

第4章 河川土工の施工

第4.1節 施工のための調査

工事の施工に先立って行う調査には、気象調査、土質調査、環境調査、工事現場の調査、土取場・建設発生土の搬入・搬出先の調査などがある。工事を円滑に実施するためには、工事の内容に応じて、これらの調査を適切に行い、工事現場の実状を十分熟知し、検討しておくことが大切である。

4.1.1 気象・水象調査

1) 気象調査

気象条件は土工の品質や施工の効率性に大きなかかわりをもつ自然条件の一つである。気象条件が悪いと工事そのものが実施不可能になったり、所定の品質を確保できないために工事を中断せざるを得ない状況が生じる。また、工事の中断にまでは至らなくとも作業効率の低下を招くこともあり、円滑な工事の実施を妨げることになる。したがって、工事に着手する前に気象調査を実施し、作業可能な日数などを十分に検討して適切な施工計画を作成することが大切である。

主な調査項目として次のものが挙げられる。

(1) 降 雨

「土工は水との戦い」と言っても過言ではないほど土工は水の影響を受けやすい。このため、降雨に関する調査は気象調査の中でも最も重要な調査項目である。具体的には工事現場付近の過去の降雨強度と降雨日数を調査して工事期間中の降雨状況を推測するもので、その際には工事現場付近の地形や標高などの条件を考慮に入れておく必要がある。また、河川工事では特に上流部での降雨状況と工事現場付近の流況との関係を調査し、推測しておくことも重要である。これらの調査結果は、施工方法、品質管理の方法、工程計画

(工期)などの検討に反映される。さらには工事中の降雨に対する仮排水工の計画、盛土および切土のり面の崩壊に対する安全対策、現場内から流出する泥水の処理方法などについても事前に検討しておく必要がある。

(2) 降 雪

冬期の工事では降雪に関して積雪期間，日積雪量，降雪量累計，最大積雪深，融雪期間などを調査しておく。これらは施工方法，仮設備，工程計画などを検討する際の重要な情報となる。

(3) 凍 結

一般に土が凍結した状態での土工は望ましくないので、工事期間中に凍結が生じるかどうかを事前に予測し、施工計画作成の際に配慮する必要がある。凍結の可能性や凍結深さなどは気象条件のほか、土質条件によっても異なるので、過去の凍結事例などを参考にし、事前に予測しておくことが大切である。

(4) 風

風向，風速などを調査し、工事中に表土が砂塵となって現場周辺に被害をもたらすおそれがないかを検討し、必要があれば散水や飛砂防止ネットの使用なども考慮する。また、浚渫工事においては暴風，波浪などの非常時に備え、安全な避難場所を選定しておくことも重要である。

(5) 気温，日照時間，霜および霧の状況など

施工方法、作業効率、一日当たりの作業量などに対して影響を及ぼすと考えられるこれらの項目についての調査も不可欠である。

以上に示した項目の調査にあたっては、データの信頼性や入手しやすさの点から工事箇所にもっとも近い観測所(气象台等)あるいは学校などの過去5～10年間の記録を収集するのがよい。

気象調査の結果は施工方法の検討や施工計画の立案に利用されるが、特に施工計画における作業可能日数(あるいは作業休止日数)の算定に際しては次の点に留意する必要がある。

降雨による休止日数は降雨日のほか、季節、雨量および土質に応じた降雨後の休止日数を考慮する必要がある、積雪地域にあつては上記休止日数のほかに、積雪による連続冬期作業休止日数および雪どけに必要な日数を加算する。積雪地域での工事では積雪期を避けて土工期間を設定するのが原則であり、やむを得ず積雪期などに土工を実施する場合には、雪や雨のために作業条件が悪いので作業日数が減ずるほか、施工能率の低下も考慮し、工程計画を立てる必要がある。

なお、表 4.1.1 に気象・水象調査結果の一例を示しておく。

2) 水象調査

河川工事は河川の水位・流量等の影響を受けることが多い。したがって、出水期を避けて 10 月から翌年の 5 月頃までに施工するのが通例であるが、積雪・寒冷地帯では積雪等による冬期施工の困難性から、また、大規模な工事では非出水期のみでは工期が十分に確保できないこともあり、夏期あるいは出水期に施工しなければならない場合も発生する。こうした工事では気象条件と併せて河川流況を調査し、十分な施工計画および洪水対策について検討しておくことが大切である。主な流況調査項目としては次のようなものが挙げられる。

- ① 施工期間を中心とした平水位および高水位
- ② 施工期間を中心とした洪水継続時間, 洪水, 頻度, 洪水到達時間等の過去の記録
- ③ 支川の場合では本川からの逆流の有無

また、データはインターネット、携帯端末等を用いた水文情報の提供が行われており、これらを活用し迅速な現場管理、洪水対策を計画する事例もある。携帯端末による水文情報の提供について図 4.1.1 に一例を示す。

表 4.1.1 気象・水象調査結果の一例（高橋春夫：河川工事の積算）

月 別		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計																																							
計 画 作 業 可 能 日 数 推 定 資 料	明治24年 ~ 昭和46年	日雨量 5mm以上	2.4	3.3	5.4	5.8	5.4	7.3	5.3	3.8	6.6	4.8	3.4	2.3	56.3																																						
		日降雪 1cm以上	0.6	1.3	0.4	0	-	-	-	-	-	-	0	0.1	2.4																																						
	平 均	晴天日数	23.4	19.4	18.7	18.0	19.2	16.7	19.4	22.0	16.6	21.2	21.5	23.0	240.1																																						
	昭和50年	日雨量 5mm以上	2	3	8	5	5	6	8	3	3	5	2	1	51																																						
		日降雪 1cm以上	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0	0																																						
		晴天日数	21	19	12	18	18	18	18	22	16	23	25	29	239																																						
	昭和51年	日雨量 5mm以上	3	1	7	6	9	11	6	7	7	4	1	0	62																																						
		日降雪 1cm以上	0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1																																						
		晴天日数	23	21	14	17	13	14	22	20	14	22	29	28	235																																						
	昭和52年	日雨量 5mm以上	2	3	2	9	7	4	13	2	10	4	2	2	60																																						
		日降雪 1cm以上	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0																																						
		晴天日数	21	20	21	17	16	17	6	16	14	24	23	21	216																																						
	昭和53年	日雨量 5mm以上	3	2	6	7	7	6	3	4	5	6	1	3	53																																						
		日降雪 1cm以上	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0																																						
		晴天日数	17	21	18	15	16	10	17	14	14	17	19	20	198																																						
天気層による推定作業可能日数		28	25	25	23	25	24	24	27	24	26	26	29	308																																							
最終決定作業可能日数		22	24	25	24	24	24	23	25	24	25	24	25	289																																							
既往平均気温 および湿度 (昭和26年 ~53年)	↑ 気温 ℃	湿度												↑ 湿度 %																																							
既往平均風速風向 (昭和26年 ~53年)	平均風速 m/sec	2.4	2.4	2.2	1.6	1.7	1.8	1.7	1.9	1.7	1.5	1.6	2.0																																								
	最多風向	WNW	NNW	W	E	E	E	E	E	N	N	NW	WNW																																								
量水標観測 水位平均 (昭和26年 ~53年)	↑ 水位 m																																																				
		<p>日出・日没時刻</p> <table border="1"> <tr> <td>月 日出時刻</td> <td>7:11'</td> <td>7:03'</td> <td>6:35'</td> <td>5:53'</td> <td>5:15'</td> <td>4:53'</td> <td>4:54'</td> <td>5:13'</td> <td>5:36'</td> <td>5:58'</td> <td>6:24'</td> <td>6:52'</td> <td></td> </tr> <tr> <td>月 日没時刻</td> <td>17:04'</td> <td>17:33'</td> <td>17:59'</td> <td>18:25'</td> <td>18:48'</td> <td>19:12'</td> <td>19:21'</td> <td>19:08'</td> <td>18:32'</td> <td>17:50'</td> <td>17:12'</td> <td>16:54'</td> <td></td> </tr> <tr> <td>日 時 中間</td> <td>9:53'</td> <td>10:30'</td> <td>11:24'</td> <td>12:32'</td> <td>13:33'</td> <td>14:19'</td> <td>14:27'</td> <td>13:55'</td> <td>12:56'</td> <td>11:52'</td> <td>10:48'</td> <td>10:02'</td> <td></td> </tr> </table>												月 日出時刻	7:11'	7:03'	6:35'	5:53'	5:15'	4:53'	4:54'	5:13'	5:36'	5:58'	6:24'	6:52'		月 日没時刻	17:04'	17:33'	17:59'	18:25'	18:48'	19:12'	19:21'	19:08'	18:32'	17:50'	17:12'	16:54'		日 時 中間	9:53'	10:30'	11:24'	12:32'	13:33'	14:19'	14:27'	13:55'	12:56'	11:52'	10:48'
月 日出時刻	7:11'	7:03'	6:35'	5:53'	5:15'	4:53'	4:54'	5:13'	5:36'	5:58'	6:24'	6:52'																																									
月 日没時刻	17:04'	17:33'	17:59'	18:25'	18:48'	19:12'	19:21'	19:08'	18:32'	17:50'	17:12'	16:54'																																									
日 時 中間	9:53'	10:30'	11:24'	12:32'	13:33'	14:19'	14:27'	13:55'	12:56'	11:52'	10:48'	10:02'																																									

4.1.2 現場の調査

工事現場内外の調査は種々の物件が対象とされるが、各々の関係者にとっては極めて重要な内容を含んでおり、慎重な対応が望まれる。また、調査に引き続き実施される関係機関との協議および諸手続きには相当の期間を要するものも含まれており、常に工事に先行して行わなければならない。

工事現場の調査の主な項目として次のようなものがある。

- ① 工事区域内の支障物および埋設物の調査
- ② 史跡および埋蔵文化財の調査
- ③ 工事用道路の調査
- ④ 土取場および土捨場の調査
- ⑤ 建設発生土の搬入・搬出先の調査

1) 支障物および埋設物の調査

支障物とは工事を施工する途上において支障になり、防護または移設が必要となるもので、家屋, 鉄塔(送電線を含む), 電柱, 墓, 地下埋設物のガス管, 上下水道管および地中通信線などがある。また、河川(堤防)を横断する構造物として、道路, 鉄道および水路・麵管等の河川構造物も含まれる。

支障物件の調査においては所有者または管理者と十分に協議し、円滑に進める必要があり、移設または防護方法についても協議することが望まれる。代表的な支障物件の協議相手と協議内容については表 4.1.2 に示すとおりである。

協議にあたっては常に全体工程を考え、優先順位に従い協議を進める。移設をとまなうもので専門的な技術を要するものについては、移設に予想以上の日数を必要とすることが多い。また、協議の結果、移設工事など管理者に委託する場合には、移設場所の選定や築堤工事との工程の調整に時間を要することが多いので、相手方の工事施工体制なども検討する必要があり、施工方法, 施工時間などについて十分協議

しなければならない。特に施工時期の協議にあたっては、全体工事の工程を検討した上で協議に望まなければならない。一般に協議が整うまでには相当の日時が必要である。

表 4.1.2 支障物件の協議概要

支障物件		協議相手(管理者)	協議概要
家屋などの建築物		所有者および使用者	○防護対策工の方法 ○移設または撤去の時期
鉄塔・電柱		電信電話会社 電力会社 民間企業、その他	○移設または撤去の時期 ○補強する場合の施工時期および方法、施工者について協議
墓		寺院および親族	○移設時期および場所、方法(地域の慣習) ○法が定める手続き
地下埋没物	上水道管	地方公共団体	○移設および撤去の時期、方法、場所 ○補強する場合の時期および工法についての協議 ○防護工法および区間についての協議
	下水道管	地方公共団体	
	通信線	電信電話会社	
	電線	電力会社	
	ガス管	ガス会社	
道路	国道・県道 市町村道 高速道路	国土交通省、都道府県 市町村 公団・公社など	○河川横断箇所の防護または移設の時期および工法についての協議 ○安全対策としての移設および方法への協議 ○使用許可等の法で定める手続き
	鉄道	JR・私鉄・公団など	
河川	一級河川	国土交通省、都道府県	
	二級河川	都道府県	
	準用河川	市町村	

軟弱地盤での盛土工事では、地盤沈下により周辺の家屋に被害を及ぼすこともあり、事前に家屋調査を実施し、主要な部分では写真などを撮って後の資料とすることも必要となる。また、市街地周辺での地下埋設物の中には台帳に記載されていないもの、記載があっても現在使用されていないもの、位置が違っているものがある。このため重要な場所では管理者の立合いにより試掘を行なうなどの配慮も必要であ

る。

なお、地域によっては「地すべり等防止法(地すべり防止区域)」、「砂防法(砂防指定地)」などの法令・条令の規制を受けていることがある。このような地域の場合には規制の解除および工事認可などの手続きを必要とし、相当の日時を要することが多く、速やかに対処する必要がある。

2) 史跡および埋蔵文化財の調査

史跡、名勝などの指定記念物は河道計画の段階でなるべく避けることが望ましいが、避けられない場合には事前に管理者との協議が必要である。埋蔵文化財は外形上、埋蔵の状況を判断できないものが多く、遺跡があるかどうか、また、その価値の程度など、発掘してみなければ不明な点が多く、取扱いに問題が生じやすい。埋蔵文化財のうち、すでにその存在が確認されていて重要と認められるものは特別史跡、史跡、都道府県指定記念物として指定されているが、未確認のままおかれている埋蔵文化財も多い。埋蔵文化財の調査は、都道府県の教育委員会によって行われ、この調査によって確認されたもの、およびすでに確認されている埋蔵文化財についてその取扱いを文化庁と協議する。事前協議の結果、文化庁が現状変更またはその包蔵地の発掘もやむを得ないと認めたものについては、文化財保護法による所定の手続きをとらなければならない。なお、調査完了区域であっても文化財包蔵地が多く点在する地域では常に注意して施工し、工事中に埋蔵文化財を発見した場合は工事を中止して速やかに県や市町村の関係者と協議し、必要な措置を講じなければならない。

3) 工事用道路の調査

資機材および土砂の運搬に供される工事用道路は、工事の成否に重要な役割をもつものであるから、特に工事現場近隣の在来道路網を重点にして工事前に十分な調査を行っておく必要がある。

選定する際には、必要な土質と補給土量に応じていくつかの土取場を候補地とし、それぞれについて地形、土質、運搬距離、運搬経路、工事用道路、周囲の環境、埋蔵文化財、補償関係、地元関係、条例の規制などの諸条件について調査し、十分に検討を加え、その工事に最も有利で経済的な土取場を選定するようにしなければならない。

表 4.1.4 主な土地利用規制

規制分野等	土地利用規制のある地域・地区名(法令名)
環境	自然環境保全地域 (自然環境保全法) 自然公園地域 (自然公園法) 保安林 (森林法) 緑地保全地区 (都市緑地法)
砂 防	砂防指定地 (砂防法) 急傾斜地崩壊危険区域 (急傾斜の崩壊による災害の防止に関する法律) 地すべり防止区域 (地すべり等防止法)
河川・海岸	河川区域 (河川法) 河川保全区域 (") 河川予定地 (") 特定都市河川流域 (特定都市河川浸水被害対策法) 海岸保全区域 (海岸法)
農地	農地 (農地法) 農用地区 (農業振興地域の整備に関する法律) 農業振興地区 (")
その他	周知の埋蔵文化財包蔵地とされている地区 (文化財保護法) 土壌汚染指定区域 (土壌汚染対策法) 景観地区 (景観法)

土取場の土質条件は盛土の品質、建設機械のトラフィカビリティ、締固め方法などに関連するので、土のコンシステンシー、粒度、自然含水比などを入念に調査することが必要である。

河川土工では土取場として河川敷を対象とする場合も多く、こうした場合には特に盛土材料の含水状態を十分に調査し、締固めに支障が生じないように留意するとともに、場合によっては仮置き等の処置を講ずることが望まれる。仮置きの必要が生じた場合には、施工の順序

や作業効率等を考慮して設置場所および規模を設定するのが望ましい。

土質条件がほぼ同一の場合は、一般には運搬距離の短い方が経済的に有利な土取場といえるが、近年は単に運搬距離だけでなく、その運搬経路も重要な比較条件となってきた。特に住宅地域、通学路、交通量の多い区間、踏切・信号などのある経路を通行しなければならないような土取場はできるだけ避けるようにするのが望ましい。土取場によっては既設道路から新たに工事用道路を設けたり、工事用車両の交通量に応じて一部舗装するなどの必要があり、これが工費に及ぼす影響はかなり大きなものとなる。調査にあたってはこれらの点に十分注意しなければならない。

5) 建設発生土の搬入・搬出先等の調査

近年では大都市近郊での土地不足や治水および環境問題のために土捨場を確保することが困難となっており、従来のように「残土は土捨場へ捨てる」のではなく、「残土を他の建設工事の資源として有効利用する」という姿勢が必要になってきている。このため、工事によって発生した土の有効利用を図るため、建設発生土情報交換システムを活用し、土を搬出する側と搬入する側の工事時期や土質条件などを十分に調査し、これらの条件が合致する範囲でできるだけ多量の土を有効に活用する他、ストックヤード・土質改良プラントの活用等、建設発生土の適正利用を図るための方策について検討することが必要である。

第 4.2 節 施工計画

4.2.1 概説

施工の基本は設計図書に示されている形状・品質の河道を現地の地形・地質などに整合させて的確に構築することである。しかし、実際の施工では気象・水象条件などの自然現象の影響を受けての作業であり、施工に対して支障となる要因が随所に存在する。

河川工事は大別して、土工、護岸水制、樋門樋管等の河川構造物の工種に分類され、これらの工種を組合せて工事を実施する例が多い。これらの中では一般に土工が全体工程を支配することが多く、土工が工事の出来形、および品質に大きな影響を及ぼすので、施工に当っては工事の工程、使用する材料、施工機械、労務等について、あらかじめ詳細な施工計画を立案し、工事を計画的に実施する必要がある。

施工計画を立案する際に考慮すべきことは、施工の目的物がより早く、より良く、そしてより安く仕上がるということで、出来るだけの資料を収集し、過去に実施された工事実績等を検討し、現場で発生しうる諸問題を予測・検討することにより、計画と現場をできる限り一致させるようにすることが大切である。また、施工計画は当然のことながら各工事段階が計画どおりに行なわれているかどうかを判断する工事管理用としても用いられるものである。

このような施工計画書は受注者において作成されるものであるが、設計に際しての基本的考え方および工事の基幹部、指定事項については発注者との適切な協議を実施して常に意志の疎通を図ることが大切である。

4.2.2 施工計画立案の基本

施工計画には施工に関する一切のことが盛り込まれるわけであるが、主な項目として次のものがある。

- ① 土量の配分計画
- ② 工種ごとの施工法、必要な建設機械の使用計画、施工速度および使用期間
- ③ 工種ごとの施工順序、施工時期、全体工程計画
- ④ 労務計画および資材計画
- ⑤ 現場施工体制および仮設備計画
- ⑥ 工事用道路その他準備工の計画
- ⑦ 事故防止ならびに安全衛生に関する計画
- ⑧ 周辺環境の保全計画

施工計画の一般的な立案手順を図 4.2.1 に示す。これを段階ごとに説明を加えると次のようになる。

1) 情報の入手

設計図書を把握するとともに自然および社会条件などの現場条件を調査し、施工計画の立案に必要な情報を入手・整理する。

2) 土量の配分

地形、計画高、土取場、建設発生土の搬入・搬出先の位置などを把握し、合理的な土量配分計画を作成する。これらをもとに運搬距離および土量配分などの作業内容を具体化する。

3) 施工順序および工区の区分設定

土量配分状況および構造物の位置などを考慮して工区の区分を行ない、各区分間ならびに主要工種区間の優先関係を検討し、施工順序を設定する。なお、この際に工事用道路等の仮設・準備工の必要性についても検討をしておく。

4) 施工法および工程計画の検討

主要工種について施工法および施工機械を選定し、工事費について比較検討をおこなう。そして、その結果から各工種の必要日数を算出し、作業期間、施工順序の検討を重ねて工事が工期内に入るように調整し、工程計画を設定する。

5) 総合評価

工期、工費などの基準として計画代替案を総合的に評価し、各条件を満足する計画案を抽出・設定する。なお、施工上の制約条件を満足しない場合には前段階へフィードバックし、適切な計画案を再検討することが必要である。

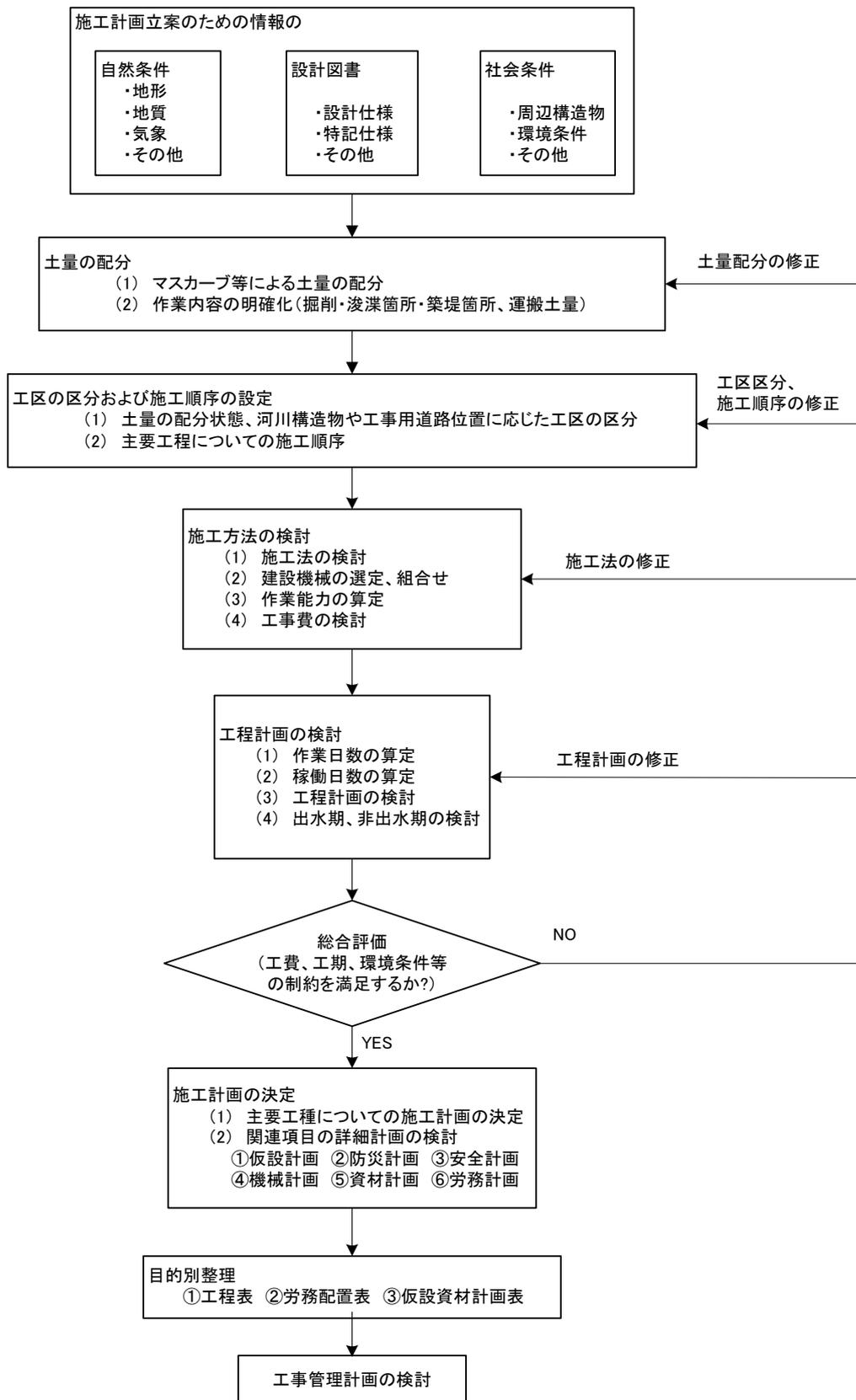


図 4.2.1 施工計画の立案手順

6) 施工計画の決定

主要工種について施工計画を決定した後、各項目の詳細計画を作成するとともに、不合理的部のチェックおよび工事の管理計画について検討する。

以上に施工計画の立案手順について述べたが、この中で施工順序の検討は入念におこなっておく必要がある。河川土工においては道路および水門等の横断構造物の施工が土工作業に並行しておこなわれる場合があるが、両者を同時に実施することができず、通常、横断構造物の施工が完了した後に土工作業に重点が移って行くことになる。こうした場合には作業の順序や施工段取りの良否が工程に大きく影響するので十分に注意すべきである。また、施工途中での修正に際しても柔軟な対応が図れるように心掛けておくことが望まれる。

4.2.3 施工断面

1) 盛土の施工断面

堤防は盛土が完成された後に、基礎地盤の圧密沈下および堤体自体の圧縮等により沈下を生ずる。したがって、堤防を築造するときには、一般に沈下を考慮して余盛りをおこなうことになる。

余盛りは沈下後の堤防断面が計画の堤防の基本断面形状となるように計画すべきであり、**図 4.2.2**に示すように、堤防天端のみでなくのり面部にも行なうが、のり面部の余盛りは法尻部で零となるように下方に漸減するように計画するのが通例となっている。このような余盛りを実施した場合、堤防の基本断面形状の如何によっては堤防築造後から沈下終了時の期間での堤防断面は構造令上の断面を満足しないことも生ずる。しかし、この期間は堤防の未完成の状態であり、工事途上であるとの解釈から構造令には違反しないことを特記しておく。余盛りの大きさは、地盤沈下の生ずる地域では将来の地盤沈下を予測するが、標準については第 3.1 節に示したとおりで、堤体下の地盤状況、

堤体材料の土質および堤高によって異なってくる。堤防の施工断面は、計画断面にこの余盛りを考慮して設定する。

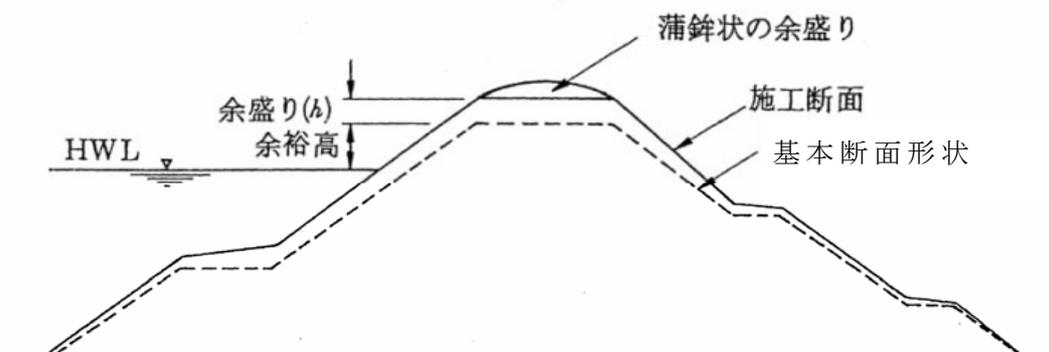


図 4.2.2 計画断面と施工断面の関係例

なお、腹付け等による堤防拡築工事であるとか、完成までに段階的に或る年月をかけて計画断面に仕上げる場合には標準にとらわれず、むしろ過去の実測沈下量等を配慮して以後の余盛量を決定しなければならない。特に軟弱地盤では沈下量が大きいので、十分な検討を必要とする。

また、施工断面については、堤防の天端および小段では排水を良好にするために勾配をつけるが、天端部では蒲鉾形とし、小段では片勾配とする。勾配は一般に 3～10%程度が採用されている。

2) 掘削の施工断面

掘削は主として河川改修計画にもとづいて河積を増大し、高水を安全に流下させる目的で施工されるもので、水面より上方の切土を掘削といい、水面より下方の切土を浚渫という。掘削工事は、掘削、積込み、運搬、捨土の一連の作業で施工される。

掘削の断面は、改修計画に定められた堤防法線、低水法線、計画河床高、計画高水敷高により定められるが、流量計算上必ずしも必要としない流水を整正する目的で定められる計画も含まれる場合がある。

掘削工事は気象条件に影響されることが多く、土質に適した施工機械を選択することが必要であり、万一これを誤まれば作業工程に及ぼす影響が大きいので、工事現場の地形、地質、土取場と土捨場の関係、運搬経路の状況、現場の地理的条件、工事量、工期、気象、水象を充分調査し、検討しなければならない。

掘削土を築堤に利用する場合に、図面上では掘削土、盛土のバランスがとられていても、掘削機械の踏込により土取場に圧密沈下を生じて、盛土量に不足をきたす場合もあるので、掘削断面を決定する際には十分調査検討を行なわねばならない。

