

アンボンドフラットスラブ工法における施工計画

シミュレーション手法の開発

汐川 孝

Development of Simulation Technique of Construction Planning for Flat-slab Buildings

Takashi Shiokawa

Abstract

This paper presents an outline of a computer-aided simulation technique developed to find the optimum construction plan for buildings with unbonded post-tensioned flat slabs.

Using the technique developed based on the PERT network system, one can select the optimum construction plan taking account of work steps, work days, and efficiencies of manpower and equipment. The technique produces savings in manpower at the construction planning stage and improvement in the quality of the construction plan.

概要

本報告は、アンボンドフラットスラブ工法における適正な施工計画を行なうために開発した電算機を利用したシミュレーション手法の概要と簡単な適用例について述べたものである。

この手法は、PERT手法を土台にしたもので、計画する工事の種々の条件下のシミュレーションから得られた作業工程、作業日数や作業員・機械設備の稼働状況などの比較により最適な施工計画を選定するものである。この手法を使うことにより、アンボンドフラットスラブ工法の適正な施工計画を短時間で作成することができ、計画段階の省力化と質の向上が果される。

1. はじめに

アンボンドフラットスラブ工法とは、アンボンドプレストレストコンクリート工法の採用によって、従来よりも大スパンでかつ薄いフラットスラブ構造を可能としたのに加えて、種々の省力化された工事の組合せや適正な工区割りによる資源の山均し等から施工面における効率化を図った一つのシステム化工法である。

この構法では、梁がないことから、従来のラーメン構造に比較して自由な建築計画が可能なこと、階高を低くできること、設備工事が簡略化されること、型枠や鉄筋工事での作業能率が向上することなどの利点があり、工期短縮や品質向上の他、建築費の低減を図ることができる。このため当社では、ショッピングセンター、倉庫および事務所など幅広い用途に応えられるよう工法開発やシステム化を推進しており、既に多くの施工実績を納めている。ここで紹介するシミュレーション手法もその一つである。

同工法のようなシステム化工法では、対象となる工事の設計条件や生産条件などの要因に合せた最適な施工計画を立案することが大切である。取り分け、省力化工法の組合せ、工区分割および投入資源量を適切に設定することにより各工区間の同期化を図ることが重要課題となる。こうした計画の適正化を図る一つの手段として電算機を利用したシミュレーション手法の開発を試みた。

本報告では、その概要と適用例について述べる。

2. 施工概要と計画の要点

同工法では、梁のない柱・床だけの構造のために大型床型枠の脱型・盛替作業がラーメン構造におけるそれよりも簡単になっている。このため、同工法では、大型床型枠工法を中核として、省力化工法の組合せを行なっている。これまで同工法に採用された工法を表-1に示す。これらの省力化工法の組合せは、建物周辺やコア部分などのラーメン構造部分における在来工法の作業量との兼ね合いも含めて計画することが重要となる。同工法

工 事	採用工法	担当職種
型枠工事	柱	●在来工法 大 工
	床	●フライングショア工法 ●フライングショア工法+特殊 床型枠工法(ドロップパネル) ●在来工法 大工+葺工 大工+葺工
		大 工
鉄筋工事	柱	●在来配筋法 ●在来配筋法+スパイラル フープ 鉄筋工+圧接工 鉄筋工+圧接工
	床	●溶接格子鉄筋使用 ●在来配筋法 鉄筋工+葺工 鉄筋工
PS工事	床	●アンボンド工法 葺 工

表-1 採用工法と担当職種

の標準的な作業工程を図-1に示す。大型床型枠の搬入から脱型までがクリティカル工程となっている。

工区分割は、作業を並列的な流れ作業にして工期短縮効果を高めること、型枠その他の転用材の利用効率を高めることなどのために行なわれる。各工区の作業量の均一化や全体の工期などを考慮して計画する必要がある。また、投入労務量も各作業チームが一定の作業流れの中で連繋をとるように設定する必要がある。

これらの要点を考慮して適用する工事条件に合った施工計画を立案することになるが、これらの要因は互いに関連しており、複雑な問題となっている。

3. シミュレーション手法の概要

こうした施工計画の手法として線形計画法やCPMなどがあるが、変数量が多くなったり、モデル化が実用に合わない、また、将来の変更には十分追従できないなどの問題がある。このため、PERT手法を基本にして、施工計画者の経験やノウハウも組み込んだ種々の条件下での施工のシミュレートを繰返しなが、最適な施工計画を選択できるような電算プログラムを開発した。

このプログラムは、図-2に示すようにコントロール部分を中心に三つの部分に分けられる。これらの制御および入力には、データの修正や各種の条件変更が簡単に行なえるように会話形式を採用している。特に、シミュレーションネットワークデータの作成が簡単にできることが特徴になっている。

