

土木施工に関する Q & A

QUESTION & ANSWER ON
CONSTRUCTION TECHNOLOGY

土木施工研究委員会第3施工小委員会

The Committee on Construction Technology, Sub Committee 3

土木施工研究委員会（委員長：藤田圭一）第3施工小委員会では土木技術者が現場で遭遇する施工技術，施工管理，仮設設計等に関する問題点を Q（質問）& A（回答）の形で取りあげることにより，施工に携わる学会員へのサービスを行うことを意図し「Q & A コーナー」を設けました。

このたび，第1回目として質問（Q）をいただきました分について，回答（A）を掲載いたしました。施工に関してはローカルな条件等もあって，正確な回答を作るには難しいものがあります。したがって，ここでは施工エキスパートとしての基本的な考え方を説明した回答例ですので，今後の参考にしていただきたいと思います。

Question ①

「図-1 に示すように河川敷内の透水性の高い硬質地盤における掘削深さ約 15m の山留工の工法選定上の留意点について説明して下さい。」

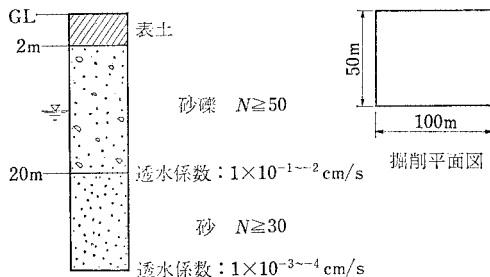


図-1

Answer

このような地盤状況における山留工には，必要な遮水性と強度ならびに掘削底盤のボイリング・パイピングに対する安定性を満足する工法が採用されるが，工法選定にあたっては，次の条件を十分考慮する必要がある。

- ① 地盤条件：地層構成，最大粒径， N 値（硬さ），透水係数，地下水位，地下水の流速・水質，被圧水の有無
- ② 施工規模・品質条件：山留壁の施工深さ・厚さ，必要な遮水性，供用期間
- ③ 仮設条件：施工重機の大きさ・重さ・作業空間，電力，用水，廃液・廃泥の処理方法，騒音・振動の規制
- ④ 安全条件：地下水泥濁・汚染，周辺構造物への影響
- ⑤ 経済条件：工事規模，遮水効果と工費

各現場の状況によってこれらの諸条件に優先順位を決めて総合的に検討し，工法選定を行うことになる。どの条件を最優先するかにより留意点も変わってくるが，地盤条件を最も優先させて考えるべきであろう。

そこで地盤条件に関する事項について若干の説明を加えることにする。

① 地層構成

河川敷内の地盤は，旧河床堆積物やはんらん原堆積物で構成されている。これらは河川の生長過程をそのまま反映しているためその堆積状況は変化に富んでいるのが一般的であり，図-1 のように砂礫層が 18m もの厚さで一様な地盤状況をなしているケースは，扇状地頭部付近を除いてまれである。掘削範囲も 50m×100m と広

いことを考えると、地盤の深さ方向の不均質性ととも面的な変化を十分に把握しておくことが必要である。

また、河道の変遷に関する情報収集を行うことは地層構成を予想するうえで有効である。

② 最大粒径、 N 値

土質柱状図に記載された最大粒径は、調査ボーリングで採取された試料のものであるので、これをうのみにして機械選定をすると失敗する場合がある。記載された最大粒径の2～3倍を目安とするという意見もあるが、深礎工等により試掘を行って粒度分布を確認しておく必要がある。砂礫層の N 値は、そのまま地盤の締まり具合を表わすものでないため、これについても試掘時に把握するのがよい。

③ 地下水位

砂礫層中の地下水位は変動しやすく、特に河川付近のものは季節変動が大きい。地中連続壁工法のように泥水圧により地下水をコントロールしながら施工する場合には、地下水位の変動状況を把握しておくことは重要である。砂質地盤の山留めにかかる側圧は、水圧が主となり、掘削地盤の安定性を検討するうえでも水頭差が直接きいてくるため山留工の設計においても、地下水位を正確に知ることが必要である。

