

068
ISSN 0386—5878

土木研究所資料第3029号

土 木 研 究 所 資 料

道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 に関する資料

平成3年8月

建設省土木研究所
地震防災部・耐震研究室

Copyright ©(1991)by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 に関する資料

耐震研究室	室	長	川	島	一	彦
	主任研究員		長	谷	金	二
	研究員		運	上	茂	樹
	研究員		長	島	博	之
			清	水	英	之
			飯	田	寛	之

要 旨

本報告は、平成2年2月に改訂された道路橋示方書V耐震設計編に関する質問として、耐震研究室に寄せられた質問を「Q&A」という形でとりまとめたものである。

キーワード：道路橋、耐震設計

ま え が き

平成2年2月に道路橋示方書Ⅴ耐震設計編が改訂された。昭和55年5月の前回の改訂からすでに10年が経過し、道路橋の耐震設計に関して多方面の調査研究がなされてきた。とくに、橋を支持する地盤の振動特性、橋の地震応答特性、鉄筋コンクリート橋脚の動的耐力などについて新しい知見が得られた。これらの調査研究をもとに道路協会橋梁委員会総括小委員会耐震設計分科会において改訂作業が進められ、橋梁委員会の審議を経て改訂が行われた。

主要な改訂点は次の通りである。

- ① 従来の震度法と応答を考慮した修正震度法を一つにとりまとめ、これを改めて震度法として規定された。
- ② 耐震設計上の地盤種別について従来の2種地盤と3種地盤を一つに統合し、地盤種別が4区分から3区分にされるとともに、設計水平震度の地盤種別補正係数が改められた。
- ③ 橋の振動特性をより正しく設計計算に反映させるために、慣性力の算定が設計振動単位ごとに行われるようになり、連続橋の耐震計算法の充実が図られた。
- ④ 砂質土層の液状化強度の算定に細粒分の影響が取り入れられた。
- ⑤ 鉄筋コンクリート橋脚の地震時変形性能に関する規定が、地震時保有水平耐力を基本とする照査法に改められた。
- ⑥ 従来、明確な規定のなかった動的解析に用いる地震入力が規定されるとともに、動的解析モデル、動的解析による安全性の照査に関する規定が新たに設けられた。

改訂以後、耐震研究室にはこれらの改訂点も含めて、新しい道路橋示方書Ⅴ耐震設計編に関する多数の質問が寄せられた。本資料は、今後の耐震設計の実務において参考とするため、これらの質問を「Q&A」という形でとりまとめたものである。

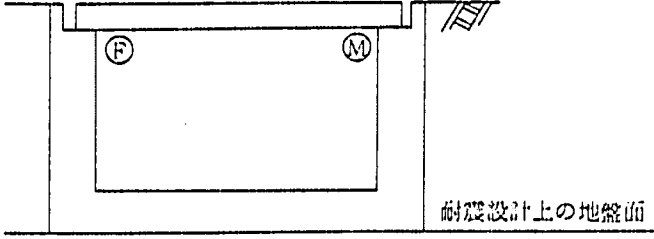
目 次

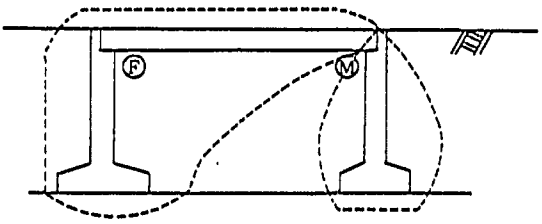
ま え が き

1. 道路橋示方書Ⅴ耐震設計編に対するQ and A	1
1.1 3章 耐震設計上考慮すべき荷重および設計条件	1
1.2 4章 設計水平震度	13
1.3 5章 鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の照査	17
1.4 7章 耐震設計における構造細目	23
謝 辞	27

1. 道路橋示方書V耐震設計編に対する Q and A

1.1 3章 耐震設計上考慮すべき荷重及び設計条件

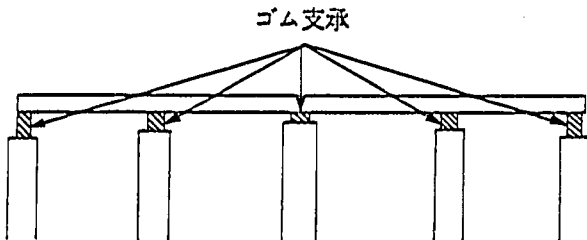
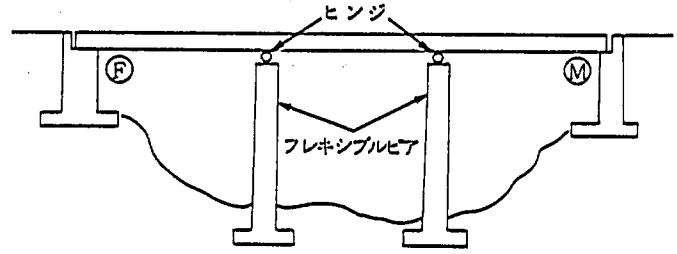
項 目	細 項 目	Q	A
3章 耐震設計上考慮すべき荷重及び設計条件	3.3 慣性力 3.3.1 一般	設計振動単位が複数の下部構造とそれが支持している上部構造部分からなる場合に、固有周期を算定する際には上部構造を表わすはりの位置は、重心位置と支承底面のどちらにとればよいか。 斜角が小さい斜橋（60度以下）の場合に、橋軸方向に作用する慣性力の作用位置は、重心位置と支承底面のどちらにとればよいか。 下図に示すようなカルバート構造の場合には設計振動単位はどのようにとればよいか。  連続けた橋の橋軸直角方向の慣性力を算出する際に橋脚間の固有周期特性が大きく異なる場合には、1基の下部構造とそれが支持する上部構造部分に分割できると規定されている。橋軸方向に多点固定方式の場合にもこれと同様に1基の下部構造とそれが支持する上部構造部分として取り扱ってもよいか。	3.3.2項の解説(2)に示されるように、固有周期を算出する際には上部構造を表わすはりの位置は、3.3.1(3)項に規定される上部構造の重心位置とする。ただし、上部構造の重心位置が床版底面より下にある橋では上部構造の慣性力の作用位置を床版底面としてよい。また、橋軸方向については上部構造の慣性力の作用位置は支承の底面としてよい。 3.3.1(3)項に示されるように、慣性力の作用位置は重心位置が基本である。ただし、上部構造の重心位置が床版底面より下にある橋では上部構造の慣性力の作用位置を床版底面としてよい。また、橋軸方向（土圧の作用方向ではない）については上部構造の慣性力の作用位置は支承の底面としてよい。 設計振動単位とは、地震時に同一の振動をすると見なし得る構造系を指し、カルバート構造のように両端の橋台部が底版により連結されている構造系においては、地震時の振動は橋全体が一体となって生じる。したがって、原則としてはカルバート全体を1つの設計振動単位と見なして固有周期を算出する。ただし、カルバートの側壁の下端部で剛結された構造とみなしても、カルバート全体を一つの設計振動単位と見なした場合と固有周期に差が生じないと判断される場合には、側壁を下端部で剛結された一つの設計振動単位と見なしてよい。 多点固定の連続けた橋の橋軸方向の場合には、複数の固定・可動支承が用いられるため、上部構造の慣性力を各下部構造にどのように分配するか判断に迷う場合が多く、原則としては3.3.1に規定されるように、上部構造とこれを固定支承で支持している下部構造全体を1つの設計振動単位とみなす。 ただし、同一の径間長を有し全点固定された多径間連続橋のように、上部構造から下部構造への慣性力の分配が明確で橋脚間の固有周期特性が大きく異なる場合には、橋軸直角方向と同様に各下部構造が死荷重反力に相当する上部構造部分を支持するものと見なしてもよい。

