

極軟鋼せん断パネルの等方硬化による機能分散型免制震橋の地震応答の影響

○埼玉大学 正会員 党 紀
 埼玉大学 非会員 Bidha L. Joshi
 日本鑄造(株) 正会員 石山 昌幸

日本鑄造(株) 正会員 山崎 信宏
 日本鑄造(株) 正会員 原田 孝志
 日本鑄造(株) 正会員 染谷 優太

1. はじめに

2011 年東日本大震災以降では、巨大地震の予知が非常に困難であることが再認識された。近年ではこのような認識に基づき、橋梁等構造物の耐震設計におきましては、想定を超えた大地震が発生した場合、どうすれば災害を低減できるかについて考え始めている。社会基盤の「レジリエント」(Bruneau, 2006)と「危機耐性」(室野, 2013)の概念についての検討がなされており、これらの概念の実装として、従来に桁端部の免震ゴム支承に集中した損傷、劣化リスクを複数のデバイスに分散する機能分散型免制震橋が提案されている(党, 2016)。そのうち、大地震時にほかの部材より犠牲部材として先に破壊するデバイスとして、安価で取り替えしやすい鋼製せん断パネルを用いることが理想的である。その製作材料として、塑性領域の靱性が優れた軟鋼(LY225)または極軟鋼(LY100)を使用するが多い。これらの軟鋼せん断パネルダンパー(LSD)は最初载荷されるサイクルの出力荷重が低く、繰り返し载荷とともに応力等方硬化の効果でエネルギー吸収能が安定していく特性があります。本研究はこのような履歴特性が橋梁構造の地震応答に与える影響を調べるため、等方硬化を考慮した復元力モデルを用いて、このような効果有無による SDOF モデルまた MDOF モデルの地震応答の相違を比較する。これらの解析結果により耐震設計上に効率的な解析方法を検討する。

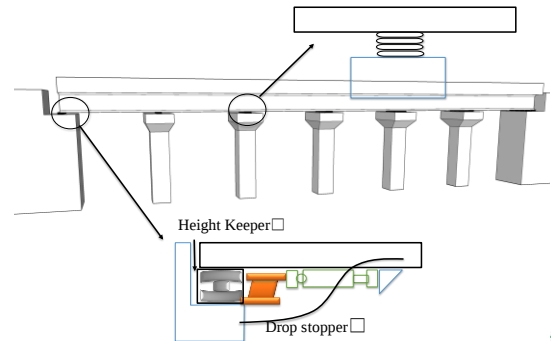


図-1 機能分散型免制震橋の概要

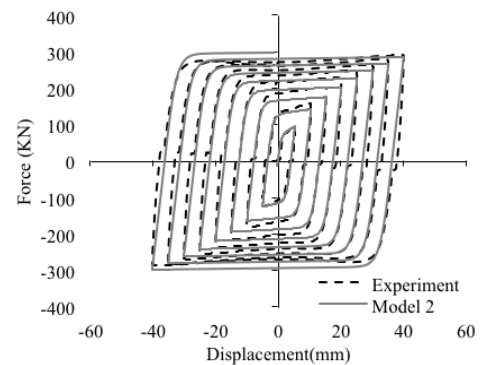


図-2 提案復元力履歴モデル

まず、LSD の復元力履歴関係を Bouc-Wen モデルとして計算することを基本とする。ただし、その降伏荷重を計算ステップごとに下記の 2 つ通りの方向で更新する。

$$f_y = f_{y0} \left(1 + a(1 - e^{-bCDR}) \right) \quad (1)$$

$$f_y = f_{y0} \left(1 + aCDR^b \right) \quad (2)$$

式(1)で表す硬化則を用いる場合、以下では Model1 と呼び、は葛らが提案した混合硬化則に用いたれた式で、ただ変数を真ひずみからより簡単な累積変位比(累積変位と破壊までの最大累積変位の比率)に入れ替わっただけである。式(2)で表す硬化則を用いる場合、以下では Model2 と呼び、式(1)より少し改良

2. 軟鋼製せん断パネルダンパーの等方硬化

ここでは極軟鋼(LY100)せん断パネルダンパー(LSD)を用いた場合の機能分離型免制震橋を考える。LSD の復元力は従来の実験結果から図-2 に示すように、载荷とともに復元力の上限值、すなわち切片荷重が強化されることが見られる。本研究ではこの現象を 2 種類の式でモデル化する。

