

杭式橋梁基礎の地震時応答計算

早稲田大学大学院 学生会員 守屋 武海

早稲田大学 フェロー 清宮 理

1. まえがき

2つの異なる入力地震波（ポートアイランド観測地震波：短周期卓越、八戸港波：長周期卓越）の最大加速度を 200、400、600、800 (Gal) と大きさを同じにした時に、橋脚基礎の杭がどのような挙動を示すのかを、材料非線形性を考慮した地震応答解析を行い、その計算結果の比較について述べる。

2. 計算モデル

(1)概要：今回計算に用いたのは図-1 に示すような RC 製橋脚で、橋脚の高さは 12.5m である。基礎は杭形式で杭長 30m、杭径 1.2m 橋軸直角方向に 4 本配置されている。表層地盤は図-2 に示すように長さ 150m、厚さ 40m であり、基盤面はすべて固定とし、左右両端は水平方向のみ自由とした。表層地盤は比較的軟弱で、-40m の箇所を入力地震動の入力基盤面とした。解析に際しては、杭および地盤部は非線形性を考慮し、橋脚躯体は非線形性を考慮しなかった。桁の自重は集中荷重として橋脚上部に鉛直下方方向に与えた。

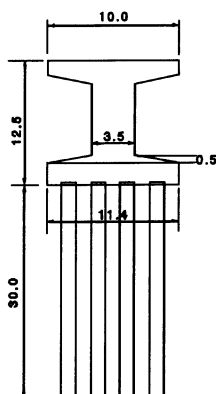


図-1 橋脚図

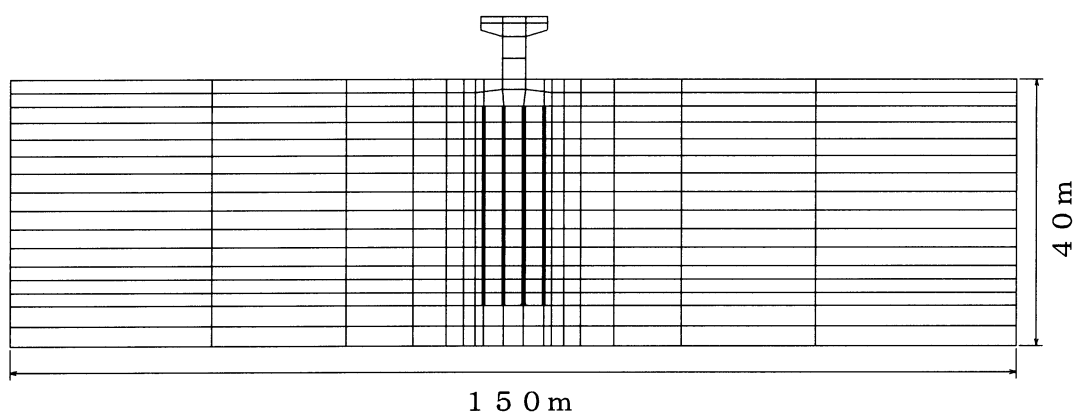


図-2 解析モデル図

(2)構成部材：杭は鉄筋コンクリート製でヤング率 $2.5 \times 10^6 \text{tf/m}^2$ 、ポアソン比 0.16、単位体積重量 2.35tf/m^3 である。また、杭の区間により材質が異なっているが、杭体の条件および $M-\phi$ 関係を表-1 に示す。杭の非線形性は武田モデル（トリリニア）を用いた。この際除下の剛性の低下を示す係数を $\alpha=0.4$ とした。コンクリートの圧縮強度は 240kgf/cm^2 である。表層の地盤条件を表-2 に示すが、地盤部の非線形性は R-O モデルを用いて解析を行った。橋脚躯体はヤング率 $2.5 \times 10^6 \text{tf/m}^2$ 、ポアソン比 0.16、単位体積重量 2.35tf/m^3 とした。