項 目	細 項 目	Q	A
3 章 耐震設計上考慮すべき荷重及び設計条件	3.3.1 一般	斜角のある橋台において、直橋と見なして設計してよい斜角が、V編では60°、IV編では75°となっているので統一できないか。	下部構造編における75°という条件は「5.3.4 斜め橋台」の「解説1) について」の中で出てくるもので、これは土圧を対象としている。これに対して 耐震設計編における60°という条件は慣性力を対象としているもので、下部構造編とは対象が異なっている。したがって、それぞれの特性に基づいて角度を決めたもので統一することは考えていない。
	3.3.2 固有周期の算定方法	単純けた橋の橋軸方向の場合には、設計振動単位が下図のようになるが、可動側の橋台の橋軸方向の周期を算出する場合には上部構造の重量はどのようにとればよいか。  杭基礎を有する下部構造の固有周期を算定する際には、杭基礎の地盤バネ定数を求める必要がある。ここで、杭の水平方向の地盤反力係数を求める際には、基礎の換算載荷幅 $B_H (B_H = \sqrt{D/\beta})$、ここで、$\beta = \sqrt[4]{(k_H D / 4 E I)}$: 杭の特性値と杭の横方向地盤反力係数 k_H を繰り返し計算等により求めなければならない。IV 下部構造編には「弾性体基礎の B_H を算定する際の k_H は常時の値とし、設計地盤面から $1/\beta$ までの深さの平均的な値としてよい」と解説されているが、V耐震設計編により杭基礎の地盤バネ定数を求める際にはIV下部構造編の B_H を用いてもよい。 杭基礎で、深さ方向に N 値が大きく異なる場合に、横方向の地盤反力係数の基準値 k_{H0} をどのように求めればよい。 固有周期の算定に用いる杭基礎の鉛直方向地盤反力係数 K_v を求める際には、IV下部構造編の示される方法をそのまま用いてよい。	3.3.2 項の解説(2)に示されるように可動側橋台における橋軸方向の固有周期を算定する場合には、上部構造の重量および可動支承に作用する摩擦の影響は考慮しなくてもよい。つまり、地震時には橋台単体が上部構造とは独立して振動するものとして固有周期を算出する。 耐震設計編では、参考資料「IV. 固有周期および慣性力の算定例」に示されるように、式(解3.3.7)により地盤のせん断弾性波速度 V_{sd} に基づいて求めた横方向の地盤反力係数の基準値 k_{H0} を用いて、k_H および β を求める。したがって、IV下部構造編に従って求められる k_H および β とは異なる値となる。 多層地盤の取扱いは下部構造編による。ただし、この際に用いる地盤反力係数は、地盤のせん断弾性波速度 V_{sd} に基づき、式(解3.3.9)～(解3.3.11)により求めた地盤の動的変形係数 E_d を用いて求めなければならない。 V耐震設計編の参考資料「IV. 固有周期および慣性力の算定例」の式(参IV. 16)に示される杭軸方向ばね係数 K_{vp} はIV下部構造編の9.6.1項の解説に示される式(解9.6.1)の杭の軸方向ばね定数 K_v と同じものである。したがって、IV下部構造編に従えばよい。

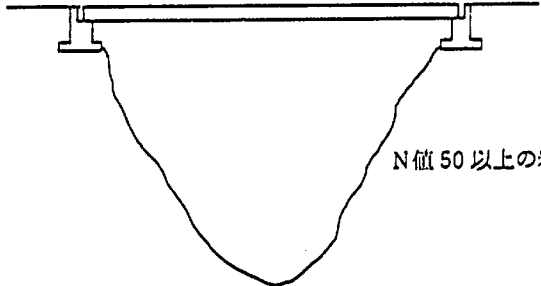
項 目	細 項 目	Q	A
3 章 耐震設計上 考慮すべき 荷重及び設 計条件	3.3.2 固有周期 の算定方 法	式(解 3.3.5)における耐震設計上の地盤面におけるつり合い方程式の係数 A_{ss}, A_{sr}, A_{rs}, A_{rr} の求め方はどこを見ればよいか。 式(解 3.3.10)で地盤のばね定数をせん断弾性波速度から求める場合に、地盤の単位体積重量としては浮力を考慮しない単位体積重量を用いてよいか。 式(解 3.3.2)を用いて重力式橋台の固有周期を求める場合に、変断面の場合にはどのように取り扱えばよいか。	参考資料「IV. 固有周期および慣性力の算定例」の式(参 IV. 13)に示されるバネ定数 K_y, $K_{y\theta x}$, $K_{\theta x}$ がつりあい方程式の係数に相当するので参照していただきたい。 水中単位体積重量ではなく、浮力を考慮しない単位体積重量を用いる。 原理的には、変断面の場合には、平均剛性を用いる(これについては、昭和55年の道路橋示方書 V 耐震設計編の参考資料 V. の中の表-参 V. 4 に示されている)か、変形法により算出しなければならない。

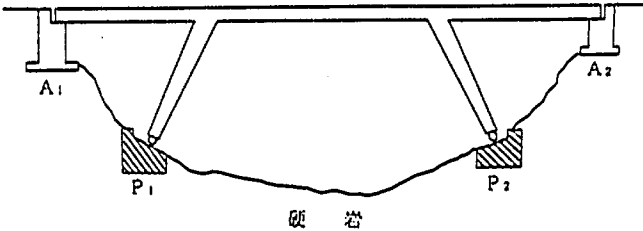
項 目	細 項 目	Q	A
3章 耐震設計上考慮すべき荷重及び設計条件	3.3.2 固有周期の算定方法	3.3.2の中の図一解3.3.8に示される固有周期および慣性力の算定フローによると、固有周期、設計水平震度、そして慣性力を算定する流れとなっている。この算定フローは、設計水平震度を求めるためのものなのか、あるいは、耐震設計に用いる慣性力まで算出することができるものなのか、また、このフローに従って求めた断面力を設計に用いることができるとすれば、どのような構造系の橋梁まで適用することが可能か教えてほしい。 斜橋における慣性力の算定方法が、耐震設計編と下部構造編の斜め橋台の算出式が異なるがこれはどう理解すればよいのか。	図一解3.3.8は、「固有周期」を求め、「慣性力」を算出するところまでをカバーするものである。慣性力を算出した後の下部構造の設計は、従来通りIV下部構造編による。設計振動単位が複数の下部構造とそれが支持する上部構造部分からなる場合には、図一解3.3.8によって求めた慣性力F_dを具体的には以下のように取り扱えばよい。 ① けた橋の下部構造の耐震計算においては、図一解3.3.8により算出した慣性力による断面力F_dの中から上部構造の慣性力の作用位置における水平力（せん断力）Hを求め、これを上部構造の慣性力とみなす。なお、この際に橋脚に作用する慣性力は別途考慮しなければならない。 ② ラーメン橋、アーチ橋等、上部構造と下部構造の区別がつけがたい構造系では、図一解3.3.8により算出した慣性力を用いて上下部構造の設計を行う。なお、例えば、脚の上端位置等で便宜的に上下部構造に分け、上記①のように上部構造から下部構造に作用する慣性力と見なして設計してもよい。 ただし、ここで以下の2点に注意しなければならない。 1) 3.3.3の第③項に示されるように、連続けた橋においては、上記で算出される上部構造から下部構造に作用する慣性力は、原則として当該下部構造の支承部に作用する死荷重反力に設計水平震度を乗じた値を下回ってはならない。 2) 3.3.2の第③項に示されるように、固有周期の算出にあたっては、原則として基礎地盤の変形の影響を考慮するが、この際のパネ定数は、式（解3.3.7）及び（解3.3.8）に規定されるように、地盤のせん断弾性波速度V_{sd}から算出するもので、IV下部構造編のパネ定数とは異なる。すなわち、固有周期及び慣性力を算出するまでは、耐震設計編に規定されるパネ定数を用い、慣性力が求められた後の基礎の設計には、下部構造編に規定されるパネ定数を用いる。 図一解3.3.8のフローによる解析法は、基本的にどのような構造系に対しても適用可能である。 耐震設計編と下部構造編では全く同一の結果を与える。なお、耐震設計編では、複数の下部構造とそれが支持している上部構造部分からなる場合に、図一解3.3.8によって求められる慣性力による断面力をそのまま使えるように式が示されている。

