

第2章 工 程 管 理

1. 概 説

1.1 工程管理の目的と意義

工事の施工にあたっては、決められた工期内に所定の仕様書、図面などにもとづいて、工事を完全に仕上げていくことが必要である。

そのためには工期のほか品質、精度などが完全であるとともに、契約条件を満足しつつ、工事の実行予算に見合って、最も能率的にかつ経済的に、工事施工を計画し、管理していかなければならない。これが工程管理の意義である。

工期は、着工から完成までの工程系列を時期的に確保することによって達成でき、工事の品質は各工程において作り込まれ、そして、工事の原価は各工程において発生するものであるから、工事の施工過程における工程の計画と管理を目的とする工程管理は、施工管理上重要な総合的管理の手段である。

従って工程管理は、工事着工から完成までの工程系列の、単なる時間的管理ではなく、むしろ施工活動をあらゆる角度から評価検討し、機械設備、労働力、資材などを最も効果的に活用する方法と手段でなければならない。

また、発注者側からの工程管理とは、工期内に十分な品質、精度のもとに施工されていく工事過程の管理であり、受注者側からの工程管理とは、発注者側の工程管理に工事経営の要素（能率的、経済的）が加えられ、最小の費用で最大の生産をあげる工事過程の管理である。

従来ともすると工程管理は、一般に完成期日を守るための進捗管理だけが目的とされていたが、本質的には以上のように広範な内容を含んでいる重要な管理である。

1.2 工程管理の手順と内容

工程管理の手順と内容について、管理の一般的手順にしたがって、これを

計 画 → 実 施 → 検 討 → 処 置

の各手段に分け、それぞれ工程管理項目をあげると次のとおりである。

(1) 計画の段階

- ① 施工計画（施工順序、施工法などの基本方針の決定）
- ② 工程計画（作業手順と日程の計画、工程表の作成など）
- ③ 使用計画（労務、機械設備、資材、資金などの所要時期、品目、数量および輸送などの計画）

(2) 実施の段階

- ① 工事の指示、承諾、協議、段階検査

(3) 検討の段階

- ① 作業量管理（作業量、資材使用量などの実績資料の整理とチェック）
- ② 進捗管理（工程進捗の計画と実施の比較、進捗報告など）
- ③ 手配管理（機械、労力、材料などの手配）

(4) 処置の段階

- ① 是正処置（作業改善、工程促進、再計画など）

1.3 工程管理の基本事項

工程の計画および管理にとって、重要な基本問題の一つは施工速度である。それは次の事項に関連がある。

- (1) 施工の経済性と品質に適合した実行性のある最適工期の選定
- (2) 所定の工期、品質および経済性の3条件をみたす合理的な工程計画の作成
- (3) 実施工程を分析検討して、これを計画工程に近づけまたは計画を修正するなど合理的な工程管理の実施

経済的な施工速度について、一般に経済速度という言葉が使われ、これと反対の言葉として突貫工事という言葉が使われている。施工速度の経済性について、その基本的原則を理解しておくことは、工程管理の実施にあたって大切なことである。

2. 工程計画

2.1 採算速度と経済速度

一般に工程と原価の関係は、図2.1に示すように施工を速くして施工出来高があがると原価は安くなるが、さらに施工を速めて突貫作業を行うと逆に原価は高くなる。

施工量の増減に伴って工事総原価が増減するのは当然であるが、これらの原価のうちには施工量の増減によって影響のない**固定費**と、施工量の増減によって影響のある**変動費**とがあることが一般に認められている。

たとえばコンクリートダム工事において、バッチャープラント、ケーブルクレーン等建設機械の使用損料や監督職員給与その他現場諸経費等

は、コンクリートの1日打設量の多い少ないには全く無関係であり、一方において骨材、セメント、消耗雑材料等の材料費や動力用電力、燃料、油脂等の機械運転費はコンクリートの1日打設量によって影響を受ける。このように施工量の増減によって影響のない費用が**固定費**であり、施工量にほぼ比例して増減する費用を**変動費**という。

工事総原価 y は、固定原価 F と変動原価 vx との和であり、変動原価 vx は、施工出来高 x に比例して増加するものとみなすことができる。すなわち工事総原価は、 $y = F + vx$ となる直線で表わすことができ、これを図示すれば利益図表と呼ばれる図2.2となる。

工事総原価 y と施工出来高 x とが等しくなる点すなわち $y = x$ の直線上においては、工事の経営は収入と支出が等しくなって黒字にも赤字にもならない。原価曲線 $y = F + vx$ と $y = x$ との交点 P は、**損益分岐点** と呼ばれ、原価曲線 $y = F + vx$ 上において収支が等しくなる点であり、その場合の施工出来高を x_p とすれば、施工出来高が x_p 以上の場合は利益となるが x_p 以下に下がると損失となる。

工事の経営が常に採算のとれる状態にあるためには、損益分岐点の施工出来高 x_p 以上の施工出来高をあげなければならないのであって、このような施工出来高をあげると

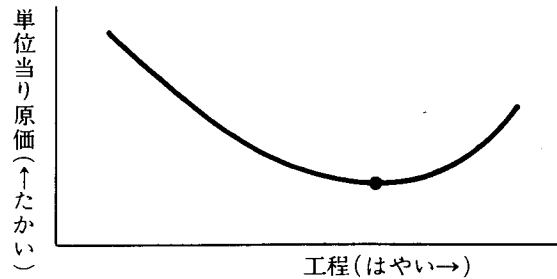


図2.1 工程と原価の関係

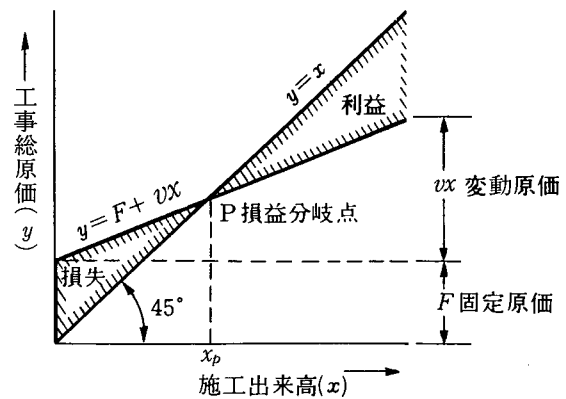


図2.2 利益図表

きの工程速度が採算速度と呼ばれる。したがって損益分岐点において工事は最低採算速度の状態にあり、常にこれ以上の採算速度を保持できるよう工程を計画し管理することが大切である。

原価曲線が直線をなすためには、固定原価はもちろん一定値であるとともに、変動原価が施工出来高に対して比例しなければならない。この関係が維持されるためには、おおむね次のような条件が必要である。

外部条件として、

- (1) 設計、仕様、数量、工期、契約原価等発注者の要求に変化のないこと
- (2) 地質、天候等自然条件に予想外の変化のないこと
- (3) 物価、労賃等一般市況に大なる変化のないこと

内部条件として

- (1) 工事用仮設備、機械、管理組織等施工規模ならびに施工法に大きな変更のないこと
- (2) 施工量に比例的でないような賃金方式を採用しないこと
- (3) 材料の消費量が施工量に比例的であること
- (4) 材料購入単価、支払賃金率に変化をきたさないこと
- (5) 施工される工種の混成割合に大きな変更のないこと

これらの条件を満足するためには、常に適切な管理が必要であり、これらの適切な管理が行われる場合には工事はいわゆる「**経済速度**」にあって施工出来高の上昇は常に健全経営であり、損益分岐点より大なる出来高の増加は工事経営の採算化をもたらすのである。

2.2 突貫工事

経済速度による施工出来高の上昇にはある限度があり、この限度を越えて出来高をあげるためには原価は急増し、原価曲線のこう配は段々急となり直線でなく上方に凹状に曲がった曲線（図2.1工程と原価の関係参照）となり、いわゆる「**突貫工事**」の状態となってくる。

突貫工事になると原価は比例的でなく急増するが、その原因の主たるものは次のとおりである。

- (1) 施工量に比例的でない賃金方式を採用すること。たとえば歩増、残業手当、深夜手当、懸賞金等の支給
- (2) 消耗役務材料の使用量が施工量に比例的でなく急増すること。たとえばトンネル工事における掘削 1 m³ 当り火薬使用量の増加、支保工材、コンクリート型わく等の転用回数の減少等

