

第 1 3 章

仮設計画

I. 基本コンセプト

- ①任意仮設と指定仮設 13- 1

II. 中部知見

- ①地下埋設物の破損予防対策 13- 2

III. 設計標準

- 13-1 一般 13- 3
 13-1-1 リサイクルの原則化 13- 3
13-2 仮設計画 13- 4
 13-2-1 仮設ヤード 13- 4
 13-2-2 土捨て場 13- 4
 13-2-3 事業損失調査 13- 6
 13-2-4 仮設道路 13- 8
 13-2-5 床掘 13-11
 13-2-6 切土（発破）防護柵 13-12
13-3 仮設構造物 13-19
 13-3-1 仮設材の条件明示 13-19
 13-3-2 土留め・締切 13-20
13-4 コンクリートのひび割れ調査 13-24
 13-4-1 適用範囲 13-24
 13-4-2 現場におけるひび割れ調査 13-24

I. 基本コンセプト

① 任意仮設と指定仮設

公共調達において施工される対象は、「工事目的物」と「仮設物」に大別できる。

「工事目的物」については、発注者の「受け取り対象物」であり、設計図を作成することが必須である。

一方、「仮設物」は、最終的な発注者の「受け取り対象外」であり、土木工事請負契約書第1条第3項において、「仮設、施工方法その他工事目的物を完成するために必要な一切の手段については、この契約書及び設計図書に特別の定めがある場合を除き、受注者がその責任において定める。」と、原則受注者の裁量となっている。

ただし、工事中の公衆災害防止及び施工に伴う重大な労働災害の防止について特に留意する必要がある「仮設物」は、「指定仮設」という。

この指定仮設の対象は、「公共工事の発注における工事安全対策要綱」¹⁾に、以下に示すイ～ホのものがある。

- イ. 河川堤防と同等の機能を有する仮締切の場合
- ロ. 仮設構造物を一般交通に供する場合
- ハ. 特許工法又は特殊工法を採用する場合
- ニ. 関係官公署等との協議等により制約条件のある場合
- ホ. その他、第三者に特に配慮する必要がある場合

なお、上記以外でも「他工事等に使用するため、工事完成後も存置させる必要のある仮設」が対象となる。



(a) 土留め工



(b) 仮栈橋工

図-13- I -1 指定仮設の例

以下、表-13- I -1 に指定仮設と任意仮設の考え方の差異を一覧にしたので参考にとすると良い。²⁾

表-13- I -1 指定仮設と任意仮設の考え方

	指定仮設	任意仮設
仮設物の指定の有無	設計図書等で具体的に指定する	設計図書等へ指定しない
施工方法等の変更	発注者の指示又は承諾が必要	受注者の任意（施工計画書等の修正、提出は必要）
施工方法の変更がある場合の設計変更	設計変更の対象となる	原則、設計変更の対象とならない。但し以下の場合を除く
条件明示の変更に対応した設計変更	設計変更の対象となる	設計変更の対象となる

Ⅱ. 中部知見

① 地下埋設物の破損予防対策

地下埋設物は、水道、電気のライフラインなど存在しており、これらを損傷切断した場合は、断水、停電等が発生し社会生活に大きな影響を及ぼす。特に光ファイバーケーブルを切断した場合は、多量の情報通信を遮断することになるため社会的影響はさらに甚大となる。

このため地下埋設物の近接作業における事故防止対策については、過去幾度となく安全対策への注意喚起を図っているにも係わらず地下埋設物破損事故が続発しており、これを受けて「地下埋設物の近接作業における事故防止について」（平成20年6月13日付 国部整技管台46号、企画部長）により「地下埋設物の近接作業における事故防止マニュアル」が出された。

このマニュアルで、『請負者は、埋設状況が明らかである場合を除き、埋設物管理者及び監督職員に立会を求め試掘を行い、埋設物の確認を行う事』とされた。

しかし、図13-Ⅱ-1に示すように、マニュアルに沿って試掘して埋設管の位置を確認しても、途中横断函渠により、一部埋設管が浅くなっており、掘削機械のバケットで埋設管を損傷させた事例も発生している。

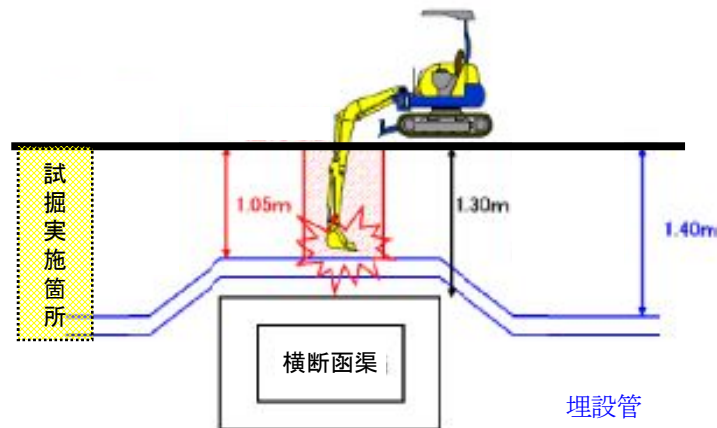


図-13-Ⅱ-1 地下埋設物の損傷事例

このため、設計・施工段階では、更に慎重に地下埋設物の位置を想定する事が求められ、図13-Ⅱ-2の様に地上にハンドホールがあれば埋設管がこれを迂回するためにどちらかへ曲がっていることが想定できる。

また図13-Ⅱ-3の様に沿道に家屋があれば水道管の本管からの家屋へ引き込み管もあることが想定できる。

このように、発注者、受注者及び埋設物責任者は、地下埋設物の位置を既存資料のみで判断するのではなく、現地調査時に周辺状況をよく観察し地下埋設物の存在及び位置を想定することが必要である。

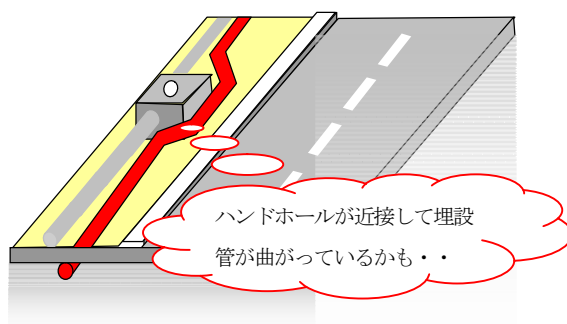


図-13-Ⅱ-2 埋設管が曲がっている想定事例

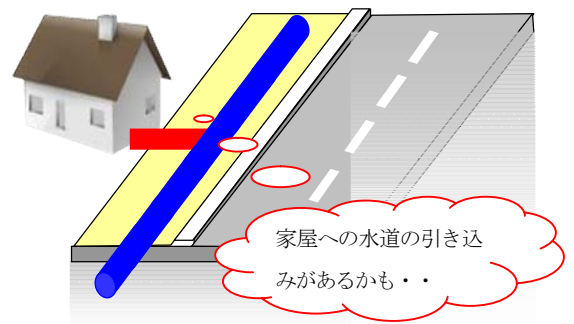


図-13-Ⅱ-3 引き込み管が存在する想定事例

Ⅲ. 設計標準

13-1 一般

13-1-1 リサイクルの原則化³⁾

リサイクル原則化ルールとしては、以下のとおりとし、経済性にかかわらず実施するものとする。

1) 指定副産物の工事現場からの搬出については、下記のとおりとする。

(1) コンクリート塊、アスコン塊、建設発生木材

再資源化施設への搬出を義務付け（建設発生木材については、縮減で足りる場合も規定）

建設リサイクル法に基づく再資源化等の義務化

（土木工事 500 万円以上、新築建築工事 500m² 以上、建築解体工事 80m² 以上）

(2) 建設汚泥

他工事現場での利用もしくは再資源化施設への搬出を義務付け

（縮減（脱水等）を行った上で最終処分できる場合も規定）

(3) 建設発生土

50km 以内の他の建設工事（民間含む）へ搬出

2) 再生資材等の利用については、以下のとおりとする。ただし、工事に要求される品質を考慮した上で採用するものとする。なお、(1)、(2)については、建設リサイクル法基本方針「再生資源により得られた物の公共事業での率先利用」に同じである。

(1) 再生骨材

40km 以内に再資源化施設があれば利用する

(2) 再生アスコン

40km かつ 1.5 時間以内にあれば利用する

(3) 建設発生土・建設汚泥処理土

50km 以内の他の建設工事から流用

13-2 仮設計画

13-2-1 仮設ヤード

トンネル坑口に設置するずり置き場、濁水処理設備等を含む仮設ヤードについては、3千㎡以上を確保すること。なお、上記ヤードが確保できない場合は、坑外設備の配置計画や、ダンプトラックなどの旋回などを詳細に検討し、設計を行うこと。

【解説】

平成21年度から平成24年度までに、中部地方整備局管内において完成したトンネル工事についての施工実績を調査したところ、ずり置き場、濁水処理設備などを含むトンネル坑口の仮設ヤードについては、トンネル延長やトンネル断面に依らず、図-13-Ⅲ-1に示すとおり概ね3千㎡以上であったため、上記のような面積以上を確保することとした。

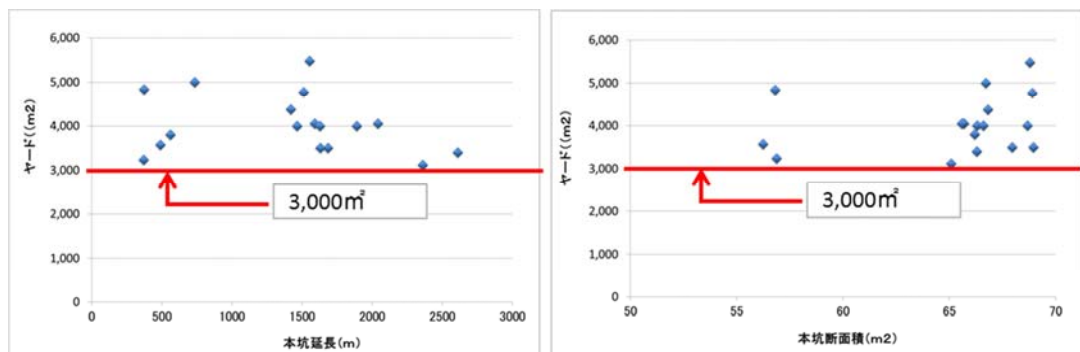


図-13-Ⅲ-1 仮設ヤードにおける必要面積の実績

13-2-2 土捨て場

1) 土捨て場一般

(1) 土捨て場の計画に当たっては、事前に十分な調査を行い、可能捨土量、防災対策、法的規制、土運搬路、現地条件などを総合的に検討し、最適な土捨て場を選定するものとする。