項 目	細 項 目	Q	A
3章 耐震設計上考慮すべき荷重及び設計条件	3.3.2 固有周期の算定方法	地震時の地盤バネの評価が、「下部構造編」と異なっている。固有周期の算定時は「耐震設計編」に、橋脚および基礎単独の設計時は「下部構造編」に従うことになっているが、フレームに水平力を与えて解き、周期と断面力を求める場合は、どちらのバネを用いるのか。 水平方向地盤反力係数の算出に用いる換算幅B_Hは、下部構造編では常時のk_Hにより求めることとしているが、固有周期の算定で用いる換算幅は、地盤のせん断弾性波速度から求められるk_Hによってよいのか。 固有周期の算定において液状化に対する低減を行なう必要があるか。 岩盤上の構造物については基礎の変形を無視しても良いとされているが、無視できる岩盤の指標はあるか。たとえば - 風化度合 (CM, CL, D級等) - 一軸圧縮強度 q_u	固有周期および上部構造から下部構造への慣性力を求める際には耐震設計編の地盤バネを用いる。橋脚および基礎単独の設計には従来通り下部構造編の地盤バネを用いる。 固有周期の算定で用いる換算幅は地盤のせん断弾性波速度から求められるk_Hによる。 液状化は瞬時に起こるものではなく、ある時間をかけて進行するが、液状化過程における橋の振動特性については、まだ、明らかではない。単純に液状化すると判定された砂質土層に対して地盤の変形係数E_0と横方向の地盤反力係数k_Hを低減すると、固有周期が長くなり、設計水平震度が小さくなることが考えられる。これらの事情などを総合的に考慮して、固有周期の算定においては液状化に伴う地盤定数の低減は行わない。 固有周期の算出にあたっては、基礎地盤の変形の影響を考慮するのが原則である。ただし、基礎地盤の条件によって一概には言えないが、一般には風化度合がCM級程度まで、また一軸圧縮強度が100 kg f/cm^2程度を越えるような岩盤では基礎の変形を無視してもよいと考えられる。なお、基礎の変形を無視できるか、無視できないか判断に迷う場合には、基礎の変形を考慮して固有周期を算出する。

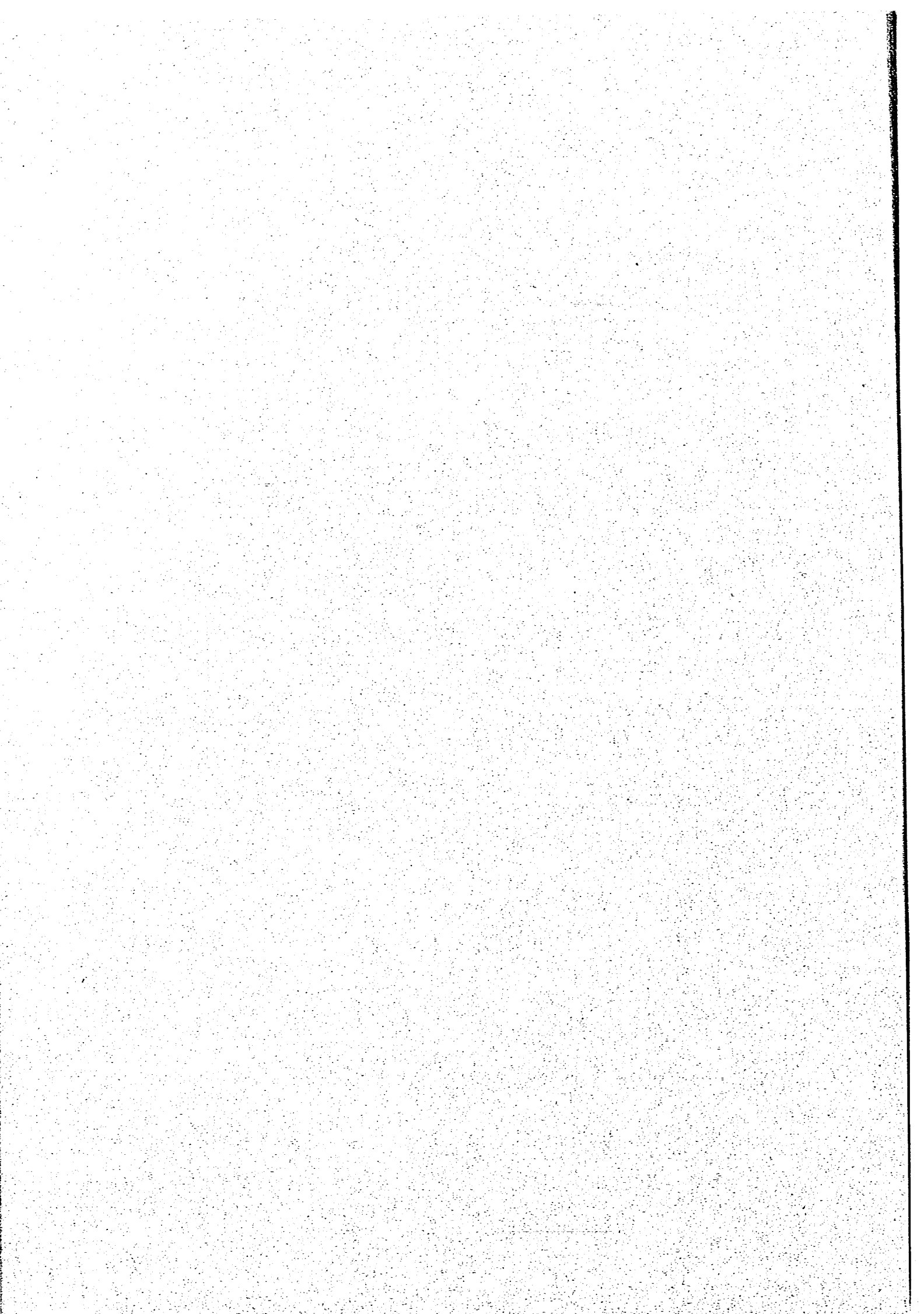
項 目	細 項 目	Q	A
3章 耐震設計上考慮すべき荷重及び設計条件	3.3.3 慣性力の算定方法	ゴム支承を用いて地震力の分散を図る構造としたPC連続げたの場合、クリープ等の影響を考慮して下図に示すように端部橋脚のゴム支承を厚くする場合がある。このため、端部橋脚の橋軸方向に対してはゴム支承のバネ定数が小さくなり、この橋脚に作用させる地震力は中間部の橋脚よりも小さくなる。このような場合に、端部橋脚の橋軸方向に作用させる慣性力は死荷重反力に設計水平震度を乗じた値を下回ってもよい。  下図のようにフレキシブルピアで上部構造を支持する連続橋で橋軸方向の慣性力を橋台が支持する場合には、橋脚に作用する上部構造による慣性力は、死荷重反力に設計水平震度を乗じた値を下回ってもよい。 	橋軸方向に対して作用させる慣性力が死荷重反力に設計水平震度を乗じた値を下回ってはいないのは、「複数の固定支承もしくはヒンジ支承で支持された連続けた橋の橋軸方向」と解説されている。ゴム支承を用いて地震力の分散を図る場合には、「第8章地震の影響の低減を期待する構造」に従わなければならない。ここには、上部構造の慣性力を分散させる構造について「落橋などに対する安全性を十分確保できるようにしておくものとする」と規定されている。したがって、落橋防止装置等により落橋に対する安全性を十分に確保すれば、慣性力は死荷重反力に設計水平震度を乗じた値を下回ってもよい。 ただし、慣性力に下限値を設けたのは、フレーム計算で求められた水平力のみで設計した場合に、断面が過度に絞られ、耐力が小さくじん性が乏しい橋脚となることを避けることがねらいであり、この主旨を十分考慮の上設計していただきたい。 3.3.3の第3項に示されるように、原則として当該下部構造の支承部に作用する死荷重反力に設計水平震度を乗じた値を下まわってはいない。ただし、3.3.3の解説(3)に示されるように慣性力の集中する橋台において落橋防止装置等により上下部構造間に生じる相対変位が拘束できるように十分な配慮をした場合には、橋脚が分担する慣性力の下限値を低減してもよい。 フレキシブルピア構造は固定のアバット部が構造系の要であり、万一ここが損傷した場合、直ちに構造系として成立しなくなる。このため、この構造の採用に当たっては、特に固定側のアバット部について、支承構造を含めた固定方法や維持管理などを十分配慮して設計することが重要である。 また、この構造は橋軸直角方向には通常の連続橋と変わらないので、この方向には慣性力の下限値を低減してはならない。 なお、3.3.3の第3項の規定は剛性の小さい橋脚などでフレーム計算で求められた水平力のみで設計した場合に、断面が過度に絞られ、耐力が小さくじん性に乏しい橋脚となることを避けることがねらいであるため、この趣旨を十分考慮の上設計していただきたい。

