

ケーソン製作工程検討システムの開発

Development of a System for Examination on Caisson Manufacturing Process

鹿島 ○ 若山 尚子*
 鹿島 佐々 雄司*
 鹿島 高井 進**
 東京電力(株) 篠原 哲也***

(論文主旨)

ケーソンの据付工事は気象海象条件に大きく左右される。しかも据付工事にタイミングを合わせて、製作、陸上仮置、海上仮置、据付の一連の工事を行う必要があるため、ケーソン製作工程計画の立案はきわめて重要となる。

本システムは101函のケーソン函体を複数の函台で製作する工事のケーソン製作工程について、各種条件の変更があった場合に各函体の製作完了時期、据付可能時期がどうなるかを検討し、製作スケジュール等を最適化するツールとして新たに開発したものである。

ここでは、そのシステムの概要と、適用現場の諸条件について以下に報告する。

[キーワード]：施工, 工程計画, ケーソン製作工事, 並列ジョブ問題, シミュレーション

1.はじめに

今回対象とするケーソンは、東京電力(株)と電源開発(株)が石炭火力発電所の建設を計画している茨城県常陸那珂港第4埠頭の土地造成護岸工事に用いられる鉄筋コンクリート製護岸ケーソンである。

ケーソン工事の流れを図-1に示す。

ケーソンの製作から据付までの流れは、まず工事現場概略平面図(図-2)に示す①のケーソン製作函台でケーソンを作り、コンクリートの養生期間終了後移動台車により②の陸上仮置函台へ移動させる。そして③の縦引き函台上を移動させ、台船に乗せ、海上仮置場所に移動仮置した後、据付箇所に曳航しケーソンの据

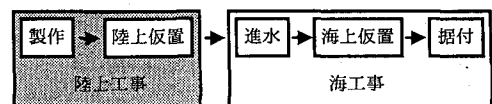


図-1 ケーソン工事の流れ

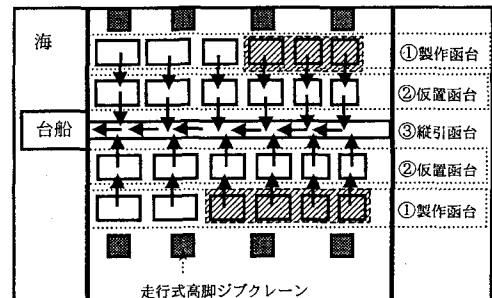


図-2 工事現場概略平面図

付を行う。

海上工事の進行は気象・海象条件によって多大な影響を受けるため、その進捗状況によっては当工事を含めたスケジュール全体の見直しが必要となる。ケーソン製作ヤードは製作函台が12函台あり、ケーソンを同

* 情報システム部 開発課
 ** 関東支店 茨城営業所
 常陸那珂火力発電所護岸工事ケーソン工区JV
 *** 常陸那珂火力建設所 土木課

時に12函製作することが可能である。このうち、他事業者工事との兼ね合いから当工事では当初図-2のハッチを施した7函台を使用し、ケーソンの製作を行う。

2. システムの目的・開発手順

製作する101函のケーソンは、設置する護岸の位置により表-1に示す8つのタイプに分けられる。

表-1 ケーソンタイプ別一覧

タイプ	寸法 (B×H×L)m	数量
4B1	13.5×12.5×20.0	9
4B2	13.4×12.5×20.0	7
4B3	15.5×14.0×20.0	11
4B4	16.5×16.0×20.0	22
4B放	13.5×12.5×20.0	4
4C	19.2×17.5×20.7	36
4F	14.9×13.5×20.5	8
4F取	17.0×13.5×21.0	4

それぞれのタイプのケーソンの製作場所と製作順序の決定に際して、従来は手作業によるトライアル&エラーの繰り返しで工程図を作成していたため、なんらかの変更が生じるとかなりの手間を掛けてスケジュール全体の再検討を行っていた。

そこで頻繁に起こるスケジューリングの作業を省力化するため

①現場で迅速に検討が可能であること。

②見やすい工程図が即座に得られること。

等を狙ってパソコンによるケーソン製作から据付までの一貫した工程管理システムの開発を行った。

3. システムの内容

(1). システム処理フロー

システム処理フローを図-3に示す。

本システムは入出力部分と工程スケジュール部分から成っている。入出力部分は市販の表ソフトを使ったが、パソコンの機種、画面表示モード(ハイレゾ、ノーマル)の違いにより、画面まわりの状況が違ってくるので現場での調整が必要となった。工程スケジュール部分は並列ショップスケジュール問題に種々の条件を組込んだ手順を開発し、パソコンで計算できるようにした。

