

鴻池組技術研究所 正員 田坂 隆一郎
京都大学 工学部 正員 春名 政

1. システムズアナリシスの必要性

土木工事における工事プロジェクトのマネイジメント(いわゆる plan-do-see の cycle)に関しては、ネットワークモデル、多段階決定モデル、シミュレーションモデル等により、主として工程(施工順序と日程)が対象とされ、工程の管理計画の作成問題が中心的な課題としてとりあげられてきた。

しかし、近年の土木工事の実施に対する制約条件や精度への厳密さの要求の程度の多様化の傾向は、それぞれのマネイジメントの目標を個別に満足させるだけでなく、これらの要素とその間の有機的なメカニズムをマネイジメントシステムの中に盛り込んだものとして取扱う必要性がでてきた。さらに工事施工においても現場周辺の住民への生活環境面での更影響、また、工事そのものに対しての作業の安全性や施工精度、さらには施工進度をはじめとする施工実績を定量的に把握するための種々の要素に対する performance の計測の問題がある。つまり、工事のマネイジメントの方法設計(管理計画の策定)にあたっては、工事に関連する種々の要素とそれらの間に存在する力学的・工学的メカニズムを組み込んだ工事施工のプロセスのシステムモデルに立脚して、マネイジメントの対象要素の performance を動的にかつ定量的に計測していくことが必要となる。そして、最終的な判断の材料となる費用、時間(日程)、品質(精度)などを評価するための情報を適確に得なければならぬ。

2. 工事のプロジェクトのマネイジメント方法の設計のプロセス

工事のプロジェクトのマネイジメントの方法設計のプロセスにおいて、設計図書、施工示様に示される品質、安全、工程、原価などのマネイジメントの直接的な対象要素と、それぞれの目標を達成するのに必要な要素(施工のための諸元と呼ぶ)の決定方法に関して考察を加えると、つぎのようなプロセスの構造特性がわかる。

つまり、各諸元の決定のプロセスは、
① 力学的安全性に関連するレベル ② 工学的安全性・合理性に関連するレベル ③ 全工種的な観点からの合目的性から決定すべきレベル と分類される。

そして、マネイジメントの方法設計のための各諸元は、レベル①から②、③の順に、それぞれの工事に特有な制約条件を満足させるように逐次決定される。このようにプロセス的にとらえると、各施工のための諸元が工事のマネイジメントの方法設計においてどのような観点から逐次決定されていくかも過程をとおしてよく説明できる。

方法設計のための実際の作業においては、①まず、工事の実施に必要とされるすべての工種を抽出し、②それぞれの工種ごとに施工のための諸元を決定する手順を要因関連図などを利用して明確にしておく。(この事例については紙面の関係上、本稿には省略し、講演時に示す。) つぎに③他工種の施工のための諸元の決定を待つて選定される諸元と、各工種における力学的・工学的合理性という側面からの検討のみによって決定できる諸元とを区別しておく。このようにすることによって、工種ごとに施工のための各諸元を上述の3つのレベルに分解できることになり、後の設計作業が容易になる。

いまある大都市における地下鉄工事でのマス・コンクリートの施工のマネイジメントという問題を例にとりて、この内容を略述する。まず、ここでは構造物の設計はすでに与えられているとすると、レベル①に属する問題としては、条件であるコンクリート構造物の施工に対して、着工するあらゆるタイプの(マス・コンクリート打設時の)型枠支保工に対して力学的な計算を実施し必要な諸元をそれぞれに対しておめておく。(この場合には、とくに議論のまじりとなる点を強調しているが、他、材料その他についても同じである。)この段階では、“施工の効率的なプロセス化”という観点は入らず、単に構造物を安全(固)に施工するための評価を目的に計算を実施するにすぎない。

つぎにレベル②においては、はじめて上述の“施工の効率的なプロセス化”という観点が入る。マス・コンクリート

の打設という一工種のほかだけでなく、工学的合理性や安全性を追求するために、打設プログラムの規模や型枠のタイプ、材料の品質や供給の計画など、施工方法の決定に必要な情報をとりそろえる。この段階で、次の③に必要な各作業時間、費用あるいは所要資源量(代表的なものは鉄筋工)などが決められ、施工手順の案なども用意されることになる。(この代替案の決定メカニズムのモデルによるシミュレートは管理上重要を意味を持ってくる。)