④ 地下水の流速・水質

河川敷の砂礫層中には、伏流水とよばれる河川の潜流地下水が存在する 경우가多く、しかもかなりの流速もっている。また、海岸に近くなると地下水に塩水が混入してくる。工法によっては、地下水の流速や水質（特に塩分濃度）に影響を受けるので、これらを測定してとらえねばならない。

⑤ 被圧水の有無

被圧水の有無や被圧の程度は、工法選定のみならず施工管理のうえからも重要な影響を及ぼすので、これを調査ボーリングのときに把握しておく必要がある。

山留壁工法としては、鋼矢板工法、壁式地中連続壁工法、柱列式地下壁工法等また、補助工法としては、ディープウェル・釜場等の排水工や薬注・地盤改良等の止水工の中から上記の諸条件を検討して工法が選定されよう。

切ばり、アースアンカーのいずれが適しているかを検討することも必要になるが、アースアンカーは、地下水位によってその施工性が大きく影響されるので注意を要す。

同種地盤における各工法の施工実績を詳しく調査するとともに、これらの事例での上記各地盤条件と検討現場のそれとの比較を行っておくと工法選定に際して有力なデータとなる。

また、山留壁の施工により周辺地盤を著しくゆるめる

ことがあると、その箇所が弱点となりパイピング・ボイルリングが発生するので、地盤をゆるめやすい工法の採用にあたっては補助注入やアイランドの併用を検討しておくのがよい。アイランド工法を併用すると掘削面積は広がるが、山留壁（止水壁）の長さを短くできたり切ばり（アンカー）部材を少なくすることができる利点があるので山留工単独の場合との比較を行っておくことが必要であろう。

Question ②

「マスコンクリートのブロック割とクラック防止方法について伺います。」

Answer

(1) マスコンクリートの温度ひびわれ

最近、土木構造物の規模が大型化するに伴い、ダム以外の構造物においても、いわゆるマスコンクリートを施工する機会が多くなっている。

断面の大きな構造物においては、セメントの水和熱が蓄積されて内部温度がかなり上昇する。マスコンクリートでは、こうした内部温度の上昇ならびに以後の降下によってひびわれが発生しやすい。

温度応力は、内部拘束応力および外部拘束応力の2種類に分けて考えるのが一般的である（図-2、3参照）。内部拘束応力は、コンクリート断面内に生ずる温度差により発生し、これに伴うひびわれは、表面部分に不規則に生ずる。一方、外部拘束応力は、コンクリートの体積変化を外部から拘束するとき発生する応力であり、拘束体としては、地盤、杭、先行ブロックなどが考えられる。

(2) マスコンクリートのひびわれ対策

マスコンクリートの温度ひびわれを制御する方法を整理すると表-1のようになる。どのような対策を採用するかは、施工等の諸条件を検討のうえ、決定しなければならない。また、少なくとも、ひびわれ発生の実績のある類似構造物においては、設計の段階から、マスコン対策を念頭において、壁厚、構造形式等を検討すべきである。

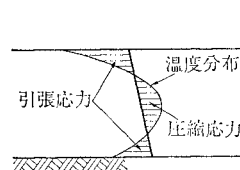


図-2 不均一な温度分布による温度ひびわれ

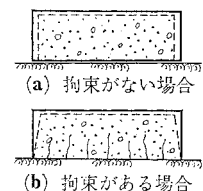
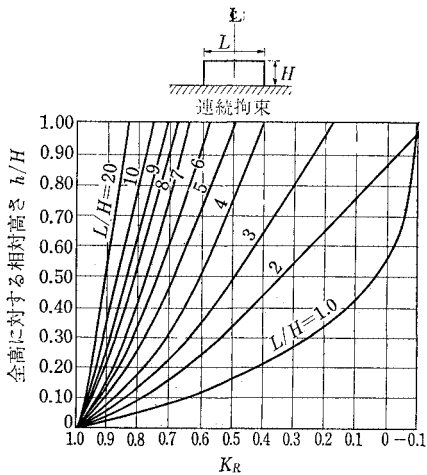


