

7. 地震工学

とりまとめ: 清野純史 (京都大学)

論文題目: “斜め組杭式栈橋の振動特性と応答スペクトル”

著者: 濱田純次, 横田 弘, 大熊弘行, 佐藤 博, 芥川博昭

掲載: Vol.52A, pp.247-256, 2006年3月

◆討議 [小野祐輔 (京都大学)]

栈橋での応答スペクトルが必要となる理由は何なのでしょ
うか。

◆回答: 上部工の地震時慣性力(作用震度)を設計時に決めるためです。もちろん、梁ばねモデルやソリッドモデル、あるいは提案している2質点3ばねモデルの動的解析でも上部工の慣性力(作用震度)を求めることができます。ご質問の意味は、なぜ、栈橋毎に直接、動的解析で慣性力を求めないのか、スペクトルにする必要性はないのではないかと言った事と思います。確かに、栈橋の仕様が決まればスペクトルにする必要はないと思います。しかし、入力地震波の特性、斜杭の傾斜角、栈橋の固有周期などによってどのように応答加速度が変化するかを示すことは設計的には有益であると思います。

論文中には、斜め組杭式栈橋と直杭式栈橋とで応答スペクトルにどのような差があるかを示しており、斜め組杭式栈橋の入力位置(コントロールポイント)をどのようにすれば良いか示しています。

◆討議 [北原武嗣 (関東学院大学)]

設計時には応答スペクトルから水平力を算定するのでしょ
うか。それとも、2質点3ばねモデルによる動的解析を行うのでしょ
うか。

◆回答: 提案している2質点3ばねモデルによる多数の地震波を用いた動的解析、応答スペクトルの算定によって上部工の慣性力を決定するのが良いと思います。しかし、現状は、地盤種類毎の設計用応答スペクトルを事前に示しており、そこから読み取るものです。

論文題目: “近接する地下構造物のせん断変形における地震時相互作用”

著者: 小野祐輔, 清野純史

掲載: Vol.52A, pp.257-266, 2006年3月

◆討議 [古川愛子 (九州大学)]

解析は動的解析ですか、静的解析ですか。非線形性はどのように考慮されているのですか。

◆回答: 解析は静的解析です。非線形性は考慮せずすべて弾性解析をしています。

◆討議 [濱田純次 ((株)竹中工務店)]

既設構造物に発生するせん断ひずみ γ_s^0 を $\gamma_s^0 = \alpha\gamma'$ でモデル化し、 α を G_s/G' による双曲線でモデル化していますが、 $G_s/G'=1$ の時、 $\alpha=1$ となるようにする必要がありますのではないのでしょうか。 $a=1.9, b=1.0$ ではよくないのではないのでしょうか。

◆回答: どのような曲線でモデル化するのかを含めて、さらに検討する必要があると考えております。

論文題目: “未知の加振力によるフーリエ振幅比を用いた損傷同定手法”

著者: 古川愛子, 大塚久哲, 清野純史

掲載: Vol.52A, pp.267-276, 2006年3月

◆討議 [北原武嗣 (関東学院大学)]

減衰と剛性の両者を分離して同定することは可能でしょうか。

◆回答: 提案した同定手法は、各要素の減衰変化率と剛性変化率を独立した変数として扱っております。よって、減衰と剛性の両者を分離して同定します。

◆討議 [小野祐輔 (京都大学)]

一部分だけを用いて同定しようとすると、境界条件の取り扱いが難しくなるのではないのでしょうか。

◆回答: 計測点が1箇所集中していると、計測していないところは十分なデータが得られないため、同定精度が悪化します。高い同定精度を得るには、構造物全体を覆うように計測点を移動させることで、空間的に密なデータを得ることが必要です。

論文題目: “2004年新潟県中越地震における新幹線脱線区間における地盤と高架橋の地震応答推定”

著者: 森 伸一郎, 和仁晋哉

掲載: Vol.52A, pp.277-288, 2006年3月

◆討議 [小野祐輔 (京都大学)]

乗員の証言から、列車がトンネルを出たところでちょうど強い地震動を受けたと推定していますが、揺れの小さなトンネル内から揺れの大きな高架橋上に出たためにそのように感じたのではないのでしょうか。

◆回答: ご指摘の内容は、岩盤上の堆積層の上に立つ高架橋は、トンネルの貫通している岩盤に比べて、地震動が「堆積層」と「高架橋」の変形に起因する増幅が考えら

れる分だけ振動が大きくなるために、2つの空間的な振動特性の違い、増幅前の振動場から増幅後の振動場への移行が乗務員に「大きな横から風圧がかかる」かのような揺れを感じさせたものではないかと理解致しました。

乗務員に「大きな横から風圧がかかる」かのようなゆれを感じさせたものとして、(1) 相対的に小さな振動場から大きな振動場への移行、および、(2) 振動場の違いではなく、時間軸上の小さい揺れ部分から大きな揺れ部分への移行、が考えられます。著者らの見解は後者です。

これらを比較するために、具体的な数値で検討してみます。はじめに前者を検討します。岩盤の揺れとして入力地震動を対象とします。これに加えて堆積地盤上と高架橋の揺れを比較します。岩盤もしくは堆積地盤に対する高架橋の最大応答の比を検討します。堆積地盤においては、S波が到達する約6.5秒までの初動部分では、加速度で0.9、速度で1.2であるのに対して、6.5秒以降のS波の中でも約8.0秒の主要動部分では、加速度で1.4、速度で1.7です。すなわち、初動部分では増幅はほとんどないが主要動部分では2倍弱になることがわかります。