最後のレベル③において、他工種との関連のもとで、全工种的に総費用、工期さらには物理量としての資源の運用計画などが検討され、マネイジメントの方法設計案の合目的性が評価されるのに、必要とあれば、レベル②(あるいは、ときにはレベル①)にもどり、手順をくりかえすが、満足できる案が得られれば、方法設計は終了する。

3. マネイジメントのための計測と情報の作成における問題点について

施工のための諸元は上述のように各側面から決定されるが、これらが特定化される過程を明らかにするために、マネイジメント情報の流れを工事の推移にしたがってとらえると、①マネイジメント・方法を設計するために必要な情報の事前入手(Stage 1) ②工事中のマネイジメント情報の入手(Stage 2) ③工事後の実績データの分析(Stage 3) という3つのStageに分けることができる。つまり、工事のマネイジメントに関する情報は、Stage 1において、工事施工のための各種諸元をパラメータとした、施工実施状況のシミュレートのためのモデルをとって入手しうる。事前に入手しうる情報には、(a) 構造物寸法のように一意的に与えられるもの、(b) 工事用資源のように選択可能な形で与えられるもの、(c) 施工条件や作業歩掛のように不確定要素の変動メカニズムを推定する必要があるもの、などがある。とくに、(c)の情報を入手するにあたっては統計的手法を適用して求めることが多いが、その変動のメカニズムの推定可能な場合にはシステム解析手法あるいはモンテカルロシミュレーション等の技法を駆使することによってその変動幅を推定することができる。(この例についても、紙面の限上にて省略し講演時に示す。)

しかし、土質等の施工条件については、経験的に判断を下したり、これが危険視される場合には、より適確に把握して、信頼性が高く安全な施工を実施するために、事前に調査・試験が行われる。(設計に根本的な問題が発見されるような場合は、施工前設計へと情報のフィードバックが必要であるが、あまり一般的には、ここでは問題の指摘にとどめておく。)

工事中のマネイジメント情報の入手は、Stage 1において入手したマネイジメントのための情報が施工の実態と合致しているかどうかを評価し、差異のある場合にはそのための対策措置をとるために、現場計測という手段を通して行われる。その目的によって内容を区別すると、①作業実施のための計測 ②施工実施の結果の検討や評価のための計測 ③施工結果に対する対策措置あるいは調査研究のための計測 に分類できよう。①は施工技術上、作業の実施に困難を伴うと予想される工事において、力学的安全性や施工精度の確認あるいは不確定要素を含む施工のための諸元およびそのパラメータの特定化のために計測するもので、当該工事の同種作業の施工条件や施工能力の推定に役立てるものであるから、当該工事特有の局所的特質を有するものでよい。②は施工の実施状況を記録することにより、工事のマネイジメントの方法をより合理的・科学的なように改善するために計測するもので、工事日報による歩掛データの蓄積、モーションスタディによる作業測定がこれに含まれる。こうしてえられる実績データは類似工事の事前に入手すべき情報として利用される。①は②とも関連するが、主として作業を安全にかつ精度よく実施するための作業指針を確立するために行われるものである。

4. 計測データの利用特性

土木工事の施工段階における計測は、工事のマネイジメントにおける施工技術的問題ならびに管理の問題に対して行われるが、計測目的によって計測データの時間的利用特性に差があることに注意しなければならない。すなわち、作業実施のための計測は、安全確実に施工しうるかどうかを判定するために行われるから、作業速度に対する応答が要求される。また、施工結果の評価のための計測は施工精度の許容値をオーバーすることは許されないから、次段階で修正変更措置を取りうるものでなければならぬ。施工能力や施工法の改善のための計測は、時間的余裕はあるが、異なる施工・環境条件においても有効にするためには、十分な量と内容を持った実績データの蓄積と、系統的な分析手法の準備が必要となる。(これらについても講演時に説明を加える。)