- (3) 材料の手配が施工量の急増に間に合わず、労務の手持ちを生じ、あるいは高価な材料を購入すること
- (4) 1交代から2交代、3交代へと1日の作業交代数の増加に伴う固定費の増加
- (5) 施工量増加に対応するための労務者宿舎その他の仮設備および機械器具の増設、現場管理者の増員等施工規模の拡大が行われること。

ここに列記した原価増加の原因は、突貫工事の場合のみならず、ずっと低い工程速度においても實際上発生することも多く、施工量が期待どおり上らず工事原価は割高なものとなってくる。突貫工事を避け、経済速度において最大の施工量を達成するよう留意することが大切である。

2.3 経済的工程計画の立案目標

工程速度の経済性に関する事項をこれまでに説明してきたが、最も経済的に工事を実施するためには、突貫工事にならないよう注意し、経済速度において最大限に施工量の増大をはかることが必要である。経済速度における原価曲線 $y = F + vx$ において、工事総原価 y を出来る限り小さくし利益を大きくするためには、最小限の固定費 F をもって、変動比率 v を極力小さくすることが理想的である。このためには具体的に次のことがらに注意する必要がある。

- (1) 仮設備工事、現場諸経費が合理的な範囲で最小限であること
- (2) 施工用機械設備、消耗役務材料、工具等を合理的最小限とし、できるだけ反復使用すること
- (3) 合理的に最小限の一定数の労務者をもって、全工事期間を通じて稼働労務者数の不均衡をできるだけ少なくすること
- (4) 施工の段取り待ち、材料待ち、その他の労務者、機械設備の損失時間をできるだけなくすること

2.4 最適工期の決定

工事の建設費は次の直接費と間接費より成り立っている。

(1) 直接費

労務費、材料費、仮設備費(共通仮設を除く)、機械運転費等の費用で一般に作業速度をはやめると、超過勤務、多交代作業、多人数同時作業の非能率、高価な材料や役務費の増加、高価な機械や工法の採用などによって、直接費は増加する。すなわち工期の短縮にともなって直接費は増加する。

(2) 間接費

管理費、共通仮設費、減価償却費、金利等の費用で一般に工期の延長にしたがってほぼ直線的に増加する傾向にある。

最適工期とは直接費と間接費を合せた総建設費が最小となる最も経済的な工期のことであるが、工期の短縮にともなって一般に直接費は増加し間接費は減少するという相反する性格をもっているが、その両者を合せた総建設費が最小になる点があるはずである。

品質と工期との関係は、施工速度を速めて突貫工事をすると品質が悪くなり、品質と原価の関係は、品質を良くすれば原価は高くなる傾向がある。従って、施工者は工程計画を行うため、安全性、所要の品質・工期が確保できる範囲内で、工事の総建設費を最小とする最適工期を見出さなければならない。

まず直接費について考察する。いま各作業の直接費がそれぞれ最小となるような方法で工事を行うと、全工事の総直接費は最小となるはずであって、これをノーマル・コスト（標準費用）と呼び、これに要する工期をノーマル・タイム（標準時間）と呼び、図2.3の工期・建設費曲線における点aで表す。各作業はノーマル・タイムより作業速度を早めて工期を短縮することができるが、一般に直接費は増加する。しかし各作業はどんなに直接費をかけても、ある限度以上には短縮できない時間がある。これをクラッシュ・タイム（特急時間）とよぶ。

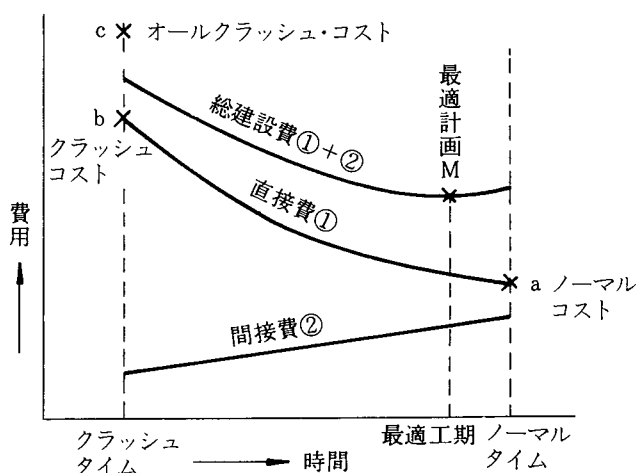


図2.3 工期・建設費曲線

各作業のクラッシュ・コストを集計したものは、考えられるうちで最大の直接費となるもので、これをオール・クラッシュ・コスト（全作業特急費用）と呼び、上の図で、c点はこれを表す。しかしながらクラッシュ・タイムにおいてすべての作業を短縮させる必要はなく、余裕のある作業の時間を延ばして直接費を減少させることができる。このようにしてクラッシュ・タイムにおいて得られる最小の直接費をクラッシュ・コスト（特急費用）と呼び、図2.3のb点がこれになる。

工事の直接費を最小にする最長工期すなわちノーマル・タイムより日程を短縮した場合の最小直接費の算出方法はC.P.M（クリティカル・パス・メソッド）と呼ばれるものがある。C.P.M手法によって各工期における最小直接費を算定し、これを図に表すと図2.3のab曲線が得られる。

一方間接費は工期の短縮にしたがって減少するのが普通であるので、ノーマル・タイ

ムで最大で、クラッシュ・タイムで最小になり、その間をほぼ直線的に変化するものと考えられる。

直接費曲線①と間接費曲線②との合成によって総建設費曲線①+②が得られ、総建設費が最小となる点 M が存在し、最適工期が求まる。

さらに直接費、間接費のほかに、工事施工中にすでに建設された建築物を利用できないことによる損失、例えばダムの早期完成によって発電ができ、電力を利用できる利益等が工事中のため失なわれ、工期の延長とともに増加する事等をも考えに入れば更に工期の短縮をはからねばならないことになる。

これまで述べてきたように建設工事においては工期を短縮させれば多少直接費は割高となるが、間接費が割安となって総建設費は安くなることが多く、また従業員、建設機械、仮設設備などを次の工事に転用できることになりなお一層の利点がある。

2.5 工程計画の手順

工程計画は、工事の種別、内容、工期および現場の実情などによるほか施工法その他全体の施工計画の基本方針とともに、おのずからその大綱が決定されるのが一般的であるが、工程計画立案の手順は次の通り行う。

- (1) 各部分工事の各工程の施工順序をきめる。
- (2) 各部分工事の工程に必要な施工期間をきめる。
- (3) 全工事作業期間を通じて、忙がしさの程度をなるべく均等化する。即ち、機械、労務者などの数を平均化するように、また待ち時間を少なくするよう仕事の配分を考える。
- (4) 全工事が工期内に完了するように計画する。

このためには、施工法の基本方針に基づいて、建設機械の選定、労務者並びに材料の供給予想のほか、現場条件、季節などの自然条件等あらゆる関連条件を考慮して計画することが必要である。

3. 工程図表

3.1 工程図表の種類

工程管理はこれを図表化して、各種の工程表を作成し、実施とその検討のための基準として使用する。

工程図表を基本工程表（全体工程表ともいう）と部分工程表および細部工程表とに分けて呼ぶことがある。基本工程表は工事の主要な工程毎に区分して施行順序を組み合わ

項目	作業名	数量	単位	着工日	完成日	進捗率(%)	1965	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1966	1月
1	仮設備	1	式	65.4.15	66.1.31	70.0			70									
2	土砂および岩石掘削	28,100	m³	15.1	11.29	84.8								84.8				
3	捨土岩運搬	23,540	m³	8.20	12.25	21.0												
4	コンクリート壁	4,230	m³	9.15	12.25	0.0												
5	側溝構築	2,570	m	9.1	12.25	0.0												
6	防護柵布設	2,210	m	11.1	66.1.15	0.0												
7	埋もどし	1,500	m³	12.10	66.1.20	0.0												
8	跡片付け	1	m	66.1.10	66.1.31	0.0												

