

大阪大学工学部 正会員 西村宣男
大阪大学大学院 学生員 ○大澤和也

1. まえがき 兵庫県南部地震により構造物の耐震性の再検討とりわけ動的解析による検討が重要とされている。モノレール軌道桁においても支承部品が破損するという被害が見受けられた。単純支持された同種の構造物が連続するモノレール一般部においても地盤などの影響によりその挙動に位相差が生じ、また駅部との連結部においては大きな質量差から生じた位相差により、可動支承が遊間を超えストッパーと衝突し破損に至ったと思われる。ストッパーは可動支承の両側に設置されており互いに引張り合うような衝突も起こりうる。また可動、固定の両支承において破損例が見られることから可動支承とストッパーの衝突後や再衝突が問題となることが考えられる。そのため設計を超える地震に対しても、地盤動による作用力だけでなく衝突による安全性を評価できることが求められる。そこで、大阪モノレールの一般部における衝突の可能性を検討し、衝突現象のモデル化によりその後の挙動の追跡とそこで伝達されている力の評価を試みた。

2. 解析モデル 図-1に示す大阪モノレール軌道桁一般部を対象とした。上部にはスパン22m質量50tの軌道桁が2本あり可動支承の遊間は $\pm 3.0\text{cm}$ である。このモデルに対し基礎部の地盤第1層N値が5,10の場合について解析を行った。固有振動数を表-1に示す。地盤条件はN値より換算したばね支持で表現し、

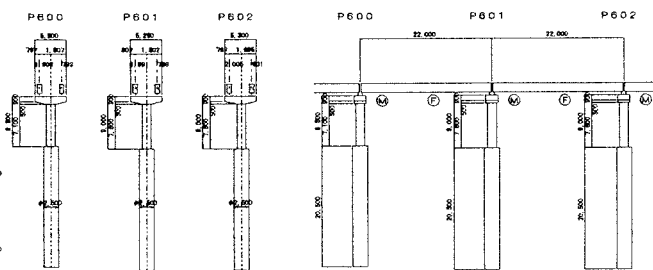


図-1 モノレール軌道桁一般部

入力地震波は新大阪NS成分を破損部で受けたと思われる最大400galに拡大したものをを用いた。なお解析にあたりRayleigh減衰としNewmark β 法により直接積分を行った。

表-1 固有振動数

第1層N値	10	5
固有振動数 (Hz)	2.35	2.20

3. 衝突現象のモデル化 離散化された多自由度弾性体モデルには、剛体の衝突のように運動量保存則を用いて簡単に解析することはできない。系が剛体でないためその一部の速度応答を外制約条件として規定することは困難であり、またある程度の衝突継続時間というものが存在する。

そこで衝突が起これないと仮定して解析し、衝突していれば両者の相対変位を打ち消すような等しい大きさで逆向きの力が双方に作用していたものと考え、このような力を見つければ伝達されるエネルギーおよび衝突継続時間を正しく表現し、衝突による系全体の挙動の追跡において十分な解を与えると思われる。またこれにより材料の降伏や要素内での減衰による運動エネルギー保存が成り立たない問題に対しても評価できることとなる。十分な積分時間間隔であっても伝達される力の大きさは同じモデルに対してもこの時間間隔により大きく変わる。また衝突継続時間中に接触と離反が繰り返す結果を示すことがあるが、これらは一つのパルス波で相対変位を打ち消し衝突を表現するためであり、伝達される力積および衝突継続時間はほぼ一定の値を示す。逆に衝突継続時間中における離反が微小と見なせる程度に、また伝達される力積や衝突継続時間および衝突後の応答値が積分時間間隔に無関係となる程度に積分時間間隔と要素の分割が十分になされている必要がある。

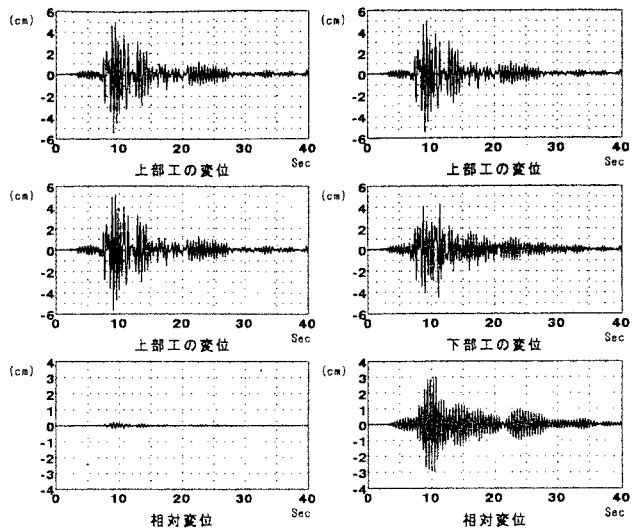
4. 解析結果および考察 図-2, 3に示すように、隣接する橋梁間で地盤条件が異なるモデルにおいて固有振動数にほとんど差がなくても、相対変位にその差が顕著にあらわれ可動支承の移動量は最大3.0cm

