

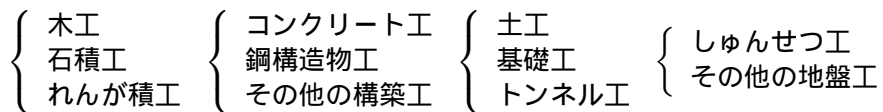
第1章

総説

1.1 土木施工の種類

土木工事には、いろいろな種類がある。これを、用途別に見ても、道路・鉄道・空港・港湾・運河等の交通施設，都市計画，上下水道，河川，砂防，土地造成等の社会環境を整備・開発する施設その他の公共施設，発電，かんがい，商工業用施設の基盤，その他の産業の基礎になる施設などがある。

土木施工を工事の種類別にみると、次のように分類される。



これらは、地盤上に構造物を構築する工事（構築工）と、地盤に加工（改良，注入）し、あるいは、地中に基礎（くい，地盤壁）・トンネル等の構造を造る工事（地盤工または地下構造物工）とに大別できる。

土木工事を建設業法に規定する建設業者別に分類すると「土木工事一式」という包括的な営業許可を有する土木工事業者と、とび・土工・コンクリート工事・管工事・鉄筋工事・舗装工事・しゅんせつ工事など特定の一種の工事のみに対する営業許可を有する専門業者とに分けられる。

現今の土木構造物は、コンクリートと鋼とを主体として構成され、木・石・れんがなどは、使用されることは非常に少ない。したがって、この本では、木工・石手・れんが工に関する記述を省略する*1。

*1 しかし、イラン，イラク，トルコ等の地震国では未だに、日干しレンガと木材の組合せによる建築物が多く、被害が絶えない。鋼やコンクリートを用いない特殊性と地域の気候や風土が発展を阻害している。

1.2 土木施工の特質

土木工事は、公共の目的を有するものが多く、公共社会の生産活動、生活環境、安全、福祉の向上に役立てる重要なものである。したがって、土木工事の施工は、これらの重要な目的に沿うように計画・設計された工事を忠実に仕上げ、公共の使用のために最も能率よく便利かつ安全なものにすることを使命とする。このために、周到的な施工計画に基づき、厳重な施工管理を行って仕上がった工事の質を良くするために努力しなければならない。公共工事のクライアントは納税者であり一般市民かつユーザである。決して工事発注する市町村ではない。

しかし、一方において、土木工事も他の生産事業と同様に、採算性を度外視できない。このために、工事を早く、安くかつ安全に行うように工夫がなされ、工法の発明、改良、工所用機械の改善等に日夜苦心が払われている。

土木工事のほとんど全部は、請負工事として建設業法に基づき建設業の営業を許可された建設業者が、工事の発注者*²と請負契約を結んで施工する。これらの建設業者（工事会社）は、工事の発注者が示す設計図面に基づき、契約書に示される条件に従い、工事示方書*³を守って忠実に工事を施工する。しかし、同時に、建設業者は営利事業として工事を施工するのであるから、工事費を節約するためにあらゆる努力を払う。そこで、発注者は、建設業者が白己の利潤を追求するあまりに、欠陥がある施工をしないように工事示方書などに基づいて工事の監理・監督を行う。工事の監督は、一般に、発注者側の技術要員がこれを行うが、発注者側が監督要員を十分に持たない、例えば民間企業のような場合には、建設コンサルタントが監督業務の一部または全部を代行することがある。

土木工事は、特定の場所の土地に定着して行われる。したがって一般の工業と異なり、工場生産ではなく現場生産である。このため土木工事は、その場所の立地条件により異なり、工場生産のように生産工程が一定せず、工事の施工工程は千差万別であって、同じものは二つとない。

また、土木工事は、その場所の自然条件*⁴や人工的環境*⁵に影響されることが多い。したがって、その場所の条件や環境に応じて適切に施工計画を立て、施工中の条件の変化に応じ、施工管理を適切に処理する必要がある。

*² 注文者・施主ともいう

*³ 工事の行い方の規定

*⁴ 気象、地形、地盤の性質、地表水、地下水、その他

*⁵ 交通、運搬の便の良否、工事用地の大小、適否、給水源、電源等の関係、付近の建造物の状況等

工事が長期間にわたる場合には、自然力^{*6}や物価、労賃等の経済的変動の激しい影響をうけることがある。

土木工事は、このように、天然、人為の影響が大きいので、仕上がった工事の質も、工場生産物の品質のように一様ではなく、変化しやすい。このためにも、外的条件の変化に即応する適切な施工管理が必要である。

土木工事は、土工、基礎工、コンクリート工、鋼構造物その他の加工、構築等各種工事の総合であることが多い。また、それぞれの部分的な工事の中にもいくつかの作業工程が、有機的に組み合わせられ、適切な計画、管理のもとで初めて円滑かつ高能率の施工が行われうる。このように、多くの作業工程をじょうずに組み合わせ、また、作業の流れが特定の個所で渋滞しないように、各作業工程の間のバランスをよく考えて施工計画を立てることが、土木施工の第一歩である。

