

清水建設(株) (正)田蔵 隆 (正)中桧 新 (正)清水 勝美 (正)木全 宏之 (正)古川 禎一

1. まえがき 本報は神奈川県藤沢市に建設された道路橋において実施している地震観測記録に基づき、有限要素法による地震応答解析を行い、解析結果と観測記録との対比から、地震応答解析結果ならびに基礎杭の地震時ひずみの発生に対する外的要因に関して考察したものである。

2. 地震観測概要¹⁾ 地震観測は図1および図2に示すような加速度計およびひずみ計配置により実施している。加速度計は地表に1台(GS1)、基盤に4台(GB1~GB4)、ラーチングに3台(BS1~BS3)、橋脚および橋桁に3台(BR1~BR3)の合計11台である。ひずみ計は固定支承であるP6橋脚の基礎杭に設置した。P6橋脚は斜杭を含む64本(8列×8列)の鋼管杭($\phi=600\text{mm}$ 、 $l=22\text{m}$ 、直杭 $t=9\text{mm}$ 、斜杭 $t=12\text{mm}$)によって支持されており、杭先端は支持層中に十分根入れされている。ひずみ計は直杭と斜杭の各1本に対し、それぞれ深さ方向に4断面(SA1~SA4、SB1~SB4、1断面当たり4台)、合計32台が設置されている。

3. 地震応答解析結果と観測記録との比較 図3に有限要素法による解析モデルを示す。橋桁部および橋脚部はそれぞれ集中質量ならびにはり要素、地盤はソリッド要素、また杭ははり要素でモデル化し、解析は平面ひずみ状態を仮定し、モード合成法によって行った。各モードに対応する減衰定数はGB1に対するBS1ならびにBS1に対するBR1の加速度記録の平均周波数伝達関数から算定した。解析定数を表1に示す。地震入力基盤はGB1の設置深さに一致させ、GB1の観測記録を同位相により入力した。図4に昭和58年8月8日の神奈川・山梨県境地震($M=6.0$ 、 $\Delta=42\text{km}$ 、 $D=20\text{km}$)記録に基づく地震応答解析結果を示す。解析結果は観測記録と良く対応しており、有限要素法による地震応答解析の有効性が窺える。

4. 基礎杭の地震時ひずみ発生に対する外的要因に対する考察 現行の杭の耐震設計法は上部工からの地震時慣性力に対して検討するように作成されているが、小坪²⁾や田治見³⁾が指摘しているように、地盤の変形が杭の地震時応答に及ぼす影響は少なくないと考えられる。ここでは有限要素法による地震応答解析が実状に則した結果を与えるという前節での結論に基づき、図3に示した解析モデルにおいて、上部工を除去した解析モデルに対する地震応答解析を行い、基礎杭の地震時応答に及ぼす地盤の影響度に関する検討を試みた。図5は上部工を除去したモデルに対する地震応答解析から得られたBS1設置点における加速度応答波形と、上部工がある場合の同じ節点での加速度応答波形を比較したものである。両者に大きな差異が見られないことから、BS1の加速度応答には上部工が存在することによる影響は少ないと考えられる。図6は地震観測から得られたBS1の加速度波形と直杭杭頭部の曲げひずみ波形を記録の最大値を1.0に基準化して重ね描きしたものであるが、両者良く一致していることがわかる。また、図7に両者のパワースペクトルを示したが、これに関しても同様の考察が可能であろう。このことから、地盤の振動が基礎杭の地震時ひずみの発生に及ぼす影響度は大きいと考えられる。

5. あとがき 筆者らは基礎杭の地震時応答を支配する要因に関して解析的な検討を行い、地盤振動が基礎杭の地震時応答に及ぼす影響度が大きいことを論じているが⁴⁾、有限要素法による本報での検討結果はこのことを補完するものであると言える。なお、本地震観測を実施する上で、藤沢市建設局西野康雄氏はじめ多くの方々に多大な便宜を計って頂いた。記して深謝の意を表すものである。

6. 参考文献 (1) Ohira, A., Tazoh, T., Dewa, K., Shimizu, K. and Shimada, M. : Observations of Earthquake Response Behaviors of Foundation Piles for Road Bridge, Proc. of the 8th WCEE, July, 1984. (2) 緒方信英、小坪清真 : 杭基礎に対する水平地震力について、第2回日本地震工学シンポジウム、1966年10月。 (3) 田治見宏 : 深い基礎を有する構造物の地震時応答について、第2回日本地震工学シンポジウム、1966年10月。 (4) 田蔵隆、中桧新、清水勝美、若原敏裕 : 上部工の振動特性を考慮した杭基礎構造物の地震応答解析手法、土木学会第12回関東支部技術研究発表会、1985年3月。

