

# 積層強化ゴムを用いた隣接橋梁の桁間衝突シミュレーションと実証実験

大阪大学大学院 学生員  
六菱ゴム

梅 曙東  
北脇 道夫

大阪大学大学院 フェロー  
トーニチコンサルタント

西村 宣男  
福田 清

跨座型大阪モノレール本部 松崎 慎一郎

## 1. まえがき

兵庫県南部地震は、大阪モノレールにおいてPC軌道桁の支承部品の破損する被害が見られた。破損した支承部品はダボと称されている鋳鋼製PC軌道桁の位置調整のために設置されたせん断キーである。この破損は、隣接する橋梁間での地震時応答が異なるために、可動支承の遊間を越える相対変位により衝突現象が発生し、大きな衝撃力が作用したことによる。このことを踏まえ、このたび沖縄都市モノレールの建設に際しては、橋梁の耐震性の向上を考慮してダボ基部の応力集中をなくすために、底板の溶接部にR加工して耐力強化を行っている。さらに、可動支承の下沓とダボの橋軸方向のすき間にはくさびの代わりに緩衝材を挿入して衝撃荷重の低減を図っている。本報告では、ゴム緩衝材により地震時に発生する衝撃力の緩和効果を動的解析と実証実験の両面から評価し、耐震対策に対する基礎資料を提供することを目的とする。

## 2. 数値シミュレーション

モノレール一般部は図-1に示すようにモデル化した単純支持された同種の構造が連続ものであり、上部にはスパン22m質量55tの軌道桁2本を有している。中央橋脚上の可動支承がその遊間±3.0cmを超えると、ストッパーとの衝突が起こり橋梁間で互いに影響し合う。また地震応答解析に用いた地震波を図-2に示す、これは兵庫県南部地震の際に新大阪で観測された激震時10秒間である。

解析モデルでは可動支承部の19-23、22-23節点間と桁間の43-44節点間で接触判定を行い、ぎざぎざの部分の要素を緩衝材としている。図-3の(a)~(d)に緩衝材を配置しない場合、ダボ緩衝材を配置する場合、桁間緩衝材を配置する場合とダボ・桁間緩衝材を両方配置する場合の衝撃力と時間の関係を示す。図よりダボと桁間両方で衝突が起きているのが分かる。衝突発生時に衝撃力が発生しているが、緩衝材を配置しない場合では支承部の最大値は約170tf、隣接桁間の最大値は約150tfに達していた、そしてダボと桁間緩衝材を各々配置する場合、その衝撃力はそれぞれ約130tfと約30tfに押さえている。緩衝材を配置することにより衝撃力は大幅に減少することが分かった。ただし、緩衝材の効果は、緩衝材を配置した場所のみ有効である。

## 3. 実証実験

### 3.1 実験概要

実験装置を図-4に示す。装置は橋梁の可動支承における上沓と下沓に見たてた2台の鋼製箱枠にコンクリート充填した台車から成り、下沓部分を含む台車(以下、台車1)支承部のダボの橋軸方向前後に積層ゴムを用いた緩衝材を取りつけ、レールの上を自由走行できる台車(以下、台車2)によって、上沓に加わる衝撃力を与える。

台車1は重さ3.3ton、台車2は重さ2.2tonで、ダボは沖縄都市モノレールに使用される実物と同じものを用いた。ベースプレートは支持桁の上フランジにボルトで固定し、その上に下沓を載せる。下沓の真中の穴とダボの間にプレートを橋軸方向と直角方向に挿入し、橋軸方向の隙間には積層ゴム緩衝材を挿入する。また、台車2の支圧板に桁間緩衝材を取り付ける。ダボ基部のひずみ変化を調べるために貼り付けたゲージの配置状況は図-5に示す。台車2の衝突速度の調整は、図-4のようにレール上に設けたスロープを利用して行う。また、それぞれの台車の衝突箇所には円形の支圧板を付け、台車1の衝突箇所にはロードセル反力計を付ける。台車2の速度計測は、衝突寸前のレール上に貼り付けられた2つのゲージにより、台車の通過時間差を計測することで行う。緩衝材として使われる積層ゴムは薄い鋼板に高強度ゴムを貼り合わせた2層構造で構成される、緩衝材はダボ用と桁間用の2つのタイプに分ける。今回の実験では、ダボとプレート間に鉄くさびを挿入したものと2種類の緩衝材をそれぞれ併せて全部で4つのケースを行う。