(2) 土捨て場の形状

土捨て場の一般的な形状は、図-13-Ⅲ-2に示すとおりとする。

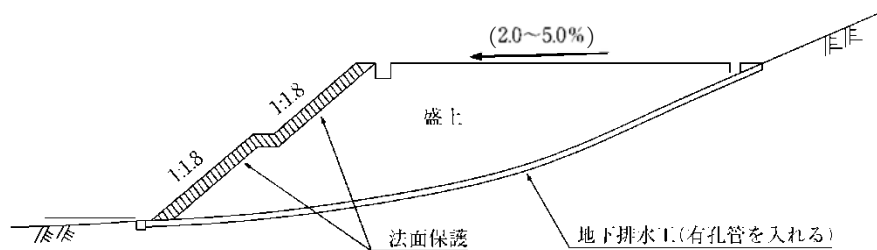


図-13-Ⅲ-2 土捨て場の一般的な形状

【解説】

- ① 切土などから発生する余剰土や不良土を捨土する場合は、可能捨土量、土砂流出や崩壊を防止するための防災対策、法的規制、土運搬経路、跡地利用計画、用地補償などを考慮して候補地を数箇所選び、比較検討の上、最も有利な土捨場を選定すること。

なお、土捨場の計画に当たっては、環境アセスメントとの整合性に留意する必要がある。

- ② 土捨場の計画に当たっては、次の点に留意すること。

a) 土捨場の位置

土捨場はできるだけ道路の近傍に選定する。これは運搬作業を工事現場内で済ませることができ、余剰土の場合、あらかじめ盛土作業を並行して進めることもできるなどの理由による。また、図-13-Ⅲ-3に示すように傾斜地盤上の盛土により窪地が生じる場合は、土地の有効利用及び排水対策の面からも、埋戻すことが望ましいので、土地所有者と協議し、設計すること。

この場合、捨土部分と本体盛土部分は一体施工を行い盛土の安定を確保するとともに、排水対策、地下水対策を十分に施すこと。

なお、計画に当たっては、他の公共事業などとタイアップを図ること。

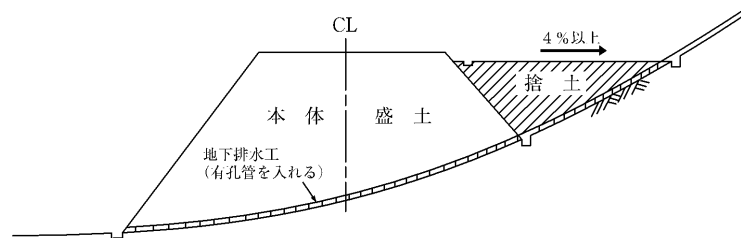


図-13-Ⅲ-3 窪地を利用した土捨場（参考）

b) 法的規制の解除

土捨場を計画する場合、場所によっては表-13-Ⅲ-1に示すような法的規制を受けるため、関係公共団体と十分な協議を行うとともに、解除手続きを行っておくこと。

c) 防災計画

土捨場は、窪地、傾斜地、池・沼、低湿地など一般に地形、地質的に不良な場所に設置されることが多く、施工中及び施工後、雨水などにより土砂の流出や崩壊が起こる恐れがある。

このため、

- ①事前の排水や既存水路の付替え
- ②擁壁による土留めやのり面保護の計画
- ③計画的な埋立と排水勾配などの確保
- ④必要であれば防災調節池泥土の沈殿池などの対策を行う。

特に排水対策は、防災上重要な要素となるので入念な計画・施工を行うこと。

d) 土運搬路

土運搬経路の選定は、単に運搬距離だけではなく、沿道の状況、交通量、通学路及び歩道、踏切の有無などを考慮するとともに、幅員、舗装の状況、改良事項などから総合的に判断する。

なお、改良事項としては、車道の幅員、待避所、信号機、横断歩道、防護柵、各種標識の設置などがある。

e) 土捨場容量

土捨場容量は、土量変化率、土質や岩質の変化による切盛土量や捨土量の変化、トラフィックビリティーの確保のために、入れる敷砂利等の土量なども考慮して、余裕を持たせた設計をする。

表-13-Ⅲ-1 土捨場に関連する代表的な法令（参考）

	法律の主旨	必要な手続	協議先（注）	協議の注意点
砂防法	治水上砂防の目的により砂防設備を設置する。	砂防指定地の解除（第2条、4条）	都道府県知事（砂防課）	土砂災害を誘発しないような土砂処理計画、施設計画について注意が必要である。
森林法	森林計画、保安林等の森林に関する基本的事項を定める。	地域森林計画区域における開発行為の届出、保安林、保安施設地区の解除（第10条の2）	都道府県知事（森林保全課、治山課）	林地保全という観点について注意が必要である。
地すべり等防止法	地すべり及びぼた山の崩壊による被害を防止する。	地すべり防止区域の解除（第3条） 地すべり防止区域内の制限行為の許可（第18条）	都道府県知事（砂防課）	地すべりを助長させる行為、施設計画については注意が必要である。
農地法	耕作者の農地取得を促進し、農地の効率的利用を計り、農業生産力の向上を計る。	農地転用の許可（第4条、5条）	都道府県知事（農政課）	優良農地の保全という観点について注意が必要である。
自然公園法	自然の風景地の保護とその利用の増進を計る。	国立公園、国定公園、都道府県立自然公園内における開発行為の許可または届出（第17、18、20、42条）	環境大臣（自然保護局、保護管理課） 都道府県知事（自然保護課）	自然景観、環境保全等について注意が必要である。
河川法	河川の洪水、高潮等による被害を防止し、河川が適正に利用されることを目的とする。	河川区域内の土地において土地の掘削、工作物の新築、土地の占用を行う場合等の許可（第24条、26条、27条）	地方整備局長（河川管理課） 都道府県知事（河川課）	河川の流水の正常な機能の維持という点に関して注意が必要である。

（注）協議先は代表的なものを示す。

13-2-3 事業損失調査

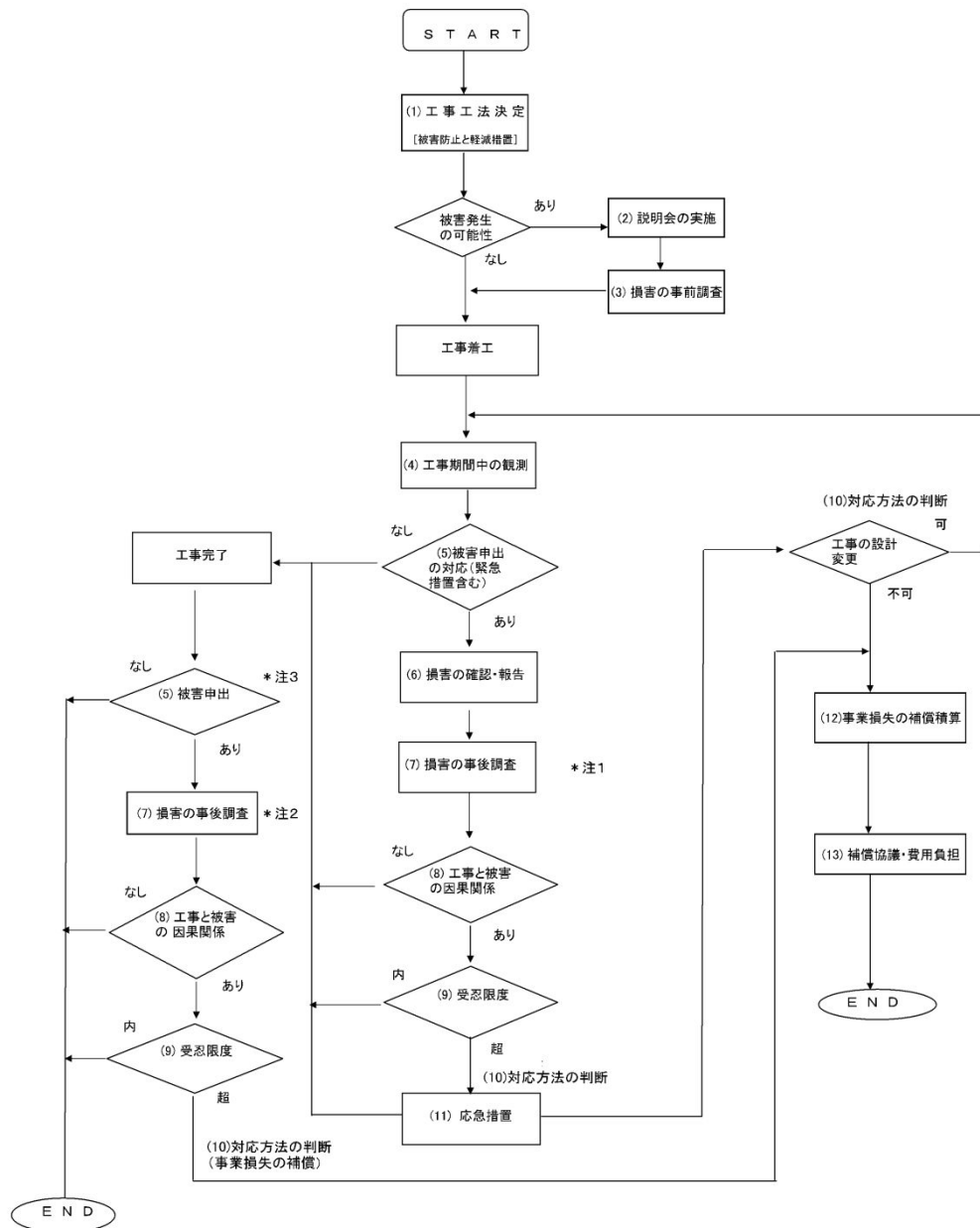
1) 事業損失の考え方

事業損失は、公共事業の施工に伴う騒音、振動、日照障害、水枯渇、地盤変動、電波障害等の損害を補償するものである。これらの事業損失は、本来発生させてはならないものである。

しかし、事業損失が発生又は予見される場合、「公共事業の施工に伴う事業損失の事務処理について（申し合わせ）」（平成17年6月8日付け企画部技術調整管理官・河川部河川情報管理官・道路部道路調査官・用地部用地調査官 事務連絡）によるものとする。

また、事業損失の事務手続きを全体的に把握する目的から、上記事務連絡より事業損失の手続きフローを図-13-Ⅲ-4のとおり抜粋した。

○公共事業の施工に伴う事業損失の標準処理フロー * 注



- * 注 処理フローは標準的なものである。電波障害、日照阻害等は工事着工前でも損害が確実に予見される場合は補償できる。
 フローの図中の()内番号は、申し合わせ2・事務処理の手順と内容、分担等の標準的な考え方の()番号と一致している。
- * 注1 (7)工事期間中の事後調査で、(6)損害確認報告により調査する。なお、損害がない場合は確認書を徴し調査しない。
- * 注2 (7)工事完了後の事後調査で、(6)工事期間中の損害確認報告及び(5)工事完了後の被害申し出により調査する。
- * 注3 (5)被害の申し出が工事完了後1年以内にあった場合に限り事業損失の補償対象となる。

図-13-Ⅲ-4 事業損失の標準処理フロー

2) 設計段階にて配慮すべき事項

設計段階にて配慮する事項については、以下を実施すること。

(1) 工事工法決定時

設計時は、事業用地及びその周辺地域の状況を把握し、被害発生の可能性の観点から通常考えられるリスクを考慮し、被害の発生防止と軽減措置を講じるための常識的最大の設計を実施すること。