図-3 温度降下時の体積収縮による温度ひびわれ（破線は、温度降下後の変形）

表一 マスコンクリートのひびわれ制御対策

コンクリート温度の上昇量を小さくする	セメント量を少なくする 水和熱の少ないセメントを使用する 打設温度を下げる リフト高さを低減する パイプクーリング等で冷却する
コンクリートに発生する温度応力を緩和する	ブロック割を小さくする 新旧コンクリート間の温度差を小さくする 部材内の温度差を小さくする
コンクリートの温度応力に対する抵抗力を増大させる	プレストレスを導入する 補強鉄筋を入れる 繊維補強等により引張抵抗力を増加する



図一四 中央断面における拘束度¹⁾ (連続拘束)

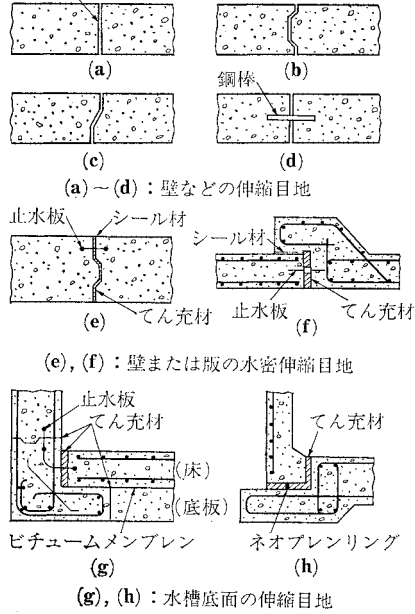
(3) マスコンクリートのブロック割

マスコンクリートの外部拘束度は、打設されるブロックの形状や寸法などによって異なることが知られている。たとえば図一四はこの関係を示したもので、ブロックの高さと長さの比 H/L の影響が大きいことを示している。すなわち、打込み高さが一定の場合、長さを短くするほど拘束度が小さくなり、温度応力が緩和されることになる。したがって、伸縮目地や打継目で長さを制限したり、誘発目地によるひびわれでブロック長を分割することは対策として有効である。

ブロック分割長は、既柱の実績や施工条件を考慮した適切な予測解析を行って決定すべきである。また、目地の設置位置は、構造物の耐力に影響を及ぼさないように配慮することが必要である。伸縮目地の例を図一五に示す。

また、マスコンクリートのリフト高さを制限することは、コンクリート温度の上昇を低減でき、ひびわれを避けるための1つの対策となる(図一六参照)。しかし、新しく打設されたコンクリートは、すでに打設されたコンクリートにより外部拘束を受けることから、一気に打設

アスファルトなどでコンクリートの付着を切る

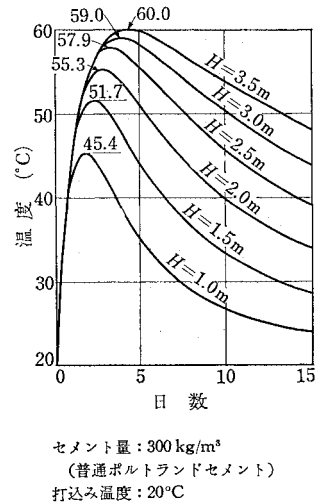


図一五 伸縮目地の形状の例¹⁾

することが有利な場合がある。

「ダムコンクリート標準示方書解説」(土木学会)によれば、1リフトの高さは0.75m以上2.0m以下が標準となっている。

実際の計画にあたっては、「マスコンクリートのひびわれ制御指針」(昭和61年3月, 日本コンクリート工学協会)^{1), 2)} 等が参考になる。



図一六 コンクリート版の厚さと温度上昇量との関係¹⁾

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひびわれ制御指針, 1986年3月。
- 2) 土木学会土木施工研究委員会：第一回「施工体験発表会」講演概要 —マスコンクリートの施工—, 1985年6月。