### 3.2 実験結果と考察

図-6(a)~(d)のグラフは、上段の図で各実験ケースにおけるダボ基部のひずみ-時刻の関係、下段の図では台車1で付けるロードセル反力計で測定した衝突衝撃力-時刻の関係を示したものである。これらの図より、各ケースともダボ基部の両端で最大ひずみが発生していることが分かる。また、各位置のひずみ波形の時間的変化の傾向はよく似ているが、ダボ緩衝材を配置した場合のひずみ波形は、緩衝材のない場合に比べて、時間的に緩やかになった。ダボ緩衝材を配置することで、ダボ基部の局部ひずみに対してのみ緩衝効果があった、つまり伝達衝撃力が緩衝材の緩衝効果により減少した、しかし桁間の衝突衝撃力には影響しないことがわかった。また、桁間緩衝材を配置した場合、緩衝材の剛性は小さいほど衝突衝撃力に対して緩衝効果が見られたが、ダボ基部の局部ひずみに対しては緩衝効果が見られなかった。解析結果は実証実験で証明されることが分かった。

## 4. まとめ

PC軌道桁一般部の応答解析結果によりダボあるいは桁間、いずれかに緩衝材を配置することにより、その配置する場所の地震時発生する衝撃力が大幅に減少することが分かった。ただし、緩衝材の効果は、緩衝材を配置した場所のみ有効であって、それぞれの緩衝効果が、他方の場所に影響を及ぼすことはない。

衝突実験では、ダボ前後の遊間に緩衝材を配置する場合は、全体としてのエネルギーに変化はないが、衝撃応答作用時間が伸びることにより、ひずみの最大値を低下させることができ、緩衝材の緩衝効果が

証明できた。

桁間緩衝材は桁端部の損傷を和らげる効果はあるが、

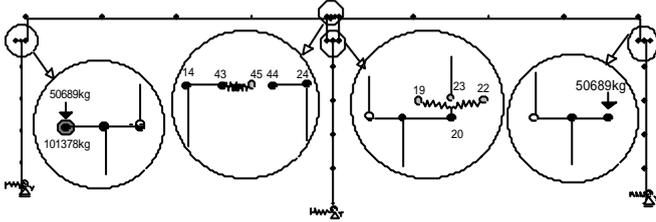


図-1 解析モデル

せん断キーの損傷を防ぐ効果はない。そのため、固定支承部も緩衝材を配置することが必要と思われる。

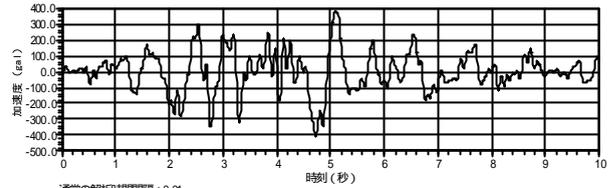
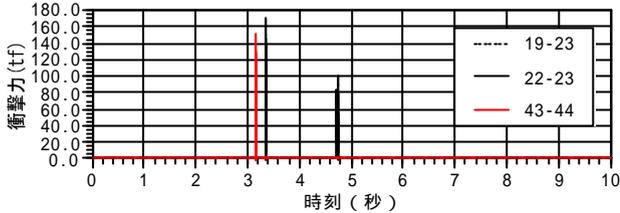
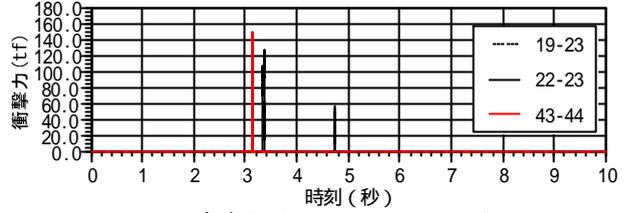