(2) 被害発生の可能性

被害発生の可能性として考えられる事例は、以降に示す。

- ① 橋梁上部 : 電波障害、日照障害
- ② 橋梁下部（基礎杭含む）：水質汚濁、水枯渇
- ③ トンネル : 水質汚濁・水枯渇、地盤沈下による家屋損傷、振動
- ④ 仮設（土留め） : 振動、地盤沈下・隆起による家屋損傷

ただし、水質汚濁については、定型化された基準がないため、対応方針について事前に用地担当課と協議すること。

(3) 損害の事前調査、事後調査及び工事期間中の観測

工事の施工に起因して発生する損害が事業損失の補償対象として認定されるのは、次の3つの要件をすべて満たす場合に限られる。

- ① 公共事業の施工と発生した損害の間に因果関係があること。
- ② 当該損害が社会生活上受忍すべき範囲を超えると認められること。
- ③ 工事完了の日から1年を経過するまでに損害の申し出があること。

ただし、発注者の責に帰すべき理由でなく、工事受注者の工事施工により生じた損害や工事受注者が善良な管理者として注意義務を怠ったことにより生じた損害は、事業損失ではなく工事受注者の責により解決されるものである。

なお、工事の施工に伴う紛争処理は、工事請負契約書第28条第3項により、発注者と工事受注者は協力してその処理解決に当たるものとする。

このうち、上記(1)の因果関係については、損害の事前調査、事後調査及び工事期間中の観測が必要であることから、被害発生の可能性の観点から通常考えられるリスクを考慮し設計段階で必要な調査について提案を行うこと。

13-2-4 仮設道路

1) 工事用道路の種類

- (1) 工事用道路は、改良工事などにおける土運搬及び資・機材の搬入・搬出、橋梁上部工工事の桁運搬及び架設機械（トラッククレーンなど）の搬入・搬出、舗装工事の資・機材の搬入・搬出などを主目的として設置される。

- (2) 工事用道路の種類は次のとおり区分する。

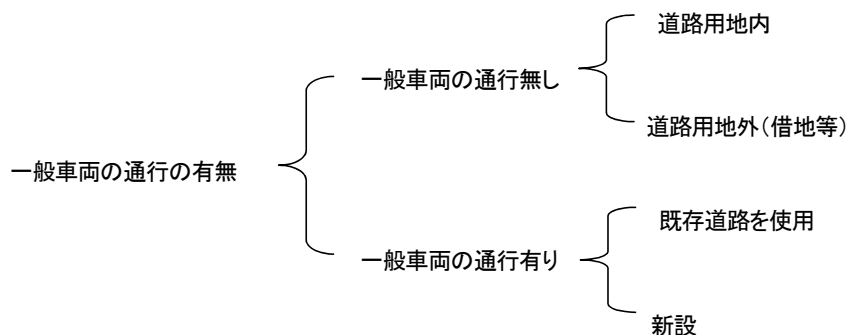


図-13-III-5 工事用道路の種類

2) 一般車両の通行無しの工事用道路

(1) 道路用地内

任意仮設とし、工事用道路の構造は以下を標準とする。

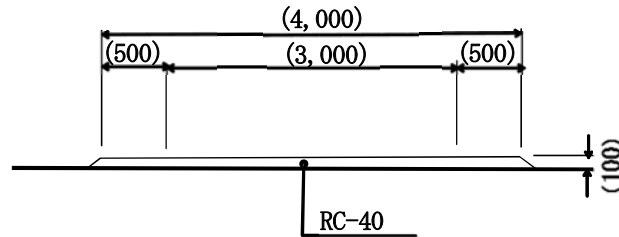


図-13-III-6 道路用地内の工事用道路標準図

(2) 道路用地外（借地等）

指定仮設とし、待避所や曲線拡幅を考慮して構造を明示するものとするが、その構造は以下を標準とする。

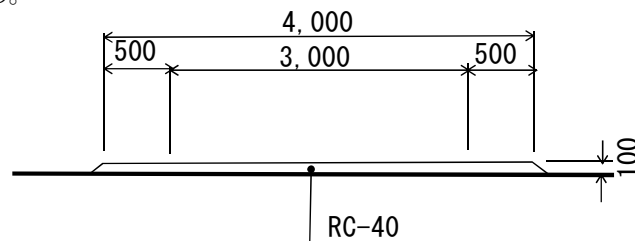


図-13-III-7 道路用地外の工事用道路標準図

なお、設計時の留意点は以下の通りである。

- ・ 使用後に市町村などへ移管する場合は、設計条件などの十分な協議を行うこと。
- ・ 使用後の撤去を前提とする場合は、原形復旧を想定した設計を行うこと。
- ・ 大規模な工事用道路では、切盛土工だけでなく、仮橋、仮設トンネルを考えたほうが経済的な場合もあるので考慮すること。

3) 一般車両が通行有りの工事用道路

(1) 既存道路を使用する場合

既存道路を使用する場合は図-13-III-8 に従い、改良の必要性について、道路管理者と協議を行い決定すること。

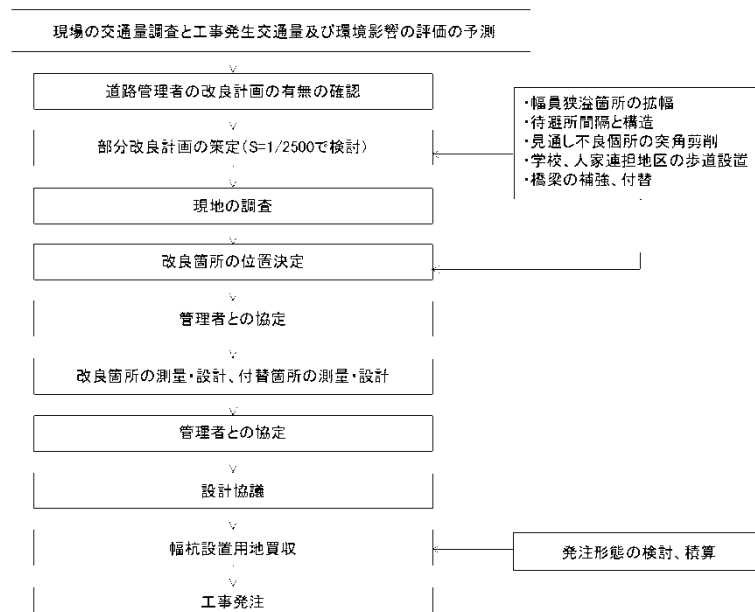


図-13-Ⅲ-8 既存道路を使用する場合の計画の流れ

また、既存道路を改良（拡幅）して使用する場合は、現道の幅員に応じて、以下のとおり工事用道路の規格を設定する。

①現道 2 車線区間を使用する場合の最低規格

種別	第 3 種第 4 級
設計速度	20km/h
標準幅員	6.5m
最急縦断勾配	9%（特例 12%）
最小曲線半径	15m

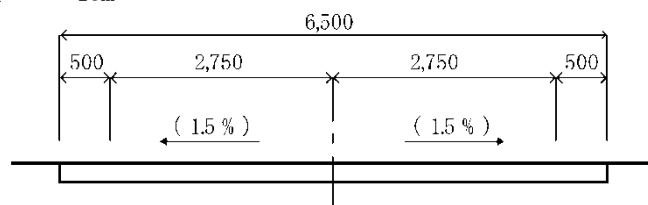


図-13-Ⅲ-9 現道 2 車線の場合

②現道 1 車線区間を使用する場合の最低規格

種別	第 3 種第 5 級
設計速度	20km/h
標準幅員	5.0m
最急縦断勾配	9%（特例 12%）
最小曲線半径	15m

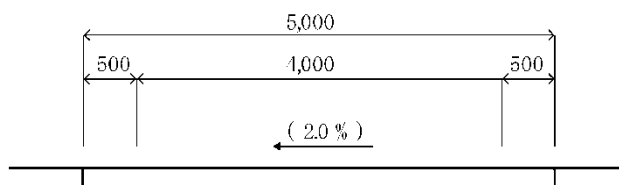


図-13-Ⅲ-10 現道 1 車線の場合

③現道（林道）を使用する場合の最低規格

種別	2 級
設計速度	20km/h
標準幅員	4. 0m (特例 3. 5m)
最急縦断勾配	9% (特例 14%、ただし 100m 以内に限り 16%)
最小曲線半径	15m

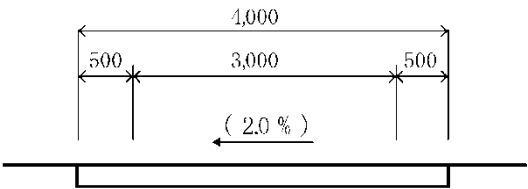


図-13-Ⅲ-11 林道の場合

(2) 新設する場合

一般道と兼用した工事用道路を新設する場合として、規定の都市計画区域内に設置して市町村道の暫定運用とする場合などが考えられる。

なお、舗装構成は図-13-Ⅲ-12 を最低規格とするが、交通量、勾配ならびに周辺状況を考慮するほか、道路管理者への引き継ぎなども考慮して決定すること。

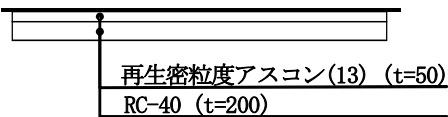


図-13-Ⅲ-12 林道の場合

4) 車線数、待避所

道路幅員は、工事用車両の交通量（すれ違いの頻度）や地元車両、歩行者の道路利用状況により、「既存道路を使用する場合」に示した基準に準拠して決定する。ただし、すれ違いの頻度が高い場合は、地元車両の利便性を考慮して2車線としたり、広幅員路肩として歩行スペースとするなど柔軟に対応すること。

また、1車線道路の場合は待避所を設けるものとし、その間隔は、表-13-Ⅲ-2の値を標準としてよい。

表-13-Ⅲ-2 待避所間隔

待避所間隔	待避所長さ	待避所幅員
約 300m	約 20m	5m（車道分）

13-2-5 床掘

床掘時に危険防止のため仮設用モルタルを吹き付ける場合は、吹付け厚 3cm を標準とする。ただし、法面の形状、地質状況及び気象条件等の現地条件により上記によりがたい場合は別工法を検討すること。

13-2-6 切土（発破）防護柵

1) 適用範囲

ここで規定する切土（発破）防護柵とは、切土または発破による落石、飛石等の飛散を防止するために設置される工事用の切土（発破）防護柵であり、斜面からの大規模な落石や斜面崩壊から通行車両を保護する目的で設置されるものは適用外とする。

切土（発破）防護柵の構造等については、設計方法が規定されている指針等が無く、一方で施工されている切土（発破）防護柵の構造諸元は、実態調査から、支柱間隔＝2m、根入長＝1m、支柱材料はH200及びH300が大半であった。

このため、図-13-Ⅲ-14に示す構造について次節に計算例を示したので、実際の使用に際しては現場条件に基づき、計算例を照査し、計算結果が満足する場合は、図-13-Ⅲ-14を用いてよい。

