

鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）
質問事項および回答について

2013. 02. 28 版

1 章～3 章の事項について

番号	No.1
質問	<p>“標準” がどんどん複雑化し精緻に解析するための“標準”となっている。正しい解を求めるためにはよいとは思いますが、設計は、構造物を造ることが目的であり、理論本は必要ない。“設計標準”であるのだから、ある程度割り切りがあり、実務者にやさしい合理的な設計方法を示すべきではないか。</p>
回答	<p>■国土交通省や上位基準としての国際規格が性能規定型設計法に移行する中で、耐震標準も性能設計法に移行しました。性能設計では、性能が満足されていけばよく、その方法を拘束しないというのが原則です。その結果、特定の手法のみを記載するのではなく、広く対応できるように、基本原則を記載した箇所も多く、多少「解説書」っぽくなっています。</p> <p>■また、性能設計であることを尊重し、本標準では、条文には式や設計計算の自由度を拘束するような事項は一切記載していません。かなり自由度系の高い設計体系にしました。検証がなされた場合には、耐震標準に示された方法と別の方法により設計することを否定していません（「1.1 適用の範囲」）。</p> <p>■地震動の設定、地盤挙動の評価、構造物の応答値の評価、詳細方法いずれの場面においても、『簡易法』と『詳細法』を用意しており、一般的な設計条件では簡易法を用いることも許容しています。これらは、実務者に十分に優しい合理的な設計法になっています。</p>

番号	No.2
質問	<p>適用の範囲に、「・・・地震に対する構造計画および性能照査を行う場合には、本標準によるものとする」とある。これは、用地買収において側道を確保していないような構造物については、高い安全性を確保するような設計方針とすることが許容されるという解釈でよいか。</p>
回答	<p>ご指摘の通りです。側道等の確保ができない場合や、高架橋下が店舗利用されるなど、地震時に被害を受けた場合の復旧が困難な場合は、制限値をより厳しくすることや、復旧し易い構造にするなどの配慮はもちろん、制震・免震などのデバイスを積極的に利用するなどして、高い性能を保有させることを望んでいます。</p>

番号	No.3
質問	1.2 と 8.6 旅客上屋が鉄道構造物として耐震標準の適用対象となると読めるが、建築基準法等によった設計をする段階で土木の耐震標準の内容を取り込むのは困難なように考えられる。どのように対処すればよいのか？
回答	「1.1 適用の範囲（解説）」に、「本標準と同等の安全性が得られることが確認されている他の設計標準を適用してもよい」と記載しております。ただし、それらの基準に記載されていない事項については、耐震標準の該当事項を参考にして頂くことができると思います。

番号	No.4
質問	本日説明の耐震標準に準拠した設計プログラムはいつリリースされますか。
回答	基本的な部分のプログラムは、3月中にリリースされる予定です。その後、順次拡張していく予定です。

番号	No.5
質問	走行安全性照査のノモグラムについて、構造物の減衰定数が 5%より大きい場合に使用できるとなっているが、5%以下となる構造物をどのように判定したらよいか。
回答	<p>構造物の減衰は、部材減衰、構造減衰、履歴減衰、地盤への逸散減衰など、様々な要因により発揮されます。このうち、ここで言う減衰は主として弾性範囲の減衰ですから、主な要因は部材減衰と逸散減衰だと思われます。</p> <p>過去の起震器を使って橋梁の加振実験では、構造物全体の減衰は周期と相関性が高いことが分かっています。具体的には、</p> $h = \frac{0.02}{T} \quad (1)$ <p>とう関係が提案されています。このときの周期 T は弾性周期なので、等価固有周期の 1/2~1/3 程度となります。</p> <p>この式は、橋脚の高さが低く、剛性が高い場合には、基礎からの変形が大きく、逸散減衰が大いに発揮されますが、橋脚の高さが高く、スレンダーな場合には、基礎の変形よりもく体の変形が卓越するので、大きな減衰が発揮され難いことを意味しています。</p>

番号	No.6
質問	構造計画で危機耐性をできるだけ向上させるには、どのようなポイントについて考慮すべきか。
回答	<p>東北地方太平洋沖地震でも経験したように、L2 地震動を越える地震動の発生の可能性は排除できません。しかし、鉄道構造物は一般に公共性が高く、円滑な機能の維持・確保が個人の生命や生活，社会・生産活動にとって非常に重要であることを考えると、性能を満足していることに加えて、想定以上の地震に対しても、構造物またはシステムが、破滅的な状況に陥らないような耐性を有していること（危機耐性）が重要です。ただし、想定を超えた状態に対する性能（危機耐性）を直接的に定義し照査する体系は現段階では、構築されていませんから、本標準では「耐震構造計画」でこれを配慮することとしました。</p> <div data-bbox="592 860 1145 1115" data-label="Diagram"> </div> <p style="text-align: center;">図 危機耐性のイメージ</p> <p>危機耐性と耐震設計との関係を図に示しました。このことから分かるように、耐震設計をしっかりすれば、危機耐性として対応すべき事柄は減ることを意味しています。その意味で、まずしっかりと耐震設計を行うことが必要になります。その上で、例えば、曲げ破壊型となるように配慮することや、構造物への進入路の確保などの構造物周辺の環境状況について配慮することは、危機耐性の面からも大変に有益であると言えます。</p>

番号	No.7
質問	「復旧性の検討」とあるが、「照査」とせずに、「検討」という言葉を用いた背景について詳しく知りたい。
回答	<p>これまでの震災の経験から、復旧に要する時間は、部材の損傷状態にも増して、復旧資材や要因の確保、作業ヤードや資材運搬路の確保などの環境状況に大きく左右されることが分かりました。そこで、復旧性に関しては、損傷、残留変位および変形の各性能項目について同様に定量的な指標により照査以外に、耐震構造計画段階において、地震時の構造物周辺の環境状況（例えば構造物への進入路や高架橋下などの利用状況等）などの種々の要因を幅広く考慮することが望ましいことから、本標準では、付属図 1.2に示すように「構造物周辺の環境状況の考慮」と「構造物の損傷、残留変位、変形等の照査」の両方の行為を合わせて、「復旧性の検討」と呼ぶことにしました。なお、復旧性のうち、後者（損傷、残留変位および変形）の性能項目が設計限界値を満足するか否かの判定行為だけを指す場合には、「検討」ではなく「照査」と表記しました。</p> <div data-bbox="400 1025 1318 1391" style="text-align: center;"> </div> <p>付属図 1.2 復旧性の検討内容</p>

