

# 設計業務に関する Q & A

平成27年3月版



一般社団法人

福岡市設計測量業協会 設計委員会

## まえがき

設計委員会では、平成 26 年度からの活動として『設計技術 Q&A』の継続的作成に取り組んでいく事とし、協会員の皆様から設計業務における疑問点及び苦心されていること、また技術基準の解釈において不明確と思われること等についての質問を募集いたしましたところ、4 部門にわたって、19 項目の質問が寄せられました。

その質問に対して、協会員の設計技術者より寄せられた回答を、業務分野ごとに本協会員在席の技術士各位の御意見を賜りながら、質問に対する回答集を作成いたしましたので、平成 27 年 3 月版として発行いたします。

回答作成にご協力頂いた、協会員技術者及び技術士の皆様に厚くお礼申し上げます。

まだまだ、少ない項目の Q&A ですが、会員の皆様の業務の一助になれば幸いです。

設計委員会では、当協会が専門集団として更なる技術の研鑽を積み重ねる努力を怠らず、高度な成果を追求することが、受注機会の拡大に繋がるものと期待して、今年度も継続的に質問及び回答を募集し、総合的判断に基づく回答集を作成していきたいと考えておりますので、協会員各位のご協力をよろしくお願い致します。

### 『設計Q&A』の取扱について

本 Q&A は、あくまで会員各位が業務実施において生じた疑問点を判断する際の参考やヒントとして使用して頂くことを想定していますので、本 Q&A の適用の結果について協会はその責を負うものではありません。

また、寄せられたご質問の中で、真意を明確に把握できない項目では、参考としていただく回答もかなり幅のあるものとなっていますので、協会員技術者の方は本 Q&A の内容を吟味し、各自の技術的判断のもとにご活用頂くようお願いいたします。

平成 27 年 3 月

一般社団法人  
福岡市設計測量業協会  
技術部会 設計委員会

# 目 次

## 部門コード1. 河川砂防

- Q11 固定堰の耐震性能評価は必要ですか? . . . . . p 15
- Q12 桶門の門柱の耐震性能評価は、どのように行えばいいですか? . . . . . p 16
- Q13 函渠の照査において、函渠の杭基礎についてはどのように  
考えればよいか? . . . . . p 17
- Q17 仮橋を計画する場合の河川構造令と九地整の基準の適用について . . . . . p 22
- Q18 堤防嵩上げにおける胸壁（パラペット）構造の特殊堤について . . . . . p 23
- Q19 新堤や引堤部の築堤（盛土）材料について . . . . . p 24

## 部門コード2. 道路

- Q16 斜めカルバートの安定性の照査や配筋量の算出について . . . . . p 20

## 部門コード3. 下水道

## 部門コード4. 造園

## 部門コード5. 都市地域計画

## 部門コード6. 土質及び基礎

- Q 4 擁壁の土圧計算手法の適用条件について . . . . . p 7
- Q 7 液状化判定においてN値30を超える層において、液状化強度比 $FL < 1$   
となった場合の合理的な解決法がありますか? . . . . . p 11
- Q 9 液状化地盤の耐震設計上の地盤面、地盤定数の低減及び  
照査方法について . . . . . p 13
- Q10 千鳥配置杭の地盤反力係数、有効抵抗土圧の低減はどのように  
行えばいいのでしょうか? . . . . . p 14

## 部門コード7. 鋼構造コンクリート

- Q 1 山間部道路で凍結防止剤等を使用する橋の塩害対策について . . . . . p 1
- Q 2 跨道橋の耐震設計上の重要度について . . . . . p 4
- Q 3 函渠、擁壁の主鉄筋の位置について . . . . . p 5
- Q 5 桁橋の設計における荷重分配法とは? . . . . . p 9
- Q 6 橋梁の耐震設計においてプッシュオーバー解析は、  
どのような設計に利用するのですか? . . . . . p 10
- Q 8 「幾何学的非線形」とは、どのような場合に考慮するのですか? . . . . . p 12
- Q14 連続橋において、中間支間固定の場合の桁遊間の決定は、  
動的解析により変位を満足する遊間とすべきでしょうか? . . . . . p 18
- Q15 固有周期算定及び上下部構造間の相対変位算定において、  
分散支承の連続桁の場合は桁の剛性と沓変位及び下部工剛性を考慮するが、  
単純桁や1点固定ではこれらを考慮するのか? . . . . . p 19

## 部門コード8. 施工計画

## 平成 26 年度 設計技術 Q&A

部門コード	1. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 6. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 2. 実施設計
キーワード	山間部道路、凍結防止剤、塩害対策、上部工
回答会社名	産業開発コンサルタント(株)、エムテックエンジニアリング(株) 株式会社 トキワ・シビル、(株)西部技術コンサルタント、第一総合技術(株)
<p>Q1. : <u>山間部道路で凍結防止剤等を使用する橋の塩害対策についての質問です。</u></p> <p>道路橋示方書Ⅳ（以後道示という、下部構造編 P.182）では、「一般には、表 6.2.1 に示す対策区分Ⅰ相当の最小かぶりを確保することが望ましい（90mm）」となっています。しかし、道示Ⅲ（コンクリート橋編 P.177）では、「車両による飛散等に起因する塩化物の侵入も考慮して検討するのが望ましい。」としているだけで明確な記述がありません。</p> <p>コンクリート上部工も下部工と同様に、対策区分Ⅰのかぶりをとるのがよいのか確認したい。</p>	
<p>A1-1. : 回答 H26.10.14</p> <p>H24 道示に関する Q&amp;A は、今のところ技術情報 Web には見当たりません。</p> <p>ただし、ご質問に該当する Q&amp;A (H14 道示) があります（建設コンサルタンツ協会 H15.12、A13）</p> <p>プレストレスコンクリート施工業社からは、「凍結防止剤に対しての塩害対策は、道示に明確な記述がないので、現在のところ特別には行っておりません」との回答を得ています。この回答を踏まえ、凍結防止剤等を使用することが予想される橋については、発注者と協議し、具体的な塩害対策を決定するのが望ましいと考えます。</p>	
<p>A1-2. : 回答</p> <p>塩化物イオンの侵入に対する照査は「コンクリート標準示方書（設計編）P148」を参考にされたいと思います。</p>	
<p>A1-3. : 回答</p> <p>道示Ⅲ、P178 に、「カブリを増すのみでは塩害に対する処置としては適切でない」との記述もあり、上部工、下部工それぞれの規定値を使用した設計が示方書の趣旨に合致した設計法と考えます。</p>	
<p>A1-4. : 回答</p> <p>明確な記載がありませんので、下部工と同様に対策区分Ⅰを確保するのが良いと思われませんが、発注者との協議により決定すべき事項であると思われま。</p>	
<p>A1-5. : 回答</p> <p>道路橋示方書・Ⅲ（コンクリート橋編）では、明確には記述がありませんが、カルバート工指針（P.121）によれば、路面凍結防止剤を使用することが予測される場合には、<u>対策区分Ⅰ</u>相当を想定するのが望ましいと明記されています。</p>	

- $B$  : 単位体積あたりの有効結合材の質量
- $C_p$  : 単位体積あたりのポルトランドセメントの質量
- $A_d$  : 単位体積あたりの混和材の質量
- $k$  : 混和材の種類により定まる定数  
 フライアッシュの場合,  $k=0$   
 高炉スラグ微粉末の場合,  $k=0.7$

式(解2.1.2)は、中性化深さを材齢(年)の平方根で割った値と、水結合材比との関係の直線回帰式を、複数のデータに基づいて求めたものである。この実験では、材齢14日まで水中養生したφ15cm×30cmの円柱供試体を屋外に暴露し、所定材齢経過後に切断して、フェノールフタレインの吹付けにより中性化部分を判定し、その結果から中性化深さを算出している。新たに実験等により中性化速度係数を導く場合には、上記コンクリートライブラリー64を参考にするとよい。

2.1.3.3 中性化に対する環境作用

コンクリートの中性化の進行を予測する際には、環境作用の程度を表す係数 $\beta_e$ を考慮するものとする。

【解説】 コンクリートの中性化は、大気中の二酸化炭素が侵入することで進行する。土木建造物の場合屋外に建設されることが多いので、二酸化炭素の侵入に影響を及ぼすコンクリートの乾湿の程度を考慮することとした。つまり、降雨の影響を受ける環境や乾燥しにくい環境よりも、日射を比較的多く受けて乾燥しやすい南向きの面に曝されたコンクリートで、中性化の進行は大きくなる。

2.1.3.1に示す方法で中性化の進行速度を予測する場合、中性化の進行速度に及ぼす環境作用の影響は、解説表2.1.1に示す環境作用の程度を表す係数 $\beta_e$ により考慮してよい。