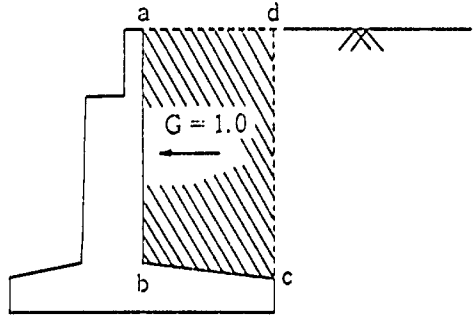
項 目	細 項 目	Q	A
3章 耐震設計上 考慮すべき 荷重及び設 計条件	3.3.3 慣性力の 算定方法	耐震設計編においては、地盤種別が異なる複数の下部構造で支持される橋梁に対しては、下部構造毎に設計震度を算出して設計を行うことになっているが、高架橋のような一連の構造系の場合には地盤種別をまとめ、設計水平震度を統一した方がよいのではないか。 同一の設計振動単位内において地盤種別が変化する場合の上部構造の端対傾構、横構、立体ラーメン橋の隅角部等の設計震度はどのように決めればよいか。 ラーメン橋の橋軸方向において上部構造から下部構造に作用する慣性力についても、死荷重反力に設計水平震度を乗じた値を下限值とするのか。	同一の設計振動単位において地盤種別が変化する場合には、設計する下部構造位置の地盤種別に対応する設計水平震度を用いるものと規定されている。したがって、高架橋のような一連の構造系においても、地盤種別が下部構造毎に異なれば、それぞれの地盤種別に対応する設計水平震度を用いて慣性力を求めなければならない。なお、この規定は、昭和55年の道路橋示方書においても応答を考慮した修正震度法で用いられてきた考え方で、今回の改訂でもこの考え方を踏襲したものである。 地盤条件は、地震時において橋の振動の大きさに大きな影響を与えるため、これを正しく設計に反映することが重要であり、このため、上述したように下部構造位置の地盤種別に応じた設計水平震度を用いて慣性力による断面力を算定するものと規定されている。 地盤種別が下部構造ごとに異なる場合には、原則として各下部構造ごとに設計水平震度を変化させる。ただし、端対傾構、横構等の上部構造部材では、一般に耐震設計で断面が決まるといってもその程度が小さく、部材として大きな違いは生じないと考えられると同時に、現場での部材の誤用が生じる可能性がある。このため、このような上部構造の2次部材では地盤種別の低い方の設計水平震度、つまり設計水平震度の値の大きい方に統一してもよい。 下限値の規定は、連続けた橋において上部構造の慣性力をフレーム計算により求めた場合に、剛性の低い高橋脚などに対する慣性力が過度に小さくなることを防ぐために設けたものであるから、ラーメン橋については下限値を設ける必要はない。
	3.6 耐震設計上 の地盤種別	盛土等により、堤体と地表面の区別がつきにくい場合には、どの点を地表面として地盤の特性値を算出すればよいか。	はっきりと区別がつきにくい場合には、堤体の天端等、地盤の特性値T_cが大きく算出されるように地表面を選ぶ。

項 目	細 項 目	Q	A
3章 耐震設計上考慮すべき荷重及び設計条件	3.6 耐震設計上の地盤種別	3.6の解説に「基盤面としては対象地点に共通する広がりを持ち、その面以下の地層の構成ならびに力学的特性に変化が小さいことが必要とされる。」とあるが、下図に示すような山間部における谷部横断橋の基盤面を定める際、谷底からの高さが非常に高く、また、橋台底面から谷底まで同一地盤（岩）の場合の、基盤面はどの地点にとればよいか。 なお、対象としている橋梁の橋台基礎は、岩着の直接基礎であるが、共通する広がりを持つと思われる谷底を基盤面と仮定して地盤の特性値 T_c を計算すると、$T_c = 0.25$ (s) と算出されⅡ種地盤に該当するので基盤面の位置の判断に迷っている。  基盤面の定義として、3.6の解説に「基盤面としては対象地点に共通する広がりを持ち、その面以下の地層の構成ならびに力学的特性の変化が小さいことが必要とされている。そこで、それ以下の地層がせん断弾性波速度 300 m/s 程度（式（3.6.2）より、粘性土層ではN値 25、砂質土層ではN値 50）以上の値を有している剛性の高い地層の上面を基盤面と規定した。」とあるが、九州のシラス地盤に代表されるような地盤では、基盤面として明確に定義できる土層が現れない場合があるが、このような場合どのように地盤種別を求めればよいか。	このような場合には、3.6の解説に示される図－解 3.6.2 により地盤種別を判断していただきたい。 3.6の解説に示されるように、岩盤はⅠ種地盤に分類する。 シラス地盤のように、相当深く標準貫入試験を行っても基盤面が現れない場合には、3.6の解説の図－解 3.6.2 に示される方法によって沖積層厚 H_A 及び洪積層厚 H_D から地盤種別の分類を行う。

