

愛知県震度観測・調査報告書

— 第 3 5 報 —

平成 2 7 年（2 0 1 5 年）1 月～1 2 月

平成 2 8 年 5 月

愛知県防災会議地震部会

はじめに

平成 28 年 3 月 11 日、東日本大震災発生から 5 年目を迎えました。愛知県にとって最も脅威とされる南海トラフ地震の災害軽減に向けて、この震災の教訓を活かさなければなりません。

平成 27 年 12 月 17 日、内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」と「首都直下地震モデル検討会」による「南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告」が公表されました。近年、大都市を中心として超高層オフィスビルやタワーマンションなどが著しく増加し、従来用いている震度では表現しきれない長周期の揺れの影響が顕著になってきました。また大型の石油タンクも同様に長周期の揺れの影響を受けます。このような事態を受け、内閣府において、南海トラフ地震による長周期地震動の検討が行われました。

本報告書では、この点を踏まえ 2 つのトピックスを掲載しました。一つ目は「長周期地震動」です。長周期地震動は、一般の方々にはなじみが薄く、理解することが難しいため、その現象や仕組みについて詳しく解説を行いました。もう一つは「ゆっくり地震」です。近年、プレート境界で発生するゆっくりとした断層のずれに関する観測・研究が、著しく発展しています。ゆっくり地震は、巨大地震を引き起こす本質的な過程であると同時に、場合によっては地震予知・予測に利用できる可能性のある現象です。最先端の研究の一端を知っていただくため、トピックスの 1 つとしました。

報告書では、平成 27 年に愛知県で観測された地震についてもまとめています。平成 27 年は、日本全国をみても顕著な被害地震は発生しませんでした。有感地震の数も東日本大震災以降、徐々に減少してきています。平成 27 年に名古屋地方気象台（名古屋市千種区）で観測された有感地震はたったの 4 回でした。毎年繰り返し述べていますが、愛知県は最近大きな地震を経験していません。愛知県内で最も長い統計がある名古屋地方気象台の記録を見ても、1975 年以降この 40 年間の最大震度は 4 であることがわかります。

本報告書で分析された地震のデータが、地震防災対策の基礎資料として活用され、また、県民の皆様への地震に対する理解を深めていただくための資料となれば幸いです。

最後に本報告書の作成にあたり、原稿及び資料をお寄せいただきました名古屋大学大学院環境学研究科の山岡耕春教授、加藤愛太郎准教授、気象庁名古屋地方気象台をはじめ、ご協力いただいた方々に厚く謝意を表します。

愛知県防災会議地震部会

目次

I トピックス

- 1 長周期地震動 1
- 2 ゆっくり地震 16

II 震度観測資料

- 1 はじめに 25
- 2 愛知県における地震 26
 - (1) 愛知県とその周辺の地震の震央分布 26
 - (2) 愛知県内の有感地震の概況 28
 - (3) 愛知県の各地で観測した有感地震の推移 36
- 3 国内の主要な地震 38
- 4 世界の主な地震 42

I トピックス

1. 長周期地震動

1.1 はじめに

近年、長周期地震動がしばしば話題になっています。規模の大きな地震が発生した場合には、長周期地震動による被害が発生したと報道されることも増えてきました。例えば、**2003年9月26日**に発生した十勝沖地震（マグニチュード**8.0**）では、震源から約**250km**離れた苫小牧市の石油コンビナートにある直径約**40m**のタンクが揺すられて火災が発生しました。これは、地震の揺れによってタンク内の燃料が動揺し、普段は火災防止のため燃料の上に浮かせてあるふたが沈んでしまったためです。また、**2004年10月23日**に発生した新潟県中越地震（マグニチュード**6.8**）では、東京都内の震度は3程度であったにもかかわらず、超高層ビルのエレベーターケーブルが揺れによって絡まってしまった被害が報告されています。さらに、**2011年3月11日**に発生した東北地方太平洋沖地震（マグニチュード**9.0**）では東京都内の超高層ビルが大きく揺れ、中にいる人たちは立ってられない状態だったようです。震源から遠く離れた大阪でも超高層ビルが大きく揺れたことが報告されました。このように、遠方で発生した地震により、さほど大きな震度を観測しなくても被害が発生することがあります。

このような事態を踏まえ、内閣府の「南海トラフ巨大地震モデル検討会」では「首都直下地震モデル検討会」と共同して、長周期地震動に関する検討を行い、**2015年12月17日**に「南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告」を公表しました。報告の内容は、内閣府のホームページからダウンロード・閲覧が可能です。しかし、本文を読んでも、長周期・共振などの物理学（力学）の用語が多く用いられています。専門的な内容を分かりやすく記述する努力はされているものの、一般の方々には難しい内容となっています。