表-1 杭体の条件および $M-\phi$ 関係

	区間(m)	長さ(m)	主鉄筋	帯鉄筋	$M_c(\text{tfm})$	$\phi_c(1/\text{m})$	$M_y(\text{tfm})$	$\phi_y(1/\text{m})$	$M_u(\text{m})$	$\phi_u(1/\text{m})$
断面1	-4.0~-6.4	2.4	D29 28本	D16ctc150	37.7	1.287E-04	158.8	2.127E-03	247.8	2.636E-02
断面2	-6.4~-14.0	7.6	D29 28本	D16ctc300	37.7	1.287E-04	160.4	2.102E-03	242.6	1.584E-02
断面3	-14.0~-34.0	20.0	D29 14本	D16ctc300	35.2	1.287E-04	86.7	1.915E-03	132.1	2.109E-02

表-2 地盤条件

土質	区間(m)	平均N値	$\gamma(\text{tf/m}^3)$	$G_0(\text{tf/m}^2)$	ポアソン比
埋め土	0~-4	4	1.8	2962	0.49
粘性土	-4~-14	2	1.7	2754	0.49
粘性土	-14~-28	8	1.8	7347	0.49
砂質土	-28~-32	16	1.9	7911	0.49
砂質土	-32~-40	50	2.0	17760	0.49

(3)入力地震動：入力地震波形にはポートアイランド観測地震波および八戸港波を用い、両波の最大加速度を 200、400、600、800Gal としして解析を行った。

キーワード：橋梁、地震応答解析、有限要素法、材料非線形

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学 51号館 16F-01 TEL/FAX 03-5286-3852