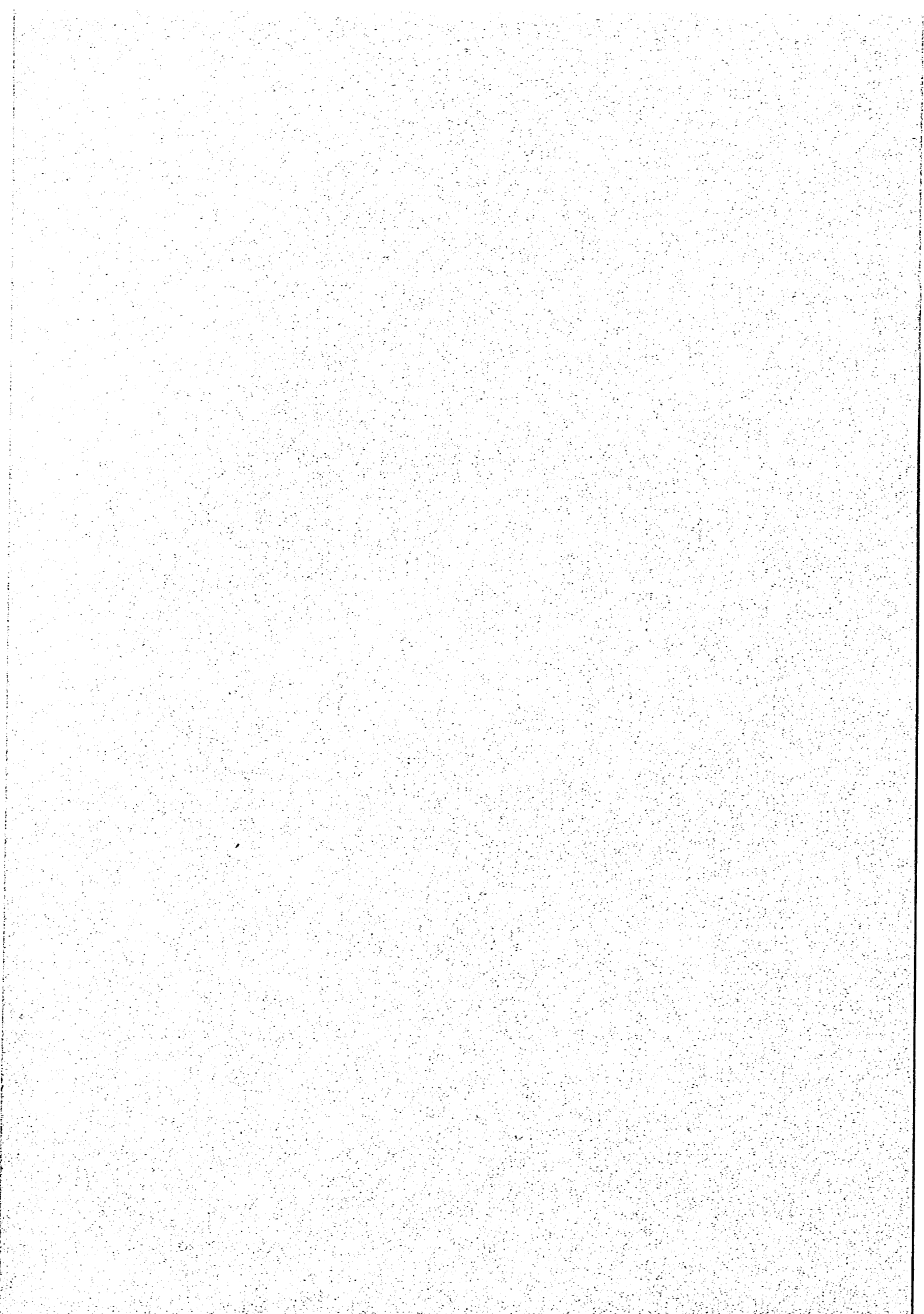
項 目	細 項 目	Q	A
3章 耐震設計上考慮すべき荷重及び設計条件	3.7 耐震設計上土質定数を低減させる土層	「現地盤面から3 m以内にある粘性土層およびシルト質土層で、一軸圧縮試験または原位置試験により推定される一軸圧縮強度が0.2 kg f / cm²以下の土層は、耐震設計上ごく軟弱な土層とする。」とある。下部構造の施工のために地盤を掘削するが、現地盤面は、掘削前の地盤面及び掘削後の地盤面のどちらにすればよいか。 シルト質土層で一軸圧縮強度は0.2 kg f / cm²以下であるが、現場試験では7.6 kg f / cm²程度の弾数係数が求められる。この場合にこのシルト質土層を杭の水平地盤反力に考慮してよいか。	現地盤面とは、掘削前の地盤面である。 一軸圧縮強度が0.2 kg f / cm²以下であれば、現地盤面から3 m以内については、土質定数を零とする。3 m以深については、水平抵抗をみてもよい。なお、圧縮強度の値に対する信頼性が低いと考えられる場合には、3.7.3の解説に示されるように十分な地盤調査を行う必要がある。調査不十分のままこの規定を適用して、いたずらに基礎の寸法を大きくすることは避けなければならない。
	3.8 耐震設計上の地盤面	下图のようなπ型ラーメン橋の設計において、P₁、P₂ 橋脚基礎は硬岩中に支持されている。このような場合には、P₁、P₂ 橋脚基礎の設計水平震度はどう考慮すべきか。 	これは耐震設計上の地盤面の取り方によって変わってくる。3.8に示すように将来における地盤の変状や埋戻し土の施工性などを考慮して、原則として直接基礎ではフーチング下面を耐震設計上の地盤面とみなす。ただし、直接基礎でフーチング側面の埋め戻し部分に対してその埋め戻し材料、施工法などに配慮して在来地盤と同等以上の強度が期待できると同時に、河床部のような洗掘のおそれなく地表面が安定した状態を保てる場合には、耐震設計上の地盤面をフーチングの上面にとってよいと解説されている。したがって、P₁、P₂ 橋脚基礎がこれに該当していれば、P₁、P₂ 基礎に対して設計地震力を作用させなくてもよい。

1.2 4章 設 計 震 度



項 目	細 項 目	Q	A
4 章 設計震度	4.2 設計水平震度	設計水平震度は小数点以下2けたに丸めるとあるが丸め方はどうすればよいか。	四捨五入で丸める。
	4.3 標準設計水平震度の補正係数	固有周期別補正係数の項で「土の重量に起因する慣性力」とは何を指すのか。橋台の裏込め土等を指すものとすれば、下部構造編 5.3.1 の解説第(2)項で土圧の作用面を仮想背面とした時フーチング上載土を軀体の一部と見なすという記述があるが、これと矛盾していないか。	「土の重量に起因する慣性力」とは御指摘の通りに、逆T式橋台であれば橋台裏込め土を指す。下部構造編 5.3.1 の解説第(2)項にある「逆T式、控え式橋台の場合には、一般に後フーチングの突出長が長いので、安定計算では図-解 5.3.2 に示す後フーチング上の載荷土（abcd で囲まれた土砂）を軀体の一部とみなし、dc面の仮想背面を土圧の作用面とする」とあるが、これは、後フーチング上の載荷土の慣性力を考慮する必要があることを示したものであり、「一体となって振動する」ことを示したものではない。したがって、下部構造編と耐震設計編は矛盾していない。後フーチング上の載荷土の慣性力の算出に際しては、固有周期別補正係数 $c_T = 1.0$ とする。 

