

跨座式モノレールの地震時転倒防止装置の開発

パシフィックコンサルタンツ株式会社	正会員	○富山	春男
パシフィックコンサルタンツ株式会社	正会員	森崎	啓
パシフィックコンサルタンツ株式会社	非会員	西村	学
大阪府都市整備部交通道路室	非会員	北山	明生
大阪府都市整備部交通道路室	非会員	白井	康之
大阪府茨木土木事務所	非会員	富山	久男

1. はじめに

大阪モノレールは、平成2年に一部区間で供用を開始した跨座式モノレールである。

上部工はP C軌道桁であり、桁端部に支承が1基配置されている構造である。軌道桁軸直角方向に地震力が作用する場合は、支承アンカーボルトに大きな引張力が作用することとなる（図-1）。

レベル2地震動に対する耐震性能照査の結果、支承アンカーボルトに発生する軸力は既設ボルト M36 の破断耐力を超過しており、M48 のボルトが必要であることが明らかとなった。しかし、支承アンカーボルトの取替工や増設工は、夜間の限られた時間内や営業しながらの施工が困難であること、また多額の工費を要することから、現実的な対策工ではない。そこで開発したのが地震時転倒防止装置（図-2）である。これは、ナットと支承ベースプレート間に鋼管（緩衝材）を設置しただけの簡単な構造で、既設アンカーボルトが降伏する前に鋼管が座屈してエネルギー吸収を図ることで既設アンカーボルトの降伏を防ぐというものである。

本稿は、地震時転倒防止装置の実証実験及び解析シミュレーションについて報告するものである。

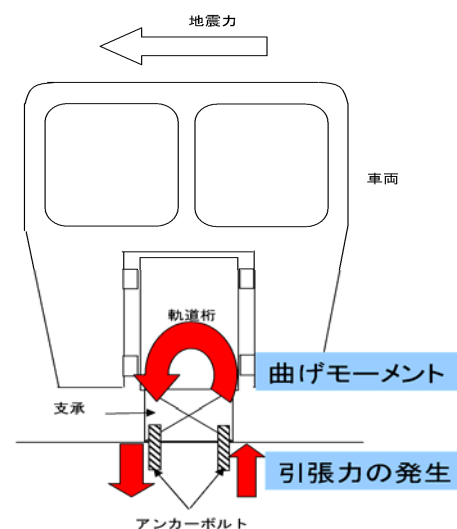


図-1 引張力の発生メカニズム

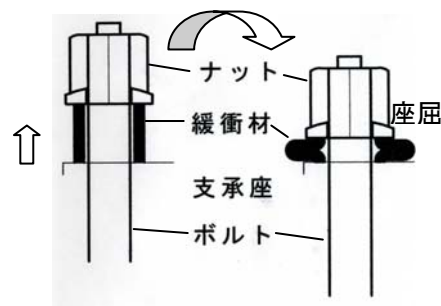


図-2 転倒防止装置

2. 実証実験（落錘式衝撃载荷試験）

落錘式衝撃载荷試験は、緩衝材のエネルギー吸収効果を確認することを目的に実施した。

試験方法は、アンカーボルトを固定した治具に重錘を落下させ、アンカーボルトに衝撃力を与えるものである。実験ケース及び実験結果を表-1に、実験結果のボルトの状況を写真-1に示す。

実験の結果、緩衝材がない場合（No. 2）は、M48 のボルトが破断したのに対し、緩衝材がある場合（No. 3）は M36 のボルトでも破断しなかった。これにより、緩衝材がエネルギーを吸収し、ボルトに伝達する引張力を軽減することが確認できた。



写真-1 実験後のボルトの状況

キーワード モノレール，レベル2地震動，耐震対策，支承部補強，アンカーボルト

連絡先 〒541-0052 大阪市中央区安土町2-3-13 パシフィックコンサルタンツ（株） TEL 06-4964-2296

表-1 実験ケース及び実験結果

No.	ボルト	緩衝材の有無	発生最大引張力 (kN)	作用エネルギー (kN・m)	試験後の状態
1	M36	なし	1698	27.2	ねじ部破断
2	M48	なし	3210	45.3	ねじ部破断
3	M36	Φ59, t=7, H=50	1701	45.3	<u>破断せず</u>
4	M36	Φ59, t=7, H=40	1499	39.3	<u>破断せず</u>