解説表 2.1.1 コンクリートの中性化の進行予測に及ぼす環境作用の程度

環境条件	環境作用の程度を表す係数 $\beta_e$
乾燥しやすい環境	1.6
乾燥しにくい環境	1.0

2.1.4 塩害に対する照査

2.1.4.1 塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に対する照査

(1) 塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に対する照査は、鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 $C_d$ の鋼材腐食発生限界濃度 $C_{lim}$ に対する比に構造物係数 $\gamma_i$ を乗じた値が、1.0以下であることを確かめることにより行うことを原則とする。

$$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} \leq 1.0 \tag{2.1.5}$$

ここに、 $\gamma_i$  : 一般に1.0~1.1としてよい。

$C_{lim}$  : 鋼材腐食発生限界濃度 (kg/m<sup>3</sup>)。類似の構造物の実測結果や試験結果を参考に定めてよい。それらによらない場合、式(2.1.6)~(2.1.9)を用いて定めてよい。ただし、 $W/C$ の範囲は、0.30~0.55とする。なお、凍結融解作用を受ける場合には、これらの値よりも小さな値とするのがよい。

(普通ポルトランドセメントを用いた場合)

$$C_{lim} = -3.0(W/C) + 3.4 \tag{2.1.6}$$

(高炉セメントB種相当、フライアッシュセメントB種相当を用いた場合)

$$C_{lim} = -2.6(W/C) + 3.1 \tag{2.1.7}$$

(低熱ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメントを用いた場合)

$$C_{lim} = -2.2(W/C) + 2.6 \tag{2.1.8}$$

(シリカフュームを用いた場合)

$$C_{lim} = 1.20 \tag{2.1.9}$$

$C_d$  : 鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値。一般に、式(2.1.10)により求めてよい。

$$C_d = \gamma_{cd} \cdot C_0 \left( 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{0.1 \cdot c_d}{2\sqrt{D_d \cdot t}} \right) \right) + C_i \tag{2.1.10}$$

ここに、 $C_0$  : コンクリート表面における塩化物イオン濃度 (kg/m<sup>3</sup>)。一般に2.1.4.3に示す値を用いてよい。

$c_d$  : 耐久性に関する照査に用いるかぶりの設計値 (mm)。施工誤差をあらかじめ考慮して、式(2.1.11)で求めることとする。

$$c_d = c - \Delta c_e \tag{2.1.11}$$

$c$  : かぶり (mm)

$\Delta c_e$  : 施工誤差 (mm)

$t$  : 塩化物イオンの侵入に対する耐用年数 (年)。一般に、式(2.1.10)で算定する鋼材位置における塩化物イオン濃度に対しては、耐用年数100年を上限とする。

$\gamma_{cd}$  : 鋼材位置における塩化物イオン濃度の設計値 $C_d$ のばらつきを考慮した安全係数。一般に1.3としてよい。ただし、高流動コンクリートを用いる場合には、1.1としてよい。

$D_d$  : 塩化物イオンに対する設計拡散係数 (cm<sup>2</sup>/年)。一般に、式(2.1.12)により算定してよい。

$$D_d = \gamma_c \cdot D_k + \lambda \cdot \left( \frac{w}{l} \right) \cdot D_0 \tag{2.1.12}$$

ここに、 $\gamma_c$  : コンクリートの材料係数。一般に1.0としてよい。ただし、上面の部位に関しては1.3とするのがよい。

$D_k$  : コンクリートの塩化物イオンに対する拡散係数の特性値 (cm<sup>2</sup>/年)

$\lambda$  : ひび割れの存在が拡散係数に及ぼす影響を表す係数。一般に、1.5としてよい。

$D_0$  : コンクリート中の塩化物イオンの移動に及ぼすひび割れの影響を表す定数 (cm<sup>2</sup>/年)。一般に、400cm<sup>2</sup>/年としてよい。

$w/l$  : ひび割れ幅とひび割れ間隔の比。一般に、式(2.1.13)で求めてよい。

$$\frac{w}{l} = \left( \frac{\sigma_{se}}{E_s} \left( \text{または} \frac{\sigma_{pe}}{E_p} \right) + \epsilon'_{csd} \right) \tag{2.1.13}$$

ここに、 $\sigma_{se}$ 、 $\sigma_{pe}$ 、 $e'_{csd}$ の定義は、[設計編：標準] 4編に準じ、ひび割れ幅の設計応答値の算定に用いた値を用いる。

なお、 $erf(s)$ は、誤差関数であり、 $erf(s) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^s e^{-\eta^2} d\eta$ で表される。

$C_i$ ：初期塩化物イオン濃度 ( $\text{kg/m}^3$ )。一般に、 $0.30\text{kg/m}^3$ としてよい。

(2) (1)の照査に合格することが困難な場合には、耐食性が高い補強材や防錆処置を施した補強材の使用、鋼材腐食を抑制するためのコンクリート表面被覆、あるいは腐食の発生を防止するための電気化学的手法などを用いることを原則とする。その場合には、維持管理計画を考慮した上で、それらの効果を適切な方法により評価しなければならない。

(3) 外部から塩化物イオンの影響を受ける環境の場合には、構造物のかぶりを粗骨材の最大寸法の3/2倍以上とするものとする。

(4) 外部から塩化物イオンの影響を受けない環境の場合には、練混ぜ時にコンクリート中に含まれる塩化物イオンの総量が  $0.30\text{kg/m}^3$  以下であれば、塩化物イオンによって構造物の所要の性能は失われないとしてよい。ただし、応力腐食が生じやすいPC鋼材を用いる場合などでは、この値を更に小さくするのがよい。

(5) 凍結防止剤の散布が予想されるコンクリート構造物においては、塩害の発生について配慮するとともに、信頼できる防水工や排水工を適切に設けることによって、コンクリート中に塩化物イオンが侵入しないようにするのがよい。

【解説】 (1)について 塩化物イオンの侵入に対する構造物の性能照査にあたっては、設計耐用期間中に鋼材に腐食を発生させないことを条件とすることが最も安全側である。そこで、鋼材位置における塩化物イオン濃度が鋼材腐食発生限界濃度以下であることを照査すればよいこととした。ただし、適切な照査手法により照査が可能であれば、対象とするコンクリート構造物の要求性能や重要度に応じ、塩化物イオンの侵入による鋼材腐食に起因するコンクリートのひび割れ発生を限界状態とした照査を行ってもよい。なお、ここでの塩化物イオン濃度とは、コンクリート中の液相における実際の塩化物イオン濃度のことではなく、コンクリート単位体積当りの全塩素量を指している。

鋼材位置における塩化物イオンの鋼材腐食発生限界濃度は、セメントの種類や水セメント比によって異なるので、個別の構造物の照査にあたっては、使用材料、配合が対象構造物と近い条件下での実測結果や試験結果を参考に鋼材腐食発生限界濃度を定めることが望ましい。それによらない場合は、鋼材腐食発生限界濃度は、式(2.1.6)～(2.1.9)を用いて求めてよいものとした。2007年制定の示方書では、塩化物イオンの鋼材腐食発生限界濃度は  $1.2\text{kg/m}^3$  とされていたが、この示方書では近年の研究成果を十分に検討したうえで、その値をセメントの種類と水セメント比ごとに定めた。なお、これらの式の適用範囲は、要求される強度や塩害に対して用いられるコンクリートの耐久性上の配合を考慮して水セメント比0.30以上、0.55以下とした。また、鋼材腐食発生限界濃度は2007年制定の示方書と同様に単位体積中のコンクリートに対する全塩素の質量で表すこととし、単位は  $\text{kg/m}^3$  とした。

コンクリート中の塩化物イオン濃度の表記としては、①細孔溶液中の塩化物イオン濃度  $[\text{Cl}^-](\text{mol/l})$  (以下、イオン濃度表記)、②全塩素質量のセメント質量に対する比率(mass % of cement) (以下、セメント従量表記)、③単位体積のコンクリートに対する全塩素の質量 ( $\text{kg/m}^3$ ) (以下、コンクリート総量表記) の3種類の表記

