

三次元C A Dによる リニューアル工事の情報化施工

寺本 淳一¹・五味 篤暁²・鈴木 伸康¹・武田 節造³

¹正会員 鹿島建設株式会社 土木設計本部（〒107-8502 東京都港区赤坂6-5-30）

²鹿島建設株式会社 土木設計本部（〒107-8502 東京都港区赤坂6-5-30）

³三高ダム鹿島・飛島・大末J V工事事務所（〒737-2316 広島県佐伯郡沖美町三吉320）

土木・建築構造物のリニューアル工事では、新設工事とは異なった厳しい条件下で解体・構築作業が行われるケースが多い。なかでも、多くの工種で構成される構造物（ダム・工場施設他）については、作業内容の洗い出しや作業工程の調整が非常に複雑な作業となっている。そこで、従来から実績のある三次元C A Dシステムの高機能化を図り、建設現場の三次元モデルに時間的要素を加えることにより、最適な作業内容や作業工程を比較検討できる施工シミュレーションシステムを開発した。

キーワード:三次元C A D, 情報化施工, リニューアル, ダム, 施工シミュレーション, 工程管理

1. はじめに

近年、少子高齢化の急速な進展による生産年齢人口の減少や財政面での制約、環境問題への関心の高まりなどを背景に、品質、コスト、安全、環境を含めた建設生産活動のさらなる合理化が求められている。

一方、情報産業における通信技術などの技術革新の進展は目覚ましく、建設分野でもこれらの情報化技術（I T）を活用した合理的な建設生産システムの開発と普及が望まれている。

当社では、情報化技術の活用の一環として、三次元C A Dを用いた施工支援システムを多様な工事に適用し、多くの実績を積んできた。三次元C A Dを用いるメリットを以下に示す。

- (1) 膨大な工事データを視覚的に整理できる。
- (2) 計画・設計段階におけるデータの引継ぎが容易である。
- (3) 施工段階における出来形把握が容易である。
- (4) 測量技術との融合によりさらなる施工の合理化が期待できる。
- (5) 設計者・施工者間で構造物と施工手順のイメージを共有化できる。

これらのメリットを生産プロセスにおける一連のシステムとして機能させることで、建設プロジェクトのさらなるコストダウン、品質・安全性の向上を

実現することが可能である。

今回、従来から運用している三次元C A Dシステムの高機能化を図り、ダムリニューアル工事に適用した。その結果、良好な成果を得たので以下に報告する。

2. 三次元C A Dシステムの概要

従来からダム工事に適用しているダム情報化設計・施工支援システム及びリニューアル工事を対象に新たに開発した施工シミュレーションシステムについて以下に紹介する。

(1) ダム情報化設計・施工支援システムの概要

ダム工事では、準備工事、堤体掘削工事、グラウト工事、仮設備工事、堤体コンクリート工事、付帯設備工事などを相互に関連させながら施工する必要がある。広域かつ急峻な地形を対象としたこれらの工事の計画策定、出来形管理や施工中の計画変更への対応にこれまでは多大の労力を要してきた。

これらの作業を改善するために、三次元C A Dを用いて各施工段階で発生する様々な情報のタイムリーな処理と高精度化を図るべく、ダム情報化設計・施工支援システムを開発し、ダム工事で活用している。