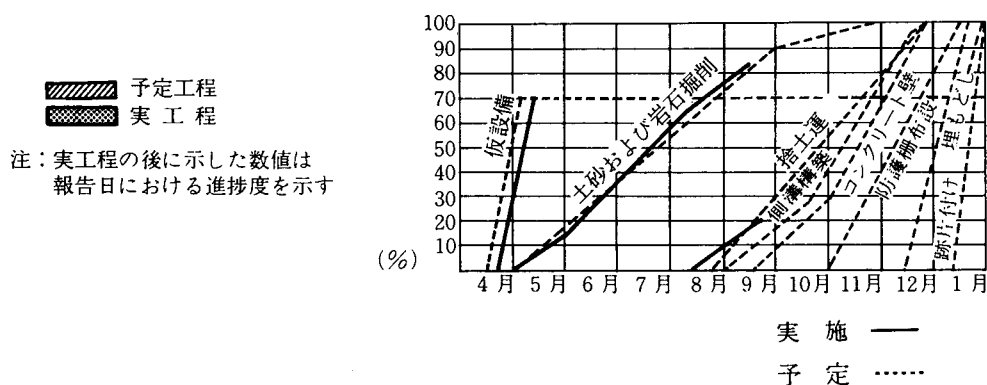


図2.4 工事工程表の一例

せ、全体的に工期を満足させるよう作成したものである。部分工程表および細部工程表は基本工程表にのっとり、各工程をさらに詳細に組み立てたものであり、時間単位も月から日へと細くなる。

工程図表の作成にあたっては、これまでに述べてきたように、“経済的工程管理立案の目標”の趣旨にのっとり、作業可能日数の算定、平均施工速度による1日標準施工量の算定、所要日数の算定、施工順序の決定、最適工期の決定などを行って工程を決定し施工と管理のため使用するものである。

工程表の様式には次のものがある。

- (1) 横線式工程表（バーチャート、ガントチャート）
- (2) 曲線式工程表（グラフ式工程表、バナナ曲線）
- (3) ネットワーク式工程表（PERT, CPM）

そしてこの図表（図2.4 工事工程表の一例）には次の3つの特性が明示されるとよい。

- (イ) 作業の手順
- (ロ) 作業進行の度合
- (ハ) 作業の期間

作業の手順は、計画段階において最も経済的に、しかも全作業が所定の工期で終わる

ように決定する。たとえば、1本の鉄筋コンクリートの柱を作るには、まず所要の強度を有する最も経済的な鉄筋、コンクリートの選択と手配を行ない、支保、型枠、鉄筋を手際よく組立て、コンクリートを打って養生した後に型枠をばらし、跡片付けをする。

作業進行の度合は、作業の手順が現場の実情と一致し、しかも各作業に割り当てられた所要日数が適正であるときは、初めに作成した図表のとおりとなる。しかし実際には、作業進行の度合を出来高によって判定するには、作業の種類のほか、その作業に従事する者の施工能力によって、作業進行が左右されるので、それぞれの作業工程にバラツキがあるから、これを全工程と見合せながら詳細に表示することは困難である。従って作業進行の度合は、一般にそれまでの平均的な出来高によるところが多い。この場合の作業の手順では、初めに設定した仕事の順序で出来高は表わされていないので、管理者が一つ一つの作業についての進行度合を、図表だけで正確に掌握することはできない。

作業の期間では、工期に直接影響を与える作業と、それほど影響を与えない作業とに分離する必要がある。しかし実際には、初めに着手できる作業の数は限定され、また工事の終了直前にやる作業は更に限定されているから、工期に影響する作業を抜き出す仕事は、この着手・終了時点以外の中間の作業からになる。この中間の作業は、トンネルなど作業安全空間が限定されている特殊な工事を除けば、すべて重複して作業が行なわれるのが普通であるから、中間の作業から工期に影響する作業を抜き出すのは簡単でないといえる。

いま図2.5に示す橋梁床版工事について、各種の工程管理図表によって検討比較してみよう。

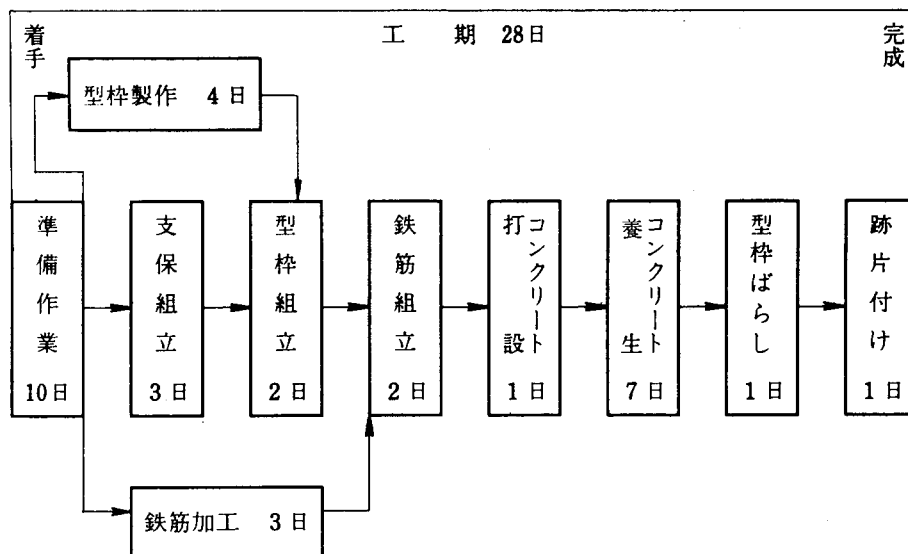


図2.5

3.2 横線式工程表

(1) ガントチャート

ガントチャートは、各作業の完了時点を100%として横軸にその達成度をとる。いま図2.5の仕事において着手後14日を経た場合について図示すれば、図2.6のようになる。

この図表でわかるとおり、各作業の現時点での進行度合（作業の達成度）は良くわかるが、各作業に必要な日数はわからず、工期に影響を与える作業がどれであるかも不明である。例えば鉄筋加工はあと20%残っているがこのあと鉄筋加工に何日かかるのか、またこれが遅れると工期に影響するのかも不明である。そこでこのような欠点がある程度修正したのがバーチャートである。

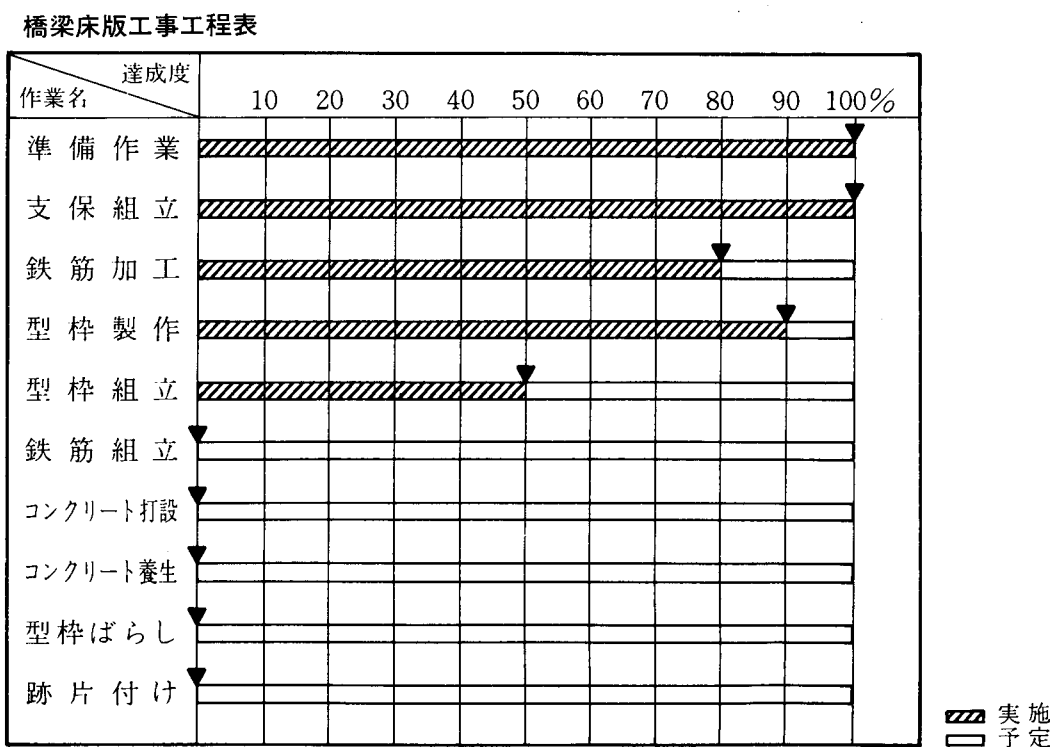


図2.6 ガントチャート

(2) バーチャート

バーチャートを作成する手順の大要は次のとおりである。

- (イ) 全体工事を構成するすべての部分工事を縦に列記する。
- (ロ) 利用できる工期を横軸に示す。
- (ハ) すべての部分工事の施工に要する時間をそれぞれ計画する。
- (ニ) 工期内に全体工事を完成できるように、(ハ)により計算した各部分工事の所要工期を図表の上にあてはめて日程を組む。