掘削ののり面は地盤の状況、すなわち土質、含水量を十分考慮して決定すべきであるが、流水および降水によるのり面崩壊やのり先の洗掘による崩壊などが生じないように、周辺部での既往ののり面状況を調査して決定すべきである。なお、高水敷は排水を良くするために堤防より低水路にむけて勾配をつけるのが一般的である。

3) 浚渫の施工断面

浚渫とは水面以下の掘削をいい、河川の整備計画に基づいて河積の増大をはかることを目的とするものや、堤防用土の採取、高水敷の造成、あるいは河川の汚泥の除去を目的とするものがあり、一般に浚渫船を用いて行なう。

浚渫工事は、濁水位、平水位、最高水位、潮位、ならびに流速、風波等の水象、気象等の関係資料をあらかじめ調査することが重要であり、特に出水等の非常時の退避等については十分考慮しなければならない。

一般に浚渫工事の土量は他の土工の工事より大量に取扱う場合が多いので、土量計算の誤差が工費および工期に及ぼす影響が大きく、事前の測量が必要である。堤防用土のために浚渫を行なう場合には、粒径の小さい土質の多い箇所では浚渫跡坪に比して用土の堆積が少なく、築堤工事に支障を来たす場合もあるので注意が必要である。

また、土質により浚渫能力、部品の損耗、燃料、電力量が大きく異なり、工費に影響するので調査を十分に行なわねばならない。工事区域内に旧施設の護岸、水制、沈床等の障害物がある場合、工程等に支障を来たすこともあるのでこの面の調査も必要である。浚渫船を工事現場に回航する場合の水深、橋梁等のクリアランス等も調査しておく必要がある。

浚渫工事においては、余掘りの程度は、浚渫船の型式ばかりではなく、河床の土質、運転技術等により異なるので、過去の実績等を参考として施工断面を設定し、工期および工費に反映させる必要がある。この場合、余掘り分だけ浚渫能力をダウンする方法と土量を余掘り分だけ割り増す方法等が考えられる。

4.2.4 配土計画

掘削、築堤の土量の配分を行なう計画を配土計画という。この配土計画の適否は、工事段取り、施工機械の選定等、工程にきわめて大きな影響を与えるので、経済的な土量配分を行なうことが出来るよう配土計画をまとめ上げなければならない。

1) 土量の変化率

土を掘削し、運搬して堤防を築造しようとする場合、土は地山にあるとき、それをほぐしたとき、それを締固めたときのそれぞれの状態によって体積を異にする。したがって、配土計画を立案するためには、それぞれの状態の土の土量をあらかじめ把握しておく必要がある。

土の3状態と土作業との関係は次のようになる。

地山の土量・・・掘削しようとする土量(地山にあるがままの状態)
ほぐした土量・・掘削したままの土量または運搬しようとする土量
(掘削され、ほぐされた状態)
締固めた土量・・締固められた盛土の土量(締固められた状態)

地山の土量に対する他の状態の土量の体積比は土量変化率と呼ばれており、次のように定義されている。

$$L = \frac{\text{ほぐした土量 (m}^3\text{)}}{\text{地山の土量 (m}^3\text{)}} \quad C = \frac{\text{締固めた土量 (m}^3\text{)}}{\text{地山の土量 (m}^3\text{)}}$$

変化率 L は土の運搬計画を立てるときに用いられる。すなわち運搬機械の積載量は重量と容積の二つの制限を受けており、運搬する土の密度が大きい場合には積載重量によって、土の密度が小さい場合には積載容積によって運搬量が定まる。ここで、地山の密度と変化率 L がわかっているならば土の運搬計画を立案することができる。変化率 C は、土の配分計画を立てるときに必要な。すなわち掘削土や浚渫土を盛土に利用するとき、あるいは盛土のために土取場から土を採取するとき、地山の土量が盛土に換算するとどう変化するかが推定できないと、土の配分計画を立てることができない。変化率 C は土工計画にとって極めて重要な指数であるが、同時に工事費算定の重要な要素でもあるので、変化率の決定にあたっては慎重に検討することが望ましい。

土量変化率の決め方には、簡易な測定方法から試験施工による方法、あるいは既往の工事の結果から推定する方法などがある。なお、表 4.2.1 は土質分類別の標準的な土量変化率の範囲を、また、表 4.2.2 は土質を細分し難い場合に一般的に採用されている土量の変化率の範囲を示したものである。

実際の土工事において取扱う土は土質も一様でなく、また、締固め機械および締固め方法等の施工法も異なることから、両表の値を用いる場合には十分に注意し、画一的な使用は避けなければならない。土量変化率の決定にあたっては次のような注意が必要である。

表 4.2.1 土量の変化率

分類名称		変化率 L		変化率 C		
主要区分	番号	標準値	標準範囲	標準値	標準範囲	
礫質土	礫	(GW) (GP)	1.15 (1.20)	1.05~1.25	0.95 (0.95)	0.85~1.05
	礫質土	(GM) (GC)	1.20 (1.20)	1.10~1.30	0.95 (0.90)	0.85~1.05
砂質土 および 砂	砂	(SW) (SP)	1.20 (1.20)	1.10~1.30	0.95 (0.95)	0.85~1.05
	砂質土 (普通土)	(SM) (SC)	1.20 (1.20)	1.10~1.30	0.90 (0.90)	0.80~1.00
粘性土	粘性土	(ML) (CL) (OL)	1.30 (1.30)	1.20~1.40	0.90 (0.90)	0.80~1.00
	高含水比 粘性土	(MH) (CH) (OH) (V)	1.25 (1.25)	1.15~1.35	0.90 (0.90)	0.80~1.00

注1) 範囲については、固結または締まった状態にあるものは上限値近くを、ルーズな状態にあるものは下限値近くを標準値とする。

注2) 標準値の()内の値は国土交通省土木工事積算基準(平成20年度版)による。

表 4.2.2 細分し難い場合の変化率

分類名称	変化率 L		変化率 C	
	標準値	標準範囲	標準値	標準範囲
礫質土	1.20 (1.20)	1.10~1.30	0.95 (0.90)	0.85~1.05
砂質土および砂	1.20 (1.20)	1.10~1.30	0.90 (0.90)	0.80~1.00
粘性土	1.25 (1.25)	1.15~1.35	0.90 (0.90)	0.80~1.00

注1) 範囲については、固結または締まった状態にあるものは上限値近くを、ルーズな状態にあるものは下限値近くを標準値とする。

注2) 標準値の()内の値は国土交通省土木工事積算基準(平成20年度版)による。

- ① 設計に用いた C が実際の値より小さかった場合には設計断面どおりの盛土が仕上がっても残土が生じ、残土分の捨土の必要が生じる。また、 C の値が実際の値より大きかった場合には、予定の掘削が

完了しても、設計断面どおりの盛土が仕上がらず、他の土取場から補給しなければならないことになる。特に大規模な土工事においては、土量の変化率が工費に大きな影響を及ぼすので、試験的に掘削、盛土を行なって変化率を求め、この値を計画に使用することが望ましい。なお、試験施工にあたっては実際の施工を考慮した施工機械および施工法を選定して実施する必要がある。また、土量の変化率には設計断面と実際に施工される実施断面との誤差、工事中の降雨、出水により流出される土量、基礎地盤の圧密沈下による土量は含まれていないので、配土計画の立案にあたっては、これらの点を考慮して多方面から検討する必要がある。特に、 C 値については各種の損失量も含めたものとして、類似した現場での実績を活用することが合理的である。

- ② 堤防工事は長年にわたって施工されるのが普通であり、また高水敷を掘削して堤防用土に利用する例が多いので、過去の掘削の跡坪を測定し、それと堤防の設計断面積との比を C とするのも一つの方法である。
- ③ ポンプ浚渫船を使用して掘削し、盛土を行なう工事においては、掘削では余掘・盛土では歩止りの問題がある。余掘はポンプ浚渫船の規模、土質、施工技術等により異なり、また歩止りは浚渫船の規模等によって差が生ずるので、過去の実績を十分に調査し、慎重に検討せねばならない。このことは配土計画では勿論のこと、作業能率等にも影響することがらであり、十分に検討の上決定しなければならない。

2) 配土計画

土量の配分は施工計画の中心的位置を占める。河川堤防では通常、高水敷などからの掘削により得られた土を盛土材料として用いる。しかし、その土質が盛土材料として適さない場合、また運搬距離が長く経済性に不利な場合などでは、どの掘削土をどこに盛土し、捨土およ

び購入土をどのように処置するかなど十分な配土計画を検討しておく必要がある。

配土計画は改修計画の立場から改修区域の全般にわたって大きく把握する必要がある。すなわち実際の施工では予算、施工時期、工期などの点から工事がこまぎれになる場合が通例であるから、全体あるいは一連の工事を総合的な立場に立って計画し、単年度分では経済的に有利であっても全体的に不経済にならないよう注意する必要がある。

なお、土量配分は「運搬土量×運搬距離」が最小となるように計画することが基本であり、

- ① 樋管・樋門などの構造物の工程と土工計画の調整を十分に検討し、円滑な施工が図れるように計画すること
- ② 掘削土を盛土に利用する場合、掘削土の土質がかなり異なることもある。こうした場合には、出来る限り完成した堤体が有利となるように土質別に有効な流用が図れるように計画すること
- ③ 掘削、築堤の位置が対岸あるいは上下流に離れている場合、仮橋および運搬路の設置など運搬工法の面からも検討することなどの配慮が必要である。

全体の土量を把握するには大河川では200m～500m、中小河川では100m～200mおきの距離標位置における横断図をもとに、左右岸別とその区間ごとの掘削、築堤土量を求めて、縦軸にその土量、横軸に縦断の距離をとって土量曲線をつくり、河状の掘削、運搬工法を考慮して、掘削築堤土量の配分を検討する。また、各年度の実施計画、あるいは一連の区域を完成する年度計画の策定の際には、さらに細かく20m～50mおきの横断測量を用いて土量の過不足を調査する必要がある。

土量配分の手法としては土積図による方法と土量計算書のみによる方法とがある。土積図による方法は一般に多く用いられる方法で、比較的土工量の多い場合に運搬距離と土のバランスの関係を的確につかむことができる。土量計算書のみによる方法は、単純な土量配分の場合や土工量の少ない場合に用いられる。

土量の配分計画にあたっては、必ず現場をよく観察し、何よりも施工が円滑にできるように配慮しなければならない。また、堤防新築の場合には、旧堤の撤去は新堤完成後3ヶ年程度が経過した後に実施することになっており、これらのことも配慮して十分な検討を立てておくことも重要である。

4.2.5 建設機械の選定

現在の河川土工においては、大半の工事が建設機械を用いて施工されており、施工機械の選定が施工の良否を決定する重要な要素である。ある一つの工事においてどのような建設機械を採用するかは、工事の全体規模、土量、土質、地形、工期その他の作業条件を考慮して、目的の作業に適するもの、経済的なもの、機械の持込みにあたって普及度等の点で無理のないものを選ぶ必要がある。また、現在では、工事箇所によっては周辺への環境対策の一環として使用機種を選定に配慮しなければならない必要性も生じてきている。

1) 作業種別と適応機種

土工の作業内容を分類すると掘削、積込み、運搬、敷均し、締固め等からなる。表4.2.3はこれらの作業に適する施工機械を示したもので、単一の作業に使用されるものと、数種の作業を連続的に施工する機械がある。また、一台の機械で異なった作業を幾つか処理できる汎用機械もあり、したがって単純に作業と建設機械を対応させるのみでは問題も残る。また、作業内容は同一でも現場条件が異なれば、使用される建設機種が異なってくる。したがって、トラフィカビリティなどの土質条件、工事現場の広さおよび施工規模、工期、建設機械の普及度などの条件を勘案して使用する建設機械の機種または規格を選定することが重要である。

一般に、施工規模が機械の容量に無関係な大規模な工事では、容量

の大きい機械を使用するほど施工単価は安くなる傾向にある。しかし、通常の現場ではむやみに大型の建設機械を使用すると、現場条件等からその能力を充分発揮させられないこともあり、しかも運搬費、分解組立費などの経費が高く、結果的に施工単価が高く不経済となることが多い。また、大型機械の使用は、故障および休止の際の損失が大きくなり、他の工事への転用も困難となるので、採用に際しては事前に充分検討しなければならない。結局、目的にかなった施工を経済的に行なうためには、工事規模、工事条件により最も適する機械を選定し、その機械が最大能率を発揮できる施工法を考慮することが必要である。

建設機械の選定で常に考慮しなければならないことは機械の普及度である。建設機械はその製造方式、使用頻度、汎用性という点から、これを普及度の高い機械と普及度の低い機械に分類される。一般には、普及度の高い機械を選定する方が技術的な面からも経済的な面からも有利である。普及度の高い機械が有利となる点としては次のことがあげられる。

表 4.2.3 作業種別と適応機械

作業の種類	建設機械の種類
掘削	ショベル系掘削機(パワーショベル、バックホウ、ドラグライン、クラムシェル)、ブルドーザ、リッパ、ブレーカ
積込み	ショベル系掘削機(パワーショベル、バックホウ、ドラグライン、クラムシェル)、連続敷き積込み機
掘削、積込み	ショベル系掘削機(パワーショベル、バックホウ、ドラグライン、クラムシェル)、クローラーローダー、ホイールローダー、連続式積込み機
掘削、運搬	ブルドーザ、スクレーブドーザ、スクレーパ、浚渫船
運搬	ブルドーザ、ダンプトラック、ベルトコンベヤ
敷ならし	ブルドーザ、モータグレーダ
締固め	ブルドーザ、タイヤローラ、ランマ、タンパ、振動コンパクタ、振動ローラ、ロードローラ

- ① 機械の入手が容易で、迅速に行なわれる。
- ② 部品なども充分準備されて故障待ち等の休止期間が少ない。
- ③ 運転,整備について経験者も多く運営が容易である。
- ④ 多くの工事への汎用性があるから、減価償却費が安い。

なお、建設機械は常に進歩改良され、性能の向上あるいは新機種の開発が行われていることから、将来の施工技術の進歩のためにも新機種の積極的な採用が望まれる。また、建設機械の性能についてはカタログなどで過大評価しないよう注意が必要である。

2) 土質条件と適応機種

河川土工における建設機械の選定に際し、特に土質条件を考慮しなければならない場合として次の点が挙げられる。

- ① 現場の土が軟弱でトラフィカビリティが問題となる場合
- ② 締固めに際して工法・機種を選定する場合
- ③ 軟岩や極めて密に締った土で掘削工法が問題となる場合

(1) トラフィカビリティ

建設機械が軟弱な土の上を走行する場合、土の種類や含水比によって作業能率が大きく変わる。特に高含水比の粘性土などでは、建設機械の走行にともなうこね返しにより土の強度が低下し、走行不能になることもある。

一般にトラフィカビリティは、ポータブルコーンペネトロメータで測定したコーン指数 q_c で示される。表 4.2.4 は各種の建設機械について、同一のわだちを数回走行することが可能な場合のコーン指数を示したものである。したがって、連続的に走行するような現場では同表におけるコーン指数 q_c の下限値を上げる必要がある。

なお、コーン指数の測定は現場の代表的な箇所土、または盛土材料となる土を採取し、規定の方法によってモールド内で締固め、これを対象に行うのが普通である。

表 4.2.4 建設機械の走向に必要なコーン指数

建設機械の種類	コーン指数 q_c kN/m ² (kgf/cm ²)	建設機械の接地圧 kN/m ² (kgf/cm ²)
超湿地ブルドーザ	200 (2)以上	15(0.15)~23(0.23)
湿地ブルドーザ	300 (3) "	22(0.22)~43(0.43)
普通ブルドーザ(15t級程度)	500 (5) "	50(0.50)~60(0.60)
普通ブルドーザ(21t級程度)	700 (7) "	60(0.60)~100(1.00)
スクレーパー	600 (6) " (超湿地型は400(4)以上)	41(0.41)~56(0.56) 27(0.27)
被けん引式スクレーパー(小型)	700 (7) "	130(1.3)~140(1.4)
自走式スクレーパー(小型)	1,000 (10) "	400(4.0)~450(4.5)
ダンプトラック	1,200 (12) "	350(3.5)~550(5.5)
タイヤローラ	800 (8)~1,000 (10) "	280(2.8)~460(4.6)

注)タイヤローラは「高規格堤防盛土設計・施工マニュアル(平成10年1月)」による。

それ以外の建設機械は「道路土工―施工指針(昭和61年11月)」による。

(2) 締固め機械の適応性

締固め機械は盛土材料の土質, 工種, 工事規模などの施工条件と締固め機械の特性を考慮して選定するが、特に土質条件が選定上の重要なポイントである。すなわち盛土材料は破碎された岩から高含水比の粘性土に至るまで多種にわたっており、また同じ土質であっても含水比の状態などで締固めに対する適応性が著しく異なることが多い。

一方、締固め機械も機種によって締固め機能が多様で、同一の機種の場合でも規格, 性能(大きさ, 重量, 線圧, タイヤ圧, 振動数, 起振力, 衝撃力, 走行性など)によって締固め効果が異なっている。したがって、それらを十分理解して機械を選定し、効果的な締固め作業を計画することが大切である。

なお、河川土工では従来、普通ブルドーザを締固め機械の標準としている。これは、河川土工では盛土材料として河川敷の掘削土を転用することも多く、多種の材料が混入することが多いこと、時として高含水比の土を盛土材料とすること等の土質条件によるものと考えられる。また、ブルドーザは施工機械としての汎用性が高く、

実作業においても同一機種でまき出しがら締固めまでの一連の盛土作業が可能となるなど経済的な利点もある。しかし、盛土規模や対象土質によっては、他の締固め機械を用いることが有利な場合もあり、締固め機械の選定に際してはこれらの点を十分に検討しなければならない。

(3) リッパビリティ

軟岩や極めて密に締った土などの掘削は、中・大型ブルドーザに装着されたリッパによって行われるのが普通であり、ブルドーザの大型化にともない、その適応する範囲は拡大している。

一般にリッパによって作業ができる程度をリッパビリティといい、地山の弾性波速度が一つの目安とされているが、大型のリッパ装置付ブルドーザほど高い弾性波速度の岩盤まで掘削可能であり、現在では弾性波速度が 2.0 km/sec 程度の岩盤まで掘削可能である。

機械の選定にあたっては、リッパ作業が可能か否かの判定が重要であり、場合によっては試験施工が必要となることもある。

3) 機種選定上の注意点

すでに述べたように、機種を選定に際しては作業種別および対象土質条件を常に念頭に置いておくことが重要であるが、工期および工事規模、機械の普及度なども機種選定上の重要な要素であることに注意しなければならない。また、土工では土の運搬も主要工事として挙げられ、その経費が土工費に占める割合も大きい。このため、多量に土を移動・運搬する工事では運搬機械の適切な選定が重要である。

(1) 工期, 工事規模および建設機械の普及度

河川土工では短期間に多量の土工量を施工しなければならないことも多い。原則的には工事規模に対応して建設機械を選定することになるので、一般に大規模工事では大型機械が使用され、小規模工事では小型機械を使用するのが合理的である。

工事規模と工期から考えて、特に大型の建設機械の使用が望まし

いと思われる場合には、普及度の高い建設機械の中から大型のものを使用の方が、工事の段取りや建設機械の手配あるいは施工経費などで有利なことが多い。一般に大型建設機械を使用するためには、その能力が十分に発揮できるような工事量および作業現場の広さと、組合せ建設機械の能力が備わっていなければならない。

建設機械の普及度は年々変化しているので一概にはいえないが、普及度が高く、保有台数の多い主な建設機械とその規格(容量)について表 4.2.5 に示しておいた。

表 4.2.5 標準的な土工機械の規格

規格の内容	標準的な規格	
車両総重量 (t)	普通・排ガス対策型	11t, 15t, 21t, 32t
	湿地・排ガス対策型	13t, 16t
	超湿地・排ガス対策型	4t
車両総重量 (t) (リッパ装置を除く)	排出ガス対策型	21t, 32t
ボウル平積容量 (m ³)	8m ³	
ボウル平積容量 (m ³)	12m ³ , 17m ³	
バケット 平積容量 (m ³)	クローラ型	0.35m ³ , 0.6m ³
	排ガス対策型	0.7m ³ 1.0m ³
標準バケット 平積容量 (m ³)	機械ロープ式・クローラ型	0.8m ³
	油圧クラムシェル・クローラ型	0.3m ³ 0.6m ³
標準バケット 山積容量 (m ³)	クローラローダ 普通型	0.4m ³ , 1.2~1.3m ³
	ホイールローダ 普通・排出ガス対策型	1.8~1.9m ³
積載重量 (t)	4t積, 6t~7t積, 8t積 10t積, 12t積	

(「建設機械等損料表・平成19年度版」による)

(2) 運搬距離および作業場の面積

土工では土の運搬が主要な工事であるとともに、その経費が土工費に占める割合も大きいので、大量に土を移動する工事では適切な運搬機械を選定することが必要である。運搬機械の選定では、特に運搬距離、勾配、作業場の面積などに注意しなければならない。

運搬距離に応じた機械の選定は現場ごとに行うことになるが、通常、各運搬機械の適応運搬距離は表 4.2.6 に示すとおりである。一般には近距離運搬ではブルドーザが、中・長距離運搬ではダンプトラックが使用される例が多い。

表 4.2.6 運搬機械と土の運搬距離

運搬機械の種類	適応する運搬距離
ブルドーザ	60m以下
スクレープドーザ	40～250m
被けん引式スクレーパ	60～400m
自走式スクレーパ	200～1.200m
ショベル系掘削機 トラクタショベル	+ダンプトラック 100m以上

注1) 特殊な場合、トラクタショベルを100m以下の掘削運搬に使用することがある。

注2) 運搬距離が60～100mの場合は現場条件に応じて、ブルドーザおよびダンプトラック等を比較して使用する。

(「道路土工－施工指針(S61.11)」による)

なお、掘削積込み地点では作業場の面積を考慮して機械を選定する必要があり、特にスクレーパは回転するための広い面積が必要である。また、運搬路についてはその幅員などをよく確認して、運搬機械の大きさを選定する必要がある。

(3) 建設機械の環境対策

河川土工を市街地および民家の近傍などで施工する場合には、工事区域周辺の生活環境の保全と工事の円滑化を図るために低騒

音・低振動型の建設機械を用いることが望ましい。

機種を選定にあたっては、「低騒音型・低振動型建設機械の指定に関する規定（平成9年建設省告示第1536号）」（告示第361号平成20年3月28日改訂）を参考にするとよい。

4) 浚渫船の選定

浚渫船の選定には、土質、土量、工期、土捨場までの距離、水深、気象、流速、地理的条件等を考慮しなければならない。掘削土の状態としては、土質ばかりではなく土の軟硬度が機種決定に大きく影響する。また、浚渫船は前作業位置からの回航費が嵩むので、工期、土量を勘案して機種を決定する必要がある、大型船を遊休させないようにしなければならない。

機種によっては風、流れなどの影響を大きく受けて作業日数が予定した日数よりはるかに下回ることがあるので、事前に気象、流量を充分調査して機種を選定せねばならない。事前調査は合わせて他船舶の運行状況、作業船の待避場所および修理施設、動力源等の補給方法等を調査検討する必要がある。

以下に各種浚渫船についてその特徴を述べる。

(1) ポンプ浚渫船

大規模な浚渫では輸送能力が大きく、他の機種に比して経済的であるため、浚渫工事には最も多く使用されている。ただし、岩盤または硬い土質には不向きである。非航式ポンプ船と自航式ポンプ船があり、自航式ポンプ船は浚渫区域が散在している場合または航路などの浚渫に適するが、一般的には非航式のものが多い。

(2) バケット浚渫船

比較的広範囲に浚渫ができ、能力が大きいため大規模浚渫に適し、浚渫単価も比較的安い。悪天候、流れなどに耐える力が大きい、船体から錨鎖がとられるので他の船舶の航行に障害となることもある。特に粘性土の浚渫に適し、岩石および硬質な地盤の浚渫には

不利である。一般には浚渫した土砂を別の土運船に受けて運搬しなければならない。

(3) グラブ浚渫船

浚渫が小規模で場所が狭小な場合に有利である。したがって、ケーソンの中詰め、基礎の床掘りなどに特に適している。ただし、浚渫能力は小さく、単価も比較的高い。硬質な地盤や粘着力の強い土質には不向きである。

(4) ディツパ浚渫船

掘削力が大きく、他の機種では困難な硬質な地盤等の浚渫に適する。ただし、浚渫能力は小さく、軟質の土砂の浚渫は他の機種に比して単価は高くなる。

なお、以上に述べた各浚渫船の適応土質は表 4.2.7 に示したとおりである。

表 4.2.7 適応船種

土 質			適応船種	摘 要
分 類	状 態	N 値		
粘土質土砂	軟泥	4 未満		(注) 1. () は砕岩または発破後の適応船種を示す。 2. P: ポンプ浚渫船 G: グラブ浚渫船 D: デイツパ浚渫船 碎: 砕岩船
	軟質	4~10 "		
	中質	10~20 "		
	硬質	20~30 "		
	最硬質	30~40 "		
	"	40~50 "		
砂質土砂	軟質	10 未満		
	中質	10~20 "		
	硬質	20~30 "		
	最硬質	30~40 "		
	"	40~50 "		
礫混り粘土質土砂	軟質	30 未満		
	硬質	30 以上		
礫混り砂質土砂	軟質	30 未満		
	硬質	30 以上		
岩盤	軟質	40~50 未満		
	やや軟質	50~60 "		
	中質			
	硬質			
	最硬質			
砂利	ゆるい			
	縮まった			

5) 建設機械の組合せ

一般に土工工事においては、何種類かの施工機械が相互に密接な関係を持ちながら稼動し、一連の作業を行なうことが多い。このような

施工に使用される機械を組合せ機械といい、組合せ機械の作業能力は構成する機械のなかで最小の作業能力を持つ機械によって決定される。したがって、機械相互間の作業能力に大きな格差を生じないように機械の容量と台数を決定することが望ましいが、現実には機種 of 普及度、現場条件等から作業能力をすべて等しくすることは不可能に近く、組合せ機械のなかにはフルに能力を発揮するものと余裕のあるものとの組合せを生ずることは避けられない。このような場合、一般的には主体となる作業を行なう主機械に最大能力を発揮させ、全体的には出来る限り作業能力がバランスするようにした組合せが経済的となることが多い。すなわち、主機械とは組合せ機械の中で単位作業量当りの施工経費が最も高額となる作業を行なう機械であるとも云える。一般に土工工事では、掘削または積込機械が主機械で、運搬機械等は従機械である。

主な建設機械の組合せを表 4.2.8 に示す。

表 4.2.8 作業と建設機械の組合せ例

作業の種類	組合せ建設機械
伐開・除根・積込み・運搬	ブルドーザ+トラクタシャベル(バックホウ)+ダンプトラック
掘削・積込み・運搬	集積(補助)ブルドーザ+積込み機械+ダンプトラック
敷ならし・締固め	敷ならし機械+締固め機械
掘削・積込み・運搬・散土	スクレーパ+プッシャ

(「道路土工－施工指針 (S61.11)」による)

4.2.6 建設機械の作業能力

1) 作業能力の概念

現場に投入される建設機械は、現場における種々の制約条件のために、施工能力を低下させることが多い。したがって、これらの制約条件を考慮してある標準的な運用をした場合になしうる作業量を考える

必要がある。これを単位時間(1時間、または1日など)で表示したものが作業能力であり、次のように定義することができる。

「建設機械を用いて作業する場合、標準状態において単位時間(1時間または1日など)あたりになしうる平均的作業量をその機械の、この作業状態における作業能力という」

単独の建設機械または組合わされた一群の機械の作業能力をいう場合、時間当たりの平均作業量で表現するのが実用的であり、また、それが日当たりあるいは月当たりで作業能力を表わす場合の基本となっている。

また、作業量は出来高の状態を考慮して、掘削・積込みにおいては地山の土量、盛土締固めにおいては締固め後の土量などで表わされる。

作業能力の算定方法には、その現場あるいは作業条件が類似した信頼できる作業実績から推定する方法、および各種のデータをもとに作られた実用算定式を用いて算定する方法がある。ここでは実用算定式による方法を中心に述べるが、その適用方法をよく理解し、実際に即した算定を行うことが大切である。

2) 作業能力算定の基本式

一般に時間当たり作業量は次式で表わされる。

$$Q = q \cdot n \cdot f \cdot E$$

ここに、 Q ：時間当たりの作業量

q ：1作業サイクル当たりの標準作業量

n ：時間当たりの作業サイクル数

f ：土量換算係数

E ：作業効率

建設機械の作業能力を表示する場合の単位時間のとり方は、目的に応じて1時間、1日あるいは1月などが用いられる。現在一般に用いられるのは1時間であり、それが1日または1月などで表示する際の基本になっている。