そこで、この解説では、長周期地震動についてできる限り理解を助けられるような解説を試みたいと思います。

1.2 長周期地震動の概要

長周期地震動という言葉は、地震防災でしばしば使われるようになってきまし

たが、一般にはまだまだ馴染みが薄い言葉です。長周期地震動の理屈に関する説明は 1.3 節に譲ることにし、ここでは直感的な説明をしたいと思います。

長周期地震動による揺れ

地震の揺れには様々な揺れがあります。強い揺れや弱い揺れ、ゆっくりとした揺れやガタガタとした揺れなどがあります。このうち長周期地震動に関連した揺れとは、「ゆったり」や「ガタガタ」といった表現に代表される、揺れの往復時間の長短に関わる揺れの種類です。例えば、地震が発生したときに家の中の食器棚やタンスなどが小刻みに揺れる揺れが「ガタガタ」と表現される揺れで、大きな船が波に揺すられる時のような揺れが「ゆったり」と表現される揺れです。小刻みな揺れは揺れの往復時間が短く、ゆったりとした揺れは揺れの往復時間が長いものです。後者を長周期の揺れ（長周期地震動）と呼んでいます。

私たちが感じる地震の揺れは、圧倒的に前者のガタガタとした揺れの方が多く、船に揺すられるような長周期の地震の揺れを経験することはまれです。それには 2つの理由があります。1つの理由は、地震そのものの性質です。マグニチュードが小さい地震ほど発生頻度が高く、長周期の揺れを発生しにくい性質があるからです。もう1つの理由は、私たちの多くが住む建物の性質です。一戸建ての建物や比較的 low層の集合住宅は、長周期の揺れによっては揺すられにくい性質を持っています。従って、私たちが長周期地震動を経験するのは、超高層ビルなどの建物にいるときに、マグニチュードの大きな地震が発生した場合に限られます。

長周期地震動の影響を受ける建物

我が国は、歴史的にマグニチュードの大きな地震を数多く経験し、地震によっては甚大な被害が発生しました。明治以降でも、1891年の濃尾地震 (M8.0)、1923年の大正関東地震 (M7.9)、1944年の東南海地震 (M7.9)、1946年の南海地震 (M8.0)、1952年の十勝沖地震 (M8.2)、1968年の十勝沖地震 (M7.9)、2003年の十勝沖地震 (M8.0)、2011年の東北地方太平洋沖地震 (M9.0) など、マグニチュード8クラスを越える地震がしばしば発生しています。一般に、このような巨大な地震は強い長周期地震動を発生させることが知られています。しかし、長周期地震動の被害が注目されるようになったのは最近のことです。これは、技術の進歩によって長周期地震動の影響を受ける超高層ビルなどが建設されるようになったためです。日本で初めての超高層ビルである霞が関ビルは 1968年に完成しました。それまでの日本では、地震の強いゆれに耐えるために固くて頑丈な建物を建てるのが常識となっていました。それに対し霞が関ビルは軟らかい構造

にして、強い地震の波を「柳に風」のように受け流すことで壊れにくくしたものです。しかし、この軟らかい構造は一方で長周期地震動に対しては揺れやすい構造でもあったのです。

東北地方太平洋沖地震では、東京にある多くの高層ビルが大きく揺れました。その様子は今でも **YouTube** などの動画投稿サイトで見ることができます。つまり、超高層ビルは目に見えるくらい揺れたのです。そのゆれをよく見ると、ちょうど振り子を逆さまにしたようにゆれ、ビルの最上部がもっとも大きく揺れていました。

地震動による建物の揺れを絵で示すと図1のようになります。戸建ての建物が大きく揺れる普通の地震では、高層ビルの揺れはさほど大きくなりません。しかし、長周期地震動では、戸建て住宅は建物全体が平行移動をするだけで揺れはさほど大きくなりませんが、超高層ビルが振り子を逆さまにしたように大きく変形するように揺れます。



図1 通常の地震（左）と長周期地震動（右）による戸建て住宅と超高層ビルの揺れ方の違い。

長周期地震動は遠くまで伝わる

東北地方太平洋沖地震の揺れは、名古屋でも多くの人を感じました。しかし感じ方は震源に近い東北地方とは異なり、激しい揺れではなくゆったりとしたゆれで、椅子に座っていた人は一瞬めまいと勘違いしたということでした。大阪でも湾岸に建つ超高層ビルが大きく揺れましたが、やはりガタガタとした揺れは感じられませんでした。これは周期の短い揺れよりも周期の長い揺れのほうが遠くまで伝わることを示しています。周期の短いガタガタとした揺れは、伝わっていくうちに比較的短い距離でエネルギーを失ってしまいます。多くの建物被害が、震源域のすぐそばに集中するのはこのためです。1995年の阪神淡路大震災でも、震源断層直上の神戸市の被害は甚大でしたが、少し離れた大阪での被害はほとんどありませんでした。これも周期の短い激しい揺れは遠くまで伝わりにくいことを表しています。このように、震源から離れるに従い、短周期の揺れはどんどん小さくなり、長周期の揺れだけが残ります。