また計算例で満足しない場合は、支柱材料をH300とするなど、計算例の考え方を参考に別途設計するものとする。

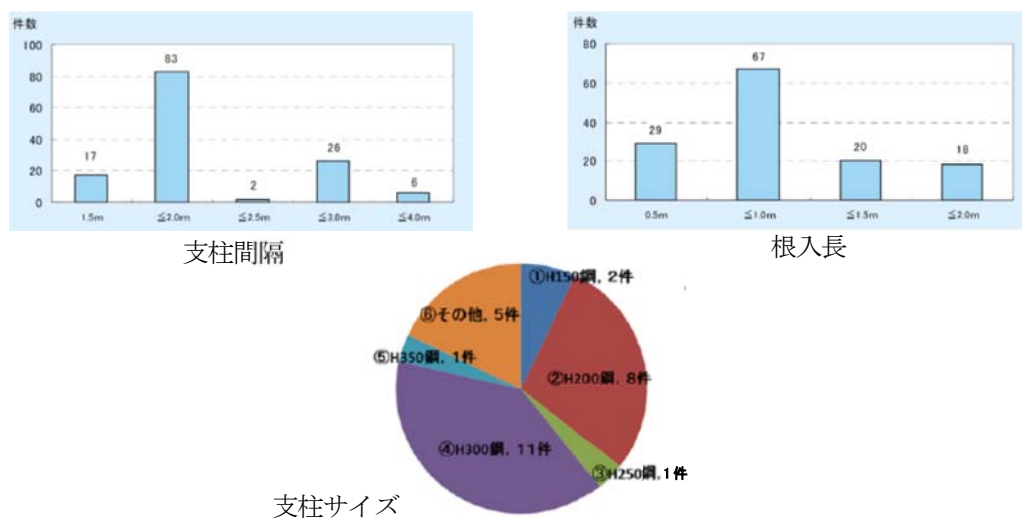


図-13-Ⅲ-13 切土（発破）防護柵の支柱間隔・根入長及び支柱サイズ⁴⁾

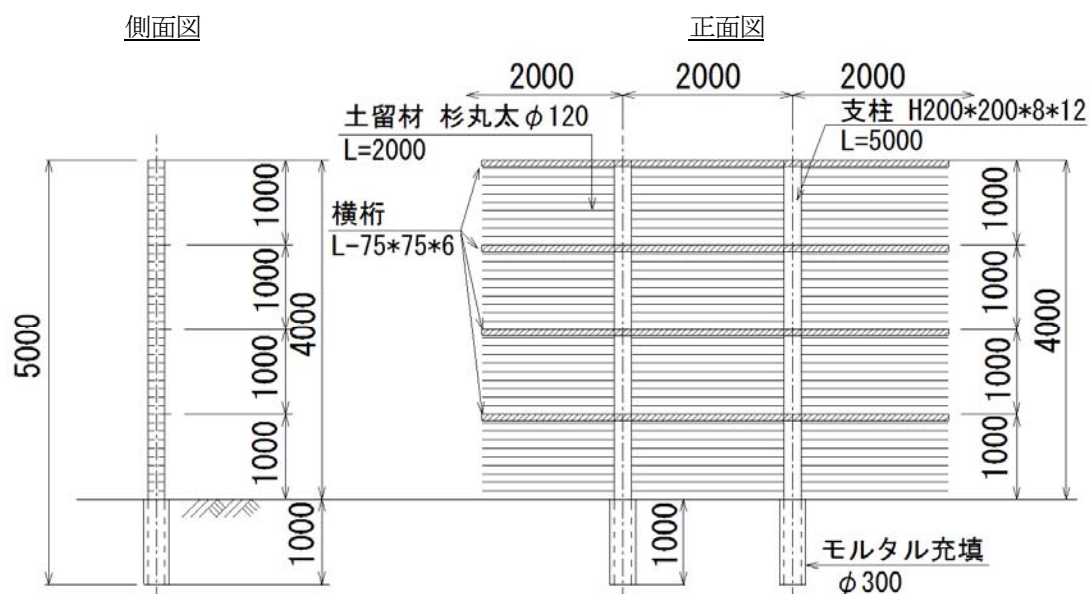


図-13-Ⅲ-14 切土（発破）防護柵（標準図）

切土（発破）防護柵の土留材については、一般的に木材と鋼材が使用されており、表-13-Ⅲ-3 の特徴に留意し材料の選択を行うこと。

表-13-Ⅲ-3 土留材の特徴

	木材（丸太・木矢板）	鋼材（鋼矢板）
入手しやすさ	山岳地などで少量の場合は、鋼材より容易に入手できる場合がある	一般的に入手しやすい
施工性	落とし込みなので、作業は簡単であるが、材料が重たいので、大型重機が必要であるため、比較的広いヤードが必要	ボルト締めや溶接が必要であるため、作業は複雑であるが、軽量なので、比較的小型重機で施工可能
施工後の処理	撤去後に木材の処分場所が近隣に必要	処分等は不要

2) 切土（発破）防護柵設計計算例

切土（発破）防護柵の設計は、「落石対策便覧（平成 12 年 6 月）日本道路協会」（以下、「便覧」という。）に準拠して行うものとするが、基礎工の設計手法が明確に記載されていない。このため基礎工に関しては、「落石対策技術マニュアル（平成 11 年 3 月）鉄道総合技術研究所」（以下、「マニュアル」という。）に準拠した。

(1) 設計条件

本計算は、「落石対策便覧（平成 12 年 6 月）日本道路協会」、「落石対策技術マニュアル（平成 11 年 3 月）鉄道総合研究所」を参考にして計算する。

① 落石の条件

- a) 落石（岩・石材）の形状 : 丸状 150 (mm)
- b) 落石（岩・石材）の単位体積重量 : $\gamma=26.0$ (kN/m³)
- c) 落石の跳躍量（便覧 P.151 より） : $h_1=2.00$ (m)
- d) 落石（岩・石材）の想定落下高さ : $H=8.00$ (m)

② 落石防護柵の条件

- a) 支柱（杭）の規格 : H-200×200×8×12(SS400 相当)
- b) 防護柵の高さ : $h=4.00$ (m)
- c) 支柱（杭）材の設置間隔 : $L=2.00$ (m)
- d) 平場の幅（杭材～斜面法尻） : $L_1=0.00$ (m)
- e) 防護壁材の形状寸法 : 杉丸太（ $\phi 120$ ）

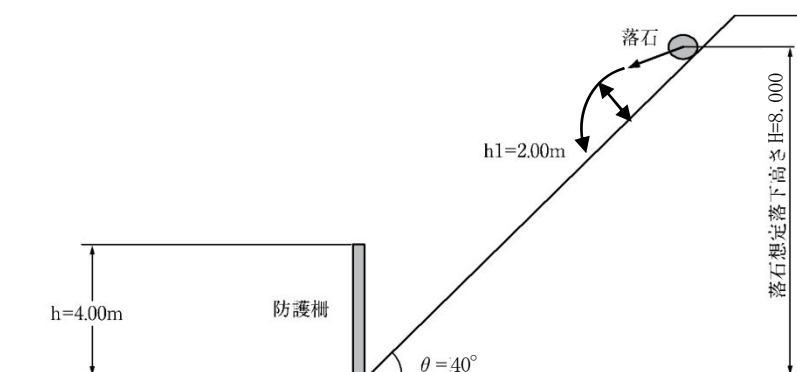


図-13-Ⅲ-15 検討断面図

表-13-Ⅲ-4 斜面の種類と等価摩擦係数

区分	落石および斜面の特性	設計に用いる μ	実験から得られる μ の範囲
A	軟岩、丸状：凹凸小、立木なし	0.05	0～0.1
B	軟岩、角状～丸状：凹凸中～大、立木なし	0.15	0.11～0.2
C	土砂、崖すい、丸状～角状：凹凸小～中、立木なし	0.25	0.21～0.3
D	崖すい・巨礫まじり崖すい、角状：凹凸中～大、立木なし～あり	0.35	0.31～

(2) 落石防護柵の高さ

落石防止柵に落石が当たる高さは、落石の跳躍量から決定される。

斜面から直角に測った落石跳躍高さ h_1 として、斜面勾配が θ の場合の落石防護柵の必要高さ h は次のようになる。(便覧 p. 149)

① 平場が無い場合

$$h > h_1 \cdot \sec \theta$$

② 幅 L の平場がある場合

a) $0 < L_1 < (h_1 \cdot \sec \theta - h_1) \cdot \cot \theta$ のとき

$$h > h_1 \cdot \sec \theta - L_1 \cdot \tan \theta$$

b) $L_1 > (h_1 \cdot \sec \theta - h_1) \cdot \cot \theta$ のとき

$$h > h_1$$

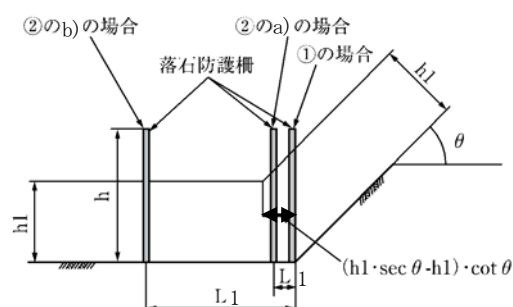


図-13-Ⅲ-16 落石の跳躍高の計算条件 (参考)

このとき、落石跳躍量は「便覧 p. 149」に「斜面の凹凸が大きい場合を除いて一般的に2m以下であり、標準としては $h_1=2.0\text{m}$ とする。」と記載されているため、今回は「2m」を採用する。

ここでは、「① 平場が無い場合」として、計算を行う。

$$h > h_1 \cdot \sec \theta = 2.000 \times \sec 40.0^\circ = 2.611 (\text{m})$$

$$h_1 = 2.000 (\text{m})$$

$$\theta = 40.0 (^\circ)$$

「便覧 p. 149～p. 151」において、「落石が柵天端に衝突した場合、落石の回転等により柵を飛び出す現象も考えられるので、最低柵高の1/2程度の余裕高さを設けるのがよい。」とされている。したがって、柵の高さは下記のとおり設定する。

$$\text{余裕高さは、} h_2 = 1/2 \times 2.611 = 1.306 (\text{m})$$

$$\text{全柵高さは、} h = 2.611 + 1.306 = 3.917 (\text{m}) \text{ 以上}$$

$$\therefore H = 4.00 (\text{m}) \text{ とする。}$$

(3) 落石のエネルギー

落石の防止柵位置での落石エネルギーは、次式(便覧 p. 19)により計算する。

$$E = (1 + \beta) (1 - \mu / \tan \theta) \cdot W \cdot H$$

$$\text{ただし、} (1 + \beta) (1 - \mu / \tan \theta) \leq 1$$

$$\beta : \text{回転エネルギー係数} = 0.10 (\text{便覧 p. 19 より})$$

$$\mu : \text{等価摩擦係数} = 0.15 (\text{表-13-Ⅲ-4 の区分 B})$$

$$H : \text{石の落下高さ (m)} = 8.0\text{m}$$

$$\theta : \text{斜面勾配 (度)} = 40^\circ$$

W：落石重量

$$=4/3 \times \pi \times (0.15/2)^3 \times 26.0 = 0.046 \text{ (kN)}$$

したがって落石エネルギーは、以下のように算出できる。

$$\begin{aligned} E &= (1+\beta) \times (1-\mu / \tan \theta) \times W \times H \\ &= 0.903 \times 0.046 \times 8.000 \\ &= 0.332 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \end{aligned}$$