となった。温度変化による伸縮や施工時のずれを考えれば衝突の検討の必要性は十分にあると言える。実際に被害を受けた時の気温は0度であり常温20度からの伸縮量を4.4mmとして解析したところ、2度の衝突が起こるという結果となった。図-4に衝突継続時間中に伝達される力積の時間的変化を示したが、この数値が大きい程大きな運動量が伝達されているとは一概に言えない。衝突をパルス波による荷重として表現しているため、衝突中の節点は、実際には生じない接触と微細な離反を繰り返す。そのため衝突継続時間中には無数の極短い非接触状態があり力積の大きさだけでなく密度が意味を持つと言える。これを衝突継続時間にわたって集計したものが衝突により伝達される力積となり、衝突継続時間とから、一回の衝突により伝えられる平均の力を知ることが出来る。図-5には衝突する節点同士が衝突継続時間中において一体となり運動している様子が相対変位ゼロとしてあらわされており、微細な接触と離反の繰り返しが衝突を十分に表現していることがわかる。相対変位が衝突中以外において直線的に変化しているのは 10^{-2}sec でとられた入力地震加速度を線形補完しているためである。

積分時間間隔を変えて解析した結果を表-2に示す。ここで2度目の衝突の時刻がほぼ同じであることから、十分な積分時間間隔のもとで解はある値に落ち着くことがわかる。このように衝突現象を取り扱うことで衝突に対する安全性の評価が出来るものと思われる。

《参考文献》

- 1) 動的解析における衝突モデル化に関する一考察 川島一彦 第308号土木学会論文報告集 1981.4
- 2) 相対変位応答スペクトルの提案 川島 佐藤 土木年講第50回 1-767
- 3) 衝撃弾性接触問題のためのハイブリッド形仮想仕事の原理 浅野 機論 1985



最大相対変位 0.27 cm 最大相対変位 3.00 cm
P601 N=5、P602 N=5 P601 N=5、P602 N=10
図-2 図-3

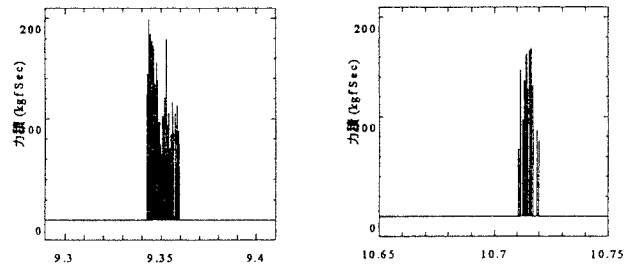


図-4 衝突により伝達される力積

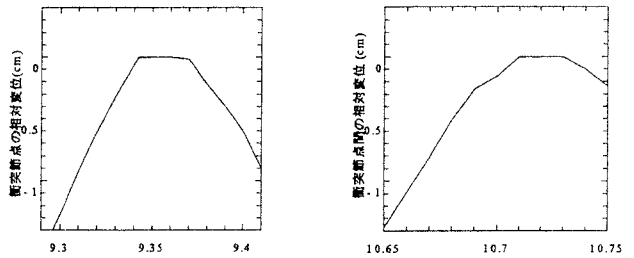


図-5 衝突節点間の相対変位

表-2 積分時間間隔の違いによる影響

積分時間間隔 sec	伝達される力積 kgf sec	衝突開始時刻 sec	衝突終了時刻 sec	衝突継続時間 sec
10^{-2}	1620.3817	9.35	9.36	0.01
10^{-4}	1857.2881	9.3428	9.3598	0.017
10^{-6}	1716.7442	9.342749	9.359767	0.017018

積分時間間隔 sec	伝達される力積 kgf sec	衝突開始時刻 sec	衝突終了時刻 sec	衝突継続時間 sec
10^{-2}	1252.579612	10.72	10.72	0.00
10^{-4}	739.435822	10.7106	10.7180	0.0074
10^{-6}	669.614388	10.710336	10.719904	0.009568