このうち日程の割り振りは、全体工事を工期内に完成するため、各部分工事の所要時間と施工時期を、実績や経験から考察して割り当て、実施可能な適合状態をさがしだすのであるが、それには通常次の三通りの方法が使用されている。

① 順行法

施工順序に従って、まず仮設工事など最初の部分工事の着手日を定め、次々にその工事数量を労務者や建設機械の平均施工速度を基礎とする1日標準施工量で割って、所要日数を算出し、最初の部分工事の終了日を定める。以下同様にして各部分工事の着手と終了日を定めていく。その場合、他の部分工事の途中で着手できるものはもちろん並列して記入する。そして最終の部分工事の終了日が竣工期日に一致しないときは、各部分工事について作業時間の延長、機械台数または容量の増加など、1日標準施工量の増加手段を講じて、その所要日数を減じ、完成期日内に納まるようにする。

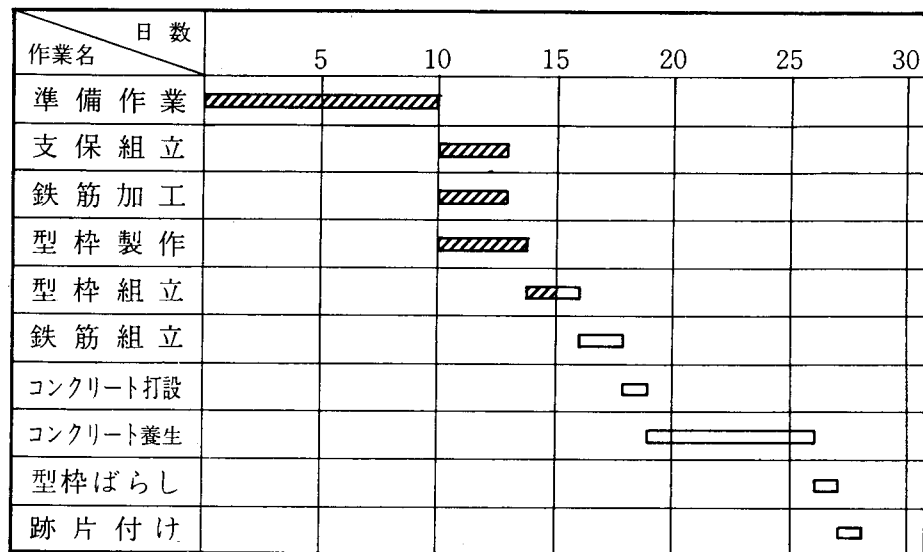
② 逆算法

順行法とは逆に竣工期日から同様の手順に従って、各部分工事の工期を定めていく方法である。

③ 重点法

季節、工事現場条件や発注者の要件等に基づいて、重点的にある基幹的部分工事の着手日または終了日を取り上げ、これを全工期のある時点に釘づけして、その前後を順行法または逆算法で固めていく方法である。

橋梁床版工事工程表





 実施(15日現在)
 予定

図2.7 バーチャート

バーチャートは横軸に日数をとるので各作業の所要日数がわかり、さらに作業の流れが左から右へ移行していることにより、漠然としてではあるが作業間の関連が掌握できる。しかしここにおいても工期に影響する作業がどれであるかはつかみにくい。

3.3 曲線式工程表

工事や作業の開始に先だって、計画出来高工程曲線を作り、作業の進み具合にともなうこれに実施出来高の曲線を入れ、両方の曲線を比較対照して工程を管理することは、予定の工期に工事を完成させるために必要なことである。また計画工程にそって作業を進めていくと、機械、人員、資材などの損失をふせぐことになるから、経済的に工事を進めることができる。

曲線式工程表は、工事出来高または施工量の累計を縦軸にとり、工期の時間的経過すなわち日数または週数あるいは月数などの単位の日盛を横軸にとって、出来高の進捗状況をグラフ化して示すのが一般的である。

曲線式工程表は、着工直後から毎日の出来高が一定であれば図2.8のように直線で示される。しかし実際には、このような直線にはならないで、図2.9のように毎日出来高曲線は着工時と完成時に0を示し、最盛期には最大となる。また累計出来高曲線は変曲点をもつS型の曲線となる。なぜならば一般に工事の初期には仮設、段取りがあり、また終期には仕上げや跡片づけなどのため、工程速度は中期（最盛期）よりは1日の出来高が低下するのが普通であるからである。即ち毎日出来高は工事の初期から中期に向かって増加し、中期から終期に向かって減少していくわけで、累計出来高曲線は変曲点をもつS型の曲線となる。この曲線を**工程曲線（Sカーブ）**と呼んでいる。

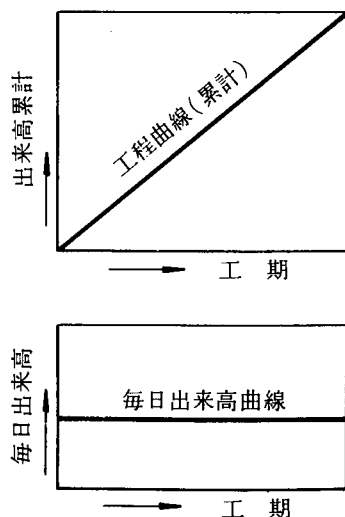


図2.8

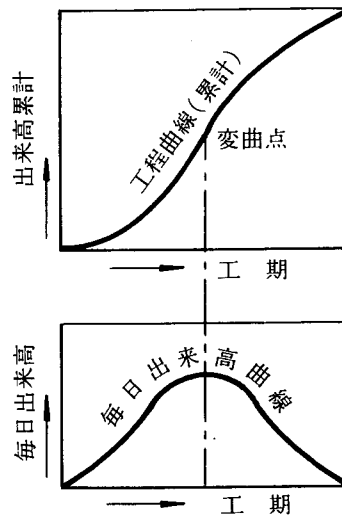


図2.9

このように工期の後半にはいると上方に凸形となり、一般にS型となるのが普通であるが、ときには実施工程曲線が終期にきても上方は凹形となることがあるが、このような型の工程曲線は工程遅延を取り返すために、突貫工事を最後の方で続けたことを意味しており、工事管理の基本3条件である工期（早く）、品質（良く）、経済性（安く）からみて最悪の状態であるから避けなければならない。

またこのことは建設機械の使用についてもいえることで、初期は少ない機械台数で作業を開始し、状況とにらみ合せながら機械台数を増し、仕上げ期から終期に向かっても状況に応じて、機械台数をだんだん減らすように計画していくようにするのがよいわけである。

一般に予定工程曲線は次のようにして作成する。

- (イ) まず横線式工程表を作成する。
- (ロ) 横線式工程表に記入された各部分工事について、工事期間を横軸にとり、工事費（またはその全工事費に対する％）を縦軸にとって、それぞれの部分工程曲線を作成する。各部分工事の工程曲線は一般に単純化のため直線を使用する。
- (ハ) 横軸を月ごとに（または10日ごとに）区切り、各月（または10日ごとに）について、各部分工事費（または工事費の％）を加算して全体工事の予定工程曲線が得られる。