1.3 5章 鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の照査



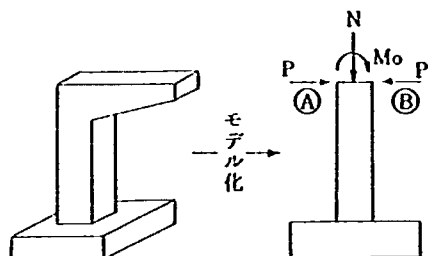
項 目	細 項 目	Q	A
5 章 鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の照査	5.1 一般	「地震時保有水平耐力の照査は、橋全体を個々の鉄筋コンクリート橋脚とそれが支持している上部構造部分を単位とする構造系に分割して行うものとする。」とあるが、設計振動単位が複数の下部構造とそれが支持している上部構造部分からなる場合には、当該 R C 橋脚が支持する上部構造部分をどのように求めればよいか。上部構造および耐震設計上の地盤面より上の下部構造の重量に相当する水平力を慣性力の作用方向に作用させた場合に、静的フレーム法で求めた上部構造の慣性力の作用位置における水平力を当該下部構造が支持する上部構造重量と考えてよいか。 地震時保有水平耐力の照査において、クリープの影響を考慮する必要があるか。 鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の照査を省略してもよい橋脚として、壁式断面橋脚の橋軸直角方向と「5.1 一般」に解説されているが、壁式断面橋脚とは、長辺と短辺の比で示すとどのように定義されるか。	5.1 の解説第(2)項に「個々の鉄筋コンクリート橋脚が支持している上部構造部分とは、3.3.3 で震度法による慣性力の算出に考慮した上部構造部分をとるものとする。」と規定されている。 地震時保有水平耐力の照査は、関東地震クラスの大地震が生じた場合の鉄筋コンクリート橋脚の終局的安定性を照査するのがねらいである。大地震時にクリープによる水平力等がどのように影響するかは現状では明確になっていないが、振動時の変形等により、このような水平力は解放されると考えられる。このため、地震時保有水平耐力の照査に際しては、クリープ等による水平力は考慮しない。 壁式断面橋脚を長辺と短辺の比によって明確には定義してはいないが、この比が 1 : 3 程度以上の長方形断面を有する橋脚は壁式断面橋脚とみなし、橋軸直角方向の地震時保有水平耐力の照査は省略してよい。ただし、これは、この程度の辺長比であれば、橋軸直角方向の地震時保有水平耐力の照査は一般に問題が少ないという観点から定めたものであり、判断に迷った場合には、地震時保有水平耐力の照査をするのがよい。

項 目	細 項 目	Q	A
5章 鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の照査	5.1 一般	ラーメン橋は地震時保有水平耐力の照査の適用外、多点固定の連続桁には適用というのは、2つの構造形式のどの違いから分けているのか。 橋脚軀体の高さが15mを越える橋脚については、地震時保有水平耐力の照査は必要ないと示方書に記述されているが、経済断面で保有耐力を照査すると耐力不足との結果が出ている。高さ15mを越える橋脚の扱い方をどの様にすれば良いのか。 水平力分散方式の構造形式（上部構造と下部構造の間にゴム支承を有し、地震時の上部構造水平力を各橋脚に分散する型式）の橋脚に対しても、多点固定の連続桁と考えて照査の対象とする必要があるのか。この型式の場合、変形は大部分ゴム支承のせん断変形でとり、橋脚はあまり変形しないように思われるが。 地震時保有水平耐力の計算は、「軀体基部における破壊形態を判定する」とあるが、せん断破壊先行型と判定され、帯鉄筋量を増加させて対処する場合、追加する帯鉄筋の配置範囲はどこまでとすればよいのか。 たとえば、 - 何らかの計算によって決定する。 - 主鉄筋の段落し位置までとする。 - 柱幅程度とする。 など。	ラーメン橋と多点固定の連続けた橋との相違は、両者の橋全体としてのじん性に大きな差があることから設けたものである。すなわち、地震時保有水平耐力の照査で対象としているような大地震では、けた部分と柱部分が剛結され不静定構造となっているラーメン橋では、たとえ部分的な損傷が生じたとしても、これが橋全体系の損傷にいたる可能性は低いと考えられる。これに対してけたと橋脚が支承によって結ばれているけた橋（多点固定も含めて）では、橋脚軀体に損傷を受け、さらに支承等に損傷を受けた場合のことを考慮すると、橋全体の損傷にいたる可能性がある。したがって、ラーメン橋と連続けた橋とで地震時保有水平耐力の適用に差をつけたものである。 高さが15mを越える橋脚でも地震時保有水平耐力が不足するのであれば、地震時保有水平耐力を満足するように断面を修正すべきである。 水平力分散方式であっても上部構造の慣性力は支承を通して橋脚に伝達される以上、ゴム支承が大きく変形するから下部構造に慣性力が伝わらないというのは力学的に間違っている。慣性力が伝えられればどのような支承であっても、その力に応じて橋脚には変形が生じる。したがって、地震時保有水平耐力の照査は必要である。 鉄筋コンクリート橋脚模型の動的載荷実験の結果では、せん断破壊を起こす部分は軀体下端から柱幅程度までであるので、c. 柱幅程度が妥当である。

項 目	細 項 目	Q	A
5 章 鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の照査	5.2 安全性の照査	死荷重偏心モーメントが大きい場合「保有水平耐力」が大きく変化するが、具体的な照査法はどの様にするのか。 a. ひび割れ、降状、終局水平耐力は偏心モーメントを考慮し、その断面が有する各耐力から差し引くべきものなのか？ b. 等価水平震度の算定のために各状態（ひび割れ、降状、終局時）の変位を計算する際に、死荷重による偏心分を考慮すべきか。	別紙-1による。
	5.4 地震時保有水平耐力	5.4.2 解説1)に関する訂正（P 77、上から6行目） 「x」：j 番目の各微小要素内のコンクリートまたは鉄筋から中立軸までの距離（m）」	訂正後 「x」：j 番目の各微小要素内のコンクリートまたは鉄筋から断面の図心位置までの距離（m）」と訂正する。
	5.4.2 降伏時及び終局時の変位及び水平耐力	短形断面を有するRC橋脚の水平耐力と変位を求める際の側方筋の取扱いはどうにすればよいか。 地震時保有水平耐力を算出する際の鉄筋の解析モデル上の段落し位置は、どこにすればよいか。	側方筋も軸方向鉄筋の一部を構成するものであり、これを考慮しなければならない。 解析モデル上の段落し位置としては、配筋上の位置から定着長下がった位置とする。ここで、定着長はIV下部構造編3.4.2鉄筋の配置(4)鉄筋の定着の2)によるものとする。
	5.4.3 セン断耐力	せん断耐力を算出する際の中間帯鉄筋を基部のせん断耐力の算出に考慮してよいか。 せん断耐力を算出する際に、コンクリート橋編と同様に次式のように軸力による割増しを考慮してもよいか。 $S_c = k \cdot \tau_c \cdot b_w \cdot d$ $k = 1 + \frac{M_o}{M_d} \leq 2$	中間補強筋も帯鉄筋の一部であり、せん断耐力の算出に考慮する。ただし、帯鉄筋である以上、下部構造編3.4.2の(4)の8)の規定に従い、軸方向鉄筋を取り囲み、フックをつけて柱の内部のコンクリートに定着しなければならない。 せん断耐力を算出する際には、コンクリート橋編2.3.1項に示される式(2.3.1)によって軸方向圧縮力によるコンクリートのせん断耐力の増加を考慮してはならない。これは、対象とする構造物に作用する荷重が、地震時のようにくり返し作用する場合と、コンクリート橋編で想定している静的荷重が作用する場合とでは、その破壊メカニズムは全く異なると考えられるためである。