土木工事を施工する建設業者は、いろいろな法令に基づく規制を受ける。建設業法は、建設業の営業許可条件、適正な請負契約条件の原則などを規定するもので建設業の営業の基本になるものである。

土木工事では、従業員の就業環境に問題が多く、災害が生じる危険も大きいので、土木施工は、労働基準法および労働安全衛生法その他の安全衛生関係の法令に基づく当局の厳格な監督指導下にある。土木工事は、また、作業場の周辺の社会環境、交通路などに与える影響が大きいので、騒音・振動の規制などを目的とする公害防止関係法規、道路交通法・港剣法などの交通関係法規の適用を受ける。

1.3 施工計画

土木工事は、簡単な職人仕事であった昔から、「段取り」と称して作業の手順を決め、労務者および工所用機器の準備、配置、工所用語設備（材料置場、加工鶴見翫宿舍等）その他が計画的に行われていた。現今の機械化された工事では作業工程も複雑になるので、いっそう精密かつ合理的な施工計画が必要である。機械化された工事の施工計画は、工場を造るときの生産計画に似ている。その要点は、生産（工事）の目的、量および品質に応じて使用機械・設備を決め、これら機械・諸設備をうまく配置し、生産予定（工程）の見通しを立てることにある。

土木施工の大要は、物を動かし加工することである。掘り取った土や石を運び出し、そこへ構築用の材料を運び込み加工、築造するのが最も単純な地盤工の姿である。したがっ

^{*6} 暴風・洪水・地すべり等

て、地盤工の施工は、全体を土や石を含めた材料の流れと、この流れの上における加工、構築などの作業活動を総合したものと眺めることができる。この材料の流れの途中には、材料を積卸ししたり、貯蔵したり、加工したり、構築したりする作業個所があり、そこで材料の流れが区切られる。単純な土工工事では、材料は土砂が大部分あって、土取り、運搬、盛土または土捨てというような作業のつながりの単調な繰り返しの場合もある。

しかし、一般の工事では、各種構築用材料の搬入・貯蔵・加工・運搬・取扱い・構築という流れと、土や石の掘削・搬出・運搬・土捨てまたは盛土という流れとがある。トンネル工事のように作業頭が一個所に集中しているときには、この流れは一つの経路を往復する部分が多い。しかし、作業頭がいくつかに分かれ、あるいは作業前面が広く材料の搬出入経路も二つ以上ある場合には、材料の流れの経路は、あるいは分岐し、あるいは合流し、互いに交差するなど複雑な形になる。そしてこれらの経路の要所要所に、貯蔵・加工・取扱い・構築その他の作業場で材料の流れが区切られる関門がある。

施工計画を立てるときには、各作業個所の最も適切な配置をまず決める。つぎに、各材料経路の運搬能力とその経路上の各関門の貯蔵または作業能力とがつり合いがとれるように、それぞれに配置する人員・機材を決める。作業個所の配置は、工事用地の形や状況に道床するように決め、材料の流れが最短距離を通り、う回、山もどりなどがなるべく少ないように考える。また、別系統の材料の経路が互いに交錯して、支障し合わないよう考えることも必要である。

施工計画にあたって注意すべきことは、一つの材料の流れの上の各作業個所おあいるよび各経路の能力をよく検討し、特定の個所の能力が不足して、隆路^{*7}を形成しないようにすることである。たとえば、土取り場に高能力の掘削機械を配置しても、土運搬の能力が足りなければ、材料の流れる量が土運搬の能力によって制限され、土取り設備にむだが生じる。このようなことが生じないように、工事設備の各部について、全般の材料の動きを眺めながら、よく検討するのが望ましい。

施工計画の全般の構成は、施工の責任にある地位の入が、その知識・経験に基づいて決めるが、その指示によって個々の設備の計画、設計を行う人も上司の意図をよく理解して、また、全体の作業の流れを頭におき、自己の持ち場の能力が、全体の動きに適合するように工夫することが大切である。

施工計画は、上述の主旨を満足させるように施工の順序と方法を選定して組み立てる。施工計画の軸をたすものは、施工の順序と予定を決める工程計画である。

工計画の要点は、与えられた工期内において最小限の工事用設備機械および労力をもつ

*7 くびれて狭くなった通路

て、最も能率よく所定の工事を仕上げるように施工の順序と方法を定めることである。この目的に適合するように工事事用設備を配置し、材料および労務の使用計画を決める。すなわち、工程計画を軸にして労務計画・機械計画・資材計画・安全管理計画および資金計画を策定する。

