

マルチ変形吸収機構の提案

東北大学 学生会員 ○高橋 亮充

東北大学 正会員 運上 茂樹

1. はじめに

マルチ変形吸収機構とは、従来の構造物よりも優れた変形性能を持ち、地震エネルギーを構造物全体で吸収するとともに損傷を分散させることで損傷度を抑え、格段に靱性の高い構造物を目指したものである。本研究ではマルチ変形吸収機構として、せん断変形吸収機構と耐力階層化吸収機構を考案するとともにプッシュオーバー解析や動的解析により、どちらの機構も構造物全体で変形し、損傷が分散される様子を確認した。

2. せん断変形吸収機構

(1) コンセプト

セグメント化された橋脚の各セグメント境界部に、ゴム支承や変位制御ストッパーを組込んだものであり、鉛直方向はコンクリート、水平方向はゴム支承や変位制御ストッパーで抵抗する。セグメント境界面には滑り材を設置し、地震時にはゴム支承が変形することにより、構造物全体でエネルギー吸収を図る。

(2) 解析モデルと解析概要

本概要では例として、変位制御ストッパーを使用せず、弾性ゴム支承のみを使用した解析結果を示す。解析モデルを図-1に示す。フーチングは剛な2次元梁要素とし、底面を完全固定とした。各セグメントも線形2次元梁要素で表し、セグメント間においては、Y方向には剛性EAのバネ要素を使用し、X方向にはゴム支承バネ、摩擦バネを並列させた。ゴム支承バネは弾性係数 $1.0 \times 10^4 \text{ kN/m}$ の弾性ゴム支承とした。上部構造重量は5500kNとした。橋脚全体の転倒計算によれば、各弾性ゴム支承は0.3mの変形量を確保できることがわかっている。汎用構造解析プログラムTDAPIIIを用いて動的解析を行った。長周期帯地震動として、道路橋耐震設計におけるレベル2地震動（タイプI）のI-III-3波形を入力地震動に用いた。

(3) 解析結果

各ゴム支承の最大変形量とそのときのゴム反力を表-2に示す。橋脚基部の最大ゴム変形量は、最上部の最大ゴム変形量の約1.2倍となっており、せん断変形が構造物全体に分散されているといえる。

3. 耐力階層化吸収機構

(1) コンセプト

各セグメント内に段落しを設け、セグメント境界断面の耐力を階層化したものである。耐力階層化は橋脚軀

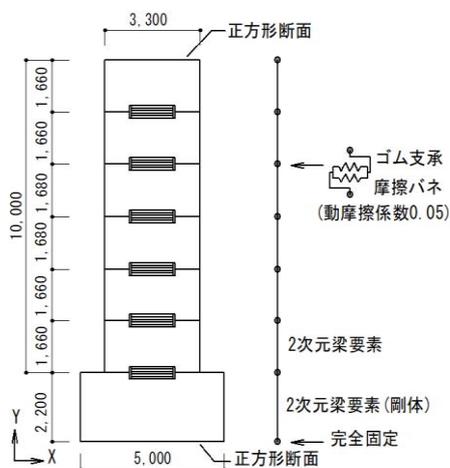


図-1 2次元解析モデル

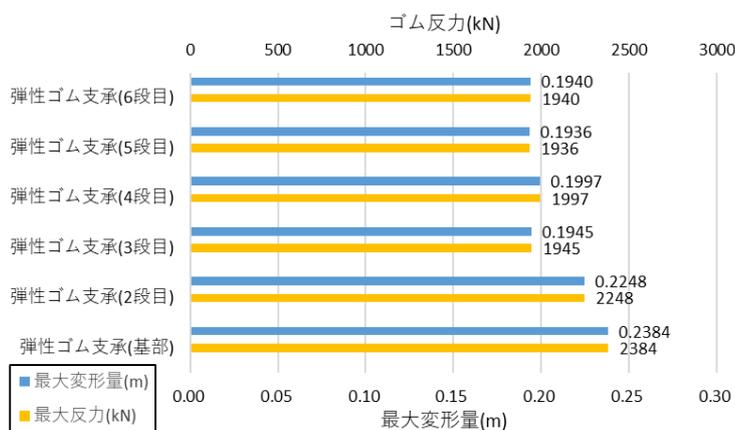


図-2 解析結果

キーワード マルチ変形吸収機構, せん断変形吸収機構, 耐力階層化吸収機構, プレキャスト PC 橋脚

連絡先 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL:022-795-7449 FAX: 022-795-7448

体上方のセグメント境界のロッキング変形を促すことを目的としている。鉄筋と PC 鋼材はアンボンド化し、ひずみ分布を一様化させる。これは変形性能を向上させるため、また、損傷を構造物全体に分散させエネルギー吸収を図るためである。地震時には鉄筋を降伏させ、PC 鋼材により復元特性を得ることを目的とする。地震後、損傷を受けたアンボンド鉄筋は抜き取り、新しい鉄筋を挿入することで橋脚の修復性を高める。