3. 解析シミュレーション

繰返し载荷試験で得られた緩衝材の履歴特性(引張力-変形特性)(図-3)をモデル化(図-4)し、レベル2地震動に対する効果を動的解析により検証した。

入力地震動は、「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」に示されるレベル2地震動タイプⅡ-Ⅱ種地盤の波形を用いた。

動的解析の結果、緩衝材を用いない場合は、アンカーボルトに生じる引張力(1460kN)がアンカーボルトの耐力(660kN)

を大きく超過した。一方、緩衝材を設置した場合は、既設アンカーボルトが降伏する前に緩衝材が降伏し、アンカーボルトに発生する引張力は許容値内に収まる結果となった。

解析結果のベースプレートの変位(緩衝材の変形量)とアンカーボルトの引張力の関係を図-5に示す。

4. まとめ

跨座式モノレールの支承アンカーボルトの耐震補強対策工として、アンカーボルトのナットと支承ベースプレートの間に緩衝材(鋼管)を設置した転倒防止装置を検討・開発した。その内容と装置の特徴をまとめると以下のとおりである。

- ・転倒防止装置は、緩衝材(鋼管)がアンカーボルトに発生する引張力を吸収し、既設アンカーボルトの降伏を防止するものである。
- ・実証実験により、緩衝材のエネルギー吸収効果を確認した。
- ・解析シミュレーションにより、転倒防止装置は大規模地震時に有効であることを確認した。
- ・緩衝材は既製品の鋼管を使用できるため、材料費は非常に安価である。
- ・桁のジャッキアップやアンカーボルトのはつり作業等、大規模な工事を必要としないため、工事費は非常に安価である。
- ・転倒防止装置の設置は、ナット部分を交換するだけなので、短時間で多数のアンカーボルトを補強できる。

参考文献

- ・道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 社団法人 日本道路協会 平成14年3月

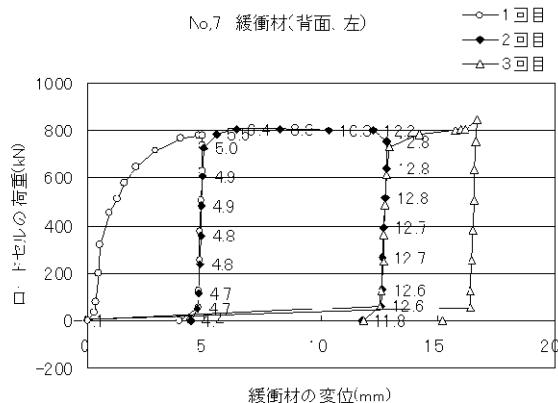
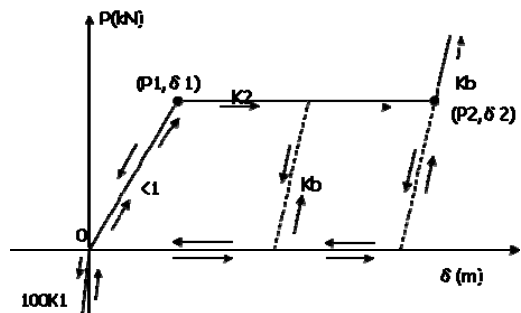


図-3 繰返し载荷試験結果



- K1: アンカーボルトと緩衝材の軸方向合成バネ
- K2: 緩衝材降伏後のバネ (K2=0)
- Kb: アンカーボルトの軸方向バネ
- P1, P2: 緩衝材の降伏荷重
- δ1: 緩衝材が降伏するときの変位
- δ2: 緩衝材の許容変位

図-4 支承部のモデル化

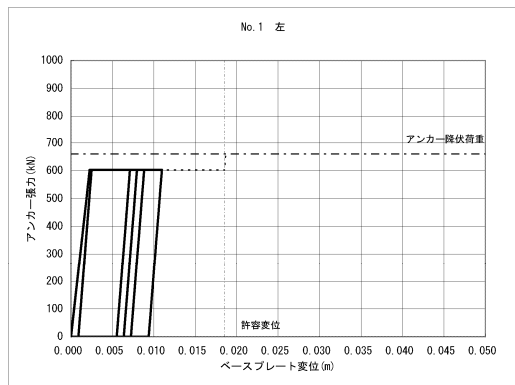


図-5 アンカー引張力-緩衝材変形量の関係