

大阪大学大学院 学生員 ○大澤和也
 大阪大学工学部 正会員 西村宣男

1. まえがき

兵庫県南部地震により、多くの構造物や社会基盤が多大な被害を受けた。大阪モノレールにおいても約1200の支承のうち4箇所でPC軌道桁の支承部品が破損する被害が見られた。破損したのはダボと称されている鋳鋼製のせん断キーで、PC軌道桁の位置調整のために設置されたものである。この破損は、隣接する橋梁間で地震時応答が異なることにより、PC軌道桁の可動支承において遊間を越えた相対変位が生じダボに衝撃的な力が作用したためと考えられている。ダボの材料からその静的破壊強度は280tfであり、一般部のPC軌道桁の重量が55tfであるため地震時の応答加速度程度では破壊することはないと考えられていた。破損の原因究明と今後の耐震設計のため、地盤動による作用力だけでなく衝突現象による作用力特性も含めた安全性の評価が求められる。しかし、このような衝突現象を実験で再現することは困難であり、また極めて短い時間で終了する衝突現象を計測することも難しい。そのため本研究では、大阪モノレールの一般部および駅部を対象として、数値シミュレーションにより衝突の可能性と衝突時の接触反力を評価し、衝突時の相互作用を明らかにする。

2. モノレール一般部

2.1. 解析モデル モノレール一般部は、図-1に示すように単純支持された同種の構造が連続したものであり、上部にはスパン 22m 質量 55t の軌道桁 2 本を有している。中央橋脚および右側橋脚の地盤第1層N値はそれぞれ10,5である。中央橋脚上の可動支承が遊間±3.0cmを越えるかを検討した。固有振動数を表-1に示す。地盤条件はN値より換算した弾性支持で表現した。入力地震波には兵庫県南部地震新大阪 観測波形 NS成分(図-2)を、実際の破損部と同程度に一般部では最大400gal、駅部では最大300galに拡大したものをを用いた。また時間積分にはNewmark'β法を用いた。

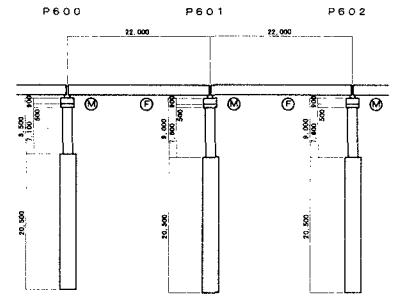


図-1 モノレール一般部

表-1 固有振動数

第1層N値	10	5
固有振動数(Hz)	2.35	2.20

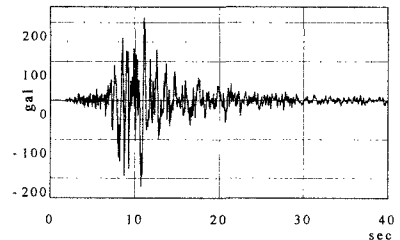


図-2 兵庫県南部地震 新大阪観測波形 N-S成分 最大加速度 220gal

2.2. 解析結果 固有振動数に8%程度の差しかないが図-3(a)に示すように上沓と下沓の相対変位は可動支承の遊間±3.0cmを越える結果となった。このため衝突を考慮した解析を行う必要がある。なお地震発生当時の気温0℃を考慮して、PC桁は収縮し、可動支承のローラーは常温の中立位置より4.4mmずれている。数値解析により衝突現象を追跡するには、衝突による衝撃波の伝播を追跡し得る積分時間間隔を用いる必要がある¹⁾。ここでは10⁻⁶sec間隔で数値積分を行っている。衝突を考慮した解析を行ったところ9.34秒付近と10.72秒付近で2度の衝突が発生した(図-3(b))。この間の接触反力を図-4に示す。接触反力は急激な立ち上がりをしており、その最大値は142tf、衝突継続時間での平均接触反力は約100tfとなった。

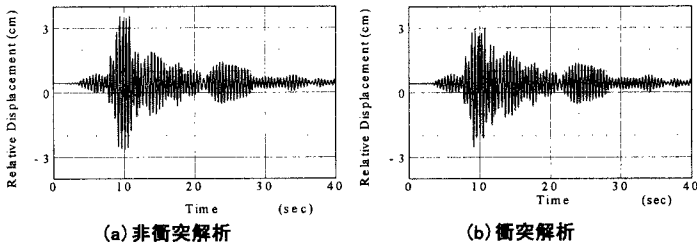


図-3 上沓と下沓の相対変位 (一般部)