長周期地震動の対策

超高層ビルが長周期地震動に対して揺れにくくすることは技術的には可能ですが、それは個人のできることでなく、また専門的になりすぎるのでここでは触れません。その代わり、超高層ビルで働く人の日頃の備えや超高層ビルを訪れる人の心構えについて考えてみましょう。長周期地震動の揺れに見舞われると、超高層ビル内では場合によっては立っていられなくなります。特に上層階ほど大きく揺れます。当然、室内にある什器なども大きく揺すられます。長周期地震動は、ゆれによる横方向の力は比較的小さいものの、その力が通常地震よりも長くかかり続けるという特徴があります。そのため、キャスターがついたコピー機などは、一旦動き始めるとなかなか止まらず、部屋の端から端まで動き回るようになります。キャスターは摩擦を減らして重いコピー機を動かしやすくするための工夫ですが、その結果、横方向にかかる力が小さくても動き易く、一旦動き始めた重いコピー機は人の力ではもはや止められません。コピー機などのキャスターは普段は固定して、動かないようにしておく必要があります。また長周期地震動によってエレベータが停止することも考えておく必要があります。地表では大した揺れを感じなくても、超高層ビルが大きく揺れることもあります。超高層ビルでエレベータが止まると地上まで降りることが大変困難になるため、特に上層階では普段から水・食料の備蓄をしておく必要があります。

1.3 長周期地震動とは

2章では、長周期地震動についておおまかな説明をしました。しかし、長周期地震動をきちんと理解するためには、いくつかの基本的な事柄を理解しておく必要があります。特に振動という現象がどのように記述・表現されるのか、また振動現象にはどのような特徴があるのかについて理解が必要です。まず、振動を記述している「周期」に関わる理解が必要です。その上で、振動現象に特徴的な「共振」という物理現象を理解しないと、「長周期地震動」というものを理解することはできません。ここでは、周期と共振を主なテーマとして、長周期地震動を少し丁寧に説明しようと思います。

周期

長周期地震動という表現のうち、もっとも大事な「周期」について説明します。辞書で「周期」を調べると「一定時間をおいて常に同じ現象や運動が繰り返される時、その一定時間」とされています（スーパー大辞林）。例えば、左右に振れる振り子を考えると、左端から右端まで動いて再び左端にまで戻るまでの時間が周期です（図2）。つまり、振り子が1往復するために必要な時間が周期です。ちなみに、振り子の揺れの周期はおもりの重さには関係せず、振り子の長さだけで決まります。これはガリレオが発見したと言われています。振り子の長さが**25cm**のときに揺れの周期は約**1秒**です。揺れの周期は紐の長さの平方根に比例するため、周期を2秒にするためには紐の長さを**1m**にしなければなりません。なお、揺れの周期はおもりの重さにはよりませんが、重力の影響を受けます。揺れの周期は重力（加速度）の平方根に反比例し、同じ振り子でも月の上での周期は地球上の**2.4倍**になります。

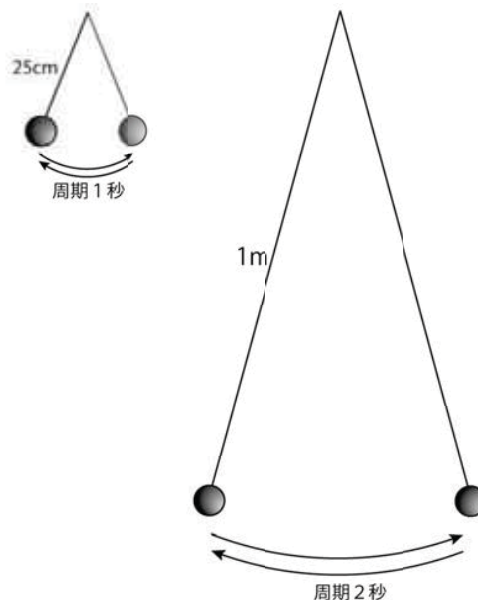


図2 振り子と周期。長い振り子ほど、振り子が一往復する時間（周期）が長くなる。

周波数

周期と似た言葉に、周波数という言葉があります。振動数とも呼ばれます。同じ現象が1秒の間に繰り返す回数であり、Hz（ヘルツ）という単位で表現されます。周波数は周期とは逆数の関係にあります。つまり周期が2秒の波の周波数は $1/2\text{Hz} = 0.5\text{Hz}$ となり、周期が0.5秒の場合には周波数は $1/0.5\text{Hz} = 2\text{Hz}$ となります。周期を用いるか周波数を用いるかは、その時々状況によります。地震の震動を表現する際にも、長周期や短周期といった「周期」が用いられることもあれば、低周波数や高周波数という「周波数」が用いられることもあります。長周期は低周波数に対応し、短周期は高周波数に対応することを覚えておきましょう。多くの場合、数値が1よりも大きくなるような表現方法をとることが多いように見受けられます。つまり、周期2秒とか5秒のような表現は周波数0.5Hzとか0.2Hzという表現よりも好まれる