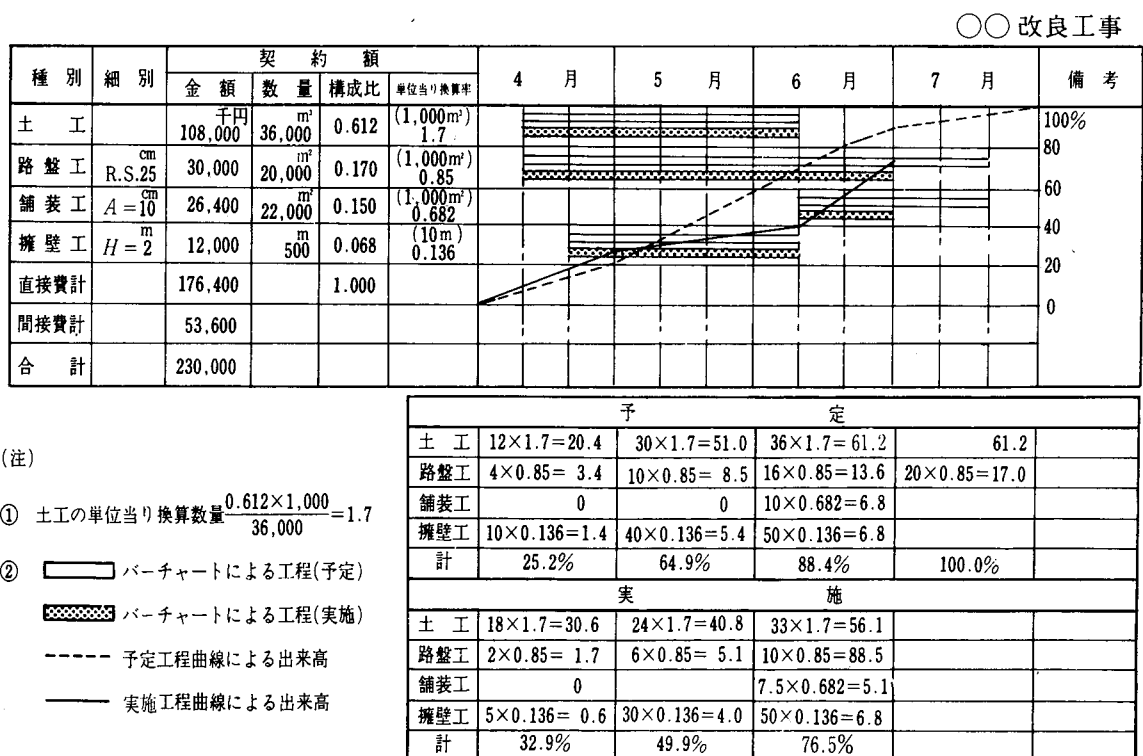


図2.10 横線式工程管理と曲線式工程管理の例

3.4 ネットワーク

ネットワーク手法の基本的ルールは、丸と矢線の結びつきで表現でき、線がその作業の関連性、方向、内容を表示している。

ネットワーク手法についての概略を図2.5の工事について説明する。

いま図2.11について、次のようなルートをとって検討してみると、

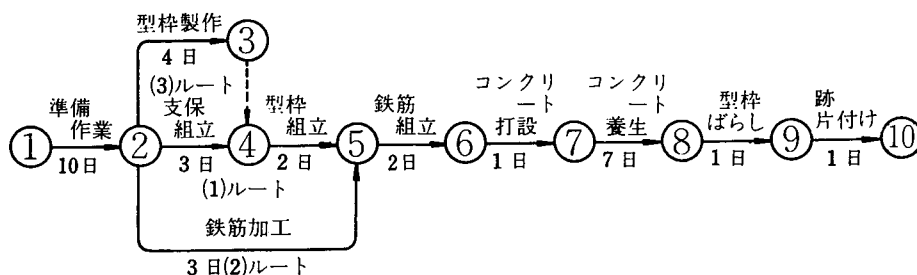
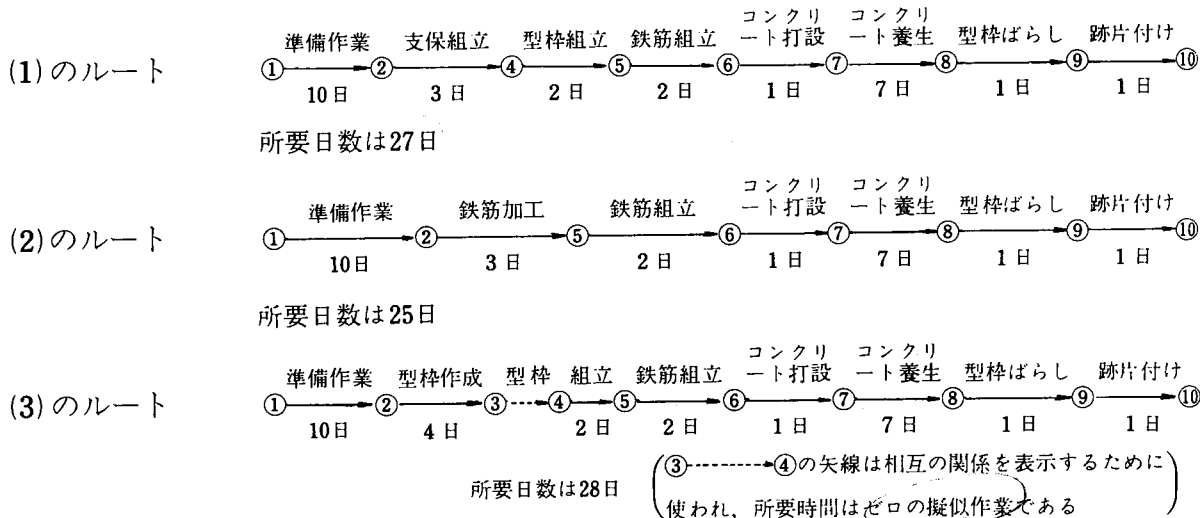


図2.11 ネットワーク



以上の(1), (2), (3)のルートのうち、この仕事を完了するのに最も長いルートは(3)のルートであることがわかる。即ち、それぞれの作業に割りふられた日数が標準の施工速度であるならば、この仕事を全部完成させるためには28日を必要とする。

ところで今この仕事を26日で完成させる場合を考えてみよう。

鉄筋組立以下の作業ルートは図2.11の⑤以下でわかるように(1), (2), (3)のルートに共通であるから、これら鉄筋組立以下の作業日数短縮は、そのまま仕事の短縮になる。例えば鉄筋組立を1日で行ない、コンクリート養生を6日で行なうとすれば、それぞれ1日ずつ、即ち、2日分の短縮になるから各ルートは

(1) のルートは…27日－2日＝25日

(2) のルートは…25日－2日＝23日

(3) のルートは…28日－2日＝26日

となる。

ところで鉄筋組立⑤以下のルートで短縮しないで、(3)のルートのなかの② $\xrightarrow[4日]{\text{型枠製作}}$ ③ルートを2日短縮してみると、(3)のルートは28日－2日＝26日となる。しかしここで注意しなければならないことは、② \longrightarrow ③ルートだけの短縮は(3)ルートのみが短縮されただけであって、(1)及び(2)ルートの所要日数は依然として27日と25日のままである。

従ってこの仕事の工期は、

(1) のルート……27日

(2) のルート……25日

(3) のルート……26日（2日短縮された）

となるからこのうち最も長い(1)のルートによってこの仕事の完成日数は27日と決められる。

そこでこんどは更に(1)のルート、即ち② $\xrightarrow[3日]{\text{支保組立}}$ ④ $\xrightarrow[2日]{\text{型枠組立}}$ ⑤ルートについて検討してみよう。支保組立で1日短縮することができれば、(1)のルートも27日－1日＝26日とすることができる。

この結果各ルートの所要日数は

(1) のルート……26日（1日短縮された）

(2) のルート……25日

(3) のルート……26日（すでに2日短縮されていた）

であるから(1)と(3)のルートがどちらも同じ26日となる。

以上考察したこのようなルートのことを経路(またはパス)と呼びまたとくに図2.11の(3)ルートのように、そのルートの短縮がそのままこの仕事の標準工期（この場合28日）の短縮を意味する場合、これを最重点管理経路あるいは最長経路（クリティカルパス）と呼ぶ。

なお、仕事を26日に完成させる目標で検討したように、日程の短縮（又は延長）するにしたがって、クリティカルパスは移動したり、場合によっては複数ルートあることに留意しなければならない。従来のガントチャートやバーチャートによる工程管理図表によっては、このクリティカルパスの所在をたやすく発見することはできない。

3.5 横線式工程表とネットワーク式工程表の比較

横線式工程表は、作り方が簡単であり、見やすいという点で現在最も多く用いられているが、作業の順序関係にあいまいさが残る欠点がある。

一方、ネットワーク手法は、その利点を列举すると次のようになる。

ネットワーク手法の利点

- (1) 作業の順序、因果関係が明確になり、施工計画の段階で工事手順の検討がつくされ、その全貌が担当者の頭に入る。
- (2) ネットとなる作業が明らかになるので重点管理が可能になる。
- (3) 作業順序がはっきりするから、工事担当者間で細部にわたっての具体的な情報伝達ができる。
- (4) 工事途中での天候不順や段取替えなどで当初計画を変更せざるを得ない場合に速やかに対処できる。
- (5) 複雑な仕事でもコンピュータを利用することによって短時間に工程計画ができる。

しかし、ネットワーク手法にも欠点がある。ネットワークを構成する各作業の歩掛が正しくなければ、全体の精度が悪くなること、横線式工程表に比べて工程表作成により費用と労力を要し、より多くのデータを必要とすることなどである。