この場合注意しなければならないのは、1時間といっても単位のと
り方が異なっていることがあるということである。運転時間1時間と
いう場合、この時間の中には、実際の作業に従事している時間と段取
り待ちやウォームアップをしている時間とが含まれているからである。
正味の作業時間のことを「実作業時間」といい、「運転時間」と区別
し、作業能力を運転時間1時間で表示する場合、作業効率の中に運転
時間に対する実作業時間の比を含めて考える場合が多い。

(1) 稼働日数率 T

稼働日数率とは全工事日数のうち、休日や降雨などのために作業
ができない日数を除いた実際に稼働できる日数と全工事日数の比で
表わされる。降雨による休止日数は過去の降雨記録から推測するこ
とができる。このような降雨後の休止日数は、同一機械の場合には
主として降雨量と土質によってきまる。土質が悪い場合には降雨後
何日も休止することがある。河川工事では現場立地の条件から冠水
したりすることがあるので、休止日数の算定には河川とその現場の
条件を十分把握しておく必要がある。

稼働日数率は全工期を通じてまとめられることが多く、次式で示
される。

$$\text{稼働日数率 } T = \frac{\text{工事日数} - \text{休止日数}}{\text{工事日数}}$$

主機械に用いられる土工機械の稼働日数率 T は一般に $T=50\sim$
70%であるといわれている。

(2) サイクル当たりの標準作業量 q

建設機械は一般に一連の動作の繰返しにより作業を行うが、この
一連の動作の1回、すなわち1サイクルの動作でなされるある標準
的な作業量を1作業サイクル当たりの標準作業量という。一般に q
が土量の場合、土はほぐされた状態で表現することが多い。

(3) 作業サイクル数 n

時間当たり作業サイクル数は次のように求められる。

$$n = \frac{60}{Cm(\text{min})} \quad \text{または} \quad n = \frac{3,600}{Cm(\text{sec})}$$

ここに、 C_m はサイクルタイムで単位は機種により (min) または (sec) で示される。

一般的に算定式の中では、 n は直接 $\frac{60}{C_m}$ または $\frac{3,600}{C_m}$ の形で表されることが多い。

(4) 土量換算係数 f

求める作業量 Q とその算定に用いる q が同一の土の状態で表される場合には $f=1$ でよいが、異なる場合には表 4.2.9 に示す土量換算係数を用いる必要がある。

表 4.2.9 土量換算係数 f の値

求める作業量 基準の作業量	地山の土量	ほぐした土量	締固めた土量
地山の土量	1	L	C
ほぐした土量	1/L	1	C/L
締固めた土量	1/C	L/C	1

注) L および C は、表 4.2.1 などの土量変化率。

(5) 作業効率 E

建設機械の時間当たり作業量 Q は、建設機械固有の一定な値ではなく、作業現場の各種の条件によって変化するものであるから、求める時間当たりの作業量は、建設機械の標準的な作業能力にそれぞれの現場の状況に応じた作業効率 E を乗じて算定する方法がとられる。作業効率 E に影響を与える要因としては、次のようなものがある。

- ① 気象条件
- ② 地形や作業場の広さ

- ③ 土質の種類や状態
- ④ 工事の規模や作業の連続性
- ⑤ 交通条件, 工事の段取り
- ⑥ 建設機械の管理状態
- ⑦ 運転員の技量

なお、作業効率は次のように分解して用いることもあるが、実際にこれを区分して用いることは困難なことが多い。

作業効率 = 現場作業能力係数 × 実作業時間率

$$\text{実作業時間率} = \frac{\text{実作業時間}}{\text{運転時間}}$$

後述の機種ごとの作業能力算定でわかるように、作業効率は算定される作業量に与える影響が極めて大きいので、過去の実績や経験をもとに、その現場の各種条件を勘案して慎重に取扱わなければならない。

(6) 作業能力の向上

作業能力は現場の各種の条件で変化するが、これを高めるために次のような注意が必要である。

(a) 実作業時間率の向上

- ① 建設機械の調整, 整備を十分に行っておくこと。
- ② 段取り待ちやほかの組合せ機械待ちの時間を減少させるように、機械群が適切に配置・結合されていること。
- ③ 運転員の技能, 熱意を高めること。

(b) 運転時間率の向上

(a)に示したものと同様の注意を必要とするほか、次のような点に留意しなければならない。

- ① 工事量がまとまっていること。
- ② 工事現場内がよく整理されており、また工事用道路などがよく整備されていること。

(c) 稼働日数率の向上

稼働日数率は特に降雨すなわち水に支配されやすいので、これを少しでも克服するよう次に示す事項を留意して施工にあたる必要がある。

- ① 準備排水工を十分に行っておくこと(盛土施工箇所および土取場)。
- ② 盛土仕上げ面は作業終了時に十分な締固めを行い、降雨による排水勾配を確保すること。

3) 各機種の作業能力

(1) ブルドーザの作業能力

運転時間 1 時間あたりの作業量の算定式は次のとおりである。

$$Q = \frac{60 \cdot q \cdot f \cdot E}{Cm}$$

ここに、 Q : 運転 1 時間あたりの作業量 (m^3/h)

q : 1 回の掘削押土量 (m^3)

f : 土量換算係数

E : 作業効率

Cm : サイクルタイム (min)

(a) 1 回の掘削押土量

1 回の掘削押土量はブルドーザのけん引力, 土工板の寸法・形状, 土質および施工条件などにより変化する。

1 回の掘削押土量の求め方には、実作業中の実績から算定する方法と、[参考]に示すように押土実験の結果をもとに算定する方法がある。後者の方法は前者に比べて理論的ではあるが、一定条件下での実験値がもととなっているので押土量が大きく算定される場合があり、注意する必要がある。

表 4.2.10 ブルドーザの諸元

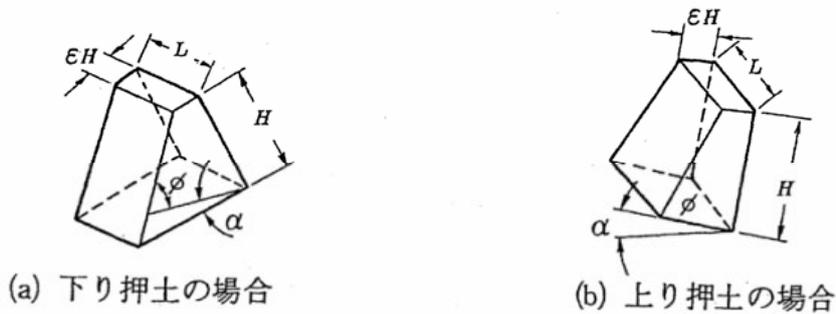
形式	規格	出力 (kW)	重量 (t)	土工板寸法 (m) L×H	土工板 容量(q_0) (m^3)	接地圧 (kN/m^2)	土工板形式
普通型	3t 級	29	3.9	2.17×0.59	0.52	38	アングル
	6 "	56	7.1	2.44×0.85	1.22	43	"
	9 "	71	9.0	2.74×0.98	1.82	40	"
	11 "	82	10.8	3.05×1.06	2.37	42	"
	15 "	112	15.6	3.28×1.20	3.27	49	"
	18 "	140	19.6	3.42×1.23	3.58	70	ストレート
	21 "	179	27.7	3.72×1.44	5.34	79	"
	32 "	231	39.5	3.96×1.72	8.12	108	"
湿地型	3.5t 級	29	4.3	2.56×0.59	0.62	24	ストレート
	7 "	56	7.6	2.88×0.79	1.25	28	"
	10 "	71	9.4	3.33×0.91	1.91	27	"
	13 "	82	11.2	3.05×1.06	2.37	28	"
	16 "	112	16.9	3.86×1.16	3.60	30	"

注 1) 本表記載の機種及び諸元は「日本建設機械要覧(2007年)」によつた。

注 2) 土工板容量 q_0 は[参考]の式において $\phi = 30^\circ$ 、 $\alpha = 0^\circ$ 、 $\varepsilon = 0$ 、 $\mu = 0.80$ として求めた。

[参考]

土工板による押土の形状を参図 4.1 のように考えると 1 回の掘削押土量は次の式で表わされる。



参図 4.1 土工板で押される土の形状

$$q_0 = LH^2 \left\{ \frac{1}{2 \tan(\phi + \alpha)} + \varepsilon \right\} \mu$$

- ここに、 q_0 : 土工板容量 (m³)
 L : 土工板の長さ (m)
 H : 土工板の高さ (m)
 α : 運搬路の勾配 (ただし、下り作業では負号をとる) (度)
 ϕ : 材料により決まる角度 (度)
 ε : 材料により決まる係数
 μ : 材料により決まる係数

なお、この算式の場合、ストレートドーザは、 H がアングルドーザに比較して大きいので、 q_0 が大きく出過ぎることに注意が必要である。

実際の作業能力算定では、土工板容量 q_0 と押土距離 l との関連付けが困難なために上式を用いることは少なく、表 4.2.10 に示す土工板容量 q_0 に参表 4.1 に示す係数 ρ を乗じて1回の掘削押土量 q を求めることが多い。

参表 4.1 押土距離、搬路の勾配に関する係数 ρ

運搬距離(m) 勾配(%)		10 まで	20	30	40	50	60	70	80
平坦	0	1.0	0.96	0.92	0.88	0.84	0.80	0.76	0.72
下り	5	1.12	1.08	1.03	0.99	0.94	0.90	0.85	0.81
	10	1.28	1.23	1.18	1.13	1.08	1.02	0.97	0.92
	15	1.47	1.41	1.35	1.29	1.23	1.18	1.12	1.06
上り	5	0.89	0.85	0.82	0.78	0.75	0.71	0.68	0.64
	10	0.80	0.77	0.74	0.70	0.67	0.64	0.61	0.58
	15	0.73	0.70	0.67	0.64	0.61	0.58	0.56	0.53

(「道路土工－施工指針 (S61.11)」による)

(b) サイクルタイム

ブルドーザのサイクルタイムは次のように表わされる。

$$Cm = \frac{\ell}{V_1} + \frac{\ell}{V_2} + t_g$$

ここに、 Cm : ブルドーザのサイクルタイム (min)

ℓ : 平均掘削押土距離 (m)

V_1 : 前進速度 (m/min)

V_2 : 後進速度 (m/min)

t_g : ギヤの入換えなどに要する時間 (min)

ℓ/V_1 は掘削押土に要する時間を表し、土質、勾配などによる負荷の大きさから車速 V_1 を求める。

ℓ/V_2 は後退時間を表し、押土の場合により負荷が少ないので速い車速を用いることができる。

[参考]

実際の作業における Cm を推定することは極めて難しいが、河川工事などにおける平均的な Cm としては次式を参考にすると便利である。

① 掘削押土作業

$$Cm = 0.038\ell + 0.20(\text{min})$$

② 掘削押土敷ならし作業

$$Cm = 0.038\ell + 0.65(\text{min})$$

(c) 作業効率

ブルドーザの作業効率は単位時間当たりに出し得る作業能力と、長期の運転実績から求めた運転時間当たり作業量との間に大きな開きを生じ、また、実績値自体も広範囲にばらつくことが多い。

[参考]

ブルドーザの作業効率は、サイクルタイムなどと同様に現場における要因により変化するが、1回の掘削押土量、サイクルタ

イムを前記の参考のように平均的な数値として固定したとすれば、実績からの参考値として**参表 4.2**のように表すことができる。

参表 4.2 作業効率(E)

現場条件 土質名	地山の掘削押土			ルーズ状態の土砂押土		
	良好	普通	不良	良好	普通	不良
砂 砂質土	0.80	0.65	0.50	0.85	0.70	0.55
礫混り土 粘性土	0.70	0.55	0.40	0.75	0.60	0.45
破碎岩	—	—	—	—	0.35	0.25

- 注1) 作業現場が広く(土工板幅の3倍以上)、トラフィカビリティや地盤の凹凸を考慮してスリップ等がなく、また下り勾配等で作業速度が十分期待できる条件がそろっている場合は「良好」をとる。
- 注2) 作業現場が狭く、地盤状況を考慮してスリップやぬかるみが多く、また上り勾配等で作業速度を阻害する条件がそろっている場合は「不良」をとる。
- 注3) 作業現場が広いが作業速度が期待できない場合、作業現場が狭い(土工板幅の3倍未満)が作業速度が十分期待できる場合等、上記の諸条件がほぼ中位と考えられる場合は「普通」をとる。
- 注4) 軟岩をリッピングしたものは、リッピング後の状態を考慮し、その状態に応じた土質の値をとるものとする。

(2) ショベル系掘削機の作業能力

運転時間1時間あたりの作業量の算定式は次の通りである。

$$Q = \frac{3600 \cdot q_0 \cdot K \cdot f \cdot E}{C_m}$$

ここに、 Q : 運転1時間当たりの作業量 (m³/h)

q_0 : バケットの容量 (m³)

K : バケットの係数

f : 土量換算係数

E : 作業効率

C_m : サイクルタイム (sec)

(a) バケットの容量

ショベル系掘削機のバケット容量は、一般には平積で表現されている。

機種ごとのバケット容量は「日本建設機械要覧」などを参照するとよい。

ショベル系掘削機の諸元を表 4.2.11 に示しておく。

表 4.2.11 ショベル系掘削機諸元

種別	形式	規格	出力 (kW)	機械質量 (t)	バケット容量 (平積 m^3)	接地圧 (kN/m^2)
バックホウ	クローラ型・ 排出ガス対策型	0.35 m^3 級	60	11.8	0.35	38
		0.4 m^3 級	64	12.1	0.40	40
		0.6 m^3 級	104	19.8	0.60	43
		0.7 m^3 級	116	22.1	0.70	51
ドラグライン	機械ロープ式・ クローラ型	0.6 m^3 級	77	30.2	0.60	57
		1.2 m^3 級	97	50.0	1.20	57
クラムシェル	油圧式クローラ型	0.3 m^3 級	40	10.7	0.30	39
		0.6 m^3 級	85	19.1	0.60	44
	油圧式ホイール型	0.3 m^3 級	61	10.6	0.30	37

(「道路土工—施工指針 (S61.11)」による表を「日本建設機械要覧 (2007年)」に基づき修正)

(b) バケット係数

バケット係数は土質, 切土深さ, 切土高さなどにより変化するものであるが、計画の際には土の種類に応じて実績値をとりまとめたものを利用することが多い。

[参考]

過去の実績からの参考値としてほぐした土量に関する値を土の種類に応じてまとめたものを参表 4.3 に示す。

参表 4.3 バケット係数 (K)

土の種類	油圧式バックホウ および ドラグライン	クラムシエル	備考
岩塊・玉石	0.45~0.75	0.40~0.70	山盛になりやすいもの、 かさばらず空隙の少ない もの、掘削の容易なもの などは、大きい係数を与 える。
礫混り土	0.50~0.90	0.45~0.85	
砂	0.80~1.20	0.75~1.10	
普通土	0.60~1.00	0.55~0.95	
粘性土	0.45~0.75	0.40~0.70	

(「道路土工－施工指針 (S61.11)」による)

(c) サイクルタイム

ショベル系掘削機のサイクルタイムは特に土質および土の固結状態と関連して掘削の難易に影響されるところが大きい。また、掘削から積込みまでの旋回角度の違いによってもサイクルタイムは変化する。

[参考]

ショベル系掘削機のサイクルタイムについて、実績からの参考値を参表 4.4 に示す。

参表 4.4 ショベル系掘削機のサイクルタイム (C_m) (sec)

機種		バックホウ	ドラグライン	クラムシエル
規格		0.35~0.6 m ³ 級	0.6m ³ 級	0.6m ³ 級
旋 回 角 度	45°	24	25	33
	90°	28	28	36
	135°	31	31	39
	180°	35	34	42

(d) 作業効率

ショベル系掘削機の作業効率には、現場の諸条件のうち、土質、地形、作業地盤の勾配、排水の良否などのほか、施工法、特に段取り、補助ブルドーザの有無、ダンプトラックの組み合わせなどが影響し、サイクルタイムとの相対関係で定められる。

(3) トラクタショベルの作業能力

運転時間 1 時間あたりの作業量の算定式は次の通りである。

$$Q = \frac{3600 \cdot q_0 \cdot K \cdot f \cdot E}{C_m}$$

ここに、 Q : 運転 1 時間当たりの作業量 (m³/h)

q_0 : バケットの容量 (m³)

K : バケットの係数

f : 土量換算係数

E : 作業効率

C_m : サイクルタイム (sec)

(a) バケット容量

トラクタショベルのバケット容量は JIS において山積で能力を表現するように統一されており、機種ごとのバケット容量は表 4.2.12 のほか「日本建設機械要覧」などを参照するとよい。

表 4.2.12 トラクタショベルの諸元

種別	規格	エンジン出力 (kW)	機械質量 (t)	容量 (山積m ³)
クローラ型	0.8m ³ 級	51	6.5	0.8
	1.3m ³ 級	68	11.0	1.3
	1.8m ³ 級	112	18.4	1.8
	2.2m ³ 級	151	21.2	2.2
ホイール型	1.0m ³ 級	55	6.5	1.0
	1.4m ³ 級	63	6.9	1.4
	1.6m ³ 級	81	7.9	1.6
	2.1m ³ 級	91	11.1	2.1

注) 本表記載の機種及び諸元は「建設機械等損料算定表・平成 19 年度版」より主要なものを抜粋した。

(b) バケット係数

バケット係数は、すくい上げる土質や状態によって変化するもので、計画の際には、土質や状態に応じて実績値をまとめたものを利用することが多い。

[参考]

トラクタショベルのバケット係数について実績からの参考値（山積状態でほぐした土量に関する値）を参表 4.5 に示す。

参表 4.5 トラクタショベルのバケット係数(κ)

土の種類	バケット係数	備考
岩塊・玉石	0.40~0.60	バケットを山積状態にしやすく、不規則な空げきを生じにくいものは上限側を与える。 また、一度切崩され集積されてバケットに入りやすいものも上限側の値を与える。
礫混り土	0.50~0.70	
砂	0.60~1.00	
普通土	0.50~0.90	
粘性土	0.40~0.60	

(「道路土工－施工指針 (S61.11)」による)

(c) サイクルタイム

サイクルタイムは、積込み方法, すくい上げの難易および運搬距離の長短により変化する。積込み方式には、図 4.2.3 に示すように V 形積込みと I 形積込みとがあるが、最近の施工実態からみると簡単に 2 種に分類できるものでなく、計画の段階では特に区別して考える必要はない。

サイクルタイムの算定式は次のとおりである。

$$C_m = m \cdot \ell + t_1 + t_2$$

ここに、 C_m : トラクタショベルのサイクルタイム (sec)

ℓ : 片道運搬距離 (m)

m : トラクタショベルの足廻りによる係数 (sec/m)

t_1 : すくい上げ時間 (sec)

t_2 : 積込み、ギヤの入替え、段取りなどに要する時間 (sec)

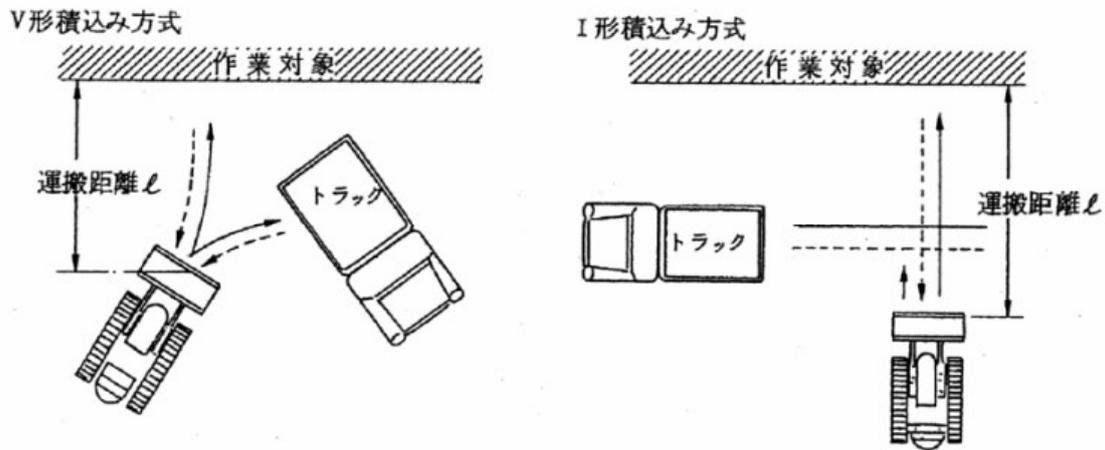


図 4.2.3 トラクタショベルによる積み込み形式

[参考]

上記のサイクルタイム算定式において実績からの参考値を求めると参表 4.6 のように与えられる。

参表 4.6 サイクルタイム算出における係数の値

係数名	クローラ型		ホイール型		備考
	山積状態からのすくい上げ	地山からの掘削集土	山積状態からのすくい上げ	地山からの掘削集土	
m(sec/m)	2.0		1.8		
t ₁ (sec)	5~12	22~40	6~20	24~45	積み込みの容易なものは上限値を与える。
t ₂ (sec)	12~20		12~20		V形の方が上限値を与えるが、計画では15sec程度を用いて良い。

注) 特に運搬距離を考えないときは $\ell = 8\text{m}$ としてまとめた。

(「道路土工－施工指針 (S61.11)」による)

(d) 作業効率

作業の諸条件により変化する。特に足場の条件 (広さ, 平坦性, 土質, 含水比の程度), 土量の多少, 待ち時間, 運搬車の荷台容積および運転員の技量などに影響される。

[参考]

ショベル系掘削機にくらべて、トラクタショベルは土量がまとまっていない場合や汎用的に使用される場合が多いので、作業効率の実績値は一般に低い。したがって、工事の実態を十分に考えて作業効率を決めるべきであるが、主として積込み作業のみを考える場合、実作業時間率を計画上標準の状態と考えれば、トラクタショベルの作業効率 E は 0.4~0.7 程度とすることができる。

参表 4.7 トラクタショベルの作業効率

土の種類	作業効率	備考
岩塊・玉石	0.20~0.50	地山の固さ、切土の高さ、作業段取り等が良好な場合は上限値を与える。
礫混り土	0.20~0.50	
砂	0.40~0.70	
普通土	0.40~0.70	
粘性土	0.20~0.50	

(4) ダンプトラックの作業能力

運転時間 1 時間あたりの作業量の算定式は次式で示される。

$$Q = \frac{60 \cdot c \cdot f \cdot E}{C_m}$$

ここに、 Q : 運転 1 時間あたりの運搬土量 (m^3/h)

c : 1 回の積載土量 (m^3)

f : 土量換算係数

E : 作業能率

C_m : サイクルタイム (sec)

(a) 1 回の積載土量

ダンプトラックの 1 回当たり積載土量は荷台の大きさの制約と重量による制約(公道を利用する場合)の 2 つの要素で決められる。したがって次式および参表 4.8 により最大積載重量時のほぐした

状態の土の容積（ V ）を求め、積載可能土量と比較し、小さい方の値を積載土量とする。

なお、個々のダンプトラックの積載可能容量は、積荷の形状を考慮して別途に求める必要がある。

$$V = \frac{T \cdot L}{\gamma_1}$$

ここに、 V : ほぐした状態の土のダンプトラック積載量 (m^3)

γ_1 : 地山における土の湿潤密度 (kN/m^3)

T : ダンプトラックの最大積載重量 (kN)

L : 土量変化率

次に、上記の式で求めた V とダンプトラックの平積容量(荷台長×荷台幅×荷台高)を比較して小さい値を1回の積載土量(C)とする。

参表 4.8 地山の密度と積載土量(11t級)

土質名	地山の密度(t/m^3)	10~11t車の積載土量(m^3)
土砂	1.8	6.1
軟岩	2.2	5.0
硬岩	2.5	4.4

注) 大規模工事等で特に積載土量を考慮する必要がある場合は、実測密度から積載重量を設定する。

(b) サイクルタイム

ダンプトラックのサイクルタイムは、積込み機械の作業能力、運搬路の沿道条件などにより変化するが、計画の段階では次式で計算するのが便利である。

$$Cm = \beta L + \alpha(\text{min})$$

ここに、 Cm : サイクルタイム (sec)

L : 運搬距離 (km) (往路と復路が異なるときは、

平均値とする)

f : 土量換算係数

α : 積込等その他の作業による係数 (min)

β : 運転状況による係数

運転状況による係数(β)および積込みその他の作業による係数(α)については参表 4.9 および参表 4.10 を参考にするとよい。なお、地域の状況により著しい交通渋滞または交通規制等があつて本式を適用し難い場合には、実情に応じた時間を設定して別途算出するとよい。

参表 4.9 運搬状況による係数(β)

状況の区分		β
DID区間率が30%以上の地区を、昼間運搬する場合	DID区間率が70%以上	5.6
	// 70%未満30%以上	5.1
上記以外の運搬の場合		4.6

注1) 自動車専用道路を利用する場合には、別途考慮する。

注2) DID区間率=DID区間÷運搬距離×100(%)とする。

参表 4.10 積込その他の作業による係数(α)

積み込み機種	α (min)
バックホウ (0.6m ³ 級)	18
ドラグライン (0.6m ³ 級)	22
クラムシェル (0.6m ³ 級)	27

注1) α は、積み込み、待ち、排土、シート掛け等の時間である。

注2) 上表は、11t積車の係数であり、これ以外の車種については、別途考慮する。

また、サイクルタイムの設定にあたっては、次の点に注意する必要がある。

- ① 運搬往復所要時間は、運搬予定路を実際に運搬作業を行う時間帯および作業状態で試走して決めるのがよい。やむを得ず試走できない場合には、運搬路の幅員や勾配、路面・路肩の状態、

交通量,交差点や踏切りの数や位置,人家の連担度合,速度制限などを考慮して決める。現場内外の工事用道路では、維持補修の程度,施工段取りなどが重要な要素となる。

- ② 荷おろしに要する時間は、一般に荷おろし場の広さ,整地の程度および運搬材料の土質などに影響される。
- ③ 積込み場所に到着してから積込みが開始されるまでの時間は、方向転換や位置決めなどの所要時間で、作業の段取り,積込み場所の地形・地質,整地の程度に影響される。

(c) 作業効率

ダンプトラックの作業量は、運搬路の沿道条件,路面の状態,盛土・土捨場の条件,昼夜の別などで変化するものであるが、ダンプトラックのサイクルタイムを実状に合ったもので決められれば、作業効率としては実作業時間率のみを考えればよい。一般には作業効率を 0.9 程度と考えてよい。

(5) 締固め機械の作業能力

河川土工において、土の締固めに使用される締固め機械は締固め専用機種(タイヤローラ、振動コンパンダなど)の他に、重要なものとしてブルドーザがある。これらの機種はそれぞれ締固め機械としての性能を有し、用途によって使い分けることが肝要である。

締固め機械の作業能力は時間当たり締固め土量(m^3/h)あるいは時間当たり締固め面積(m^2/h)で表す。いずれの場合でも対象は仕上り後の締固め土量,締固め面積で示すのが普通である。運転時間 1 時間当たりの作業量の算定式は次式で表される。

$$Q = \frac{V \cdot W \cdot D \cdot f \cdot E}{N}$$

ここに、 Q : 運転 1 時間あたりの運搬土量 (m^3/h)

- V : 作業速度 (m/h)
 W : 1回の有効締固め幅 (m)
 D : 仕上り厚さ (m)
 f : 土量換算係数
 N : 締固め回数
 E : 作業効率

(a) 作業速度

締固め機械の作業速度は、機種,土質,まき出し厚さなどにより変化する。

[参考]

締固め機械の作業速度について実績からの参考値を次表に示す。

参表 4.11 締固め機械の作業速度の参考値

機 種	規格(t)	標準締固め速度V(m/h)
タイヤローラ	8~20	3,500
ブルドーザ	11	3,500

(b) 有効締固め幅

締固め機械の締固め幅から、締固め作業の重なり幅を差し引いたものを有効締固め幅という。

[参考]

有効締固め幅について、実績からの参考値を参表 4.12 に示す。

参表 4.12 有効締固め幅の参考値

機 械 名	規 格	有効締固め幅(m)
ブルドーザ (普通)	11t級	0.7
	21t級	0.9
	32t級	0.9
タイヤローラ	6～8t級	1.2
	6～10t級	1.4
	8～20t級	1.8
	10～28t級	1.8
振動ローラ	3～5t級	1.0
	8～10t級	1.9
	10～28t級	1.9

(c) 締固め回数

土の締固め回数は使用機種、土質、1層の締固め厚さ、締固め度などにより異なる。このため、現場における試験施工の結果、あるいは信頼できる実績などを参考にして決めることが望ましい。

(d) 作業効率

作業効率は作業の種類、現場条件(規模、広さなど)、使用機種、盛土材料などにより異なる。

[参考]

締固め機械の作業効率について、実績からの参考値を次表に示す。

参表 4.13 締固め機械の作業効率

機 種	ブルドーザ	タイヤローラ
作業効率		
範 囲	0.4～0.8	0.2～0.6
標 準 値	0.6	0.4

注) 作業効率の値は次のような諸条件を考え、これらの条件が中程度より良好な場合には標準値より上限側の値を、中程度より不良な場合は標準値より下限側の値をとるものとする。