工程計画は、工事工程表（1.4 参照）によって表現する。

労務計画は、とび工・土工・大工・鉄筋工・機械運転手などの職種別の労務使用予定表によって表現する。労務者の所要人数は施工の進行中に工程の変更その他の要因により変化することが多い。したがって、着工当初には、工期中の各月間ごとあるいは週間ごとに概数を予定するが、工事の進行に伴い種々の変化に応じて予定を修正し、日々の労務使用予定を決めるわけである。

機械計画は、使用予定機械を作業場で必要とする期間ごとに必要数量を記入した表 1.3.1 のようなものをもって表現する。使用予定期間は、当初は月別の概数で計画するが、作業の進行に伴う変化に応じて予定を修正する。大型機械は、使用予定を変更し難いことが多いので慎重に計画すべきである。

表 1.3.1 機械使用計画表の例（伐開除根，掘削，土運搬，路床造成）

機 種	年 月												56 ・ 3	2	3
	55 ・ 3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2			
パワーショベル0.6cm ³		1	2	2	3	4	4	4	2	1	1	1	1	1	
ブルドーザーBD17	1	1	4	5	5	5	5	5	3	1	1	1	1	1	
湿地ブルドーザーD50p	1	2	3	3	4	5	5	5	3	1	1	1	1	1	
トラクターショベル1.5cm ³	1	1	1	1											
モーターグレーダー	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	
ダンプトラック6t	2	6	7	8	10	12	12	12	7	3	2	2	2	3	
自走タイヤローラー15t									2	2	2	2	2	2	
バイブレーションローラー5t					1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	
マカダムローラー							1	1	1	1	1	1	1	1	
散水車			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
ソイルコンパクター			2	2	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	
ディスクハロー		1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	

資材計画は、表 1.3.2 に示すような形で表現する。資材は、供給源に注文あるいは出荷依頼をしてから作業場に到着するまでの所要期間を見込み計画に基づいてあらかじめ手配をしておく必要がある。

表 1.3.2 資材度用予定表の例

	鉄 筋		生コン クリート	RCぐい	栗石	目つぶし 砂利	鋼矢板
	16φ	22φ	セメント 使用量 300kg	φ350 l = 12m			SP II
	t	t	m ³	本	m ³	m ³	t
55年 4 月	0	0	0	0			36
5	3	9	35	68	14	3	
6	5	6	119	51	19	4	
7	3	9	83	54	20	4	
8	2.3	8	115	37	13	3	
9	2.3	7	88	76	25	5	
10	2	7	89	31	13	2	
11	3.3	10	83	77	24	4	
12	2.2	7	129	58	18	3	
56年 1	2.2	7	91	48	19	4	
2	1.8	6	91	60	19	4	
3	2.3	8	71	48	19	4	
4	2.2	8	99	48	12	2	
5	1.8	5	100	66	25	3	(撤去)
計	33.4	97	1193	722	240	45	36

機械および資材は、必要最小限の数量の使用を予定し、これらを必要最短日数だけ工事現場におくように計画し、機械や仮設用資材は必要な作業が終われば直ちに供給源*8へ返却するか売却するように考えるべきである。

労務・機械・資材などの計画を立てるに当たっては、これらの供給源の事情もよく調べて、調達不能または遅滞というような悪い事態が起こらないようにあらかじめよく調べておく必要がある。

ひとつの工事施工のために必要な労務費，材料費，機械・機材経費，運搬費，現場管理費*9などその工事に特定される経費の合計を工事原価という。建設会社が施工する工事の工事原価は，その工事の請負契約価格から共通的な経費*10および予定利益を差し引いた額の範囲内にあることが望ましい。この工事原価の予算を実施予算といい，実施予算に基づいて労賃・材料代金などの支払いに当てる資金を，施工工程に応じて準備するために資金計画をつくる。

安全計画は，法規に基づいて安全衛生管理のための協議組織構成員の人選，災害予防の

*8 自社倉庫・賃貸し業者など

*9 現場管理要員人件費 + 経費

*10 本支店等の経費，金利など

ための対策，教育指導などの措置について計画するものである．土木工事は，労働災害が発生する危険度が高いので，労働安全衛生法その他の法令により安全衛生に関する基準が厳しく規定されていて，各地区の労働基準監督署の監督・指導のもとに安全計画に基づく安全管理が慎重に行われる．

1.4 工程計画と工程表

工事の工程計画をグラフに書き表わしたものが工程表である．一般には，図 1.4.1 に示すような棒グラフ式工程表が広く用いられる．棒グラフ式工程表は，時間^{*11}を横軸にとり各工種あるいは工事の部分のなかの各作業の予定期間を棒グラフで書き表わすものである．

棒グラフ式工程表は，作りやすく，わかりやすいのが長所であって，工程の全般を読みとるのに便利である．しかし，棒グラフ式では，先行，続行または並行各工種（作業）間の位置的な関連，時間的な前後関係および各作業の時間的内容^{*12}などが，はっきり示されないという欠点がある．