3. 計算結果

図-3,4,5および表-3に、入力加速度に対する応答値を示す。また、左から1列目の杭の断面力の結果を示す。

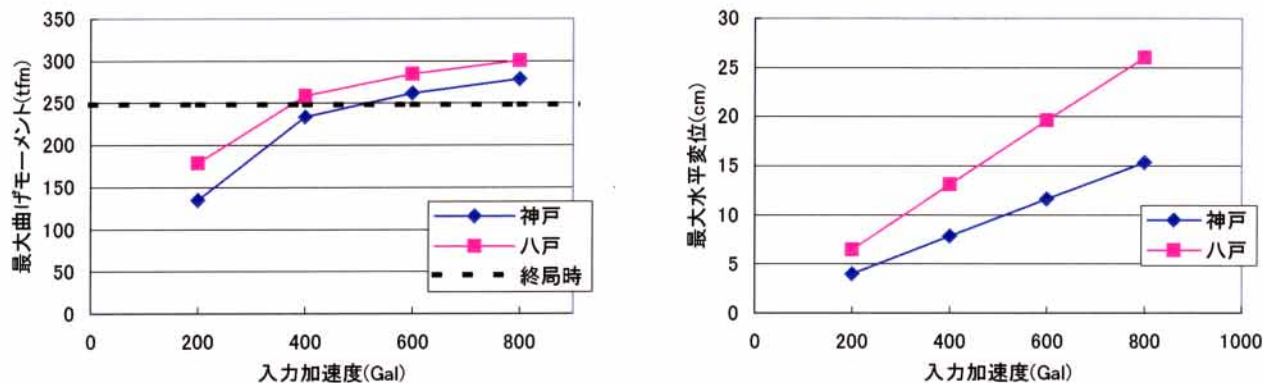


図-3 杭頭部の入力加速度別最大応答値

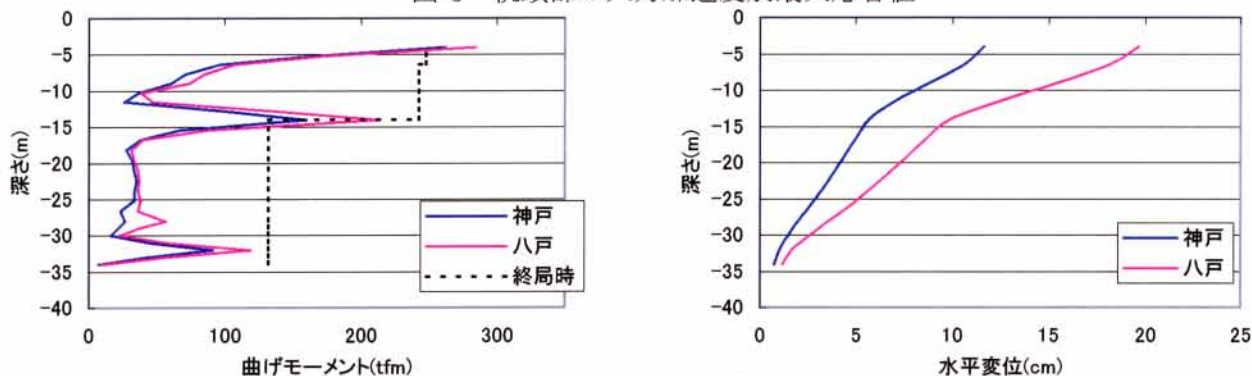


図-4 入力加速度 600Gal における杭の深さ方向の最大応答値分布

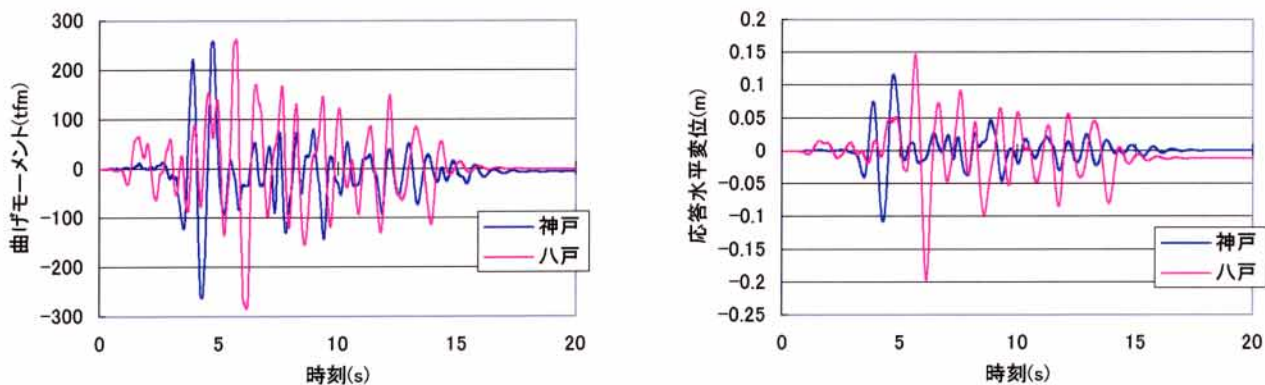


図-5 入力加速度 600Gal における杭頭部の時刻歴応答

表-3 杭頭部における最大応答値

加速度	入力地震波	変位 (cm)	モーメント (tfm)
200	神戸	3.99	1.35E+02
	八戸	6.49	1.79E+02
400	神戸	7.85	2.33E+02
	八戸	13.12	2.59E+02
600	神戸	11.61	2.62E+02
	八戸	19.64	2.84E+02
800	神戸	15.32	2.78E+02
	八戸	26.04	3.01E+02

4. まとめ

今回の解析ではどの大きさの加速度においてもポートアイランド観測地震波よりも八戸港波を入力した場合の方が、杭の断面力および水平変位において大きい値を示していた。入力加速度が400Galを越えると杭は終局状態となった。また、杭頭部における曲げモーメントの差は、加速度が大きくなるほど小さくなっている。杭頭部における最大水平変位の差は、どの加速度においても八戸港波を入力した方が約2倍ほど大きく変位していた。これらの結果は、今回解析に用いた地盤の条件が比較的軟弱だったため、長周期が卓越している八戸港波の方の応答が大きくなったと考えられる。なお、本解析は土木学会杭基礎耐震設計研究小委員会の活動の一環として実施した。

参考文献：清宮理・守屋武海、杭式橋梁基礎の振動解析、土木学会第55回年次講演概要集、pp.896-897、2000. 9