- ① 盛土材料の供給能力と締固めの作業能力とのバランス(平衡若しくは供給能力が上まわる場合には作業効率は良好)

- ② 盛土材料の土質,含水比,粒度配合などの適性
- ③ 作業現場での障害の程度
- ④ 工事箇所の起伏,屈曲など地形状況

(6) 人力土工の作業能力

土工作业においては人力を主体とする作業はごく限られ、建設機械の使用が可能な場合には、極力建設機械を使用することが当然となっている。設計や施工計画においても、建設機械施工の可能性を第一義に考えるようになり、人力のみによる施工は建設機械の進入が困難な場所や狭あいな場所での工事、また極めて小規模な工事やのり面仕上げなどにおいて行われるにすぎず、全体的には建設機械施工の補助的な役割しか果たしていない。そのため、人力による作業は作業能率が悪く作業の速度も遅くなることが多いので、計画にあたっては地形,土質,作業量,作業方法,天候などの作業条件を勘案して、無理のない作業能力を決定することが必要である。

[参考]

人力土工の施工歩掛の一例を参考値として**参表 4.14**に示す。

参表 4.14 人力土工の施工歩掛り(人/10m³)

作業種別	土質	
	粘性土、砂 砂質土、礫質土	玉石混り土
切崩し	2.3	4.0
掘削	3.9	6.0
積込み	1.3	1.9
埋戻し	2.3	2.6

- 注)
- ・切崩しとは直接積込みできない箇所の切崩し作業をいう。
 - ・掘削とは掘起こした土を 3m 程度までの範囲で投棄する一連の作業をいう。
 - ・積込みとは、仮置された土砂を直接積込むまでの作業をいう。
 - ・埋戻しとは、仮置された土砂を人力により 3m 程度投棄し、さらに敷ならしするまでの一連の作業をいう。

(国土交通省土木工事積算基準(平成 20 年度版)より)

(7) 浚渫船の作業能力

浚渫船にはポンプ浚渫船、グラブ浚渫船、ディップ浚渫船、バケット浚渫船、ドラグサクシオン浚渫船、バックホウ浚渫船などがあり、さらに各々自航船、非航船に分けられる。これらの浚渫船はそれぞれの特長を生かして使用されているが、河川工事の場合はポンプ船による浚渫及びバックホウ台船による浚渫が多く使用されている。このため、ここではポンプ浚渫船とバックホウ浚渫船を対象として記述する。

ポンプ浚渫船の標準仕様を表 4.2.13 に示す。

運転時間 1 時間当りの浚渫土量は次式で示される。

$$G = Q \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \frac{\gamma_s}{\gamma_0} \cdot E$$

ここに、 G : 浚渫土量 (地山) (m^3/h)

Q : ポンプの時間当り排水量 (m^3/h)

α : 含泥率

β : N 値による係数

γ_s : 土砂の真比重

γ_0 : 土砂の見掛け比重

E : 作業効率

(a) 含泥率 α

含泥率とは送泥時に泥水中に含まれる土砂の割合をいい、土砂の真比重 (γ_s) から求めた真容量比で示す。一般にポンプ船での含泥率は 10~13%といわれている。

(b) 土砂の見掛け比重 γ_0

浚渫土量の場合、真比重から求めた容積を用いたのでは実際の堆積物の実状とは異なってくる。このため地山の見掛け比重を用いて見掛け容積に換算しなければならない。

(c) N 値による係数 β

同じポンプ浚渫船で浚渫した場合、 N 値の違いにより浚渫能力が変化する。したがって、 N 値による係数を考える必要がある。実績よりその傾向を図 4.2.4～図 4.2.5 に示す。

また、標準の場合のポンプの出力を適応する地山の硬さ (N 値) の限界について表 4.2.14 に示しておいた。

表 4.2.13 ポンプ浚渫船の標準仕様要目表

呼称	浚渫能力			船体主要目						浚渫ポンプ			吸入揚程助勢装置		カッター駆動装置		浚渫ポンプ駆動用原動機		主発電装置		
	公称最大浚渫深度 (m)	公称最大浚渫能力 (m ³ /h)	公称排送距離 (m)	全長 (m)	幅 (m)	長さ (m)	深さ (m)	満載吃水 (m)	浚渫排水量 (ton)	形式	揚水量 (m ³ /h)	全揚程 (m)	回転数 (rpm)	口径 (吐出) (mm)	エグゼクターポンプ用モーター (kW)	ブースターポンプ用モーター (kW)	原動機出力 (kW)	数	形式	連続最大出力又は定格出力 (PS)	総発電容量 (kW)
E 100	45	40	350	17.0	11.0	5.8	1.3	0.8	49	シングルケーシング	400 × 30 × 720	200	200	無	無	15	電動機直結	100	無	無	無
E200	6	92	500	23.0	15.0	6.6	1.5	0.9	85		920 × 31 × 585	300	300			30		200			
E250	8	92	600	28.0	17.5	6.9	1.6	1.0	105		920 × 36 × 585	300	300			30		250			
E350	10	120	850	31.0	19.5	7.5	1.7	1.1	155		1,200 × 40 × 485	355	355			37		350			
E500	12	160	1,000	36.0	23.0	8.2	1.9	1.3	290		1,600 × 42 × 415	410	410			75		500			
E750	12	250	1,200	44.0	28.0	9.3	2.2	1.5	370		2,500 × 40 × 415	510	510			110		750			
E1000	14	300	1,200	50.0	32.0	10.1	2.4	1.6	495		3,000 × 45 × 325	560	560			150		1,000			
E1200	14	370	1,200	54.5	35.0	10.7	2.6	1.7	610		3,700 × 47 × 360	560	560			300		1,200			
E1500	17	420	1,300	61.5	39.0	11.4	2.7	1.8	765	ダブルケーシング	4,200 × 53 × 360	610	610			330		1,500			
E2000	18	450	2,200	70.0	45.0	12.6	3.1	2.1	1,140		4,500 × 64 × 360	630	630			370		2,000			
E3000	20	600	2,300	84.0	55.0	14.7	3.6	2.4	1,655		6,000 × 72 × 360	685	685			525		3,000			
D100	4.5	40	250	21.0	14.0	6.6	1.3	0.8	71	シングルケーシング	400 × 25 × 720	200	200	無	無	15	1	ダイゼル直結	100	50	85
D200	6	63	400	26.0	17.0	7.0	1.4	0.9	100		630 × 33 × 600	250	250			30		200		65	110
D250	8	92	500	28.5	18.0	7.2	1.5	1.0	135		920 × 31 × 600	300	300			30		250		80	135
D420	10	120	850	35.0	22.0	8.2	1.8	1.2	205		1,200 × 37 × 500	355	355			37		420		130	220
D600	12	160	1,000	40.0	25.0	9.0	2.0	1.3	280		1,600 × 42 × 420	410	410			75		600		180	310
D1350	15	300	1,200	56.0	36.0	11.2	2.7	1.8	690		3,000 × 45 × 330	560	560			150		1,350		420	720
D2000	17	420	1,500	65.5	42.0	13.0	3.2	2.2	1,150	ダブルケーシング	4,200 × 57 × 360	610	610			330		2,000		620	1,050
D2250	18	450	1,800	68.7	44.0	13.4	3.3	2.25	1,360		4,500 × 57 × 360	630	630			370		2,250		720	1,200
D2600	18	460	2,000	72.0	46.5	14.0	3.5	2.4	1,500		4,600 × 62 × 360	630	630			370		2,600		800	1,350
D3200	20	520	2,200	77.0	50.0	15.0	3.75	2.55	1,820		5,200 × 70 × 340	685	685			450		3,200		1,000	1,700

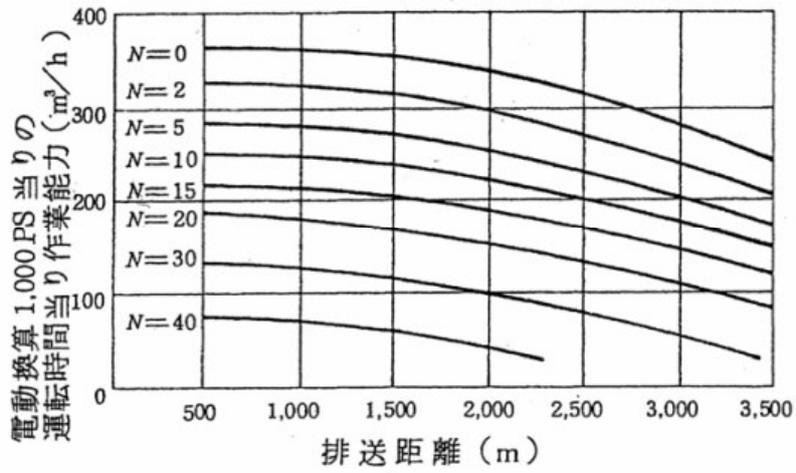


図 4.2.4 ポンプ浚渫船の運転時間当り作業能力
(粘土および粘土質シルト)

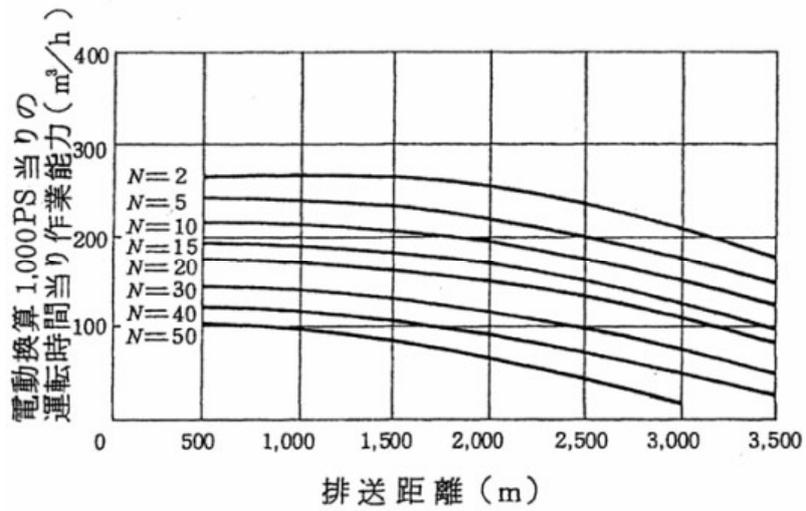


図 4.2.5 ポンプ浚渫船の運転時間当り作業能力
(砂および砂質シルト)

表 4.2.14 ポンプ出力と限界 N 値

ポンプ馬力数	N値
1000PS	15
2000PS	35
3000PS	50

(d) ポンプの時間当り排水量 Q

ポンプの時間当り排水量は図 4.2.7 に示す排送距離－排水量曲線 (L － Q 曲線) より求める。この方法は全揚程の代りに排送距離を定めるもので、実揚程と各々の排泥管の抵抗係数を求め、排泥管の損失水頭を陸上管の長さに換算する。

全揚程 (H) は

$$H = H_a + (H_s + H_v + H_f) = H_a + H_o$$

$$H_o = H - H_a$$

ここに、 H_a : 実揚程

H_s : 吸入側損失水頭

H_v : 速度損失水頭

H_f : 排砂管の損失水頭

H_o : 陸上管換算の損失水頭

であるが、実揚程 (H_a) が現場の使用条件により変化する。これを陸上管の長さに換算し、排送距離 (L) とする。

$$L = \ell_o \cdot \frac{H}{H - H_a} \quad (\text{m})$$

$$\ell_o = \ell_e + \ell_w \cdot \alpha_w + \ell_a \cdot \alpha_a + \ell_s \cdot \alpha_s$$

ここに、 ℓ_o : 陸上換算長 (m)

ℓ_e : 陸上管延長 (m) 現地の必要平均延長

ℓ_w : 水上管延長 (m) 現地の必要平均延長

ℓ_a : 船内管延長 (m)

ℓ_s : 吸入管延長 (m)

α_w 、 α_a 、 α_s : 表 4.2.15 に示す換算係数

なお、水上管延長、陸上管延長は現場条件により変化するが、船内管、吸入管は船固有のものである。これを船級別に示せば表 4.2.16 のとおりである。

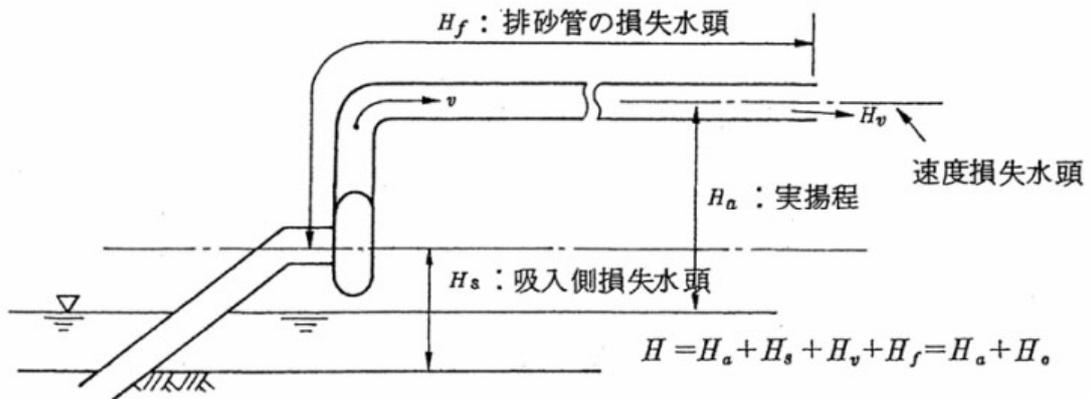


図 4.2.6 浚渫ポンプ揚程説明図

表 4.2.15 換算係数

船 級	水上管 (α_w)	船内管 (α_a)	吸入管 (α_s)
2,000PS	1.30	2.22	2.77
1,000PS	1.30	2.22	2.77
500PS	1.30	1.54	2.77
200PS	1.30	1.54	1.58

表 4.2.16 船級別の船内および吸入延長

船 級	2,000PS	1,000PS	500PS	200PS
船内管長	45m	30m	20m	8m
吸入管長	52m	38m	23m	19m

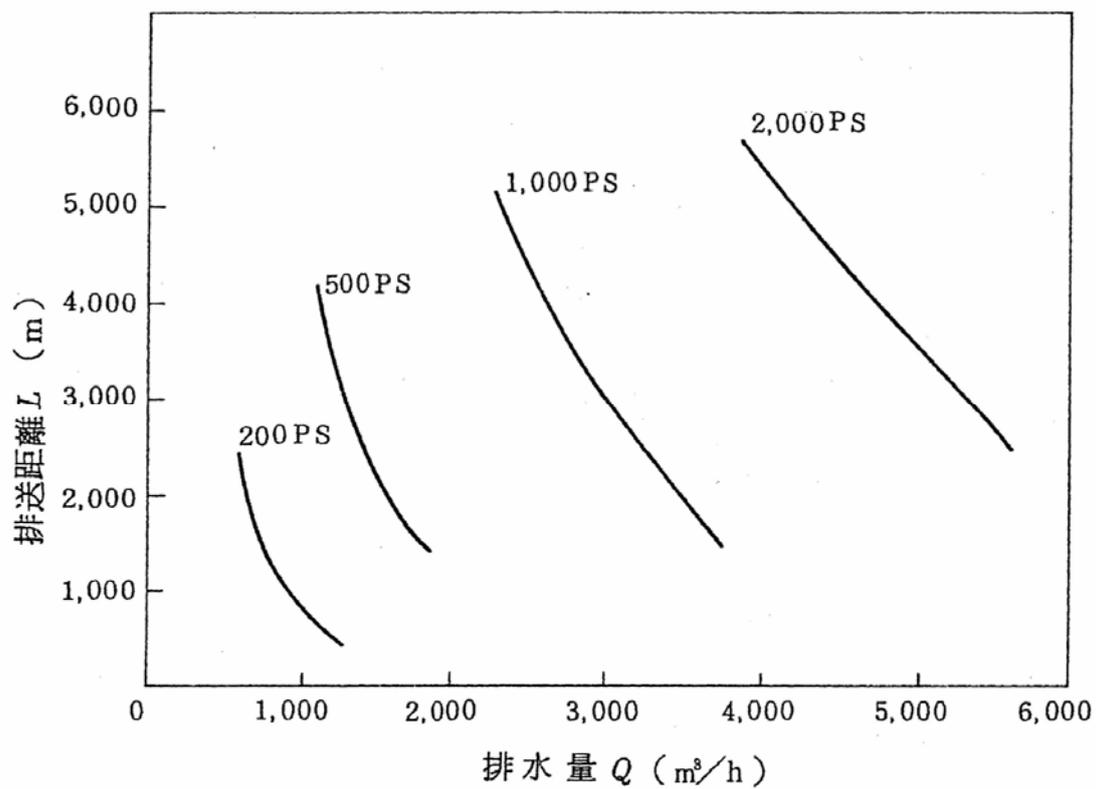


図 4.2.7 ポンプ浚渫船別の排送距離 L -排水量 Q 曲線

(e) 作業係数 E

作業係数は実績から作業の難易により表 4.2.17 のとおりである。

表 4.2.17 作業係数

作業の難易	作業係数
困 難	0.8~1.0
標 準	1.0
容 易	1.0~1.2

また、バックホウ浚渫船の作業能力は次のとおりである。

$$Q = 45.5 q \times \alpha \times E$$

ここに、 Q ：バックホウ浚渫船1時間当たり浚渫量（ m^3/hr ）

q ：バックホウバケット容量（ m^3 ）

α ：土質係数

土質		係数
分類	N 値	
粘性土	10 未満	1.00
砂質土及び砂	10～30 未満	0.68
礫質土	30～50 未満	0.56

E ：作業係数

係数	作業係数適用条件
1.00	土厚が1mを越え、かつ浚渫区域が連続している工事
0.82	土厚が1m以下、または浚渫区域が点在している工事
0.70	土厚が1m以下、かつ浚渫区域が点在している工事

4) 作業実績の測定および整理

将来、効率的かつ実際的な土工工事の施工計画を立案するため、土工工事の作業実績を調査測定し、整理したうえで記録しておくことが望ましい。

測定記録を蓄積することは、本項で述べた実用算定式の精度向上においても重要な資料となる。

なお、作業実績の調査測定については、その趣旨とやり方を現場の関係者全員に理解徹底させ、協力できる体制を作ることが必要である。調査測定はできるだけ施工の最初から最後まで行うことが効果的でもある。これは、土工の計画に必要な時間当たり作業量が工事期間全体を通じての記録であるから、たとえば瞬間的な作業能力をもってきても意味がないためである（短時間の作業サイクルの調査は、作業能力向上の基礎研究としては大いに意義がある）。したがって、調査測定にあたっては、その目的をよく理解して、

それに合致したものでなければならない。

以下に作業実績の調査測定にあたっての留意事項をあげておく。

- ① 作業実績の記録はありのままを正確に捕えたものでなければならない。
- ② 作業記録は多くの異なった現場でそれぞれ調査測定するわけであるが、将来それらの資料が普遍的に利用できるように、調査の基礎となる時間とか作業量とか現場条件の表し方などについては定義を統一しておく必要がある。
- ③ 現場条件、作業条件は作業能力を左右する要素であり、また、あとで計画などの際利用することになるので、できる限り明確かつ普遍性のある表し方が望ましい。

4.2.7 工程計画

工程計画は、工事を予定どおり、しかも経済的に進めるために重要なもので、そのためには十分な予備調査にもとづいて慎重に立てねばならない。また、工事の進行の各過程においては、それが計画どおりに遂行されているかどうか常に比較対照し、計画とのずれが生じた場合には必要な是正措置が適切に講じられるように、あらかじめ考慮しておくことが必要である。

そのためには気象、水象、建設機械の選定および組合せ、材料および労力の供給予想、現場状況などのあらゆる関係条件を考慮して計画することが必要である。工程計画立案の手順は次のとおりである。

- ① 各工程(各部分工事)の施工順序をきめる。
- ② 各工程(各部分工事)に適当な施工期間をきめる。
- ③ 全工事期間を通じてなるべく忙しさの程度を均等化する(すなわち機械、労務者数などの時期的不同および損失時間を最少になるようにする)
- ④ 各工程(各部分工事)がそれぞれ適当な時間をもって、全工事が工期内に納まるようにする。

また、どのような工事でも計画どおりに作業が進行することは少なく、一般

には計画は遅れがちとなる。したがって、工事内容に応じてあらかじめ余裕期間を見込んでおくが、河川工事では条件的に不利な季節に施工せざるを得ない場合もある。このため、工期の設定には特に慎重に検討せねばならず、種々の事情によって工期を著しく短縮せざるを得ない場合は、通常の場合に比較して工事を増大する要素が多くなることを念頭に置かなければならない。

1) 工程計画の作成

土工の工程計画は、施工法と機械の組合せ、施工機械の作業可能日数、一日当りの作業量を定めて作成される。

これは工事の盛土量、掘削土量、捨土量、採取土量、土質、地形、気象、工期、仮設工事等を考慮して定めなければならない。

河川工事は時期的に条件の不利な季節に施工せざるを得ない場合がある。特に土工作业については、天候が作業能率および作業の可否を支配するので、降水量、降水日の分布、気温、凍結、日照時間等を十分調査しておくことが望ましい。また、河川の水位、流量および地質等を調査し、作業可能日数を合理的に決定しなければならない。

(1) 作業日数の算定

作業日数とはある作業を実施するために必要な日数で次式で求めることができる。土工作业の内容が複雑で投入建設機械の種類や量が多い場合においても算定方法の原則は同様である。

$$\text{作業日数} = \frac{\text{総土工量または箇所ごとの土工量 (m}^3\text{)}}{\text{1日当たり作業量 (m}^3\text{/日)}}$$

ただし、

$$\text{1日当たり作業量 (m}^3\text{/日)} = \left[\begin{array}{l} \text{建設機械または組合せ建設機械} \\ \text{の運転時間当たり作業量 (m}^3\text{/h)} \end{array} \right] \times \left[\text{1日当り運転時間 (h/日)} \right]$$

上記により算定した作業日数を工程図表に表すときは稼働日数率を考慮して歴日数を換算する必要がある。

$$\text{歴日数} = \text{作業日数} \times \frac{1}{\text{稼働日数率}}$$

$$\text{稼働日数率} = \frac{\text{工期中の作業可能日数}}{\text{日数}}$$

$$\begin{aligned} \text{工期中の歴日数} = & \text{作業可能日数} + (\text{休日} + \text{降雨日休止日数} \\ & + \text{降雨日後休止日数} + \text{その他休止日数}) \end{aligned}$$

(2) 建設機械の運転時間

建設機械の運転時間とは、一般に建設機械の主エンジンが作動している時間をいい、主目的の作業を行う実作業時間のほかに、作業中の建設機械の移動、エンジンの暖機運転、点検調整などの運転時間およびその間の短時間の作業待ち、運転員の休息などわずかの損失時間を含んでいる。

運転員拘束時間				
運転時間		日常整備 修理 } 時間	休止時間	
実作業時間	その他 運転時間			休憩時間

1日当たり運転時間は作業種別によって異なり、また施工時期によっても異なる。一般に、主力となる大型の建設機械は1日の拘束時間中、フルに作業させるように計画されるので運転時間は長い。主機械と組合わされて使用するほかの従属機械および小型の建設機械は運転時間が短い。すなわち、掘削、運搬用機械は施工の主体となる機種であることから1日当たり運転時間は長く、敷ならし・締固め機械のような従属機械は短い。また、大規模工事では1日当たり運転時間は長く、小規模工事では短い傾向にある。年間を通じた1日当たり運転時間の実績は、長いもので7～9時間、短いもので4～7時間となっている。

工程計画立案の際は主機械については特別な場合を除き 1 日当たり運転時間として 6～7 時間程度見込むのがよい。

(3) 稼働日数率および作業可能日数

稼働日数率は過去の実績などを参考にして決めることができる。機械施工の作業可能日数は、気象条件による影響が最も大きい。したがって現地における過去の気象、水文資料を基準にして合理的な作業可能日数を決定しなければならない。降雨日数を基準にとる場合には雨量および降雨の状態(連続降雨であるかどうか)ならびに土質条件によって降雨日休止日数だけでなく、降雨日後の作業待ちに要する休止日数を考慮する必要がある。

そのほか、休日として各月の休日、年末・年始および盆(7月または8月)に工期がかかる場合には、この休日を見込む必要がある。

稼働日数率は通常 50～80%程度であり、その値は工事用道路を多く使用する工種ほど高く、場内で作業するものほど低い。

また、土質によってもかなりの差があり、岩石作業になれば値は高くなり、ローム質の土層では前記の値を下まわる場合も考えられる。そのほか、工事規模の小さい工事では施工の段取り待ちに要する待ち日も考慮しなければならない、その分稼働日数率が低下することになる。

2) 工程計画の表現方法

工程計画の表現方法としては、工事規模、重要性などにより種々の方法が用いられているが、一般には工種ごとに作業日数を求めて工程を定めた横線式工程表が多く用いられている。しかし、工事規模が大きい場合には単に時間的な工程表示のみでなく、施工順序やコストの要素もとり入れ、さらに作業計画の変更にも対応出来る工程計画として、ネットワーク手法を用いることもある。工程図表は工程管理に便利なものでなければならないが、あまり複雑なものは理論的ではあっても実用的ではないし、また簡単すぎるものは工程管理を科学的に行うことができない。

(1) 横線式工程表

横線式工程表にはバーチャートとガントチャートがある。

バーチャートは図 4.2.8 の例のように構成する工事を工種ごとに分け、工事期間を横軸にとって、それぞれの工種に要する作業日数(暦日数)を表すもので、工種ごとの手順および所要日数が一目でわかり、全体の工程把握が容易である。なお、工程計画には使われないが、工程管理によく使用されるガントチャートは工種別の進捗状況を把握するのに便利である。

(2) 工程管理曲線

工程管理曲線は図 4.2.8 中に実線で示したように、縦軸に工事の進捗率、横軸に工事に必要な日数を取り、これに各月ごとの工事進捗率(全体工事費に対する部分ごとの完成工事費の率を表す)を曲線で表したものである。計画工程と実施工程との比較を行う場合には便利である。一般にはバーチャートと工程管理曲線とを組合せたものが多く用いられている。河川土工の円滑な進行を示すための工程計画においては、同図のように、全工期に対して工期と出来高の関係が初期—中期—終期に緩—急—緩となるような工程管理曲線が望ましい。

(3) 座標式工程表

座標式工程表はバーチャートに施工地点の要素をとり入れ、変形したもので、大規模土工でよく用いられている。この図表は工事区間ごとに予定工程が座標で示されているので、これに実際の工程を入れていけば区間ごとの進捗状況が確実に把握できる。しかし、ある区間が予定どおり着手できない場合には工程表を全部組み直さなければならないなどの不便さがある。

(4) ネットワーク

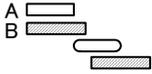
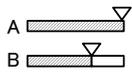
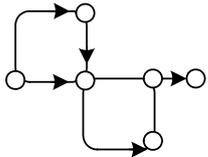
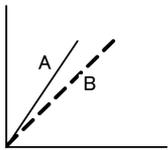
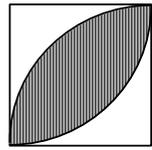
ネットワークは建設工事の計画と管理に対するシステム・アプローチの一つの典型的な手法として用いられる(図 4.2.9 参照)。

ネットワークによる矢線図によれば、工事を工期内に完成するためにまったく余裕時間のないクリティカルパスと、ある一定量の余裕時間をもつフロートパスとの2種類の作業が区分されるので、個々の作業の着手、終了などの進捗の緊急度を工事全体の工程との関連において理解すること

ができる。

以上の各工程表の利点、欠点をまとめると表 4.2.18 に示したとおりである

表 4.2.18 工程計画表の比較

	模式図	長所	短所
横線式工程表	①バーチャート 	(1)見やすい (2)作成が容易 (3)修正が容易	(1)作業間の関連が不明確 (2)工期に影響する作業が不明確
	②ガンチャート 	(1)進行状態が明確 (2)表の作成が容易	(1)各作業の開始日、終了日、必要日数が不明確 (2)作業間の関連が不明確
ネットワーク式工程表	③ネットワーク 	(1)クリティカルパスによる重点管理可能 (2)作業相互関連明瞭 (3)材料・人員およびコストを含めた総合的、体系的な管理が可能 (4)コンピュータを利用した管理が可能 (5)複雑な工事に適している	(1)作成がむずかしい (2)出来高がひと目ではわかりにくい (3)修正が困難
累積曲線式工程表	④グラフ式工程表 	(1)工期が明確 (2)表の作成が容易 (3)所要日数が明確	(1)重点管理作業が不明 (2)作業相互管理関連が不明
	⑤出来高累計曲線 	(1)工程の進度の良否判断可能 (2)予定と実施を比較しやすい	(1)出来高の良否以外不明
	⑥バナナ曲線 	(1)管理限界が明確 (2)バナナ曲線によって管理目標が得られる	(1)出来高管理以外不明