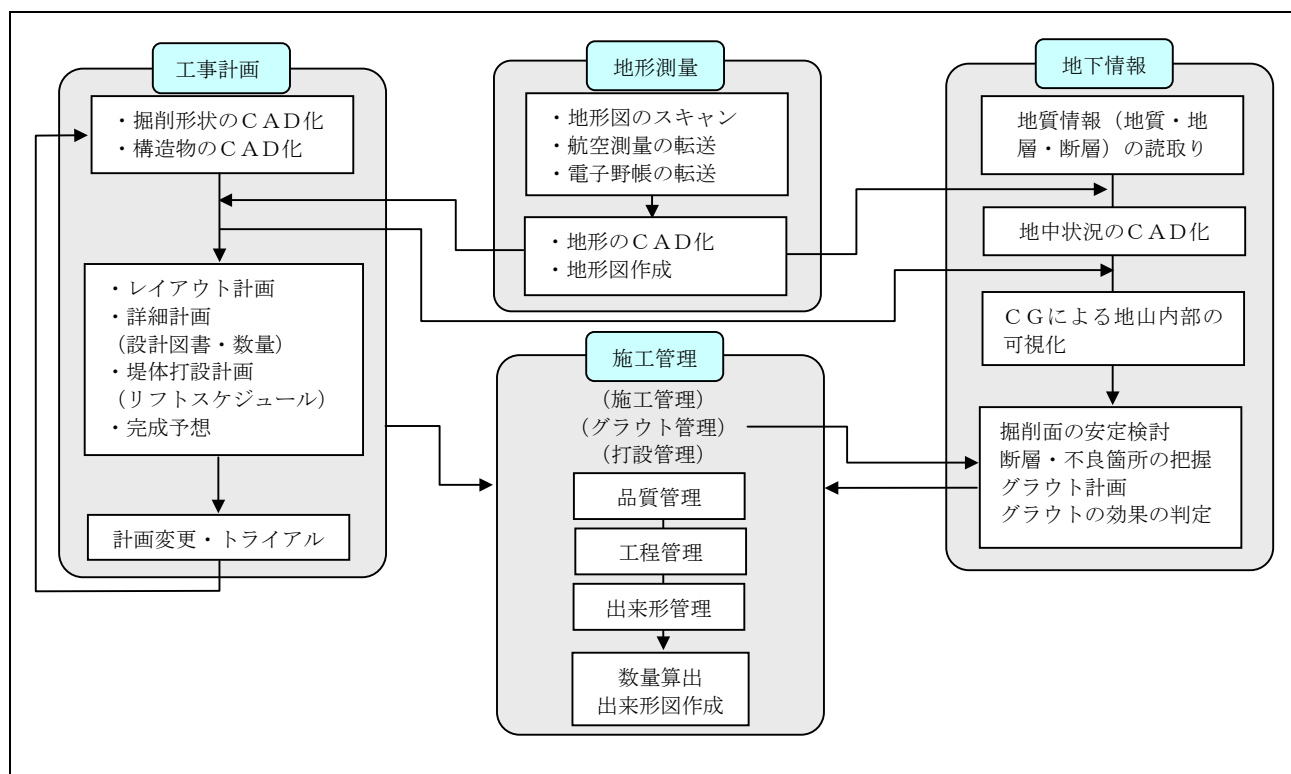


図-1 ダム情報化設計・施工支援システム構成図

図-1に示すように、本システムは、三次元CADデータとして地形測量結果、地下情報(地質・地層・断層)、工事計画(掘削形状、構造物形状)などの計画情報を入力し、レイアウト計画、各工事の詳細計画、打設計画を行うとともに、工事進捗に伴う施工管理情報(工事出来形)を用いて出来形管理を可能とするCADシステムである。

(2) リニューアル工事中システムの開発

一般に、リニューアル工事では、「既存施設を維持しながらの施工になる」、「作業空間が狭隘である」、「解体と構築が同時作業になる」などの様々な制約があり、新設工事とは異なる厳しい条件下で作業しなければならないケースが多い。そのため、作業内容の洗い出しや作業工程の調整が非常に煩雑な作業となる。特にダムリニューアル工事は多くの工種で構成されるが、工事实績が少ないこともあり、個人の経験やノウハウに依存する部分が多い。また、工期が長く、地山の状況が計画段階と異なることがあるため、工事の進捗途中で作業計画の変更も起こり得る。

