

（株）大林組技術研究所 ○正員 孫 利民

（株）大林組技術研究所 正員 後藤洋三

1. はじめに 兵庫県南部地震に於いては道路、鉄道橋梁が大きな被害を受けた。橋梁構造自身が直接受けた被害として、橋脚の曲げ、せん断破壊と橋桁支承部の破壊が多く見られた。これらの破壊は落橋の主因の一つと思われる。橋脚の水平地震力を低減するため、近年免震支承に関する研究及び実用化が盛んに行われてきた。しかし、今回のような非常に大きな地震力が作用した場合、免震支承を用いた橋の桁と橋脚天端部の間に大きな相対変位が生じるため、支承の破壊、桁同士の衝突、落橋に至ることも考えられる。ここでは、解決策の一つと考えられる衝突緩衝装置の設置を提案し、大地震における緩衝装置の挙動を理論解析により検討した。

2. 理論解析 図-1 に示す橋梁を解析対象として選定した。兵庫県南部地震で神戸海洋気象台付近記録された地震波（最大加速度818gal）（図-4）を入力して、桁と橋脚が固定支承（図-1（a））、免震支承（図-1（b））、免震支承+緩衝装置（図-1（c））で接続された3つのケースを計算した。橋は図-2 のように2自由度系にモデル化し、桁の質量 $m_1=750t$ 、橋脚の質量 $m_2=200t$ と仮定した。固定支承の場合は橋の固有周期を0.5sec、免震の場合は2.0secと仮定して、 k_1 、 k_2 を決めた。また、橋脚の減衰定数 $h_1=0.05$ 、免震支承の減衰定数 $h_2=0.1$ と仮定した。 x_l 、 x_r はそれぞれ左と右の衝突緩衝装置の x_2 に対する相対変位を表す。 d は初期状態での桁と緩衝装置間のギャップである。解析のアプローチは図-3 に示す。

3. 結果と考察 固定支承の場合（図-5）、橋桁の最大変位は約14cmで、橋脚に生じたせん断力 F_{pier} は2000tfに達し、検討対象の許容せん断力（約400tf）を大きく超えることが分かる。免震支承の場合（図-6）、橋脚に作用するせん断力は約300tfに低減された。一方、橋桁と橋脚頂部の間に大きな相対変位が生じた（約32cm）。

