

長周期地震動とは

耐震工学の観点からみて

兵庫耐震工学研究センター 運営監理室長 阿部 健一



はじめに

1968年十勝沖地震(5月16日、M=7.9、正確には、三陸沖北部地震)における八戸港強震記録で、2.5秒というこれまでにない長い周期の揺れが卓越し、注目を集めました。その後、主に周期2秒から10秒程度の範囲で共振するような大型構造物である超高層ビル、石油タンク、長大橋及び長大トンネル等には、このような周期帯の揺れもそれなりに考慮して設計されていました。これまで耐震工学の分野に携わる者にとって、「やや長周期地震動」という呼び方で馴染んでいましたが、なぜ「やや」がとれて「長周期地震動」となったかについては、2003年十勝沖地震(9月26日、M=8.0)の際に、震源から250km離れた場所で、本来なら大きな被害が発生するほどの揺れではない(気象庁震度階5弱)にも関わらず、石油タンクの大火災が発生し、メディアが「長周期地震動」が原因として大きく報道したことによります。参考文献1)には、この経緯も含め長周期地震動という言葉について記載されていますので、ここでは、Eーディフェンスが長周期地震動対応改造工事を実施せねばならないほど、「長周期地震動」が問題であり、地震防災の観点から重要であるかを説明いたします。

長周期地震動の揺れについて

2003年十勝沖地震の石油タンク被災以降、2011年東北地方太平洋沖地震(3月11日、M=9.0、以後「2011年東北地震」と呼ぶ)にいたるまで各種被害を踏まえ、参考文献2)で、これまで長周期地震

動でどのようなことが起こり、今後の新たな防災情報の発表に向け、情報のあり方に係る課題が出されています。興味深いのは、気象庁震度階情報と長周期地震動による被害に整合が見られないと報告されていることです。気象庁震度階級は、三成分の地震動記録に図1に示すフィルターをとおして処理した記録波から、計測震度を計算して震度階級を求めています。過去の被害状況と人の振動感覚を勘案していますが、結果的には図1のように、2.0秒より長周期成分を低下させたものになっています。そのため、一般に広く伝わった震度情報から想定されるより大きな被害や、それに伴う被災者の感覚のズレが注目されています。その最たる事例は、2011年東北地震において大阪府内の震度階は3であったにも関わらず、大阪府咲洲庁舎の最上階(52階)で片側振幅が1mを超える揺れとなり、内装材損傷やエレベータ閉じ込めなどの被害が出たことです。参考文献3)

加えて、これほど長周期地震動が注目されているのは、2011年東北地震という巨大地震を経験し、改めて、東海、東南海、南海さらには日向灘までに及ぶ巨大連動地震についても備えが必要となることが社会全体として共有されつつあるということです。地震規模が大きくなるほど、震源において長周期成分の揺れを多く含むことになり、伝わる過程でその大きさがあまり小さくなりません。加えて、日本の三大都市圏に代表されるところは数kmの深さの堆積盆地構造のため、その長周期成分の揺れに共振して地表の揺れが大きくなる傾向にあります。さらに、社会の高度化とともに、長周期成分を含む揺れに対して共

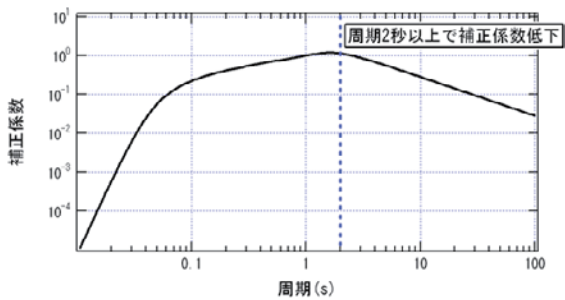


図1 気象庁震度階級算定で用いられるフィルター形状
(平成8年2月15日気象庁告示第4号のフィルター算式
を用い周期で表示)

振して、より大きく揺れる大型構造物(構造物の共振する周期が2.0秒～20.0秒)が増えました。そのような構造物施設群には多くの機能が集中しており、もし被災すれば、その人的被害並びに経済損出は極めて大きくなると予想されているからです。それに加え、1995年兵庫県南部地震以降、急速に普及してきた免震建物は、震度階にマッチした揺れに対しては、免震装置がその揺れを遮断し建物の揺れを小さくする効果を発揮しますが、免震装置が共振しやすい長周期地震動の場合、その機能がどこまで維持されるかが問題となります。これまでは、2秒より短い周期の揺れに共振する建物の耐震性に注目されがちでしたが、今後は、2秒より長い周期で共振する構造物の耐震性についてもこれまで以上に向上させなければなりません。

また、地表で捉えられる地震の揺れは、震源で断層がずれる時間より、伝わってくる過程で長くなる傾向にあるため、2011年東北地震においては、170秒間に及ぶ震源での断層のずれ時間に起因して、東日本全体として6分以上もの揺れとして記録されています。また、深い盆地構造を持つ東京圏の観測網で捉えた記録の1例では、揺れ時間は10分以上となっています。そのため、巨大地震であればあるほど、長周期の揺れが多く含まれるとともに、揺れの時間そのものが非常に長くなる傾向にあります。これまで、耐震設計において扱う地震動の揺れの長さは、1分程度でしたが、2011年東北地震では、震源に近い地域でも3分、深い盆地構造に広がる東京圏で10分以上、同様の地層構造である約800km離

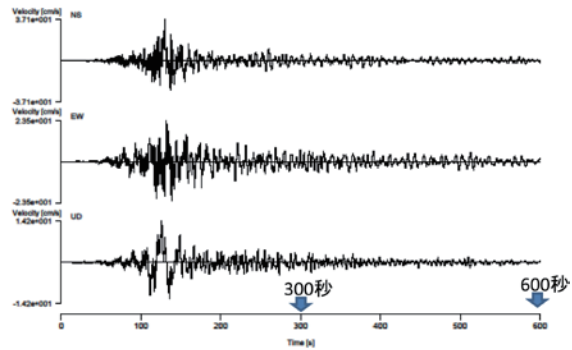


図2 首都圏での観測記録の例
(K-NET千葉CHB009速度波形)

れた大阪湾地域においても、長周期成分の揺れが卓越して約10分間の揺れとして観測されました。地震が巨大になればなるほど、短い周期の強い揺れの時間も長くなるとともに、長周期成分を含むので全体としてはより長い時間の揺れとなります(図2)。この揺れ時間の長さが、長周期成分で共振する構造物ばかりでなく、短い周期に対して耐震性を持つ構造物においても、揺れ続ける中で損傷の進行とともに、長周期成分に共振するような事態が発生することなども想定され、新たな耐震性向上への課題となります。

おわりに

「長周期地震動とは」というタイトルで、今後の耐震性向上への課題を述べました。南海トラフに起因する巨大地震の揺れ予想があまり明確でない中、2011年東北地震で観測された揺れの特徴に基づき、少なくとも長周期成分の地震動については、揺れの時間と大きさにある程度の余裕を持って再現することを目指して、E-ディフェンスの長周期地震動対応改造工事に臨んだものです。

参考文献1) 瀨藤一起 NHKそなえる防災

<http://www.nhk.or.jp/sonae/column/20121013.html>

参考文献2) 気象庁地震火山部 長周期地震動に関する情報のあり方報告書 平成24年4月

参考文献3) 第4回咲洲庁舎の安全性と防災拠点のあり方等に関する専門家会議資料 咲洲庁舎の安全性等についての検証結果(平成23年8月9日一部修正)