Question ③

「場所打ち杭の鉄筋籠を溶接ではなく結束線を用いて組むように指摘されました。理由として溶接による鉄筋断面の欠損および強度低下を挙げられましたが、結束線では危険です。対策法を教えてください。」

Answer

土木学会の「コンクリート標準示方書」の139条(2)には、「鉄筋の交点の要所は直径0.9mm以上の焼鈍鉄線または適当なクリップで緊結しなければならない。」また解説には、「鉄線による結束の代わりに点溶接を行うこともあるが、点溶接は局部的な加熱によって鉄筋の材質を害するおそれがあり、特に疲労強度を著しく低下させることがある。」と記述されていますので指摘されたと思われる。

一般に場所打ち杭の鉄筋籠の鉄筋の交点は、すべて溶接されています。この理由として、他の構造物の鉄筋と異なり、鉄筋組立て後にクレーンによる引き越し、吊上げ等による大きな外力が作用するために、鉄線のみによる結束では解体、変形する危険があるからです。また、場所打ち杭には、橋梁の桁のように大きな繰返し応力が加わることほとんどありませんので疲労強度の低下がそれほど問題とはなりません。このように溶接に替わる確実な工法がないことと場所打ち杭が地中構造物であり疲労強度がそれほど問題とならないことより現状の鉄筋交点の溶接が容認されています。

しかし、ご質問にあるような鉄筋断面の欠損（アンダーカット）は、構造的に好ましくはありませんので絶対に避けるべきです。

また、国内ではあまりみられません。冷間加工異形棒鋼や再生丸鋼2種等の溶接は降伏点や引張強度の低下をもたらしますので十分な注意が必要です。

鉄筋継手に関しては「コンクリート標準示方書」の20条、140条に記載されていますので参照してください。

Question ④

「軟弱地盤上の宅地造成では許容残留沈下量をご程度に考えたらいいでしょうか。」

Answer

(1) 沈下量についての考え方
宅地造成完了後の残留沈下の弊害としては

- ① 沈下に伴う建屋の傾斜や壁体のひびわれの発生
- ② 地下埋設管の沈下による勾配変化に起因する機能障害および本体や継手部の破損
- ③ 沈下に伴う盛土表面勾配の変化による排水不良などがあります。

このように沈下を考える場合に対象となる問題は多岐であり、一概に許容値を決めることはできません。

図-7に示すように、沈下は一樣な沈下・傾斜分・相対沈下の3成分からなります。図からわかるように、構造物に強制変形による応力を生じさせ、ひびわれ発生の直接の原因となるのは相対沈下です。しかし、傾斜分や一樣沈下も、地下埋設管の排水機能障害や建屋部との接続部（杭基礎で支持された場合は特に問題になる）での亀裂や破損などの原因となります。

また、任意の2点間の沈下量の差を不同沈下といえます。

上部構造物の沈下による障害を扱うときこの言葉がよく用いられますが、これは傾斜分と相対沈下をあわせたものを一般には意味しています。

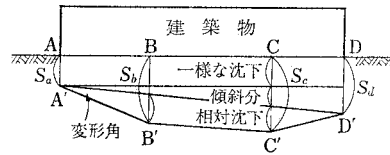


図-7 沈下の3成分

(2) 許容沈下量の目安

建屋に対する許容沈下量については「建築基礎構造設計基準・同解説」¹⁾に詳しく書かれています。ここでは、建屋の部材変形角（図-7参照）の許容値と過去の事例での変形角と相対沈下と総沈下の関係から、これらについての一応の目安値を示しています。

表-2～表-4に許容沈下量を、規準から抜粋して示します。表-2、表-3は粘性土地盤に対する最大総沈下量と相対沈下量の、表-4は砂地盤での最大総沈下量

表-2 許容最大沈下量（圧密沈下の場合）（単位：cm）

構造種別	コンクリートブロック造		鉄筋コンクリート造		
	基礎形式	連続(布)基礎	独立基礎	連続(布)基礎	べた基礎
標準値	2	5	10	10	10~(15)
最大値	4	10	20	20	20~(30)

