

大阪大学工学部 学生員 ○山形 守
 大阪大学大学院 正会員 権 映録
 大阪大学大学院 フェロー 西村 宣男

1. 緒言

道路交通の円滑化と安全な交通空間の確保の観点から、交通量の多い交差点を立体交差化する事業が全国で進んでいる。その一例である大阪府北花田交差点では、既存の平面交差道路の立地条件と直下に地下鉄北花田駅が位置していることから、一般的な橋梁のケーソン基礎や杭基礎を設置することが困難であるため、鋼製の支持梁を有する直接基礎を持った構造形式が採用された。平成7年1月17日に発生した阪神淡路大震災は各地で甚大な被害をもたらした。その地震被害の特徴のひとつは、地盤変形による構造物の被害である。そこで本研究では直接基礎を有する立体交差橋梁を取り上げて、地盤-立体交差橋梁間の相互作用を考慮した地震応答解析を行う。さらに、強地震時においては地盤と構造物の接触面において剥離現象と滑動現象が発生する可能性があるため、これらの相対運動現象も考慮した地震応答解析が要求される。

2. 地盤-構造物の相互作用解析

3次元にモデル化した立体交差橋梁とその周辺地盤に対して有限要素モデルを用い、半無限体地盤には境界要素モデルを用いて、両モデルをアイソパラメトリック要素で離散化した。さらに、両モデルを結合し、地盤と立体交差橋梁の接触面にインタフェース要素を導入して剥離と滑動の現象を評価する。

2.1 解析モデル

大阪府北花田交差点の立体交差橋梁をモデル化した。立体交差橋梁はフーチング、支持梁、及び上部工である。周辺地盤は水平方向に20m、深さは40mまで考慮してモデル化した。周辺地盤を伝わるせん断波速度は $C_s=200\text{m/s}$ の場合と $C_s=300\text{m/s}$ の場合を考えた。

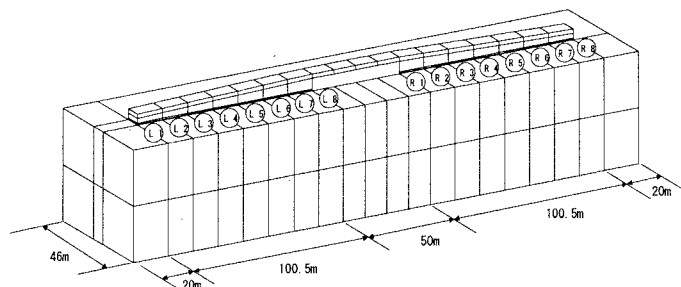


図-1 周辺地盤と立体交差橋梁の解析モデル

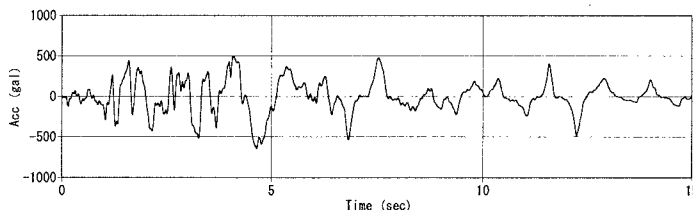


図-2 兵庫県南部地震におけるJR鷹取駅加速度記録 (NS成分)

2.2 入力加速度

解析に用いた入力加速度は、兵庫県南部地震においてJR鷹取駅(Ⅱ種地盤)で観測された地震波である。最大加速度がNS成分では642galとなっている。200galを超える加速度が13秒程度と比較的長く続くのが特徴である。本研究では全長251mの立体交差橋梁に対する全体解析を行うため入力地震波の位相差を考慮に入れている。解析における地震力の位相差は半無限体地盤のせん断波速度を基準とし、地震波が立体交差橋梁の橋軸方向に伝達する時間を計算して入力することになる。解析上は地震波を境界モデルの基盤面(深さ40m)に与えた。また、地震波の入力方向は橋軸直角方向である。

表-1 構造諸元

	材料	質量密度	ポアソン比	減衰定数
周辺地盤	$C_s=200\text{m/s}$	16.7kN/m^3	0.45	0.2
フーチング	鉄筋コンクリート	24.5kN/m^3	0.167	0.1
支持梁	SS400	77.0kN/m^3	0.3	0.1
上部工	SS400	77.0kN/m^3	0.3	0.05

粘着力 $C=98\text{kN/m}^2$ 内部摩擦角 $\phi=10^\circ$
 Case-1 (JR鷹取地震波)

	材料	質量密度	ポアソン比	減衰定数
周辺地盤	$C_s=300\text{m/s}$	17.7kN/m^3	0.43	0.2
フーチング	鉄筋コンクリート	24.5kN/m^3	0.167	0.1
支持梁	SS400	77.0kN/m^3	0.3	0.1
上部工	SS400	77.0kN/m^3	0.3	0.05

粘着力 $C=98\text{kN/m}^2$ 内部摩擦角 $\phi=10^\circ$
 Case-2 (JR鷹取地震波)