3) 工程図表の作成

工程図表は、前述の1日当たり作業量と工事数量をもとに、各作業の区分ごとに必要な作業日数を算出しながら、工種ごとに分けられた作業区分を組合せて、積み上げ作成するものである。このことによって工期の全体および部分の検討、使用建設機械の組合せ数および組合せ方法、土量配分の調整など、工事費算出に必要な諸要素が工程図表から妥当であるか否かを知り、併せて施工方法の検討にも役立てることができる。

工程表に必要な工程を記入するにあたっては、施工区間の土量配分図を参考に大きなブロックに区分し、そのブロックごとの必要な作業日数を計算し、これを稼働日数率を考慮して暦日数に直したものを工程表に座標で表示する。

工程表には、工種ごとの各作業を作業区分ごとに、作業日数と作業地点の関係で表し、作業の順序を追って工程表の座標上に記入(作業日数を工程表に記入する際には稼働日数率を考慮した暦日数で行う)していく。記入する必要事項は次のようなものである。

- ① 準備工……準備排水・工事測量, 工事現場の藩手前の調査など、細目が不明の場合一括して記入する。
- ② 仮設備関係……現場事務所, 宿舎, 倉庫などの建設, 仮設関係の作業。
- ③ 工事用道路関係……工事現場内への進入路および場内工事用道路, 仮橋などの建設。
- ④ 伐開除根……表土削取も含め、盛土, 掘削の施工に合わせ進行させる。場合によっては掘削と同時記入することもある。
- ⑤ 土工の各種作業……掘削は掘削地山をいくつかの作業ブロックに区分し、そのブロックの作業量から機種ごとの作業日数を算定する。
- ⑥ 構造物工事……樋門, 樋管など関連する構造物工事を記入する。
- ⑦ 用排水工……他の工種との関連において、重要なものはその作業を独立させて記入するが、そのほかは一括して記入する。
- ⑧ 付替工事……付替道路および付替水路などは、他の工程との関連が大きいので、できるだけ記入する。
- ⑨ その他……以上のほか、他の工程との関連の大きなものについて記入する。

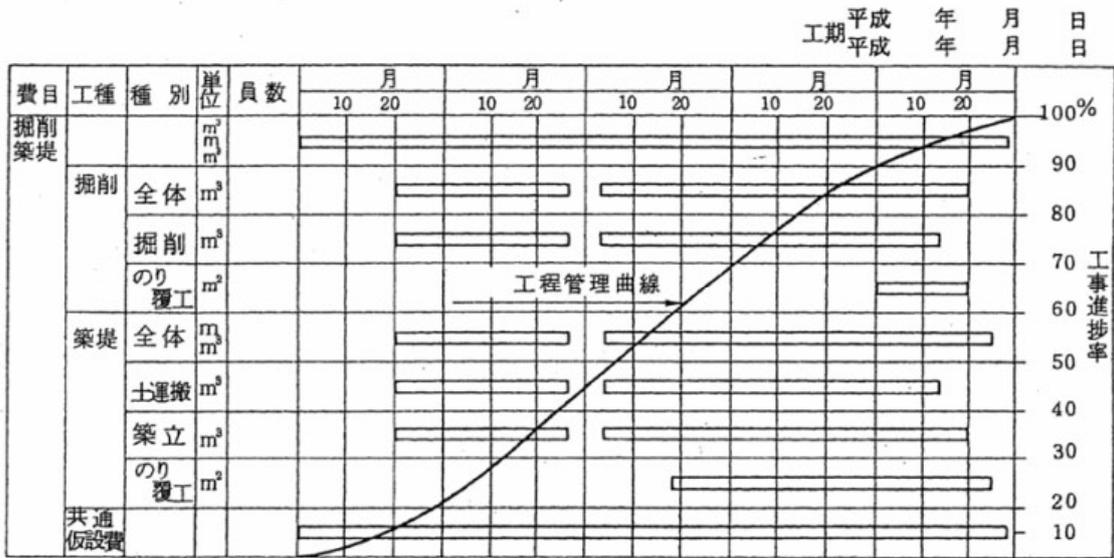


図 4.2.8 掘削築堤工事の横線式工程表(バーチャート)の例

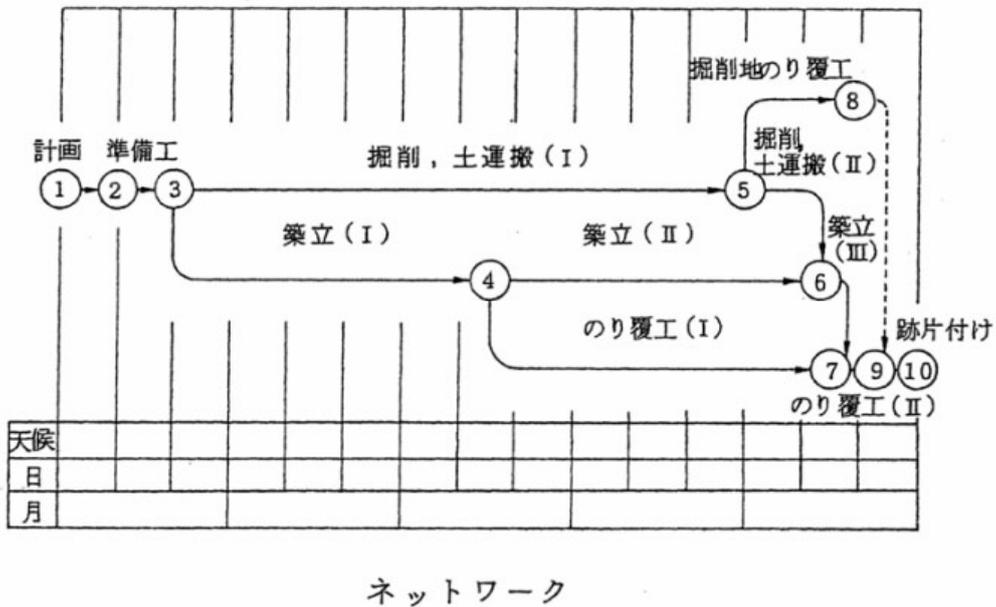


図 4.2.9 ネットワーク工程表の例

第 4.3 節 施工

4.3.1 準備工

準備工は本工事の施工に際しての段取りであって、その良否は工事の効率、品質、経済性および工期などに大きな影響を与え、適切な施工管理をおこなう上で極めて重要な要素を占めている。したがって、準備工には施工時期、工事規模、現場状況などを十分に検討して、工事の諸条件に最も適した方法を選定し、作業の能率化を図ることが大切である。

1) 工事準備測量

工事に先だって工事準備測量を行い、は設計図書と現地の関係を十分に理解しておくことが重要である。工事準備測量の結果、設計図書と現地に不一致が見られた場合は、その要因をすみやかに調査のうえ、適切な処置を施すことが大切である。

(1) 仮水準基標の設置

仮水準基標は、距離標杭等を利用するか、構造物の基礎等移動しないものに設置する。現地の状況等から、これにより難しい場合は仮水準杭を設ける。設置場所は施工範囲外とし、地盤が強固であり、一般交通等によりくい損失のおそれがない場所を選定し、適当な保護を設ける必要がある。

仮水準基標の標高は、既設水準基標から水準測量を行って定め、他の既設水準基標(2点以上)より照査を行い、誤りのないことを確認した後でなければこれを使用してはならない。また、仮水準基標の標高は定期的に照査をしておくことが必要である(写真 4.3.1 参照)。



写真 4.3.1 仮水準ぐい

(2) 控えぐいの設置

工事に必要な法線ぐい、横断ぐい、控えぐいを設けなければならない。控えぐいは、掘削、築堤のために地形が変わった場合、もとの法線ぐい、横断ぐいの位置がわかるような所に設置しなければならない。

なお、控えぐいは用地外で、地盤が強固でかつくい損失のおそれがない場所に選定するのが好ましいが、やむを得ず用地内に設置する場合は、工事用機械の運転、あるいは材料の積おろしに支障のない箇所を選定し、適当な保護を設ける必要がある。

(3) 境界ぐいおよび測量ぐいの確認または設置

施工に先だち、境界ぐいや測量ぐいを確認しておかなければならない。

施工現場の用地買収時から着工までに期間が経過している場合には、境界ぐいが破損または忘失、あるいは着工前の竹木の伐採等により差異を生じていることもあり、正規の位置にあるかを確認しておく必要がある。

また、工事に伴い既設の距離標および水準点等に、移設の必要が生じた場合は、事前に管理者と協議のうえ必要な処置を講じなければならない。

2) 丁張り

丁張りは、目的物を施工するにあたって、その基準となるものであり、堅固に設置し、工事中これを存置しなければならない。また、常に点検を行い、疑いのあるときは確認し、訂正しなければならない。

丁張りの設置間隔は直線部で10m、曲線部等複雑な箇所については5m程度を標準とするが、必要に応じて間隔を縮めて設置するのが望ましい。

なお、丁張りには、切取り丁張（図 4.3.1）、盛土丁張り（図 4.3.2）、石積丁張り（図 4.3.3）等があるが、現場条件、目的物に適應した丁張りを選定し設定しなければならない。

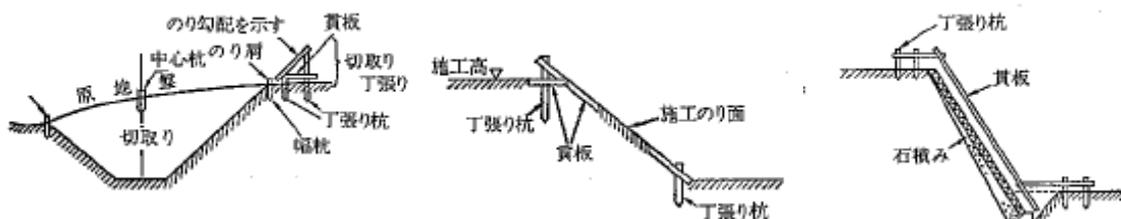


図 4.3.1 切取り丁張り

図 4.3.2 盛土丁張り

図 4.3.3 石張り丁張り

軟弱地盤地域などで地盤の沈下や盛土の圧縮沈下などの発生が予測される場合には、ある程度の沈下分を見込んで丁張りをかける必要がある。表 4.3.5 は築堤時の余盛高を示したもので、堤防高および土質（堤体および基礎地盤）によって異なる。

表 4.3.5 余盛高の標準

(単位cm)

堤体の土質		普通土		砂・砂利	
		普通土	砂・砂利	普通土	砂・砂利
堤 高	3m以下	20	15	15	10
	3～5mまで	30	25	25	20
	5～7mまで	40	35	35	30
	7m以上	50	45	45	40

注 1) 余盛の高さは、堤防のり肩における高さをいう。

注 2) かさ上げ、拡幅の場合の堤高は、垂直盛土厚の最大値をとるものとする

図 4.3.4 は沈下を考慮した場合の丁張りのかけ方について示したもので、②のように沈下分を見込んで、のり面丁張りを設置すれば、工事完了時に、ほぼ計画出来形①に近くなる。

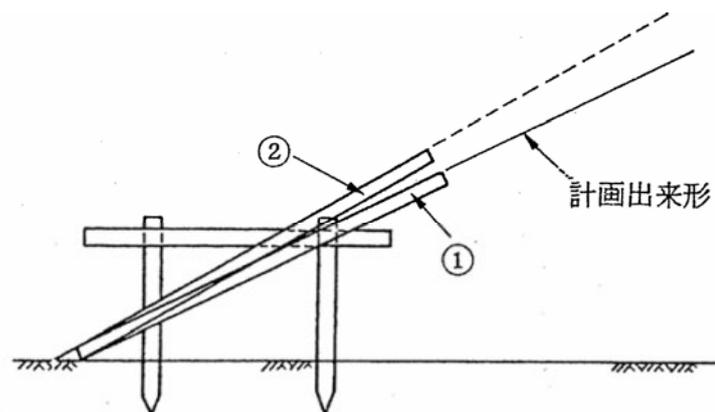


図 4.3.4 沈下を考慮した丁張りのかけ方

3) 土工事への排水処理

土工事における排水処理には、掘削箇所、拡築箇所等の施工区域および運搬路の湧水、溜水、地下水および雨水の処理等があげられる。土木工事の機械施工では、排水の問題が施工能率および品質に極めて密接に関係しており、工事区域内のたん水排除には細心の配慮が必要である。

基礎地盤に水溜りおよび湧水などが存在する場合に、これらを残したまま盛土をすると、盛土の締固めが十分にできなかつたり、これが盛土内に浸透し、拡築後の堤体安定に支障をきたしたりする要因ともなりかねないので、その処理は入念に行う必要がある。

水溜りなどの表面水の処理には、図 4.3.5 に示すように、排水溝を設けて堤敷外へ排水を行うなどの配慮が必要である。

また、湧水があるときには盛土後も有効な排水ができるように排水管などを用いて堤内地側へ導き、盛土内に浸水などの悪影響が及ばないようにすることが必要である。基礎地盤が透水性地盤の場合には抜本的な対策も考慮する必要がある。

なお、排水処理は、一般に大規模な設備を要する場合は少なく、排水を考慮した施工法、施工順序、工程の進捗や天候等に応じた臨機の処理が必要である。

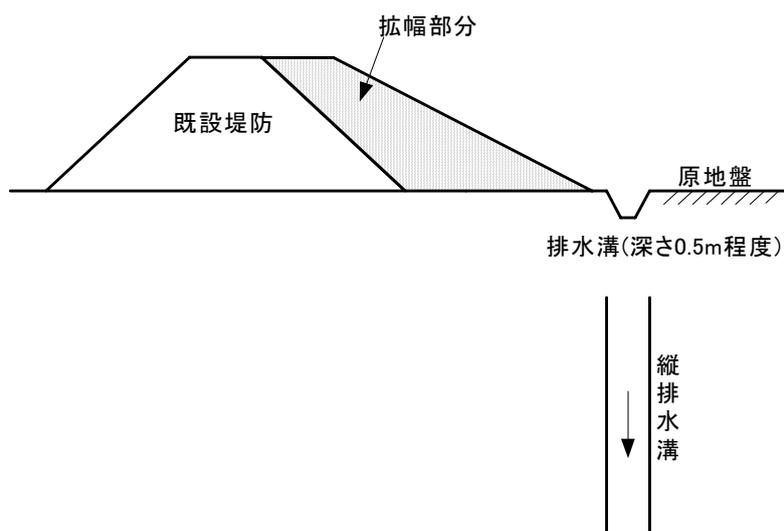


図 4.3.5 素掘り排水溝設置例

4) 関係法規類と関係諸機関等への手続き

河川における浚渫工事の実施にあたっては、他の工事と同様な関係機関へ、事前に申請書類の処理などのほか、現場一帯が港湾区域の一部になっている場合は、事前に港長に作業許可を得る必要がある。このような場合には、事前の協議に必要な所要の日数を考慮して早期に対応しなければならない。

4.3.2 仮設工

1) 工事用道路

工事用道路には、一般の在来道路を利用する場合と、新たに工事用として新設した道路を用いる場合とがあるが、ここでは工事用道路を新設する場合について述べる。

河川工事における工事用道路の規模および構造は、工事の規模によって若干の相異があるが、一般には工事の能率通行の安全、周辺への影響度を考慮して、幅員、勾配、曲線路面舗装の種類、程度等を検討の上、計画・施工する。工事用道路の計画・施工については以下のような点に注意する必要がある。

- ① 幅員は 4.0m 以上で、縦断勾配は 15%以下とすることが望ましい。
- ② 路線の急激な屈曲をさける。
- ③ 工事規模および工事期間によっては、道路の路床、路盤等の構造について充分配慮し、計画・施工することが望ましい。
- ④ 川表に堤防天端より坂路を新設する場合は、堤防の断面外に盛土し、下流方向に設置する。
- ⑤ 堤防天端、小段あるいは、のり先を工事用道路として利用する場合は、堤防横断構造物、堤防断面を損傷しないよう補強等の処置を行い、路面は常に排水と不陸に注意し、良好な状態に維持する必要がある。
- ⑥ 工事期間中の交通量を考慮して、一車線道路の場合は、必要に応じて待避所を設ける。堤防天端に待避所を設ける必要のある場合は、堤内側に設けることを原則とする。
- ⑦ 路線の選定については、地形、水理的影響ならびに土質等を事前に充

分検討し決定する。

- ⑧ 高水敷の横断方向に盛土し、仮設道路を新設する場合は、高水時の流水の疎通に支障のないよう、極力低く設置する。やむを得ず高くする必要のある場合には、出水期には撤去する等の処置をする。
- ⑨ 工事用道路が水路、河川などを横切る場合は仮橋が必要となるが、その場合、仮橋の高さ、方向、構造などは、河川状況、工事規模ならびに工事施工期間等を検討し決める。
堤外地等に設置する栈橋は、流水の疎通に支障とならないよう配慮しなければならない。
- ⑩ 運搬船(人、機材)を必要とする場合には、流速、水深等を調査し、航路、船着場を選定しなければならない。
- ⑪ トラフィカビリティを確保するために必要に応じて敷き鉄板を敷設する。

なお、工事中には盛土部への進入路および坂路を設けることが多いが、これらの堤体部分は運搬機械の通行により他の盛土部分よりは締りすぎとなる。このため、こうした箇所への盛土施工では、固まった部分をかき起こすなどして新しい盛土とのなじみをよくするような配慮が必要である。また、場外において工事用車輛の迂回道路を設ける場合には、本工事に支障のないようにし、しかも道路機能を損わないように配慮しなければならない。道路構造令、道路管理者および警察との協議等にしがって、必要に応じて安全施設および標識などを設けなければならない。

さらに、工事現場付近が障害者や高齢者などに配慮した整備がなされている区域にあっては、これらの利用者に配慮して、河川利用者のための仮設の迂回路においても、常に路面上に散乱した土砂を掃き除けたり、舗装端部の日々のすりつけ工などを実施したりしなければならない。

2) 安全施設等

工事実施のために必要となる安全施設は、工事現場および周辺的环境などを考慮して、関連法規の定めに従い適切に計画しなければならない。

(1) 標識および監視員の配置, 照明等

着工前に安全管理等に必要な各種標識を決定し、所定の位置に確実に設置しなければならない。また、必要に応じて第三者に対する安全のため監視員を配置するなどの配慮も必要である。

特に、既設堤防の周辺にはガス、水道、通信ケーブル等が埋設されていたり、住宅等に近接していたりする場所も多く、周辺への支障防止に十分な対策と注意が必要である。

また、夜間工事を行う場合には、能率、品質低下の防止ならびに事故防止のため、必要な照明をしなければならない。特に出水期施工の工事は、水防作業にも支障をきたさないよう考慮し、照明設備の規模、設置位置を検討して設けなければならない。

(2) 防護棚等の施設

施工中に危険と考えられる箇所には、防護棚等の危険防止施設を設けるとともに、立入り禁止の標示をしなければならない。

(3) 防音施設

施工にともなう騒音公害の発生するおそれのある所については、防音壁、防音シート等の施設を設けなければならない。

(4) 防じん対策施設

施工にともなう防じん等、公害の発生するおそれのある場所については防じん処理を施さなければならない。

一般には、現場内の防じん対策として散水（写真 4.3.2 参照）、アスファルト乳剤の散布などを行う事例が多い。また、既設堤防は、住宅・市街地に近接した現場もあり、こうした現場では、必要に応じて防じんネットを設置する事例もある。

(5) 汚濁対策施設

施工にともなう水質汚濁公害の発生するおそれのある場合は、汚濁防止フェンスの設置（写真 4.3.3 参照）、沈殿施設、薬品処理等の対策を考慮しなければならない。

(6) 一般道路への出口における土砂拡散対策施設

工事用車輛が一般道路に出入りする個所には、車輛のタイヤに付着した

泥を洗い落とすための簡易プール等を設けて、タイヤを洗浄する。また、一般道路への出口付近に落ちた泥は人力により、竹ぼうき等で掃き寄せて除去し、拡散を防止する。



写真 4.3.2 工事用道路の防塵のための散水（関東地方整備局）



写真 4.3.3 水質汚濁防止対策（東北地方整備局）

3) 仮設備等

仮設備は工事の施工のために一定期間設置する設備のことである。一般には工事用機械設備のように施工に直接関係する設備をいうことが多いが、本項では現場事務所のように施工に間接的に関係する設備などすべてを含めて仮設備等と呼ぶことにする。

仮設備等は本工事でないために、ややもすると軽く見られ、内容的に圧縮されがちであるが、実際は適切な仮設備等の設置によって、安全で効率的な施工が確保できることを理解しなければならない。適切な仮設備等とは円滑な工事の進行に対応できる容量または規模をもったものをいい、同一工事量に対しても工期の要素によって容量または規模は異なる。また、法令などで設置内容が定められているものは、それに適合させなければならない。ただし、仮設備等は工事期間中、その目的を達すればよいわけであり、安全かつ効率的な施工が確保できる限度内で簡易化することが必要である。

(1) 事務所, 試験室, 倉庫, 車庫等

工事の内容, 工期等に応じて、事務所, 試験室, 倉庫, 車庫, 油脂燃庫, 火薬庫, 変電所等を設備する。設置にあたっては、関係法規を遵守しなければならない。特に危険物を扱う場合、盗難防止にも留意しなければならない。

なお、これらの設備は原則として、堤外地には設置しないものとする。

(2) 宿舎等

宿舎は作業員の人数に応じて設備する。設置にあたり関係法規を遵守することはもちろん、環境公害等に留意しなければならない。また、規模、炊事、浄化槽等により、監督署、消防署、保健所等への届出が必要となる。

なお、原則として、堤外地および堤防敷地内には設置しないものとする。

(3) 工事用電力

工事現場では、地盤改良等に必要な各種プラントなどの機械設備, 工事用照明, 給排水、水替、事務所電灯などに必要な電力を供給するための設備が必要となる場合もある。また、給水は使用目的によって水質試験を要

するものがあり、水源によっては給水車などの用意も必要となる場合もある。

4) 出水対策

河川工事においては、非出水期にも異常降雨等により出水が発生する場合もあることから、工事期間中は、常に以下の点に留意する。

- ① 気象予報および各種河川情報などを収集する。
- ② 既往の雨量、水位等の資料から河川水位の上昇を予知する。
- ③ 工事現場の巡視を行い、迅速、かつ的確に出水に対処する。

以下に出水に備えた諸対策を記述する。

(1) 出水直前の出来形等の確認

出水が予想される場合には、出水直前の工事の出来形を確認しておかなければならない。

(2) 出水に対する水防資材の確保

ドレーン工やブランケット工等で掘削（床堀含む）を伴う工事等の施工に緊急時に水防資材が確保できるよう平時から資材の備蓄等に配慮しておくことが必要である。

(3) 出水時における人、機械の待避処置

夜間等、不時の出水に対しても安全かつ円滑に人、機械が待避できるよう、平時から機械の置場所、待避順路等を決め、避難訓練等を行っておくことが大切である。

また、作業船ならびに排砂管等は出水時に水裏となる安全な場所を選び係船設備を設けておくなどの配慮が必要である。

(4) 出水時の体制

出水時の非常事態にそなえて、あらかじめ次の事項を定め、現場に従事する者全員に周知しておく必要がある。

- ① 人員配置計画(組織表)
- ② 連絡系統(連絡表)

(5) 出水時の対応

出水があった場合には、ただちに体制を整えて雨量・水位等の情報を収集するとともに、巡視を行い、あらかじめ定めておいた連絡先に必要事項を連絡するなど迅速、かつ的確に出水に対処しなければならない。

4.3.3 掘削と運搬

1) 概 説

河川工事における掘削には一般に浚渫も含まれるが、浚渫については別途記述し、ここでは水面上の地盤掘削について述べる。

掘削の工法は、取扱う土質,岩質および地形などの諸条件によって異なってくる。

河川工事においては岩石掘削を必要とするケースは少なく、一般的には土砂掘削が多い。この場合でも転石および玉石混り土の場合と、砂あるいは普通土の場合によってそれぞれ工法が異なるが、特に粘性土とか含水率の高い軟質土の場合には特殊な配慮が必要となってくる。また取扱う土量,工期,施工場所の広さ等によっても当然工法は異なってくる。

河川土工における掘削,運搬の工法は、掘削の目的が河道の拡大のみであるのか、あるいは掘削した土を築堤用土等に計画的に利用するための掘削であるのかによっても工法の選定は異なってくる。すなわち掘削土を利用する場合には、配土計画上の土量のバランスと、盛土用土砂としての質の管理等について配慮された工法が要求されるからである。

河川は一般的に低地部にあるため、地下水位より低い場所を掘削する場合が多く、湧水とか浸透水の影響を受けやすい。特に、河道の変遷の激しい河川にあっては、土質も不規則に分布しているために思わぬ難工事を余儀なくされる場合が起こる。したがって、大土工においては事前に土質調査を入念に行うことが必要である。

掘削工事ではこのような河川の特性を十分認識してこそ、それぞれの箇所に適した施工法が定まるのであって、ただ掘削, 積込み, 運搬, 捨土という各工程のタイムスケジュールのバランスのみに固執しないで、現地の条件に応じた余裕のある工種の組み合わせが望まれる。

また、運搬路にしても堤防や護岸、あるいは樋管等の河川管理施設の上部とか直近を通過することも多く、施設の保護についても適切な措置が必要となる。

2) 掘削

(1) 土砂の掘削

(a) 機械掘削

土砂の掘削にはショベル系掘削機およびブルドーザ, トラクタショベルなどが使用されるが、これらの機種は現場条件によって、その適応性が異なる。したがって、現場状況に適した機種を選定・組合せて各機種の特徴を十分に発揮させ、効率的な現場の運営につとめることが大切である。

ショベル系掘削機は主として土運搬にダンプトラックが用いられる場合に、掘削・積込みを兼用する組合せ機種として用いられている。なお、こうしたショベル系掘削機の場合には集土および仕上げ用の補助掘削機としてブルドーザを併用すると効率的となる場合が多い。

また、河川土工では小出水などの流水によって施工性に影響が出ることもあるので、その意味では掘削機械が高い位置にいる方が一般的に有利ともいえ、機械の選定・組合せに際してはこれらの点への配慮も大切である。

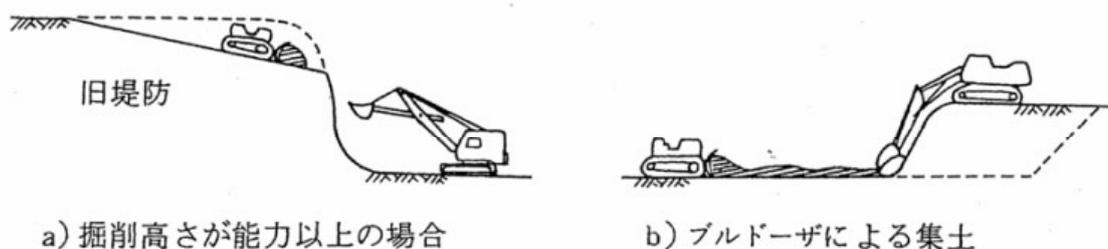


図 4.3.6 補助掘削機との組合せ例

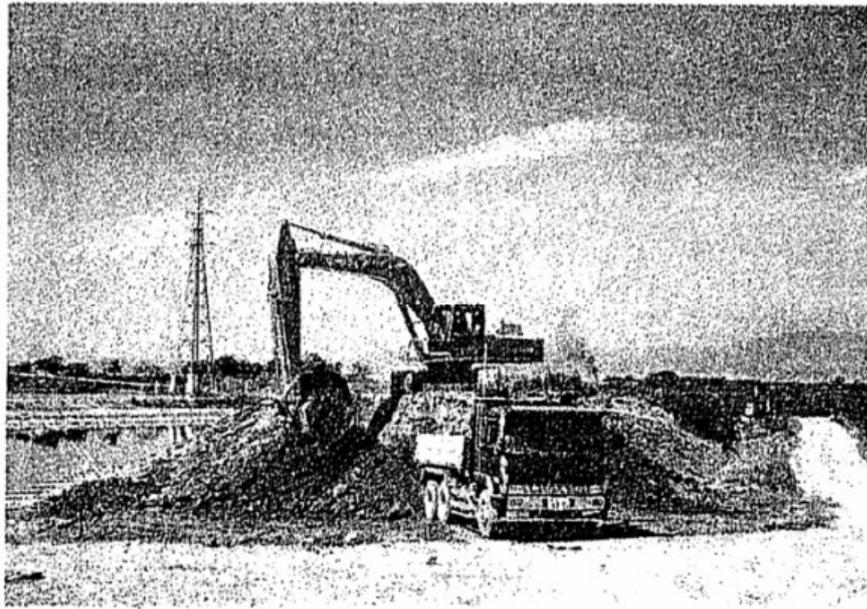


写真 4.3.4 掘削状況（中部地方整備局）

(b) 人力掘削

人力掘削は計画定規による機械掘削の仕上げ面附近とか、構造物に近い部分などで機械施工が不可能な箇所および機械搬入が困難な箇所での掘削を対象とした小規模な工事の場合に用いられる。仕上げ面の掘削では、機械掘削で残された仕上げ面上約 5～10cm の部分の掘削であるが、一般的には機械掘削と平行して補助的に土工夫を配置して、順次人力で仕上げ、機械で搬出する方法が有効である。