鉄道・道路などのように工事区間の延長が大きい場合には，各作業部位の位置的な関係を表現する座標式工程表が便利である．また，座標式工程表は，工事延長（キロ種）を横軸に，時間を縦軸にとり，各工種（作業）を線^{*13}または面積^{*14}によって表わすものである．

各作業の時間的内容および先行，続行あるいは並行作業間の時間的関連をわかりやすく表現するために考案されたものにネットワーク法がある．土木工事に広く応用されるネットワーク法は CPM（クリティカル・パス・メソッド）で，普通には，図 1.4.2 に示すような矢印線図が用いられる．矢印線図は，横軸に時間を取り各作業の開始時と終了時の時点の小円で表わし，その作業が進行する方向を表わす矢印が付いた線の横軸に平行な長さで作業時間の長さ^{*15}で表わすものである．

ひとつの作業に要する時間（日数）は，既往の資料・統計などに基づいて予想するが，一般に，各々の作業には最低の費用によってできる最も経済的なペースによる作業時間（標準日数）があり，これより急いでも遅くしても費用が増す傾向がある．さらに，いか

*11 日，旬，月など

*12 急いで実施すべきか否か

*13 作業頭が 1 点に集中して移動する場合

*14 作業面が広がりをもつ場合

*15 矢印線の下側の数字は日数

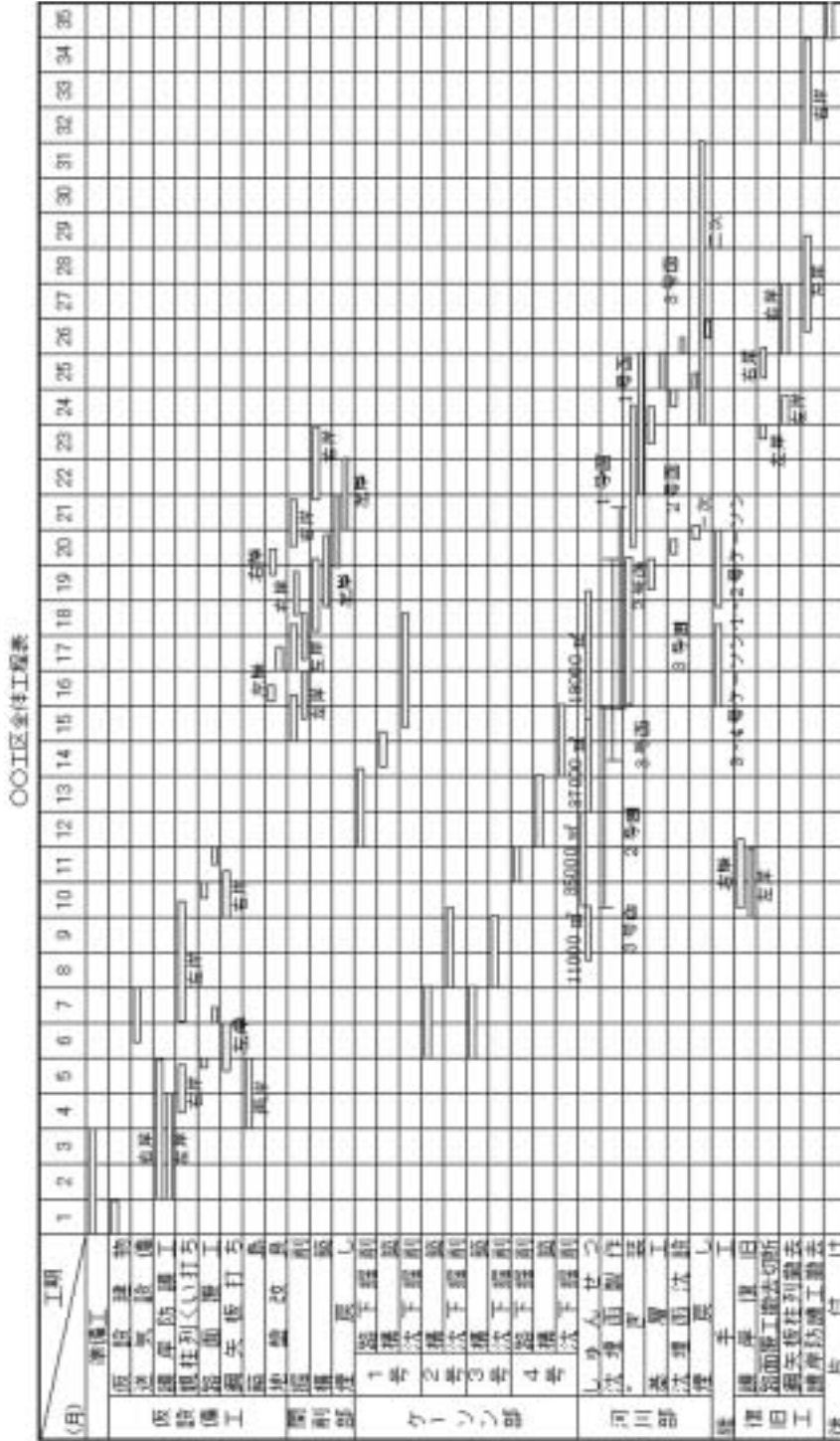


図 1.4.1 棒グラフ工程表の例

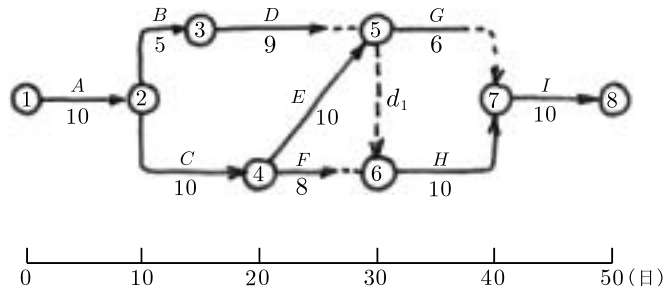


図 1.4.2 矢印線図 (PERT)

に早くしてもこれ以上早く仕上げられないという限度の最急ペース，最急費用による最短日数というものもある。

2 連以上の作業群が時間的に並行して進行する場合，一連の連続する作業の合計所要日数が最も多い経路が必ずひとつある．これを，クリティカルパスという．図 1.4.2 の例についていうと，①A②C④E⑤ d_1 ⑥H⑦I⑧の経路が所要日数の合計が 50 日で最も多いクリティカルパスである．この図例では， d_1 という仮想上の経路 (ダミー) の矢印が挿入されているが，これは，H の作業が他経路上の F の作業が終わらないと始められないという作業間の特殊関係を表わすものである．

クリティカルパス上の各作業は，先行作業と後続作業との間に時間の余裕がないが，これ以外の経路上の作業，例えば，③D⑤，④F⑤などは時間余裕をもつ．時間余裕をもつ作業は，例えば F の作業は④の時点 (最早開始時) に始めてもよいし，いろいろな都合上遅らせたほうがよい場合には⑤の時点 (最遅終了時) に終わるように遅く始めてもよい．