死荷重偏心モーメントを受ける場合の 地震時保有水平耐力について

1. 死荷重偏心モーメントを受ける場合の荷重状態



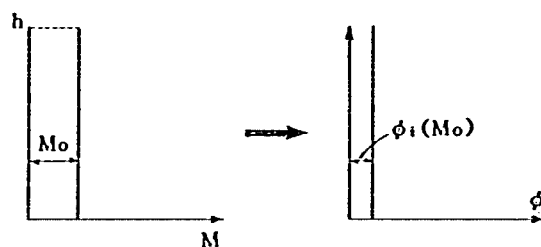
偏心モーメントと地震力による曲げモーメントが同じ方向（Aの荷重状態）の場合には下記の「2.照査手順」により、異なる方向の場合（Bの荷重状態）には偏心モーメントを無視して照査を行う。

2. 照査手順

① 各断面のM- ϕ 関係を算出する。

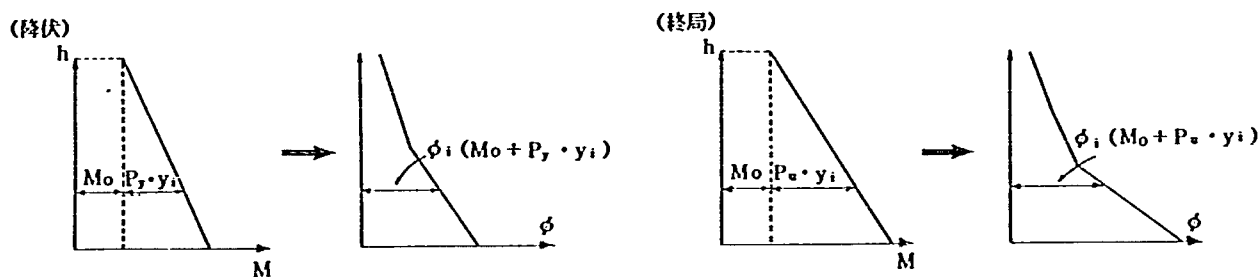
（注：M- ϕ 関係は、ある断面に対して、ある軸力下で一義的に決まるもので偏心モーメントの有無にはよらない。）

② 偏心モーメント M_o に対する初期変位 δ_o を降伏変位、終局変位と同様に道示（解5.4.7）で求める。



③ 降伏水平耐力 P_y 、終局水平耐力 P_u およびそれらに対応する降伏変位 δ_y 、終局変位 δ_u を求める。

（注：水平耐力の実際の計算では、各断面の M_{yi} 、 M_{ui} から $P_{yi} = (M_{yi} - M_o) / y_i$ 、 $P_{ui} = (M_{ui} - M_o) / y_i$ を求め、それぞれの最小値が P_y 、 P_u となる。変位は、 $M_i = M_o + P \cdot y_i$ に対する曲率を用いて道示（解5.4.7）により求める。）



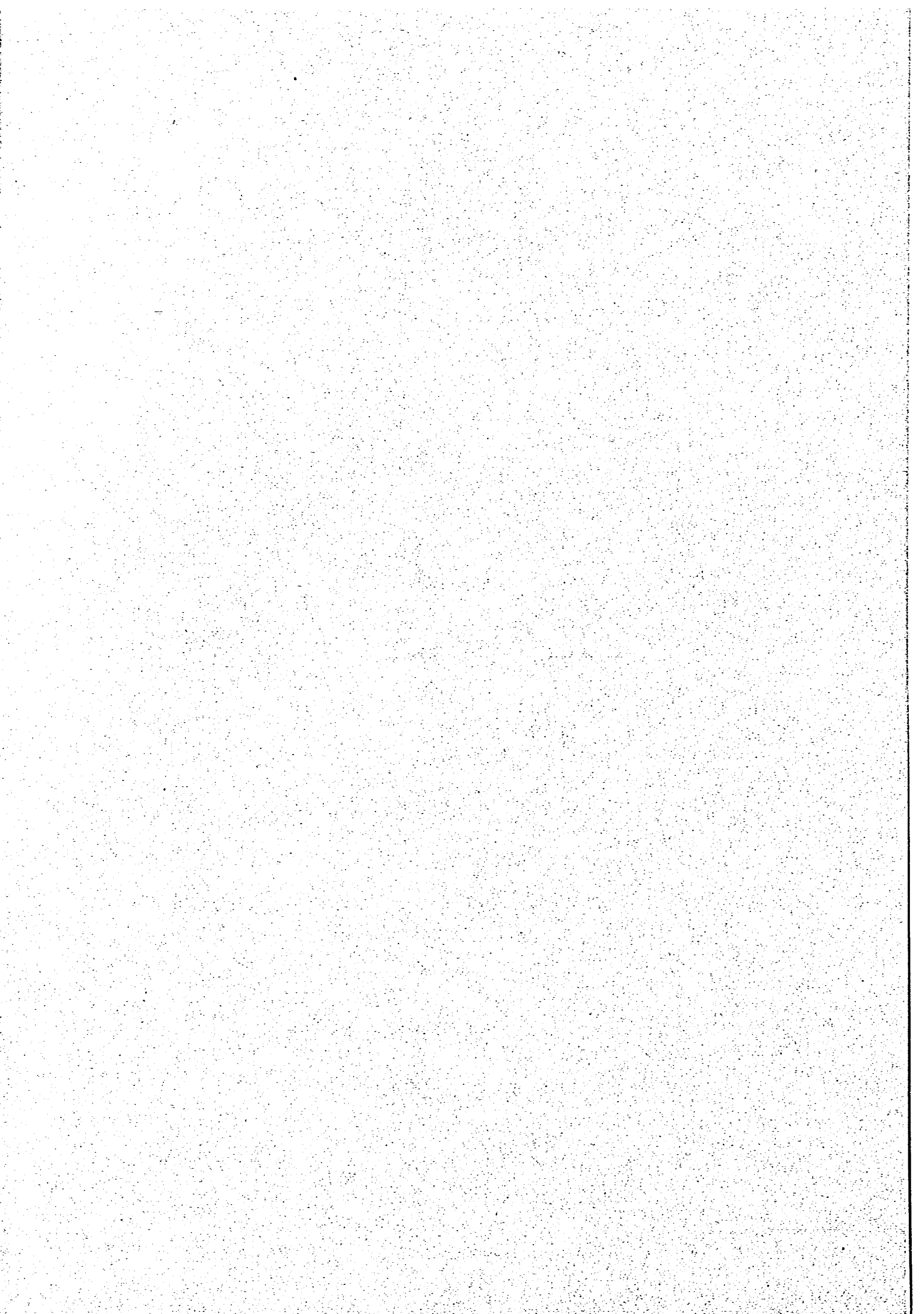
④ 初期変位 δ_o を考慮した降伏剛性 $K_y = P_y / (\delta_y - \delta_o)$ を算出する。

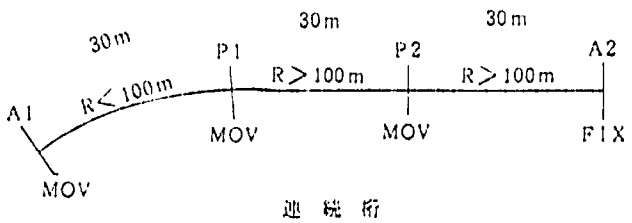
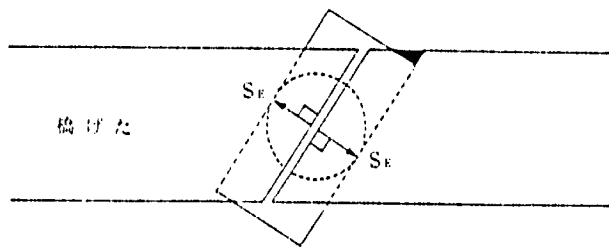
⑤ 初期変位 δ_o を考慮した計容塑性率 μ を次式により算出する。