注：()は大きいはいりせいあるいは2重スラブなどで十分剛性が大きい場合

表-3 許容相対沈下量（圧密沈下の場合）（単位：cm）

構造種別	コンクリートブロック造		鉄筋コンクリート造		
	基礎形式	連続(布)基礎	独立基礎	連続(布)基礎	べた基礎
標準値	1.0	1.5	2.0	2.0	2.0~(3.0)
最大値	2.0	3.0	4.0	4.0	4.0~(6.0)

表-4 許容総沈下量（即時沈下の場合）（単位：cm）

構造種別	コンクリート ブロック造	鉄筋コンクリート造		
		基礎形式	連続(布)基礎	独立基礎
標準値	1.5	2.0	2.5	3.0~(4.0)
最大値	2.0	3.0	4.0	6.0~(8.0)

の目安を示しています。砂地盤での許容値は、沈下速度が粘性土地盤のそれより速いことから、粘性土地盤よりかなり小さな値となっています。なお、表中の標準値とは、不同沈下による大きなひびわれが出るか出ないかの境でのもので、最大値とは、若干のひびわれを許容した場合における目安値です。

また、宅地の実測沈下と被害の調査によれば

○残留沈下が 20 cm 以下であれば、供用後に宅地としての機能が著しく損なわれることはない。

○建設後の沈下が 10~20 cm 生じた時点で、上水管渠に機能障害が発生しはじめる。

という結果が出ており、これより「軟弱地盤技術指針²⁾」では、20 cm 程度を目安値としています。

ただし、この値は団地等の集合住宅地を前提とし、独立住宅地埋設管の布設される幹線道路、軟弱層厚が急変する区域など、不同沈下が大きな問題となる地区では、

当該値を許容できない場合もあるとしています。

前者の設計基準は建屋を主としたときの残留沈下量、後者の技術指針はどちらかというと造成盛土を主としてとらえたときの残留沈下量と思われませんが、これらの許容値の間には差があり（後者の方が前者より大きい）、考える立場により若干の違いがあるようです。

したがって、宅地造成盛土の許容残留沈下量の設定には、上部構造物の特徴（沈下による影響の度合や沈下による障害が生じたときの補修の難易性など）や経済効果などを勘案する必要があります。しかし、残留沈下は造成盛土供用開始後の沈下量としてとらえることが多く、また、上部の建屋は供用後すぐに建設されることは少ないので、一般には 10~20 cm をその目安値と考えておいてよいでしょう。なお、低盛土の造成で上部構造物の荷重が以後の沈下に大きく影響する場合や、二次圧密の卓越する地盤では残留沈下が大きくなることもあり、サーチャージなどの対策を検討しておく必要があります。

参 考 文 献

- 1) 日本建築学会：建築基礎構造設計基準・同解説，1974。
- 2) 住宅・都市整備公団：軟弱地盤技術指針，昭和 59 年。

(1986.7.8・受付)

●ご案内●

論文集第 6 部門編集小委員会では、情報化施工、海外工事、施工システム、施工マネジメント、技術情報、先端技術、パブリックアクセプタンス (AP)、建設労務、契約・積算、建設諸法、などの土木技術や技術開発の論文を募集しております。

さらに、上述のほかにも、工事の企画から調査・設計を経ての積算・施工、あるいは検査・補修技術、品質・コスト・安全・工程などの管理手法や環境・公害対策など、また、新素材や機械に関するもの、そして国際的に発展する新技術開発とその商品化など一般のニーズに応える業績を幅広く募集しております。

●「土木技術者のための振動便覧」正誤表のお知らせ●

「振動便覧」の正誤表が完成しましたので、下記までご連絡いただければお送りいたします。

○土木学会事務局編集課 電話 03-355-3441 番、内線 153