常時微動の長期継続観測を通じた構造物の固有振動数の地震時変動検出

宮城大学　正会員　○上島　照幸
ピーエスジー　佐藤　和敬
電力中央研究所　金澤　健司

１．はじめに

前報 [1)]では，鉄筋コンクリート構造物を対象として，その通常使用状態における振動特性の長期間にわたる変動を把握・評価することを目的として行ってきた常時微動の長期継続観測とその解析結果を報告した．本学における長期継続観測では，振動特性の地震時変動の検出を行うことを目的として，強震動についても長期間にわたって観測を行ってきている．本報では，地震時或いは地震前後での固有振動数の変動に着目して分析した結果を報告する．

なお，観測対象構造物概要と解析法 [2)]については，前報 [1)]にて報告したとおりである．

２．観測された地震波形の一例とそのスペクトル，本震前後での常時微動から得たスペクトルとの対比

観測された地震波形の一例として，2008 年 7 月 19 日に発生した福島沖を震源とする地震（マグニチュード 6.9，震央距離 143.2km,震源深さ 32km）時に対象構造物で観測された地震波形(観測点での最大加速度は NS 方向:84.6gal, EW 方向 37.5gal)を紙幅の関係から NS 方向のみ時系列表示して図-1 に示す．またこの地震記録をスペクトル解析し，地震直前の常時微動記録と地震直後の常時微動記録を解析したもの(NS 方向のみ)とを併せて図-2 に示す．解析区間はそれぞれ 100sec とした．ピークの位置はおおよその位置であり，ピーク値についても同様である．図-2 から，地震時に固有振動数が低下していることが見て取れる．低下量は NS 方向 2 次固有振動数で 0.58Hz，NS 方向 3 次固有振動数で 0.60Hz であった．EW 方向についても同様な処理を行ったところ，1 次固有振動数で 0.31Hz 低下していることが分かった．そのシフトの様子は最大加速度 84.6gal を記録した NS 方向で大きいようである．応答振幅値が大きい地震ほど固有振動数の低下が顕著であり，その低下量も大きくなる可能性が考えられる．

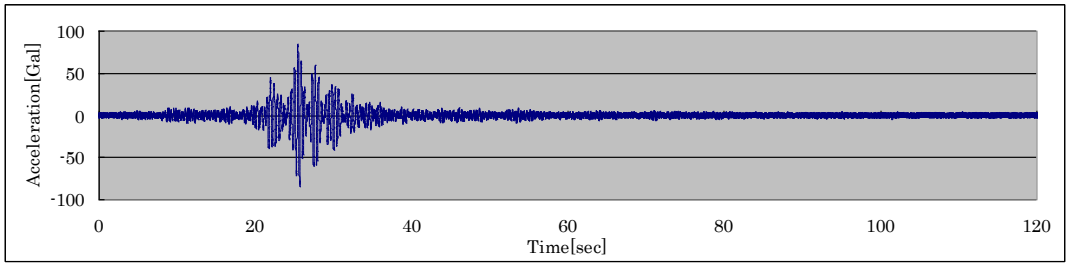


図-1 福島沖を震源とする地震時に対象構造物で観測された地震波形(NS 方向)

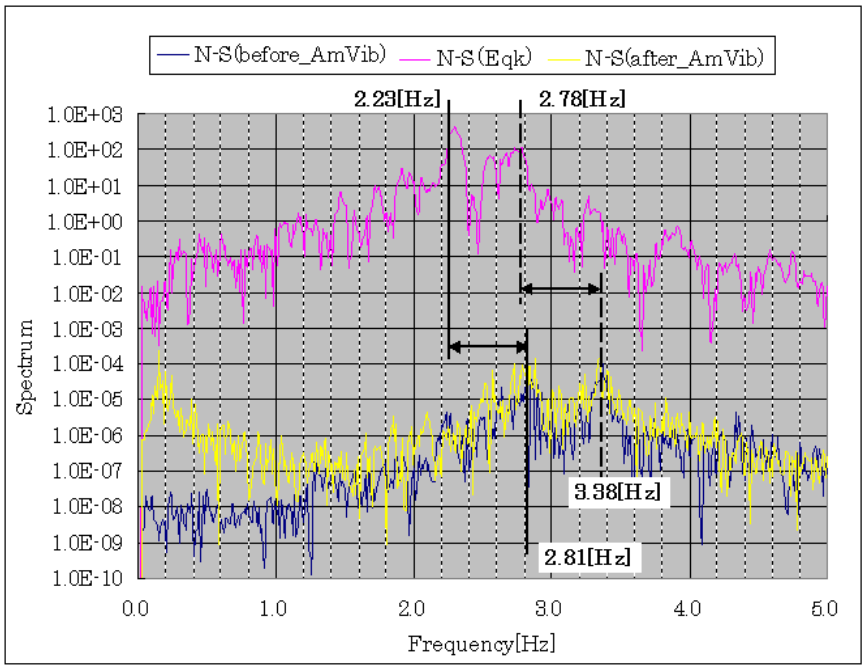


図-2 福島沖を震源とする地震の本震記録から得られた固有振動数と本震前後の常時微動記録から得られた固有振動数の変動(NS 方向)

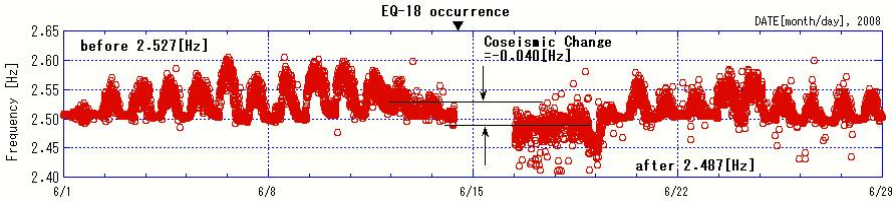
キーワード　固有振動数，地震時変動，常時微動，地震動，長期継続観測，鉄筋コンクリート構造物
連絡先　〒982-0215　仙台市太白区旗立 2-2-1　宮城大学食産業学部環境システム学科　TEL:022-245-1421

