

第 I 部門 制震ダンパーの橋桁取付部に関する FEM 解析

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○澤田 あおい
 京都大学大学院工学研究科 正会員 植村 佳大
 京都大学大学院工学研究科 正会員 高橋 良和

1. 研究背景と目的

近年、日本では大規模地震発生時に橋梁用制震ダンパーの損傷被害が複数報告されており、その被害は特にダンパー取付部に集中して発生している。これらの取付部に関して、独自の設計基準が定められていないという問題点があり、設計時に落橋防止構造の設計基準¹⁾が転用されているという現状がある。設計基準の欠如ゆえに設計時には応力照査のみが行われ、変形挙動が考慮されていないことが先に述べた損傷につながっている可能性が指摘されている。

そこで本研究では、橋梁用制震ダンパー取付部とその裏面補強材に関する FEM 解析を行い、設計において変形挙動を考慮することの妥当性を評価する。

2. 対象構造物と簡易化モデル

(1) 対象構造物

本研究の対象構造物は宮城県仙台市に位置する仙台東部道路(国道6号)に架かる阿武隈橋の制震ダンパー取付部とその裏面補強材である。本橋はその立地から、2011年に発生した東日本大震災の際におよそ震度6強に相当する強い地震動を受けたとされている。対象構造物の概略図を図-1に示す。平成7年の兵庫県南部地震においては、複数の橋梁が倒壊等の被害を受けており、これらには昭和55年以前の道路橋示方書に基づいて設計されたものが多数含まれていた。本橋もその旧基準により設計され、かつその設置区間が緊急輸送道路に該当していることから、耐震補強計画の対象橋梁とされた。本研究ではその際の国土交通省による耐震設計計算書²⁾を元にモデル化を行った。

(2) 構造力学的簡易化モデル

本節では、制震ダンパー取付部の変形挙動の解析的検討を行うため、その妥当性確認の比較対象として計算書の設計条件に基づいた構造力学的簡易化モデルを作成する。ここではダンパー取付部を片持ち梁とし、部材はすべて弾性梁とした。ここでダンパー取付部の載荷点における原位置からの変位 δ を以下のように求める。

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 \quad (1)$$

ここで、

δ_1 : 片持ち梁としての変位

δ_2 : 水平裏面補強材の中央の回転による変位

δ_3 : 鉛直裏面補強材の変形による、

鉛直裏面補強材と水平裏面補強材の接合点に

おける部材の沈み込み・浮き上がりによる変位

計算の結果、 $\delta_1 = 0.785$ [mm]、 $\delta_2 = 0.769$ [mm]、 $\delta_3 = 0.364$ [mm] と求まる。式(1)を用いて求めたダンパー取付部の載荷点での変位 δ は1.918 mmである。このように地震力の載荷によってダンパー取付部に変形挙動が見られ、応力に着目した設計照査のみでなく変形挙動についての考慮の重要性が示された。

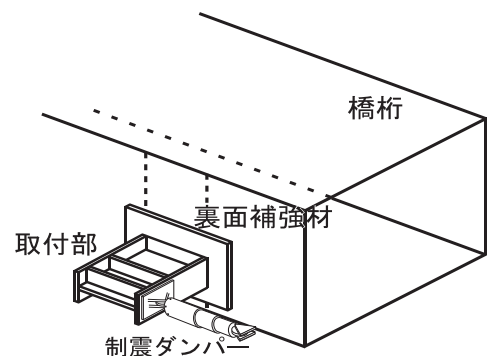


図-1 対象構造物の概略図

3. FEM 解析を用いた変形挙動の検討

本章では、地震荷重載荷時の制震ダンパー取付部とその変形挙動について、統合有限要素解析ソフト Abaqus を用いた FEM 解析とその検討を行う。

(1) FE モデルの作成

本モデル化は耐震設計計算書²⁾に記載の設計図をもとに行う。2.(2)と同様、部材は弾性挙動を示す鋼材とし、ヤング率 E は $2.05 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$ 、ポアソン比を 0.3 とする。耐震設計計算書²⁾に記載の通り、地震力 P は 1950 kN とした。取付部の先端に取り付けられた制震ダンパーに関し、本検討では簡略化のためにモデル化を省略した。境界条件については、実構造物の鉛直裏面補強材の上端部 300 mm の切り欠きの該当端部のみピン支持、その他端部は全て固定端とした。