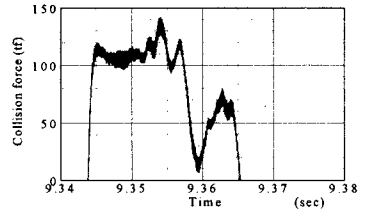


図-4 接触反力 (一般部)
Max 142tf

3. モノレール駅部

3.1. 解析モデル 駅部は、図-5に示すように駅舎と隣接PC桁および分岐桁の3つの構造系からなり、橋軸方向固有振動数

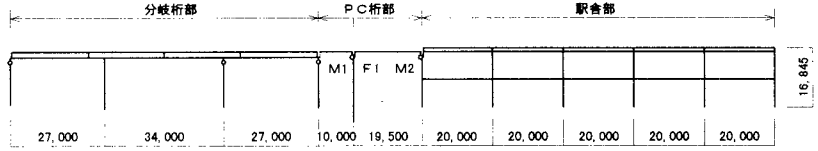


図-5 モノレール駅部

(表-2)に大きな相違がある。可動支承M₁, M₂で衝突判定を行った。可動支承の遊間は±3.0cmである。また固定支承F₁で衝突時の衝撃的な作用力が固定支承側の水平反力にどの程度影響を及ぼすのかに着目した。

表-2 固有振動数

固有振動数(位)	分岐桁	PC桁	駅舎
	2.20	1.75	3.20

3.2. 解析結果 衝突を考慮しない場合には、大きな固有振動数の差から、上沓と下沓の相対変位は可動支承の遊間を大きく越えるものとなった(図-6(a))。衝突を考慮した解析から、激しい衝突が各構造系間に生じているのがわかる(図-6(b))。この間の接触反力を図-7に示す。接触反力は最大380tfに達し、これはダボのせん断破壊を引き起こすのに十分な大きさである。固定支承F₁における水平反力は、衝突を考慮しない解析によると最大75tfであった(図-8(a))。これに対し衝突を考慮した解析では最大260tfとなり、固定支承側のダボをも破損しかねない大きさとなった(図-8(b))。

4. まとめ

異なる固有振動数を有する隣接橋梁間において、可動支承が遊間を越えストッパーと衝突する可能性は十分にあると言える。そして衝突による接触反力および固定支承側の水平反力は、ダボの破損を説明し得る大きさである。このような衝撃的な作用力を緩和する緩衝材の開発が必要である。

《参考文献》

- 川島一彦：動的解析における衝突のモデル化に関する一考察，第308号土木学会論文報告集 1981.4

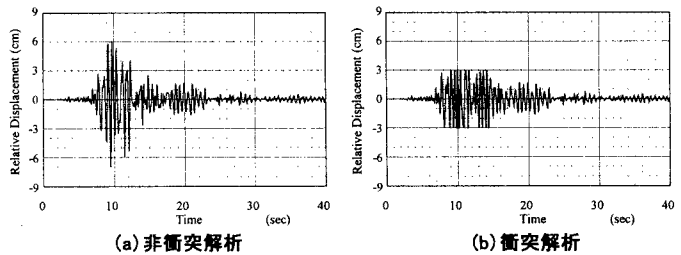


図-6 上沓と下沓の相対変位 (駅部)

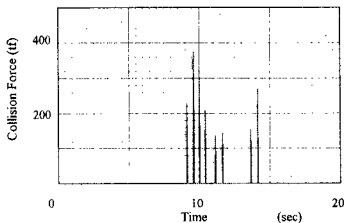


図-7 接触反力 (駅部)

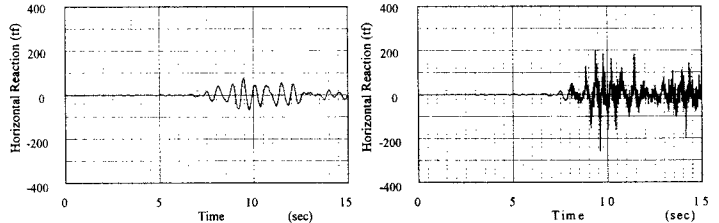


図-8 固定支承側の水平反力