傾向にありますし、逆に10Hz、100Hzという周波数を用いた表現は周期0.1秒や0.01秒のような表現よりも好まれるようです。一般書においても周期が用いられる場合も、周波数が用いられることもありますので、その関係をきちんと覚えて混乱しないようにしましょう（図3）。

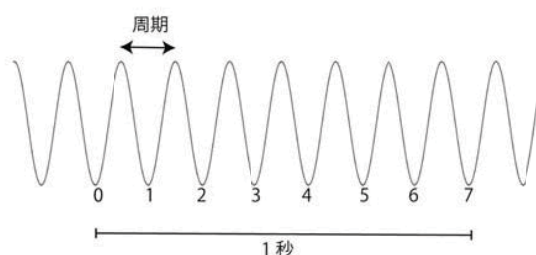


図3 周期と周波数。周期とは隣り合う山と山の間隔（秒）、周波数とは、1秒間の山の数を表している。周期と周波数は逆数の関係にある。

地震波形の特徴（スペクトル）

地震の波も振動であるため、振動の性質を表すために周期や周波数という表現を用います。しかし、地震の波は振り子の揺れのような単純な振動ではありません。図4に地震波形の例を示します。これは2011年東北地方太平洋沖地震を東京都大手町で観測した波形です。振り子の単純な往復振動に比べると大変複雑な揺れであることが分かります。時間とともに地震動の揺れ幅（振幅）も変化しますし、振動の細かさも変化します。

このような複雑な振動であっても、振り子のような単純な振動（単振動）の足し合わせで表現することができます。数学的にはフーリエ変換という操作を行うのですが、ここでは深入りをしません。短い周期から長い周期までの多くの単振動を足し合わせると、どんな複雑な振動も表現できることが数学的には示されて

います。

そのようにして、先ほどの東北地方太平洋沖地震の波形を周期毎の振幅として表現したのが図5です。通常は、横軸に周期あるいは周波数を取り、縦軸にはそれぞれの周期で揺れる単振動の振幅を表します。このような表現をスペクトル表現と呼んでいます。図5では、短い周期の振動よりも長い周期の振動の方が大きくなっていることが分かります。