3. 滑動を考慮した地盤－立体交差橋梁の地震応答特性

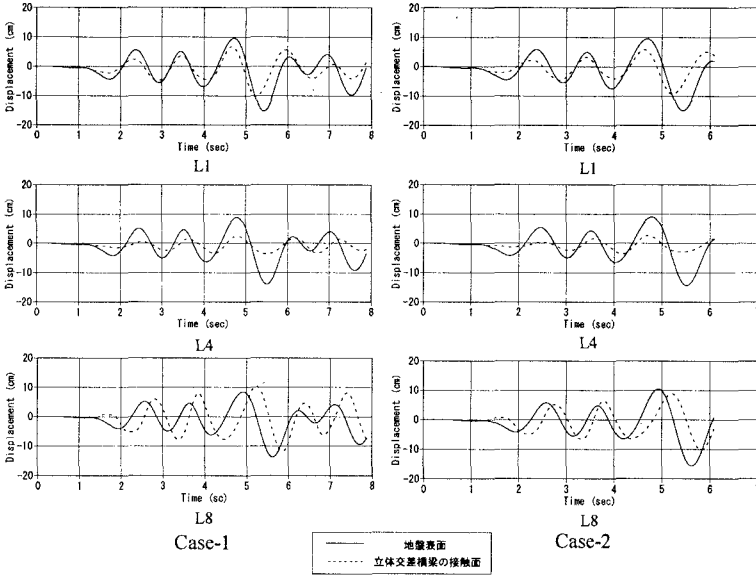


図-3 地盤表面と立体交差橋梁の接触面の変位応答

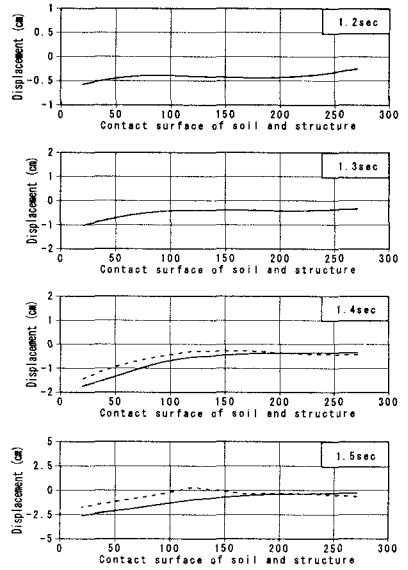


図-4 地盤と立体交差橋梁の接触面の挙動 (Case-1)

図-3の時刻歴応答から地震によって接触面が滑動していることがわかる。滑動の生じ始める時刻は約1.3秒ごろであるが、地震波の入力に位相差を考慮しているため、地震動の伝わる時刻の速いL1から順に滑動が生じ始めている。また、Case-1よりもCase-2のほうが同じ場所の滑動の生じる時刻は早くなっている。滑動が生じていない時刻の地盤表面と立体交差橋梁の接触面の変位応答はほぼ同じであるが、滑動後は両応答に顕著な差異が見られる。変位応答の周期は滑動後も保たれている。橋脚は左右8本ずつあるが、それぞれの中央の接触面(L4)における変位応答は小さい。最大変位応答は地盤の軟弱なCase-1の方がCase-2よりも大きくなっている。

図-4から接触面の挙動の様子がわかる。滑動の生じる1.3秒までは地盤表面と立体交差橋梁の接触面は一体となって挙動しているが、滑動後は全く違った挙動をしている。地盤表面の挙動は橋軸方向全体に渡って滑らかであるが、立体交差橋梁の接触面の挙動は立体交差橋梁の左右で不連続である。

本解析では、地盤は線形弾性体と仮定しているので構造物の滑動に関わらず地盤の応答はほぼ一致していると考えられる。そのため、図-3の地盤表面の応答は接触面が固着と仮定した場合の応答と同じと考えられる。よって、これらの図は接触面が固着の場合と滑動を考慮した場合の比較と考えて良いと思われる。滑動によって固着と考えた場合に比べて最大変位が大きくなるとは言いきれない結果となった。

4. 結言

本解析では、大地震時に地盤と構造物の接触面に発生する可能性のある剥離と滑動の現象を考慮して解析を行った。地盤と立体交差橋梁の接触面が固着と考えた場合は、強地震力に対して実際には働き得ない引張り応力や過剰なせん断応力が接触面に発生することになる。そこで、本研究では幾何学的非線形性を有するインタフェース要素を考案して相対運動を評価した。解析の結果、滑動が生じることにより地盤表面と立体交差橋梁の接触面の変位応答はかなり異なることがわかった。しかし、滑動により最大応答変位が大きくなるとは限らない結果となった。

参考文献

- 1) 災害科学研究所、大阪大学研究室、大阪府鳳土木事務所、日立造船株式会社、建設技術研究所：北花田交差点立体交差橋における上部構造、基礎、地下鉄カルバートの相互作用に関する調査報告書，Oct.,1997.
- 2) 権 映録：滑動を考慮した直接基礎構造物の地震応答特性と線状構造物の耐震性評価への応用に関する研究，Feb.,1999.