ここに、

$$(1+\beta) \times (1-\mu / \tan \theta) = (1+0.10) \times (1-0.15 / \tan 40^\circ) = 0.903 \leq 1.0$$

(4) 支柱の可能吸収エネルギー

使用部材：H-200×200×8×12(SS400 相当)

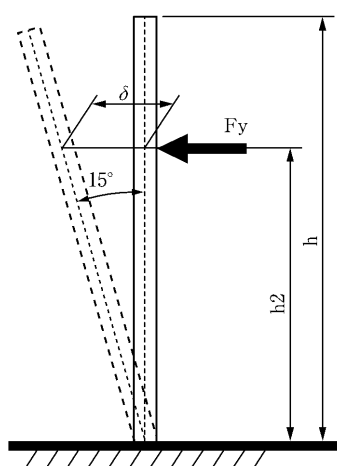


図-13-Ⅲ-17 支柱最大変位角度

落石が支柱の中間に当たった場合の支柱の可能吸収エネルギーを算出する。

支柱の下端が、塑性ヒンジを形成するために必要な反力 F_y は、便覧 p. 155 式(5-16)より以下のとおり算出する。

$$\begin{aligned} F_y &= \frac{M_o}{h/2} = \frac{\sigma_y \cdot Z}{h/2} \\ &= \frac{235000 \times 0.000472}{2.667} \\ &= 41.590 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned} \sigma_y &= \text{H形鋼材の降伏点応力度} = 235000 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ Z &= \text{H形鋼材の断面係数} = 0.000472 \text{ (m}^3\text{)} \\ h &= \text{H鋼支柱のGLからの高さ} = 4.000 \text{ (m)} \\ h/2 &= \text{作用点高さ} = h \times 2/3 = 2.667 \text{ (m)} \\ \theta/2 &= \text{最大変位角度} = 15.0 \text{ (度)} \end{aligned}$$

支柱（2本分）の吸収エネルギー（EP）は、便覧 p. 155 式(5-17)より以下のとおり算出する。

$$\begin{aligned} E_P &= 2 \times F_y \times \delta \\ &= 2 \times F_y \times h/2 \cdot \tan \theta/2 \\ &= 0.54 \cdot F_y \cdot h \\ &= 0.54 \times 41.590 \times 2.667 \\ &= 59.897 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \geq 0.332 \text{ (kN}\cdot\text{m)} \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

落石エネルギー

(5) 落石の換算衝撃力 (Pr) の計算

換算衝撃力 (Pr) は、鋼材倶楽部の推定式(便覧 p. 269、マニュアル p. 141)により算出する。

$$Pr = W/g \cdot \alpha$$

ここに、Pr：衝撃力

W：落石の重量=0.046kN

g：重力加速度=9.80665m/sec²

α：衝突加速度

衝突加速度 α は図-13-III-18 より導かれた以下の式より求める。

$$\begin{aligned}\alpha &= (4H_0+10) \cdot g \\ &= (4 \times 7.217+10) \times 9.80665 \\ &= 381.165\end{aligned}$$

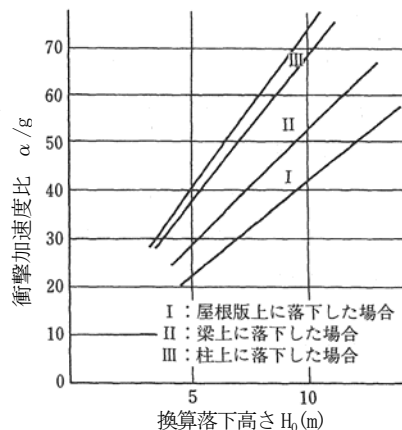
H₀：換算自由落下は以下の式より求める

$$H_0 = \frac{Et}{W} = \frac{0.332}{0.046} = 7.217 \text{ m}$$

Et：落石のエネルギー=0.332 kN・m

換算衝撃力 (Pr) は、

$$Pr = 0.046/9.80665 \times 381.165 = 1.788 \text{ kN}$$



※「便覧」の図-2-5を加筆修正

図-13-III-18 落下高さと衝撃加速度

(6) 土留材の計算[杉丸太 (φ120)]

防護壁材は、支柱 (H形鋼など) のフランジを支点とする単純ばりとして計算する。検討内容は、落石が衝突した場合を考える。

① 落石が衝突した場合によるもの

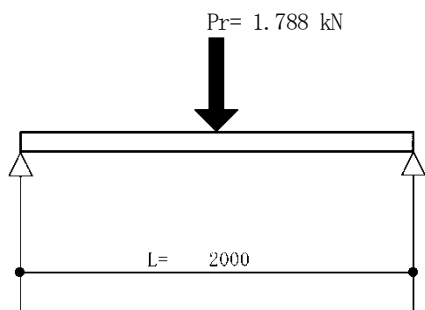


図-13-III-19 土留材設計計算モデル図

表-13-III-5 土留材許容応力度 (N/mm²)

土留材の種類		許容応力度		
		圧縮	引張、曲げ	せん断
木材	針葉樹	12.0	13.5	1.05
	あかまつ、くろまつ、からまつ、ひば、ひのき、つが、すず、もみ、えぞまつ、とどまつ、べいすぎ、べいつが	9.0	10.5	0.75
	広葉樹	13.5	19.5	2.10
	かし、くり、なら、ぶな、けやき	10.5	15.0	1.50
鋼	SY295	270.0	270.0	-
	SY390	355.0	355.0	-
	軽量鋼矢板	210.0	210.0	-

「道路土工-仮設構造物工指針-(平成11年3月) 2-6 許容応力度」

曲げモーメント

$$M_{max} = \frac{Pr \cdot L}{4} = \frac{1.788 \times 2.00}{4} = 0.894 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

② 応力度

使用部材：杉丸太 (φ120)

断面係数 Z：169.6 (cm³)

許容曲げ応力度：10.5 (N/mm²)

曲げ応力度

$$\sigma_b = \frac{M_{max}}{Z} = \frac{0.894 \times 1000000}{169.6 \times 1000} = 5.271 \text{ (N/mm}^2\text{)} \leq 10.5 \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots \text{OK}$$

③ 結果

以上により、土留材は 杉丸太 (φ120) を使用する。

(7) 基礎工の計算

基礎工は、「落石対策技術マニュアル（平成 11 年 3 月）鉄道総合技術研究所」を準拠して計算する。

上記マニュアルでは、切土（発破）防護柵に作用する荷重が常時作用するものではなく、衝撃的なものであることを考慮して、以下の条件で行うこととしている。

- ・原則として水平、鉛直に関する検討は省略し、転倒に関してのみ検討する。
- ・転倒に関する検討は、防護柵の特殊性を考慮し、基礎底面における合力の偏心量による方法ではなく、落石作用時の受働土圧によるモーメントでの検討方法を用いる。

① 防護柵支柱に作用する落石の衝撃力

支柱から伝達される落石の衝撃力を設計荷重として基礎工を検討する。

設計荷重は、前項の「(5) 落石の換算衝撃力 (Pr) の計算」で算出した衝撃力を用いる事とする。

落石の衝突条件として、落石が支柱の中間にあたる場合は 2 本の支柱が塑性変形し、支柱に直接あたる場合は 3 本の支柱が塑性変形すると考えており、落石が支柱の中間にあたった場合の方が可能吸収エネルギーが小さいので、この状態について設計計算を行うこととする。(便覧 p. 152～153、表 5-8 参照)

支柱の中間にあたる場合のため、支柱への作用する荷重は

$$\begin{aligned} H &= P_r / 2 \\ &= 1.788 / 2 = 0.894 \text{ (kN)} \\ \text{作用位置: } h_2 &= 2.667 \text{ m} \\ M &= H \cdot h_2 \\ &= 0.894 \times 2.667 = 2.384 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

② 作用力の計算

$$\begin{aligned} M: \text{曲げモーメント} &= 2.384 \text{ (kN} \cdot \text{m)} \\ H: \text{水平力} &= 0.894 \text{ (kN)} \\ D: \text{基礎の直径} &= 0.300 \text{ (m)} \\ D_f: \text{基礎の根入れ長} &= 1.000 \text{ (m)} \\ \gamma_c: \text{基礎の単位体積重量} &= 23.0 \text{ (kN/m}^3\text{)} \\ l: \text{支柱間隔} &= 2.000 \text{ (m)} \\ \phi: \text{支持地盤の内部摩擦角} &= 35^\circ \\ C: \text{支持地盤の粘着力} &= 0 \text{ (kN/m}^2\text{)} \\ \gamma_s: \text{支持地盤の単位体積重量} &= 20.0 \text{ (kN/m}^3\text{)} \\ \beta: \text{地表面の傾斜角} &= 0^\circ \\ O: \text{基礎の回転中心} \end{aligned}$$

l_0 : 基礎上面からの回転中心までの深さ (m)

α : 抵抗土圧の割増係数

$$D_f / D \geq 4 \text{ の場合 } \alpha = 2.5$$

$$D_f / D < 4 \text{ の場合 } \alpha = 1 + 1.5 D_f / (4 \cdot D)$$

$$\text{このため、} \alpha = 1 + 1.5 \times 1.000 / (4 \times 0.300) = 2.250$$

K_{P1}, K_{P2} : 基礎前面、背面の受働土圧係数

$$K_{P1} = K_{P2} = \cos^2 \phi / \left[1 - \sqrt{\sin \phi \cdot \sin (\phi + \beta) / \cos \beta} \right]^2$$

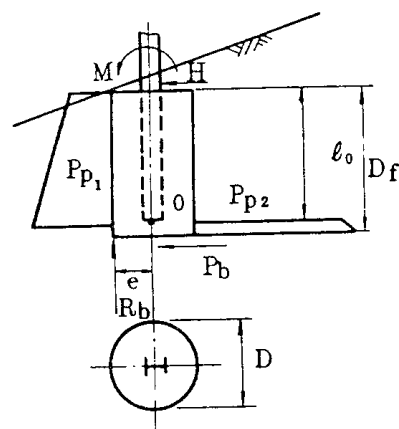


図-13-III-20 円柱基礎への作用力

$$= \cos^2 35^\circ \left/ \left[1 - \sqrt{\sin 35^\circ \cdot \sin (35^\circ + 0^\circ) / \cos 0^\circ} \right] \right.^2$$

$$= 3.690$$

Z_0 : 受働土圧における粘性土の自立高さ

$$Z_0 = (2 \cdot C / \gamma_s) \cdot \tan(45^\circ - \phi/2)$$

$$= (2 \times 0 / 20.0) \times \tan(45^\circ - 35^\circ / 2) = 0.000 \text{ (m)}$$

