指定したジョイント面の表示
12	施設・設備諸元表示	施設・設備諸元表示
13		■ 選択した施設・設備に関する諸元の表示
14	図面表示	図面表示
15		■ 選択した施設・設備に関する図面の(PDF)表示
16	施設・設備の維持・修繕業務の効率化、合理化のための基礎情報を把握する	GIS システムへのリンク
17		■ 選択した施設・設備に関する詳細情報画面の表示



図－４ 画面構成

とを直感的に把握できるものとした。構築したシステムの基本機能一覧を表－２に、画面構成を図－４に示す。

画面は、「表示する項目を選択するエリア」、「3次元空間エリア」、「諸元情報エリア」の3つのエリアとした。3次元空間の操作方法は、マウス操作とキーボード操作の両方を用意し、利用者が選択できるよう配慮した。

5. システム導入効果に対する評価

本システムの導入により、維持管理に資する情報収集の時間短縮が図られた。また、VRを用いることで人の目では確認できない地中や堤内の埋設計器などの情報を瞬時に確認できるメリットもある。

例えば、これまで異常な漏水が発生した場合には、収集した複数の2次元の資料を、管理者自らが立体化し状況を把握した上で原因を検討していたが、本システムでは、その地点での地盤の構造を瞬時に把握でき、早急な対応策の検討が行えるなど、多くの作業が効率化している。また、今後、異動してくる

職員がこのシステムを用いることにより、ダム の状況をすぐに理解できる内部職員向けのツールの他、ダム見学者への説明用ツールとしても活用されている。

以上より、ダム管理の経験の無い技術者が、本システムを用いることで、ダム の状況をすぐに理解できる点においては大きな成果である。また、ダム情報を3次元化することは、管理者が問題箇所の原因などを検討する際、正確な状況を3次元的に確認できるため、的確な判断が下せる有効な手段の一つであることが確認できた。

今後は、ダムコンからの計測情報との連携の他、1つのダム事務所だけではなく、下流側の関連機関とのリアルタイム情報の共有や、VRを活用した分かりやすい情報提供が可能であるため、一般住民向けの情報提供ツールとしての拡張を行っていく予定である。