

(1-17) 実地震記録を用いた実在橋及び地盤の一解析例

東京都立大学工学部 学生会員 萩原智寿
東京都立大学工学部 正会員 国井隆弘
㈱大林組技術研究所 正会員 菊地敏男

§ 1 まえがき

現在までの橋の震害調査結果によると、被害は下部構造周辺地盤の過大な変形、あるいは地盤支持力の低下によりもたされた下部構造の移動、傾斜、転倒によって引き起こされた場合が多い。このため橋の耐震性の向上を図るためには、下部構造とその周辺地盤の地震時挙動を適切に把握することがきわめて重要であると考えられる。ところで、これまでは下部構造と周辺地盤の動的相互作用に関して、観測記録の欠落あるいは不十分な観測体制であるがゆえに、実在橋の強地震時挙動に関して実証的に研究されつくされてきたとは思われない。

本研究は、建設省土木研究所が報告している強震観測データ¹⁾を利用していただき、橋脚天端及び周辺の地盤上で観測された合計3回の強震記録を用いて、地盤中に根入れされたケーソン基礎の地震応答について解析し、周辺地盤の歪等の算定を行った。解析はFEMを用いている。後述するように対象橋は必ずしも良好の地盤にあるとはいえず、東京湾周辺地域によくみられる条件にあると考えられる。

§ 2 橋梁及び周辺地盤

解析を実施した橋は愛媛県が管理する地方道無月宇和島線と宇和島市来村川との交差点にかかる板島橋である(図-1)。この橋は橋長125m、幅員6mの5スパンからなる活荷重合成の単純桁であり、解析対象は右岸から2番目のケーソン橋脚とした。このケーソン橋脚は長さ15.5m、直径4mの鉄筋コンクリート製ケーソン井筒とその上に設けられた高さ5.0m、直径2mの中空円筒形の橋脚軀対から構成されており、固定沓及び可動沓によりそれぞれ一連ずつの桁を支持している。

板島橋では建設時に3本のボーリングが実施されており、N値を含む土質柱状図が得られている(図-2)。この結果によれば地盤は橋軸方向にはおおむね一様に堆積した成層構造と成っていることがわかる。また、対象とする橋脚直近及び地盤上の観測点において、標準貫入試験が行われている。従って橋脚地点とそこから約400m離れた地盤上の観測点は非常によく似た地盤構成を有しているので、橋脚地点と地盤上の観測地点の間は、地盤構成の類似性などから考えて、おおむね連続した地盤構成になっていると考えられる。

§ 3 地震記録

板島橋では1968年4月の日向灘沖地震及び同年8月の豊後水道地震及びそれらの余震により数回の加速度記録が得られている(表-1)。今回は、地盤上及び橋脚天端の双方で時刻歴応答が得られた表-2に示すような3回の地震記録を用いて解析を行った。加速度記録のフーリエスペクトルから固有振動数を求めると表-2のようになる。なお、これらの地震での顕著な被害に関する報告はされていない。

表-1 加速度強震記録

地震名	発生年月日	マニファスト	震央距離(km)	最大加速度(gal)	
				橋脚上	地盤上
日向灘地震	1966.4.1	7.5	101	209	169
日向灘地震余震	1966.4.1	6.3	99	38	34
豊後水道地震	1966.8.6	6.6	11	199	441
豊後水道地震余震	1966.8.6	5.3	19	100	277

表-2 強震記録に含まれる固有振動数(Hz)

地震名	地盤上	橋脚上
日向灘地震	1.5	1.5
日向灘地震余震	1.9	*
豊後水道地震	3.7	1.4

(*:1.8,2.0,2.3,3.7)

§ 4 有限要素モデル及び解析方法

本来FEMで解析を行う場合、3次元で実際の構造物を忠実に再現する方法が最良である。しかし、3次元のFEMの解析は複雑で、演算時間も巨大となるため、一般には2次元で解析がよく行われる。本研究でも擬似的な2次元モデル(FLUSH)を用い、特に落橋に注目して橋軸方向の解析を行うことにした。モデルは左右対称モデルである。これにより、解析の精度を落とさずに要素の数を半分にすることが出来る。

解析方法は以下の手順による。はじめに、モデルへの入力を設定するために、地盤上の記録を用いて重複反射理論から基盤への入力波形を算出する。次に、この入力に対する応答を計算する。この場合、地盤は各

種のデータを基に対象とした地盤に最適と考えられる（等価）剛性及び減衰定数の関数を与えて、収斂計算を行う。すなわち、FEMに等価線形化手法を適用した。この計算された波形及びスペクトルを実記録のものと比較検討することを主たる方法・目的としている。