人力掘削は地表面より下方に人間が配置されて掘り下げて行くので、特に保安上での留意が必要となってくる。労働安全衛生規則（厚生労働省令）においても人力掘削に対する掘削面の勾配の基準を掘削の深さによって定めており、これら諸基準には十分に留意しておくことが大切である。

(2) 掘削施工上の留意点

- ① 掘削は計画断面にしたがって原地盤を攪乱することなく正しく施工されなければならない。すなわち仕上げ面は流水に対して計画上の機能をもつものであるので、深く掘り過ぎたり、凹凸に仕上げると

正常な流水を乱すことにもなる。したがって、仕上げ面付近では細心の注意を必要とする。仕上げ面の凹凸の許容範囲は一般に±10cm程度とされており、施工に際しては掘削高を示す丁張りの間隔をできるだけ狭く設置するなどの配慮が必要である。

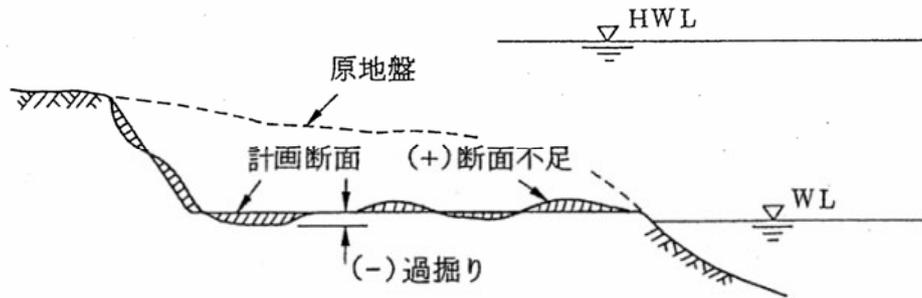


図 4.3.8 断面の過不足の例

② 河道、特に低水路部の掘削では、工事中に流水の流向を著しく乱さない工法により施工しなければならない。

(イ) 一連区間の掘削は原則として下流から上流へ向かって掘削する。

上流から掘削すると図 4.3.9 に示すように、流水が掘削面に当たって流向を変え、乱流を起こして部分的に深掘れが生じたり、水衝部となった部分の河岸や堤防に洗掘等の影響を及ぼすばかりでなく、掘削箇所の土砂をも洗掘させることになる。

(ロ) 横断方向に掘削幅が広い場合は、図 4.3.10 に示すように、流向にほぼ平行に数ブロックに分け、外側から上流に向かい掘削することが望ましい。

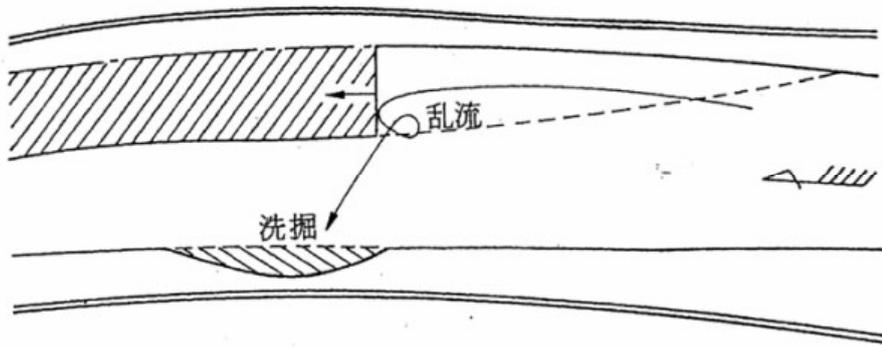


図 4.3.9 誤った掘削順序の例

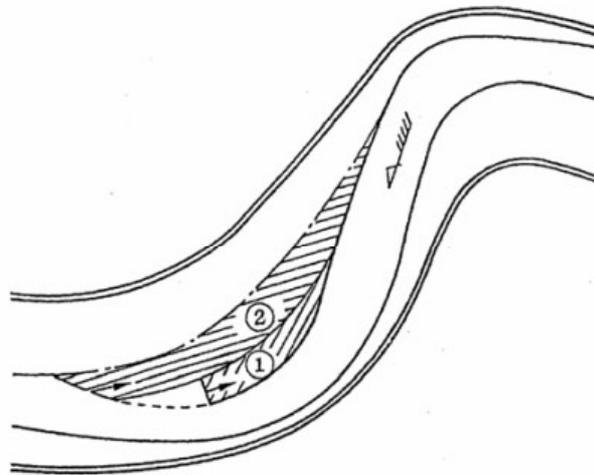


図 4.3.10 正しい掘削順序の例

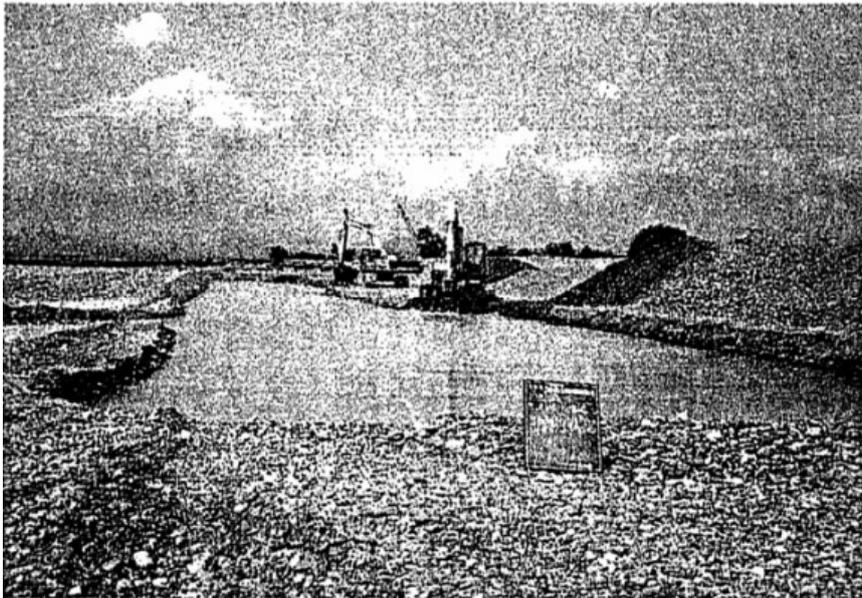


写真 4.3.5 低水路の掘削する状況（中部地方整備局）

- ③ 掘削土の利用目的によって、掘削方法を十分検討しなければならない。築堤工事に利用する場合には特に含水比に注意して、運搬して直接盛土することができ、所定の締固めが確保されるようにしなければならない。したがって、高水敷や低水路の掘削にあつては、地下水位や河川水位を低下させるための瀬替えや仮締切り、排水溝を設けての釜場での排水、あるいは掘削土の一時仮置きなどにより含水比の低下を図り、含水状態をできるだけ最適な状態に近づけておくことが望ましい。また、粘性土にあつては地下水位の低下が困難なため、地表面からの乾燥を期待して比較的薄い層に分け掘削する方法なども検討する必要がある。
- ④ 掘削断面が河川水位より低い位置まで及んでいたり、地下水位が高い場合には、数層に区分して掘削するか、1～2層で掘削するかの選定に際しては土質、掘削土の利用目的、水位条件、運搬路等の仮設、工期などを総合的に検討した上で決定しなければならない。
- ⑤ 掘削機械は、出水時に迅速に安全な場所に退避できるように配慮しなければならない。掘削機械は一般に走行速度が遅いため、特に中小河川等では降雨後短時間で水位が急上昇するので、安全に退避できる時間内での退避場所をあらかじめ設けておく必要がある。
- ⑥ 旧堤防の除去においては、一洪水時の流水の流向を乱さないよう下流から上流に向かい、また川裏から川表に向かって行うことが望ましい。

(3) 転石および玉石混り土の掘削

転石および玉石の存在する箇所は、一般には河川の上流部で河床の勾配も急である。そのために流水の流速は大であるが、一般に水深が浅く簡易な瀬替え等によって施工箇所の水深を容易に下げることができる。したがって、ショベル、ブルドーザ、リッパなどが掘削面に直接配備できるので、一般的な施工法で作業ができる場合が多い。しかし、いずれにしても機械の損耗の度合は普通土の場合に比して著しく大きく、土工で最も取扱い難い土であることから、状況に応じた処理方法を考えねばならない。特に転

石の場合には小発破によって小割りして掘削すると効率がよいが、岩を掘削するよりもかえって施工が困難となることがあり、作業効率も低下する。

(4) 岩石の掘削

(a) 掘削の方法

掘削にあたっては、現場の地形、掘削高さ、掘削量、地層の状態(岩の有無など)、掘削土の運搬方法などから、最も適した工法を見出し、使用機械を選定する。基本的な掘削方法としては図 4.3.11 に示すようにベンチカット工法(階段式掘削)とダウンヒルカット工法(傾斜面掘削)がある。ベンチカット工法は階段式に掘削を行う工法で、ショベル系掘削機やトラクタショベルによって掘削積込みが行われ、地山が硬いときは発破を使用し掘削する。

ダウンヒルカット工法はブルドーザ、スクレープドーザ、スクレーパなどを用いて傾斜面の下り勾配を利用して掘削し、運搬する工法である。この工法においては施工中に降雨によって洗掘を起し、大量の土砂が低地に流入する危険性があるので、降雨期には注意が必要である。

また、切土のり面の崩壊や落石は、そのり面がもともともっている性質(地形、地質、湧水など)を素因とし、切取り、凍結融解、降雨、風化などが誘因となって発生する。斜面の崩壊を予測することは技術的にかなり困難であるが、現在施工中の切土のり面およびその周辺の斜面の崩壊は、注意深く観察していれば事前に察知することができる場合もある。切土工事のように自然斜面に手を加えることは、本来が斜面の安定性を低下させるのであるから、施工中においては常に地盤の挙動を監視する体制が必要であり、地山周辺のわずかな変化をも見逃さず、崩壊の可能性についてもチェックすることが災害防止上絶対に必要な要件となる。

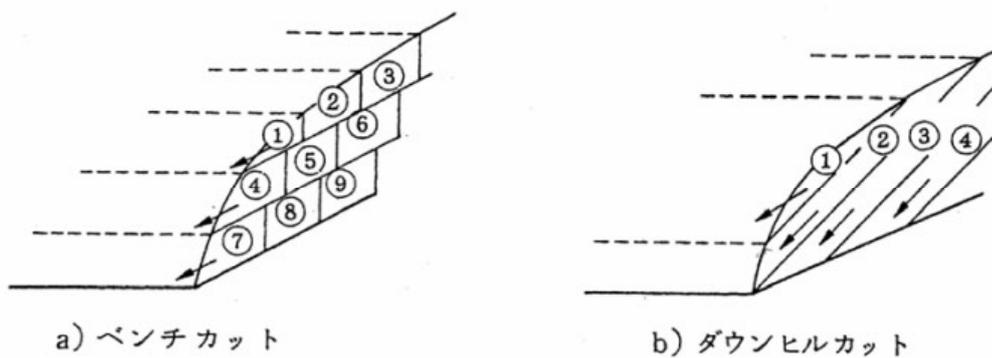


図 4.3.11 掘削方法

(b) 発破による掘削

爆破を実施するには岩質・地形等によって工法が異なるが、特に附近の人家・公共施設等に対しての保安を優先的に考えなければならない。

岩石の爆破作業は一般的には圧縮空気あるいはガソリン等を動力とした削岩機によって穿孔し、爆薬を装填して爆破する。

発破の方法には岩石の掘削量が多く、掘削高さも大きい箇所におけるベンチカット発破、ベンチカットの段取りや点在する岩石の掘削の際に行われる盤下げ発破などの中小規模の発破、転石などの小割り発破など、工事規模や地形に見合った種々の方法がある。

(c) リッパによる掘削

軟岩、風化岩などの場合で爆破効率の悪いとき、および人家などが近接していて爆破が不適な場所においては機械による掘削が行われる。

発破によらない岩の掘削方法としては、リッパ工法が最も能率がよく、大型ブルドーザの普及により岩種に対する施工の適用範囲が拡大された。リッパの砕岩・掘削性能は重量の重い大型ブルドーザほどくい込み力が大きく、作業能力が大きい。

リッパ作業可能な領域は地山の弾性波速度がひとつの目安とされている。

リッパ作業は積込み機械の作業性を上げるためにブルドーザ後部に取付けられた特殊鋼製の爪を地盤にくい込ませ、ブルドーザを前進させることにより、掘削地盤を必要な程度まで破碎する作業であり、地形的には下り勾配を利用して行うのがよい。岩盤の亀裂に対するリッパ作業

の効果的な方向を図 4.3.12 に示す。一般に亀裂に対して逆か目あるいは直角方向が破砕効果は大きい。

また、ポイントなどの摩耗は岩種によって大きく異なり、同じ岩種でも作業速度により異なってくる。このため計画および施工中ではこれらの摩耗状況と作業性をよく検討し、必要に応じては他の工法との比較検討を行っておくことが大切である。

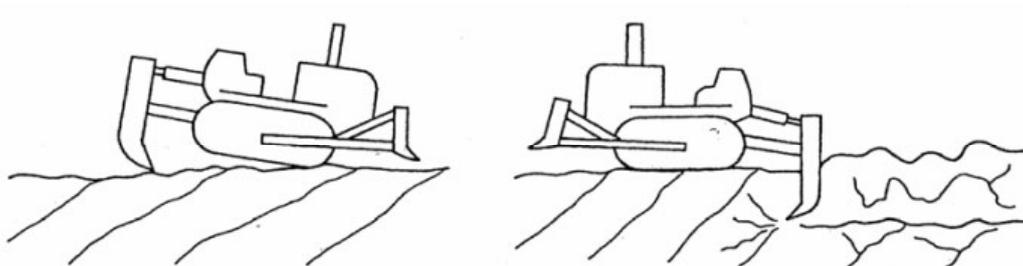


図 4.3.12 岩盤の亀裂に対するリッパ作業の方向

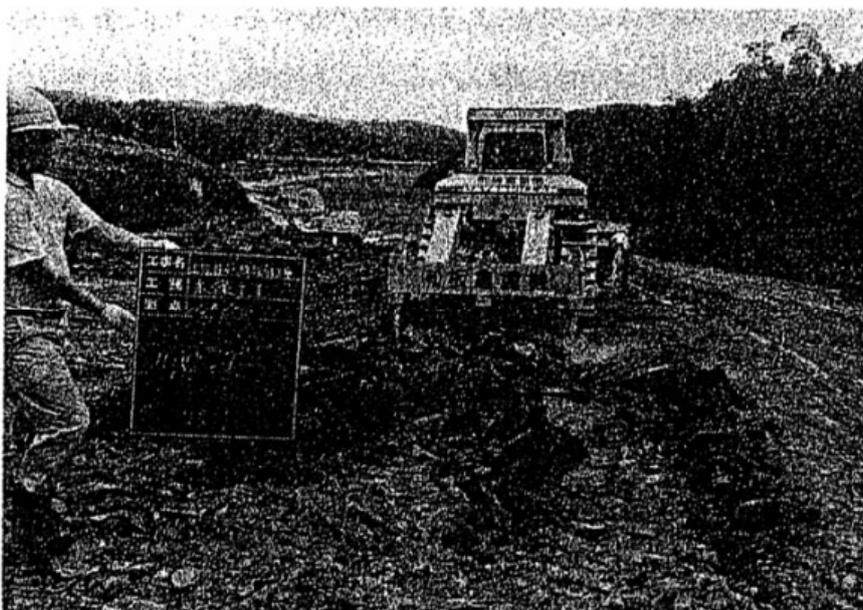


写真 4.3.6 リッパによる掘削状況（中国地方整備局）

(d) その他の掘削

① ブレーカによる掘削

発破が使用できない場所での比較的少量の岩掘削や転石の破砕などに用いる工法のひとつであるが、能率は低く、硬い岩の掘削には適さない。ブレーカの動力源には圧縮空気によるものと油圧によるものがある。

るが、油圧ショベルなどで本体の油圧を利用しブレーカをアタッチメントとしているものは、機動性に優れており広く使用されている。

② 特殊な工法

硬岩または亀裂のない岩の破碎方法として、さく孔後くさびを圧入して岩を割る方法とか、大型打撃破碎機械あるいは化学膨張材による圧裂破碎法などが開発されており、条件によっては効果がある。

3) 運 搬

掘削機械には運搬の機能も兼ね備えた機種も多く、現地条件によってはこうした汎用機械の選定も重要であり、運搬機種の選定に際しては種々の現場条件を勘案して現地に適した機械を選定する必要がある。代表的な運搬機械として、ブルドーザおよびダンプトラックについて以下に述べる。

(1) ブルドーザによる運搬作業

ブルドーザは一般的な建設機械であって、60～70m以下の短距離運搬においては掘削運搬の能率を上げることができる。このため、大量掘削から伐開除根、工事用道路の造成などの小規模工事に至る掘削・押土まで幅広く使用されている。

掘削作業は地山掘削の場合、初めから土工板(ブレード)で目一杯に土を削らず、掘削終り間際で最大となるようにし、作業中の前後進速度はできるだけ早くした方が能率がよい。

ブルドーザは現地の条件が許せば、下り勾配で掘削押土を行うと、けん引力、土工板容量とも増大し能率が上がる。通常作業範囲は画一的でなく変化が多いので、特に傾斜地では安全を考慮して作業を行わなければならない。傾斜地における作業中のブルドーザの種々の姿勢に対して安全と考えられる勾配の限界は次のとおりである。

普通ブルドーザ 3 割(約 20°)～2.5割(約 25°)

湿地ブルドーザ 2.5割(約 25°)～1.8割(約 30°)

また、トラフィカビリティが問題となるような高含水の粘質土または粘土の施工には接地圧の小さい湿地用ブルドーザが適する。

ブルドーザが走行し得るトラフィカビリティは土質によって異なるが、

21ton 級ブルドーザではコーン指数が約 700kN/m^2 以上 (7kgf/cm^2 以上) である。湿地用ブルドーザは約 300kN/m^2 (3kgf/cm^2) まで走行が可能である。

(2) ダンプトラックによる運搬作業

運搬距離が長いほど他の工法に比して経済的であるが、比較的短い距離の場合でも使用されるケースも多い。運搬路が悪いと速度の低下は勿論のこと、積載量を制限せざるを得ない場合もあって能率に大きな影響を与える。このため、工事用道路の維持が特に重要である。また積込み、運搬、待ち時間を最小にするよう積込み機械との組合せが大切である。

ダンプトラックが公道上を土運搬する場合には、法規による制限荷重速度を遵守するほか、道路上に土を落さないためにシートなどでおおいをかけて走行しなければならない。

特に公道上の通過においては、ダンプトラックでの過積み防止のため、大規模な土運搬では大秤所を設けチェックすることが望ましい。大秤所を設けない場合は、どの程度積んだら何トンになるかを近くの大秤所で計測し、掘削機械およびダンプトラックの運転手を立ち合わせ、目測による適正積載量について指導徹底することが大切である。

また、工事用道路においても附近の人家等に甚しい迷惑のかからぬように騒音、振動に留意するとともに、散水車による防塵とか、防塵剤の散布、場合によっては路面をアスファルト等で舗装する等適切な処理が必要となってくる。

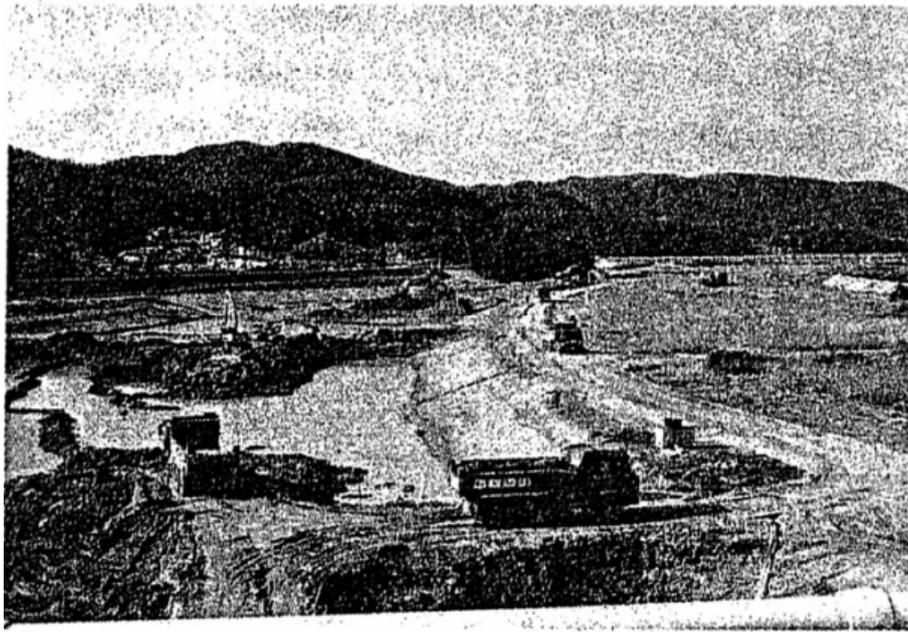


写真 4.3.7 ダンプトラックによる運搬作業（中国地方整備局）

4.3.4 盛土

1) 概 説

河川堤防の盛土材料には、一般に河道を掘削した土を利用するケースが多く、材料的に多種多様なものが用いられてきた。これは築堤に際し多量の土を必要とし、このため経済的な理由から材料選択の余地が少なく、現場に近接した場所での河道掘削土の利用などが経済的に有利となるためである。一方、堤防の断面形は過去の災害実績などをもとにして、それぞれ河川で一応の土質条件を配慮した上で計画されている。

河道掘削土を利用する場合には、必ずしも築堤土に最適な土質および含水比状態のものが得られない場合も多い。このため、掘削、運搬、盛土の工程の中で調整し、極力最適な状態で盛土することが大切で、堤体材料の優劣が完成後の堤体の安定性や施工性の難易度などに大きな影響を与えることを念頭に置いておくことが必要である。このようなこともあって、盛土材料に購入土を利用する場合もある。

堤防の盛土は道路等の路体と異なり、耐荷性への要求度は少なく、むしろ耐水性に重点が置かれる。このため堤体には有害な空隙が残らないようにし、

均一な盛土とすることが重要である。また、一連の堤防のうち一部分の欠陥が原因で洪水の際に破堤でもすれば、長い一連の築堤の機能がすべて失われるので、必要以上に締固められた堤防が一部にあっても意味はなく、延長的にも、断面的にも均一な強度で施工されることが重要なことである。

2) 基礎地盤処理

盛土に先だって実施される基礎地盤の処理の主な目的は次のような点である。

- ① 盛土と基礎地盤のなじみを良くする。
- ② 初期の盛土作業を円滑化する。
- ③ 地盤の安定を図り支持力を増加させる。
- ④ 草木などの有害物の腐植による沈下などを防ぐ。

基礎地盤の状態は場所によって種々さまざまであり、現地の踏査と土質調査資料をもとにして、適切な基礎地盤処理を行うことが大切である。調査の結果、基礎地盤に軟弱地盤としての対策が必要な場合には軟弱地盤対策に準じて処理するものとし、普通地盤の場合には次のような処理を行うことが必要である。

(1) 基礎地盤の伐除根および表土処理

盛土の基礎地盤に草木や切株を残したまま盛土をすると、盛土後にこれらが腐食することによって盛土にゆるみや有害な沈下を生じ、築造後の堤防の安定に影響を及ぼす恐れがある。これを防ぐため、基礎地盤面下約1m以内に存在する切株、竹根およびその他の障害物(雑石、コンクリート塊など)を入念に除去し、盛土と地盤の密着を十分に図らねばならない。

また、基礎地盤の表層が腐植土などの場合には盛土に悪影響を及ぼす場合もあり、必要に応じては盛土材料で置換えるなどの配慮が必要である。

(2) 基礎地盤の排水処理

基礎地盤に水溜りおよび湧水などが存在する場合に、これらを残したまま盛土をすると、盛土の締固めが十分にできなかつたり、これが盛土内に

浸透し、築造後の堤体安定に支障をきたす要因ともなりかねないので、その処理は入念に行う必要がある。

水溜りなどの表面水の処理には、図 4.3.13 に示すように、排水溝を設けて堤敷外へ排水を行うなどの配慮も必要である。また、湧水があるときには盛土後も有効な排水ができるように排水管などを用いて堤内地側へ導き、盛土内に浸水などの悪影響が及ばないようにすることが必要である。基礎地盤が透水性地盤の場合には抜本的な対策も考慮する必要がある。

なお、表層部が乾燥している土質の場合には堤体盛土に先だって散水などを行い、地盤と堤体盛土の密着を図ることが大切である。

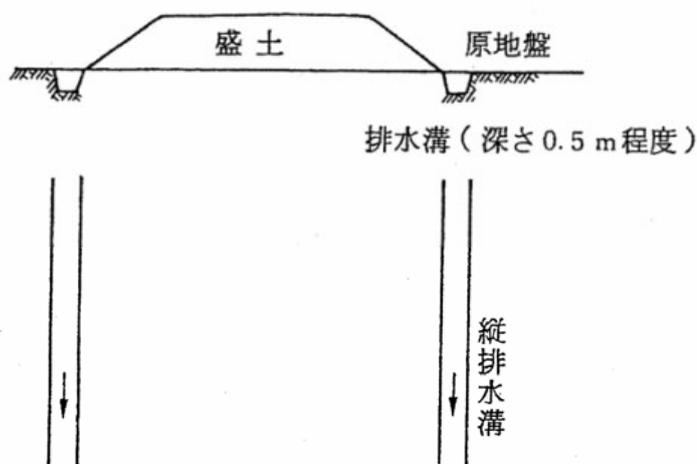


図 4.3.13 素堀り排水溝

(3) 基礎地盤の不陸処理

盛土には均質で一様な品質のものが要求されるが、基礎地盤に極端な凹凸や段差がある場合、凹部や段差付近の締固めが不十分となり、均一でない盛土ができることになるばかりではなく、円滑な盛土作業にも支障をきたすことになる。したがって、このような段差などは盛土に先がけてできるだけ平坦にかきならし、均一な盛土の仕上がりができるようにすることが必要である。

3) 盛土と締固め

河川堤防は耐水性を主眼に置いて施工される。このため堤体盛土の品質が均質になるような施工法を選択することが大切である。

(1) 敷ならし

運搬機械で搬入された盛土材料は、締固めのために所定の厚さに敷ならされる。敷ならしは盛土を均一に締固めるために最も重要な作業であり、薄層でていねいに敷ならしを行えば均一でよく締った盛土を築造することができる。

この敷ならし作業は、ややもすれば盛土の施工にとってあまり重要な作業ではないようにみられるが、実際には盛土の品質に最も影響を与える作業である。

すなわち、定められた厚さで均等に敷ならしされてできあがった盛土は、均質でより安定した盛土になるが、逆に敷ならし厚さが厚過ぎる盛土は、締固めが不十分になるので、将来盛土自体の圧縮沈下などが起きやすく、また不同沈下の原因ともなる。したがって、盛土の施工で最も留意しなければならない点は、敷ならし作業であると理解しておくことが大切である。

ブルドーザ作業では掘削、運搬、敷ならしが連続して行われるため層厚の確認が困難な場合もあるが、高まきとならないように注意しなければならない。一般に河川堤防では1層あたりの締固め後の仕上り厚さを30cm以下となるように敷ならしをおこなっている。この場合の敷ならし厚さは通常35～45cmであるが、高まきになりがちなので注意を要する。

高含水比粘性土を盛土材料として使用するときは、運搬機械によるわだち掘れができやすく、こね返しによって著しい強度低下をきたすので、これを防止するために別途の運搬路を設けたり、運搬路付近よりの盛土箇所までの二次運搬を行うことがある。

この二次運搬は材料の敷ならしを兼ねて行われるもので、運搬路わきの荷おろし箇所から盛土する箇所までを敷ならし機械で押土するので、普通の敷ならしより押土距離が長くなり、一般には接地圧の小さいブルドーザを使用する。

(2) 締固め作業および締固め機械²²⁾

締固め作業にあたっては土質および現場条件に応じた適切な締固め機械を選定し、できるだけ試験施工などによりその効果(敷ならし厚さ, 締固め回数, 施工含水比など)を把握した上で所定の品質の堤体が確保できるように施工することが大切である。施工に際しては次の点に留意しなければならない。