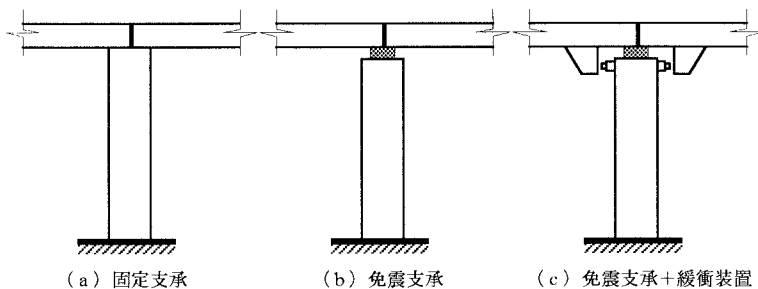


図-1 計算用モデル橋

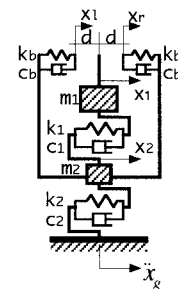


図-2 2DOFモデル

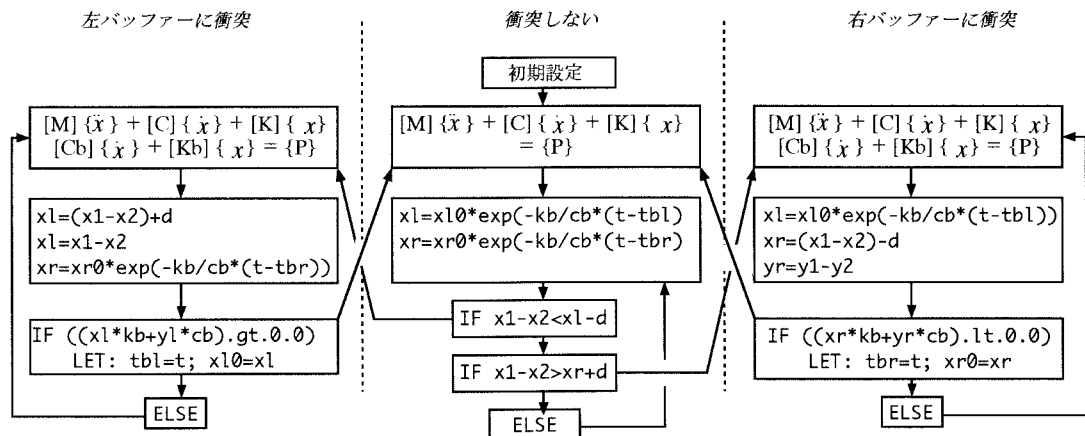


図-3 解析フローチャート

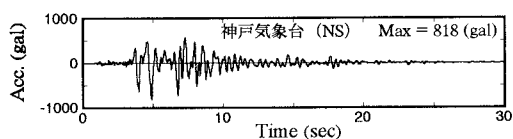


図-4 入力地震波

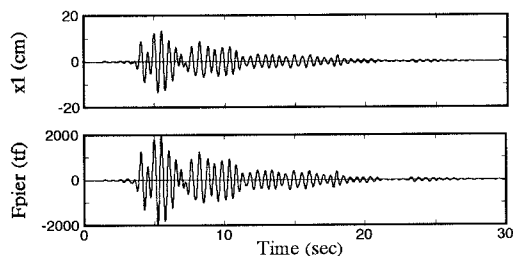


図-5 固定支承の場合

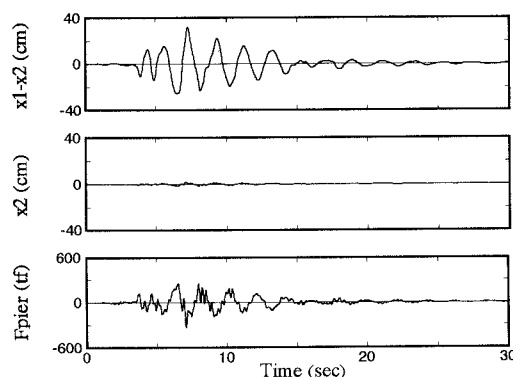


図-6 免震支承の場合

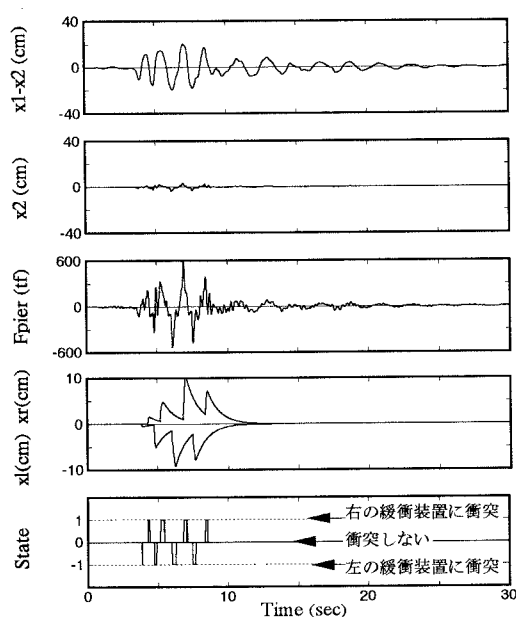


図-7 免震支承+緩衝装置の場合

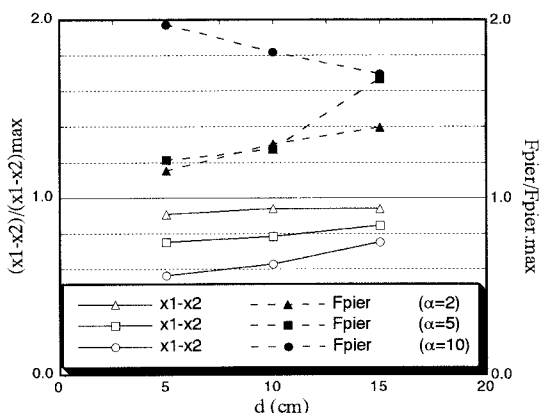


図-8 緩衝装置パラメータ — 性能関係

これに対し、橋桁と橋脚の間に緩衝装置を設置すると変位の制限ができる。図-7に示すように緩衝装置を設置した場合、最大変位が20cmまで抑えられた。桁と緩衝装置が衝突する場合、一瞬許容力の1.5倍を超えた反力（約600tf）が生じるが、それが極めてまれに起きる大地震（818gal）の場合に起きる状況であれば、構造に多少損傷があってもやむ得ないと認識する。

緩衝装置の性能に影響するパラメータを検討した（図-8）。緩衝装置が一度桁と衝突して離れる時点での残留変位が1周期後に10%まで減少すると仮定した。それによって $k_b \sim c_b$ の関係を決める。桁と緩衝装置間のギャップ $d=5.0, 10.0, 15.0\text{cm}$ ；緩衝装置の減衰倍率 α (c_b/c_1) $=2.0, 5.0, 10.0$ として計算した。図-7の計算例では、 $d=10.0\text{cm}$ 、 $\alpha=10.0$ 。図-8の縦軸は緩衝装置がない場合の最大値で無次元化した橋桁の最大相対変位と橋脚の最大せん断力である。減衰倍率 α を大きくすれば、よりよい変位制限効果が得られる。同時に、橋脚最大せん断力も増大する。ギャップ d については、小さい場合の制限効果がよいことが分かる。 d による橋脚最大せん断力への影響傾向は本研究で検討した範囲ではばらつきが大きいので、今後更に算例を増やして検討する必要がある。

4. おわりに 緩衝装置の地震応答挙動及び基本特性について検討した。衝突緩衝装置は大地震時免震橋支承の過大相対変位の制限に有効であることを理論解析によって確認した。

5. 参考文献 [1] 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編。（社）日本道路協会、1990年2月。 [2] 平成7年兵庫県南部地震被害調査報告書。（株）大林組技術研究所、1995年3月。