工事を最も経済的に行うには，クリティカルパス上のすべての作業が最も経済的なペースで標準日数の期間に終わるように施工すればよい．しかし，各種の事情により工期を短くしなければならないときには，クリティカルパスのなかのいずれかの作業を経済ペースを上回る割高なペースで計画するため予定工事費は増加する．

1.4.1 エクセルによるネットワークの作成方法

A. ネットワーク工程表

ネットワーク作成のための記号および，その作成ルールについて示す．

a. アクティビティ（作業）

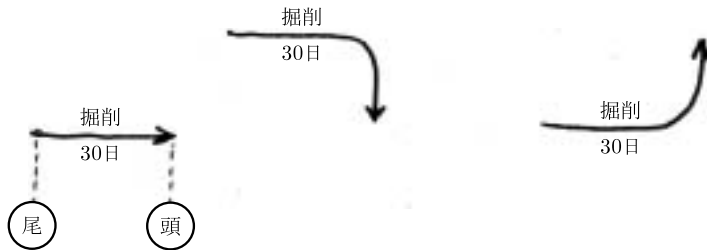


図 1.4.3 アクティビティの例

- 作業を矢線（アクティビティ）で表示する．
- 矢線は，左から右方向に向け描く．
- アクティビティは，作業などの時間を必要とする活動を意味する．
- 矢線の長さは時間には無関係で，形は任意でよい．
- 矢線の尾が作業開始，頭が作業完了を示す．
- 同一のアクティビティを 2 つ以上描かない．
- ある作業が完了しなくても別の作業が始められる場合は作業分割を行う．
- 同一イベントで始まり，同一イベントで終了アクティビティは 2 つ以上あってはならない．

b. イベント（結合点）, (ノード)



図 1.4.4 イベントの例

- アクティビティとアクティビティの結合点をマルで表わす．
- マルの中に作業の順序にしたがって番号をつける．
- 番号付きのマルをイベントという．
- 同じ番号が 2 つ以上あってはならない．
- アクティビティの進行方向を見分けるようにするため $i < j$ とする．
- 同一イベントを 2 回以上通過しないすなわちサイクルがあってはならない．

c. ダミー（疑似作業）

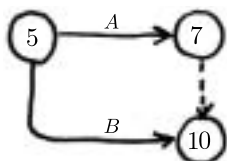


図 1.4.5 ダミーの例

- 疑似作業で，各アクティビティの相互関係を示す．
- 点線の矢線で表示する．
- ダミーの所要時間は 0 である．
- イベントの条件は，アクティビティの場合と同様である．

B. 結合点時刻（イベントタイム）・作業時刻

ネットワークを作成し，各作業ごとにその所要時間を見積ることによって日程計算を行うことができる．日程計算においては，結合点時刻の計算と作業時刻の計算の 2 つがある．