従ってどんな工事にでも、ネットワーク手法は、横線式工程表よりすぐれていると考えるべきではなく、工事の規模や種類によって採択するとよい。そして、ネットワークを用いることによって生じる余分な費用は、その適用の結果として、より良い計画であるときに正当化されるのである。

各種工程図表の比較

各種工程図表の得失を比較してみると表2.1のようになる。ここにおける欠点を解決したのがネットワークといえる。

表2.1

事 項	ガントチャート	バーチャート	曲 線 式	ネットワーク
作業の手順	不 明	漠 然	不 明	判 明
作業に必要な日数	不 明	判 明	不 明	判 明
作業進行の度合い	判 明	漠 然	判 明	判 明
工期に影響する作業	不 明	不 明	不 明	判 明
図表の作成	容 易	容 易	や、むずかしい	複 雑
短期工事・単純工事	向	向	向	不 向

4. 進 度 管 理

4.1 日程管理

4.1.1 日程管理の意義

施工計画より立案された日程計画は、工事着手前にさらに入念に検討され、必要に応じて修正され、それに基づいて工事が着手される。

一般に、工事に着手すれば、種々状況が変化し、先に作成した日程計画も現実からはずれたものとなり、役立たなくなってくるものである。これらの原因は、不確定要素や天候等の不具合現象の発生に起因するものであって、遅延の原因を追求せずに、ただ短期的な便法により調整しようとする、工事の後期になって取り返しのつかない事態が発生する。

それは、工事遂行のために計画され、準備されたあらゆる作業主体の正常な運営を阻害し、識らず知らずの間に潜在的な無理が重なり、ひいては、それが突貫工事量の増大と、管理機能の喪失という形で現れ、たとえ、それが実質的な施工量が適正量になってもいかにも多忙に見える状況を呈し、さらには、消化できないような状態にまで発展し、工期の遅延に至るものである。そして構造物の品質は極めて悪くなり、かつ、経費は増加して赤字の累積増加となる傾向をもつものである。

一般に工事の期間が長く、かつ複雑な工事であればあるほど当初の予測による計画が、その途中の条件変化で狂いやすくなる傾向があり、その変動の比率は大きくなるものである。

このために日程管理は、工事の進捗に伴う状況の変化に対して対応するよう、たえず変更修正することが必要であり、その変更すべき原因と理由を明確に把握し、必要に応じて早期に対策を立て、実施することが必要になる。

4.1.2 日程管理の目標

日程は、ともすれば遅延の方向に向う現象が発生するので、これを防止するため、たえず先行度をもち、かつ弾力性のある計画において準備し進捗させることが必要であって、工事初期において、できるだけ予定よりも先行させ、中期においても、この傾向を持続し、かつ工期を短縮するよう実施することが必要である。

この場合、工事期間において万一予測し得なかったような事故が発生しても、工事の初期において先行しておくことは、工期の変動に対して十分な弾力性をもつことになり、工期の遅延に至ることは少なくなる傾向にある。

4.1.3 日程管理の実施

(1) 日程管理の順序

日程管理は、また**進度管理**ともいわれ、工事検討の機能の中で最も重要な問題である。これは施工計画において決定された日程計画に基づく時間的進行面の検討を行うものであって、この目的は、工期の確保と施工速度の向上にある。

進度管理の方法は、次の段階によって実施される。

- ① 進度調査 ② 進度判定 ③ 進度訂正 ④ 遅延対策 ⑤ 回復の確認

このようにして、進度管理が実施されるが、最終段階においても遅延が回復しない場合には、再審査のうえ、その原因を正し、対策を立てる必要がある。

(2) 進度の表示

建設工事は、時間とともに作業を進めていくものであるが、この作業の進度については、次の2通りの考え方がある。

- ① 過程的進度 ② 数量的進度

過程的進度とは、作業がどこまで進んだかを示すものであって、これは工程の進行状態を示すものである。

また、**数量的進度**とは、作業がどれだけ量的に処理をしたかを示すものであって、出来高の精算は数量で行われ、工事進度の総合的判定に用いられる。

4.2 作業管理と作業量管理

4.2.1 作業管理

(1) 作業管理の目的

作業管理は、工事に直接従事する作業主体（人および機械）のもつエネルギーを使用して作業の能率を向上させ、ひいては生産性を向上させるための機能である。

このために、型枠組立作業、ブルドーザ運転作業などの直接各自が与えられた仕事の各作業において、ムリ、ムダ、ムラのある不必要なすべての作業を排除して、最も疲労が少なく、かつ適切な作業方法を見出し、それを標準化することが必要である。また、これらの作業を定められた方式で進められているか否かを調査し、作業の改善と作業の指導を行い、品質の確保、工事費の低減と、作業者の福利を図ることが必要である。

(2) 作業改善の目標

作業改善の目標は、作業者、品質、工程および原価に対して次の目標をもって実施する。

- ① 疲労の軽減……疲労は、できるだけ少なく、かつ安全に作業ができるよう考慮する。
- ② 品質の向上……作業は、その出来栄がよくなるような方法でなくてはならない。
- ③ 時間の短縮……作業は、できるだけ時間のかからないような方法でなくてはならない。
- ④ 経費の節減……作業は、できるだけ経費のかからないものでなくてはならない。

(3) 作業標準の作成

一般に機械類の作業標準は、岩石、土砂などの取り扱う材料によって決められ、さらに作業者に対しては、標準歩掛ができてはいるが、現場の事情により異なるので、工事の初期に、機械および作業者が1日でなし得る仕事を検討し、これによって事後の工事の予測と作業者および機械の準備のための予測を行うことが必要となる。

このためには、従来の勘や経験によるばかりではなく、正しい科学的な根拠により研究、合理化された作業方法、作業時間を正しく作業者に示し、そのとおり実施させることが必要である。

(4) 作業指導

作業者に仕事の方法を示すには、その仕事を指導者が十分理解していると同時に、詳細かつ具体的に示すことが必要である。そのためにも動作の順序に細分して指導することが最も良い方法である。

(5) 作業の習熟

同一作業において、その作業が繰返しのサイクルで構成されている場合には、作業が慣れてくると、動作にムダな動作がなくなり、最も都合のよい順序が決まり、円滑なりズムによって作業が進められる現象が現れる。この習熟の結果は、先に述べたように、作業能率は著しく向上するものであるから、早急に習熟させるよう管理することが必要である。

4.2.2 作業量管理

作業量管理とは、標準作業量を維持していくための管理である。すなわち、労務者1人当たり、または機械1台当たり、あるいは1組当たりの1時間または1日の標準作業量を維持して行くための管理である。

作業量管理が工程の進捗とともに施工の経済性にとって極めて重要な役割を果すことは、工事の単価について考えてみると明らかである。

施工の経済性を評価する尺度としては、まず工事の単価が考えられる。工事の単価は工事原価をそれに見合う作業量で割ったものである。

$$\text{工事の単価} = \frac{\text{工事原価}}{\text{作業量}}$$

上式より工事の単価は工事原価に比例し、作業量に反比例することが分かる。例えば工事原価が3割増すと単価は3割高くなり、作業量が3割減少すると単価は4割以上も上昇し、作業量がゼロに近づくと単価は無限大に近づくことになる。このことから作業量の減少は単価への影響が非常に大きいことが分かる。

このように単位時間当り作業量は、工事の進捗と経済性に重大な影響を及ぼすものであるから、作業量管理に当っては、常に実際の作業量を調査して、標準作業量と比較し、それが低下した場合にはその原因をつきとめ、作業量が標準作業量まで回復できるように是正措置をとり、また反対に、実際作業量が標準作業量より多い場合には、その増大原因を分析し今後の能率向上の参考とし、その状態を維持できるよう努力しなければならない。

作業量の差異の生ずる原因を理解しやすいように式で表すと次のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{労務者1人当り実際作業量} &= \frac{\text{全実作業量}}{\text{全労務者数}} \\ &= \frac{\text{稼働労務者数}}{\text{全労務者数}} \times \frac{\text{労働延べ時間}}{\text{稼働労務者数}} \times \frac{\text{実作業延べ時間}}{\text{労働延べ時間}} \times \frac{\text{全標準作業量}}{\text{実作業延べ時間}} \times \frac{\text{全実作業量}}{\text{全標準作業量}} \\ &\quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ &\quad \boxed{\text{稼働率}} \quad \quad \boxed{\text{労働時間}} \quad \quad \boxed{\text{作業時間率}} \quad \quad \boxed{\text{(標準)作業能力}} \quad \quad \boxed{\text{作業能率}} \end{aligned}$$