- ① 盛土全体を均等に締固める。盛土端部や隅部などは締固めが不十分になりがちなので注意する。
- ② 盛土施工中は横断勾配に配慮して排水に注意する。降雨が予測される場合は、盛土表面を平滑にして、雨水の滞水や浸透などが生じないようにする。

締固め機械は盛土材料の土質, 工種, 工事規模などの施工条件と締固め機械の特性を考慮して選定するが、特に土質条件が選定上の重要なポイントである。すなわち、盛土材料としては、破碎された岩から高含水比の粘性土に至るまで多種にわたり、また同じ土質であっても含水比の状態などで締固めに対する適応性が著しく異なることが多い。一方、締固め機械も機種によって締固め機能が多様で・同一の機種の場合でも規格, 性能(大きさ, 重量, 線圧, タイヤ圧, 振動数, 起振力, 衝撃力, 走行性など)によって締固め効果が異なっている。このような点を十分理解して機械を選定し、効果的な締固め作業を行うことが大切である。

河川堤防の土工では、材料の入手法などから対象とする土質が多種多様で高含水比のものも多く、また敷ならし, 締固めが同一の機械で施工でき

22) 本マニュアルでは締固め機械から湿地ブルドーザを除外しているが、一定の処理をしてもトラフィカビリティの確保が困難な材料もあり、湿地ブルドーザによる敷ならし, 転圧も行われているのが実態である。こうした現状のもとでは、堤防断面を拡大するなど対処し、試験施工や十分な施工管理を行うことを前提に湿地ブルドーザの適用を例外的に認めても良いが、発注者と受注者の十分な協議のもとに技術的な判断を行うべきである。

るなどの理由から、従来ブルドーザを用いることが多かった。しかし、近年では盛土材料に購入土を利用するケースも増えてきており、堤防の安定性をより高める観点から、対象とする土質に応じた他の締固め機種を使用するケースも増えてきている。参表 4.15 は一般的な締固め機械の選定に対する一応の目安を示したもので、主要な締固め機械の作業特性の概略を示すと次のとおりである。

参表 4.15 土質と締固め機械の一般的な適応

締固め機械 土質区分	普通ブルドーザ	タイヤローラ	振動ローラ	振動コンパクタ	タンパ	備考
砂 礫混り砂	○	○	○	○	○	単粒度の砂、細粒分の欠けた切込み砂利、砂丘の砂など
砂、砂質土 礫混り砂質土	◎	◎	○	○	○	細粒分を適度に含んだ粒度配合の良い締固め容易な土、マサ、山砂利など
粘性土 礫混り粘性土	○	○	○	×	○	細粒分は多いが鋭敏性の低い土、低含水比の関東ローム、砕き易い土丹など
高含水比の砂質土 高含水比の粘性土	○	×	×	×	×	含水比調節が困難でトラフィカビリティが容易に得られない土、シルト質の土など

- ◎：有効なもの
- ：使用できるもの
- ：施工現場の規模の関係で、他の機械が使用できない場所などで使用するもの
- ×：不適当なもの

(a) ブルドーザによる締固め

河川土工ではブルドーザを締固め機械として用いる場合が多いが、ブルドーザを締固め機械として用いる場合には盛土の品質が粗にならないように十分に注意して施工しなければならない。また、盛土材料によっては敷ならし厚さを少なくして締固め効果の向上を図るなどの配慮

が必要である。

堤防の締固めは堤防法線に平行に行うことが望ましく、締固めに際しては締固め幅が重複して施工されるように常に留意する必要がある。

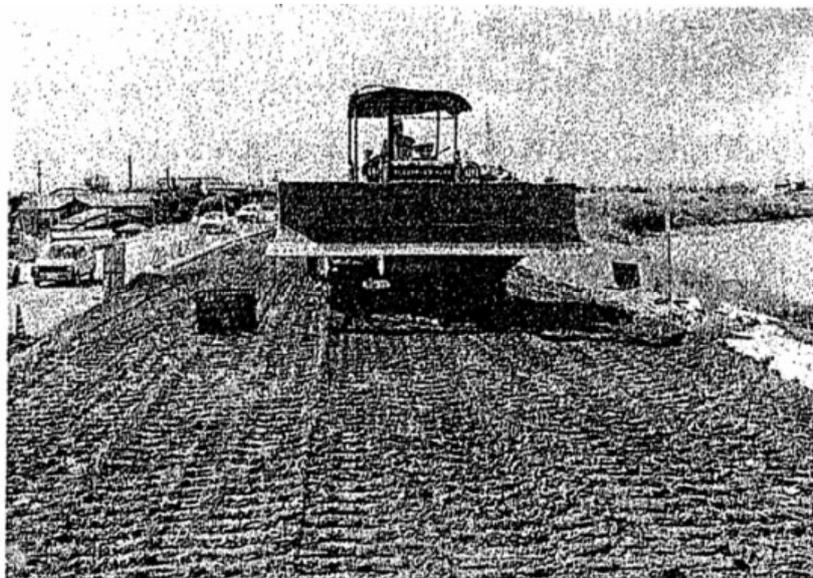


写真 4.3.8 ブルドーザによる締固めの状況（九州地方整備局）

(b) タイヤローラによる締固め

空気入りタイヤの特性を利用して締固めを行うもので、タイヤの接地圧は載荷重および空気圧により変化させることができる。タイヤ圧は締固め機能に直接関係するもので、一般に砕石などの締固めには接地圧を高くして使用し、粘性土などの場合には接地圧を低くして使用している。

タイヤローラの使用にあたっては、どのような状態(荷重およびタイヤ圧)で締固めるかを心得ていなければ、締固め効果に大きな差異が生ずることがあるので留意しなければならない。

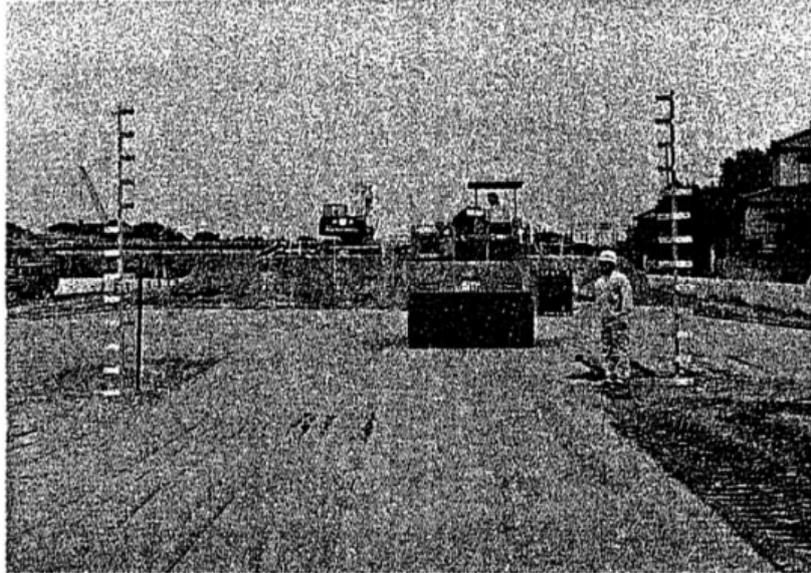


写真 4.3.9 タイヤローラによる締固の状況（北陸地方整備局）

(c) 振動ローラによる締固め

ローラに起振機を組合せ、振動によって土の粒子を密な配列に移行させ、小さな重量で大きな締固め効果を得ようとするものである。振動ローラは一般に粘性に乏しい砂礫や砂質土の締固めに効果があるとされているが、使用にあたってはローラの重量、振動数などを適切に選ぶ必要がある。

振動ローラは従来から小型のものが多く用いられているが、最近では大型のものも使用される傾向になってきている。特に大型の振動ローラは深さ方向への締固め効果がほかの機種にくらべて良好なので、敷ならし厚さを大きくすることができる。

なお、振動ローラは岩塊や岩片が混入した土、粒子が揃っている砂などでは、ローラがスリップすることにより走行不能に陥りやすいので留意する必要がある。

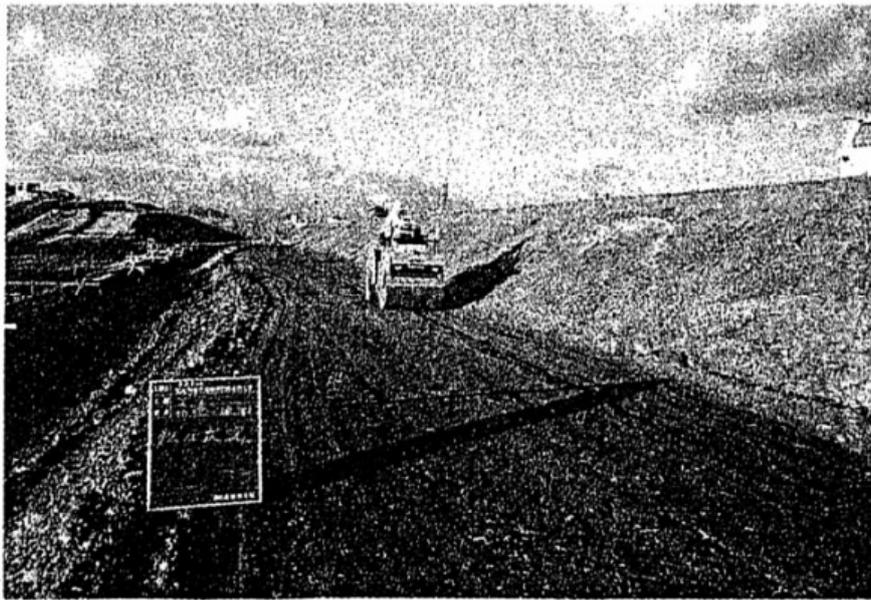


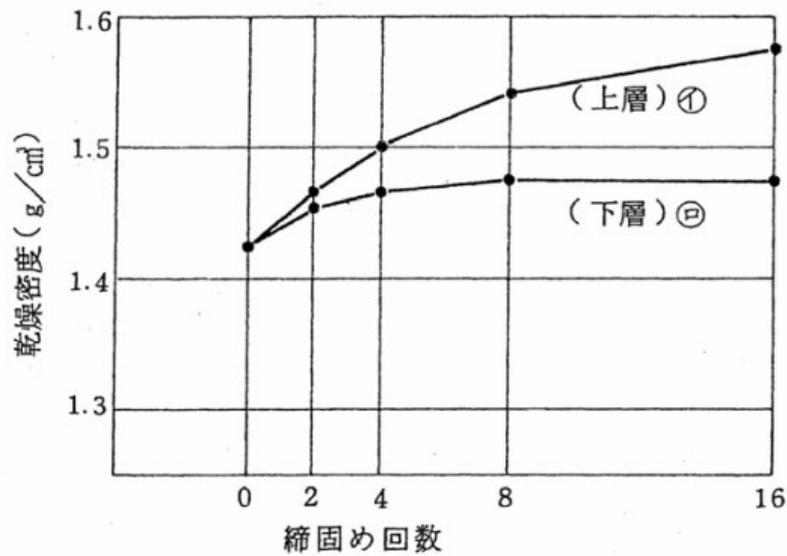
写真 4.3.10 振動ローラ（2.5～2.8tf）による締固の状況

（中部地方整備局）

(d) 振動コンパクタおよびタンパによる締固め

平板の上に直接起振機を取付け、振動を利用するなどして締固めを行う振動コンパクタやタンパは、軽量の機械であるために他の機械では施工が困難な箇所、たとえば構造物の周辺、盛土ののり肩やのり面および小規模の締固めなどに使用される。

なお、**図 4.3.14** はタイヤローラによる締固め実験結果の一例を示したものである。図中の曲線は 1 層の締固め厚さの中で得られたもので、**④**は締固められた層の上層の密度であり、曲線**⑤**は下層の密度を示している。この図をみると下層の密度は上層の密度にくらべて小さく、下層ほど締固まりにくいことを示しており、1 層の敷ならし厚さはある限度以下にする必要のあることがわかる。



注1) 建設機械化研究所資料より抜粋

注2) 締固め機械はタイヤローラーで、土のまき出し厚さは67cmである。

注3) 上層とは表面から深さ20cmまでの位置、下層は深さ45cm程度のものをいう。

図 4.3.14 締固め回数と密度の変化

4) 盛土材料管理

盛土に用いる土としては、敷ならし、締固めの施工が容易で、締固めたあとの強さが大きく、圧縮性が少なく、河川水や雨水などの浸食に対して強いとともに、吸水による膨潤性の低いことが望ましい。これらを考慮した堤体材料の選定法についてはすでに述べたとおりであるが、堤体の盛土においては、高含水比の粘性土などでも必要に応じた処置を施すことによって、構造的な安定性を満足させる材料となり得ることが多く、特に不良なものを除いてしまえば、ほとんどの場合に盛土材料として不適當とみなす必要性は薄らいできている。

堤体材料として評価の低い材料およびトラフィカビリティが確保できない土などに対しては、一般に次のような対策がとられている。

- ① 性質の異なる土質の混合
- ② 乾燥などによる含水比の低下
- ③ 添加材による土質の安定処理

(1) 性質の異なる土質との混合による粒度の調整

この方法は粒度分布の悪い土に、その土の欠けている粒径を補うものである。河川堤防での主な目的としては透水性の大きい砂質系の土に対して細粒土を混合して透水性を下げたり、粘性土系の土に粗粒土を混合して乾燥によるクラックの発生を防止するなど実施される場合が多い。

粒度の調整法としては種々の方法が提案されているが、その一例として粒径加積曲線を利用した図解法を紹介する。この方法は Ruthfuchs の提案によるもので、**図 4.3.15** に示すように、次の手順で検討する。

- ① 求めようとする粒度の粒径加積曲線を通過百分率で表わし、粒子の大きさの分布を直線で表わされるように図示する。
- ② 同一尺度を用いて、混合する原材料の粒径加積曲線を記入し、この曲線をほぼ近似する直線になおす (PG, BD, CO)。
- ③ これらの直線と反対端を結び (BG, CD)、求めようとする粒度加積曲線 (直線) との交点を求めると (L, M)、その百分率が配合割合を示すことになる。

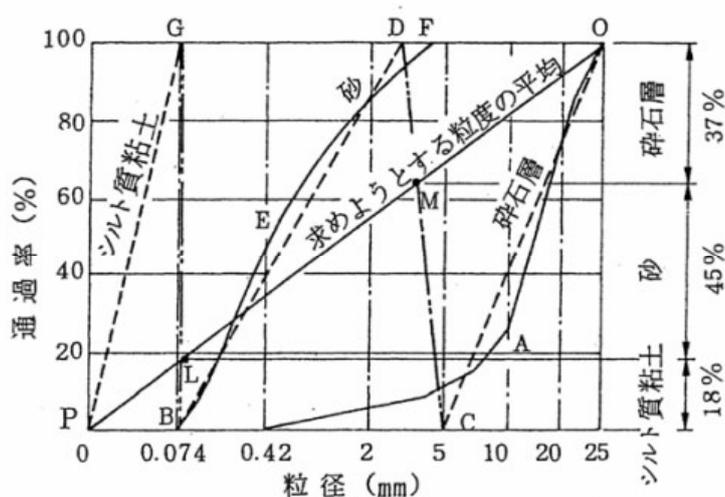


図 4.3.15 粒度調整の図解例

以上の方法で設定された性質の異なる土を混合して、目的に合致する粒径加積曲線を得ようとする場合には、両者の土をできるだけ均質に混合す

ることが重要であり、一方の性質の土が一部に集中しないように注意しなければならない。混合の方法としては一般に、バックホウ、スタビライザなどが用いられ、混合方法は土質安定処理と同様の方法がとられる。粘性土はバックホウでは粉砕が困難な場合があり、できるだけスタビライザのような粉砕・混合効果の高い施工機械を用いるのが望ましい。

なお、トラフィカビリティの改良や強度不足の改良を目的として土質安定処理工法が採用されることがある。これは添加材に石灰やセメントなどを用い、バックホウやスタビライザ等の混合機械で攪拌する方法であるが、こうした土質安定処理工法を堤体土工として用いる場合にはその効果および経済性などを十分に検討した上で用いることが望ましい。

(2) 乾燥などによる含水比の調整

含水量の調整は、堤体材料の含水比が締固め規定で設定された施工含水比の範囲に入るように調節するもので、曝気乾燥、トレンチ掘削による含水比の低下、散水などの方法がとられる。

(a) 曝 気

曝気は気乾して含水比の低下を図ることで、締固めに先立って敷ならし、放置したり、かき起こしたりして乾燥させる。曝気のためには広い作業面積を要し、作業速度が低下するなど不利な条件が多く、また、我が国のような多湿な気象条件下では一般的には効果が少ないが、夏場にはある程度の効果が認められている。土工計画の段階でこのような含水比の高い材料を選定したとき、曝気による含水比の低下を図ることも必要であるが、次に述べるようにトレンチ掘削などにより地山の自然含水比の低下を図ることが、作業能率の面においてもより有利である。

(b) トレンチ掘削

切土または土取場の掘削に先がけて切土作業面より下にトレンチ(溝)を掘削し、地下水位を下げることにより材料の含水比の低下を図るもので、比較的効果が認められており、一般的に用いられている。

(c) 散 水

材料に散水して含水比を高めるもので、敷ならした後、締固めにあた

って散水を行う。散水量は材料の自然含水比と締固める際の必要とする含水比の差によって容易に求められる。

我が国のように含水比の高い状態の多い土質条件では、散水を必要とする場合は少ないが、乾燥した砂や乾燥した粘土の場合には、締固め度を高め、あるいは以後の吸水による膨潤を防ぐためには、その締固め環境における最適含水比にしておくことが重要なため実施されることがある。

なお、河川土工では盛土材料として掘削土を利用する 경우가多く、こうしたとき、曝気乾燥による方法が一般に採用されている。しかし、曝気では急速な含水比の低下は望めず、降雨を受けると逆効果となるので、この方法を採用するにあたっては対象土質、工程計画を十分に検討しておくことが重要である。

5) のり面および覆土工

締固めにおいては、盛土ののり面およびのり肩部は一般に締固めが不足するが、盛土のり面は十分締固め、かつ設計断面を満足するように仕上げなければならない。のり面表層部が盛土全体の締固めに比べて不十分であると、豪雨などでり面崩壊を招くことが多い。この種の崩壊を防ぐため、のり面は可能なかぎり機械を使用して十分締固めなければならない。

のり面部の締固め方法には次のようなものがある。

- ① 図 4.3.16 に示すように、小型の振動ローラを盛土天端部より巻上げながら締固める。
- ② 図 4.3.17 に示すように、ブルドーザによりのり面を丹念に走らせて締固める。この方法ではのり尻部にブルドーザの移動に必要な平地があることが望ましく、また高含水比粘性土などでは湿地ブルドーザで締固める。
- ③ 図 4.3.18 に示すように、盛土幅よりも広く余盛りを行い、締固めの不十分な盛土端部をバックホウなどで掘削し、のり面を整形する。
- ④ 図 4.3.19 に示すように、盛土本体を造成した後に土を補足しながらランマなどの小型機械で締固める。この方法は小規模なりのり面、土羽土の締固めなどに従来から多く用いられている。なお、この場合盛土本体部に比

べて締固め度が不足しがちであり、施工は特に入念に行う必要がある。

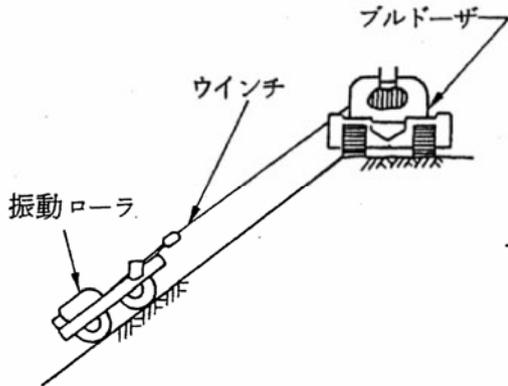


図 4.3.16 振動ローラによる締固め



図 4.3.17 ブルドーザによる締固め

(のり勾配のゆるいとき)



図 4.3.18 油圧式ショベルによる整形

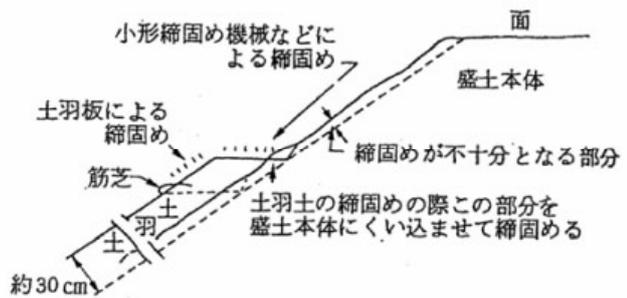


図 4.3.19 人力による締固め



写真 4.3.11 ブルドーザによるのり面の締固め状況（中国地方整備局）

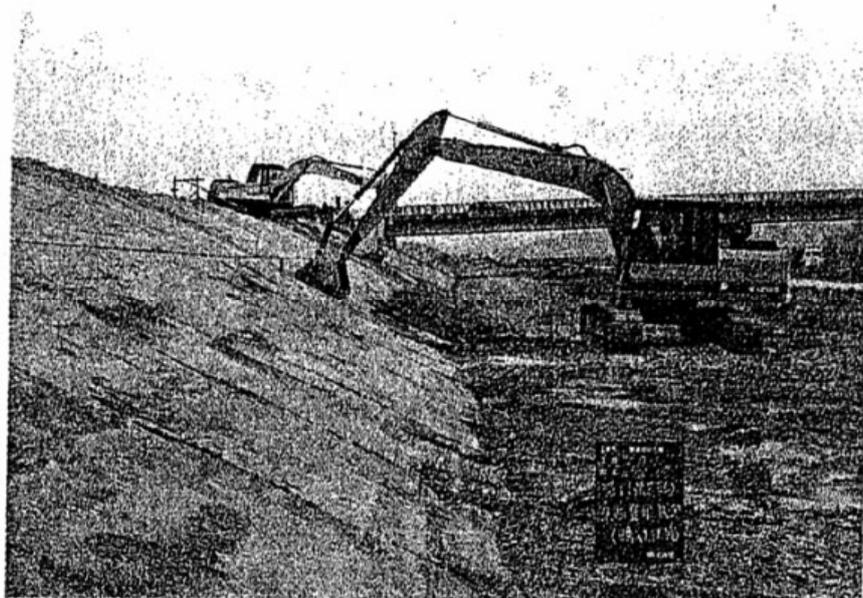


写真 4.3.12 土羽バケットによるのり面の機械整形（中国地方整備局）

施工中において注意しなければならない事項に、降雨による施工中ののり面浸食がある。特に、のり面の一部に水が集中して流下するとのり面浸食の

主原因にもなり、完成のり面の不備を形成することにもなりかねない。このため、施工途上といえども適当な間隔で仮排水溝を設けて降雨を流下させることが大切である。一般に多く採用されている工法としては図 4.3.20 に示すようなものであるが、これは降水の集中を防ぐために堤体横断方向に 3～5%程度の勾配を設けながら施工する方法である。

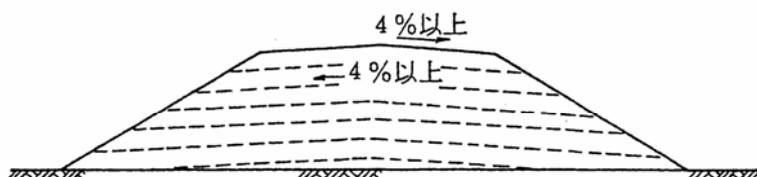


図 4.3.20 盛土施工中におけるのり面の保護

6) 悪天候時の土工

土工は水との戦いであり、気象条件は土工の品質や施工性に大きな影響を与える。特に、我が国のように降水日が多い国では土工の重要な要素である。したがって、施工計画にあたっては事前の気象調査が大切であり、これをもとに作業可能日数などを十分に検討しておくことが大切である。

一般に、盛土施工中に降雨、降雪が生じた場合には作業を中止するが、その目安は実績ではおよそ次のように判断される。

- (a) 降雨: 一般には日降雨量が 5 mm 程度を施工中止の目安としており、10 mm ではほとんどの場合に作業が中止されている。なお、作業開始までの待ち時間は盛土の土質によっても異なり、粘性土になるほど待ち時間は長い。現場では 1～2 日を目安として、盛土の乾燥状態により作業の開始時期を判断することが一般に行われているが、粘性土では施工機械の走行により盛土のこね返しが生じないように十分注意、しなければならない。
- (b) 降雪: 降雪に対しては周辺の状態から積雪状態になったか否かで、盛土作業を中止している例が多い。なお、降雪後の待ち時間をできるだけ短縮するための処置として、一般に盛土部へのシート

掛けが多く行われている。

- (c) 凍結：凍結が生じた場合の処置として、一般には天日による乾燥によったり、凍結部を排除して盛土工事をおこなっている例が多い。また、凍結の予防策として盛土部へのシート掛けをおこなっている例もある。

降雨・降雪後の盛土作業の開始の判断にあたっては、盛土部分の含水比の状態を確認した上で行うことが望ましく、施工時の施工機械の走行により盛土部をいためることがないように配慮する必要がある。このような配慮は粘性土を対象にするほど重要性が増し、もし盛土部にこね返し状態が見られた場合には、その部分を良質土で置換えたり、土質安定処理をするなどが必要である。

また、土取場においては排水溝などを設けることにより排水を十分に行うことが大切で、土取りにあたっては含水量の確認を行い、土の含水比が施工含水比を満足することを確認した上で、作業を開始するなどの配慮が必要である。



写真 4.3.13 護岸工事における降雪、防寒対策（東北地方整備局）

4.3.5 堤防拡築の施工

1) 概 説

既設の堤防は過去の被災などをもとに、その時代の背景を映して断面の増大を図ってきた構造物であり、一つの断面をとってみても土質、締固めの程度が異なっている場合が多く、不均質な状態にあるのが一般的である。堤防の拡築工事はこのような既設堤防に腹付けおよび嵩上げして、さらに堤防断面の増大を行うものであり、特に嵩上げをともなう拡築は、河川外力の負荷が大きくなることを前提としている。このため拡築部は堤防の補強といった観点が強く、その施工性は拡築した堤防の安定性に大きく関与することになる。したがって、拡築部は締固め作業に必要な作業スペースを確保し、締固めた盛土の品質の向上を図って、堤体の安定性を向上させるなどの配慮が大切である。また、拡築材料の優劣が拡築後の堤体の安定度や施工性の難易度などに与える影響も大きく、購入土を利用する場合もある。

一連の堤防は一部分に欠陥があっても、それが原因で洪水の際に破堤でもすれば、堤防の機能はすべて失われることになる。したがって、必要以上に強固な堤防が一部にあっても意味がないので、縦断的にも、横断的にも均整のとれた形で施工されることが重要である。

なお、拡築に際しての余盛量は、既設の堤防によって沈下が生じているので新堤の場合と同様の値とする必要はなく、むしろ既設堤防の沈下量等を考慮して決定すれば良い。また、拡築工事ということで盛土の安定性に対する配慮が欠けがちになるが、軟弱地盤上の堤防で堤防高が比較的大きい場合には、拡築により既設堤防にクラックが生じる事例も多くみられる。安定性に対しては常に留意し、必要に応じて盛土を数次に区分し、圧密による地盤の強度増加を図りながら盛り立てるなどの対策を講じることも必要である。

また拡築にあたっては、「3.4.3 拡築材料の選定」に十分留意するとともに既設堤防の締固め度、透水性等に留意し、拡築時の施工によって従前より安定性に欠けるような事のないよう注意²³⁾すべきである。

23) 川表の拡築の場合には河川水の浸入を防ぐため、既設堤防より透水性が低くなるように工夫をする。また、川裏の拡築の場合には堤体内に浸入した河川水を速やかに排水できるように工夫する。

2) 既設堤部分の処理

堤防の拡築工事では、既設堤部と新しく盛土した部分の接着に十分に注意し、拡築後の堤防の完成時においてこの接着部が弱点とならないように配慮しなければならない。既設堤防に腹付けを行う場合には既設堤部をあらかじめ階段状に切土する段切りが必要である。一般には1段当りの段切高は転圧厚の倍数、最小高で50cm程度とし、また水平部分には2～5%で外向きの勾配を付すことが多い。

段切り部は掘削後長時間放置することは避け、盛土に先だって必要な分ずつ逐次施工することが大切である。また、既設堤部の乾燥が著しい場合は散水を行うなどの配慮も必要であり、盛土時には小段部を切返して盛立て施工するなどして、腹付け盛土とのなじみをよくするよう工夫することが大事である。

嵩上げ部の工事では既設堤防の天端部に盛土することになるが、既設堤防の天端部は車輛の通行により締りすぎていたり、車輛通行を目的として碎石などを敷設している箇所も少なくないので、こうした部分は盛土に先だって撤去したり、かき起こしたりして、新しい盛土とのなじみをよくするように配慮しなければならない。