が一般的であり、②および③の全塩素を可溶性塩素とすることもある。この示方書ではコンクリート総量表記を採用したが、その理由を以下に明確にしておく。

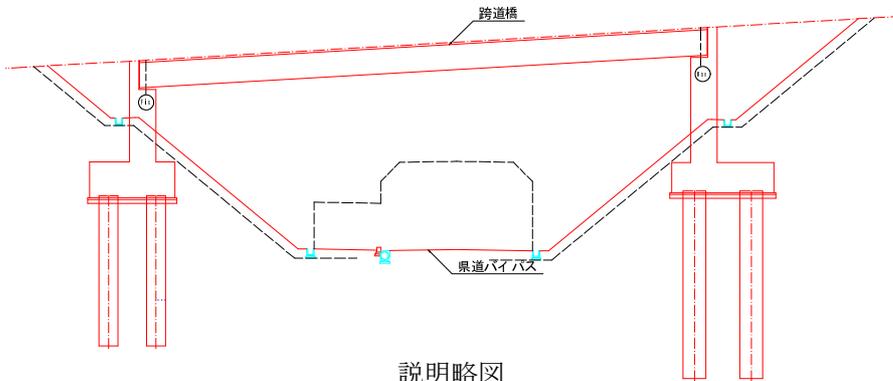
コンクリート中の塩素の存在形態は解説図2.1.1において示されるように、塩化物イオンと固定化塩素に分類される。塩化物イオンは細孔溶液中にイオンとして存在する塩素で、固定化塩素はフリーデル氏塩などとして存在する固相塩素とセメント水和物に吸着している吸着塩素として存在する塩素である。一方、コンクリート中の鋼材の腐食開始を不動態被膜の破壊とした場合、腐食開始の閾値は、鋼材腐食のメカニズムから細孔溶液中の塩化物イオン濃度  $[\text{Cl}^-]$  と水酸化物イオン濃度  $[\text{OH}^-]$  の比である  $[\text{Cl}^-]/[\text{OH}^-]$  で整理される。したがって、腐食開始の閾値が  $[\text{Cl}^-]/[\text{OH}^-]$  で定量化されており細孔溶液中の  $[\text{OH}^-]$  も明らかであるならば、腐食開始の塩化物イオン濃度をイオン濃度表記とすることができる。しかし、直接細孔溶液中の塩化物イオン濃度を予測するには、セメントの水和反応や塩素の固定化性状などを定量的にしておかなければならず、一般には困難であることから、イオン濃度表記は現状では採用しない。[設計編：本編] 8.3.4の【解説】にも示されているように、将来、塩化物イオンの移動が上述の課題を解決したモデルで算定できるようになれば、イオン濃度表記とすることも可能となる。

セメント従量表記に関しては、*fib Model Code 2010*などで採用されている表記方法である。この表記方法は、全塩素のセメント質量に対する比率であることから、全塩素の質量が一定の場合セメント質量の増加とともにその比率が減少するなど、セメント質量の増加とともに増加する固定される塩素の影響を間接的に考慮することができるものである。コンクリート中の鋼材腐食開始の塩化物イオン濃度は、上述のように腐食のメカニズムから  $[\text{Cl}^-]/[\text{OH}^-]$  ( $[\text{OH}^-]$  がわかれば  $[\text{Cl}^-]$ ) で表すことができることから、塩素がセメント水和生成物に固定される影響も考慮できるセメント従量表記は妥当なものである。しかし、全塩素のセメント質量に対する比率が同じ(セメント従量表記で同じ塩化物イオン濃度)でも、単位セメント量の増加とともに単位体積中のコンクリートに含まれる塩化物量が増加することとなり、鋼材の腐食がおきる可能性が従量表記の値以上に大きくなる単位セメント量が明確でないこと、すなわち、鋼材腐食発生限界濃度を危険側で設定してしまう可能性のあること、生コンの塩分量規制がコンクリート総量表記であること、設計時点で単位セメント量は決まらないこと、および維持管理における塩化物イオン濃度の調査結果では調査対象構造物あるいは測定のための試料の単位セメント量が明確でないためコンクリート総量表記で表すことから、セメント従量表記は現状では採用しない。ただし、腐食のメカニズムの観点からは妥当な表記方法であるので、現状における課題の解決により採用することも可能となる。

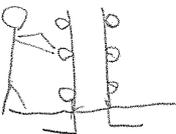
コンクリート総量表記は、イオン濃度表記やセメント従量表記ほどには鋼材腐食のメカニズムに立脚したものではないが、セメント従量表記で一定の塩化物イオン濃度でも、単位セメント量の増加に伴い増加するコンクリート総量表記での塩化物イオン濃度に上限を設けることとなり安全側の限界値とすることができる。また、生コンの塩分量規制や維持管理における調査で用いる表記方法とも整合する。

以上から、鋼材の腐食発生限界濃度の表記をコンクリート総量表記としたのである。

## 平成 26 年度 設計技術Q&A

部門コード	1. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 6. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 2. 実施設計
キーワード	耐震設計上の橋の重要度、市町村道、跨道橋
回答会社名	産業開発コンサルタント(株)、株式会社 トキワ・シビル (株)西部技術コンサルタント、第一総合技術(株)
<p>Q2. : <u>跨道橋の耐震設計上の重要度についての質問です。</u></p> <p>対象跨道橋は県道バイパスの切土のり面でカットされる市道の付替えて架橋します。この場合、跨道橋の耐震設計上の重要度は、A種、B種の橋のどちらとすべきでしょうか？</p>  <p style="text-align: center;">説明略図</p>	
<p>A2-1. : 回答 H26. 10. 14</p> <p>県道や国道などと立体交差する市町村道は、一般に規模が小さく、A種の橋のように思えます。</p> <p>しかし、A種の橋のレベル2地震動に対する「耐震性能3」は、橋として致命的とされない状態としており、想定している損傷度は大きいものです。</p> <p>A種の橋とすると、レベル2地震動時にコンクリート片等の落下が大きく、バイパスを通行する車両、歩行者等に第三者被害を与える可能性があります。</p> <p>したがって「B種の橋」とし、限定的な損傷に留めるのがよいと考えます。(道示VP. 13)</p>	
<p>A2-2. : 回答</p> <p>道示V、耐震設計編P13にB種の橋と規定されています。</p>	
<p>A2-3. : 回答</p> <p>一般県道の跨道橋であるため、道示V P13に準拠し、B種の橋とするのが良いと思います。</p>	
<p>A2-4. : 回答</p> <p>道路橋示方書・V(耐震設計編)橋の重要性の区分により、路道橋の場合には、<u>B種の橋</u>となります。</p>	

## 平成 26 年度 設計技術Q&A

部門コード	1. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 6. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 2. 実施設計
キーワード	土木構造物, 主鉄筋と配力筋
回答会社名	産業開発コンサルタント(株)、エムテックエンジニアリング(株) (株)トキワ・シビル、(株)西部技術コンサルタント、第一総合技術(株)
<p>Q3. : <u>土木構造物（函渠，擁壁）の配筋についての質問です。</u></p> <p>国交省は平成 11 年までは主鉄筋が外側になる指針を出していましたが，平成 11 年には土木構造物ガイドラインが出され，主鉄筋が内側になりました。</p> <p>その理由の一つに挙げられているのは，施工性，もう一つは鉄筋間の力の伝達と言われておりますが設計計算上は，引張側の主鉄筋の位置を外にしたほうが効果的ではないかと思われるのですが，具体的な変更理由についてご教授願います。</p>	
<p>A3-1. : 回答 H26. 10. 14</p> <p>ご質問にあるように、設計計算上は主鉄筋をより外側に配置した方が部材厚を小さくでき有利となります。そのため、かつては橋台、水路、ボックスカルバート等構造物では主鉄筋が配力鉄筋よりも外側に配置されていました。</p> <p>変更理由に該当する記載が参考文献中にありましたので、以下に紹介します。</p> <p>「今日では、かぶりのもつ耐久性や耐火性などの重要性を重視して、また実際の配筋施工性も考慮して、主鉄筋を最も内側に配置してその外側に配力鉄筋、そして最外縁にせん断補強鉄筋を配置することが多い。」</p> <p style="text-align: right;">(鉄筋コンクリート構造物の設計、2007 年 7 月、山海堂参照)</p>	
<p>A3-2. : 回答</p> <p>底板：下から順に組み立てるため、従来は、段取筋（施工筋）→主筋→配力筋の順でした。 今は、配力筋→主筋の順です。</p> <p>側壁：縦筋（主筋）に対して横筋（配力筋）を取付けます。 横筋は外側の方が容易です。</p> <p></p> <p>実際の配筋は CAD 図のように正確に組立てられません。主筋のカブリを確保するために、内側が良いと思います。</p>	

A3-3. : 回答

配力筋は、字のごとく、主鉄筋に作用した力を直角方向に分配するのが主目的であるため、主鉄筋の内側に配置したのでは、配力筋としての意味がないと考えられます。

よって配力筋は主鉄筋の外側配置が応力的にも理にかなっている。

A3-4. : 回答

ご質問の通り、厳密に言えば応力計算上は主鉄筋位置を外側にした方が断面の有効高を大きくすることが出来るため、計算上の効率は上がります。

ただし、主鉄筋のかぶり位置等がマニュアル化されている現状、mm 単位での配筋位置による断面計算はあまり行わないこと（場合によりますが一般には）、応力計算上の余裕を考慮して設計を行うことから、結果としての鉄筋径はほぼ変わらないと思われま。