そこで、作業内容や作業工程について三次元CADと連動したシミュレーションを行う施工シミュレーションシステムを開発した。

施工シミュレーションシステムの処理フローを図-2に示す。

(3) 施工シミュレーションシステムの特長

施工シミュレーションシステムは、ダム情報化設計・施工支援システムにより構築した建設サイトの三次元CADモデルに、対象工種の作業手順・作業

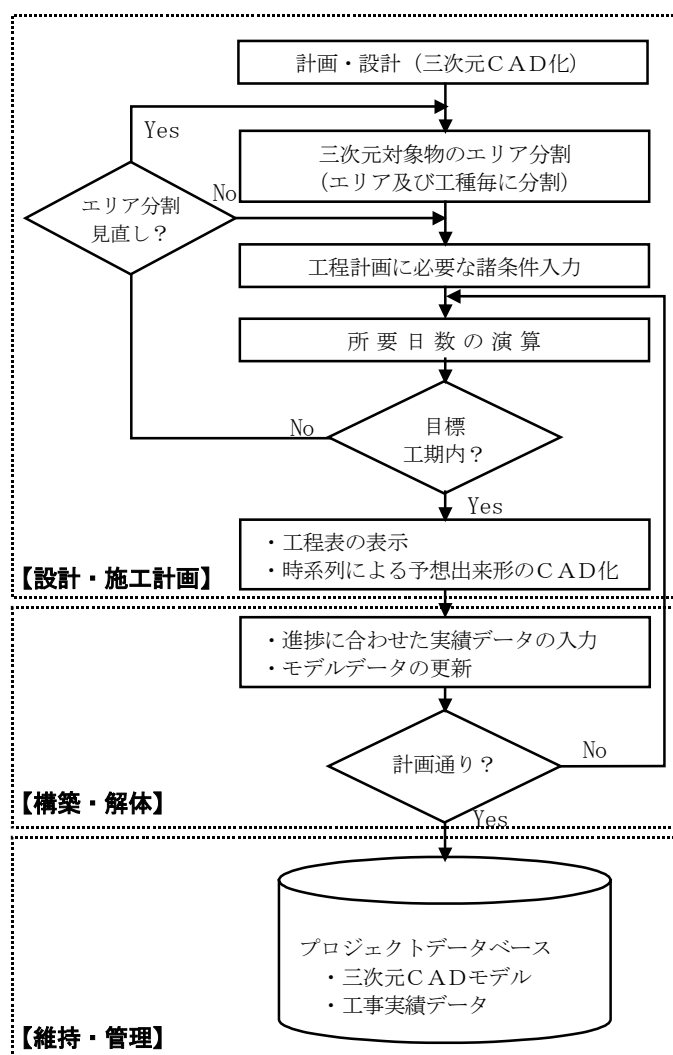


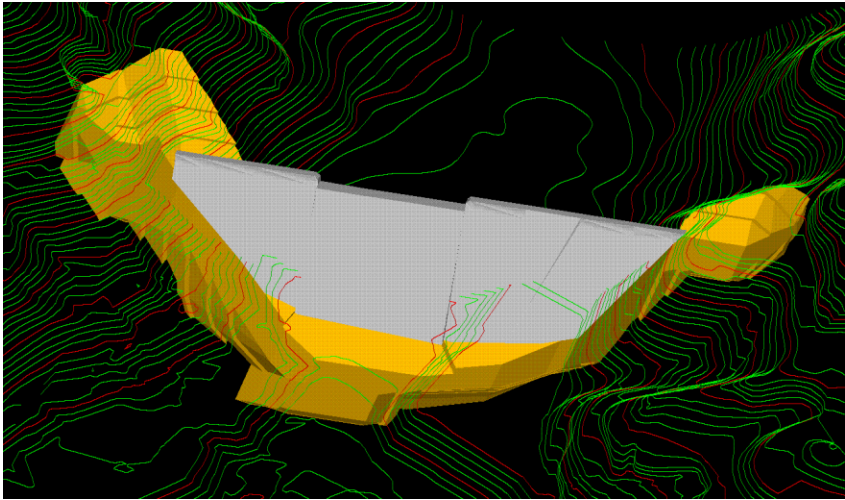
図-2 施工シミュレーションシステムの処理フロー

条件に関する情報を入力し、作業内容や工程について事前に模擬するシステムであり、以下の特長を有する。

- ① 多くの工種で構成される構造物であっても、作業内容や工程をシミュレーションできる。
- ② 三次元モデルと工程表をリンクさせてビジュアルに表現できる。
- ③ ビジュアル化により、設計者並びに工事関係者間の構造物・施工手順イメージの共有化が図れる。
- ④ 工事实績データの入力により、出来形・出来