(2). システム構成

a) ハードウェア構成

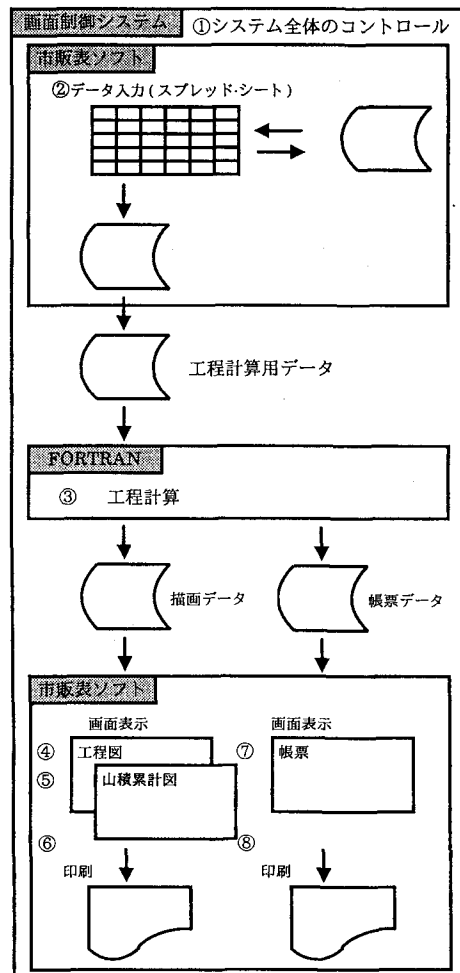


図-3 システム処理フロー

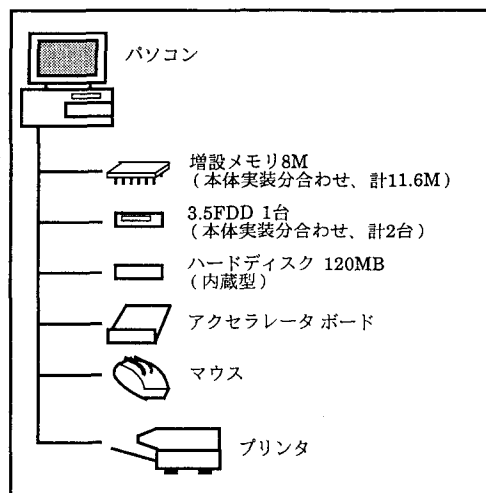


図-4 ハードウェア構成図

機器構成は図-4の通りである。

b) ソフトウェア構成

使用するソフトウェアは表-2の通りである。

表-2 使用ソフトウェア一覧

機 能	名 称
OS	パソコン用DOS
プラットフォーム	市販画面制御システム
入出力	市販表ソフト
工程計算	新規開発 (FORTRAN)
ユーティリティ	ファイル管理 ワープロ

(3).操作と処理の流れ

①システム全体のコントロール

システムを起動すると、[ケーソン工程]初期画面 (図-5) が立ち上がる。そこではデータ入力・作

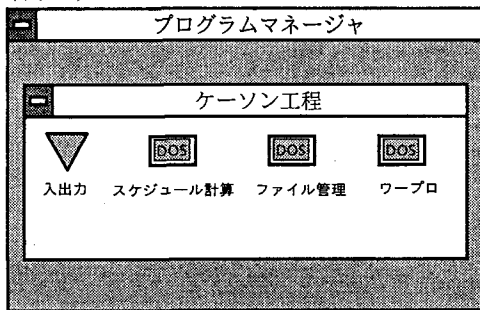


図-5 [ケーソン工程]初期画面

成、各種図表出力を行う[入出力]アイコンと、工程計算を実行する[スケジュール計算]アイコンが選択できる。

②データ入力

[入出力]アイコンを選び、メニューバーの[工程]を選んでプルダウンメニュー(図-6)から処理を選択する。入力シート(図-7)にデータを入れ、[データ生成]を選ぶと、工程計算用のデータが作成される。入力項目の一覧を表-3に示す。