結合点時刻 結合点時刻は，ネットワークのスタート・イベントを 0 として各イベントに到達する時刻で，

- 最早結合点時刻
- 最遅結合点時刻

の 2 つがある．

1. 最早結合点時刻

任意イベントから開始できる最も早い時刻を最早結合点時刻という．

任意イベントにおいて，そのイベントに入ってくる作業がすべて完了してからでないと開始できないで，その最大値を求める．すなわち，時間的に最も長い経路を求めることである．

2. 最遅結合点時刻

工期から逆算して，任意のイベントで完了する作業のすべてが，遅くとも完了していなければならない時刻を最遅結合点時刻という．エンド・イベントから，逆方向に向かって計算して，そのイベントから開始する作業のうち最も早く開始しなければならない時刻（最小値）を求めることになる．

3. 余裕（スラック）

あるネットワークの各イベントの最早結合点時刻と最遅結合点時刻の値を比較したとき，値が等しいものと異なっているものがある．

これは、同一イベントから開始すべき時刻と完了すべき時刻に差があるものは余裕があり、差がないものにおいては余裕がないことを意味している。このとき最遅結合点時刻と最早結合点時刻の差を余裕（スラック）という。

作業時刻 各作業ごとの最早開始時刻、最早完了時刻・最遅開始時刻・最遅完了時刻についてこれらの計算方法を述べる。

1. 最早開始時刻と最早完了時刻

(a) 最早開始時刻 (EST)

任意のアクティビティ $i \rightarrow j$ が最も早く開始できる時刻のことで、そのイベント i の最早結合点時刻となる。

$$\text{最早開始時刻 (EST)} = t_i^E$$

(b) 最早完了時刻 (EFT)

任意のアクティビティ $i \rightarrow j$ を最早開始時刻で始めた場合のアクティビティが完了する時刻をいい。計算式は

$$\text{最早完了時刻 (EFT)} = t_i^E + T_{ij}$$

となる。

2. 最遅開始時刻と最遅完了時刻

(a) 最遅開始時刻 (LST)

任意のアクティビティ $i \rightarrow j$ を最遅完了時刻で完了するために、そのアクティビティが開始しなければならない時刻をそのアクティビティの最遅開始時刻という。

したがって、アクティビティ $i \rightarrow j$ の最遅完了時刻 (j の最遅結合点時刻) からそのアクティビティの所要時間 (T_{ij}) を引いた時刻が、そのアクティビティの最遅開始時刻となる。

$$\text{最遅開始時刻 (LST)} = t_j^L - T_{ij}$$

(b) 最遅完了時刻 (LFT)

工事を所定の工期で完了するために、任意のアクティビティ $i \rightarrow j$ が遅くとも完了していなければならない時刻をそのアクティビティの最遅完了時刻という。したがって、イベント j で完了するアクティビティの最遅完了時刻は、

イベント①の最遅結合点時刻と同一である。

$$\text{最遅完了時刻 (LFT)} = t_j^L$$

余裕時間（フロート） アクティビティには、最早完了時刻と最遅完了時刻が等しいものとそうでないものが存在する。

等しい場合には余裕がないが、それらが異なる場合は最早開始時刻で始めたとき、最早完了時刻と最遅完了時刻の差分遅れても全体の工期に影響を及ぼすことはない。すなわち、そのアクティビティは余裕時間（フロート）をもっている。

余裕時間には、

- 全余裕（トータル・フロート）
- 自由余裕（フリー・フロート）
- 干渉余裕（インターフェアリング・フロート）
- 独立余裕（インディペンデント・フロート）

等がある。

1. トータル・フロート（T.F. 全余裕時間）

任意のアクティビティ (i, j) を考えると、その先行するアクティビティが最早開始時刻に開始、かつ予定どおり進んだ場合、このアクティビティは最早開始時刻 t_i^E で開始できる。

また、このアクティビティは最遅完了時刻 t_j^L までに完了していれば、所定の工期に工事全体の完成に間に合うので、

$$[t_j^L - t_i^E]$$

の時間にアクティビティ (i, j) を実行すればよい。

したがって、アクティビティの所要時間 T_{ij} と $t_j^L - t_i^E$ との差は、そのアクティビティに関する余裕時間となり、これを全余裕時間（トータル・フロート）T.F. という。

$$\begin{aligned} T.F. &= (t_j^L - t_i^E) - T_{ij} = LST - EST \\ &= t_j^L - (t_i^E - T_{ij}) = LFT - EFT \end{aligned}$$

2. フリー・フロート (F.F. 自由余裕時間)

先行アクティビティがトータル・フロートの一部、または全部を使ってしまうと、後続するアクティビティは最早開始時刻で始めることができなくなる。そこで後続するアクティビティの最早開始時刻に影響を及ぼさない範囲内で、アクティビティ (i, j) が使うことができるフロートのことを自由余裕時間 (フリー・フロート) F.F. という。

$$F.F. = (t_j^E - t_i^E) - T_{ij} = t_j^E - (t_i^E - T_{ij}) = t_j^E - EFT$$

3. インターフェアリング・フロート (I.F. 干渉余裕時間)

