

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 西村 宣男
トーニチコンサルダント 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、数多くの構造物や社会基盤に多大な被害を与えた。大阪モノレールにおいても 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せん断キース、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、隣接する橋梁間での地震時応答が異なるために、PC 軌道桁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¹⁾。

このことを踏まえ、この度の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については応力集中をなくすために、底板の溶接部に R 加工²⁾して耐力強化を行っている。さらに、可動側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衝撃緩衝材を挿入して衝撃荷重の低減を図っている。

隣接する橋梁間での地震時における衝突現象を捉え、ゴム緩衝材より地震時発生する衝撃力の緩和効果は、既に本研究室の動的解析³⁾より明らかされている。しかし、高性能な緩衝材を開発するためには、実験的な研究もまた不可欠である。そこで今回は地震時橋梁の模擬衝突実験を行い、実験結果と応答解析結果を比較することで衝撃力の緩和効果を効率よく発揮できるような積層ゴムの最適寸法と剛性を決定することにした。

2. 実験概要

実験装置を図-1 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 台のコンクリート製台車から成り、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 は重さ約 3ton、台車 2 は重さ約 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、ダボとベースプレート⁴⁾の溶接部に半径 $r = 10\text{mm}$ の R 加工して耐力強化をしている。

2.1 緩衝装置 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、その上下沓を載せる。下沓の真中の穴とダボの間に図-2 に示したプレート⁵⁾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（図-5 に示す）。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-3 に示す。

2.2 衝撃力発生装置 台車 2 の衝突速度の調整は、図-1 のようにレール上に設けた坂道を利用して行う。また、それぞれの台車の衝突箇所には円形の支柱板を付け、台車 1 の衝突箇所にはロードセル反力計⁶⁾を付ける。

2.3 速度計測装置 緩衝材積層ゴムの緩衝効果を正しく比較するため、各実験ケースで同じレベルの衝撃エネルギーを与える必要がある。そのため、台車 2 は坂道の同じ高さから走行させ、速度計測を行う。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。

2.4 実験ケース 供試体緩衝材として使われる積層ゴムは鉄板とゴム層を水平接着した 2 層構造で構成され、諸元を図-4 に示す。今回の実験では、ダボとプレートの間に鉄くさびを挿入したもの、図-5(a) のような積層ゴム緩衝材を同じ向きに 3 枚挿入したものと図-5 (b) のようにゴム同士、鉄板同士合わせ 3 枚挿入したもの（以下、緩衝材逆向き配置）の 3 つのケースを行う、実験ケースは表-1 に示す。

3. 実験結果と考察

3.1 ダボ基部のひずみ-時刻関係 図-6～図-8 の上のグラフは、各実験ケースにおけるダボ基部のひずみ-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（ch1, ch3, ch4, ch6）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、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ており、衝撃現象はゴム緩衝材によって緩和されていることが分かる。具体的数値から、鉄くさびを挿入した場合の最大ひずみは、引張側 4357μ 、圧縮側 2690μ に対して、積層ゴム緩衝材を配置した場合では、引張側 1917μ 、圧縮側 1732μ となっており、鉄くさびを挿入した場合と比べて、約 50% 小さくなり、緩衝材積層ゴム逆向きに配置した場合の最大ひずみは、同じ向き配置したものより、さらに 10% 小さくなっている。それは、緩衝材積層ゴムの配置及び配置方法によって、全体の剛性が低下し、緩衝効果が高くなったために生じる。

3.2 衝撃反力について 図-6～図-8 の下のグラフは、各実験ケースにおける衝撃力-時刻の関係を示したものである。台車 2 は同じスタート地点から走行させたことで、各ケースにおいて同じ速度を再現することができ、その衝撃力もほぼ同じ 100ton 前後に達していることがわかる。

4. まとめ

- ① ダボ前後の遊間に緩衝材を配置する場合は、衝撃応答作用時間が伸び、緩衝材は衝撃エネルギー吸収する緩衝効果があることが分かった。
- ② 今回の実験では、緩衝材積層ゴムの配置方法によって、剛性が小さいほど緩衝効果が高いことが分かった。

