

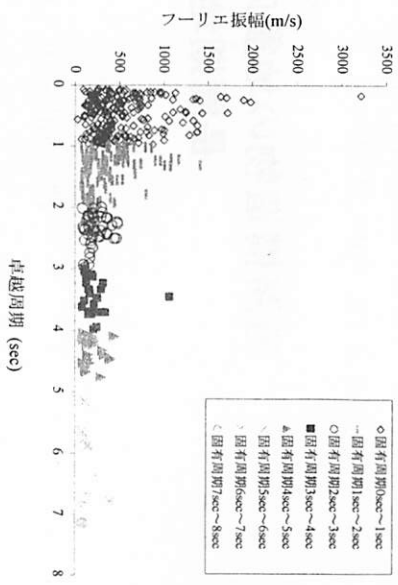
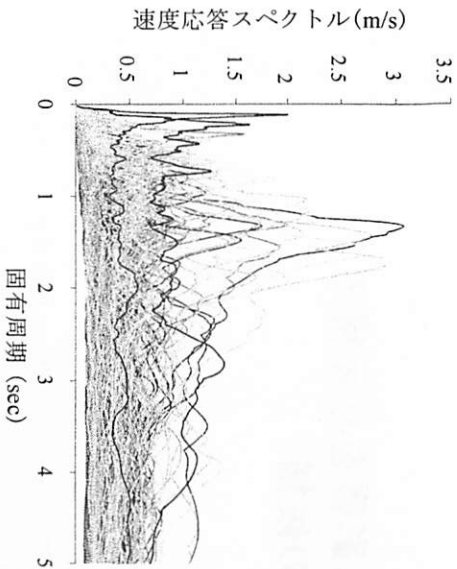


図-3 フーリエ振幅と卓越周期の関係

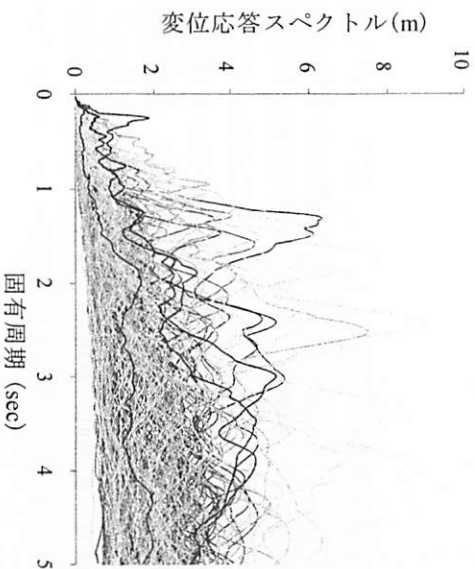


図-2 対象とする地震波の速度および変位応答スペクトル

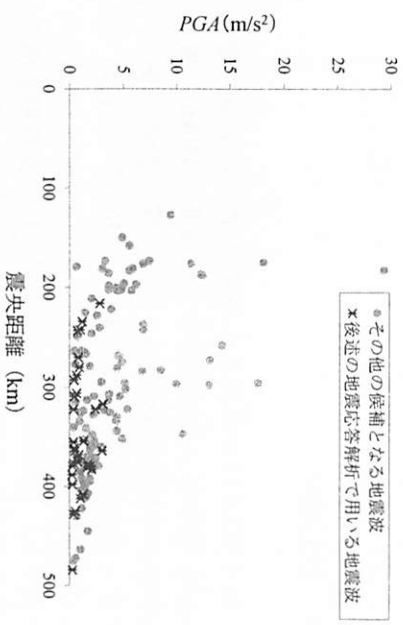


図-4 対象とする地震波の震央距離とPGAの関係

図-2には図-1に示した観測点で観測された長周期地震動の候補と考えられる合計471の地震波の速度応答スペクトルと変位応答スペクトルを示す。図-3には同様の地震波の卓越周期とフーリエ振幅の関係を示す。固有周期帯域が1秒未満, 1秒帯域, 2秒帯域以上である地震波はそれぞれ239, 116, 116である。

図-4には対象とする観測点の震央距離とPGAの関係を示す。PGAが $0\text{m/s}^2 \sim 5\text{m/s}^2$, $5\text{m/s}^2 \sim 10\text{m/s}^2$, $10\text{m/s}^2 \sim 15\text{m/s}^2$, 及び 15m/s^2 以上となる地震波は130,