③スケジュール計算

アイコンからプログラムを実行すると、自動的に工程図・山積累計図描画用のデータファイル、及び各種帳票イメージファイルが作られる。又、データ入力にミスがあった場合などはエラーメッセージが画面に表示される。

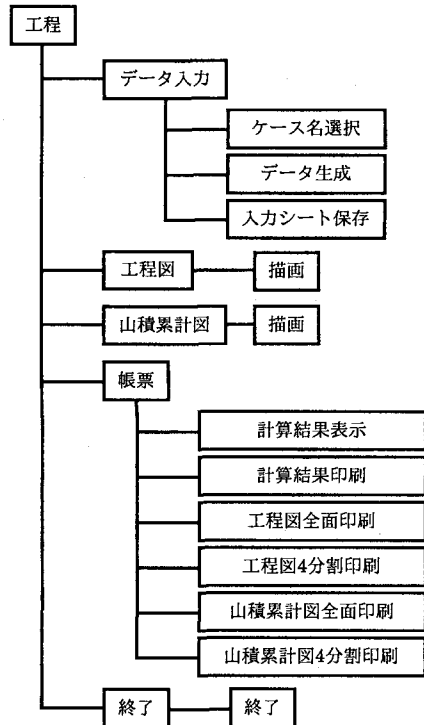


図-6 プルダウンメニューの構成図

表-3入力項目一覧表

1.	スケジュール方針 ・ ケース名 ・ 陸上仮置方針(陸上仮置最小日数、同最大日数) ・ 海上仮置移行期間 ・ 据付方針 ・ 目標工程(製作開始日、同終了日、陸上仮置終了日、海上仮置終了日、据付終了日)
2.	ケーソンタイプ別製作ネット日数
3.	月別稼働対象日数
4.	工程稼働率
5.	習熟度
6.	同一タイプ製作連続性優先順位
7.	ケーソンスケジュール表 (予定据付期間、製作・仮置・据付実績)
8.	函台ごとの再スケジュール順番
9.	異型函先行製作ケーソン
10.	海上仮置可能期間
11.	函台製作期間
12.	各函台の第1番製作ケーソン
13.	型枠転用

④工程図画面出力(図-8)

市販表ソフトのセルをひと月に対応させて28日から31日の長さにして101函のケーソンの製作及び据付工程を表示し、製作、陸上仮置、海上仮置についてその時点における総数をグラフで表示する。各々

スケジュール方針

ケース名	C123
(陸上仮置方針)	
最小日数(1)/平均(2)/最大日数(3)	1/2/3
陸上仮置最小日数	1
陸上仮置最大日数	3
もしも値が設定されないなら、次に制作するケースの 制作終了30日前とする。但し掘付1月前を制限とする。 それが最小日数より小くなる場合メッセージ出力後終了 処理へ行く	
海上仮置移行期間	2
(掘付方針)	
先頭日(1)/平均(2)/最終日(3) (この日で海上仮置から移すもの)	1/2/3
(目標工程)	
制作開始日 (通算日テーブル先頭日)	80601
制作終了日 (101箇全体の制作終了の目標)	80631
陸上仮置終了 (101箇全体の陸上仮置終了の目標)	80631
海上仮置終了 (101箇全体の海上仮置終了の目標)	80630
掘付終了日 (101箇全体の掘付終了の目標)	80630

の中にデータを入力して下さい。

以下のボタンをクリックすると、
別の入力表が表示されます。

有載度・製作連続性優先順位

ボート・コンテナ・クレーン・必要数

面台ごと再配置・必要数

データ作成終了

ケーソントップ製作ネット日数表 (必須)

タイプ	4C	4F	4FS	4B1	4B2	4B3	4B4	4B1	4B1	4B3	4B4
製作ネット日	32	46	55	48	48	48	48	32	48	48	48

月別稼働対象日数 r1 (必須)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
日数	22	22	21	21	21	23	23	26	23	23	22	21

E工程稼働率% (風、雨) r2 (必須) $r = r1 * r2$

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
日数	22	22	21	21	21	23	23	26	23	23	22	21