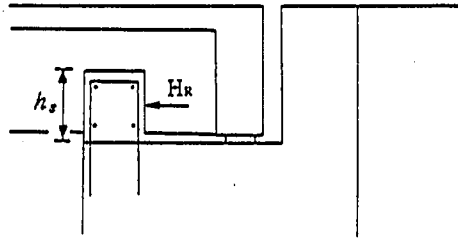
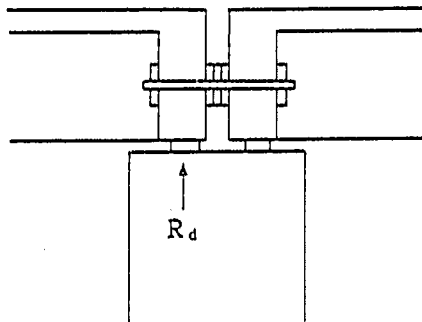
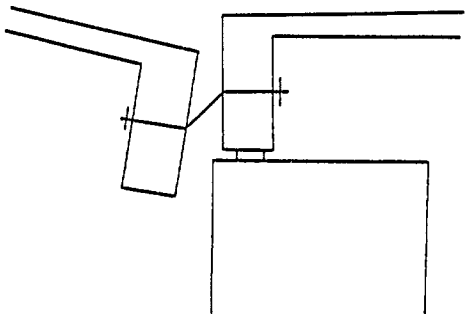
$$\mu = 1 + \frac{\delta_u - \delta_y}{\alpha (\delta_y - \delta_o)}$$

⑥ 以下は通常の照査と同じ手順である。

1.4 7章 耐震設計における構造細目



項 目	細 項 目	Q	A
7 章 耐震設計における構造細目	7.2 落橋防止構造	「7.2 落橋防止構造」においては、地震時における下部構造の相対的な移動量は、予想以上に大きくなる場合があり、地震後の救助活動、復旧活動に特に重要な橋、跨道橋および跨線橋など落橋により二次的な災害の発生する恐れのある橋、斜角60度以下の斜橋、半径100 m以下の曲線橋、高橋脚を有する橋など固有周期の長い橋（一般に、固有周期1.5秒程度以上）では落橋をより確実に防止するためにS_E及び落橋防止装置の二つの方法を併用するのが望ましい」と解説されているが、 ① 曲線橋とは、主桁等の主構造が曲線である橋を指すのか、平面線形が曲線である橋を指すのか。 ② 下図のような連続桁のA_1に着目した場合に、「曲線100 m以下の曲線橋」に該当するか否かは、$A_1 \sim P_1$間の曲線半径によるのか、それとも$A_1 \sim A_2$間の平均的な曲線半径によるのか。  連続桁	① 主桁構造が曲線であろうと直線の集合とした場合であろうと、平面線形が曲線の場合には耐震設計編 7.2.1 における曲線とみなす。 ② 曲線橋の一部に直橋あったり、直橋の一部に曲線橋があったり様々な場合がある。また、曲率半径が100 m以下といっても、その長さ（弧長）によって橋の振動特性は大きく変化してくる。さらに、上下部構造の特性や支承条件も複雑に橋の振動特性に効いてくる。したがって、基本的には以下の条件から個々の事例ごとに判断する。 1) S_E及び落橋防止装置はいずれも大地震時の落橋を防止する上で極めて重要なものである。したがって、下記条件に合わせて、振動特性が複雑と思われる曲線橋には、基本的にS_Eと落橋防止装置の両方を併用する。 2) 設計振動単位が主として曲線橋からなる場合には曲線橋と見なす。設計振動単位が主として直橋からなる場合には直橋とみなしてよい。 3) 6章に示す動的解析を要するような地震時挙動が複雑な曲線橋なお、ご質問の図に示されるような橋では、平面線形から見る限り（上記2）としては、直線とみなしてもよい。
	7.2.3 けた端から下部構造頂部縁端までのけたの長さおよびかけ違い部のけたの長さ	下図に示すような斜橋の場合、ハッチの部分は、S_Eに対して悪影響があるか。ただし、7.2.3の図-解 7.2.1に規定される橋軸方向と土圧の水平成分の作用方向が一致しない場合のS_Eは確保している。  橋げた	S_Eとしては、7.2.3の解説に示すようにけた端から下部構造頂部縁端までの最小距離の方向にとればよい。したがって、御質問のハッチの部分については心配する必要はない。

項 目	細 項 目	Q	A
7 章 耐震設計における構造細目	7.2.3 けた端から下部構造頂部縁端までのけたの長さおよびかけ違い部のけたの長さ	斜橋の場合に、土圧の作用方向と直角方向に対しても S_E を確保する必要があるか。	S_E の規定は、大地震時においてけたが下部構造頂部より逸脱するのを防止するために設けた規定である。土圧の作用方向と直角方向に対しては、橋げたが逸脱して落下することは考えられないため、土圧の作用方向に直角な方向については、S_E を確保する必要はない。
	7.2.4 落橋防止装置	コンクリート突起を設ける構造による落橋防止装置の設計に際して突起の高さ h を決定する規定がないが、どう考えたらよいか（計算上は、高さが低い方が曲げモーメントに対して有利となる）。  2連のけたを相互に連結する構造の場合には、水平力 H_R ($\geq 2.0 K_h R_d$) に対する検討とは別に $V = R_d$ で求められる鉛直力に対する検討も行うのがよいと解説されている。P C 鋼棒等で水平力を確保する場合に鉛直力をどのように確保すればよいか。 	橋梁の構造形式によって各種の状況が考えられるため、道示では高さについて規定していないが、以下の条件を目安としていただきたい。 a) 下部構造が損傷し、大きく移動、回転を生じたとしても上部構造の落下を防止できるだけの強度がとれる位置までをカバーできる高さとする。 b) 図に示す h_s が重要であるが、支間が 100 m 以下では、$h_s = 20 \sim 30$ cm 程度を目安とする。 けたのひとつが橋脚天端から落ちるような状況においては、P C 鋼棒の純せん断で鉛直力をとるのではなく、下図のようなメカニズムにより落橋を防止することになると考えられる。 

謝 辞

本資料は、社団法人日本道路協会橋梁委員会総括小委員会耐震設計分科会の審議を経てとりまとめたものである。耐震設計分科会の各委員を始めとして、回答作成に御協力を頂いた関係各位には、ここに記して厚くお礼申し上げます。

道路橋示方書・同解説V耐震設計編
に関する資料

ISSN 0386-5878
土研資料 第3029号
平成3年8月(1991)
地震防災部・耐震研究室
川島 一彦 長谷川金二
運上 茂樹 長島 博之
清水 英之 飯田 寛之

要 旨

本報告は、平成2年2月に改訂された道路橋示方書V耐震設計編に関する質問として、耐震研究室に寄せられた質問を「Q&A」という形でとりまとめたものである。

キーワード：道路橋、耐震設計

郵便はがき

四十一円切
手をはって
下さい。

3 0 5 -

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

地震防災部・耐震研究室

御中

No. 068

No. 068

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第3029号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 ⑩

○

土木研究所資料第 3029 号