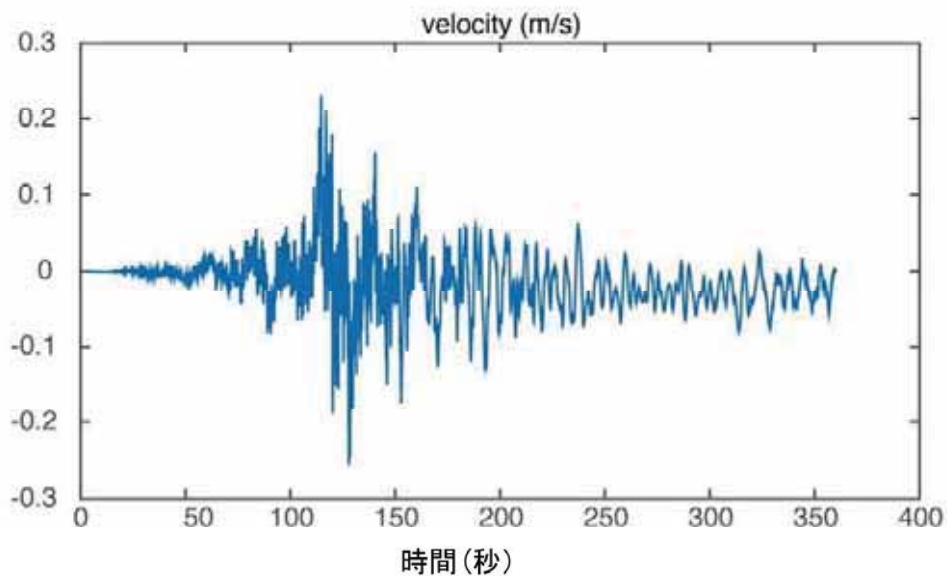


図4 2011年東北地方太平洋沖地震による揺れの東京都大手町での記録（速度波形）。

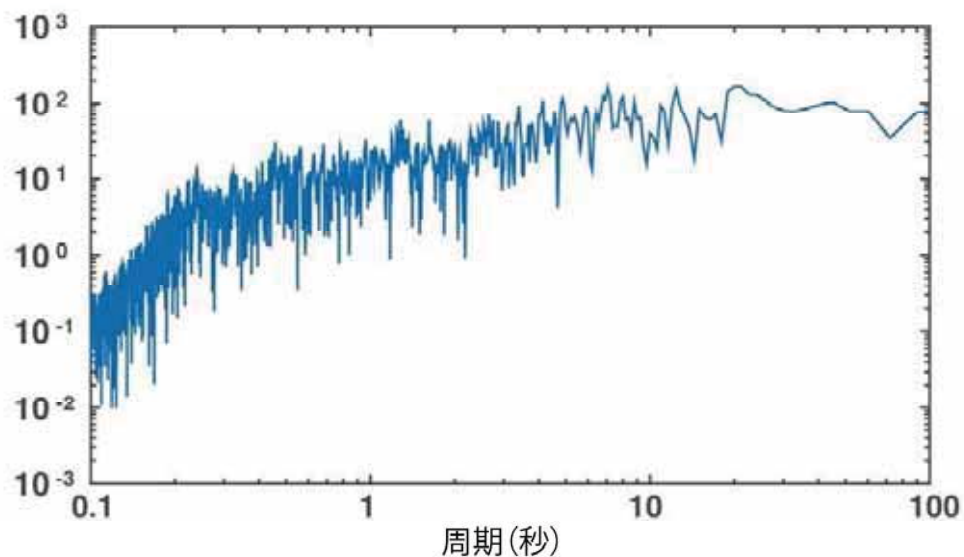


図5 図3の地震波形のスペクトル表現。周期による振動の強弱を表している。

震源からみた長周期地震動

それでは長周期地震動とは、スペクトル表現でみたときにどのように理解できるのでしょうか。そのためには、震源から放射される波のスペクトル表現を見る必要があります。図6に震源から放射される地震の波が周期によってどのように異なるか（周期依存性）をマグニチュードごとに簡略に示します。図は横軸に周期、縦軸にモーメントをとり、マグニチュードによる違いを示したものです。モーメントとは断層のずれと面積に関する量ですが、ここでは単にエネルギーに比例する量と理解して下さい。

図を見ると、震源から放射される地震の波のエネルギーの周期依存性には特徴があることが分かります。地震波のエネルギーを表すグラフは、全てのマグニチュードにおいて、短周期側から長周期側にむけて徐々に大きくなり、ある周期を境に水平になっています。つまり、ある周期よりも長い震動のエネルギーは周期によらず一定であることを示しています。この境目の周期のことを専門的には「コーナー周期」あるいは「コーナー周波数」と呼んでいます。

コーナー周期よりも長い周期の波は、震源断層全体から一体として放出された比較的単純な波であり、断層の大きさや、平均的な断層のずれ動きを反映しています。

それに対しコーナー周期よりも短い周期の波は、断層の部分々々から放出された複雑な波です。地震が発生するとプレート境界であれ、内陸の地震であれ、岩盤中の面に沿ってその両側の岩盤がずれ動きます。岩盤中の面と一言で表現しても、その面は均一ななめらかな面では

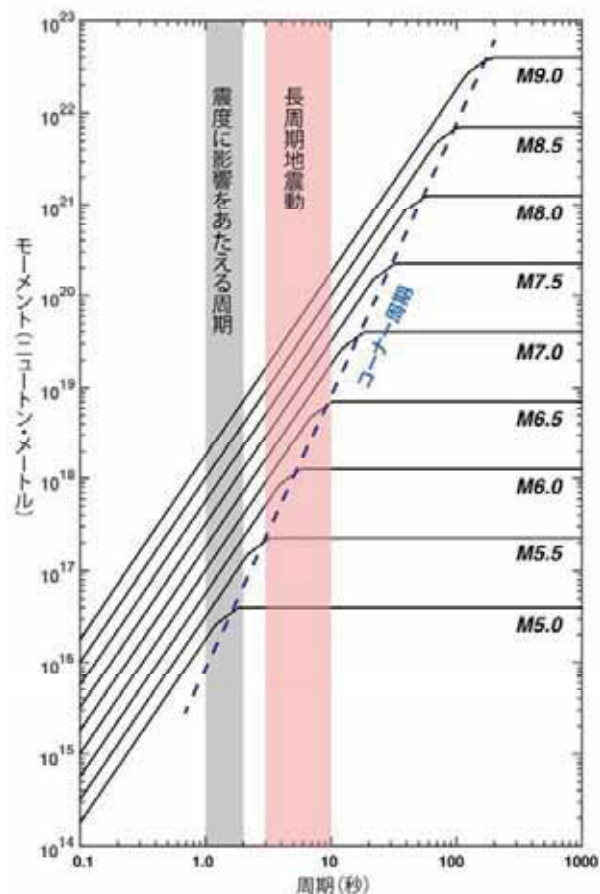


図6 震源から放射される振動のスペクトル。エネルギーに比例するモーメントで表現したもの。

なく、凸凹した不均質な面と考えられます。そのような不均質な面の一箇所（これを震源と呼ぶ）から断層のずれが始まり、面に沿ってずれる部分が広がっていきます。ずれの拡大に従い、強い振動を発生させる部分もあれば、余り強い振動を発生させない部分もあります。コーナー周期よりも短い周期の波は、このような断層面の不均質なずれを反映した波なのです。