図-7 入力表

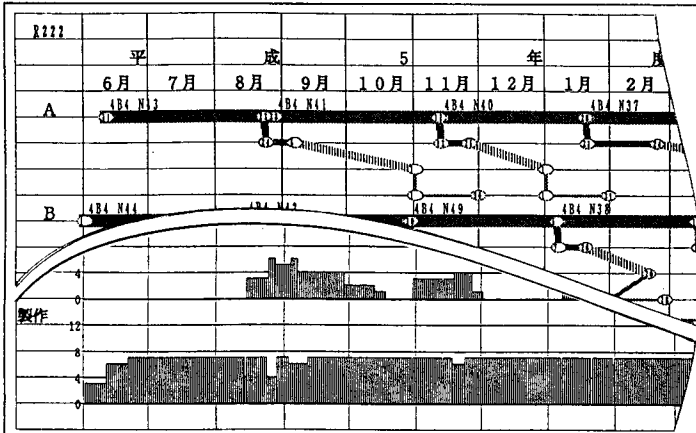


図-8 工程図

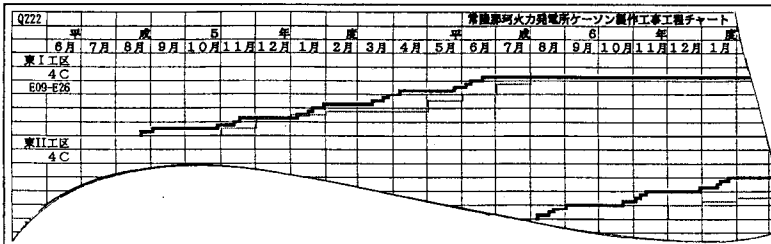


図-9 山積累計図

NO.	タイプ	番号	面台	順序	予定掘付日数	スリット	面台	製作期間	養生	陸上仮置	海上仮置	掘付期間	メダ	替	不具合
1	4B1	N01	61	C	9 70601-70630	30	C	61124-70123 70124-70206-70223 70224-70630	70601-70630	1	0				
2	4B1D	N02	67	C	13 80601-80630	30	C	70813-71018 71019-71101-80118 80119-80630	80601-80630	1	0				
3	4B1H	N03	82	G	10 71201-71231	31	G	70401-70621 70622-70705-70811 70812-71231	71201-71231	1	0				
4	4B1W	N05	75	G	12 80101-80131	31	G	70622-70911 70912-70925-71025 71026-80131	80101-80131	0	0				
5	4F	S09	67	F	12 71201-71231	31	F	70912-71125 71126-71209-71209 71210-80229	80201-80229	0	0				
99	4FS	S10	76	D	13 80501-80531	31	D	71126-71012 71013-71026-71026 71027-71231	71201-71231	0	0				
100	4F	S11	61	E	14 80601-80630	30	E	71126-80125 80126-80220 80221-80531	80501-80531	0	0				
101	4F	S12	60	F	14 80601-80630	30	F	71216-80213 80214-80227-80227 80228-80630	80601-80630	0	0				

不具合3:掘付予定<製作終了(

4面 MAX

922日) 2:掘付予定<養生終了(

0面 MAX

0日) 1:仮置期間中(

15面 MAX

図-10 スケジュール表

のケーソンについては製作、陸上仮置、海上仮置、据付を線種の違いに対応させ、またケーソンタイプの違いを色で分けている。据付予定に対して工程の進捗はどうか、あるいは製作工程から決まる据付可能期間はいつかなどを見ることが出来る。

⑤製作、据付山積累計図(図-9)

工程図と同様に据付工区毎に、製作の山積累計とデータとして与えられる予定据付の山積累計を比較対照できるように画面に表す。据付けるべきケーソンの数に対する製作の進み遅れ等を見つけることが出来る。

⑥工程図・山積累計図印刷

B4用紙に図全体を印刷することと、図を4分割して印刷することが可能である。また指定によって任意の部分を任意の倍率で印刷することもできる。

⑦各種帳票出力(図-10)

スプレッドシートに各種帳票イメージファイルを読み込む。画面をスクロールさせることで、必要部分に位置づける。

⑧各種帳票印刷

メニューから計算結果印刷を選ぶことで印刷される。出力帳票の一覧を表-4に示す。

表-4 出力項目一覧表

1.	工程図(図-8参照)
2.	製作据付山積累計図(図-9参照)
3.	スケジュール表(図-10参照)
4.	函台製作表
5.	陸上仮置表
6.	海上仮置表
7.	据付表
8.	不具合情報
9.	製作山積表
10.	陸上仮置山積表
11.	海上仮置山積表
12.	据付山積表
13.	タイプ毎工程累計表