3.1. ネットワークデータの構築

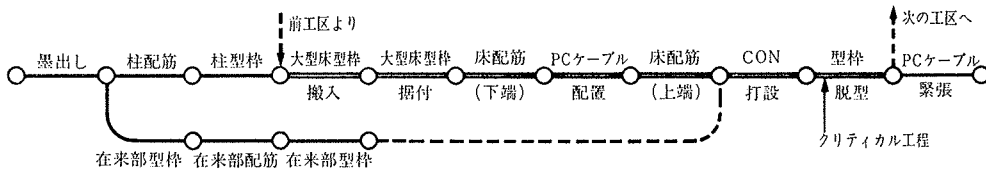


図-1 アンボンドフラットスラブ工法の標準工程

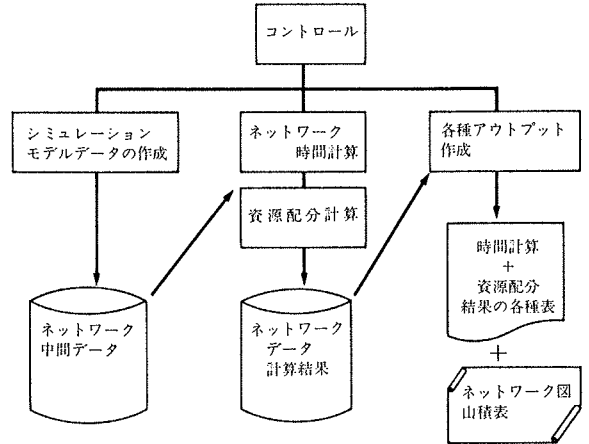


図-2 プログラムの構成

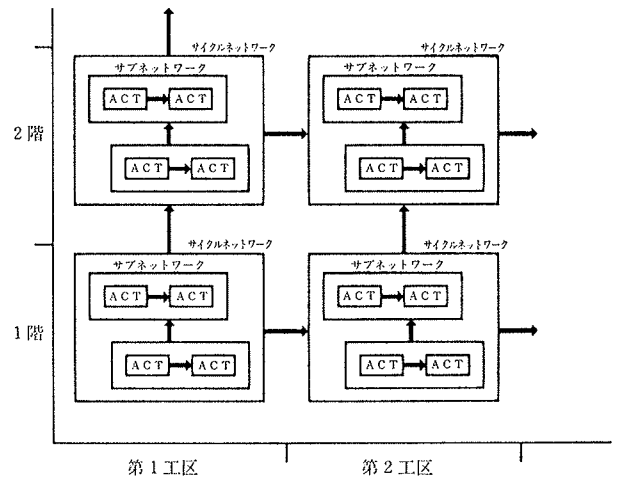


図-3 繰返し型のネットワークモデル

本工法のようなシステム化工法では、図-3に示す1工区分のサイクルネットワークを基本とする繰返しになることが多い。このプログラムでは、この基本となるサイクルネットワークを作成し、そのデータから全体のネットワークを自動発生させている。

3.1.1. サイクルネットワークの作成 本工法で実施された現場での詳細な作業測定から得られた歩掛り値を基にして、幾つかの作業工程単位にまとめたプログラム組み込みの標準サブネットワークを構成している。計画者は、その標準サブネットワークの選択(図-4参照)とその1スパン区画の工事量を入力するだけで、各サブネットワークを構成するアクティビティデータや選択された標準サブネットワーク間のインターフェイスが自動的に作成される。また、標準サブネットワークの部分修正・追加や標準サブネットワークに

```

**STANDARD SUBNETWORK SELECTING SEC.**
SELECT NUMBER==> .....OR LIGHT-PEN
(1) SHUMIDASHI KOUTEI (14) ZAIRAI HAIKIN HASHIRA
(2) FLYING SHORE ZIGUMI KOUTEI (15) ZAIRAI HAIKIN HARI
(3) FLYING SHORE TATEKOMI & HAKURI (16) ZAIRAI HAIKIN KABE
(4) FLYING SHORE IDOU MORIKAE (17) ZAIRAI HAIKIN YUKA
(5) FLYING SHORE KAITAI KOUTEI (18) .....
(6) SLAB KOUSHI TEKKIN HAICHI (19) .....
(7) PC CABLE HAICHI KOUTEI (20) .....
(8) PC CABLE STRESSING KOUTEI (21) .....
(9) CONCRETE DASETU KOUTEI (22) .....
(10) ZAIRAI KATAWAKU HASHIRA (23) .....
(11) ZAIRAI KATAWAKU HARI (24) .....
(12) ZAIRAI KATAWAKU KABE (25) .....
(13) ZAIRAI KATAWAKU YUKA (26) .....
(27) END
    
```