キーワード 機能分散, 危機耐性, 性能設計, 免制震, 損傷制御, リスク分散

連絡先 〒338-8579 埼玉県さいたま市桜区下大久保 2 5 5 埼玉大学大学院 理工学研究科 TEL 048-858-3552

そして単純化したものである。Model1 と 2 とともに応力硬化を再現できるが、その一例を図-2 に示す。

それぞれの復元力履歴モデルを用いて、簡単な 1 自由度モデル(SDOF)で地震応答解析の結果の一例を図-3 に示す。等方硬化のないバイリニアモデルに比べ、等方硬化を考慮したモデルの応答変位がやや大きい結果となっている。現行道路橋示方書に勧められた耐震設計用レベル 2 の 18 書類の地震波を用いた解析結果を図-4 に示す。2つのモデルが同じ結果を示しており、等方硬化により、SDOF モデルの応答が平均約 2 割増やしている。これは LSD の初期荷重が低くなっている結果と思われる。したがって、SDOF モデルにおいて、等方硬化を省略した結果、応答変位を過小評価する傾向が見られる。

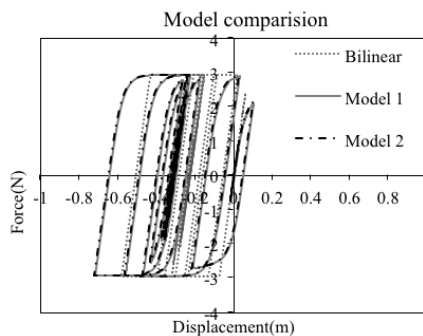


図-3 等方硬化復元力法則による応答変位の差

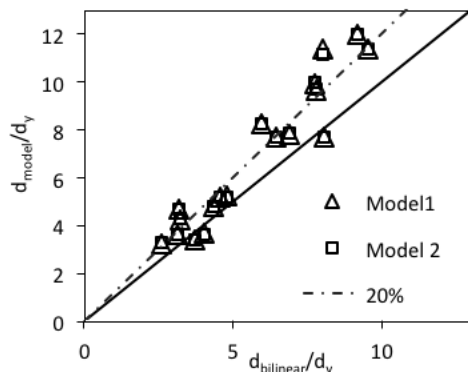


図-4 等方硬化による最大応答変位の変化

3. 機能分散型免制震橋の解析結果

図-1 に示す桁、橋脚、橋台、ダンパー、ゴム支承(HDR)で構成する構造を複数の質点とバネで構成する MDOF モデルで地震応答解析を行う。そのうち橋台と桁を繋ぐ部分では、LSD と非ニュートン流体材料を用いる速度依存型シリンダーダンパーで繋ぐハイブリッド制震であり、ここでは地震動で動かすときに、シリンダーダンパーがロックして、LSD のみが作動すると仮定する。

応答解析結果の一例を図-5 に示す。HDR バネや、橋脚、橋台バネの存在より、LSD の応答挙動が多方面からの要因を受け、より複雑となるが、等方硬化による LSD の応答変位がやや大きくなっている。

なお、全ての 18 ケースの結果を図-6 にまとめ、全体的に等方硬化による応答変位の変化は SDOF よりかなり少なく、平均的に等方硬化による応答変位の値には多少ばらつきがあるもので、応答が過小評価した傾向が明らかではない。

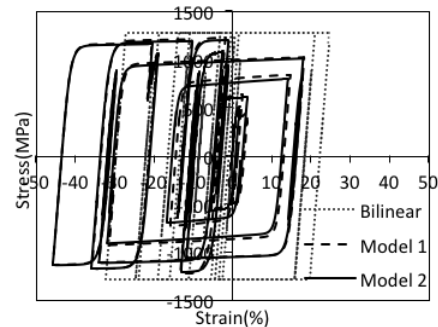


図-5 MDOF モデルによる解析結果

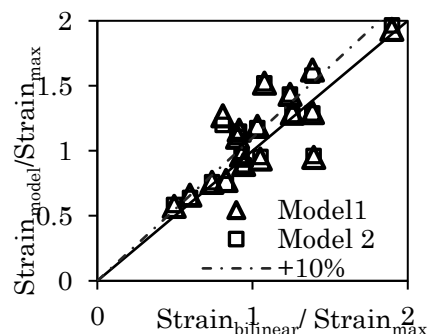


図-6 最大応答における比較

4. まとめ

以上の結果より、SDOF において、等方硬化による変位増大が見られるが、機能分離型免制震橋の地震応答に与える影響が少なく、簡便に安全率などを設定すれば、現行方法でも耐震性能を評価できると思われる。

参考文献

- 1) Michel Bruneau ,Andrei Reinhorn : Overview of the Resilience Concept, Pro. 8th U.S. NCEE, 2006.4
- 2) 室野剛隆 : 危機耐性の導入と耐震設計のバランス, 第 16 回性能シンポ特別講演,2013.7
- 3) 党, 金井:危機耐性と経年劣化を考慮した機能分離型免制振橋, 第 19 回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演概要集, 2016.7