このような目で、あらためて図6を見てみましょう。図には、「震度」として計測される周期1～2秒と、超高層ビルや巨大タンクなどの構造物に影響をする周期3～10秒に印をつけています。コーナー周期の値は地震によってばらつきはあるものの、被害に繋がる可能性の高いマグニチュード6以上の地震では、震度に影響をあたえる周期帯はコーナー周期よりも短くなります。このような性質があるため、強震動評価に基づく予測震度を計算する場合には断層面上におけるずれの不均質を取り入れます。実際には、「強震動生成域」と呼ばれる領域を設定します。断層面から一様に強い揺れが放出されるのではなく、「強震動生成域」からのみ強い揺れが放出されると考えて計算するのです。同様に、長周期地震動と呼ばれている周期帯も、長周期地震動が問題となるマグニチュード7以上では、コーナー周期よりも短いため、長周期地震動の推定をする場合でも、長周期地震動を発生する断層面にも不均質を与えています。内閣府の想定では、震度予測に用いた強震動生成域と同じ場所から長周期地震動も放射されるとしています。

固有周期

このように地震発生の仕組みから見ると、長周期地震動は特別なものではなく、震度に影響をあたえる周期帯と類似の性質を持つと見なすことができます。このようなコーナー周期を持つ地震の特性は長周期地震動が話題になる前から認識され、1970年前後には知見がほぼ確立されていました。

長周期地震動の問題が注目されるようになってきたのは、長周期地震動の周期帯の影響を受ける構造物、とくに超高層ビルが日本国内で急速に増えてきたことが原因です。では、長周期地震動の周期帯の影響を受けるとはどういうことでしょうか。キーワードは「共振」です。

共振を国語辞典（スーパー大辞林）で調べると「振動体にその固有振動数と等しい振動を外部から加えたとき、非常に大きい振幅で振動する現象。特に電氣的機械的振動の場合にいい、音の場合は共鳴ということが多い」と書かれています。共振を調べたら、さらに難しい「固有振動数」という言葉が出てきます。共振を理解する前に固有振動数（または固有周期）を理解しておかなければならなくなりました。

この解説では、振動数や周波数という表現より周期という表現を用いていますので、ここでも固有周期という表現で説明します。固有周期とは、振り子などが揺れやすい周期のことを言います。公園のブランコを想像するのが最も良いでしょう。ブランコに人を座らせてちょっと背中を押した状況を想像します。ブランコに座った人の背中を押すと、ブランコはゆっくりと揺れます。このゆれの周期が固有周期と呼ばれます。ゆっくりと揺れるブランコの周期に合わせて繰り返し背中を押すと、ブランコの揺れは次第に大きくなります。背中を押す力が小さくても、揺れの周期に合わせて押せば、揺れ幅が大きくなる経験は誰もがもちだと思えます。この意味するところは、固有周期に合わせて揺る場合には、たいした力を必要としないことです。逆に考えると同じ力で揺る場合には、固有周期に合わせて揺るのが最も効率的であるということなのです。

ブランコだけでなく、揺れる物体はみな固有周期を持っています。ビルにも固有周期があります。一般に高さ 50m のビルの固有周期は 1 秒程度であり、高さに比例して固有周期が長くなっていきます。この計算によると高さ 100 メートルのビルの固有周期は 2 秒、高さ 200 メートルのビルの固有周期は 4 秒となります。

共振

さてブランコを固有周期に合わせて揺ると揺れがどんどん大きくなると説明しました。しかし地震の波は複雑です。そのような複雑な地震の波が建物を揺らしたときにも建物が持つ固有周期で揺れやすくなります。何故でしょう。複雑に見える地震の波も、短い周期から長い周期までたくさんの波が重ね合わされたものです。そのような波がビルを揺らした場合、地震波に含まれる波のうち、ビルの持つ固有周期と同じ周期の波が効率的にビルを揺らします。別の見方をすると、地震波によってビルが複雑に揺らされた場合、ビルの持つ固有周期の揺れ方が最も効率的に振幅が大きくなるのです。このような現象は共振あるいは共鳴と呼ばれ、身の回りの様々なものに応用されています。例えば楽器は固有周期を変化させることによって音程を変化させています。金管楽器のトロンボーンは右手で U 字型の管を伸ばしたり縮めたりして管の中の空気振動の固有周期を変化させて、音程をコントロールしています。木管楽器も管に空いた穴のふさぎ方を変えて固有周期をコントロールしています。楽器に与える振動は口元で吹き込む息によって生じていますが、その振動は多くの周期を含んだものです。そのうち、楽器の固有周期と同じ周期の波だけが効率的に振動し、私たちには音程として聞こえるのです。