番号	No.8
質問	ラーメン高架橋等でH11標準と新基準との違いがどれくらいあるのか試設計等の情報があれば教えて欲しい。
回答	事前の試計算では、H11標準と今回の標準では、構造型式や構造物の周期帯域などにより、多少の変動はあるが、ほぼ同等の構造諸元になることを確認しています。

6章の事項について

番号	No.9
質問	解説図 6.4.2 のフローで「詳細な検討が必要か？」で No となった場合、「強震動予測手法によって L2 地震動を評価するか？」と成っている。この際の判断基準が不明なので、どのように考えればよいか。
回答	<p>解説図 6.4.2 のフローで「詳細な検討が必要か？」で No となった場合の取り扱いについて示します。</p> <p>解説図 6.4.2 のフローには、詳細な検討が必要でない場合には、「強震動予測手法によって L2 地震動を評価するか？」という分岐があります。L2 地震動は原則的には地点の地震特性（震源特性、伝播経路特性、地点特性）を全て考慮した強震動予測手法に基づくこととしているため、原則に従う場合は強震動予測手法を選択することになります。しかし、地点毎に個別に地震動を設定する作業量等を勘案し、簡易に L2 地震動を設定可能な標準地震動を用意しています。「詳細な検討が不要」な場合には、実務的にはほぼこの標準地震動を用いることになると考えられます。</p> <p>また、詳細な検討が必要でないと判断された地域は、言い換えると標準応答スペクトルよりも大きな地震が発生する可能性が低い地域となります。そのため、強震動予測手法を用いることにより設計が合理化できる可能性があります。最終的にはこういった観点や、地震動評価に要する時間、費用や路線の重要度等を勘案して事業者に判断して頂きたいと思えます。</p>

番号	No.10
質問	L2 地震動は「建設地点で考えられる最大級の強さをもつ地震動」と定義され、対象地震の選定は「地震学・地質学・構造物の振動特性等を考慮」して選定するとある。判断するための情報のレベル、判定時期により変わる可能性があるため、鉄道事業者自らが判断するということがよいか？
回答	現在、政府や地方自治体、学会などで参考となる情報は、日々更新される状況にあります。よって、鉄道事業者の皆さんにおかれましては、設計の段階でなるべく最新の情報を入手するようにして頂きたいと思っております。参考となる情報は耐震標準にも示していますので参考にして頂きたいと思っております。(No.11 の質問も参考にして下さい)

番号	No.11
質問	強震動予測手法は、技術の進歩や調査の進捗によって変化すると考えられる。また、情報ソースによって結果がばらつかないようにすべきだと考えるが、その点についての推奨する情報ソースの例を示していただきたい。
回答	<p>地震動評価に関する知見は、評価時点の最新知見を可能な限り反映させて評価することになります。そのための情報収集や判断を行う際には、以下に挙げる資料等が利用可能です。</p> <p>まず、「対象地震選定のための資料」としては、付属資料 6-1 に挙げたものを活用できます。また、地震動評価のための震源パラメータを決定するための資料と強震動予測波形を評価するための資料については、以下に示す資料などが参考になります。</p> <p>【震源パラメータ決定のための資料 内陸活断層による地震】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 防災科学技術研究所：地震ハザードステーション 2. 地震調査研究推進本部：活断層の長期評価 <p>【震源パラメータ決定のための資料 海溝型地震】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 中央防災会議 <p>【強震動予測手法のための資料】</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 国土交通省港湾局：港湾の施設の技術上の基準・同解説，日本港湾協会，2007.9 2. 地震調査研究推進本部：付録 3 震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」） 3. 日本建築学会：最新の地盤震動研究を活かした強震波形の作成法，2005.1 <p>また、強震動予測手法による L2 地震動の具体的な設定方法の例については、計算例、手引き等で示すことを考えておりますが、不明な点がある場合には鉄道総研にご相談下さい。</p>

番号	No.12
質問	講習会資料 (P.9 1, 2 枚目スライド) で公開されている強震動予測手法結果を用いる場合には、「鉄道構造物の耐震設計に適した地震動となっていることを確認すること」となっているが、具体的にどのような確認を行えばよいのか。
回答	<p>各地震動評価を行った報告書には、その使用目的等が記載されているので、使用目的として、「構造物の設計に用いることを目的として評価された地震動」である旨の記載がされている評価結果を用いる、等が考えられます。</p> <p>このような確認を行う必要がある理由としては、何を目的として地震動を評価するか、によって得られる結果が大きく異なる可能性があるためです。</p>

番号	No.13
質問	トータルコスト最小となるよう設定したとのことだが、輸送断面により期待損失が大きく変動するので、その影響を反映すべきと思う。山手線と赤字ローカルと差がないのは不合理だが、どのように反映すればよいか？教えてください。限界状態に反映？地震動に反映？
回答	<p>耐震標準においては、都市旅客鉄道と地方路線の差は「要求性能」で考慮しております。</p> <p>耐震標準において復旧性が要求される構造物は、「2.4 重要度の設定」において重要構造物と判定された場合になります。そのため、地方路線等の重要構造物と判定されない構造物には復旧性が要求されず、安全性のみを照査する体系となっております。</p>

番号	No.14
質問	杭の密度が低く根入れも少ない比較的簡易な構造物の場合、入力損失はほとんど生じず地盤の応答をそのまま構造物に作用させても問題は大きくないと考えられる。このような場合、入力地震動として地表面の応答を単一入力として適用することは可能か。
回答	ご質問の通りで構いません。ただし、地表面の応答を単一入力として用いた場合に評価されるのは、慣性力の影響のみとなります。このままでは地盤変位の影響を考慮出来ないため、地盤変位の影響が大きいと考えられるような場合は、これを応答変位法などで別途考慮する必要があります。