３．2008 年岩手・宮城内陸地震前後での構造物の固有振動数変動

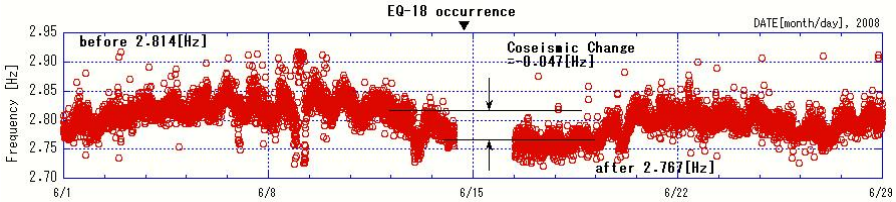
本学においては，常時微動・地震動の長期継続観測を 2006 年 9 月に開始し，基本的に現在に至るまで観測を継続している．2008 年岩手・宮城内陸地震が発生した折りも常時微動・地震動観測が継続して行われていたが，本震記録収録中にトラブルがあり観測が中断することとなった．記録中断より 1 日半程度の欠測期間を経て観測システムを再び起ち上げ，常時微動・地震動の長期継続観測を再開した．こうして収録された本震前後での常時微動記録の分析から構造物の固有振動数の本震前後での変動を検出した．

(1)．当観測点における本震時最大加速度の推定： 前述のとおり 2008 年岩手・宮城内陸地震本震の観測記録を得ることは出来なかったが，当観測点での最大加速度がどの程度であったかは重要であると考え，次のような方法で，当観測点での最大加速度を推定した；本震と同じ震源域で発生した別の地震(余震)について（当観測点に最も近い k-net 観測点である）k-net 仙台観測点で観測された記録 [3]の最大加速度と当観測点で得られた記録の最大加速度との比を求め，本震時に k-net 仙台観測点で観測された記録の最大加速度にその比を乗じて当観測点での本震時の最大加速度の推定値とする．このようにして求められた当観測点での本震時の最大加速度の推定値は，NS 成分：46.6gal，EW 成分：169.7gal であった．（本震時，当観測点の震源距離は，97.4km であった．）

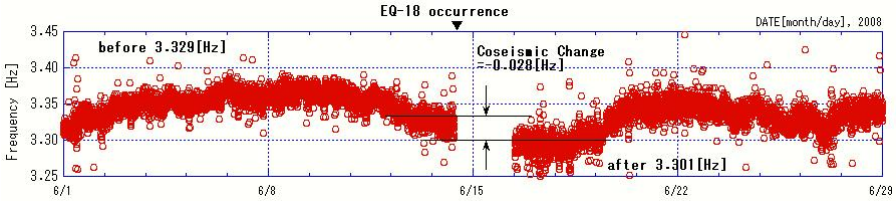
(2)．本震前後における固有振動数変動の検出： 前報 [1]におけると同様の解析手法を用いて，常時微動の連続観測記録から，本震前後における固有振動数の変動を検出した．図-3 に本震前後での NS 方向（1 次～3 次）固有振動数および応答振幅値の変動を，2008/6/1-29 の期間について抽出した結果を示す．この図などより，次のことが判明した；　(a)．NS 方向では次数が進むにつれて日変動は次第に不明瞭となるが本震後に平均的に変動幅：Δf=0.03-0.05Hz 程度低下し，5 日程度後に本震前のレベルに回復する，との現象が，1-3 次まで共通に観測された．この固有振動数の地震時低下量は，日変動などで検出された 1 日あたり変化量と比してほぼ同程度であり，構造健全性診断の観点からは，通常使用状態での変動を観測・把握しておくことの重要性が示された．　(b)．§2 で述べたように，本震時固有振動数は本震前後での常時微動から得た固有振動数に比して大きく低下しており，常時微動の連続観測データの分析から得た地震前後での固有振動数の変動幅は，その 1/10 程度と大きな差があることが分かる．(別々の地震から得たデータではあるが．)



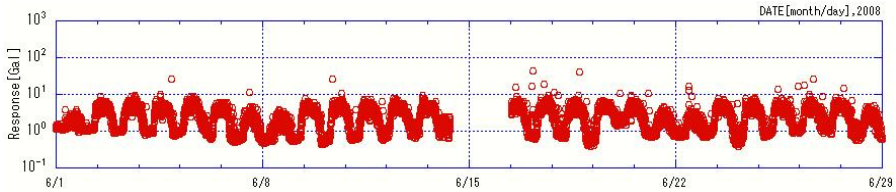
(a) NS 方向 1 次固有振動数



(b) NS 方向 2 次固有振動数



(c)NS 方向 3 次固有振動数



(d) NS 方向応答振幅の RMS 値

図-3　2008 年岩手・宮城内陸地震本震前後での NS 方向固有振動数および応答振幅値の変動（2008/6/1-29）

(注)上図中”EQ-18”は 2008 年岩手・宮城内陸地震本震のことである。

引用文献　1)上島・佐藤・金澤：“常時微動の長期継続観測を通じた構造物の振動特性変動の検出”，土木学会第 64 回年次学術講演会，VI-350．2009 年 9 月．

2) 金澤・平田：クロススペクトル推定法による多自由度系構造物の振動モード同定，日本建築学会構造系論文集，第 529 号，pp．89-96，2000 年 3 月．

3)　防災科学技術研究所運用の k-net：http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/