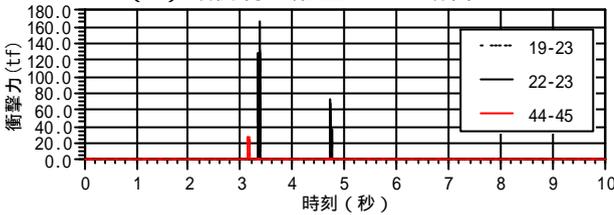
図-2 解析に用いた地震波



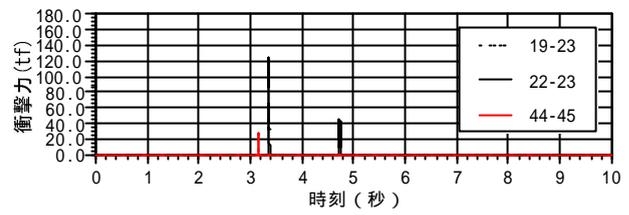
(a) 緩衝材を配置しない場合



(b) ダボ緩衝材を配置する場合



(c) 桁間緩衝材を配置する場合



(d) ダボ・桁間緩衝材を両方配置する場合

図-3 解析結果：衝撃力-時刻の関係

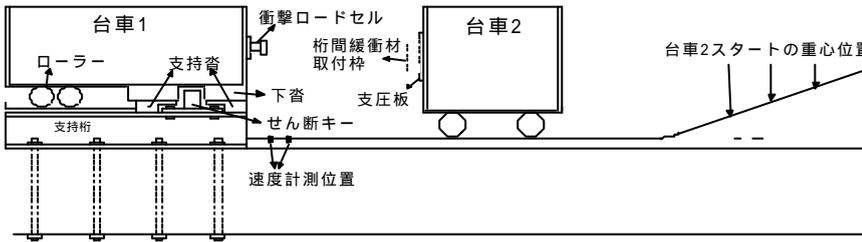


図-4 実験装置

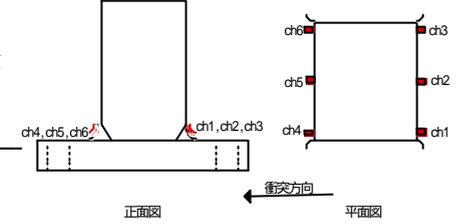
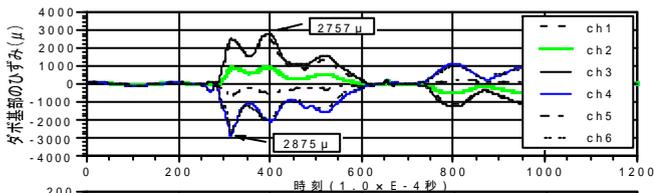
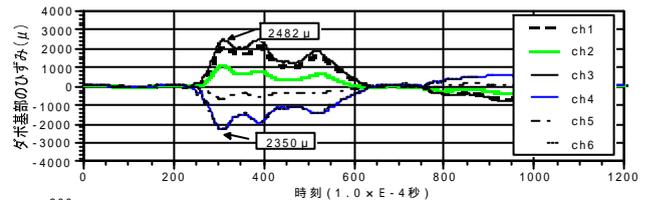


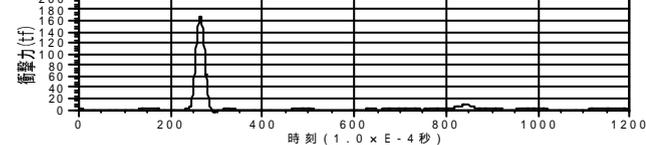
図-5 ゲージのチャンネル配置



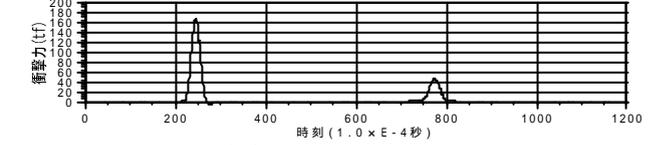
(a) 緩衝材を配置しない場合



(b) ダボ緩衝材を配置する場合



(c) 桁間緩衝材を配置する場合



(d) ダボ・桁間緩衝材を両方配置する場合

図-6 実験結果：ダボ基部のひずみ-時刻、衝突衝撃力-時刻の関係