(2) FEM 解析とその結果

3.(1)で作成した FE モデルを用いて FEM 解析を行った結果のうち、本稿では水平方向変位に対応する U1 方向の結果について注目し、その結果を図-2 に示す。この図より、取付部の載荷点における変位 δ は 5.550 mm である。これは 2.(2)で検討した簡易化モデルにおける取付部の同位置における変位と比べ約 3 倍の変形を示しており、構造物の中で想定した抵抗特性を示していない要素の存在が示唆される。

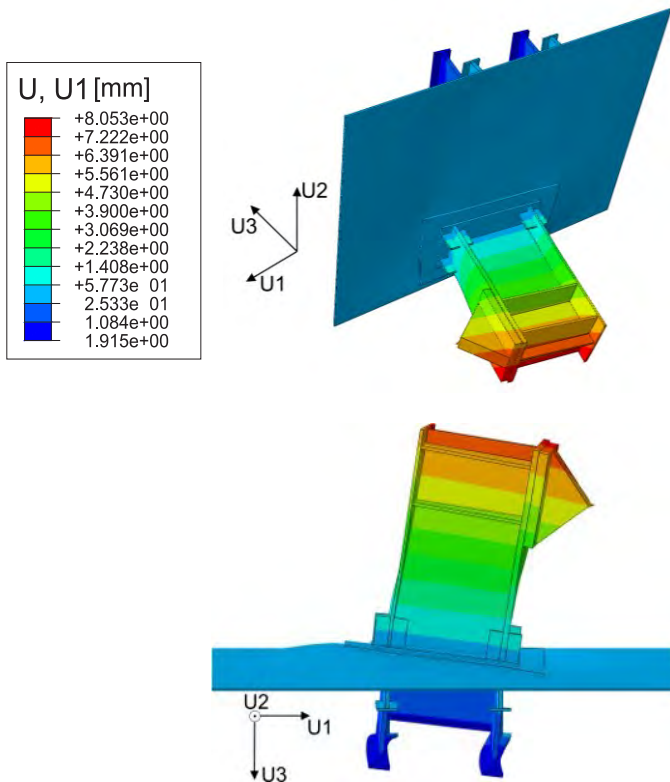


図-2 解析結果 (U1 方向)

変形挙動について、本解析で得られた取付部の変形性状をふまえた検討結果を以下に示す。まず、簡易化モデルでは取付部が片持ち梁的な変形挙動を示すとした上で照査をおこなっているものの、本解析ではより直線的な変形挙動が得られた。また、取付部が取り付けられた橋梁の桁に関し、裏面補強材外側の桁部分に大きく変形がみられた。これらの検討結果より、現行の設計調査では組み込まれていない変形挙動に関する検討の重要性が指摘される。またこの変形に関し、裏面補強部材の補強幅が狭く、入力した地震荷重に対して十分に抵抗できていない可能性が考えられる。

4. 結論

本研究では、橋梁用制震ダンパー取付部の設計に変形挙動の考慮を追加することの重要性を示すため、ダンパー取付部とその裏面補強材に対する FEM 解析を行った。また、比較を目的とした構造的簡易化モデルを作成し、阿武隈橋の制震ダンパー取付部実構造に即したモデルとの解析結果の比較を行った。検討結果から、実構造ではダンパー取付部が変形挙動を示しており、現行の裏面補強材では地震荷重に対して適切な抵抗を示していないことが示唆された。

謝辞：本研究の一部は国土交通省の道路政策の質の向上に資する技術研究開発「制振ダンパーを有する橋梁における三次元ダンパー部材抵抗と橋全体系応答性状の把握」と、科学研究費補助金基盤研究(B)25K01316 の助成を受けて実施した。謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本橋梁建設協会：落橋防止システム設計の手引き（改訂版），pp. 34-92，2010.
- 2) 国交省東北地方整備局仙台河川国道事務所，株式会社復建技術コンサルタント：阿武隈橋耐震設計業委託 P3 橋脚及び P6 橋脚部 耐震設計計算書，2006.