17, 7及び3である。後述の地震応答解析で用いる36の地震波については, $0\text{m/s}^2 \sim 5\text{m/s}^2$ の領域にすべて含まれ, さらに 1.0m/s^2 以下には24の地震波が含まれる。震央距離に關しては, 震央距離が $200\text{km} \sim 300\text{km}$, $300\text{km} \sim 400\text{km}$ 及び $400\text{km} \sim 500\text{km}$ となる地震波はそれぞれ9, 22及び5である。300km $\sim$ 400kmに最も多く分布していることが分かる。図-5には,

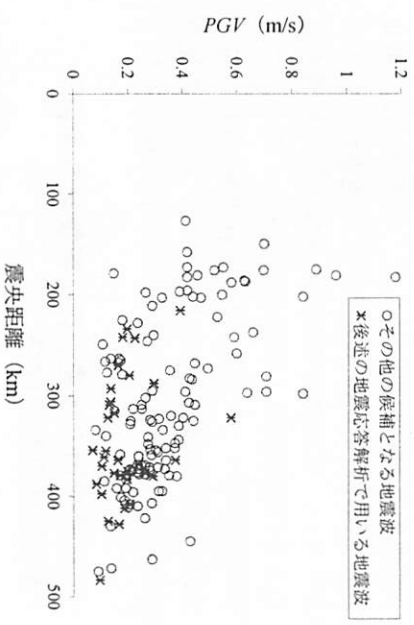


図-5 対象とする地震波の震央距離とPGVの関係

対象とする観測点の震央距離とPGVの関係を示す。PGVが $0\text{m/s} \sim 0.2\text{m/s}$, $0.2\text{m/s} \sim 0.4\text{m/s}$, $0.4\text{m/s} \sim 0.6\text{m/s}$, $0.6\text{m/s} \sim 0.8\text{m/s}$, 及び 0.8m/s 以上となる地震波はそれぞれ50, 68, 26, 8, 及び5である。後述の地震応答解析で用いる36の地震波については, 1点

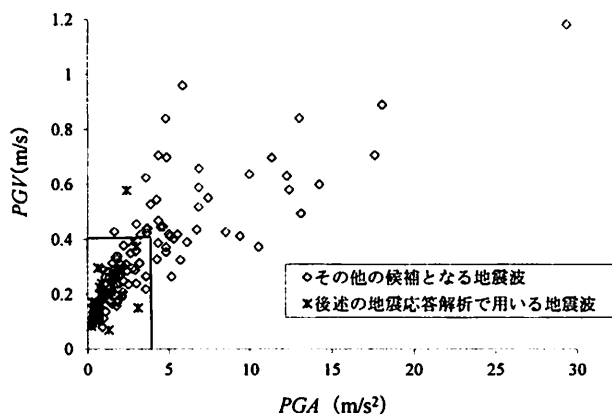


図-6 対象とする地震波のPGAとPGVの関係

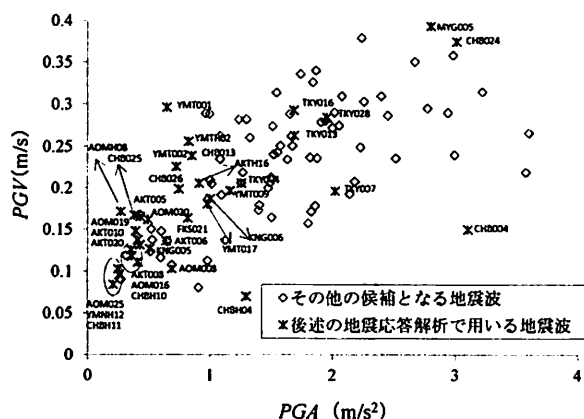


図-7 後述の地震応答解析で用いる地震波の特徴

を除く35の地震波が0.4m/s以下の領域に含まれ、0.2m/s以下には26の地震波が含まれる。

図-6には、対象とする地震波のPGAとPGVの関係を示す。図-6によると、後述の地震応答解析で用いる36の地震波はその他の候補となる地震波に比べてPGAおよびPGVが小さい領域にあることが分かる。図-7には図-6のPGAが4.0m/s²以下かつPGVが0.5m/s以下の領域を拡大した図である。図-7によると、PGAを1.0m/s²刻み、またPGVを0.1m/s刻みに領域を区切ると、PGAが0m/s²～1.0m/s²かつPGVが0.1m/s～0.2m/sの領域に最も多く17の地震動がプロットされている。