番号	No.15
質問	地盤種別に応じた標準応答スペクトル、時刻歴波形が危険側の評価になると考えられる場合には、工学的基盤レベルの地震動を選択し、表層地盤の増幅を考慮して個別の地震動を作成する方法が設計方法のひとつと考えてよいか。
回答	ご質問の通りで結構です。設計地震動を耐震設計上の基盤面位置で設定し、表層地盤と構造物の一体型モデルにより動的解析を行うことで、動的相互作用を直接考慮できる等の利点もあります。

番号	No.16
質問	P.37 解説表 6.3.2 と解説図 6.3.2 で大分県の地域区分が異なる。
回答	解説図 6.3.2 の記載が誤っておりました。大分県は地域 B となり、表 6.3.2 が正確な情報です。今後、正誤表にて対応いたします。

番号	No.17
質問	L1 地震動に対して、弾性設計を規定しない点について。L1 地震時に、走行安全性を満足出来る条件下において、降伏震度に下限値はあるのでしょうか？例えば、極端に背の高い構造物で超長周期の場合に、降伏震度は 0.1 等も、地震時と地震時以外の各照査を満足していれば、OK ということで良いのでしょうか？
回答	地震時、地震時以外に要求される全ての性能を満足していれば、降伏震度に明確な下限値は設けていません。ただし、非線形応答スペクトル法を用いる場合は、所要降伏震度の下限値が 0.2 に設定されているため、これを満足する必要があります。

番号	No.18
質問	既存資料で活断層が確認できない場合、「活断層はない」と判断してよいか？ (※現状の設計実務では「不明」としている)
回答	<p>東北地方太平洋沖地震以降の社会状況を考えると、「活断層が存在しない」事を簡易に評価することは非常に困難な現状があります。そのため、構造物の危機耐性を高めるという意味からも、活断層調査の位置づけとしては、標準応答スペクトルよりも大きな地震が発生する可能性があるかどうかを判断するための調査とし、“現実的には”たとえ周辺に活断層が確認されない場合にも、可能であれば「不明」として扱うことが望ましいと考えられます。</p> <p>ただし、何らかの理由で上記のような対応が困難な場合にも、既存資料調査は第1段階調査に位置づけられる（p.47 参照）ため、これだけで活断層が存在しないと判断することは出来ません。解説図 6.4.1 に示す第2段階調査を実施しても断層の存在が確認されない場合に、断層が存在しない可能性が高いと判断することができると考えられます。</p>

番号	No.19
質問	P.48 解説図 6.4.8 非線形応答スペクトル法を使用する場合、液状化地盤以外では、スペクトルⅡとスペクトルⅠとの比較により、常にスペクトルⅠを省略できると考えてよいか？
回答	<p>ご質問の通り、地震動の繰返しの影響が小さく、最大応答の影響が大きい、一般的な高架橋等構造物を対象とする場合には、スペクトルⅠでの照査を省略可能です。ただし、地震動による繰返しの影響が大きい構造物では、スペクトルⅠでの照査を省略することはできません。具体的には、ご質問頂いた液状化地盤の他にも以下のような場合が考えられます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・橋台のような、地震動の繰返しにより、変形が累積的に進行する場合 ・エネルギーの吸収によって、損傷や変形を制御する免震・制震装置を採用した場合 ・構造部材に繰返しの影響を大きく受ける新材料等を採用した場合

番号	No.20
質問	短周期成分の卓越した設計地震動を考慮した所要降伏震度スペクトルは用意されないのでしょうか？
回答	上記地震動を使用するケースは非常に限られると考えられるため、現時点では所要降伏震度スペクトルを用意しておりません。地点毎に地表面地震動、構造物応答の検討を実施して頂きたいと考えておりますが、もし対応が困難な場合には、鉄道総研までご相談下さい。

番号	No.21
質問	付図 6.2.1、6.2.2、6.4.1 は、具体的な位置を把握できる程度の大きさのものは公開されていますか？
回答	ご質問いただいたような資料は鉄道総研から公開しておりません。ただし、地震調査研究推進本部や防災科学技術研究所の公開資料（J-SHIS Map(http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/)) に、各種震源域の地震規模、位置等が公開されておりますので、これらに基づいて、比較的簡易に評価することが出来ます。

番号	No.22
質問	Mw=9.0 の場合、何 km 離れるとスペクトルⅡ非超過確率 90%となるか。
回答	<p>ご質問にあるような地震規模と距離の関係を求める場合には、一般的に地震動強さ（最大加速度や速度、加速度応答スペクトルなど）の推定式である距離減衰式を用いております。この式は、過去の観測記録を回帰分析することで得られるのですが、Mw=9.0 のような非常に大きな地震規模のデータが含まれていないものがほとんどです。そのため Mw=9.0 の地震動強さを推定する場合には、経験式の外挿となるため、評価精度に問題があります。実際に、東北地方太平洋沖地震における観測記録を、既往の距離減衰式と比較した場合、地震動強さを過大評価していることがわかっています。</p> <p>そのため現時点では、距離減衰式を用いた簡易な評価から、スペクトルⅡの非超過確率 90%となる距離を求めることが難しいため、明確な回答をすることは困難です。</p>

番号	No.23
質問	付属資料 6-2 のサイト増幅特性は、事業者側で個別に調査する必要がありますか？調査間隔はどの程度必要ですか？
回答	<p>設計の際に行われる標準貫入試験等の調査の一環として、地点毎に調査を実施して頂くのがよいと考えております。調査の方法は非常に単純でありコスト的に高いものではありません。</p> <p>その際の方法としては、付属資料 6-2 を参考にすることで、簡易に実施することができます。具体的にはまず、対象地点において地震観測もしくは微動観測等を実施し、K-NET、KiK-net 等の公開地震観測点における観測結果との比率を計算します。次に、基準となる公開地震観測点のサイト増幅特性に、両地点の比率を掛け合わせることで、対象地点のサイト増幅特性を求めることができます。</p> <p>また、調査間隔については、現時点で明確な数字で示すことは困難ですが、深部地盤構造の変化は表層と比較して小さいと考えられるので、表層地盤の調査（標準貫入試験等）よりも粗く設定することができます。</p> <p>また、近くに公開地震観測点が存在する場合や、何らかの理由によりやむを得ず調査を実施することが困難な場合には、周辺の公開地震観測点で過去に実施されているサイト増幅特性をそのまま用いるという選択肢も考えられます。</p>