高数量を管理できる。

- ⑤ 施工中の計画変更・追加に対しても、実績データを入力することにより、作業内容や工程を現場のコンピュータを用いて迅速に再シミュレーションし、設計変更に対応できる。
- ⑥ 本システムに入力された工事情報は全てプロジェクトデータベースとして蓄積され、技術ノウハウの標準化と施工情報の共有化が図れる。



堤体及び掘削形状三次元CADモデル



連動

ブロック番号

リフト 番号	ブロック番号		ブロック番号				
	開始EL	終了EL	1	2	3	4	5
59	113.25	114	2002/10/19 1:28	2002/10/19 2:24	2002/10/19 3:19	2002/10/19 4:14	2002/10/19 5:09
58	112.5	113.25	2002/10/14 10:34	2002/10/14 11:48	2002/10/15 1:13	2002/10/15 2:26	2002/10/15 3:39
57	111.75	112.5	2002/10/9 3:27	2002/10/9 4:36	2002/10/9 5:44	2002/10/9 6:52	2002/10/9 8:01
56	111	111.75	2002/10/5 1:39	2002/10/5 2:49	2002/10/5 3:58	2002/10/5 5:08	2002/10/5 6:18
55	110.25	111	2002/9/30 10:26	2002/9/30 11:36	2002/10/1 1:09	2002/10/1 2:19	2002/10/1 3:28
54	109.5	110.25	2002/9/25 10:19	2002/9/25 11:30	2002/9/26 1:10	2002/9/26 2:21	2002/9/26 3:32
53	108.75	109.5	2002/9/20 5:13	2002/9/20 6:24	2002/9/20 7:34	2002/9/20 8:45	2002/9/20 9:56
52	108	108.75	2002/9/16 3:37	2002/9/16 4:49	2002/9/16 6:01	2002/9/16 7:13	2002/9/16 8:25
51	107.25	108	2002/9/10 7:02	2002/9/10 8:14	2002/9/10 9:26	2002/9/10 10:38	2002/9/10 11:50
50	106.5	107.25	2002/9/6 5:20	2002/9/6 6:33	2002/9/6 7:46	2002/9/6 9:00	2002/9/6 10:13
49	105.75	106.5	2002/9/2 3:27	2002/9/2 4:46	2002/9/2 6:06	2002/9/2 7:25	2002/9/2 8:44
48	105	105.75		2002/8/27 5:01	2002/8/27 6:28	2002/8/27 7:56	2002/8/27 9:24
47	104.25	105		2002/8/23 3:01	2002/8/23 4:36	2002/8/23 6:10	2002/8/23 7:45
46	103.5	104.25		2002/8/17 1:43	2002/8/17 3:26	2002/8/17 5:09	2002/8/17 6:52
45	102.75	103.5		2002/8/7 1:50	2002/8/7 3:40	2002/8/7 5:31	2002/8/7 7:21
44	102	102.75			2002/8/2 7:26	2002/8/2 9:32	2002/8/2 11:38
43	101.25	102			2002/7/29 5:27	2002/7/29 7:33	2002/7/29 9:39
42	100.5	101.25			2002/7/24 2:14	2002/7/24 4:28	2002/7/24 6:43
41	99.75	100.5			2002/7/15 11:46	2002/7/16 2:21	2002/7/16 4:43
40	99	99.75			2002/7/10 7:37	2002/7/10 10:07	2002/7/11 2:30
39	98.25	99			2002/7/3 2:37	2002/7/3 5:14	2002/7/3 7:51
38	97.5	98.25			2002/6/28 8:15	2002/6/28 11:01	2002/6/29 2:45
37	96.75	97.5				2002/6/24 2:52	2002/6/24 5:45
36	96	96.75				2002/6/17 11:14	2002/6/18 3:01
35	95.25	96				2002/6/12 9:37	2002/6/13 3:08
34	94.5	95.25				2002/6/3 6:32	2002/6/3 9:49
33	93.75	94.5				2002/5/28 3:24	2002/5/28 6:48
32	93	93.75				2002/5/21 11:22	2002/5/22 3:32
31	92.25	93					2002/5/15 10:54
30	91.5	92.25					2002/5/9 7:36
29	90.75	91.5					2002/5/2 3:55