PGAが0m/s²～1.0m/s²かつPGVが0.2m/s～0.3m/sの領域には5つの地震動がプロットされ、PGAが1.0m/s²～2.0m/s²かつPGVが0.1m/s～0.2m/sの領域には4つの地震動がプロットされている。後述の地震応答解析で用いる36の地震波のうち、PGAが2.0m/s²以下かつPGVが0.3m/s以下の領域に31の地震波が含まれる。

3. 吊形式長大橋梁の地震応答特性

図-3 に示した長周期地震動の候補より、固有周期が2.5秒を越える成分が含まれる地震波を選び出し、36点の観測点の108成分の地震波を入力地震動として、吊形式長大橋梁の地震応答解析を行った。その際には、長周期型吊形式の長大橋梁の代表例である台湾の集鹿大橋を対象とした⁴⁾。

図-8 には、対象橋梁の3次元フレームモデルを示す。主桁は弾性梁要素、主塔と橋脚は弾塑性梁要素、ケーブルは引張方向の軸力のみを伝達するトラス要素でそれぞれモデル化した。基礎に関しては並進、回転およびそれらの連成を考慮したばね要素でモデル化し、主塔と主桁の接合部は剛部材とした。境界条件の設定、ケーブルの質量配分およびケーブル剛性の設定方法などの対象橋梁のモデル化の詳細は文献4)を参照していただきたい。

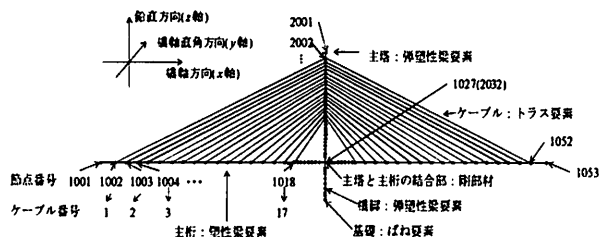


図-8 対象橋梁の3次元フレームモデル

図-9 には主塔頂部における橋軸方向及び橋軸直角方向の最大ドリフト Dr を示す。最大ドリフト Dr は主塔頂部における最大応答変位 y_{op}^{max} を主塔高さ $h=58m$ で規準化した数値である。

MYG005(鳴子)を入力した場合には橋軸直角方向に0.01145の最大ドリフトが生じており、さらにCHB024(稲毛)、TKY016(東雲)の場合に最大ドリフトが0.008近傍を越えることが明らかとなった。

図-10 には、主塔基部における橋軸方向及び橋軸直角方向の曲げモーメントを示す。図-11 には主塔頂部における橋軸方向及び橋軸直角方向の残留変位を示す。主塔基部における橋軸直角方向の曲げモーメントはCHB024(稲毛)、CHBH11(養老)、IBRH07(江戸崎)、MYG005(鳴子)、TKY016(東雲)及びTKY028(越中島)で降伏曲げモーメント近傍に至る大きな曲げモーメントが生じており、それらに対応し、主塔頂部において橋軸直角方向には0.03m近傍の残留変位が生じている。