番号	No.24
質問	P.42 「耐震設計上の基盤面より深い地盤構造の影響によって地震動の著しい増幅が懸念される場合」のサイト増幅特性や地震動の検討の手順は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説(2007年版)」を参考にしてよいのか？
回答	<p>付属資料 6-2 4.「深部地下構造の影響による地震増幅の評価方法とその結果の解釈」にあるように、港湾構造物におけるサイト増幅特性の評価方法を参考にすることが出来ます。ただし、本標準においては、サイト増幅特性を地震基盤から耐震設計上の基盤面までの増幅で定義しているのに対し、「港湾の施設の技術上の基準・同解説(2007年版)」では、地震基盤から表層地盤までの増幅として定義しているため、実際に適用する際には注意が必要です。</p>

番号	No.25
質問	<p>詳細な検討が必要となる場合の実務について、$M_w=7$ 以上の場合について、東海・東南海・南海等が該当する可能性があるとあり、付属資料 6-1 で対応の考え方が示されていますが、実務を考えると上記に対応した L2 地震動が示されるのが望ましいと（鉄道の公共性を考えると設計者でのばらつきは望ましくない）考えますが、具体的な提示の予定はあるのでしょうか？</p>
回答	<p>東海・東南海・南海地震等の個別の地震に対する L2 地震動の評価は、原則的には各地点毎に実施するのがよいと考えております。ただし、ご質問のような要望があることは承知しております。そのため、鉄道総研としても可能な限り対応させていただきますので、不明な点や困難な点がある場合にはご相談下さい。</p>

番号	No.26
質問	<p>G3 以上の地盤において、スペクトルⅠとスペクトルⅡの加速度応答スペクトルが同じであるのに、μ が大きくなると前者の方が所要降伏震度が小さくなるのはなぜですか？</p>
回答	<p>付属図 7.7.1、7.7.2 にあるように、G3 以上の地盤において、スペクトルⅠとスペクトルⅡは加速度応答スペクトルでは同一の値となっていますが、地震動の位相特性（時刻歴波形の特性）は大きく異なります。</p> <p>スペクトルⅡは継続時間が短くなっており、逆にスペクトルⅠは、継続時間が長くなっています。そのため、ある短い時間に構造物に入力されるエネルギーとしてはスペクトルⅡの方が大きくなっており、このために構造物が非線形応答しやすい地震動となっています。結果的に、弾性応答スペクトルでは両者は等しい値をとっていますが、所要降伏震度スペクトルでは、スペクトルⅡの方が大きな値をとっています。</p>

番号	No.27
質問	<p>復旧性を照査する地震動について：</p> <p>○安全性照査と復旧性検討で、L2 地震動を変えた理由は何でしょうか？</p> <p>○復旧性の検討における地震動において、スペクトルⅡでよいとありますが、偏土圧が作用する構造物、常時偏心荷重が作用する構造物などは、継続時間の長いスペクトルⅠの方が残留変位が大きくなるのではないのでしょうか？</p>
回答	<p>安全性は、その地点で想定される最大級の地震動（L2 地震動）に対して構造物全体系が破壊しないような性能が要求されます。復旧性は、想定される地震動に対して、適用可能な技術により、妥当な経費の範囲内で機能回復することを確認することになります。そこで耐震標準付属資料に示す詳細法（TCM）により橋梁を対象に照査したところ、我が国では、スペクトルⅡの標準応答スペクトルで損傷レベルを照査しておけば、ほぼ TCM を満足していることが確認できました。そこで、復旧性照査をするための地震動として、当面は L2・スペクトルⅡを見なしとして用いることを示しました。つまり、本来は、安全性を照査する L2 地震動と復旧性を照査する地震動とは別物であることをご理解下さい。</p> <p>次に、ご質問にあるように、偏土圧や偏心荷重が作用する構造物などの場合ですが、これは非常に難しい問題です。データの不足や不明な要素が多いため、橋台等の残留変形が一方向に累積するような構造物を例にして TCM の計算は実施しておりません。橋梁・高架橋に対しての TCM の検討結果を拡大適用することにしました。</p> <p>一般に安全性は全ての構造物について必要最低限守るべき性能ですが、復旧性に関しては事業者等の判断が許されています。また、復旧性は構造物の周辺環境にも大きく依存します。例えば、構造物への進入路の確保がなされているかどうかで、復旧に要する日数が大幅に変わるという事例も報告されています。</p> <p>現状では、スペクトルⅡを適用してもよいとしておりますが、スペクトルⅠの応答値の方が大きくなるのでこれを用いて復旧性を検討する、という考え方も否定はできないと考えます。周辺環境や当該構造物が損傷した場合の影響度合等を総合的に勘案してご判断頂きたいと考えます。</p>

7章の事項について

番号	No.28
質問	「第7章 表層地盤の挙動の算定」は、地表面設計地震動を算定する際の手法についての条文であり、「7.3.4 簡易解析による方法」に基づき設計地震動を設定する場合には、7章の他節・項に示される詳細検討は省略し、「7.3.4.3 地表面設計地震動の算定」に基づき、地盤種別から定まる地表面設計地震動を用いばよいか。
回答	そのように考えて問題ありません。表層地盤の挙動について、層構成が単純などの理由で詳細な検討が不要な場合は、「7.3.4 簡易解析による方法」に基づき、地盤種別より地表面設計地震動を算定することができます。ただし、簡易解析を適用する前提として、「7.2 耐震設計上注意を要する地盤」に該当するかどうか判断する必要があるため、「7.3.3.2 地盤材料のモデル化」におけるPS 検層やボーリングなどにより地盤の層構成や力学特性をある程度把握する必要があるものと思われます。なお、簡易解析による方法は、多様な地盤を数種類に区分し、ある特定の条件下において経験的に設定されたものであるため、「7.2 耐震設計上注意を要する地盤」に該当する地盤では地点依存の解析を実施することが望ましいです。また、「7.2 耐震設計上注意を要する地盤」以外の地盤においても、地点依存の解析により合理的な設計となることも考えられます。

番号	No.29
質問	スペクトル強度 SI に液状化地盤が追加されたとのことですが、液状化の程度にかかわらず限界値は同じになるのでしょうか。
回答	<p>限界スペクトル強度（地震時の走行安全性に係る変位の設計限界値）SI_L は、付属図 9.1.1（p.339）に示すとおり構造物の等価固有周期 T_{eq} に応じて一意に決まるため、液状化の程度に応じて変化することはなく同じ値となります。一方、スペクトル強度（応答値）SI は、L1 地震動に対して液状化の可能性のある多数の地盤に対して有効応力解析を実施し、それにより得られた弾性加速度応答スペクトルに適合するような地震波を用いることで、設定されたものです。L1 地震動に対して液状化の可能性があると判定された地盤では、液状化指数 PL 値にはそれほど大きな差はなく、さらに有効応力解析の結果についてもばらつきは少なくほぼ同様の傾向を示すものであったため、L1 地震動に対する液状化地盤のスペクトル強度 SI は液状化程度によらないとみなすことができると考えられます。</p>

8章の事項について

番号	No.30
質問	電車線柱の設計方法が示されており、同様な付帯構造物として旅客上家の設計にも適用可能という説明であった。しかし、旅客上家には、電車線柱とは異なる構造特性がある。また、頂部の応答加速度のみを与えられてもダイレクトに設計にもっていくことができない。旅客上家の設計手法については、本標準はあくまで参考で、別途検討が必要と考えられるがいかがか。
回答	<p>ご指摘の通りですが、少し補足します。</p> <p>鉄道構造物等設計標準（耐震標準）で「旅客上屋など～してよい（p101）」の意味しているところは、応答値の算定方法の基本的考え方（＝理念）を参考にして頂きたいという主旨であり、『付属資料 8-8』に示す電車線柱の算定方法について言及しているわけではありません。ご質問の通り旅客上家の設計においては、本標準を参考にしつつ、別途検討が必要と考えられます。</p> <p>Key Point は、土木構造物に上に構築される電車線柱や旅客上家などの付帯施設においては、土木構造物と施設との相互作用を考慮しなければならないという点です。具体的には、解説に記載されているように、</p> <ul style="list-style-type: none"> ●土木構造物との共振 ●土木構造物のロッキング振動の影響 <p>を考慮することが重要です。その上で一体モデルを用いるのが最適ですが、上記の点を考慮できるのであれば、分離モデルを用いてよいと考えています。</p>

番号	No.31
質問	構造物に付随する施設の応答値の算定において、旅客上家については電柱基礎の例を参考にすることとよいとされている。分離モデルを用いて応答スペクトル法により旅客上家の設計応答値を算出するためには、旅客上家の応答スペクトルが必要になるが、旅客上家の応答スペクトルを提供するなど今後の予定はどうか。
回答	鉄道構造物等設計標準として旅客上家の応答スペクトルを提供する予定はありませんが、H25年度から開始する新たな研究テーマにおいて、上記の課題を取扱う予定ですので、適宜、その結果も公表できるかと思えます。

番号	No.32
質問	動的解析法で有効応力解析法により液状化を考慮する際、部材を耐震標準の手法でモデル化した骨組モデルを用いて解析を行うことは可能か？また、JRSNAPでも対応しているか？
回答	<p>動的解析法で有効応力解析法により液状化を考慮する場合も、骨組モデル(線材要素およびばね要素を用いた質点系モデル)を用いることは可能です。この時、部材のモデル化においては、耐震標準で示した手法を用いることができます。</p> <p>また、JRSNAPは、そもそも動的解析に対応していないため、有効応力解析法による動的解析にも対応しておりません。</p>

番号	No.33
質問	時刻歴応答解析におけるモデル化において、地盤と構造物の相互作用を考慮した質点系モデルによる一体型モデルを提案しているが、旧標準に示されていた杭基礎を1質点にまとめる手法、あるいは、杭全体に単一入力を行う手法は使用可能か？
回答	<p>杭基礎を1質点にまとめる手法および杭全体への単一入力を行う手法は、両者とも、構造物で考慮する地震作用のうち、慣性力の影響を評価する手法としては使用することができます。ただし、G0~G2地盤を除く地盤では、地震作用として地盤変位の影響も考慮する必要がありますので、設計応答値を算定する際には、別途、応答変位法などを行う必要があります。</p> <p>旧標準に示した多点入力の方法は収束性が悪い等の問題点があったため、一様入力モデルも示しておりましたが、今回の一体解析による方法ではその問題点も解消されておりますので、こちらの手法をお奨めします。</p>

番号	No.34
質問	有効重量について説明して欲しい。 元の内容：フーチングの重量として、土の重量を除くのではなく、地下水位がフーチング上面以上にある場合に、土の有効重量を除く、という考え方が正しいのではないか？
回答	静的解析法において、地上構造物については全重量を考慮し、フーチングについては有効重量を考慮することで、構造物の振動モードを適切に表現できることが分かっています。フーチングの有効重量は、フーチングの全重量からフーチングの体積に相当する土の重量を除くことで算定することができます。

番号	No.35
質問	支承部を先行降伏させない等の配慮は破壊形態の確認で行う、と説明があったが、支承部を先行降伏させないという記述はどこにあるか？
回答	「9.3 復旧性の検討」におきまして、「支承部が損傷した場合は、一般に機能回復の補修が難しいため、可能な限り柱や橋脚等よりも先行して支承部を損傷させないなどの配慮が必要となる」という記載をしております。 また、「8.2 設計地震動に対する応答値を算定するための解析」におきまして、支承部の非線形挙動が卓越する場合には静的解析法の適用が困難である旨、記載しております。支承部が先行降伏する構造物では、支承部の非線形挙動が大きいことが想定されるますので、静的解析法により設計応答値を算定する場合には、地震応答解析法の適用性という観点からも、支承部が先行降伏でないことが必要となります。

9章の事項について

番号	No.36
質問	走行安全性に関する設計限界値について 照査省略をできない場合として、「高さが極端に高い盛土」と記載しているが、極端と判断する為の盛土高の基準などはあるのか。あるのならば、およその目安的な数値を教えてください。
回答	<p>鉄道構造物設計標準・同解説 変位制限 付属資料 13におきまして、盛土上の列車の走行安全性に関する検討を行っております。鉄道に用いられている盛土高さは6m以下が一般的ですが、ここで検討対象としている盛土は、極めて厳しい条件を想定して、複線断面で高さ9mとしています。この検討により次の2つの結果が得られました。①盛土の固有周期は地盤の固有周期よりかなり短く、共振しにくいことから、盛土天端の応答は小さいこと、②盛土構造としてはきわめて厳しい条件であるにもかかわらず、L1地震動に対するスペクトル強度 SI は限界スペクトル強度 SL の半分以下であること。以上より、かなり厳しい条件でも十分な走行安全性を確保できることが確認されました。</p> <p>これらの結果を踏まえまして、鉄道構造物で用いられている一般的な盛土については、横方向の振動変位の照査を省略してもよいこととしています。ただし、本検討で考慮した盛土より厳しい条件が想定される場合は、検討が必要となります。</p>

10章の事項について

番号	No.37
質問	<p>10.2.1 一般の高架橋等の応答値の算定で (P119), 静的非線形解析の適用範囲が限られており動的解析が基本とされているが, 設計者の技量・判断により解析結果が変わる可能性がある. 構造種別ごとに動的解析の設計計算例等を示すことを考えているのか.</p> <p>また, 地盤との相互作用を考慮した動的解析を基本とするのであれば, SNAPのように標準プログラムをセットで整備すべきと考える. 特に, Yb 点など軸力変動に対応した市販ソフトがあるのか. 設計者ごとのばらつきを極力減らす方向で対応いただけないか?</p>
回答	<p>動的解析の設計計算例として, 杭基礎について示す予定です. その他の形式の構造物については, 静的解析法 (非線形スペクトル法) を用いた計算例を示す予定です. なお, 動的解析で用いられる基本的なモデル化方法は, 静的解析法の計算例を参照することができます. その他, 必要な情報としては, ①自由地盤の設定方法, ②減衰の設定方法, ③各部材の非線形性に用いる履歴特性, となります. 上記①, ②については, 動的解析の設計計算例を準用することが可能です. ③につきましては, 付属資料 8-7 に詳細に示してありますので, 参照して頂ければと思います.</p> <p>設計プログラムですが, 鉄道総研監修の動的解析ソフトとして, 「DARS」が販売されています. また, 軸力変動や Yb 点を考慮した骨格などについては, 複数の汎用解析ソフトが対応しております.</p>

番号	No.38
質問	10.2.2 橋梁および高架橋のモデル化で、自由地盤のモデル化の項目があるが、自由地盤のモデル化範囲が不明確である。配布資料「橋梁および高架橋の応答値の算定と性能照査」の P7 下にフーチングの 100 倍という記述もあるが、設計上どの程度見込めばよいか？
回答	<p>自由地盤のモデル化領域は、構造物のフーチングの底面積の 100 倍程度を推奨しています。理由は以下の通りです。</p> <p>自由地盤のモデルは、構造物の建設地点における地盤全体の挙動を表現するものです。このため、一体型モデルを用いて構造物と自由地盤を同時にモデル化する場合には、自由地盤のモデル化領域は、構造物の挙動の影響を受けないように十分大きくする必要があります。</p> <p>一方、重量差・剛性差が極端に異なるものを同時にモデル化すると、解析精度が落ちることがあります。一体型モデルにおいて、自由地盤のモデル化領域を大きくしすぎると、構造物の解析精度が低下することになります。</p> <p>そこで、最適な自由地盤のモデル化領域を確認するため、橋脚を対象とした検討を実施しました。その結果、自由地盤のモデル化範囲（平面積）として、フーチングの底面積の 100 倍にすると自由地盤が構造物の応答の影響を受けず、構造物の解析精度も低下しないことが分かりました。</p>

番号	No.39
質問	「10.2.4.4 慣性力の組み合わせ」において、慣性力を中心とした設計で、地盤変位の影響が逆位相で作用する場合、上部構造物（柱、上層梁）の応答値がかなり厳しくなる。応答変位法の検討を上部構造物においても実施しなければならない場合はどんな時か？
回答	<p>静的解析法では、慣性力の影響と地盤変位の影響の両方のケースで全ての部材を照査する必要があります。</p> <p>特に、一柱一杭形式のラーメン高架橋やパイルベント形式の構造物では、地盤変位の影響で杭に発生した断面力が剛結されている柱にも伝達することも考えられます。従って、応答変位法の検討においても、上部構造物の照査を行う必要があります。</p>

番号	No.40
質問	基礎が先行降伏した場合には、 $\alpha f=2$ の検討が必要とありますが、先行降伏しなくても、降伏～応答間で基礎が降伏する場合には、 $\alpha f=2$ の検討が必要ではないでしょうか。
回答	<p>$\alpha f=2$ の検討は、基礎の損傷を過大に評価する可能性がある場合に実施します。この検討の有無の判断は、上部構造物と基礎の降伏震度の関係に基づいて行われますが、上部構造物が先行降伏しても、最大応答変位までの間に基礎も降伏してしまうケースは考えられます。</p> <p>ただし、H24年の基礎標準の改訂では、地盤抵抗の折れ点以降に2次勾配を持たせるなど、基礎のみで大きくエネルギー吸収するような荷重変位関係にはなりにくいように配慮されています。このため、一般的な設計条件であれば、上部構造物が先行降伏となれば$\alpha f=2$ の検討は不要としてかまいません。</p> <p>なお、パイルベント構造など特殊な条件では、降伏震度のみの比較では基礎の損傷を過大に評価する懸念が残るため、$\alpha f=2$ の検討を行う必要があります(P354参照)。</p>

番号	No.41
質問	高架橋で地中梁を設けない場合は、動的・立体解析が必要でしょうか？
回答	<p>動的解析が必要な場合と、立体解析が必要な場合では、条件が異なります。</p> <p>(1) 動的解析は、以下の2つの条件を満たせない構造物に推奨される方法です。</p> <p>①構造系が比較的単純で1次モードが卓越する場合 ②主たる塑性ヒンジの発生箇所が明らかな場合</p> <p>上記の例として、耐震標準 p.119 にはいくつかの例を示していますが、例えば地中梁の無い構造物は全て動的解析を実施する、ということを示したものではありません。例えば良好な地盤に建設さえるパイルベント構造であれば塑性ヒンジ箇所も明確で、1次モードが卓越することになるでしょう。このように、構造物毎に判断をするのではなく、上記①・②に該当するかどうかで判断をして下さい。</p> <p>(2) 立体解析は、形状が非対称でねじれが懸念される場合など、挙動を三次元で考慮する必要がある場合に実施する解析方法です。したがって、地中梁を設けないという条件だけでは、立体解析が必要かどうかは不明です。</p>

番号	No.42
質問	解説表 3.5.1 の安全係数は性能項目によらず同一ですが、安全性および復旧性の照査は、同一のモデル、同一のプッシュオーバーで行うことができますか？
回答	<p>安全性および復旧性の照査は、同一のモデル、同一のプッシュオーバー解析の結果を用いることができます。</p> <p>簡易な手法により算定された L2 地震動を用いる場合、安全性および復旧性の照査に用いる設計応答値は、地域別係数が 1 の場合には同一となります。ただし安全性と復旧性では、いくつかの照査項目・指標で限界値が異なります。これらの限界値は、一般に安全性よりも復旧性の方が厳しいので、復旧性の照査のみを実施すれば自動的に安全性の照査も満足します。</p> <p>なお、地域別係数が 1 より小さい場合は、安全性と復旧性の照査に用いる設計応答値が異なるため、それぞれ照査を実施する必要があります。</p>

11 章の事項について

番号	No.43
質問	<p>設計の手法やモデルが新規となっているので、H11 年耐震標準に基づき設計・構築した既存構造物が不適合となることは無いのか？</p> <p>照査手法としては理解できるが、設計成果が以前と比べて、何が変わるのかを教えてください。</p>
回答	<p>鉄道総研報告 2012 年 11 月号 (http://www.rtri.or.jp/publish/rtrirep/2012/rep12_11_J.html) にて「抗土圧橋台の耐震設計法と性能照査例」として、旧標準で設計された一般的な諸元の直接基礎橋台および杭基礎橋台について新標準での照査結果を示しています。その結果、新旧いずれの設計標準を用いても照査を満足することが確認できています。</p> <p>ただし、新標準では、所要降伏震度スペクトルを導入することにより従来は感度が無かった等価固有周期を設計パラメーターとして導入し、同じ降伏震度であっても等価固有周期が短い方（すなわち降伏変形量自体が小さい）条件に設計結果が誘導されるように配慮して所要降伏震度スペクトルを作成しています。すなわち、高さが低い橋台や桁重量が軽い橋台は等価固有周期が短く従来よりも経済化が図れる一方で、高さが極端に高い橋台や桁重量が非常に重い橋台のように等価固有周期が長くなる構造諸元の場合については従来よりも設計結果が厳しくなる傾向にあると考えられます。</p>

番号	No.44
質問	橋台の応答変位法を説明する資料中に『「一般的な設計条件＝軟弱地盤ではない」に限る』との記載がありますが、G6,G7地盤の場合、地盤の応答変位が一般の条件とならないため、静的解析法（非線形応答スペクトル法と応答変位法の組み合わせ）が適用できないということでしょうか？
回答	<p>抗土圧橋台近傍の地盤変位は平地盤よりも大きくなりますが、軟弱でない地盤であれば、土留め標準「解説図 9.2.3-4 抗土圧橋台の設計に適用する地震時の地盤変位の簡易的な算出方法」（＝配布資料 p6⑤）に示す簡易的な方法で地盤変位を算定できます。一方、軟弱地盤の場合は、この簡易的な方法が適用できず、土留め標準「付属資料 23 土留め構造物近傍の地震時地盤変位の算出方法」に示すような 2次元非線形 FEM 解析等の詳細な検討によって地盤変位分布を算出する必要があります。地盤変位分布が適切に算出されれば、応答変位法を適用することに問題はありません。</p> <p>なお、この簡易的な算出方法が適用できるか否かの判断は、必ずしも耐震設計上の地盤種別とは関連せず、土留め標準「9.2.5.2 軟弱な粘性土地盤の抗土圧橋台」により「圧密沈下に伴う側方移動が生じる可能性があるかどうか」を「解説図 9.2.5-3 F 値を用いた圧密沈下による側方移動の影響に関する判定フロー」により判断します。</p>

12章の事項について

番号	No.45
質問	(3)地震時の走行安全性に係る変位の照査は、「変位制限標準によるものとする」とある。講習会では、「L1地震動(kh=0.2)に対して円弧すべりしない性能が確保されていれば、走行安全性の照査は不要」との説明があったようであるが、耐震標準の解説は「・・・復旧性を検討することにより安全性の照査を行っていることに相当する。」との記載があり、実務上はL2地震動に対する復旧性の照査を行うことが前提となるということか（土構造標準の適合みなし仕様もあり）
回答	おっしゃっている耐震標準の解説「・・・復旧性を検討することにより安全性の照査を行っていることに相当する。」とは、L2地震動に対する盛土の応答値の算定についての記載になります。盛土の「地震時の走行安全性に係る変位」については p.116 に記載がありますように、L1地震動に対して変形レベル 1 を満足する場合には、一般には照査を省略してよいこととしています。L2地震動に対する復旧性の照査を行うことが前提となっているわけではありません。

番号	No.46
質問	講習会 PPT 内で FEM 等の高度な解析を行う場合は、 E_0 から N 値を換算するのが NG なのはなぜか？
回答	土の変形係数（ヤング率）はひずみレベルに応じて変わります。そのため新しい基礎標準では、N 値、三軸圧縮試験、平板載荷試験等から求めたヤング率を E_{50} 相当にヤング率に換算する係数（地盤修正係数）を定めています。一般に、FEM 等の非線形性を考慮した動的解析に用いるヤング率は E_{50} ではなく、微小ひずみレベルで定義される E_0 が必要となる場合が多いので、注意が必要になります。講習会 PPT に紹介していますが、誤った事例として平板載荷試験から求めた K_{30} 値から N 値を換算し、さらにその N 値から E_0 を算出した事例もありました。 E_0 に限らず数値解析を行う場合には、解析手法の中身を十分に理解して、適切なモデル化やパラメータ設定を行うことが重要です。

13 章の事項について

番号	No.47
質問	地震時作用の 700gal 上限を外したことにより、擁壁の部材厚や鉄筋火（降伏震度）は、一般的にどの程度 UP するのか？
回答	<p>今回の改定では地震時土圧算定に用いる水平震度の上限値（0.7）を撤廃しただけなく、過去の検討に基づき 3 次すべり以降のすべり面の発生を考慮しないことにしました。そのため、L2 地震時の地震時土圧は従前よりも合理的に（低めに）評価されることが多く、上限値を撤廃したことにより擁壁の諸元が上がることは一般にはないと考えています。</p> <p>詳細は講習会の PPT および土留め標準（p.75）の【解説】に記載がありますが、従来の水平震度の上限値は、背面盛土の軟化によりそれ以上の加速度が伝播されにくいことを便宜的に考慮したものでした。しかしながらこの措置により、3 次すべり面が水平震度 0.7 前後で発生する場合、わずかな土質諸数値の違いで土圧が大きく異なる問題がありました。これを考慮し、本標準より水平震度の上限値を解除しました。</p>

14章の事項について

番号	No.48
質問	解説図 14.2.5 仮土留を存置して液状化によるせん断変形抑止効果を期待する検討について、仮土留を非液状化層にどの程度根入れをする必要があるか、また、この対策の場合、浮き上がりに対して低減とあるが、どのように考慮すればいいのか。
回答	<p>地盤の液状化に対する仮土留めの効果には大きく分けて以下の二つがあると考えられます。</p> <p>①せん断変形抑止による液状化自体の発生の抑制 ②液状化発生後の地盤の回り込み防止による浮き上がりの抑制</p> <p>①については、仮土留めによるせん断変形抑止による地盤内の過剰間隙水圧発生の低減を評価するため、FEMにより地盤と仮土留めを適切にモデル化し、過剰間隙水圧の発生を考慮できる有効応力解析を実施する必要があります。</p> <p>②については、梁ばねモデルで仮土留めや支持地盤をモデル化し、完全な液状化が発生したものと仮土留め内外の水圧を作用させ、仮土留めの応答や構造物の浮き上がり量を算定することが可能です。</p> <p>必要な非液状化層への根入れ量については、これらの解析結果から得られる仮土留め下端に作用するせん断力に対して、非液状化層から仮土留めが引き抜けない根入れ長を設定できます。</p> <p>これらの算定方法については、耐震標準にも示している下記文献等をご参考ください。</p> <p>参考文献 後藤茂ほか：遮水壁による地中構造物の液状化時浮き上がり防止効果の評価方法，第48回地盤工学シンポジウム，2003.</p>

番号	No.49
質問	地盤によっては、最大応答変位が発生する着目時刻においては、慣性力が地盤変位と逆向きに作用するケースもあるかと思われませんが、その場合は慣性力の向きを反転させて地盤変位と逆向きにするのでしょうか？
回答	構造物に作用させる慣性力は上下床板間の層間変位が最大の時の加速度分布をもとに設定しますが、慣性力は加速度と逆向きに作用するため、構造物に作用させる段階ですべての高さに置いて反転させることとなります。この場合、慣性力（加速度とは逆向きに作用）と変位の方法は同方向になる場合が多いですが、逆向きになる場合も当然考えられます。また、慣性力分布として見た場合、慣性力の向きは深さ方向に同様とは限りません。したがって、地盤変位の方法に合わせて慣性力の向きを変更することはせず、得られた加速度分布を元に設定してください。なお、一般的に慣性力の影響は小さいため、構造物重心位置の慣性力を構造物全体に作用させてかまいません。

番号	No.50
質問	不整形地盤中の開削トンネルの応答値は、どのように算定したらよいでしょうか？
回答	開削トンネルの応答値の算定は、一体型モデルを用いた動的解析法で用いて行うことを原則としており、開削トンネルの構造や周辺地盤の構成が複雑でない場合に、分離型モデルを用いた静的解析で実施してよいこととしています。不整形地盤中では地盤挙動が複雑になり、その影響を大きく受けるため、一体型モデルを用いた動的解析法により応答値を算定する必要があります。

その他の事項について

番号	No.51
質問	配布資料「設計事例（動的解析）地盤と構造物の一体解析」P4にて「レーリー減衰の設定」に関する説明がある。このレーリー減衰の設定方法は、設計者がどの点を通すラインを選ぶかによって、設計結果が変わる印象を受ける（安全側・危険側のどちらにも振れる）。本設定について、標準的な考え方を今後示して頂けないか。
回答	<p>レーリー減衰の設定に関する基本的な考え方は、構造物の応答に影響を及ぼす主要な振動モードを把握し、その振動モードのモード減衰比に対して、出来る限り整合が図れるように設定することです。なお、耐震設計標準 付属資料 10-2 では、レーリー減衰の設定の目安を示しましたが、減衰の取扱いについては未だ不透明な点が多いため、今後も検討を深める予定であり、適宜、情報を公開する予定です。</p> <p>また、構造物や地盤などの複数の減衰特性を有する構造体が混在する解析モデル（例えば、耐震設計標準に記載する一体型モデル）を用いる場合、減衰モデルは減衰特性を個別に評価できる要素別レーリー減衰などを用いる方が、全体レーリー減衰を用いるよりも合理的であると言えます。要素別レーリー減衰の設定の考え方については、今後発刊される動的解析の照査例の中で示す予定ですので、参考にして下さい。</p> <p>なお、解析プログラムの制約上、要素別レーリー減衰を用いることが出来ない場合は、耐震設計標準 付属資料 10-2 の 3.減衰マトリックスの作成例に従ってレーリー減衰を設定することもできます。</p>