上式は労務者について述べたものだが、建設機械についても同様であって、工事現場における作業員や建設機械の1日の実際作業量は、その標準作業能力に労働時間を乗じて得られる標準作業量に、稼働率、作業時間率および作業能率を更に乗じたものであり、これら3つの能率をどのように向上するかは、作業量管理の中心課題である。

(1) 稼働率の向上について

工事現場に在籍する労務者や建設機械は、常にその全部が稼働することが理想であるが、実際はなかなか困難である。在籍する労務者や建設機械の総数に対する実際稼働数の割合が、それぞれの稼働率である。一般に稼働率の低下要因としては次の諸点があり、これらをできる限り排除しなければならない。

- (イ) 設計変更その他企業者の指示による待機
- (ロ) 悪天候、地質の悪化等不可抗力的原因
- (ハ) 作業の段取り待ち (ニ) 材料の供給待ち
- (ホ) 災害 (ヘ) 労働者の病気
- (ト) 機械の故障 (チ) 作業および賃金不満による休業
- (リ) 労働争議 (ヌ) その他

(2) 作業時間効率の向上について

労働時間に対する実作業時間の割合が作業時間効率である。作業時間効率の低下をきたす損失時間の中には、建設機械の調整、給油、発破待ち、悪天候など作業上どうしても必要なものや不可抗力的なものもあるが、管理の良し悪しによって大きく変化するものもあり、工事の能率に著しく影響する。管理不良による時間損失の主なものは次のようであるが、これらはできるだけ排除する必要がある。

- | | |
|---------------------|---------------|
| (イ) 建設機械の故障 | (ロ) 機械組合せの不均衡 |
| (ハ) 段取りの不適當による作業の中断 | (ニ) 監督員の指示間違い |
| (ホ) 不注意による災害事故 | (ヘ) 材料供給の遅延 |
| (ト) 工事の手直し | (チ) その他 |

(3) 作業能率の向上について

平常の条件下で達成されるべき標準作業量に対する実際作業量の割合が作業能率である。15トン積トラックが実際には13トンしか積まない場合のような容量の能率である。一般に作業能率の低下の要因としては次のようであるが、これらはできる限り排除しなければならない。

- | | |
|-------------------------------------|-------------------|
| (イ) 労務者の未熟練 | |
| (ロ) 地形、地質などの機械適合性の不利 | |
| (ハ) 機械の配置、組合せの拙劣 | (ニ) 機械の維持修理の不良と老朽 |
| (ホ) 季節および天候の不良 | (ヘ) 高い標高 |
| (ト) 照明、足場等環境の不良、不整頓 | |
| (チ) 作業不満、作業過重、夜業の連続、不規律などによる労働意欲の減退 | |
| (リ) 施工段取りの不適當 | |
| (ヌ) その他 | |

4.3 工程図表による管理

工程管理の重要性は前にも述べたように、施工管理の中の一つの重要な管理である。どのような工事でも、同一の様式、管理方法を採用するのではなく、工事条件に合致したものを採用すべきであり、複雑化多様化するこれからの建設工事を行うには、常に、前向きで対処することが必要である。

工程管理の要点を列記すると次の通りである。

- (1) 情報は最大限に活用する。
- (2) 管理上の重点を大局的に判断する。
- (3) 作業の手順と相互関係を理解する。

- (4) 最長経路，余裕を考慮する。
- (5) 補助資料をも生かす。
 - イ. 手順計画の資料を利用
 - ロ. 詳細（部分的）ネットワークの活用
 - ハ. 図，表（グラフ等）の併用
 - ニ. 計画の変更に際してもその特徴を十分に生かす。
 - ホ. 変更の全体に対する影響を弾力的に検討する。
 - ヘ. 意志伝達を明確化する。
 - ト. バーチャートへの転変（見やすさへの変更）
- (6) 現状分析を常に行い，不合理性を是正する。
- (7) 常に事前管理の態勢を整える。
- (8) 排他的な考え方を捨て，近代的な知識などをおり込んで，総合的な考え方から判断する。
- (9) 問題点，対策に対する心構え。
 - イ. 前向きに，そして機会を失しないようにする。
 - ロ. 問題点のもたらした原因を究明し，次の判断の資料とする。
 - ハ. 問題点の工事への影響を考慮に入れ，併せて最長経路，余裕を検討する。
 - ニ. 打つべき手段の有効性を総合的な面から判断する。
 - ホ. いわゆる5W1H（when, where, who, what, why, how）の考え方を忘れないようにする。

工事や作業の開始に先立って，計画工程図表を作り，作業の進み具合に伴ってこれに実施工程図表を入れ，両方を比較対照して工程を管理することは，予定の工期限内に工事を完成させるために必要なことである。

工事現場から定められた期日ごとに，日報，旬報あるいは月報の形で，工事の進捗状況が報告提出されるが，この進捗状況報告を検討することにより，十分に工程管理を行うことができる。もしある作業あるいは全体の工事が計画より遅れれば，工事責任者はすみやかにこれを正常にもどす方策を講じなければならないわけである。

即ち，予定工程曲線と実施工程曲線とを比較対照して，工程を適切に管理するのである。その際に図2.12の**工程管理曲線**を利用するときわめて有効である。

予定工程曲線は，建設機械，労力などの平均施工速度を基礎として作成されるべきものであるから，いくらかの融通性をもっている。そして実施工程曲線は，予定工程曲線とは一致しないのが普通である。実際の工事条件や管理条件などの変化によるためであるが，この場合，**工程のずれ（差）には許容できる限度（適正限界）があつて，そのず**

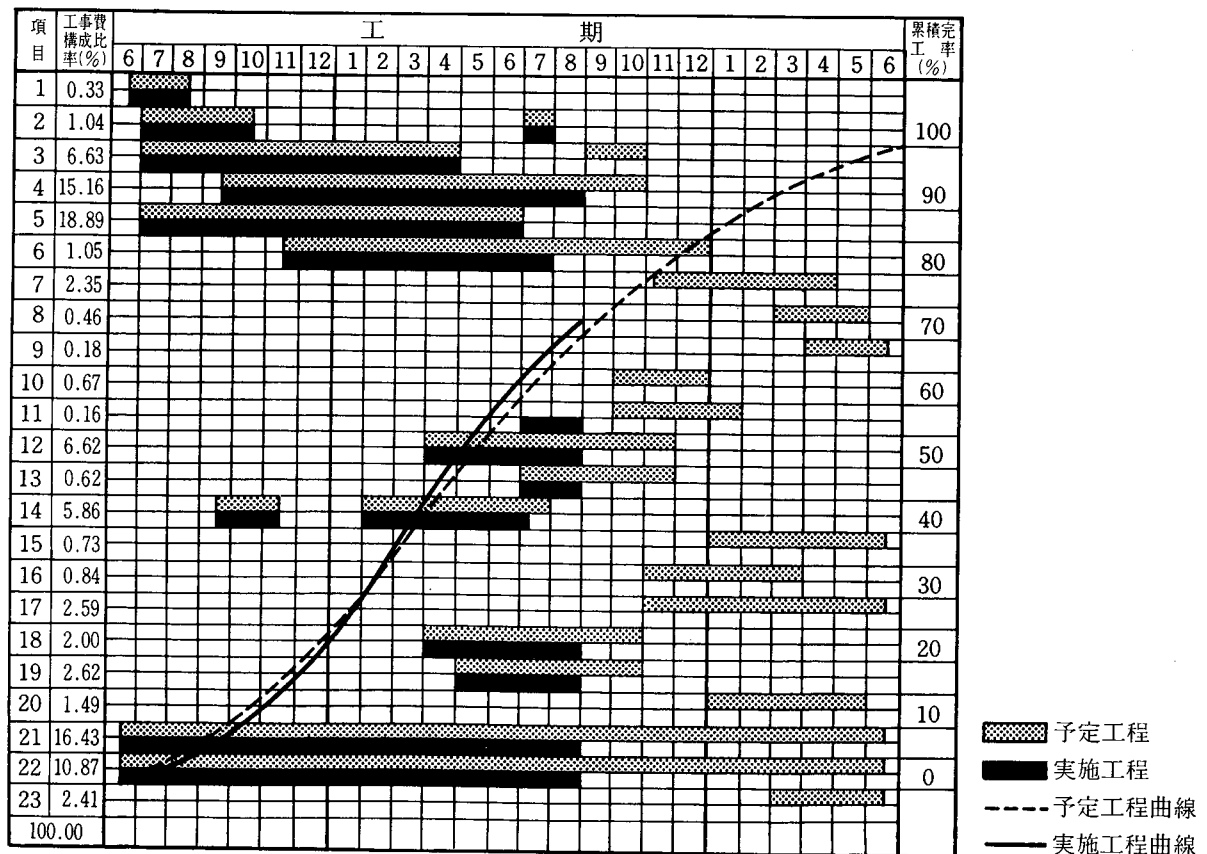


図2.12 横線式工程表と工程曲線図

れが大きくなって回復しがたい状態に追い込まれないことが必要である。つまり実施工程曲線が予定工程曲線に対し常に安全な区域にあるように工程を管理すれば工事を無事に完成させることができる。このような安全区域を示すために工程管理曲線が求められる。