鉄筋を組み上げる際に配力筋が外側にあることで施工性が向上することは考えれば分かると思いま。力の伝達については、計算上反映される物ではありませんが、鉄筋に曲げ引張力が生じる際に曲がる方向の外側に配力筋が設置されていることで、配力筋を介して全体的に応力伝達することも感覚的にわかるのではないかと思われま。

A3-5. : 回答

主鉄筋を外側に配筋したほうが、構造的には効果的ですが、主鉄筋を内間に配筋することにより、作業の省力化がはかれるためだと思いま。

## 平成 26 年度 設計技術Q&A

部門コード	1. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 ⑥. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 ②. 実施設計
キーワード	擁壁、主動土圧
回答会社名	産業開発コンサルタント(株)、エムテックエンジニアリング(株) (株)トキワ・シビル、(株)西部技術コンサルタント、第一総合技術(株)

Q4. : 擁壁の土圧計算についての質問です。

土圧公式には、ランキン式、クーロン式、試行くさび法、改良試行くさび法などがありますが、それぞれの土圧計算法の適用条件を教えてください。

A4-1. : 回答 H26. 10. 14

道路土工 擁壁工指針をまとめますと、擁壁の種類と主働土圧算定方法の適用区分は下表のようになっています。

擁壁の種類	主働土圧算定方法	作用面	
		壁体の安定性	部材の安定性
重力式、もたれ式 井げた組、大型ブ ロック積	試行くさび法	躯体コンクリート背面	躯体コンクリート背面
片持ちばり式	試行くさび法	仮想背面	たて壁背面

(擁壁工指針 P. 97 参照)

また、受働土圧にはクーロン土圧を用いるのがよいとなっています。更に付け加えると U 型擁壁の設計には、静止土圧を作用させます。(擁壁工指針 P. 106、107 参照)

A4-2. : 回答

ランキン式： $\sigma_h / \sigma_v = v$  (ポアソン比) = k (土圧係数)

単純解析による土圧計算手法

クーロン系：土塊図形に基づいた土圧計算手法

A4-3. : 回答

現行の擁壁工指針（H24年7月）

主働土圧：試行くさび法（地表面が一様でない）

受働土圧：クーロン公式

ランキン式：擁壁工指針では適用外

改良試行くさび法：擁壁工指針では適用外

A4-4. : 回答

ランキン：仮設構造物等

クーロン：橋梁下部工等

試行くさび：擁壁等

道路土工の各指針、道路橋示方書などの準拠基準をご参照下さい。

A4-5. : 回答

1. クーロン土圧：

- ・粘着力の無い砂質土を対象とする。
- ・壁体の背後の土中に直線状の滑り面が生じ、くさび状の土塊が滑り面に沿って働く。
- ・主に橋台等の土圧に用いる。

2. ランキン土圧

- ・背後の地盤は水平でかつ壁体は垂直、壁面摩擦無しの場合である。
- ・主に仮設構造物土圧に用いる。

3. 試行くさび法

- ・滑り面の仮定。
- ・土くさび重量を算出し、力の釣合いを考える。
- ・滑り面の角度を変化させて、土圧合力の最大値を求める。
- ・主に擁壁土圧に用いる。

## 平成 26 年度 設計技術Q&A

部門コード	1. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 6. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 2. 実施設計
キーワード	桁橋設計、荷重分配法
回答会社名	産業開発コンサルタント(株)、(株)トキワ・シビル (株)西部技術コンサルタント、第一総合技術(株)
<p>Q5. : 桁橋の設計における荷重分配法とはどのようなものですか？</p>	
<p>A5-1. : 回答 H26.10.14</p> <p>多主桁からなる橋梁に作用する荷重（活荷重、橋面死荷重）に対し、着目する主桁（例えば G1 桁）が分担する荷重と、それによる設計断面力を求めるための解析法です。</p> <p>多くの部材が立体的に組合わされている橋梁構造において、主桁を 1 本の棒もしくは平面構造物にモデル化し、設計断面力を算定するための方法です。この場合、十分な強度と剛度をもった横桁、横構等の設置が前提となります。</p> <p>荷重分配法は、一般に鋼橋では格子構造理論が、PC 橋では版構造と見なせる場合（斜角 75° 以上）に直方異方性版理論が、斜角 70° 未満の T 桁橋等では格子構造理論が用いられています。</p> <p style="text-align: right;">（鋼道路橋設計便覧、コンクリート道路橋設計便覧参照）</p>	
<p>A5-2. : 回答</p> <p>橋梁に作用する荷重を、橋軸直角方向の桁又は分割した部分に配分することを荷重分配法という。</p> <p>桁を架設後、横締して一体化した後に、作用する地覆高欄、舗装及び活荷重を、桁 1 本ずつに配分する方法であり、一般的にはギヨン・マソネー法と言われている。</p>	
<p>A5-3. : 回答</p> <p>ギヨン・マソネーやオルゼンの方法などが挙げられます。</p>	
<p>A5-4. : 回答</p> <p>荷重分配法とは、主桁や横桁の剛性の比率により各主桁が負担する荷重の割合を計算します。</p> <p>荷重分配は、このように主桁と横桁が一体化して、始めて生じるもので、橋体が完成した後に載荷する荷重（橋面死荷重や活荷重）のみについて行います。</p>	

## 平成 26 年度 設計技術Q&A

部門コード	1. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 6. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 2. 実施設計
キーワード	耐震設計、プッシュオーバー解析
回答会社名	産業開発コンサルタント(株)、(株)トキワ・シビル (株)西部技術コンサルタント(株)
<p>Q6. : <u>橋梁の耐震設計における解析法についての質問です。</u> プッシュオーバー解析は、どのような設計に利用するのですか？</p>	
<p>A6-1. : 回答 H26. 10. 14</p> <p>橋梁のレベル2 地震動を対象とした耐震設計は、一般に塑性化を考慮する部材と塑性化させない部材を明確に区別し、地震時においては、塑性化を考慮する部材のみに塑性化が生じるようにした上で、生じる損傷が修復を容易に行い得る程度に抑えることを目標に行います。</p> <p>この設計過程の手段としてプッシュオーバー解析が利用されます。</p> <p>プッシュオーバー解析は、静的に地震力を与えて非線形挙動 (P-<math>\delta</math> 曲線) や破壊モードの生成過程を解析するもので、漸増载荷解析法と呼ばれています。</p> <p>具体的には、不静定構造物 (ラーメン橋脚、ラーメン橋) において、設計地震力以上の荷重を漸増していき、各部材の損傷順序や崩壊までの各部材の損傷程度を把握するために利用されています。</p> <p style="text-align: right;">(道示VP. 96、103、110 参照)</p>	
<p>A6-2. : 回答</p> <p>レベル 2 地震動による照査法の一つで、橋梁下部工及びラーメン構造の解析を行う場合に利用される。</p> <p>プッシュオーバー解析とは、漸増载荷解析法とも言われる非線形解析の一方法で、構造部材の 1 点に水平荷重を作用させ、その時の変位との関係 (P-<math>\delta</math> 曲線) 等によって構造物全体系の耐震性を評価するものである。</p>	
<p>A6-3. : 回答</p> <p>道路橋示方書V P96～を参照下さい。</p>	