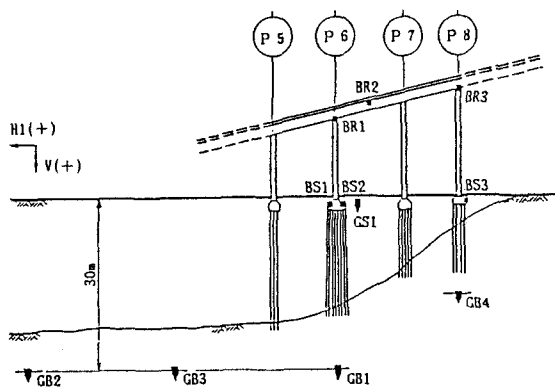


図1 加速度計配置図

【拡大図】

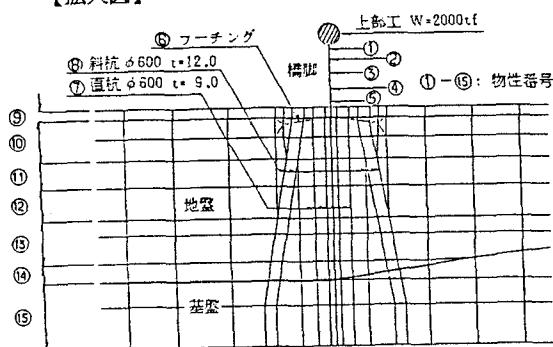


図3 有限要素法による解析モデル

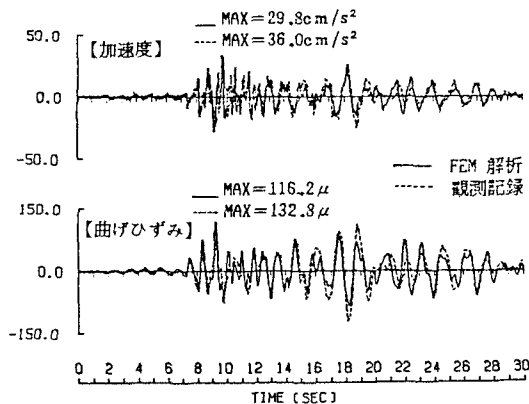


図4 地震応答解析によるフーチング部加速度波形および直杭杭頭部の曲げひずみ波形

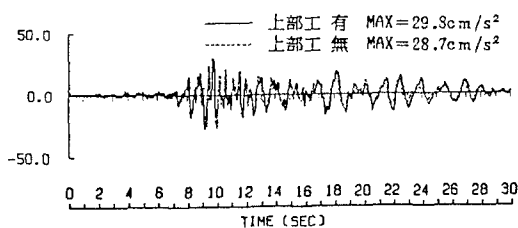


図5 上部工の有無によるフーチング部加速度波形の対比

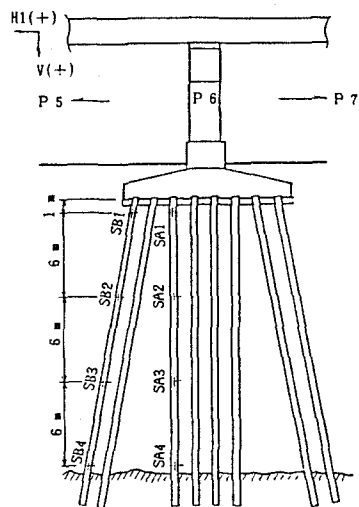


図2 ひずみ計配置図

表1 解析定数

物性番号	E (tf/m²)	I (m⁴)	A (m²)	ν	γ (tf/m³)
橋脚	① 2.55×10⁴	18.432	38.40	—	2.50
	② 2.55×10⁴	9.552	19.92	—	2.50
	③ 2.55×10⁴	5.530	11.52	—	2.50
地盤	④ 2.55×10⁴	5.530	11.52	—	2.50
	⑤ 2.55×10⁴	8.357	14.53	—	2.50
フーチング	⑥ 2.55×10⁴	—	—	0.167	2.50
杭	⑦ 2.10×10⁷	7.2974×10⁻⁴	1.6710×10⁻²	—	7.85
	⑧ 2.10×10⁷	9.5942×10⁻⁴	2.2167×10⁻²	—	7.85
地盤	⑨ 1.034	—	—	0.482	1.13
	⑩ 555	—	—	0.499	1.13
	⑪ 1,100	—	—	0.499	1.44
	⑫ 1,745	—	—	0.499	1.35
	⑬ 1,249	—	—	0.499	1.35
	⑭ 4,571	—	—	0.497	1.53
	⑮ 86,789	—	—	0.475	1.30

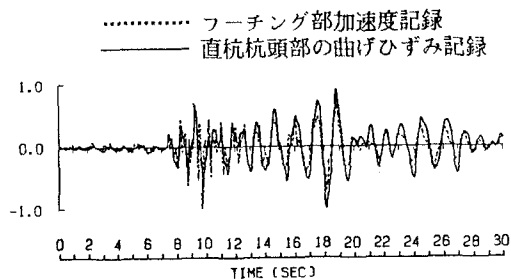


図6 フーチング部加速度記録と直杭杭頭部の曲げひずみ記録

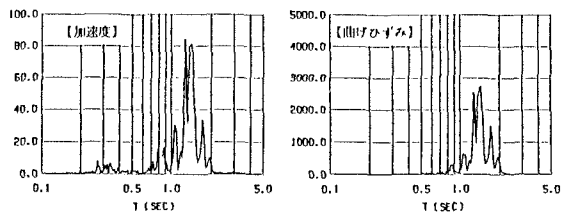


図7 フーチング部加速度記録と直杭杭頭部の曲げひずみ記録のパワースペクトル