フリー・フロートは後続するアクティビティの最早開始時刻に影響を及ぼさないものがあるが、それに対して全体工期に対しては影響を及ぼさないが、後続アクティビティの最早開始時刻に影響を及ぼすフロートをインターフェアリング・フロートという。

$$I.F. = t_j^L - t_j^E = [t_j^L - (t_i^E - T_{ij})] - [t_j^E - (t_i^E - T_{ij})] = T.F. - F.F.$$

クリティカルパス (最長経路) ネットワークを作成し、日程計算及びフロートの計算をすると、その結果トータル・フロート 0 のアクティビティが求められる。これは必ず一連の経路を形成するものであり、この経路のことをクリティカルパスという。このクリティカルパスは、工程管理上非常に重要な意味を持っている。

C. エクセルによるネットワーク計算例

図 1.4.6 に示すネットワーク計算を行なう。

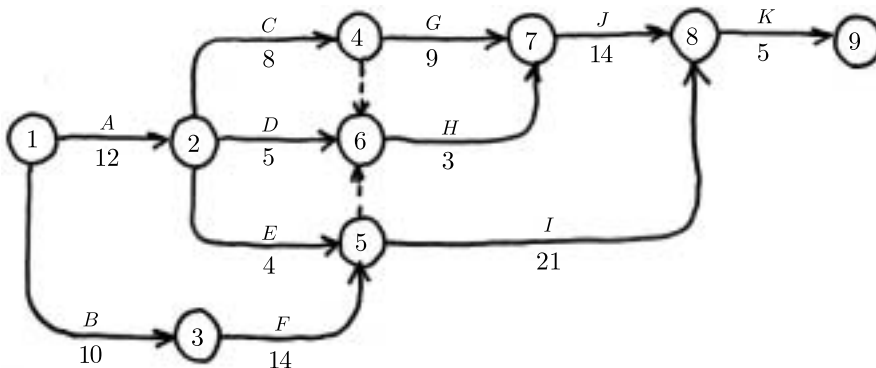


図 1.4.6 ネットワーク工程の例

エクセルシート

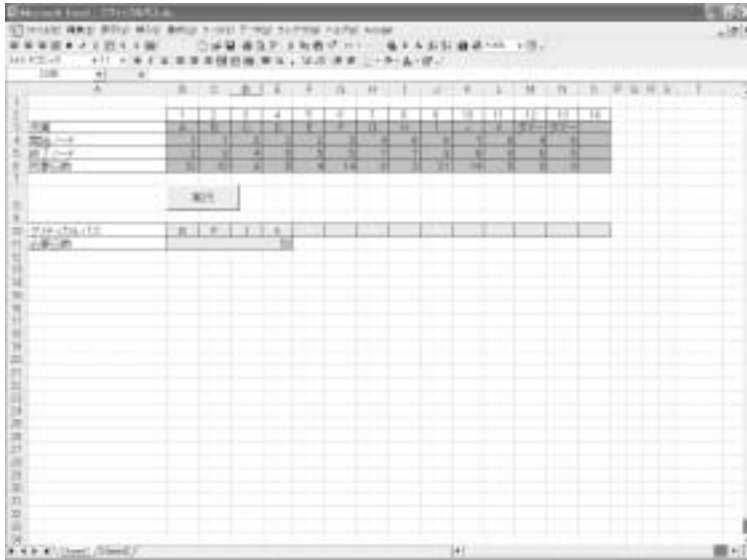


図 1.4.7 データ入力シート

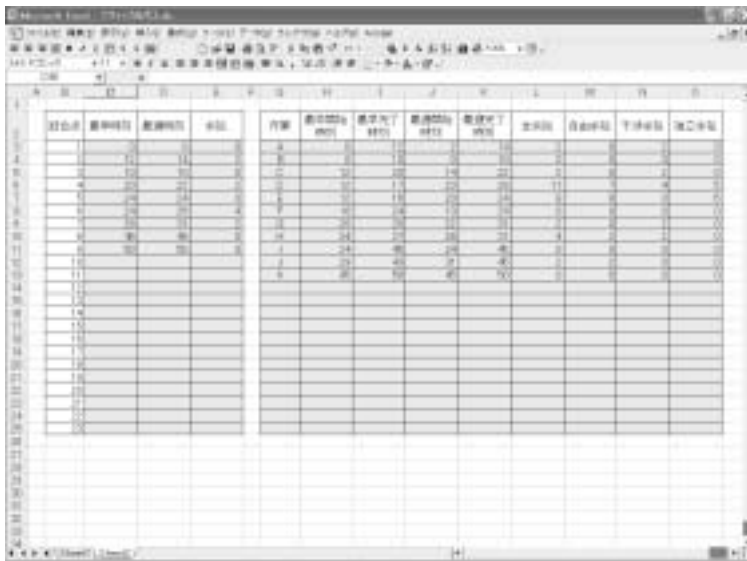


図 1.4.8 出力結果シート

データシート

x-R管理図データシート											
(圧縮) 引張 曲げ 強度試験 ス ラ ン プ 強度試験 空 気 量 強度試験											
工事名称		工事									
企業者		施工者									
コンクリート配合種類		設計基準強度 N/mm ²					最大		$\sigma_{28}=280$		
期間	2007年5月1日 より 2007年5月17日	基準スランプ cm					最小				
試験場所		試験者									
試験日時		5/1	5/2	5/3	5/4	5/5	5/6	5/7	5/8	5/9	
組の番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
測定値 n=3	x ₁	32.5	32.1	31.7	30.1	29.4	31.0	29.1	29.9	32.5	
	x ₂	31.2	29.3	29.0	31.4	31.5	33.8	29.8	30.1	31.5	
	x ₃	29.1	32.5	33.5	30.5	32.1	30.8	30.2	29.7	31.4	
	x ₄										
	x ₅										
計		92.8	93.9	94.2	92.0	93.0	95.6	89.1	89.7	95.4	
x= $\sum x_i/n$		30.9	31.3	31.4	30.7	31.0	31.9	29.7	29.9	31.8	
範囲 R		3.4	3.2	4.5	1.3	2.7	3.0	1.1	0.4	1.1	
試験日時		5/10	5/11	5/12	5/13	5/14	5/15	5/16	5/17		
組の番号		10	11	12	13	14	15	16	17	18	
測定値 n=3	x ₁	32.2	30.4	32.6	29.8	28.9	30.5	28.6	32.1		
	x ₂	31.5	32.1	31.0	28.9	27.8	29.5	30.4	30.7		
	x ₃	28.5	30.2	32.1	31.7	32.1	33.2	29.5	28.9		
	x ₄										
	x ₅										
計		92.2	92.7	95.7	90.4	88.8	93.2	88.5	91.7	-	
x= $\sum x_i/n$		30.7	30.9	31.9	30.1	29.6	31.1	29.5	30.6	-	
範囲 R		3.7	1.9	1.6	2.8	4.3	3.7	1.8	3.2	-	
n	A ₂	D ₄	D ₃	x管理図			R管理図				
3	1.02	2.57	-	$\sum x=$			522.97		$\Sigma R=$		43.70
4	0.73	2.28	-	x=			30.76		R=		2.57
5	0.58	2.11	-	UCL=x+A ₂ R=			33.38		UCL=D ₄ R		6.61
				LCL=x-A ₂ R=			28.14		LCL=D ₃ R		0.00

図 1.4.9 データシート出力例

プログラムリスト

```

Option Explicit
Sub CMD 実行_Click()
    Dim 開始ノード () As Integer
    Dim 終了ノード () As Integer
    Dim 作業 () As String
    Dim 所要日数 () As Integer
    Dim アクティビティ () As Integer
    Dim 必要日数 As Integer
    Dim 作業数 As Integer
    Dim I As Integer

    ' ノード数をカウント
    作業数 = 0
    Do Until IsEmpty(Range("_開始ノード").Offset(0, 作業数))
        作業数 = 作業数 + 1
    Loop
    ReDim 開始ノード (1 To 作業数)
    ReDim 終了ノード (1 To 作業数)
    ReDim 作業 (1 To 作業数)
    ReDim 所要日数 (1 To 作業数)
    ReDim アクティビティ (1 To 作業数)

    ' 入力
    For I = 1 To 作業数
        開始ノード (I) = Range("_開始ノード").Offset(0, I - 1)
        終了ノード (I) = Range("_終了ノード").Offset(0, I - 1)
        作業 (I) = Range("_作業").Offset(0, I - 1)
        所要日数 (I) = Range("_所要日数").Offset(0, I - 1)
    Next

    Sheet2.Range("C3:O25") = ""
    Range("B10:AA10") = ""

    Call 土木_クリティカルパス (開始ノード, 終了ノード, 作業, 所要日数, アクティビティ, 必要日数)

    ' 出力
    Range("_必要日数") = 必要日数
    For I = 1 To 作業数
        If (アクティビティ (I) <> 0) Then
            Range("_アクティビティ").Offset(0, I - 1) = 作業 (アクティビティ (I))
        Else
            Range("_アクティビティ").Offset(0, I - 1) = ""
        End If
    Next

End Sub

Sub 土木_クリティカルパス (開始ノード () As Integer, _
    終了ノード () As Integer, _
    作業 () As String, _
    所要日数 () As Integer, _
    ByRef アクティビティ () As Integer, _
    ByRef 必要日数 As Integer)

    Dim 作業数 As Integer
    Dim ノード数 As Integer
    Dim I As Integer, J As Integer, 日数 As Integer, ノード As Integer

```