8.5 解析結果及び考察

以下に3回の地震における検討結果を簡単に述べる。

＜日向灘地震＞ 橋脚天端の地震波は波形の読み取りによって求めたので、高周波成分の信頼性が低い。よって、加速度波形を比べると応答計算結果の方が細かい波を含んでいる（図3）。しかしながらフーリエスペクトルにみられる一次の固有振動数は比較的良く一致している。この固有振動数である1.5Hzは、この地盤の持っている卓越振動数に近い。

＜日向灘地震の余震＞ 日向灘地震の場合と同様に加速度波形を比較すると、実測値の方に細かい波が少ない。余震の場合には本震と比べて基本的に波の性質が違い、固有振動数が複数見られる。実測値と計算値の最大加速度を比較すると計算結果の方が少し大きく出ている。この原因として、計算結果の方には二次のピークが明確に出ているが、実測値の方は二次のピークがほとんど消えている。一次のピークの値を比較するとほぼ同じ値を示している。従って、二次のピークの方が最大加速度の差に現れていると思われる。二次のピークが現れる理由としては波形の読み取りによる理由の他に以下のことが考えられる、①橋脚部分の曲げの影響を無視している。②メッシュ間には隙間などが生じないので、剝離などの現象を考慮していない。③3次元を2次元にモデル化している。等が考えられる。

＜豊後水道地震＞ この地震波の応答計算は当初他の2つの地震波と同様に等価線形を用いて行ったが、入力加速度が400galを越える強地震であったため、歪レベルが非常に大きくなり剛性が急激に低下し収斂しなかった。よって、等価線形を用いる解析法では解析不可能と判断した。そこでこの方法とは別に初期の剛性のある割合で低下させた値を用いた弾性計算を行った。使用した剛性値は初期の剛性値に対して100%、70%、40%で行った。3通りを比較するとこれらに差がほとんどみられなかった。

以上の結果については今後さらに検討を進めたい。

8.6 むすび

今後このような解析を各橋・各地震を対象に多数実施することにより、何らかのまとまった情報となれば幸いである。

参考文献：¹⁾例えば土木学会研究報告 第154号「道路橋井筒ケースン橋脚の地震の影響の解析」

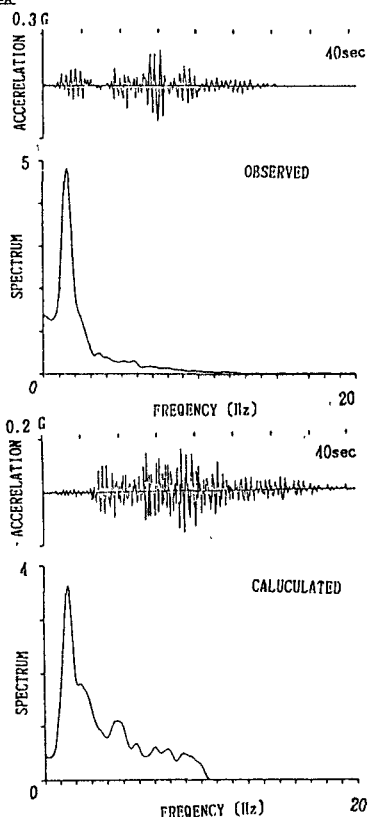
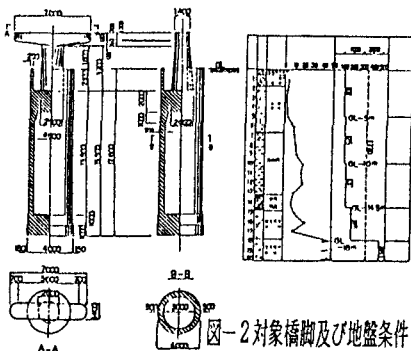
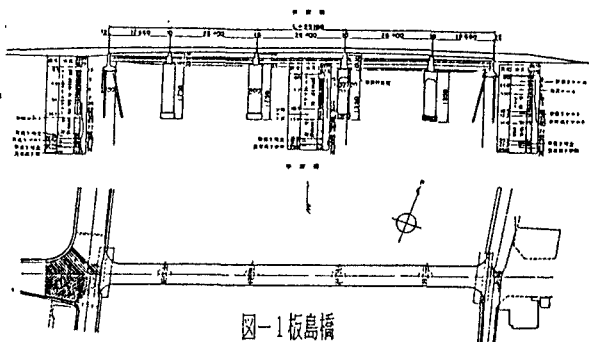


図-3 日向灘地震の解析～実測と再現