## 平成 26 年度 設計技術Q&A

部門コード	1. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 6. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 2. 実施設計
キーワード	液状化判定
回答会社名	産業開発コンサルタント(株)、(株)西部技術コンサルタント 第一総合技術(株)
<p>Q7. : 現行の液状化判定では、地盤のN値が 30 を超える層においても、液状化強度比 <math>FL &lt; 1</math> という結果となる場合がある。このような問題を解決する合理的な方法がありますか？</p>	
<p>A7-1. : 回答 H26.10.9</p> <p>上記の原因として、現行の算定式による比較的密な砂質土の繰返しせん断強度比 <math>RL</math> が、実際の地震時に発揮される強度より過小評価されていることが考えられる。</p> <p>そこで、凍結サンプリング試料による非排水繰返し三軸試験結果をもとに <math>RL</math> 値を見直すことが必要となる。</p> <p>以下に新しい繰返しせん断強度比の算定式を参考として文献より抜粋し示します。</p>	
修正前	$R = \begin{cases} a\{N_1^{0.5} + (bN_1)^c\} + f(D_{50}, F_c, \sigma_v') & D_r \geq 60\% \\ 0.0882 \sqrt{\frac{N}{\sigma_v'/100 + 0.7}} + f(D_{50}, F_c, \sigma_v') & D_r < 60\% \end{cases} \quad (\text{解 5.5.3})$
修正後	$R = \begin{cases} a\{N_1^{0.5} + (bN_1)^c\} + h(N_1, \sigma_v') + f(D_{50}, F_c, \sigma_v') & D_r \geq 60\% \\ 0.0882 \sqrt{\frac{N}{\sigma_v'/100 + 0.7}} + f(D_{50}, F_c, \sigma_v') & D_r < 60\% \end{cases} \quad (\text{解 5.5.3})$ $h(N_1, \sigma_v') = 9.8 \times 10^{-8} \left\{ \frac{0.68(\sigma_v'/100 + 1.5)}{(\sigma_v'/100 + 0.7)} N_1 - 9.9433 \right\}^{5.1}, N_1 = \frac{2.5N}{\sigma_v'/100 + 1.5}$
<p>{参考 ; 「基礎構造物の耐震設計マニュアル (Q&amp;A)」財団法人 鉄道技術研究所 P.14}</p>	
<p>A7-2. : 回答</p> <p>N 値 30 としても、その状態 (礫障害等) によりけりでしょうし、沖積層・洪積層、砂層砂礫層の状況や粒度試験結果の確認など、結果の妥当性を判断する要素はあると思います。</p> <p>出てきた数値で判断するのではなく、算出結果が妥当であるかを判断すれば良いと考えます。</p>	
<p>A7-3. : 回答</p> <p>土砂試験データにて液状化の判定を行いますので、データに不明な点がなければ他に方法はありません。</p>	

平成 26 年度 設計技術Q&A

部門コード	1. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 6. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 2. 実施設計
キーワード	耐震設計、幾何学的非線形、部材のモデル化
回答会社名	産業開発コンサルタント(株)、エムテックエンジニアリング(株) (株)トキワ・シビル

Q8. : 「幾何学的非線形」とは、どのような場合に考慮するのか？

A8-1. : 回答 H26.10.9

道示V P.121 に、「アーチ橋や斜張橋、吊橋など吊構造系の橋や橋脚高さの非常に高い橋など、橋に生じる変位が大きい場合には、幾何学的非線形の影響を考慮する」とあります。

「橋梁の耐震設計と耐震補強、1998年、技報堂」では、幾何学的非線形の影響として高橋脚におけるP-Δ効果を挙げ、式 $M_y = F_y L + P \Delta_y$ の第2項( $P \Delta_y$ )がそれに該当するものとしています。脚高が大きいと、水平変位 $\Delta_y$ により付加される橋脚基部での曲げモーメントが大きくなるということです。

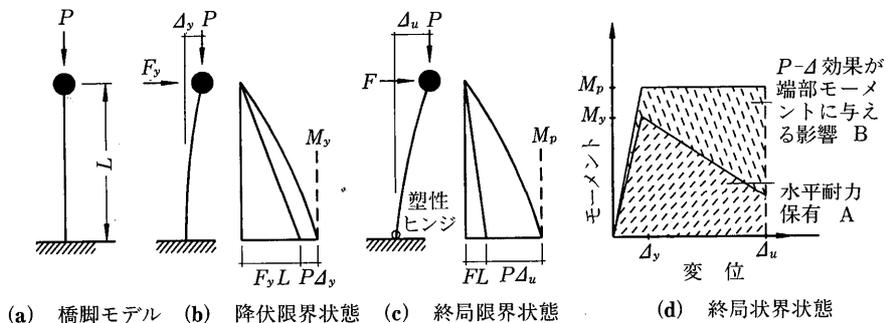


図 3.10 橋脚での P-Δ 効果 [M10]

(橋梁の耐震設計と耐震補強 P.88)

A8-2. : 回答

フックの法則が成立しない大変形時の状態に考慮する。

A8-3. : 回答

幾何学的非線形とは、構造物が大変形すると、力の釣り合いや境界条件が線でなくなる。

このような幾何学的特性により非線形性を持つ構造物の解析のことを言う。

要するに「有限要素法による解析」と同意である。

## 平成 26 年度 設計技術Q&A

部門コード	1. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 6. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 2. 実施設計
キーワード	液状化地盤、耐震設計上の地盤面、低減係数
回答会社名	(株)西部技術コンサルタント、第一総合技術(株)
<p>Q9. : 液状化地盤の耐震設計上の地盤面、地盤定数の低減及び照査方法について示してほしい。</p>	
<p>A9-1. : 回答 道路橋示方書V P35～ やP132～を参照下さい。</p>	
<p>A9-2. : 回答 道路橋示方書 V 耐震設計編「8・2・4 耐震設計上土質定数を低減させる土層とその取扱い」により、求めます。</p>	

## 平成 26 年度 設計技術Q&A

部門コード	1. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 ⑥. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 ②. 実施設計
キーワード	千鳥配置杭、地盤反力係数
回答会社名	(株)西部技術コンサルタント

Q10. : 千鳥配置杭の地盤反力係数、有効抵抗土圧の低減はどのように行えばいいですか？

A10. : 回答

道示などに明記はされておきませんが、杭中心間隔によるものですので、設計の安全側を考慮して千鳥方向を考慮した最小間隔を適用するのが良いと思います。

## 平成 26 年度 設計技術Q&A

部門コード	①. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 6. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 ②. 実施設計
キーワード	固定堰、耐震性能照査
回答会社名	産業開発コンサルタント(株)、(株)トキワ・シビル (株)西部技術コンサルタント

Q11. : 固定堰の耐震性能の照査は必要ですか？

A11-1. : 回答 H26.10.9

固定堰は、一般に地盤面から突出していないため、地震の影響を受けにくいと考えられる。そのため、耐震性能の照査を行う必要はない。

{参考；「河川構造物の耐震性能照査指針（案）一問一答」P.5 国土交通省 河川局治水課}

A11-2. : 回答

国土交通省の基準書（H24年2月）の固定堰耐震性能照査指針（HP）に記載があると思います。

A11-3. : 回答

本体について必要です。

※詳細については河川構造物の耐震性能照査指針【国土交通省水管理】、地震時保有水平耐力に基づく水門・堰の耐震性能照査に関する計算例【土木研究所】などを確認して下さい。

構造物	構造物形式	池水・利水上の区分	建設省河川砂防技術基準(案)設計編(中)	対応	構造物の部分(建設省河川砂防技術基準(案)設計編(中)での照査対象部分)	地震の影響	L1照査	L1照査内容	L2照査	L2照査内容	備考
堰	固定堰(採止め倉)		本体は地震時慣性力、地震時土圧を考慮	L1、L2対応が必要	採止め	慣性力 地震時土圧	耐震性能1	本構に生じる応力度が許容応力度以下であることを照査	耐震性能2	本体の地震時保有水平耐力が本構に作用する慣性力を下回らないとともに、本体の残留余力が許容残留余力以下であることを照査	
					水叩き、護床工、しゃ水工、付属設備等	地震時動水圧 液状化	対象外		対象外		構造物の主要な部分ではないため照査対象外としてもよい

平成 26 年度 設計技術 Q & A

部門コード	①. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 6. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 ②. 実施設計
キーワード	樋門、門柱、耐震性能照査
回答会社名	産業開発コンサルタント(株)、(株)トキワ・シビル (株)西部技術コンサルタント

Q12. : 樋門の門柱の耐震性能照査は、どのように行えばいいですか？

A12-1. : 回答 H26.10.9

函渠は周囲の地盤に拘束されており、地震時には地盤と一体となって挙動するものと考えられるため、門柱基部を地震動の入力位置（耐震性能照査上の地盤面）と見なすことができる。そのため、樋門の門柱のモデル化にあたっては、門柱基部を固定端とした上で解析を行ってよい。

{参考；「河川構造物の耐震性能照査指針（案） 一問一答」 P.38 国土交通省 河川局治水課}

A12-2. : 回答

国土交通省の基準書（H24年2月）の樋門門柱の耐震性能照査指針（HP）に記載があります。

A12-3. : 回答

治水上の区分、構造物の部分によって必要とされる性能を満足できるよう照査します。

※詳細については河川構造物の耐震性能照査指針【国土交通省水管理】、地震時保有水平耐力に基づく水門・堰の耐震性能照査に関する計算例【土木研究所】などを確認して下さい。