P_b : 基礎底面の水平反力 ※ $D_f/D < 4$ の場合のみ考慮する

基礎底面の鉛直反力 R_b は基礎の重量 N_0 と等しく、底面に作用する合力の作用位置も外縁とする。また、底面における地盤と構造物の摩擦角 δ は地盤の内部摩擦角 ϕ とすると

$$R_b = N_0 = \gamma_c \cdot \pi / 4 \cdot D^2 \cdot D_f$$

$$= 23.0 \times \pi / 4 \times 0.300^2 \times 1.000 = 1.626 \text{ (kN)}$$

$$e = D/2$$

$$= 0.300/2 = 0.150 \text{ m}$$

$$P_b = R_b \cdot \tan \delta$$

$$= 1.626 \times \tan 35^\circ = 1.139 \text{ (kN)}$$

③ 安定計算

水平力の釣り合いから

$$H - P_{p1} + P_{p2} + P_b = 0$$

$$l_0 = -Z_0 + \sqrt{Z_0^2 + \frac{K_{p2} \cdot (D_f + 2Z_0) \cdot D_f}{(K_{p1} + K_{p2})} + \frac{2(H + P_b)}{\gamma_s \cdot \alpha D (K_{p1} + K_{p2})}}$$

$$= 0 + \sqrt{0 + \frac{3.690 \times (1.00 + 2 \times 0) \times 1.00}{(3.690 + 3.690)} + \frac{2 \times (0.894 + 1.139)}{20.0 \times 2.250 \times 0.300 \times (3.690 + 3.690)}}$$

$$= 0.735 \text{ (m)}$$

O点における荷重によるモーメント： M_0 と極限抵抗モーメント： M_R から安全率： F_s を求める。

$$M_0 = M + H \cdot l_0 = 2.384 + 0.894 \times 0.735 = 3.041 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$M_R = 1/6 \cdot \gamma_s \alpha D \left\{ K_{p1} (l_0 + 3Z_0) l_0^2 + K_{p2} (l_0 + 2D_f + 3Z_0) (D_f - l_0)^2 \right\}$$

$$+ 1/2 \cdot R_b \cdot D + P_b (D_f - l_0)$$

$$= 1/6 \times 20.0 \times 2.25 \times 0.300 \left\{ 3.690 (0.735 + 3 \times 0) \times 0.735^2 \right.$$

$$+ 3.690 (0.735 + 2 \times 1.000 + 3 \times 0) (1.000 - 0.735)^2 \left. \right\}$$

$$+ 1/2 \times 1.626 \times 0.300 \times 1.139 \times (1.000 - 0.735)$$

$$= 5.437 \text{ (kN} \cdot \text{m)}$$

$$F_s = M_R / M_0$$

$$= 5.437 / 3.041$$

$$= 1.788 > 1.2 \dots \text{OK}$$

以上より、基礎の根入れ長 D_f は「1.000m」とする。

13-3 仮設構造物

13-3-1 仮設材の条件明示

鋼矢板、H鋼杭、山留材などの仮設材は、一般的には同一工事で設置撤去を行うものの、工事によっては、設置撤去数量が同一とならない場合があることから、仮設材の数量については、①設置、②撤去（賃料）、③撤去（スクラップ）、④埋設、⑤残置、⑥残置撤去に区分して図-13-Ⅲ-21 のように明示するものとする。

名称	規格	単位	数量	設置質量(t)		埋設(全損) (t)	残置() (t)	残置撤去() (t)	切断後の撤去部長さ、 切断箇所数	摘要
				(賃料)	(スクラップ)					
鋼矢板	Ⅳ型 L=○.○m	枚								
	合 計	枚								
	Ⅲ型 L=○.○m	枚								
	Ⅲ型 L=○.○m	枚								
	合 計	枚								
中間杭	H-300×300×10×15 L=○.○m	本							L=○.○m 切断○箇所	
	H-300×300×10×15 L=○.○m	本							L=○.○m 切断○箇所	
	合 計	本								

1式当り

名称		規格	数量質量 (t)	設置質量(t)		埋設(全損) (t)	残置() (t)	残置撤去() (t)	切断後の撤去部長さ、 切断箇所数	摘要
				(賃料)	(スクラップ)					
切梁・腹起	主部材	切梁 H-400								
		H-350								
		腹起 H-400								
		H-300								
		火打 H-300								
	小 計									
	副部材(A)		1()							
	副部材(B)		1()							
	合 計									

1式当り

図-13-Ⅲ-21 仮設材の図面への条件明示（参考）

【解説】

仮設材の区分は以下による。

- ① 設置…当該工事で設置する数量。

従って、①設置＝②撤去（賃料）＋③撤去（スクラップ）＋④埋設＋⑤残置となる。

- ② 撤去（賃料）、③撤去（スクラップ）…当該工事で設置した仮設材を撤去する数量

なお、賃料とスクラップの区分は、表-13-Ⅲ-6 に示す仮設材のスクラップ長に基づき、撤去時の長さで判断すること。

表-13-Ⅲ-6 仮設材のスクラップ長

(単位：m)

品名	規格	標準長	スクラップ長	備考
鋼矢板	SP-2	4 以上～8 以下	4 未満	
	3	6 ～15	5	
	4	13 ～20	8	
	5L	15 ～22	9	
軽量鋼矢板	LSP-1	2.5 ～5	2.5	
	2	2.5 ～5	2.5	
	3	2.5 ～5	2.5	
H 形鋼 (杭材)	H-200	4 ～8	4	
	250	6 ～12	4	
	300	8 ～16	5	
	350	10 ～18	6	
	400	10 ～18	6	
	594	7 ～9	7	
鋼製山留材 (主部材)	H-250	3 ～7	3	
	300	3 ～7	3	
	350	3 ～7	3	
	400	3 ～7	3	

④埋設…当該工事で設置した仮設材を埋設し、将来的にも存置させる数量。埋設する事例として、図-13-Ⅲ-22 に示すように土留壁を引抜くと近接する既設構造物に影響が生じるため、埋設する場合がある。なお、埋設する場合でも路面下1.5m 以上は切断撤去する事が望ましい。

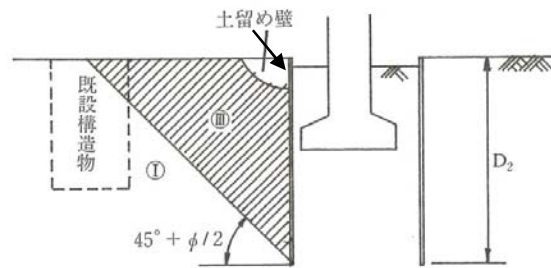


図-13-Ⅲ-22 土留壁を引抜く場合の影響範囲

⑤残置…当該工事で設置した仮設材を埋設する数量。但し埋設と異なるのは将来的に撤去するもの。残置する事例として、図-13-Ⅲ-23 に示すように次工事で引き続き油圧圧入機により鋼矢板を施工する場合、反力架台として残しておくものであり、反力架台としての役割を終えれば撤去する。



図-13-Ⅲ-23 反力架台として残置矢板を使用する例

⑥残置撤去…上記⑤残置で残置したものを別工事で撤去する数量。

13-3-2 土留め・締切

1) 生材・加工材の使用区分

生材と加工材の使用区分は、表-13-Ⅲ-7 による。

表-13-Ⅲ-7 仮設材の使用区分

項目 \ 用途	切梁・腹起し	親杭
設計計算	加工材	生材
質量算出	加工材	生材
賃料計算	加工材	生材

2) H型鋼の断面性能、断面特性

生材と加工材の断面性能等は、表-13-Ⅲ-8 による。

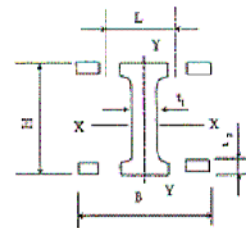
表-13-III-8 H型鋼の断面性能、断面特性

規格 $H \times B \times t_1 \times t_2$ W: 単位質量	孔の位置 (mm)	A (cm^2)	I_x (cm^4)	I_y (cm^4)	i_x (cm)	i_y (cm)	Z_x (cm^3)	Z_y (cm^3)	備考
H200×200×8×12 生 材: W=49.9kg/m 加工材: W=55.0kg/m	生 材 L=100	63.5 51.5	4720 3660	1600 1300	8.62 8.43	5.02 5.02	472 366	160 130	
H250×250×9×14 生 材: W=71.8kg/m 加工材: W=80.0kg/m	生 材 L=150	91.4 78.1	10700 8850	3650 2860	10.8 10.6	6.32 6.05	860 708	292 229	
H300×300×10×15 生 材: W=93.0kg/m 加工材: W=100.0kg/m	生 材 L=150	118.5 1048	20200 17300	6760 5900	13.1 12.9	7.55 7.51	1350 1150	450 394	
H350×350×12×19 生 材: W=135.0kg/m 加工材: W=150.0kg/m	生 材 L=150	171.9 154.9	39800 35000	13600 12500	15.2 15.1	8.89 8.99	2280 2000	776 716	
H400×400×13×21 生 材: W=172.0kg/m 加工材: W=200.0kg/m 加工材: W=200.0kg/m	生 材 L=150 L=200	218.7 197.7 197.7	66600 59000 59000	22400 21200 20300	17.5 17.3 17.3	10.1 10.4 10.1	3330 2950 2950	1120 1060 1010	#

注) 1. ボルトの孔径は、25mm とする。

2. #印の数値は、詳細設計時に使用の数値する。

3. 規格、孔の数値等は、次図による。



3) 仮設材の盛り替え

図-13-III-24 に示すように、仮設材が、構造物と重複する場合、図-13-III-25(a)に示すように仮設材を構造物へ埋設するのではなく、(b)に示すように仮設材を盛り替えて、構造物への仮設材の埋設は行わないものとする。

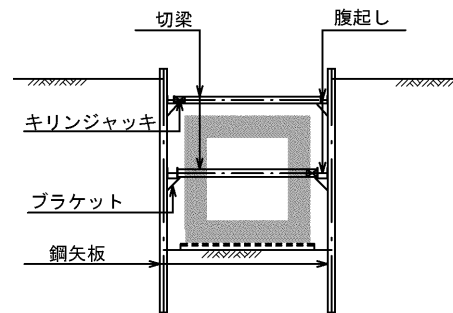
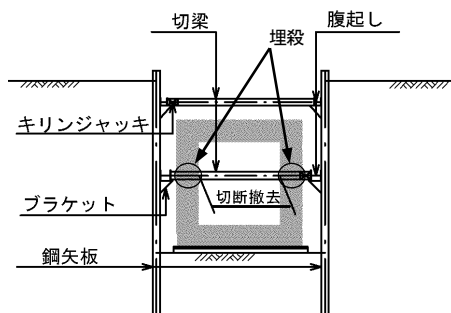
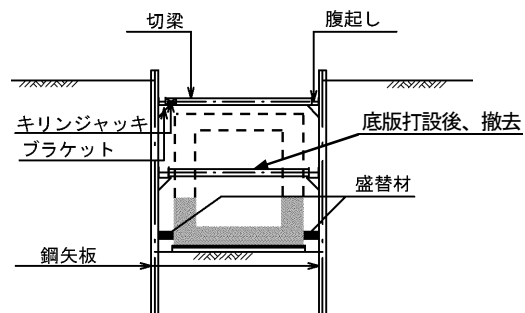