(2) 解析モデルと解析概要

図-3 に解析対象を、図-4 に 2 次元解析モデルを示す。セグメント境界部では、ロッキング現象を再現するため、X 軸方向には剛な水平バネ要素を、Y 軸方向には圧縮剛性 EA/2、引張剛性 0 の非線形バネ要素を使用した。軸方向鉄筋、PC 鋼材はファイバー要素で表した。またロッキング時の軸方向鉄筋の伸び出しを再現するため、質量 0 の剛な水平梁を用いて、ファイバー要素を剛性の大きい X 方向バネで拘束し、Y 方向は剛性 0 のバネ要素でアンボンド工法を表現した。上部構造重量は 5500kN とした。鉄筋は SD345 を用い、PC 鋼材は SWPR7BL 12S12.7 を使用し、導入プレストレス 400N/mm² は軸力に置き換え、PC 鋼材の応力ひずみ曲線は初期張力を考慮し、原点を移動させたものとした。汎用構造解析プログラム TDAPIII を用いてプッシュオーバー解析を行った。天端位置において漸増荷重を、ひずみ 10% となる鉄筋が発生するまで与えた。

(3) 解析結果

漸増荷重による変形の様子を表-5 に示す。水平荷重の増加とともに目開きが発生するが、更に荷重が大きくなると目開きが閉じる現象がみられる。鉄筋が降伏したことにより、その境界のロッキングバネの回転量が急激に増加すると同時に、セグメント間を貫くアンボンド鉄筋や PC 鋼材の圧縮力が増加する。これが目閉じの原因であると考えられる。

4. まとめ

せん断変形吸収機構は長周期帯のレベル 2 地震動に対して、転倒することなく構造物全体でエネルギー吸収できることが示された。耐力階層化吸収機構はロッキング現象を橋脚躯体上方のセグメント境界でも発生させることができると示された。耐力階層化吸収機構では、鉄筋の降伏を原因にセグメント間の目開きが閉じる現象が発生するため、変形状態は鉄筋の降伏する順番に依存すると考えられる。

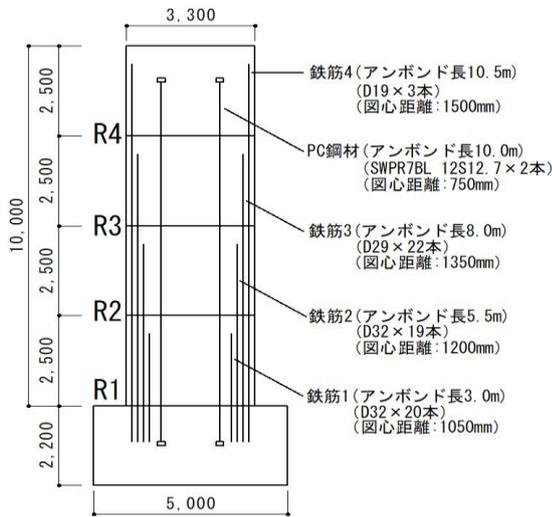


図-3 解析対象

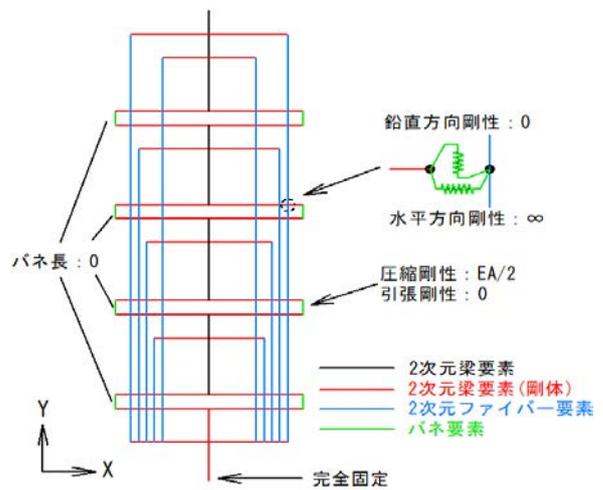


図-3 2次元解析モデル

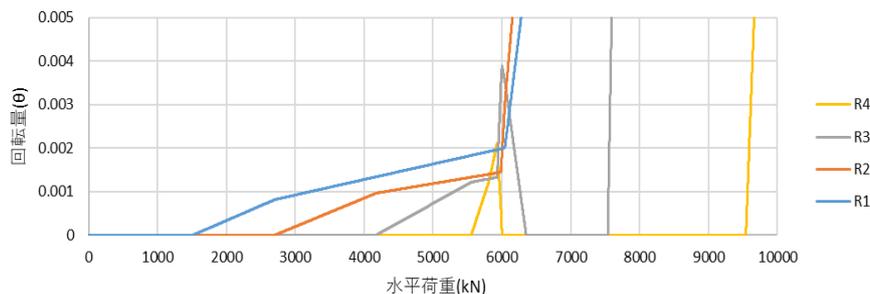


表-5 解析結果