(3).シミュレーションロジック

a)条件

①函台

同時に使用できる函台の数は12函台以下とし、使用函台ごとに使用可能期間を与える。陸上仮置可能函台数は使用可能函台数と同じである。

②海上仮置

陸上仮置場所に仮置されているケーソンは、陸上仮置場所がいっぱいになったら海上仮置場所へ移されるが海上仮置可能数も期間ごとに決まっている。しかし、海上仮置函数が海上仮置可能数をこえてもシミュレーションを途中で終了させず、不具合情報としてメッセージ出力しておき、全体スケジュールを出力することとした。

③同一タイプ製作連続性優先

製作をなるべく短期間にすることを考えて同一函台ではできるだけ同じタイプのケーソンを製作するようにしている。タイプを変更する場合にはなるべく形状の似たものから優先的に選択するようにし、それに応じてスケジューリングさせる。

④予定据付期間

予定据付期間はスケジューリング上の重要データであるので必ず与える。ただし、据付予定を守れないスケジュールとなっても、計算は続行し、不具合情報としてメッセージを出すようにしている。

⑤函台第一番製作ケーソン

函台毎に第一番目に製作するケーソンを指定することでチェックすべきケーソン割り付けの組み合わせを減らし、計算の負荷を低くした。

⑥製作所要日数

タイプ別に実働製作日数を入力し、表-3入力項目に示す月別稼働率、習熟度を考慮して、暦日製作日数を求める。従って同一のケーソンでも着工時期によって所要日数が変動する。

b)スケジュールの理論概要

製作を連続させるために同一函台で次に製作されるケーソンの製作終了前までに、当該ケーソンの陸上仮置を終わらせることとし、陸上仮置、海上仮置、据付は製作の後工程として順次行われる。すなわち陸上仮置以降は製作がスケジュールされれば、おのずからサブスケジュールとして決まるので、101函の製作というジョブを12の函台(時期によって使用可能台数が変わる)という機械で行う並列ジョブ問題を解くことになる。評価基準は総所要時間最小化などである。

各ケーソンの製作所要時間が予め定まっており、製作順序を自由に選べる場合は混合0-1整数計画問題として理論的に定式化出来る。

T.C.Hu は n 個の仕事の間に先行関係がある場合、そしてどの仕事も1つの手順から成り、後続の仕事はたかだか1個で、各仕事の処理時間が一定の場合、 m 個の機械に割当てて総所要時間最小化を実現するアルゴリズムを作った。処理時間が一定でない場合もかなり良い解を与えることが確かめられている¹⁾。

しかし本件の場合更に、函台で製作するケーソンのタイプをできるだけ同じものにしたいという条件(a-③)等があるので、表-5に示すようなヒューリスティックな手順で、各種の条件を守って、ケーソン製作を函台に組み合わせ割り付けるシミュレーションシステムを構築した。ユーザは工程図や山積図などを見て総合的に判断し、より良い工程を求めることが出来る。

表-5 手順

① 3か月(暫定的に決めている)の範囲の中に予定据付時期を持つものから、タイプができるだけ連続するように選ぶ。
② ケーソンの製作順番はデータとして用意されていれば、実績、函台指定ケーソン、函台無指定ケーソンの順に割り付ける。
③ 据付予定が守られなかったり、海上仮置個数制限や、異型函に先行すべきケーソンが条件通りに製作できないスケジュールとなってもシミュレーションはそのまま続行して、不具合情報として出力するに留める。

4.おわりに

本システムは工事初期に数多くのケースの工程検討に使われ、開発の目的「工程計画時の合理化、迅速化並びに省力化」を達成した。

今後工事の進捗に伴って数々の制約条件が出てくると予想されるが、それらを適宜反映させてより実用性の高いシステムにしていきたい。

最後にシステム開発に御指導、御協力を頂いた関係者の皆様にお礼を申し上げます。

参考文献

1).整数計画法と組合せ最適化

今野浩、鈴木久敏編 日科技連1982