ビルが揺れる現象も、楽器と同じです。建物を揺る地震の波は、長周期から

短周期まで広い範囲の波を含んでいます。そのうちビルの固有周期と同じ周期の波の影響を強く受け、ビルが固有周期で大きく揺れるのです。

地下構造による波の選別（減衰・共振・干渉）

ビルは固有周期で揺れやすいのですが、実際にビルを揺する波は広い範囲の周期にわたって同じエネルギーを持っているわけではありません。地震の波は震源から伝わってくる間に、地下構造の影響を受け、減衰する周期の波もあれば、減衰しないで伝わってくる周期の波もあります。また東京・名古屋・大阪などの高層ビルの多い大都市は堆積平野と呼ばれる、周囲の岩盤よりも軟らかい地層が堆積した土地です。このような場所では、堆積平野そのものにも共振という現象が存在し、ある特定の周期の波が増幅されます。地下構造によって増幅されたり、減衰せずに伝わってきた波の周期が建物の固有周期と一致した場合には、建物が大きく揺れてしまいます。

地下構造によっては、波の干渉という現象も起きます。複数の方向から伝わってくる波が重なる場合に干渉が起きます。その場合、それぞれの波の山と山、谷と谷が重なった場所では、波の振幅（山と谷の差）が大きくなります。この干渉の起きる場所は、地下構造だけでなく、波が伝わってくる方向にも大きく左右されるため、事前に予測することは困難です。

長周期地震動階級

長周期地震動と従来の震度が、異なった周期の波の揺れを反映していることから、気象庁では「長周期地震動階級」を設定し、試行として発表しています（図7）。長周期地震動階級は4段階あり、階級1は揺れを感じる程度、階級2は物につかまらなさと歩けない程度、階級3は立っていることが困難な程度、階級4は揺れに翻弄される程度とされています。

周期帯以外に、長周期地震動階級が通常震度と大きく異なる点があります。震度は、地上での揺れを表しているのに対し、長周期地震動階級はおおむね100mから400mの超高層ビル最上階の揺れを表しています。一口に超高層ビルと言っても高さも様々であり、同じ高さであっても地面の揺れへの反応の仕方も異なります。標準的な揺れ方（減衰率5%）をするビルを想定し、おおむね100～400mの超高層ビルの最上階の揺れのうち最大のもの（速度）を表現するようになっているのです。従って、地上にいる人や戸建て住宅、低層のマンション／ビルなどにいる人にとっては全く関係の無い指標ですが、超高層のオフィスビルやマンションなどにいる人たちにとっては重要な揺れの指標です。なお、気象庁の計算に

よると、東北地方太平洋沖地震の際の東京都千代田区の長周期地震動階級は3でした。

長周期地震動階級	人の体感・行動	室内の状況	備考
長周期地震動階級1	室内にいたほとんどの人が揺れを感じる。驚く人もいる。	ブラインドなど吊り下げものが大きく揺れる。	—
長周期地震動階級2	室内で大きな揺れを感じ、物に掴まりたいと感じる。物につかまらなると歩くことが難しいなど、行動に支障を感じる。	キャスター付き什器がわずかに動く。棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。	—
長周期地震動階級3	立っていることが困難になる。	キャスター付き什器が大きく動く。固定していない家具が移動することがあり、不安定なものは倒れることがある。	間仕切壁などにひび割れ・亀裂が入ることがある。
長周期地震動階級4	立っていることができず、はわないと動くことができない。揺れにほんろうされる。	キャスター付き什器が大きく動き、転倒するものがある。固定していない家具の大半が移動し、倒れるものもある。	間仕切壁などにひび割れ・亀裂が多くなる。

図7 気象庁が発表している長周期地震動階級とその説明

1.4 ハザード評価の見方

平成27年12月に内閣府の南海トラフの巨大地震モデル検討会と首都直下地震モデル検討会から「南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告」が公表されました。しかし、長周期地震動については、かなり専門的な内容が多く、報告書を読んでも簡単には理解できません。たくさんの図が示されているものの、一般の人にとって大事な図がどれであるかが良く分かりません。それでも、最も重要であると思われる図は、建物の固有周期ごとに表示した建物最上階における最大の揺れを示した図です。ここでは建物最上階の揺れを示した最大加速度および最大変位の図についてのみ説明します。