図-4 標準サブネットワークの選択画面

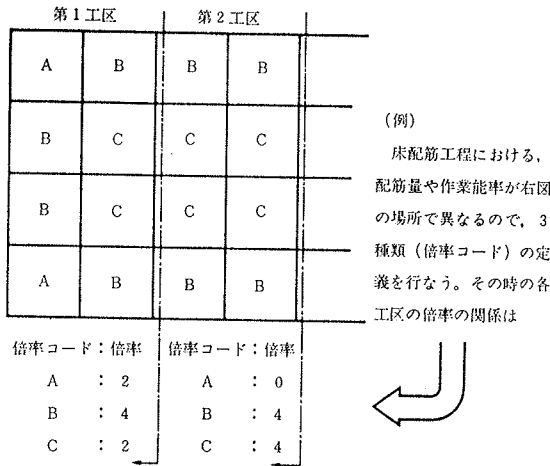


図-5 倍率コードと倍率の関係

ない作業工程の作成も会話形式により簡単に行なえる。こうして出来上がったサイクルネットワークデータは、種々のケースの比較をこのデータの部分修正で行なえるように保存ができる。

なお、図-5に示すように標準サブネットワークは、1スパン区画を単位に同じものを何度も定義することができ、場所ごとに異なる工事量の差や作業内容の違いを表現することができる。定義されたそれぞれの標準サブネットワークごとに倍率コードを設定し、後の工区分割条件の変更を容易にしている。

3.1.2. 全体ネットワークの作成 全体のネットワークデータは、工区分割数と階数から繰返し数を求め、自動作成される。この時各サイクルネットワークの工事量は、上で求めた各サブネットワークごとの倍率コードと各サイクル(各工区)ごとに与えられる倍率(各倍率コードに対する)で算出される。(図-5参照)倍率が0の場合には、そのサブネットワーク全体がそのサイクルから削除される。同じサブネットワークで倍率コードのみが異なる場合には、倍率計算されたそれぞれの労務量を加算して、サブネットワークとしては一つにまとめることもできる。この倍率コードと倍率により、サイクルネットワーク間の工事量や作業の違いを細かく表現でき、同時に工区分割条件の変更が容易になっている。

3.2. ネットワーク計算と入出力項目 ネットワークの時間計算には、一般的なPERT手法を用いている。資源配分は、この時間計算結果に基づいて、資源利用限度を越えないように最早開始時刻の順序に割り付ける方法を用いている。全体ネットワークでも計算結果や計算の途中段階の値を保存することができるので、種々の条件での比較や採用された計画に基づいた詳細データの作成が簡単になっている。

3.2. ネットワーク計算と入出力項目

このプログラムの入出力項目を表-2に示す。入力データはすべて会話形式により作成するため最小限度のものとしている。シミュレーション結果の比較は、主に資源量、稼働率および工事日程などによって行なっている。

4. 適用例 図-6に示すモデル建物に例にして、最大投入資源量(大工および高工)を一定にしたまま工区分割を変動させたシミュレーション結果について紹介する。

図-7は、工区分割数の増加による工数や工期の変化を比率で示したものである。工区分割数の増加により大工工数が減少しているが、これは大型床型枠の転用回数

項目	内容	
シミュレーションデータ作成	組込ネットワークの選択	●施工法の選定 ●工事量 ●倍率コード ●識別コード
	工区分割データ	●工区数 ●各工区毎の倍率
	大型型枠の転用および施工順序データ	●セット数 ●転用順序
ネットワーク計算	時間計算および資源配分データ	●時間計算範囲 ●資源配分する資源名 ●投入資源量 ●その他フォーマット等のコントロールデータ
各種アウトプット作成	アウトプット作成コントロールデータ	●計算範囲 ●アウトプット形式のコントロール
シミュレーションデータ作成	ネットワークデータ	●アクティビティデータ ●サブネットワークデータ ●使用資源データ
	ネットワーク計算	時間計算および資源配分結果
各種アウトプット作成	各種図表	●資源利用量 ●資源稼働率 ●アクティビティ単位のネットワーク図表 ●サブネットワーク単位のネットワーク図表 ●資源利用山積表