図-13-III-24 仮設材が構造物と重複する例



(a) 仮設材を埋設する方法



(b) 仮設材を盛り替える方法

図-13-III-25 仮設材の盛り替え

4) 構造細目

(1) 仮設材料

- ① 鋼矢板は、Ⅲ型以上を使用するものとし、長さは、必要長さを 0.5m 単位に切上げたものとする。
- ② 隣接して噛み合わせる鋼矢板の種類は、同ランクまたは 1 ランク違いまでとし、2 ランク以上異なる場合は、低いランク側の鋼矢板 1 枚の種類を代えて調整するものとする。
- ③ 土留杭は、H-300 以上を使用するものとし、長さは、必要長さを 0.5m 単位に切上げたものとする。また、土留板は、 $t=3\text{cm}$ 以上とする。
- ④ 切梁、腹起、火打、及び覆工受桁は、H-300 以上を使用するものとし、長さは 1 cm 単位とする。
- ⑤ 仮設構造物に使用する仮設材料は、下記を標準とする。ただし、地域条件を考慮し、幅広鋼矢板の使用も検討する。なお、SMW 工法等については、別途決定する。

表-13-Ⅲ-9 仮設材料

種 類	規 格	摘 要
鋼矢板	Ⅲ型、Ⅳ型、Ⅴ型	
土留杭	H-300×300×10×15 H-350×350×12×19 H-400×400×13×21	断面性能等は、「生材」 SMW 芯材はこの限りでない
切梁、腹起、 火打	H-300×300×10×15 H-350×350×12×19 H-400×400×13×21 H-500×500×25×25	断面性能等は、「加工材」
水平垂直継材	L-130×130×12	
覆工受桁	H-300×300×10×15 H-350×350×12×19 H-400×400×13×21 H-594×302×14×23 H-700×300×13×24 H-800×300×14×26	断面性能等は、「生材」
受桁受材	[-300× 90× 9×13 [-300×90×10×15.5 [-300× 90×12×16 [-380×100×10.5×16 [-380×100×13×20 [-300×90×10×15.5	
覆工受桁継材	L-90×90×7	
覆工止形鋼	[-200×80×7.5×11	
木製盛替材	末口 13cm、15cm、18cm	
鋼製盛替材	10 t (L=3.665~5.070m、69.4kg/本) 13 t (L=2.665~4.070m、58.1kg/本) 15 t (L=1.865~3.270m、49.1kg/本)	強力サポート
土留板	$t=3\text{cm}$ 以上	
覆工板 (3m×1m), (2m×1m)	鋼製 $t=200$ 鋼製 (スベリ留加工) $t=230$	

(2) 切梁・腹起

- ① 切梁の水平間隔は 3~5m の範囲で計画するものとし、資材投入等の施工性を考慮し、覆工受桁も含め、その配置を合わせるように計画する事を標準とする。
- ② 切梁・腹起に使用する材料は「13-3-2 4) 構造細目」に規定したものをを用いるものとし、断面が不足する場合は、二段に配置する等して対応するものとする。

(3) 鋼矢板等の残置について

鋼矢板等を道路に残置する事は、原則として行わないものとするが、やむを得ず行う場合でも、最低道路面から 1.5m の深さまでは撤去するものとする。

【解説】

建設工事公衆災害防止対策要綱（建設省技調発第 1 号、平成 5 年 1 月 12 日）によれば、『掘削の深さが 1.5 メートルを超える場合には、原則として、土留工を施すものとする。』と規定されて

おり、土留工なしでできる掘削は1.5m までとなる。

従って、鋼矢板等を撤去する場合、一旦「土留工なし」の状態が発生することから、土留め工なしで最大施工できる1.5m までの鋼矢板等を撤去する事としたものである。

5) 掘削深さが浅い場合の土留工

施工ヤードが広く、一般交通の安全が確保されて、オープン掘削が可能な場合を除き、下記に示す土留めを設置するものとする。

- (1) 深さが1.0m を超え～1.5m 以下の掘削をする場合は、図-13-Ⅲ-26 に示す簡易土留を計上する事を標準とする。但し、指定仮設とせず任意仮設として取り扱うものとする。

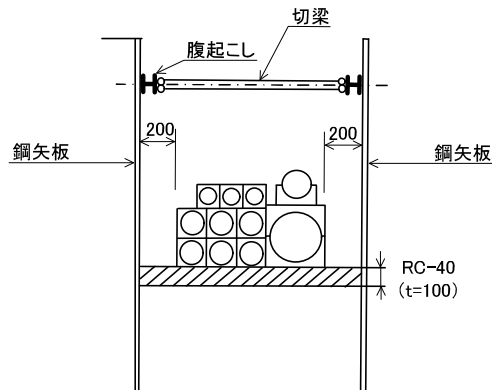


図-13-Ⅲ-26 土留工（参考）

- (2) 深さが1.5m を超え、4.0m 以下の掘削をする場合は、掘削内部へ作業員が入らずに施工できる土留め工を設置するものとし、指定仮設として取り扱うものとする。
- (3) 深さが4.0m を超える掘削をする場合は、H-300 以上の土留め杭またはⅢ型以上の鋼矢板を用いて土留め工を設置するものとし、指定仮設として取り扱うものとする。

13-4 コンクリートのひび割れ調査^{5) 6)}

13-4-1 適用範囲

コンクリートのひび割れに関する調査から補修・補強に至る一般的な手順は、図-13-Ⅲ-27 に示すとおりであるが、この内本項は、施工直後から構造物供用前までの初期ひび割れ等に関する現場における初動に関して規定するものであり、原因推定・判定・補修補強に関しては、別途「コンクリート標準示方書 2013 年制定 維持管理編（土木学会）」、「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2013-（日本コンクリート工学会）」を参考とされたい。

また、長期にわたって発生するコンクリートの劣化についても対象外とする。

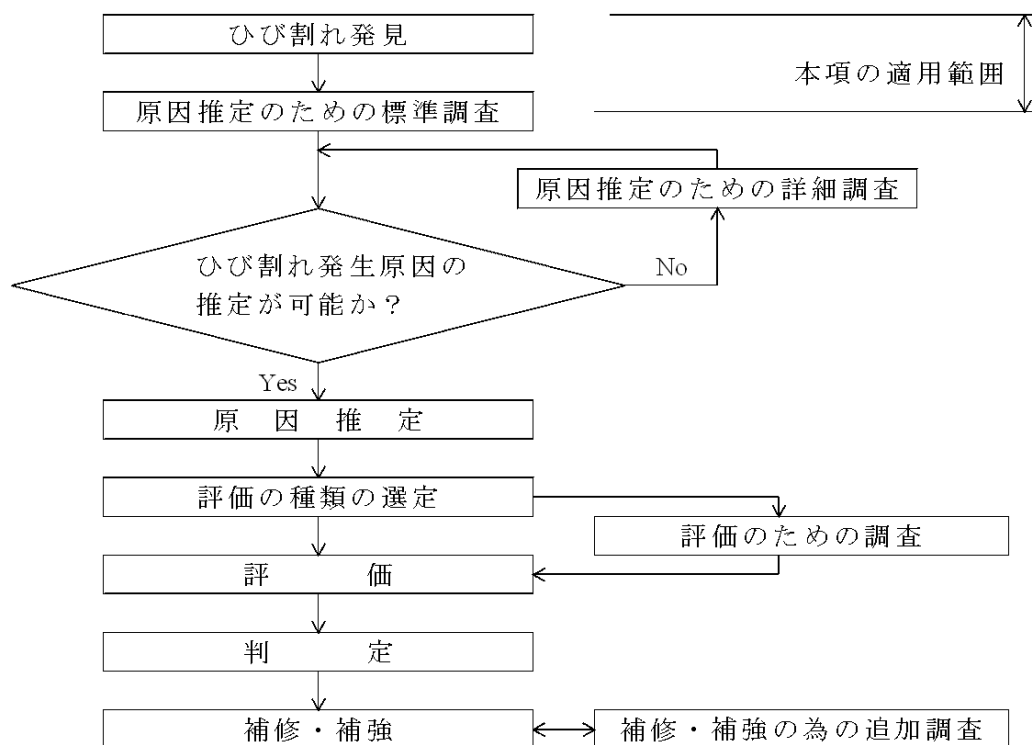


図-13-Ⅲ-27 ひび割れ調査の一般的手順

13-4-2 現場におけるひび割れ調査

1) 調査項目

ひび割れを発見したら、ひび割れの状況とそのひび割れが進行性のものであるか否かの把握、ひび割れ発生原因の推定、対策の要否判定や対策選定のために必要な調査を実施しなければならない。

- (1) 現場条件、環境条件
- (2) ひび割れの発生時期
- (3) ひび割れの発生位置
- ※(4) ひび割れの発生範囲
- (5) ひび割れの発生方向および発生パターン
- (6) ひび割れからの錆汁の溶出の有無
- (7) ひび割れの貫通の有無
- (8) ひび割れの段差の有無
- ※(9) ひび割れ幅
- ※(10) ひび割れの深さ
- ※(11) ひび割れの長さ（総延長）や本数（密度）

※：経時変化を調査する項目

【解説】

(ア) ひび割れ調査は、単にひび割れの有無を調査するだけでなく、『【参考】初期材令で生じやすいひび割れの主な例』に示すように、ひび割れの時期や形態などまでを調査する事により、発生原因を推定するための有力な情報となり、ひいては有効な対策の選定を行うための基礎資料となることを認識して調査する必要がある。

但し、現場で調査するためには、高所であれば足場が必要となるなど制約も多いため、必ずしも必要な調査ができないことがあるが、最近ではデジタルカメラを活用した新技術等が多数あるので、これらの活用も視野におく必要がある。

(イ) ひび割れ調査で、経時変化を調査する目的は、下表に示すように「進行性でないひび割れ」であれば、『ひび割れに対する補修により性能を回復させる事が可能な場合が多い』のに対し、「進行性のひび割れ」では、『ひび割れだけを補修し、根本的な原因を排除できていない場合は十分な補修効果を得ることは困難』とされており、補修の対策方針を立案する上で重要な要素であることを認識して調査する必要がある。

表-13-Ⅲ-10 ひび割れの種類と対策方法

ひび割れの種類	原因	対策の方針	対策工法
進行性でないひび割れ	水和熱，乾燥収縮等	ひび割れに対する補修により性能を回復させることが可能な場合が多い	ひび割れ補修工法 表面被覆工法
進行性のひび割れ	中性化，塩害，凍害，化学的侵食，アルカリシリカ反応，疲労のいずれか	劣化機構に応じた対策を検討することが必要	断面修復工法，電気化学的防食工法等
	上記に該当しない劣化機構，たとえば，エトリンガイトの遅延生成，低品質な骨材に起因するひび割れ等	劣化機構に応じた対策を検討することが必要	断面修復工法等 最新の研究成果等を参考に適切な対策を実施
構造上のひび割れ	外力の作用，不適切な設計・施工等	補強も含めて検討することが必要	増厚工法，増設工法，プレストレス導入工法，接着工法等