水門 樋門	水門の本体、樋門の 堰・門柱・扉等について は地震時傾倒力、地震 時土圧等を考慮 樋門の扉等は地震時の 非線形挙動の発生につ いても必要に応じ検討 し、し対応が必要	照査		照査		照査	
		照査	照査	照査	照査	照査	照査
治水 upstream 堰・水門・樋門		門柱等に起因して側面壁部に作用する曲げモーメントを考慮し、照査に生じる応力が許容応力度以下であることを照査 曲げモーメント、せん断力及び引張せん断力に別して必要な部材厚を算出することと照査 門柱・堰柱に生じる応力が許容応力度以下であることを照査 基礎に生じる応力が許容応力度以下であり、かつ、支持、転倒及び滑動に対して安定であるとともに、基礎の位置が許容位置以下であることを照査 各種関連基準に準拠	新設性能1	新設性能2	新設性能3	新設性能4	新設性能5
それ以外の水門・樋門		門柱等に起因して側面壁部に作用する曲げモーメントを考慮し、照査に生じる応力が許容応力度以下であることを照査 曲げモーメント、せん断力及び引張せん断力に別して必要な部材厚を算出することと照査 門柱・堰柱に生じる応力が許容応力度以下であることを照査 基礎に生じる応力が許容応力度以下であり、かつ、支持、転倒及び滑動に対して安定であるとともに、基礎の位置が許容位置以下であることを照査 各種関連基準に準拠	新設性能1	新設性能2	新設性能3	新設性能4	新設性能5
		門柱等に起因して側面壁部に作用する曲げモーメントを考慮し、照査に生じる応力が許容応力度以下であることを照査 曲げモーメント、せん断力及び引張せん断力に別して必要な部材厚を算出することと照査 門柱・堰柱に生じる応力が許容応力度以下であることを照査 基礎に生じる応力が許容応力度以下であり、かつ、支持、転倒及び滑動に対して安定であるとともに、基礎の位置が許容位置以下であることを照査 各種関連基準に準拠	新設性能1	新設性能2	新設性能3	新設性能4	新設性能5
		門柱等に起因して側面壁部に作用する曲げモーメントを考慮し、照査に生じる応力が許容応力度以下であることを照査 曲げモーメント、せん断力及び引張せん断力に別して必要な部材厚を算出することと照査 門柱・堰柱に生じる応力が許容応力度以下であることを照査 基礎に生じる応力が許容応力度以下であり、かつ、支持、転倒及び滑動に対して安定であるとともに、基礎の位置が許容位置以下であることを照査 各種関連基準に準拠	新設性能1	新設性能2	新設性能3	新設性能4	新設性能5

## 平成 26 年度 設計技術Q&A

部門コード	①. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 6. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 ②. 実施設計
キーワード	函渠、杭基礎、耐震性能照査
回答会社名	産業開発コンサルタント(株)、エムテックエンジニアリング(株) (株)トキワ・シビル、第一総合技術(株)
<p>Q13. : 函渠の照査において、函渠の杭基礎についてはどのように考えればよいか？</p>	
<p>A13-1. : 回答 H26.10.9</p> <p>一般に、函渠の基礎に塑性化が生じたとしても、函体を支持することは可能であるため、函体の基礎の照査は省略することができる。</p> <p>函渠の照査にあたっては、堤体基礎地盤が水平方向に広がるように変形し、その変形が杭を介して函渠の継手に開きを生じさせたり、函体に応力を作用させたりすることになる。そのため、函渠の照査においては、杭を適切にモデル化する必要がある。ただし、現時点では、杭部材が曲げ耐力及びせん断耐力を超えたときの劣化挙動を適切にモデル化することが困難であり、そのことが原因となって、函体に生じる引張り応力が過大となり、函体の耐力が著しく過小評価される場合があるため、函渠の照査における杭のモデル化手法には十分な注意が必要である。上記のような問題が発生した場合、当面は、せん断破壊に至った杭があれば、それを無視したモデルにより再度解析を行う、といった処置が考えられる。</p> <p>{参考；「河川構造物の耐震性能照査指針（案）一問一答」P.44 国土交通省 河川局治水課}</p>	
<p>A13-2. : 回答</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・鉛直支持</li> <li>・水平支持</li> <li>・浮上防止</li> </ul>	
<p>A13-3. : 回答</p> <p>杭基礎の考え方は、H11年3月カルバート工指針P59に記述があります。</p>	
<p>A13-4. : 回答</p> <p>場所打ちコンクリートボックスの場合、内空幅 6.5m、内空高 5.0m、プレキャストボックスの場合、内空幅 5.0m、内空高 2.5m、以下のボックスについては、常時のみ検討を行い、杭支持力の照査を行う。上記以外の断面を有するボックスについては、地震時の照査が必要となる。</p>	

## 平成 26 年度 設計技術Q&A

部門コード	1. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 6. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 2. 実施設計
キーワード	上部工遊間①
回答会社名	産業開発コンサルタント(株)、(株)トキワ・シビル (株)西部技術コンサルタント、第一総合技術(株)
<p>Q14. : 橋梁設計において、桁遊間の決定方法は支承の種類や径間数により異なるが、重要路線でない連続橋において、中間支点固定の場合の桁遊間の決定は、動的解析により変位を満足する遊間とすべきでしょうか？</p> <p>① M, F, Mの場合 ② E, E, E (分散沓) の場合</p>	
<p>A14-1. : 回答 H26.10.14</p> <p>①中間橋脚上の一点固定方式 2 径間連続桁 (M, F, M) の橋梁は、地震時の挙動が複雑ではない橋に該当する。動的照査法により耐震性能照査を行わないので、橋軸方向の遊間量は、橋脚の応答変位 (<math>\delta \cdot k_{hc}</math>) と可動支承橋台との相対変位 (<math>U_s</math>) で設定する。ここに、<math>\delta</math> : 固有周期算定における橋脚変位、<math>k_{hc}</math> : レベル 2 地震動に対する設計水平震度、可動支承側橋台の変位は零とする。</p> <p>②分散支承方式 (E, E, E) の橋梁は、レベル 2 地震動時の耐震性能照査を動的解析で行う。そのため、橋軸方向の遊間量は、当該支点におけるその解析結果を用いた上部構造と下部構造との間の最大相対変位 (<math>U_s</math>) で設定する。</p> <p style="text-align: right;">(道示 V P. 267~270)</p>	
<p>A14-2. : 回答</p> <p>道示 V、耐震設計編 P268 (H24 年道示)</p> <p>「免震橋以外で上部構造端部の衝突が、橋の耐震性能を損なわないことを確認する場合には、レベル 1 地震動に対して衝突が生じないような遊間としてよい」とあるが、「耐震性能を損なわないことを確認する場合」は相当難しいので、②分散沓を使用する場合は動的解析の結果を反映させた方がよい。</p>	
<p>A14-3. : 回答</p> <p>①耐震設計上動的解析を必要としません。遊間を算出するためだけに動的解析を用いる必要性はないと考えます。ハイピア等の特殊形式は除きます。</p> <p>②耐震設計上動的解析を必要とします。必然的に遊間は動的解析により求められます。</p>	
<p>A14-4. : 回答</p> <p>動的解析は、橋の重要度には関係ありません。</p> <p>①の場合は、動的解析は必要ありませんが、</p> <p>②の場合には、分散沓を使用していますので、動的解析が必要となります。</p>	

## 平成 26 年度 設計技術Q&A

部門コード	1. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 6. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 2. 実施設計
キーワード	上部工遊間②
回答会社名	(株)トキワ・シビル、第一総合技術(株)

Q15. : 固有周期算定及び上下部構造間の相対変位算定において、分散支承の連続桁の場合は桁の剛性と沓変位及び下部工剛性を考慮するが、単純桁や1点固定ではこれらを考慮するのか？

A15-1. : 回答

下図に示す、一点固定方式連続桁、単純桁橋の橋脚を対象として回答します。

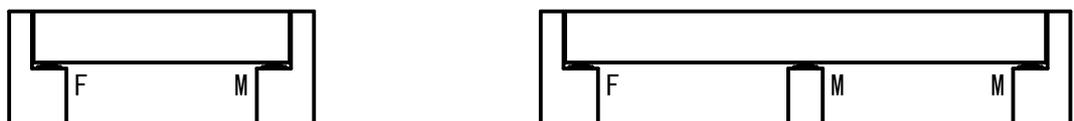
・設計振動単位が複数の下部構造とそれが支持している上部構造からなる場合に該当しないので、固有周期算定及び上下部構造間の相対変位算定においては、橋脚の剛性（EI）を考慮し、桁の剛性と沓変位は考慮しません。



A15-2. : 回答

下図に示す、一点固定方式連続桁、単純桁橋の橋台を対象として回答します。

・設計振動単位が複数の下部構造とそれが支持している上部構造からなる場合に該当しないので、固有周期算定及び上下部構造間の相対変位算定においては、橋台の剛性（EI）を考慮し、桁の剛性と沓変位は考慮しません。



## 平成 26 年度 設計技術Q&A

部門コード	1. 河川砂防 (2.) 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 6. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 (2.) 実施設計
キーワード	斜めボックスカルバート
回答会社名	産業開発コンサルタント(株)、エムテックエンジニアリング(株) (株)西部技術コンサルタント、第一総合技術(株)