この工程管理曲線の示す工事進捗率の許容安全区域とは、施工管理の基本的条件である工期、品質および経済性のすべてをだいたい満足する工程曲線の区域を意味するものでなければならない。具体的にいえば、突貫工事をすれば工期を守ることができるが、工事の品質と経済性を犠牲にすることになるから、突貫工事をしないですむ進捗率の範囲が許容安全区域である。

次に工程管理曲線による合理的な計画および管理の方法の一例を示すと、次のとおりである。

米国の公道カルフォルニア管区において、代表的な45件の道路工事についての工程曲線を作成して、時間的経過と出来高との関係を調査研究の結果道路工事の工程管理曲線として図2.13に示すバナナ曲線を作成した。この曲線は時間の経過について出来高工程の上下変域を調べたもので、バナナの形をしているところから、**バナナ曲線**と呼ばれている。

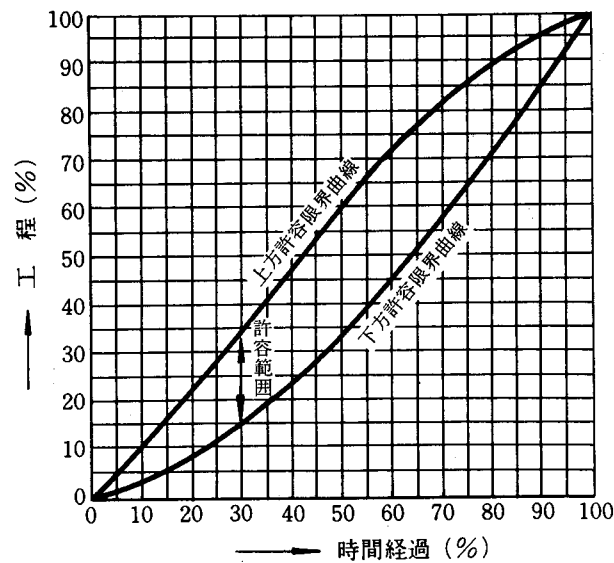


図2.13 バナナ曲線

たとえば時間経過率30%において、工程進捗率の許容安全区域は16~35%であることを示し、もしも実施工程曲線がその時間に進捗率16%以下であると、工程進捗は危機にあるから緊急に対策が必要であり、また35%以上であれば、計画に誤りがあることが考えられるので、やはり検討を必要とすることになる。

もともと工程管理曲線は、工程予定曲線に対する一つのチェックとしての効用が期待されているのであるから、必ずしも厳密な正確性を必要としないといえる。そして道路工事およびこれに準ずる機械化工事の工程管理曲線として用いると便利である。

工程曲線の計画および管理の合理的な方法を要約すると、次のとおりである。

(イ) まず横線式工程表に基づいて予定工程曲線を作成し、それが管理曲線の許容限界内たとえば、バナナ曲線の中にはいるかどうかを検討する。

もしも予定工程曲線が許容限界からはずれるときは、一般に不合理な工程計画と認められるから、再検討のうえ横線式工程表の主工事の位置を変更して、予定工程曲線がバナナ曲線の許容限界内にはいるように調整して計画しなおす。

(ロ) 予定工程曲線が、バナナ曲線の許容限界内に入っているときには、S型曲線の中央部分（工程の中期）をできるだけ緩やかな勾配になるように、初期及び終期の工程を合理的な計画に調整する。

(ハ) 実施工程曲線がバナナ曲線の上方限界を越したときは、工程が進み過ぎているので必要以上に大型の機械を入れるなど不経済になっていないか検討する必要がある。

(ニ) バナナ曲線の下方許容限界を実施工程曲線が越したときは、どうしても工程が遅れることになり、突貫工事になるわけであるから、突貫工事に対して最も経済的な実施方策を根本的に検討することが必要である。

4.4 進捗調査と遅延処置

毎日あるいは毎週、毎月定期的に工事進捗の実績を工程表に記入し、予定工程と実施工程とを比較して、実施が計画に対し進んでいるのか遅れているのか、また計画どおり進行しているのか、その進捗を調べる。進捗調査の結果、工程の遅延が判明したときは、直ちに遅延報告を提出し、その対策、処置を講じなければならない。

工程表を用いて進捗管理を行なうためには、現在の実施工程が計画工程より進んでいるのか遅れているのか、その程度を正確にかつ見やすく表現するとよい。

即ち計画工程の横線のところに、実施工程を入れることにより進み具合、遅れ具合がわかるわけである。

バーチャートによって進捗、遅延の程度を明示するためには、単に計画と実施の横線を記入するだけでなく、横線の上や下に施工数量または進捗百分率を数量的に表わすことが必要である。

図2.14は22週までの工程進捗状況を示しているが、例えば、鉄筋コンクリート壁は予定2,050m³に対し、実施は1,596m³であるから、数量的に454m³の遅れ、時間的には2.5週間の遅れとなっている。

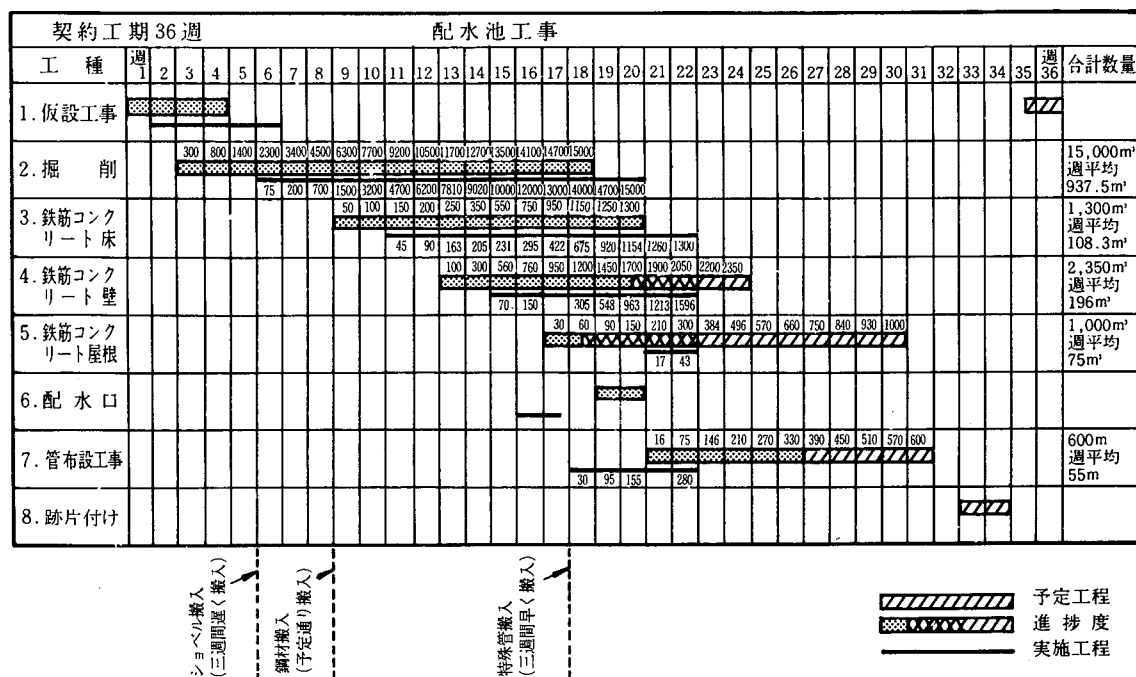


図2.14 工程表の予定・実績表示の一例