

7) - 3 観測地震波を用いた建築物の応答評価方法に関する研究 【基盤】

Study on Response Evaluation Methods of Buildings by Acceleration Records

(研究期間 平成 24~26 年度)

国際地震工学センター

International Institute of Seismology and Earthquake Engineering

犬飼 瑞郎

Mizuo Inukai

鹿嶋 俊英

Toshihide Kashima

This paper describes the study on response evaluation methods of buildings by acceleration records in earthquakes. Recent years, Building Research Institute, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan Meteorological Agency, Local Government of Japan, and other countries' authorities disseminate the acceleration records on ground. In this study, as for the relationship between the response values and the ground motion characteristics, the parametric studies of non-linear dynamic analysis in the Single -Degree-of-Freedom by acceleration records also in developing countries are executed. Some relationship between the earthquake force and the building damages are clarified in some value of base shear coefficients.

【研究目的及び経過】

観測地震波については、建築研究所、防災科学技術研究所の K-NET、KiK-net をはじめとして、気象庁、大学、地方公共団体、外国などの観測実施機関により、膨大な観測記録が得られ公表されている。そこで、本研究では、建築物の応答と地震動特性との関係について、途上国での観測記録も用いた 1 質点系の解析を通じてパラメトリックスタディー等を行い、地震力の大きさと建築物被害を関連付けるための基礎資料を得た。

【研究内容】

各種構造方法の地震被害と本解析結果との比較するため、海外も含めた 10 地震波を使って、図 1 の Tri-Takeda モデルによる塑性率応答を求めた。まず、部材実験を基に、ひび割れ点でのせん断力係数 qC_c を降伏点 qC_y の 0.2 倍、第 2 剛性係数 qk_2 を第 1 の qk_1 の (1/6) 倍、

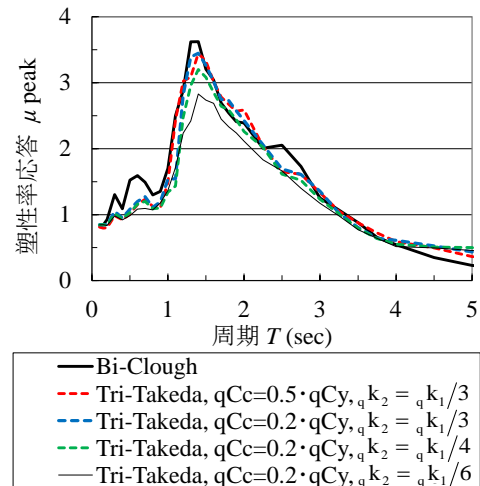
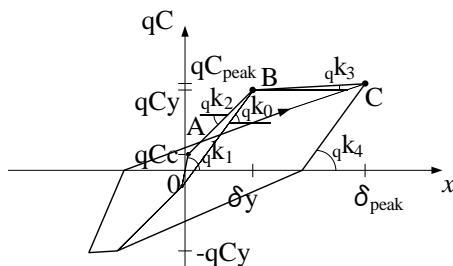


図 2 地震波[1985 Mexico City EW, SCT]を用いた Bi-Clough モデルと Tri-Takeda モデルによる塑性率応答スペクトルの比較($qC_y=0.1, h=0.05$)



武田モデル(降伏点前の指向点は反対側ひび割れ点とし、

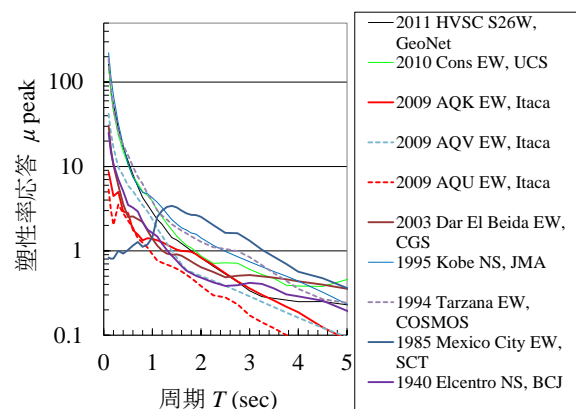
降伏点後の除荷時剛性係数は $qk_4 = qk_0 \left(\frac{\delta y}{\delta_{peak}} \right)^{0.4}$)

$$qk_1 = 5 \cdot \frac{qC_y}{\delta y} \quad qk_2 = \frac{qk_1}{6} \quad qk_3 = \frac{1}{1000} \frac{qC_y}{\delta y}$$

$$qCc = 0.2 \cdot qC_y \quad \frac{qC_y}{\delta y} = \frac{ky}{mg} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{ky}}$$

m は質点の質量, g は重力加速度

図 1 復元力特性(Tri-Takeda モデル)



(Tri-Takeda モデル, $qC_y=0.1, h=0.05, qCc=0.4 \cdot qC_y, qk_2 = qk_1/3$)

図 3 各地震波の塑性率応答スペクトル

第 3 の qk_3 を降伏点割線剛性係数($qCy/\delta y$)の(1/1000)倍とした。地震名は、2011 年ニュージーランド地震、2010 年刊地震、2009 年チリ地震、2003 年アルゼンチン地震、1995 年兵庫県南部地震、1994 年ノースリッジ地震、1985 年メキシコ地震、1940 年エルセントロ地震とした。海外の建築耐震基準のせん断力係数 qCy は約 0.1 もあることから、 $qCy=0.1$ 時の塑性率応答 μ_{peak} のスペクトルを求めた。減衰定数 h は 0.05。

$$\mu_{peak} = \delta_{peak} / \delta y$$

その結果、地震波[1985 Mexico City EW, SCT]において、塑性率が 3 以下となり(図 2)、地震被害が小さく評価された。一方で、Bi- Clough モデルによる μ_{peak} は約 3.5 なので、これに近い場合を求めた。また、図 3 には、前述の 10 地震波を使って、Tri-Takeda モデルによる μ_{peak} を求めた。ひび割れ点での qCc は図 2 の時よりも小さくし $qCc = 0.4 \cdot qCy$ とした。凡例に、観測地震波名と関連機関名を示した。建築物の固有周期と言われる 0.2~1.5 秒程度で、塑性率応答 μ_{peak} が 10 程度まで大きくなった。ただ、 μ_{peak} が 100 を超える場合も有ることから、解析方法の改善が必要である。