最大加速度の図

図8は南海トラフで発生する最大クラスの地震を想定した場合の、固有周期2秒から6秒までの建物の最上階の揺れを、水平方向の加速度の大きさで示したものです。加速度は物体にかかる力に比例した量です。正確に言うと、物体にかかる力は物体の持つ質量×加速度となります。重い物体には重さに比例した力がかかっていますし、加速度にも比例した力がかかっています。地球上にある全ての物体には、地球の引力によって $9.8\text{m}/\text{秒}^2$ ($980\text{cm}/\text{秒}^2$) の加速度が鉛直下向きに作用しているとみなします。図9は、重力による鉛直下向きの加速度に加え、長周期地震動によって水平方向に作用する加速度の大きさを示しています。

先に述べたように、超高層ビルの固有周期は高さに比例します。固有周期の秒数に 50 をかけたものが超高層ビルの高さ (m) になります。名古屋の駅前のビルは 200m 前後のですから、固有周期はおおむね4秒となります。

図8では、最大となる加速度の大きさが、首都圏・中部圏・関西圏それぞれの場所ごとにどのように異なるかが描かれています。3つの地域を比較すると、もっとも大きいのは中部圏、次に関西圏、最も小さいのが首都圏であることがわかります。

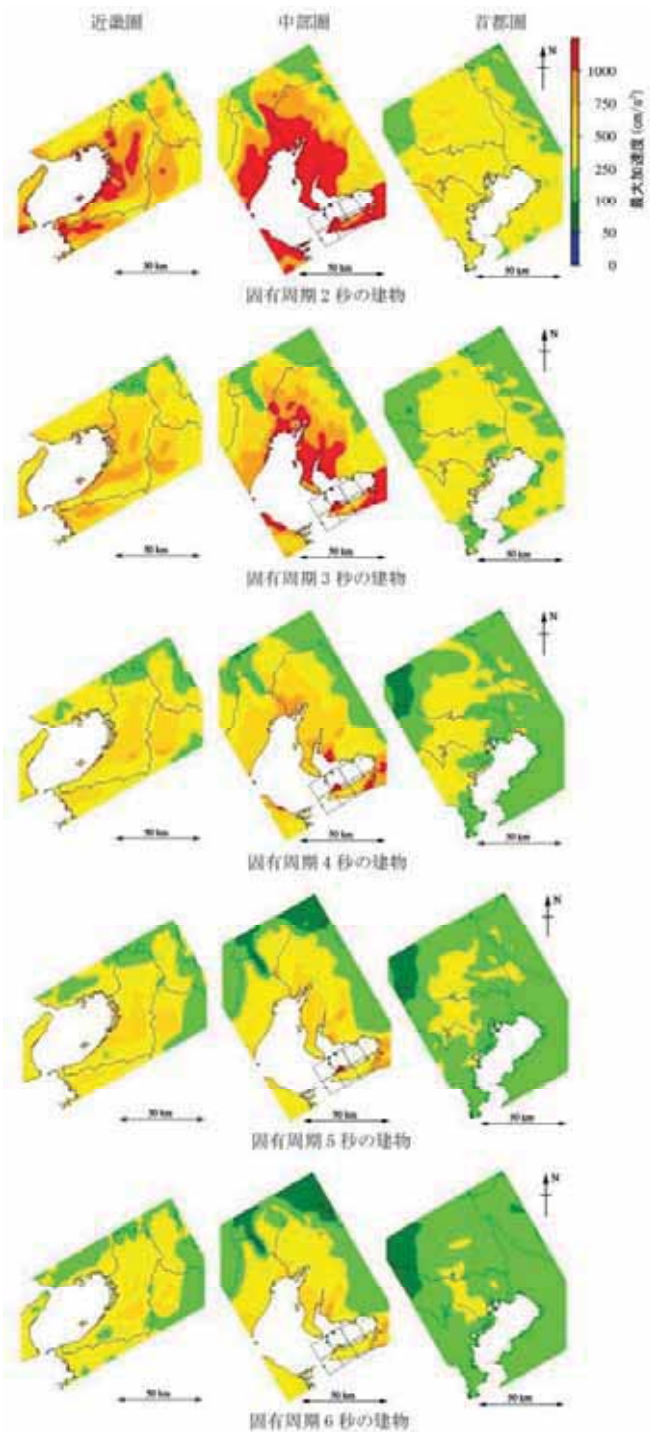


図8 南海トラフ最大クラスの地震が発生した場合を想定し、それぞれの固有周期の建物の最上階の最大の揺れを加速度 ($\text{cm}/\text{秒}^2$) 単位で表現したものを。