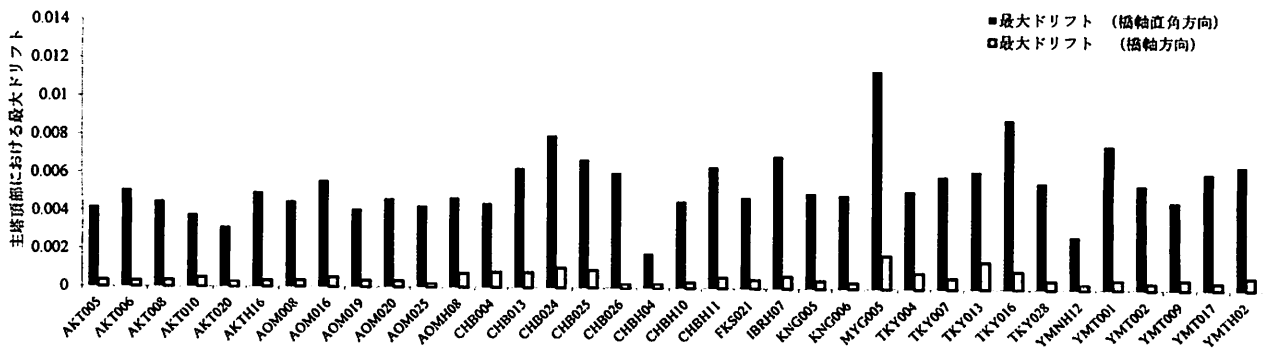


図-9 主塔頂部における橋軸方向及び橋軸直角方向の最大ドリフト

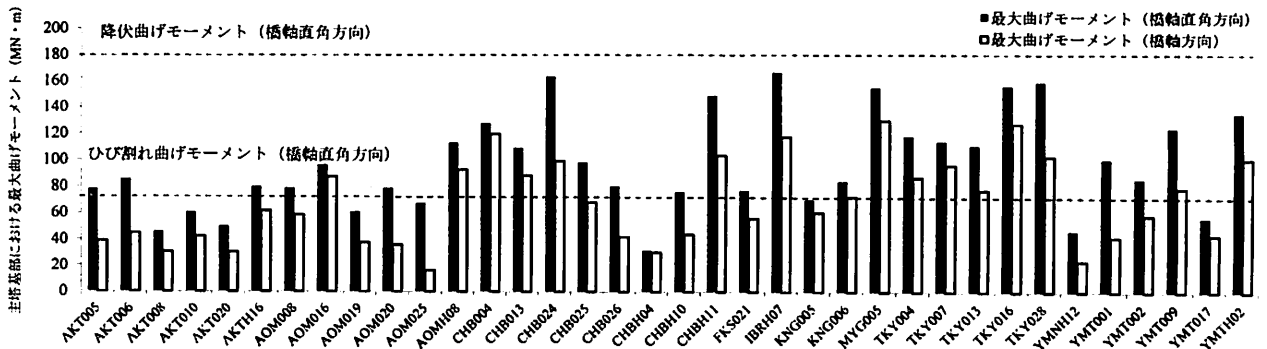


図-10 主塔基部における橋軸方向及び橋軸直角方向の曲げモーメント

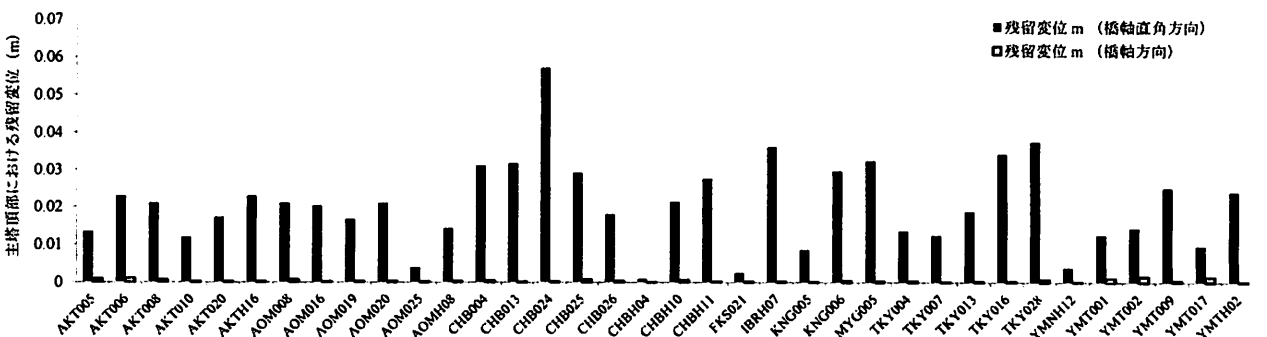


図-11 主塔頂部における橋軸方向及び橋軸直角方向の残留変位

4. 結論

本研究では、東北地方太平洋沖地震の際に観測された合計1518成分の地震波に対する分析を行い、長周期型構造物の地震応答に影響を与え得る長周期地震動の候補を157の観測点で選定した。その上で、それらの地震波を1次固有周期が1秒を越える吊形式長大橋梁に入力し、応答特性について検討した。

参考文献

- 1) 気象庁, <http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/25b/kaisetsu201103251730.pdf>, 2011.7.11.参照
- 2) 警察庁トップページ, <http://www.npa.go.jp/archive/kei-bi/biki/index.htm>
- 3) Shoji,G.,Kitahara,J.,Kojima,A.,Kanakubo,T.,Shimizu,K.and Sakai,Y.:Mechanism of Seismic Response of a PC Cable-Stayed Bridge Subjected to a Long-Period Seismic Excitation, DobokuGakkai Ronbunshuu A,Vol.64 ,No.4,pp.982-1001,2008.12
- 4) 庄司学, 渋井拓也:長周期型地震動に対するPC斜張橋の地震応答特性とその制震対策, 土木学会論文集A1 (構造・地震工学),Vol.65, No1 (地震工学論文集第30巻), pp291-305, 2009
- 5) 防災科学技術研究所強震観測点網, <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin>