

マルチセル型鋼製ダンパーの制震性能に関する有限要素解析

東京都立大学大学院工学研究科 学 ○ 佐藤 尚友
 東京都立大学大学院工学研究科 正 長嶋 文雄

1. はじめに

筆者等は、鋼製橋脚基部、充填コンクリート上に鋼製ダンパーを設置する制震システムを提案している。この位置にダンパーを置くことによって断面の急激な変化を緩和する働きも期待できる。本報告は、マルチセルタイプの鋼製ダンパーを用いたときの制震性能を三次元有限要素解析によって明らかにしたものである。

2. 三次元 FEM 解析

接触問題进行处理することのできる汎用有限要素法解析ソフト LS-DYNA を用いて橋脚基部に地震波を入力したときの地震応答解析を行い、より現実に近い状況での鋼製ダンパーの制震性能について検討することにした。L2地震動のⅡ種地盤上で観測された type1・2 の 2 種類の入力地震波を用い、ダンパーの有無を考慮して、計 4 ケースの解析を行った。以下にモデル化の際に用いた諸条件を示す。

2.1 解析モデル

5 径間連続合成桁橋を解析対象とし、この 1 径間部分を取り出した 1 本柱を図-1 に示すようにモデル化した。解析モデルは、「ウェブ」、「フランジ」、「リブ」、「ダイアフラム」、「上部工」、「充填コンクリート」、「ダンパー」により構成される。また、対称性を考慮して半断面をモデル化した。ダンパーを設置した場合の解析モデルの総要素数は 4774（総節点数：6223）である。時間刻みは概ね 2.0×10^{-6} sec で、解析に要した時間は、ダンパーがない場合で約 5 日間、ダンパーがある場合で約 2 週間であった。

2.2 鋼製ダンパー

鋼製ダンパーは、図-2 に示すように極低降伏点鋼を用い、厚さ 5mm、500×500mm の正方形パネルを 1unit とし、この unit を組み合わせることで形成される（幅厚比 100）。本解析では、パネルを縦 6 枚、横 4 枚奥行き方向に 3 枚配置した。せん断変形を抽出するために、曲げ変形を抑える目的で橋脚と天板の間を固定せず、台形断面を有する緩衝材を介して力が伝達するように設定した。また、緩衝材は、橋脚のウェブとフランジへの応力集中を緩和させる働きを有する。ダンパーの天板は、ダンパーの力を確実に橋脚に伝達できるように、またダンパーのせん断変形が効率よく抽出できるように剛性を高め、板厚を 50 mm と厚くした。パネル、側板、リブはシェル要素とし、基板、天板、緩衝材はソリッド要素とした。

2.3 解析パラメータ

「上部工」は総重量が 650tf となるように質量密度を調整した。せん断パネルユニットについては、図-3 に示すように、歪み速度によって変化する、トリリニア曲線で塑性歪み-真応力関係を表した。

キーワード：損傷制御設計、三次元有限要素解析、鋼製ダンパー、極低降伏点鋼

連絡先：〒192-039 東京都八王子市南大沢1-1 東京都立大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL:0426-77-1111 内(4531) FAX:0426-77-2772

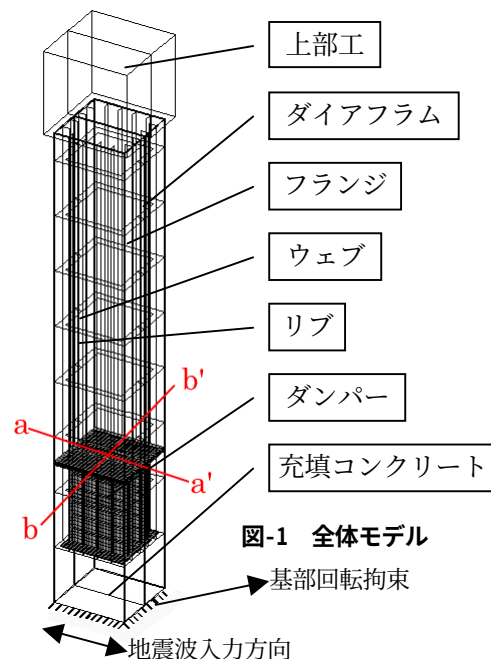


図-1 全体モデル

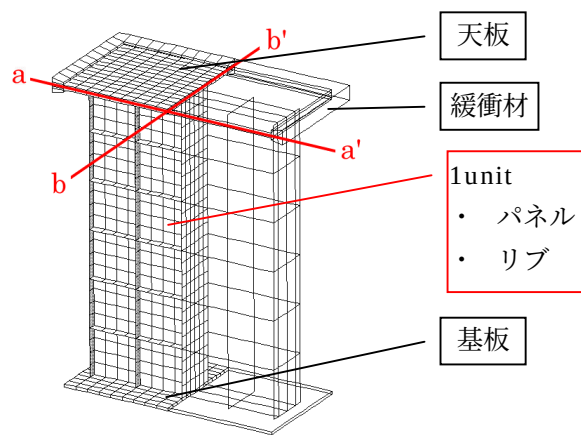


図-2 ダンパーの形状

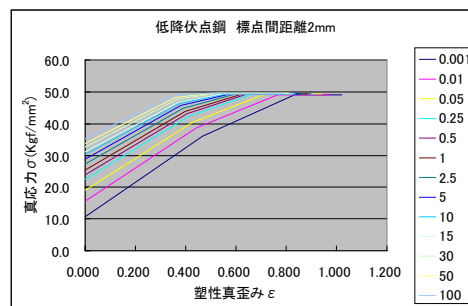


図-3 極低降伏点鋼の材料特性

3. 解析結果

橋脚天端の時刻歴応答変位を図-4に示す。プレート境界型地震の場合ダンパーを設置することで天端の変位が減少したが、内陸直下型の場合、変位の減少は極くわずかであり、増加するときも見られた。図-5に橋脚基部の応力分布（最大応力値を示した時刻におけるもの）を示す。鋼製ダンパーを設置すると、橋脚基部に集中する応力が緩和され、応力分布域が橋脚上部に広がることわかる。点で印した付近の要素の応力度を図-6に示す。プレート境界型地震の場合、ダンパーを設置することで著しい応力の減少がみられるが、内陸直下型の場合応力の最大値が若干減少した程度であった。これは、応力-歪み関係において塑性化が始まると、応力の変動が緩慢になるためでもある。塑性歪みの時刻歴を図-7に示す。プレート境界型地震ではダンパーを設置することで橋脚基部は弾性域に留まった。内陸直下型の場合、橋脚基部は塑性化するもののダンパーを設置することで塑性歪みが約25%減少した。フレーム要素を用いた有限要素解析でも同様の傾向が見られた。プレート境界型地震に対してダンパーはかなりの効果を発揮しているように見えるが、ダンパーを構成するパネルの履歴ループを見ると（図-8）、内陸直下型の方がプレート境界型よりも大きく、エネルギー吸収量はむしろ大きいことを示している。この理由としては、地震動の強度と周波数特性が大きく関与していると考えられる（詳しい検討は、関連論文にて、フレーム要素を用いた有限要素解析により行っている）。

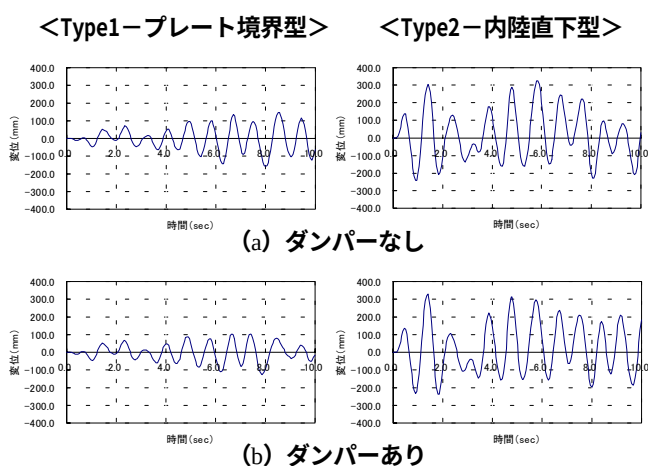


図-4 変位波形

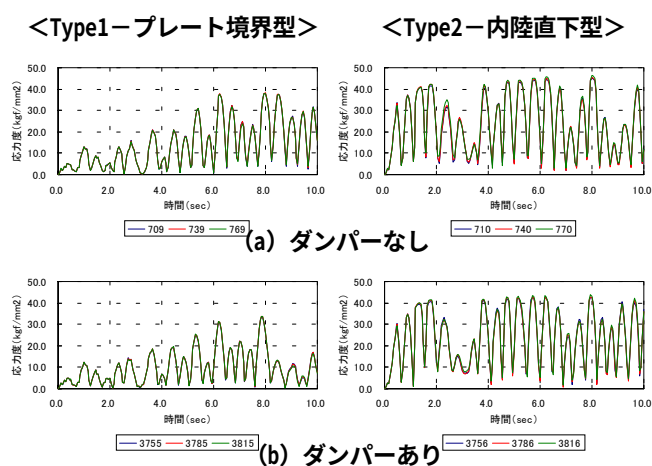


図-6 橋脚基部の応力度

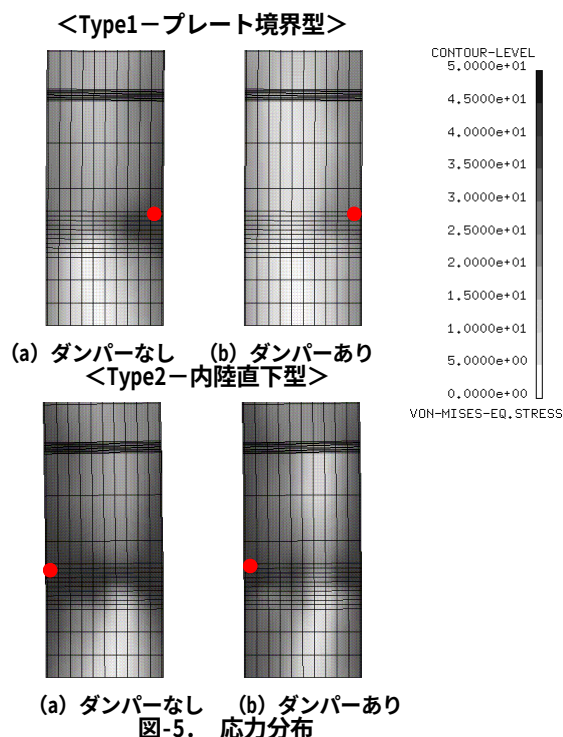


図-5 応力分布

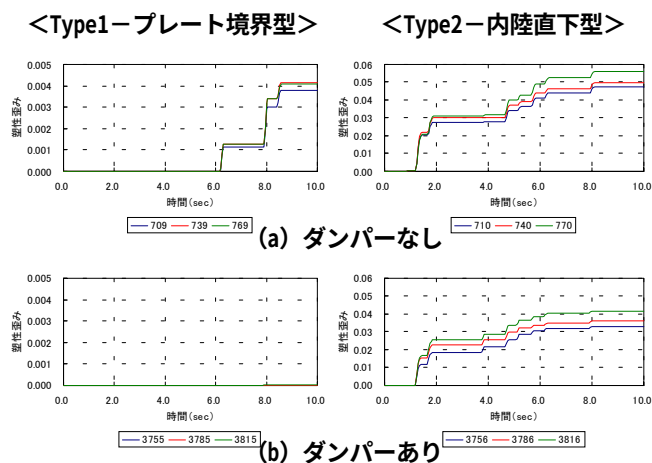


図-7 橋脚基部の塑性歪み

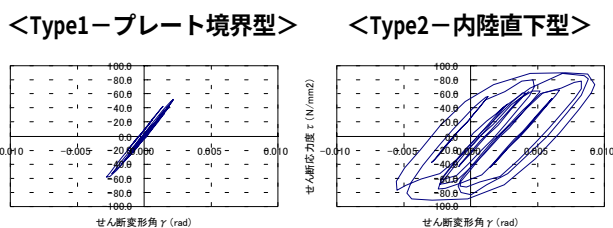


図-8 unitの履歴ループ

4. まとめ 三次元有限要素解析により鋼製サイミックダンパーの制震効果について検討した結果、フレーム要素を用いて算定された結果とほぼ同様の結果が得られ、鋼製サイミックダンパーの適用性を示すことができた。