Q16. : カルバート工指針では、斜角をもつボックスカルバートにおいて基礎地盤と角度の関係が示されており、斜角は軟弱地盤上では 70° 以上、通常地盤では 60° 以上を提示されている。道路または水路管理者の条件および地域住民の制約条件より、上記の角度を下回る場合、構造上の安定性の照査(回転等)や配筋量の算出において適正な方法を教えてください。

A16-1. : 回答 H26. 10. 14

同様な Q&A が Web 上にありましたので、函体の滑動、回転に対する検討で参照してください。また断面計算では、鋭角側側壁を一定区間において片持ち梁モデルとして解析する等もよいと考えます。

(1) 滑動に対する検討

滑動に対する安全率は、次式で計算できます。ただし、底面の摩擦も抵抗力として関与しますが、安全側を考慮して無視しています。

$$\text{滑動の安全率} = (\text{左岸の側壁の長さ} \times \text{受働土圧係数}) / (\text{右岸の側壁の長さ} \times \text{主働土圧係数}) \quad (1)$$

(2) 回転に対する検討

左右岸の側壁に作用する土圧合力は、力のつり合い条件より

$$P_a L_a = P_b L_b \quad (2)$$

となります。Paは右岸の側壁に作用する単位長さ当たりの主働土圧、Laは右岸の側壁の長さ、Pbは左岸の側壁に作用する単位長さ当たりの土圧、Lbは左岸の側壁の長さです。

土圧は下図に示すように側壁に等分布して作用するものとする、次式で表される偶力Mを生じます。

$$M = P_a L_a e = P_b L_b e \quad (3)$$

eは右岸の土圧合力と左岸の土圧合力の間の距離です。

偶力にはボックスカルバート底面の摩擦で抵抗すると考えます。

ボックスカルバートの底面の鉛直応力を $\sigma$ 、摩擦係数を $\mu$ とすると、回転に対する安全率は式(4)で求めることができます。

$$F_s = \frac{\mu \sigma \int r dA}{M} \quad (4)$$

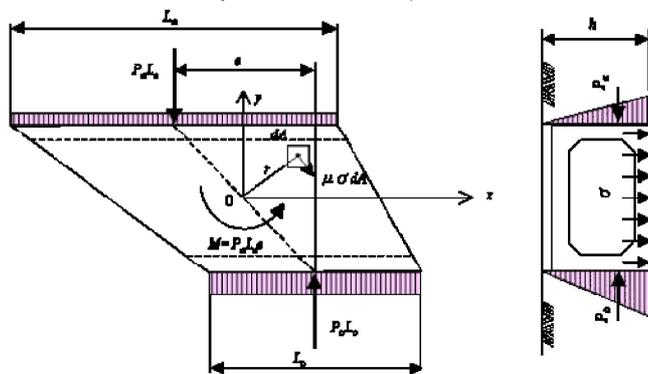


図-1

実際には、図-2のように分割し、式(5)で計算すれば良いでしょう。

$$F_s = \frac{\mu \sigma \sum (r_i \cdot \Delta A_i)}{M} \quad (5)$$

(第一コンサルタントの Web より転写)

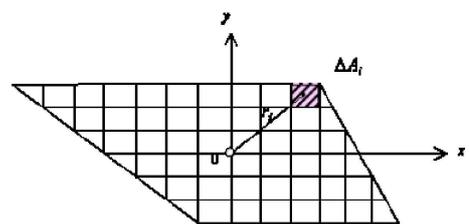


図-2

A16-2. : 回答

「ボックスカルバート標準設計図集（H11年5月：日本道路公団）に示される検討方法（FORUM8、総合システムのソフト）で、対応できると思います。

市販のソフトの適用外のケースでは、3次元フレームで解析することになると思います。

A16-3. : 回答

配筋量については斜方向断面等の適切な方向による解析を行い、算出するのが良いと考えます。

回転照査は手法が明示されている指針等を存じ上げませんが、左右の土圧の釣り合い差と地盤との摩擦抵抗力の対比などが考えられるのではないのでしょうか？

A16-4. : 回答

ボックスの斜角が基準値を下回る場合には、端部にデッドスペースを設け、基準値と満足するように計画を行う。

また、構造計算については、斜角方向と直角方向の2ケースについて検討を行う。

## 平成 26 年度 設計技術Q&A

部門コード	①. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 6. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 ②. 実施設計
キーワード	仮橋、桁下高
回答会社名	産業開発コンサルタント(株)、(株)トキワ・シビル (株)西部技術コンサルタント(株)、第一総合技術(株)
<p>Q17. : 河川構造令第 64 条(桁下高等)では、橋梁の桁下高は計画高水位+計画余裕高を上回るように規定されており、計画余裕高は計画水量によって設定されている。(一般的に H.W.L+0.60m 以上)</p> <p>一方、国土交通省九州地方整備局設計資料(道路編 2-22 頁)でも、桁下高は河川構造令の基準に準ずるものであるが、仮橋については共通編 2-72 頁では、「原則として、既往最高水位より 50 cm 高くする。」と規定されている。</p> <p>仮橋(工専用仮橋、一般供用仮橋)を計画する場合、河川構造令(上位の基準)と九地整の基準の適用について、教えていただきたい。</p>	
<p>A17-1. : 回答 H26.10.14</p> <p>1. 「工専用仮橋」は工事車両のみが利用する仮橋で、供用期間が非出水期内に収まる短い期間か、又は長い場合には出水期間中は撤去される扱いとなっています。出水期間中には撤去される工専用仮橋の桁下高は、河川管理施設等構造令中にはありません。</p> <p>したがって、国土交通省設計要領中にあるように「工事期間(非出水期)中の既往最高水位より 50 cm 高くする」に準ずるしかありません。</p> <p>2. 一方、一般車両が出水期間中も通行できる、「一般供用仮橋」は、河川管理施設等構造令では「迂回路のための仮橋」に該当し、第 64 条の規定に準拠するとなっています。</p> <p style="text-align: right;">(河川管理施設等構造令 P349、350 参照)</p>	
<p>A17-2. : 回答</p> <p>本件については河川等構造令の基準を原則とし、工事期間の長さ(洪水期間をまたぐかどうか)、水文データの統計期間、既往最高水位の設定方法によって様々な答えが出ますので、最終的には九地整の基準を適用するのがベターではないかと思います。</p>	
<p>A17-3. : 回答</p> <p>工専用仮橋と一般供用仮橋では、考え方が異なります。</p> <p>工専用仮橋でも出水期にかかる場合には、一般供用と同じ考え方とすべきであると思われます。</p> <p>なお、いずれの仮橋についても九地整の基準を基本として考慮されれば良いと思います。</p> <p>最終的には河川管理者との協議により決定するものと考えます。</p>	
<p>A17-4. : 回答</p> <p>仮橋の桁下余裕高</p> <p>桁下の余裕高については、河川管理者と協議を行い決めています。</p>	

## 平成 26 年度 設計技術Q&A

部門コード	①. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 6. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 ②. 実施設計
キーワード	堤防、築堤、特殊堤
回答会社名	産業開発コンサルタント(株)、エムテックエンジニアリング(株) (株)トキワ・シビル

Q18. : 堤防嵩上げにおける胸壁(パラペット)構造の特殊堤についての質問です。

河川構造令の第 19 条によると、「堤防は、盛土により築造するものとするが、高規格堤防以外の堤防にあたっては、土地利用の状況その他の特別の事情によりやむを得ないと認められる場合においては、その全部若しくは主要な部分がコンクリート、鋼矢板若しくはこれに準ずるものによる構造のものとし、又はコンクリート構造若しくはこれに準ずる構造の**胸壁**を有するものとする事ができる」とされている。

しかし、河川構造令及び他の文献を確認しても胸壁タイプについては、明確な形状寸法や安定計算手法の記述がありません。そこで、胸壁タイプ(パラペット)の形状及び安定計算手法について明確に出来ないか確認したい。

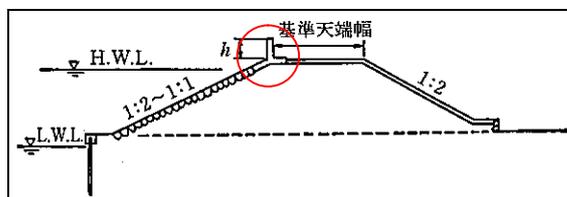


図 (河川構造令 P.114 より抜粋)

A18-1. : 回答 H26.10.15

形状寸法や安定計算手法については、福岡市河川課と協議して決定するのがよいと考えます。

形状寸法は、既設構造を参照。安定計算では車両の衝突、河川側水圧等の荷重考慮が必要と考えます。

A18-2. : 回答

海岸堤防の胸壁と同様に、重力式土留壁として、検討して良いと思います。

A18-3. : 回答

パラペットの高さは、余裕高相当まであり、形状は、近隣の施工事例を参考にしてはいかがでしょうか。安定確保についても護岸の肩に接着している方法がとられているようです。

いずれにしても施工事例は数多くありますので参考にされてはいかがでしょうか。

## 平成 26 年度 設計技術Q&A

部門コード	①. 河川砂防 2. 道路 3. 下水道 4. 造園 5. 都市地域計画 6. 土質及び基礎 7. 鋼構造コンクリート 8. 施工計画
業務階段コード	1. 基本設計 ②. 実施設計
キーワード	堤防、築堤
回答会社名	エムテックエンジニアリング(株)

Q19. : 新堤や引堤部の築堤(盛土)材料についての質問です。

河川土工マニュアル等によると、堤体材料として望ましい土ということで堤体材料の基本条件、堤体材料としての土の選定(評価)が記載されている。

しかし、粘着力等において明確な数値の記載はない。

その中で、搬入土の土質試験値を用いて堤体の安定検討(円弧すべり)を行って良いのでしょうか？  
また、安定検討を行った上で、定数( $\phi \cdot c$ )を満足する材料指定ができないのでしょうか？

例えば、三軸試験における強度定数は、 $\phi = 32.7^\circ \cdot c = 41.6 \text{ kN/m}^2$ であったが、「道路土工 擁壁工指針」から築堤材料の設計値(定数)としては、 $\phi = 30^\circ \cdot c = 0 \text{ kN/m}^2$ とすべきなのでしょうか？

また、粘着力を無視( $c = 0 \text{ kN/m}^2$ )し抑止矢板や地盤改良が発生することで過大設計にならないのか確認したい。

A19. : 回答

「河川堤防の構造検討の手引き」が参考になると思います。

私見1: 現在の安定計算手法はUU試験に基づいた安全率を用いているので、三軸試験結果を用いることは危険側になる。

私見2: 土はコンクリートや鉄に比べて強度、品質のバラツキが大きく、試験結果より、 $1\sigma$  (シグマ) 下げた値を用いるべきである。

統計データがない場合は、経験的数値等を併用すべきである。

# 河川堤防の構造検討の手引き (改訂版)

平成24年2月



財団法人 国土技術研究センター  
Japan Institute of Construction Engineering(JICE)

b) 安定計算に必要な土質定数

・ 湿潤密度  $\rho_s$

原則としては土質試験（湿潤密度試験）の結果にもとづいて設定する。なお、湿潤密度  $\rho_s$  は飽和度によって変化するので、厳密には飽和度に応じて設定する必要があるが、ここでは安全側に、モデル化した土質ごとに飽和状態に近い値を採用するのがよい。

・ 粘着力  $c$ 、内部摩擦角  $\phi$

従来、三軸圧縮試験および一面せん断試験における拘束応力の設定に配慮不足な面があった。すべり面計算に用いる三軸圧縮試験等のせん断強度試験は、発生すると予想されるすべり面の深さにおいて、発掘する強度が評価されるように、低い拘束応力範囲を含むように設定する。高拘束圧下の試験結果から得られた粘着力を見込むと、低拘束圧下で過大な強度となり、過大な安全率が得られることもあるため、粘着力の評価に必要な注意事項である。

よく締った土、細粒分の多い土、あるいは不飽和な土では、砂質土に分類されるようなものでも、CU 試験から  $c_{cu}$  および  $\phi_{cu}$  の双方が得られる場合がある。このような場合、土質試験の結果を機械的に適用するのではなく、 $c_{cu}$  と  $\phi_{cu}$  の両者を考慮し設定する必要がある。その際には、試験条件の見直し、経験的に知られている値や  $N$  値等から推定される値、あるいは隣接する断面の類似の土質に対する試験の結果等を十分に勘案する必要がある。

次に、一般応力法でも、すべり面スライスが当たる土層が排水性のとき、排水条件の CD 試験による強度を使用するため、CD 試験または CUB 試験が必要となる。

粘性土を対象とした UU 試験にもとづく場合は原則的には内部摩擦角  $\phi$  は 0 ( $\phi = 0^\circ$ ) である。粘着力  $c$  は試料の採取深度によって変わるため、深度に応じた強度増加を考慮する場合には、CU 試験または採取深度を変えて UU 試験を行うことを検討する。また、UU 試験は、サンプリング時の乱れや供試体作製過程の影響を受けやすいこと等に留意する必要がある。UU 試験の結果、粘着力  $c$  が過度に小さい場合や内部摩擦角  $\phi$  が求まる場合、堤防縦断方向の同一土層の試験結果に対しバラツキが見られる場合等では、試験数を増やすことや試験条件を CU 試験に変えるなどの検討が必要である。なお、内部摩擦角  $\phi$  が求まるのは、供試体が不飽和の状態の場合によく見られる現象であり、目標とする試験条件である飽和状態を満足していない可能性が高い。また、一軸圧縮試験から求まる一軸圧縮強さの  $1/2$  ( $q_u/2$ ) は、UU 試験から求まる粘着力  $c$  の最小値と見なせることから、必要に応じて UU 試験と一軸圧縮試験を合わせて実施することが望ましい。

安定計算の技術上の問題からいえば、堤体土が砂質土や礫質土の場合に  $c=0$  とすると、のり面の表層をかすめるような円弧が最小安全率を示すことがあり、堤防全体の安全性を照査するという意味からは望ましいものではない。実務においては三軸圧縮試験等の結果が  $c=0$  であっても  $c=1\text{kN/m}^2$  程度を見込んでおくことが推奨されてきたのは軽微な規模の破壊を過大視しないためである。

なお、標準貫入試験から得られる  $N$  値と内部摩擦角  $\phi$  の関係については多数の提案があり、参考に代表的なものを列挙すれば次のとおりである。

Peck(1953)	$\phi = 0.3 N + 27$
大崎(1959)	$\phi = \sqrt{20 N + 15}$

Meyerhof(1956)  $\phi = (5/6) N + 26.7$  ( $4 \leq N < 10$ )

$\phi = (1/4) N + 32.5$  ( $10 \leq N \leq 50$ )

Dunham(1954) ①  $\phi = \sqrt{12 N} + 25$  (角張った粒子で、粒度配合がよい)

②  $\phi = \sqrt{12 N} + 20$  (丸くて良配合・角張って悪配合)

③  $\phi = \sqrt{12 N} + 15$  (丸い粒子で、粒度配合悪い)

道路橋示方書・同解説下部構造編(2002)  $\phi = 4.8 \log \left[ \frac{170 N}{\sigma_v' + 70} \right] + 21$

鉄道構造物等設計標準・同解説一土構造物(2007)  $\phi = 1.85 \left[ \frac{N}{\sigma_v' / 100 + 0.7} \right]^{0.6} + 26$   
( $\sigma_v'$ :有効上載圧  $\text{kN/m}^2$ )

図 4.3.7 はこれらの関係を図化したものであるが、内部摩擦角は安定計算の結果に大きく影響するので、適用にあたっては土質の状況を十分に吟味し、慎重に設定する必要がある。

なお、コーン支持力  $q_c$  や動的コーン貫入試験結果 ( $N_d$ ) からは  $N$  値を介して内部摩擦角を推定することが可能であるが、図 4.3.7 に示す内部摩擦角  $\phi$  は、基本的には排水条件の内部摩擦角  $\phi_d$  であることに留意しなければならない。

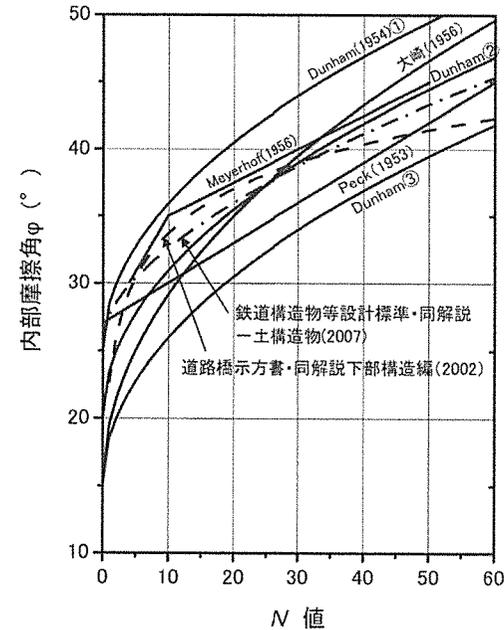


図 4.3.7  $N$  値と内部摩擦角  $\phi$  の関係