2) ひび割れの測定方法

現場で行う測定方法は、以下のとおりとする。

(1) ひび割れ幅の測定

ひび割れ幅の測定は、図-13-Ⅲ-28に示すクラックスケールを用いて簡単に測定できるが、1本のひび割れに対し、どこをどの様に測定すべきかが問題となるが、一般的に最大のひび割れ幅に着目すれば良い。

また、経時的な変化を測定するのであれば、測定場所をマーキングしておくことが必要となる。



図-13-Ⅲ-28 クラックスケール

(2) ひび割れの進展

ひび割れが発生時からその後進展するか否か、または時期的な変動があるか否かはひび割れの原因推定や補修・補強方法選定の上で重要であり、現場で行う場合、ひび割れ先端位置を記録する方法が考えられる。



図-13-Ⅲ-29 進展に関する測定方法

【参考】

表-13-Ⅲ-11 初期材令で生じやすいひび割れ等の特徴(1/3)

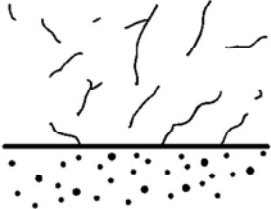
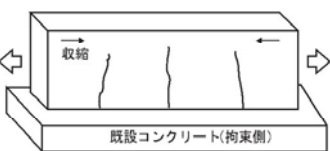
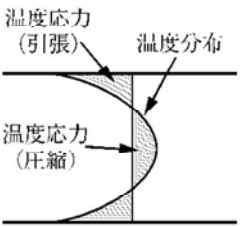
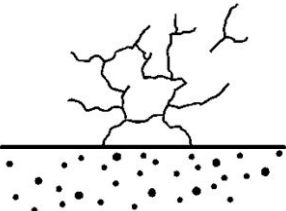
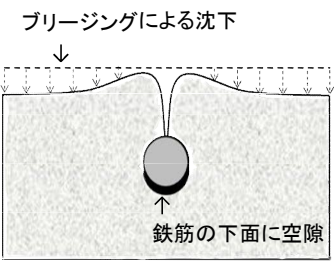
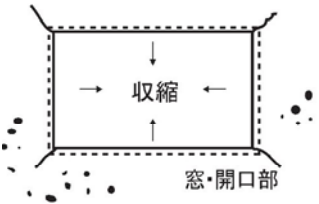
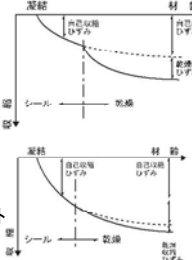
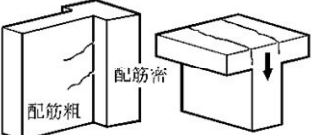
No.	1	2	3
原因	セメントの異常凝結	セメントの水和熱(外部拘束)	セメントの水和熱(内部拘束)
参考図			
特徴	風化したセメントや焼成して間もない高温のセメントを用いると、セメントが異常凝結を起こし、幅が大きく、短いひび割れが比較的早期に不規則に発生する	先打ちコンクリートや岩盤上にコンクリートを打設すると、コンクリートの収縮がこれらによって外部拘束されることによって発生する	マッシブな部材では、セメントの水和反応により部材表面温度は大気への放熱により内部温度に比べ低く、内外で温度差が生じ、これにより部材表面に引張応力が発生し、ひび割れが発生する
No.	4	5	6
原因	骨材に含まれる泥分	コンクリートの沈下・ブリージング	コンクリートの乾燥収縮
参考図			
特徴	骨材に含まれている泥分が多いと、泥分を含む部分が局部的に多量の水分を含むため、コンクリートが乾燥するにつれて表面に不規則な網目状のひび割れが発生する	コンクリートのブリージングに伴って、鉄筋やセパレータ下面で沈下不均衡によって空隙が発生する	コンクリートは乾燥すると収縮し、鉄筋・鉄骨や接合部材などによって拘束されている場合、壁の開口隅角部や壁面に規則的なパターンで発生する
No.	7	8	9
原因	コンクリートの自己収縮	長時間の練混ぜ	急速な打込み
参考図			
特徴	コンクリートの収縮は、主に水分が蒸発する乾燥収縮とセメントの水和反応により水分が消費される自己収縮があり、高強度コンクリートでは自己収縮が大きくなり、表面に細かいひび割れが発生する	練混ぜから打設までの時間が長いと凝結が始まり、コンクリートの温度上昇やスランプ低下により全面網目状のひび割れが発生する	コンクリートの急速な打ち込みによって、コンクリートが沈降し、部材厚さが違う部分や部材高さが違う部分に発生する

表-13-Ⅲ-11 初期材令で生じやすいひび割れ等の特徴(2/3)

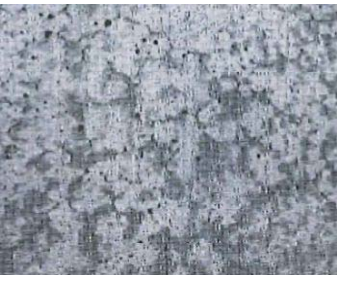
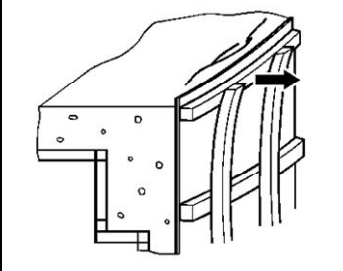
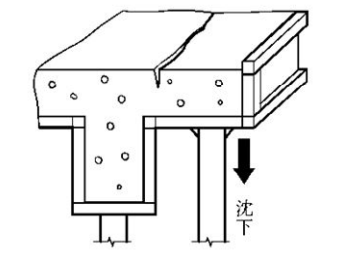
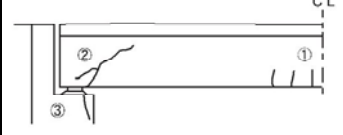
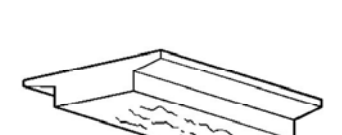
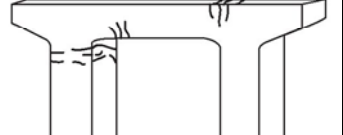
No.	10	11	12
原因	初期養生中の急速な乾燥	初期凍害	かぶり（厚さ）不足
参考図			
特徴	コンクリートの打込み後、まだ十分に硬化していない状態、特に表面仕上げを終了した後に、急速な乾燥を受けると、コンクリート表面に不規則で細かな亀甲状のひび割れが発生する	コンクリートの凝結・硬化過程で1～数回の凍結融解作用を受けて強度低下やひび割れが発生する。外気温が0℃はもちろん、外気温0℃以上でも外気に曝される時や夜間の放射冷却現象でも発生する	鉄筋のかぶり不足によって、鋼材に沿ってひび割れが発生する
No.	13	14	15
原因	型枠のはらみ	支保工の沈下	コールドジョイント
参考図			
特徴	通常フレッシュコンクリートでは型枠には液圧に近い圧力が作用するが、打設速度が大きい、気温が低い、スランプの大きいコンクリートでは、予想外の大きな圧力が型枠に作用し、型枠がはらんでひび割れが入ることがある	支保工の不同沈下により発生する	コンクリートの打重ねの時間間隔が長いと、先に打ったコンクリートと後打ちコンクリートが一体化しない不連続な面が形成される
No.	16	17	18
原因	設計荷重を超える短期荷重	断面・鋼材量不足	構造物の不同沈下
参考図	 ①曲げひび割れ ②せん断ひび割れ ③橋台の斜めひび割れ		
特徴	施工時の重機械等、設計想定していない荷重が載荷された場合に発生する	配力筋不足によって発生することがある	ラーメン形式などの不静定構造物において、視点の不同沈下が生じた場合に発生する

表-13-Ⅲ-11 初期材令で生じやすいひび割れ等の特徴 (3/3)

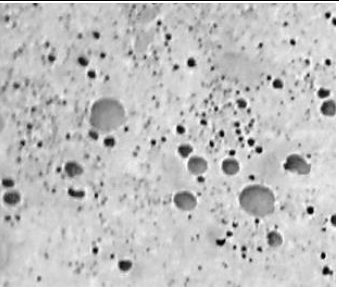
No.	19	20	21
原因	表面はく離	砂すじ	ジャンカ、豆板
参考図			
特徴	表面仕上げのタイミングが早すぎて、ブリージング水によって表面が脆弱になり、剥離する	型枠がしっかりと組み立てられてないと型枠の隙間から水が漏れると発生する	コンクリートを打設するときの材料分離、締固め不足などによって発生し、コンクリートの一部に粗骨材が多く集まってできた空隙の多い不良部分をいう
No.	22	23	
原因	あばた（表面気泡）	ポップアウト	
参考図			
特徴	表面だけを過剰に振動させると表面に気泡が集まりやすくなり発生する。 また、もたれ擁壁の様に表面が傾斜していると気泡が抜けにくくなくても発生する	風化岩や低品質な骨材を使用すると、その部分が吸水膨張を生じ、表層近くでできる円錐状のくぼみ	

表-13-Ⅲ-12 初期材令で生じやすいひび割れ等のひび割れパターンによる分類

No.	原因	発生時期	数時間～1日						数日						数10日以上					
		規則性	有			無			有			無			有			無		
		形態	網目状	表層	貫通	網目状	表層	貫通	網目状	表層	貫通	網目状	表層	貫通	網目状	表層	貫通	網目状	表層	貫通
1	セメントの異常凝結					○														
2	セメントの水和熱(外部拘束)									○										
3	セメントの水和熱(内部拘束)								○											
4	骨材に含まれる泥分										○							○	○	
5	コンクリートの沈下・ブリージング		○																	
6	コンクリートの乾燥収縮														○	○	○			
7	コンクリートの自己収縮								○	○						○	○			
8	長時間の練混ぜ		○	○	○										○	○	○			
9	急速な打ち込み			○			○													
10	初期養生中の急速な乾燥					○	○													
11	初期凍害											○	○					○	○	
12	かぶり(厚さ)不足		○																	
13	型枠のはらみ						○													
14	支保工の沈下			○	○					○										
15	コールドジョイント			○	○		○	○												
16	設計荷重を超える短期的な荷重																○			
17	断面・鋼材量不足									○						○	○			
18	構造物の不同沈下																○			○
19	表面はく離						○													
20	砂すじ						○													
21	ジャンカ、豆板						○													
22	あばた(表面気泡)						○													
23	ポップアウト																		○	

【参考文献】

- 1) 建設省：公共工事の発注における工事安全対策要綱, 建設省技調発 165 号, 1992. 7. 1
- 2) 国土交通省：工事請負契約における設計変更ガイドライン, 2013. 3. 27
- 3) 建設副産物リサイクル広報推進会議：よくわかる建設リサイクル, 2012
- 4) 国土交通省：切土及び発破防護柵工, 建設マネジメント技術, pp41-44, 2009. 12
- 5) 土木学会：コンクリート標準示方書 2013 年制定 維持管理編
- 6) 日本コンクリート工学会：コンクリートのひび割れ調査, 補修・補強指針 -2013-