表-2 入出力項目

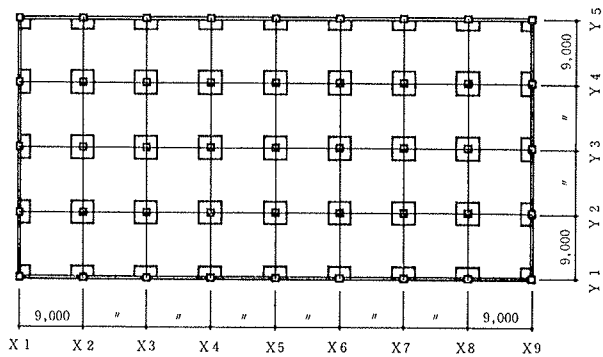


図-6 モデル建物

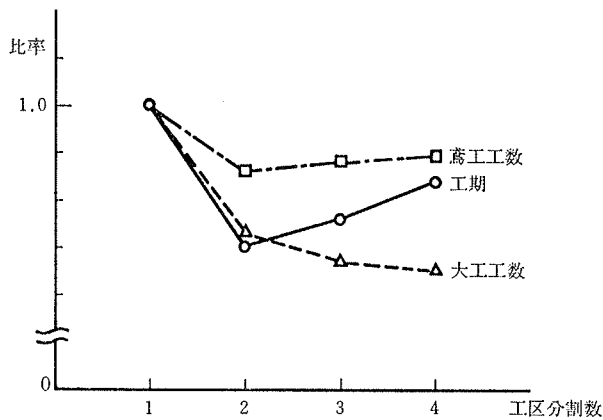


図-7 シミュレーション結果

が増え、同型枠の地組み・解体工数の減少した影響が大きいかを示している。高工工数では、大型床型枠の地組み・解体への関与は少なく、同型枠転用の増加による移動・盛替などの作業工数増加や段取回数の増加による工数増加の影響が大きく見られている。また、工期では2工区分割の場合が最も短くなっている。

このように工区分割数を変化させた時の各職種の工数の増減や工期の変化などが細かく把握できる。また、工法の組合せや最大投入資源量を変化させた場合についても同様に詳細な検討ができる。これらの種々のケースをシミュレートする作業手順も簡単であり、上記の例でも、わずか20分程度の作業時間で結果が得られている。このプログラムの利用により、施工計画段階での省力化やスピードアップを図ることができる他、計画の質的向上も期待できる。上記例のネットワーク図を図-8に示す。

5. まとめ

PERT手法を基本にした単純なシミュレーション手法であるが、入力段階の大幅な省力化を図ることにより、条件を変えたシミュレートを繰り返すのが簡単になった。

このため、①アンボンドフラットスラブ工法の施工計画を事前に細かく検討できるので、計画の品質向上が図れる。②短時間でシミュレーション結果が得られるため、

計画段階の省力化やスピードアップが図れる。③同工法に関する専門的知識がなくとも質の高い施工計画の作成ができる。などの成果が得られた。

同工法については、すでに格子鉄筋配置計画システム、PCケーブル配置計画システムや緊張管理システムが開発されており、この施工計画シミュレーションシステムを含めて、より質の高い施工計画の提案ができるものと思われる。

参考文献

- 1) 森, 汐川: 工業化施工法のための評価システムの開発, 大林組技術研究所報, No. 19, (1979), pp. 127~131

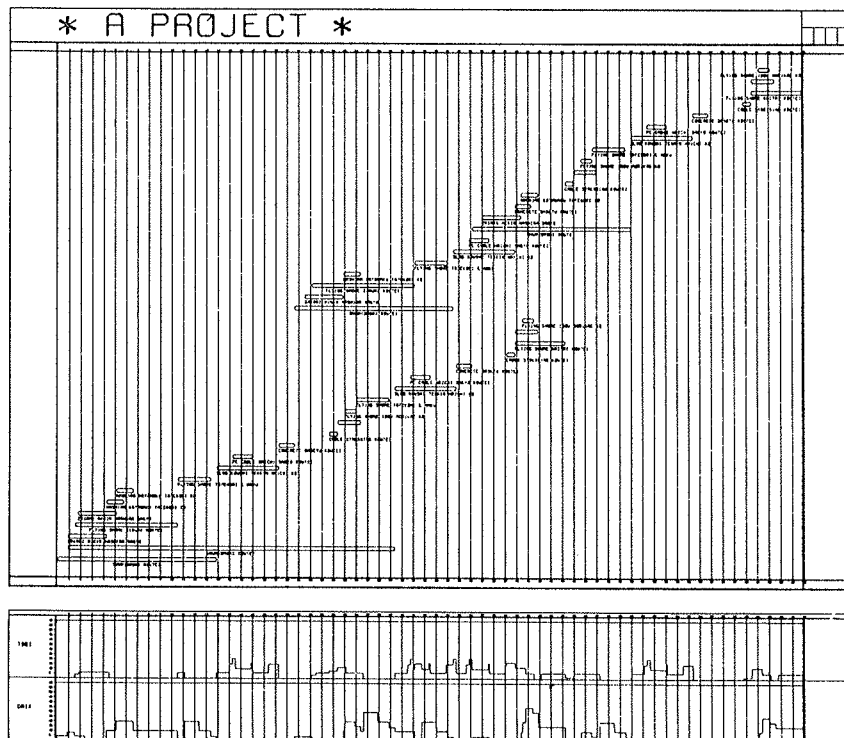


図-8 ネットワーク図および山積表