堤体リフトスケジュール演算結果

図-3 システムアウトプット例

c) 工事の特徴

三高ダムリニューアル工事の特徴を以下に示す。

- ① 既設ダムの建設当時の資料は全く存在しない。
- ② 上流に既設ダム高の約半分にあたる17mの深さの堆砂が存在し、水位が比較的高いため、上流側からの施工は困難である。
- ③ 既設ダム下流直下を8m掘り下げる。
- ④ 渇水期間内で下流側河床部掘削からコンクリート打設を完了させる工程上の制約がある。
- ⑤ 既設水道管理事務所がダム下流にあり、仮設備用地が非常に狭い。
- ⑥ 既設ダム天端を取壊す。
- ⑦ 既設ダム下流面は老朽化が認められるため、全面を5cmチップングする。
- ⑧ 既設ダムに止水板を設置する。
- ⑨ 既設ダム上流面に取水設備を設置するため、既設ダムに貫通孔を新設する。
- ⑩ 既設ダムの基礎処理工は施工されていない。下流面の掘削に先立ち既設堤体上から実施する。

以上の特徴に見られるように、下流側からのみのアプローチとなり、非常に狭いスペースでの施工となるため、施工ステップに応じた重機配置や施工足場の検討が必要となる。また、工程上の制約があるため、最適な作業工程を現場の各状況に応じて精度良く把握しなければならない。さらに、既設ダムの取壊しや基礎処理、付帯設備追加など、新設工事の工種に加えてリニューアル工事特有の工種が混在するため、工種間の工程の調整が煩雑であった。

(2) システム適用の効果

ダム情報化設計・施工支援システムとともに、新たに開発した施工シミュレーションシステムの適用によって、以下の効果が認められた。

- ① 施工中の不確定要素による計画の変更・追加に対して、都度、シミュレーションを重ねることにより、柔軟な工程管理を実現し、制約のある工程を遵守した。
- ② ビジュアルなシミュレーション結果を打合せに利用することで、工事関係者間で施工イメージの共有化が図れ、効率的な作業の進捗はもとより、安全管理に大いに貢献した。
- ③ 複雑な出来形・出来高管理を円滑に行った。
- ④ 施工実績の少ないダム嵩上げ工事に関する工事実績などの工事情報を、今後の同種工事に対するノウハウの継承を目的に、データベースとして蓄積した。

4. 今後の展望

ダムリニューアル工事において、工程管理・品質管理・安全管理の面で、施工シミュレーションシステムの効果が確認できた。現在、同様に工種が多く、工期の制約が非常に厳しい工場施設のリニューアル



写真-1 掘削工事状況



写真-2 既設堤体下流面チップング状況



写真-3 堤体コンクリート打設状況

工事への適用も図っている。

今後、市場の拡大が予想されるリニューアル工事に施工シミュレーションシステムを積極的に展開していくとともに、新設工事を含めた様々な工事に水平展開していく予定である。また、データベースに蓄積された施工実績の運用についても、充実を図っていく予定である。

5. おわりに

三次元CADを活用した建設生産システムは、多くの建設現場で施工の合理化に効果を挙げてきた。

今後は、計画・設計・施工・維持管理といった土木構造物のライフサイクル全般に亘る一貫したシステムの構築を目指しており、様変わりする建設環境

において、次世代を支える建設技術の核として発展させたい。

参考文献

- 1) 小池 直弘：重力式コンクリートダムの高上げー三高ダム設計と施工ー，大ダム，No. 181 (2002-10)，pp. 50-67.