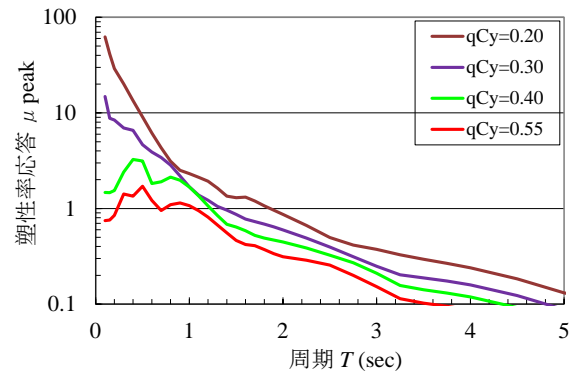
図 4 には、日本国内の 4 つの観測地震波(それぞれの地震名は 1995 年兵庫県南部地震、2004 年新潟県中越地震、2007 年新潟県中越沖地震、2011 年東北地方太平洋沖地震)を使って 1 質点系弾塑性解析を行い、せん断力係数 qCy に応じた塑性率応答 μ_{peak} の変化をまとめた。 qCy を 0.20~0.55 としたのは、建築基準法施行令で定められた許容応力度計算または保有水平耐力計算による。図 4 より、 qCy を大きくすることにより、 μ_{peak} が小さくなるようである。4 つの地震波のうち、特徴的なのは、図 4 (3)の[2007 柏崎 NS, K-NET]であり、 $qCy=0.3$ の時に、 $\mu_{peak}=1\sim 2$ となったことである。これが、2007 年中越沖地震における塔状工作物の地震被害を現している可能性がある。(4)[2011 築館 NS, K-NET]の μ_{peak} は、 $qCy=0.55$ でも 10 を超えているので、地盤と建築物の相互作用を考慮する等、解析方法の改善が必要と思われる。

[研究結果]

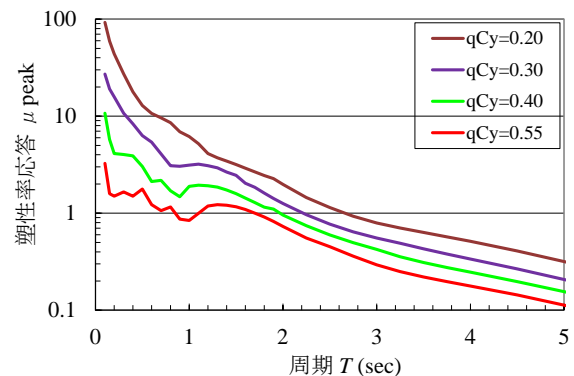
観測地震波を用いて、1 質点系の弾塑性解析を、武田モデルにおける、降伏点のせん断力係数 qCy または第 2 剛性係数 qk_2 等を、変化させて行った。その結果、 qCy を大きくすることにより、塑性率応答 μ_{peak} が小さくなるようである。今後も、地盤と建築物の相互作用を考慮する等、解析方法の改善が必要である。

[参考文献]

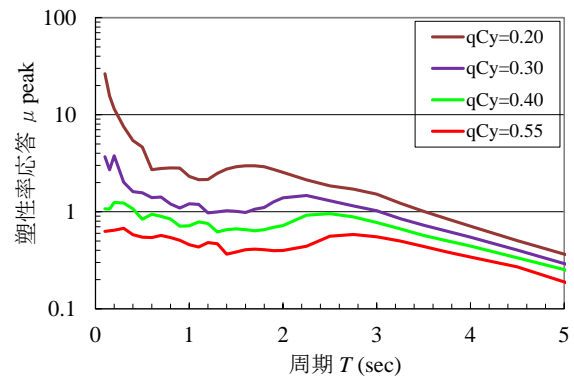
1) 建築物の構造関係技術基準解説書編集委員会：2007 年版建築物の構造関係技術基準解説書、全国官報販売協同組合、2007 年 8 月



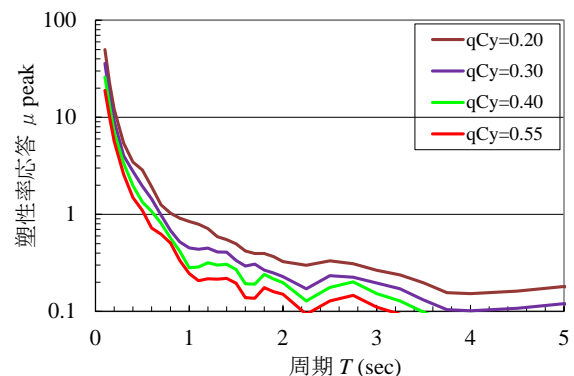
(1) 1995 神戸 NS, JMA



(2) 2004 川口町 EW, L-Gov



(3) 2007 柏崎 NS, K-NET



(4) 2011 築館 NS, K-NET

(1 質点系弾塑性解析, Tri-Takeda モデル, $h = 0.05$, $qCc = 0.4 \cdot qCy$, $qk_2 = qk_1/3$)

図 4 降伏点におけるせん断力係数 qCy に応じた塑性率応答 μ_{peak} の変化