同様に岩盤と高架橋の最大応答の比については、初動部分では加速度で0.3、速度で1.3であるのに対して、主要動部分では加速度で1.5、速度で2.5となっています。人間の感覚との相関が高いと言われる速度では、比は1.3から2.5です。以上のことから、確かに高架橋の方がゆれが2倍前後に増幅されて大きいことがわかります。

次に後者を検討します。すなわち岩盤や堆積層のゆれにおける時間的な変化を検討します。証言を行った乗務員(車掌)は、立っていたかもしくは歩いていたと考えられますので、震度3または震度4でゆれを感じるものと考えられます。震度3で $8\sim 25\text{ cm/s}^2$ 、震度4で $25\sim 80\text{ cm/s}^2$ に対応するものとする、 $20\sim 30\text{ cm/s}^2$ でゆれを感じ始めるものと考えられます。岩盤ですと、加速度がこの大きさになるのは17時56分05秒付近です。このときの速度は、岩盤で 2.5 cm/s 、堆積地盤で 2.8 cm/s です。これを基準として速度の大きさの時間的な変化を検討します。S波到達時点では岩盤で 7.2 cm/s 地盤で 11.9 cm/s 、主要動開始時点では岩盤で 32.6 cm/s 地盤で 49.8 cm/s となります。これらを基準値に対する比で表しますと岩盤のS波到達時刻で2.9倍、主要動開始時点で13.0倍、地盤のS波到達時刻で4.3倍、主要動開始時点で17.8倍となります。このようにS波到達時点でも3~4倍、主要動時点では13~18倍となります。S波到達時点でも、その前後で岩盤や堆積層にかかわらず、その時間前後で3~4倍となり、空間的な違いの2~3倍に比べて大きいと言えます。まして、主要動開始時点では13~18倍と、さらに大きく増幅します。このようにS波到達時点においてさえも時間的なゆれの変化は急激であり、場の移行に起因するゆれの変化に比べて極めて大きく、証言の原因を後者に求める方が自然であることがわかります。

◆討議 [清野純史 (京都大学)]

高さの違いによって高架橋のそれぞれの固有周期が異なる結果が常時微動観測から出ていますが、ある区間の高架橋の系全体では、それ自体が例えば1次モードで揺れるという挙動を示すのではないのでしょうか。

◆回答：この新幹線の高架橋は、2層3径間のラーメン高架橋を1つの系とし、複数の系が線上に連続して全体系をなしています。それぞれの系は構造的に結合されていないため、独立した振動系であると見なせます。また、この1つの振動系には $2\times 4=8$ 本の橋脚がありますが、この系が1次モードでゆれる場合にどの橋脚で測定しても同一の卓越周期になることは明白です。したがって、測定は異なる振動系の橋脚の常時微動を測定しました。この場合、隣接する振動系といえども構造的に結合されていないので、地盤や橋脚高さの違いによる卓越周期の差が検出できるはずで、これを測定するのが著者らの目的でした。

さて、ご質問の内、「高さの違いによって」を同じ振動系の中での異なる橋脚と捉えてのご質問であるならば、「ある区間の高架橋の系全体」は上述の単位振動系のことを意味しており、理解は著者らと同じであり、前提の誤解であると言えます。また、「ある区間の高架橋の系全体」が独立した振動系が連続して複数含まれる場合を意味しているならば、振動系が構造的に結びついている場合には、連成することによる1次モードが出ることになると思われまます。しかし、構造的には分離していると考えられますので、このようなことは考えられません。

すなわち、異なる振動系の橋脚に設置した振動系により計測していますので固有周期は全て異なるものとなっています。

論文題目：“箇所別の違いを考慮した入力地震動による不整形地盤及び地中構造物縦断方向の応答解析に関する研究”

著者：橋 義規，大塚久哲，古川愛子，矢野恵美子
掲載： Vol.52A, pp.289-299, 2006年3月

◆討議 [清野純史 (京都大学)]

位相差を考えるとときに重要な、不整形地盤における2次の波動の影響は現れたのでしょうか。

◆回答：今回発表した研究では確認していませんが、同じ地盤モデルを用いて正弦波加振を実施した結果では、硬質地盤露頭モデルで3.6, 3.9Hz (=硬質地盤の固有振動数は3.75Hz)で加振した場合において、地盤ひずみ(軸ひずみ)が最大となる水平位置が、深さ0mと5, 10mでは異なっており、ひずみ分布も他の加振振動数とは大きく異なっています。これは、境界面での反射により発生した表面波の影響と考えています。

論文題目：“新潟県中越地震における強震動と道路被害の関係”

著者：酒井久和，長谷川浩一，ネルソン プリード，佐藤忠信
掲載： Vol.52A, pp.301-308, 2006年3月

◆討議 [清野純史 (京都大学)]

道路被害といっても崖崩れや斜面崩壊、液状化や震動によるクラックなど様々なモードがあり、それぞれに対してPGAやPGVが効いたり、別のパラメータが効いたりすると思いますが、本解析では道路被害を一くくりにし、要因となるパラメータを震度とPGVに絞っています。このあたりの理由をお聞かせください。

◆回答：個々の構造物の被害と地震動の各種指標との相関に関して、詳細に検討していくことは可能で、過去に様々な被害原因の検証が行われてきました。本研究の目的は、それらとは異なり、比較的入手が容易な地震動の指標との関係を整理し、地震直後、または被害想定の際に、道路被害の大きなエリア、程度を推定し、その後の対処に貢献しようとするものです。