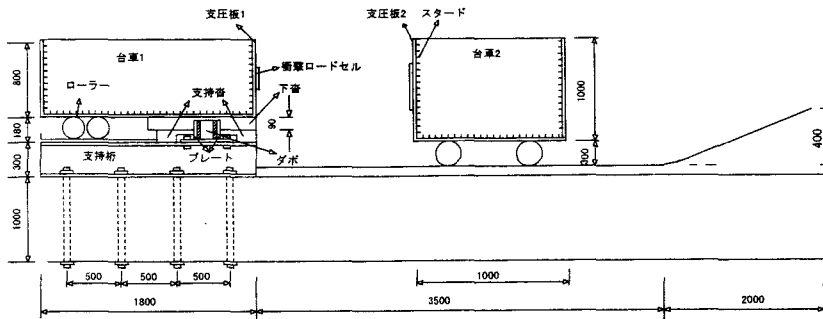


図-1 実験装置

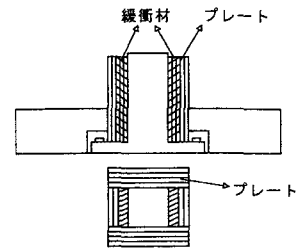


図-2 緩衝材とプレートの挿入

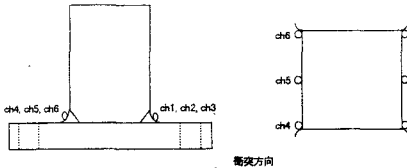


図-3 ゲージのチャンネル配置

表-1 実験ケース

ケース	挿入物	ダボ前後の遊間	鉄以外の厚さ
1	鉄くさび	55mm	-
2	積層ゴムa	55mm	31.5mm
3	積層ゴムb	55mm	31.5mm

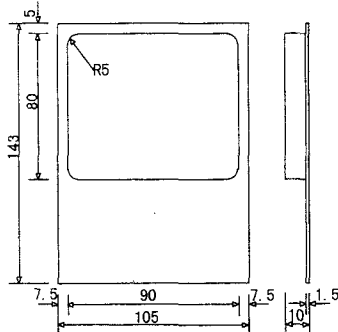


図-4 緩衝材ゴムの諸元

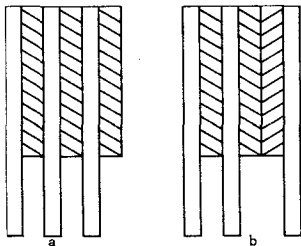


図-5 緩衝材ゴムの挿入方法

参考文献:

- (財) 災害科学研究所・大阪大学工学部土木構造研究室・(株) トーニチコンサルタント: 兵庫県南部地震における大阪モノレールPC軌道桁支承部品の破損原因の究明成果報告書
- 梅曙東, 池内智行, 西村宣男: ゴム緩衝材を有するモノレールPC軌道桁の地震時動的相互作用シミュレーション, 平成10年度土木学会関西支部年次学術講演会, I-34

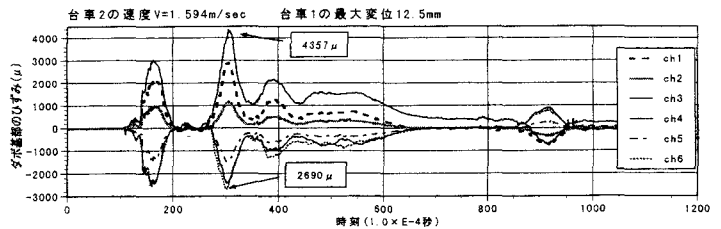


図-6 緩衝材配置しない場合のひずみ-時刻、衝撃力-時刻の関係

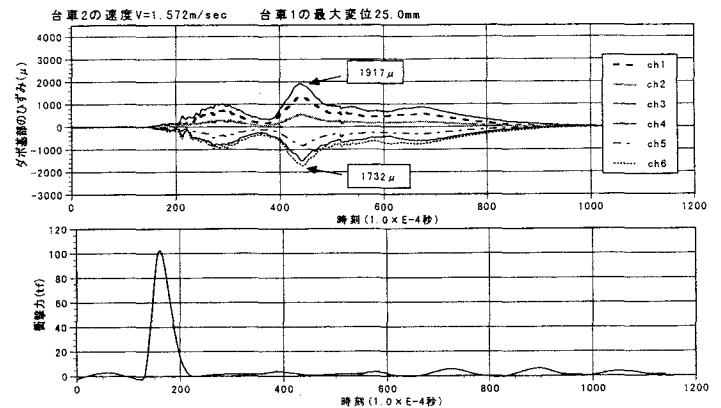


図-7 緩衝材同じ向き(a)の場合のひずみ-時刻、衝撃力-時刻の関係

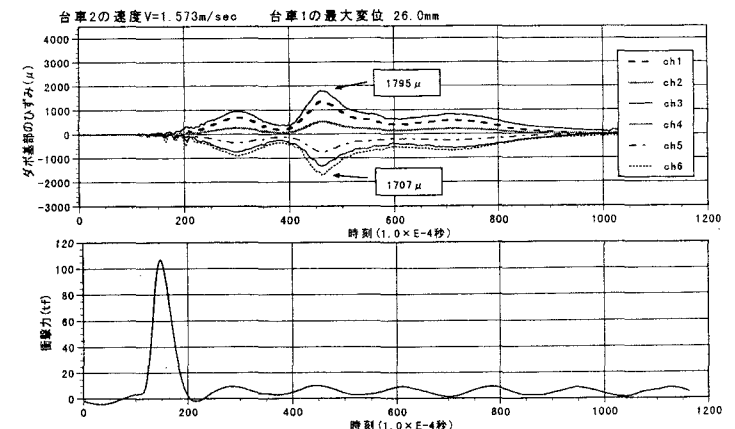


図-8 緩衝材逆向き(b)の場合のひずみ-時刻、衝撃力-時刻の関係