なお、拡築部の基礎地盤に表面水や湧水がある場合には、排水溝や排水管を設けて堤敷外に排水する必要がある。特に堤内側に拡築を行う場合には、これを放置すると改築後の堤防を不安定化させる原因となるので、十分な配慮が必要である。

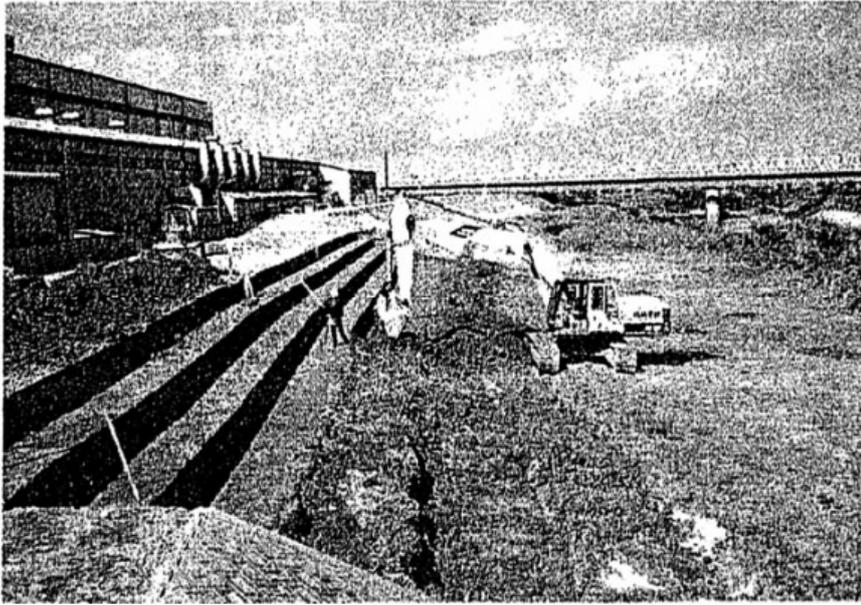


写真 4.3.14 段切作業の状況（中国地方整備局）

3) 最小腹付け幅

堤防の拡築工事においては拡築部が堤防全体の安定度の向上に関与する割合が極めて高く、拡築部、特に腹付け部の盛土工事は入念に実施しなければならない。

近年の機械化施工では施工機械が十分かつ円滑に稼働できる作業スペースの確保が必要になる。十分なスペースを確保できない場合には、盛土の施工性が低下し、このため所定の締固め度が得られなかったり、施工が粗雑になりがちになるので、特に注意しなければならない。また、作業スペースの関係から小型の締固め機械しか用いられなくなると、これも所定の締固め度が確保できない原因となる。

前述のように、拡築部は完成後の堤防の安定度向上に寄与する割合が高く、堤体の安定性を論ずる上で極めて重要な位置を占めており、特に入念な施工が望まれる箇所である。一方、多くの堤防では腹付け部を「既設堤防と計画断面の差」で定めており、このときの最小幅は0.5～1.5m程度が最も多くなっている。このような腹付け幅を施工幅として設定すると、おのずから使用する締固め機械が限定され、所定の締固め度の確保も困難になってくる可能性も生ずる。締固めは堤体材料の土質に大きく関係し、単に大型機械を用い

て締固めれば良いというものではないが、拡築堤防では腹付け部の締固め効果の向上と均質化を図ることが望ましく、このためには大型機械の作業スペースを確保する必要がある。この最小作業スペースは普通ブルドーザを考慮すると 4m 程度が必要であり、すでに述べたように、ここではこの値を最小腹付け幅として設定した。したがって、「既設堤防と計画断面の差」が 4m に満たない場合には、**図 4.3.21** に示すように既設堤の一部を掘削・再転圧することで最小幅を確保することが原則となる。

なお、掘削された既設堤材は盛土時に再転圧するものとし、できるだけ拡築材料と混合し、既設堤掘削部に盛土することが必要である。このようにすることで、掘削部が盛土材料の変化の緩衝部となり、既設堤部と拡築部のなじみをよりよくすることができる。

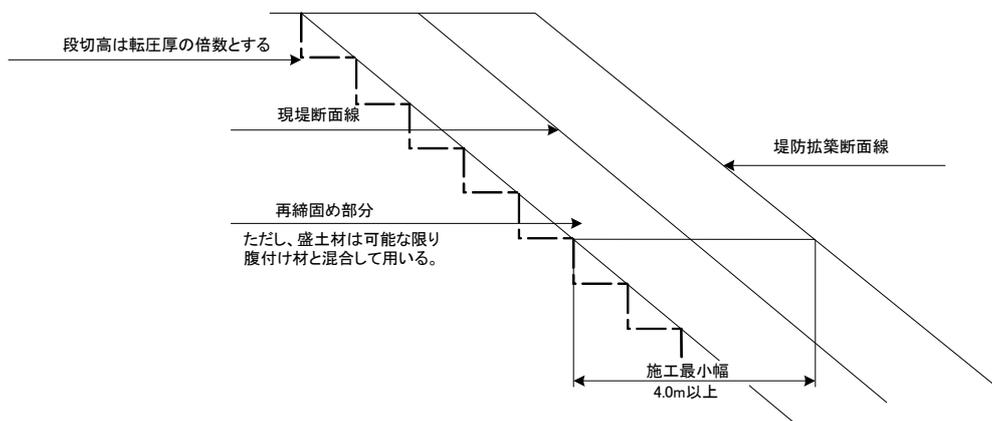


図 4.3.21 最小腹付け幅説明図（11tブルドーザの場合）

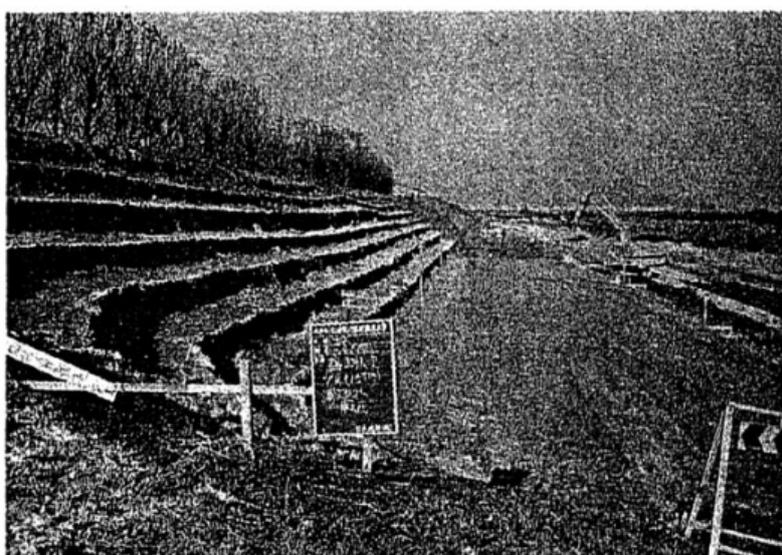


写真 4.3.15 拡築部の施工状況（近畿地方整備局）

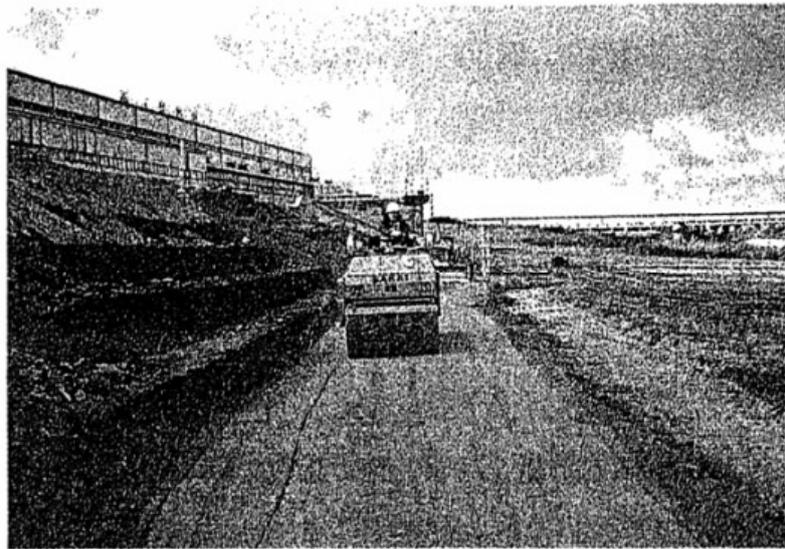


写真 4.3.16 拡築部の締固め状況－振動ローラー（中国地方整備局）

4.3.6 構造物施工にともなう土工

樋門などの河川構造物と盛土の接続部分には不同沈下による段差が生じやすく、クラックが生じたり、漏水の原因ともなる。

段差の発生は軟弱な基礎地盤の盛土部分に多く見られる。盛土と構造物の接続部の沈下の原因としては、基礎地盤の沈下、盛土自体の圧縮沈下、構造物背面の盛土による構造物の変位などがあげられるが、他に施工法にも一因があると考えられる。すなわち、新堤築造時の河川堤防では一般に構造物と盛土が工程上並行して施工されるため、構造物の取付け盛土は構造物と堤体がほぼ完成した段階で施工されることが多く、そのため次のような問題があり、接続部の沈下の一因となっていることが考えられる。

- ① 取付け盛土部分が最後に施工されるため高まきになりがちなこと、施工場所が狭いことから締固めが不十分となりやすいこと。
- ② 取付け盛土部分は、立上がった樋門などの構造物の壁と盛土とに囲まれていることが多いので、排水が不良になりやすいこと。

これらのことから、盛土と構造物の接続部の施工は、一般に次の点に留意して行われている。²⁴⁾

- (a) 取付け部の材料として、遮水効果がある程度期待でき、締固めが容易で、かつ水の浸入によっても強度の低下が少ないような安定した材料を選ぶこと
- (b) 狭い限られた範囲での施工による締固め不足にならぬよう、適切な締固め機械を選定し入念な施工を行うこと
- (c) 構造物裏込め付近は、施工中、施工後において水が集まりやすく、これにともなう沈下や崩壊も多い、したがって、土質の選定とともに、施工中の排水勾配の確保など十分な排水対策を講じること
- (d) コンクリート構造物と取付け盛土材との切合部は、盛土に先だってコンクリート面を湿潤な状態にするなどして、盛土材の含水比の変化を防止すること
- (e) 壁面付近は大型の締固め機械では十分な施工が困難であり、小型締固め機械を用いたり、敷ならし厚さを薄くして締固め効果の向上を図るなど、入念な施工を行うこと
- (f) 構造物の強度が十分に発揮しないうちに取付け盛土によって土圧を与えないように注意すること
- (g) 構造物の強度が発揮された後においても構造物に偏土圧を加えないように注意し、構造物の両側から均等に締固め作業を行うこと

なお、土工を適正に施工するには、付随するコンクリート工事との調整が極めて重要である。すなわち、コンクリート工事と土工工事との組合わせを上手に行い、適切な時期に床掘り、コンクリート打設などを行うことは、工事全体の能率向上および品質向上のために最も大切なことである。また、場合によってはコンクリート工事だけを考えると不経済であっても、土工も含めて考えると手戻りや段取替えが少なく経済的となることもあるので、総合的に考えることが大切である。

24) 軟弱地盤では構造物と堤体の相対変位を完全に無くすことは不可能である。したがって、良質な材料を十分に締固めても堤体の損傷は避けられず、別途対策を講ずる必要がある。

また、基礎地盤が軟弱地盤からなる場合には、構造物の築造に先だってプレロード工法などを検討しておくといよい。

拡築工事にともなう構造物の施工では、既設の堤防を開削して設置される場合が多く、既設堤防によるプレロード効果によって新堤の築造にともなうものより沈下は大きくない。しかしながら、拡築部には新たな盛土が施工されるので、沈下は新規盛土と何ら変わることがなく、このため不同沈下が生ずることが多い。したがって、軟弱地盤の場合には、新設の場合と同様に拡築部にプレロードを行うなどの配慮が必要である。

なお、既設堤防を開削して樋管などを施工する場合、既設堤防を大きく開削して構造物および取付け盛土が容易に施工できるようにすることが望ましいが、一方、河川管理の上からは安定している既設堤防の開削は極力小さくすることが望ましく、開削に際してはこれらを十分に勘案して不必要に広く開削しないように注意しなければならない。開削時ののり勾配についても既設堤防の土質を十分に考慮した勾配とし、既設堤防に亀裂が発生することのないように注意することが大切である。

また、堤防拡築にともなうて構造物に継足しを行う場合には、構造物とその周辺の堤体を十分に調査し、変状があれば補修や空洞充填等を行うことが必要である。



写真 4.3.17 構造物周辺の埋戻し、転圧状況(中部地方整備局)



写真 4.3.18 タンパによる構造物周辺の埋戻し、転圧状況

(北陸地方整備局)

4.3.7 浚渫

1) 概説

浚渫は河道に逐次堆積する土砂を搬出する維持工事として行われる場合と、計画に基づいて河道を掘削する改修工事として行われる場合がある。特殊な場合を除いては機械力によるものが普通であり、浚渫船が使用される。

浚渫船にはポンプ式、バケット式、グラブ式、ディップ式等があり、浚渫する土量、工期、面積、水深、土質、土捨場の状況、動力源、その他の条件を考慮し、適応する機種を選定することが大切である。

最近では河川汚濁解消のためのヘドロ浚渫が行われているが、浚渫する過程においてヘドロを拡散させてはならず、さらに搬出後の捨場においては、悪臭、有害物質等に対する環境問題があるために、普通の浚渫工法では不備な点が多く、現在では浚渫土の処理・処分を含めて、幾つかの工法が開発され実用化されている。

流下断面確保のための浚渫計画断面は、浚渫の実施にあたって断面の不足

が生じてはならず、このため現実には過掘りは避けられない。過掘り厚は浚渫船の種類および規模,土質,水深,オペレータの技量などにより異なるが、これらの点を十分に勘案して、揚土容量には過掘り量も見込んで検討しておくことが望ましい。

2) 浚渫船稼働中の留意事項

① 流水中で浚渫するため、船の固定,浚渫時の河川水汚濁等についての対策を充分行う必要がある。

② 洪水時における退避,繫留方法については、事前の入念な調査と安全な対策が必要である。また、作業中止および退避についての判断基準を作成しておくことも忘れてはならない。

いったん船が洪水時に流されるようなことになると、浚渫船自体を破損させる以外にも橋りょうや堤防等に重大な損傷を与えることになり、社会的にも大きな問題となる。

③ 浚渫船の固定とか排泥管の布設にあたっては、堤防,護岸,水制等に直接,間接に損傷を与えない位置および方法を選ばねばならない。

④ 河川の場合には一般船の就航があるので、これらに対する安全航路の確保に留意しなければならない。

⑤ 河床または河岸を必要(図面とか仕様)以上に過掘りすると、附近の護岸,橋梁の基礎地盤強度が低下して、これらの施設を破損する原因ともなるので、仕上げ面附近の施工は入念に行う必要がある。

また、浚渫区域に電力,水道およびガス管などの埋設物がある場合には、施設管理者など関係機関と協議し、位置の確認を行うとともに、必要に応じて防護策を施す必要がある。

⑥ 流速が大きく河床土砂が砂質の場合や出水時等には、浚渫箇所へ上流土砂が順次流入してくることがあるので、工事出来高の確認方法を事前に取り決めておくことが大切である。

⑦ 特にポンプ浚渫船の場合には、捨土箇所が堤防に接していると排泥とともに、排出される水によって堤防が浸潤し、ついでには堤体漏水を生ずることがあるので注意を要する。

3) 機種別の施工法

(1) ポンプ浚渫船

河川では 50PS～1,000PS 級が主として使用される。船の後部にあるスパットを軸にして、船の前部に取付けられたワイヤーロープによって左右に引っ張られることによって半弧状の運動をしながら浚渫が行われる。2本のスパットは交互に打ち込まれ、船は前進し固定される。

浚渫はラダーの先端にあるカッターで河床土砂を攪拌しながら、土砂を水と一緒にサクションで吸い込み、排泥管を通じて捨場へ送り出される。ポンプ船の能率は土質が軟らかいほど良くなるが、カッター形式は土質に合ったものを選定しないと能率に大きく影響する。

また、カッター形式と同様に大切なのはカッターの位置である。すなわち排送中の泥水の含泥率が高過ぎると排泥管内で詰まってしまう、排泥を中止しなければならなくなる。逆に、含泥率が低いことは能率が悪いことでもあるので、カッターを逐次上下させ、含泥率を調整しながら能率の維持を図る必要がある、これには熟練を要する。

また、仕上げ面近くに薄い層を残すと、その層を吸い上げるために必要以上に地盤を攪拌することとなり、過掘りの原因となる。

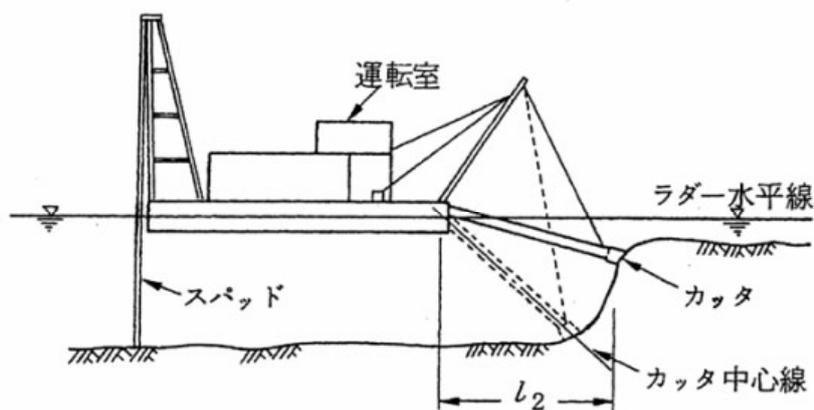


図 4.3.22 ポンプ浚渫船と浚渫断面

捨場においては吐出口付近には粒径の大きい土砂が残り末端には細粒土が沈殿堆積する。そのため吐出口を常に移動させるとか、中間からも吐出させる（もらし吹き）とかして、粒土の偏在を防ぐことが必要な場合もある。

捨場附近の河川の汚濁を防ぐために、吐出口から河川までの排出流路を長くするとか、中間に沈殿池を設け、沈降剤を利用して泥土を沈殿させる等の措置を講ずることもある。

小築堤は最も一般に行われている工法で、附近の土砂を利用し通常 2m 以下の小築堤を行う。その高さは湛水面から 60cm 程度の余裕を保つようにし、天端幅は土質にもよるが、1~1.5m、のり勾配 1.5 割~2 割とし、必要に応じ内側のり面にむしろかビニールシートなどで保護するもので、板柵に比べ経済的である。なお、盛土高が高い場合は図 4.3.23 のように 2 段、3 段と順次小築堤を上げる方法もある。

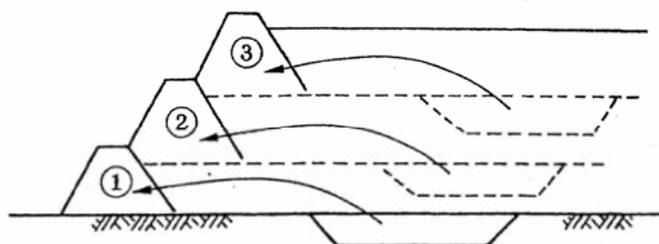


図 4.3.23 盛土が高い場合の小築堤の例

なお、小築堤の一部に堤防を利用することは堤防を弱体化させることにもなり、原則として行ってはならない。

また、余水吐きの構造には排砂管を利用したものや土止め板柵を利用したものなど種々あるが、余水吐き周辺は排水や漏水による洗掘や崩壊が生じやすいので、これらに十分対応した構造としなければならない。

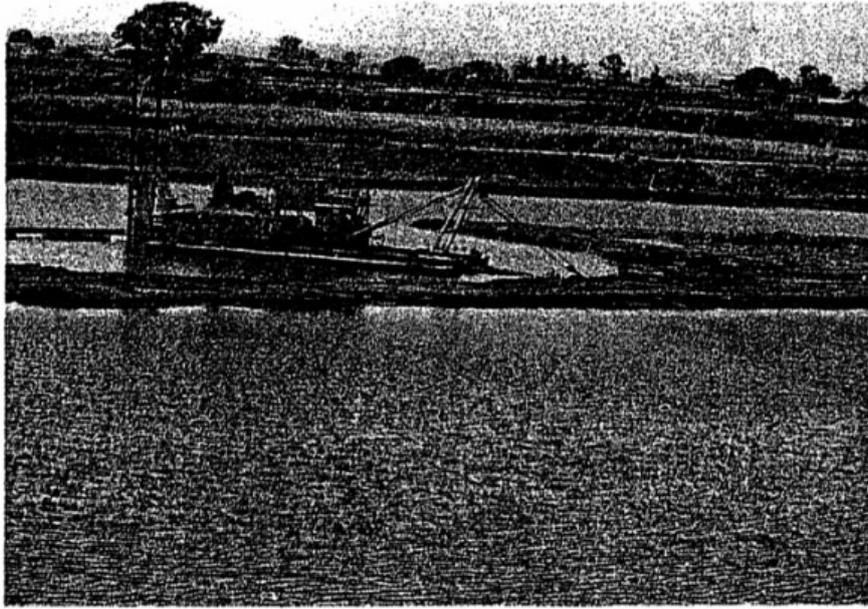


写真 4.3.19 ポンプ浚渫船による浚渫状況(東北地方整備局)

(2) グラブ浚渫船

開閉自由なグラブバケットをジブから吊り下げて台船上に機械と共に載せた型式の浚渫船で、グラブバケットを河床におろして掘削する。

川幅のせまい河川とか小規模な浚渫に用いられるほか、グラブバケットに替えて砕岩機を取り付けると岩掘削にも利用できる。また、グラブの型式を研究してヘドロ浚渫に利用した例もある。

グラブ浚渫船の作業能力には土質に合ったグラブ形式の選定が大きく影響するが、実施にあたっては2～3形式をかえて試験掘削を行った上で選定することが望ましい。

グラブ浚渫はポンプ浚渫に比べて掘削高さの管理がむずかしく、常に深浅測量を行いながら施工することが必要である。

(3) バケット浚渫船

多数連結したバケットを回転しながら浚渫する形式の浚渫船で、土質は比較的硬いものから軟かいものまで広範囲のものに適するが、一般的には土運船に捨土して運搬する。現在河川工事ではあまり使用されていない。

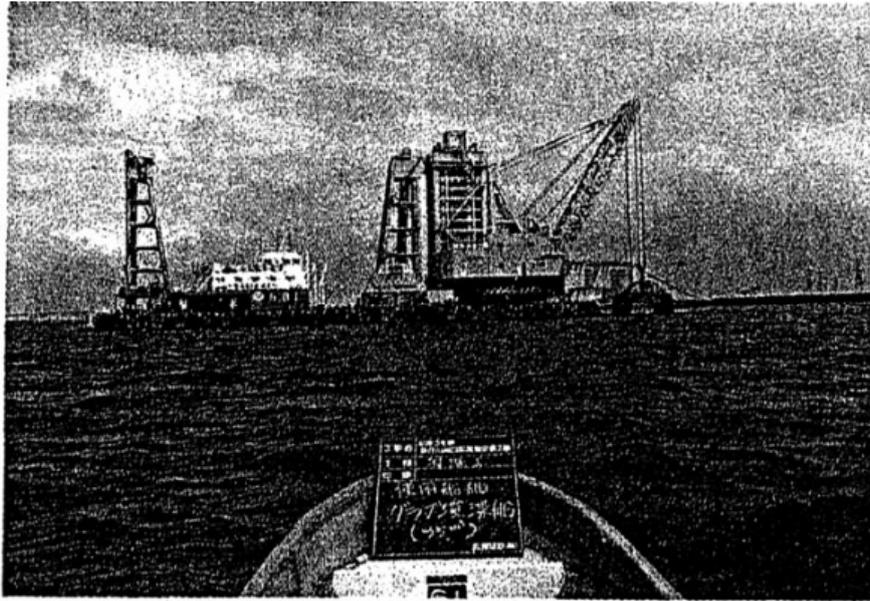


写真 4.3.20 グラブ浚渫船による浚渫状況（中部地方整備局）

(4) バックホウ浚渫船

バックホウ浚渫船は、スパッド付台船等に搭載されたバックホウにて、河床等の土砂を掘削し、土運船等にて土砂の運搬を行う。また、適用する土質は、粘性土、砂質土及び砂、レキ質土等である。

4.3.8 土取場・土捨場の土工

1) 土取場の土工

一般に土取場で掘削作業する場合、運搬作業はダンプトラックによることが多い。そのため掘削積込みは主にショベル系掘削機かトラクタショベルが使用される。切り取り高さが高いときには、まず山の傾斜面を平坦にして初期ベンチを造成する。バックホウを使用する場合には、標準ベンチ高さ以上の掘削は地山崩壊などの危険があるので、補助のブルドーザで掘削集土し、積込み機械高さの2倍程度以下にベンチを低くして作業を行う。

トラクタショベルを使用する場合は、ショベル系掘削機にくらべて地山掘削力が小さいので、掘削集土用のブルドーザを専用に配置するとよい。

河川敷などの低い位置からの掘削については4.3.5を参照するとよい。

このほか、土取場での掘削に対する注意事項として次のようなものがある。

- ① 境界外の用地および施設物件に被害を与えない。
- ② 工事中の降雨などに対する排水計画を立て、必要に応じて排水溝、沈砂池などを設ける。
- ③ 外周の必要な箇所には防護柵などの危険防止施設を設ける。
- ④ 施工中、降雨などが土の含水比に影響を与える場合は、仮排水溝などにより含水比の増加を防ぐように配慮する。
- ⑤ 土質の変化に注意する。
- ⑥ 積込みベンチでは前方の土砂崩壊に対して建設機械が素早く退避できるように後方に広場を設ける。
- ⑦ 土取跡地でののり面崩壊などの災害が発生しないように注意する。

2) 土捨場の土工

河川土工では、総合的な治水事業を配慮すると、できるだけ捨土処分とする土の発生を防止すべきであり、可能な限り残土処分量を軽減することが望まれることはいうまでもない。しかし、河道改修などでは多量の残土を捨土せざるを得ないこともある。一般に捨土工事は本工事ではないということで粗雑になりがちであるが、これも本工事と同じであることを考えて施工は入念に行わねばならない。

土捨場は山間、傾斜地、池沼、低湿地など、地形、地質的に不良箇所に設置されることが多く、また捨土材が良質土であれば他に転用されることが多いため、一般には盛土に利用できないような不良土が多くなり、①事前の排水や在来水路の付替え、②擁壁やのり面防護工の計画、③搬入路や場内運搬路の計画・保守、④計画的な埋立と排水勾配などの確保、⑤必要であれば防災調節池、泥土分の沈殿池の設置などを考え、整然とした作業管理が必要である。

捨土の工程は本工事の進捗により左右されるが、大容量の建設機械で急速に行われることが多いので、擁壁や付替水路などの工事は十分余裕をもって捨土工程に間に合うようにして、本工事の進行を妨げることがないように努める。急速に捨土すると一般の土圧公式で考える以上の土圧が働くこともあ

るので、土留め壁の設計にはその点を考慮するとともに、水抜孔,裏込めぐり石,フィルター層は入念に施工する必要がある。

土捨場の容量は、土量の変化率,土質や岩質の変化による切り盛り土量や捨土量の変化,トラフィカビリティ確保のために入れる良質土なども考え、十分に余裕のあるものとするか、工事の途中で擁壁の高さなどを変えて、容量増加を図れるように配慮する。

土捨場の跡地を水田や畑に利用する場合は、捨土の土質によっては、当初の水田や畑の表土を集積しておき、工事完了後、復旧するなどの配慮も必要である。この表土の仮置には、十分な流出防止,雨水の流入防止をしておかないと災害を生じたり、復旧工事の時のトラフィカビリティの確保に困難を生じたりすることがあるので注意する必要がある。

4.3.9 跡片付け

工事が終了したら、現場内とその周辺を点検し、つぎのような点に注意して、跡片付けをしなければならない。

- ① 丁張りならびに安全施設等は工作物をいためないよう撤去すること。
- ② 材料置場,仮設物,標識等はすみやかに撤去し、原形に復すること。
- ③ 工事区域周辺の既設工作物に損傷ある場合は、入念に補修を行うこと。
- ④ 土取場,土捨場は排水等を考慮して、土砂流失,崩壊を起こさないよう整形,保護し、堤外部における場合は、特に流水疎通に支障のないよう考慮すること。
- ⑤ 工事区域内とその周辺に飛散した残材料,塵芥を集積処分し、清掃を行うこと。
- ⑥ 残置する搬出入路は良好な状態に整備し、撤去するときすみやかに原形に復すること。
- ⑦ 既設の用排水路等は清掃し、排水をよくすること。