

鋼上部構造へのせん断型ダンパー・ブレースの適用性の検討

岐阜大学大学院 学生会員 ○岩田 隆弘
岐阜大学 正会員 木下 幸治

1. はじめに：鋼上部構造内部，すなわち対傾構などの二次部材へのダンパー・ブレースの適用は，そのエネルギー吸収効果により上部構造の慣性力低減に繋がる．これにより，橋梁下部構造に作用する地震力を低減でき，橋梁下部構造に作用する地震力を低減することができ，橋梁構造物全体の高耐震性能化を実現できると考えられる¹⁾．ダンパー・ブレースとしては，座屈拘束ブレース等がこれまでに研究されているが，部材長の短い対傾構への適用はその効果を十分に発現できるとは言い難い．一方，軸方向力をせん断力に変換するダンパー（以下，せん断型ダンパー・ブレース）が既往の研究²⁾で検討されている．せん断型ダンパー・ブレースの対傾構への適用は，これらの課題を解決できると考えられ，また既設構造物への適用も容易であると考えられる．本研究は，鋼上部構造へのせん断型ダンパー・ブレースの適用性を検討することを目的とし，著者らがこれまでに構築した力学モデルとファイバー解析を用いて，現行の道路橋示方書に基づいて設計された通常の対傾構との比較を通して適用性を検討する．

2. せん断型ダンパー・ブレース：図-1 に既往の研究で提案された試験片²⁾を示す．この試験片は，試験片中央部に向かいスリットを設けてることにより，せん断変形を発現させる仕組みとなっている．既往の研究では，この試験片で漸増繰返し载荷を行っており，図-2 に示す様に，非常に安定した履歴ループを描いている．この時，せん断応力 τ は荷重 P をせん断変形部の断面積で除した値で求められ，また，せん断降伏応力は，Von Mises のせん断ひずみエネルギー説より，降伏応力を $\sqrt{3}$ で除した値で求まる．本研究では，この試験片をダンパー部としたダンパー・ブレースについて検討を進め，ダンパーの荷重変位関係は既往の実験結果（図-2）を使用する．

3. 対象とする鋼上部構造：鋼上部構造の図面を図-3 に示す．本研究でベースとする鋼上部構造は，これまでの著者らの研究で参考としてきた既往の文献の大型試験体³⁾（実構造スケールの 0.42 スケール）とする．大型試験体は，コンクリート床版を有する鋼 I 桁 3 主桁の橋軸方向から一部を抜き出したものである．この大型試験体の設計元（実大構造）の鋼桁とコンクリート床版の諸元より，現行の道路橋示方書に基づき対傾構を設計した．また，ダンパーの適用法は，既設構造物への補修などを考慮し，対傾構中央部に取り付ける方法とする．対傾構の設計の結果，一辺 60mm，板厚 6mm（実構造スケールで，一辺 150mm，板厚 15mm）となり，非常に大きな断面を持つ対傾構となることが分かる．そのため，後述するが，ブレースの降伏荷重が非常に高くなり，ブレース材によるエネルギー吸収が困難である．

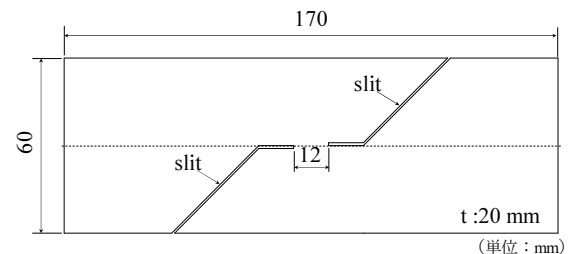
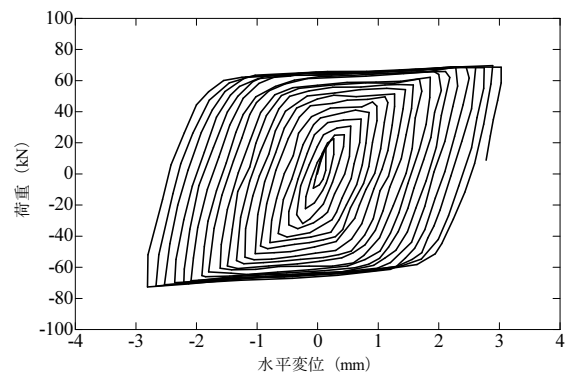
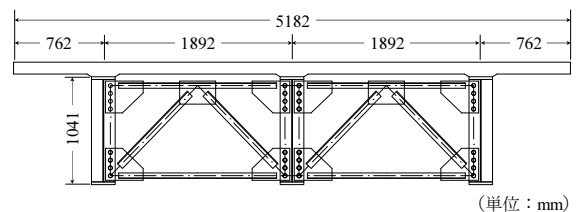
図-1 既往の研究の試験片²⁾図-2 試験片の荷重変位関係²⁾

図-3 鋼上部構造の図面

キーワード 鋼上部構造，ダンパー・ブレース，力学モデル，ファイバー要素解析

連絡先 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1番1 岐阜大学 TEL 058-230-1111

4. 力学モデルを用いたせん断型ダンパー・ブレースの効果

の検討: 図-4 に著者らがこれまでに構築した大型試験体の力学モデルを示す。本力学モデルは、フレームの変形挙動を図-5 と仮定し、鋼上部構造の橋軸直角方向の構造をラーメン構造として仮定し、たわみ角法を用いて剛性を算定している。また、図-6 にブレース材の仮定する変形挙動を示す。ブレースにダンパーを付与させた場合の剛性は、フレームとブレース材の総和で算出できる。ダンパー部とブレース部の等価剛性は、次式で示される。

$$K = \frac{1}{1/K_{brace} + 1/K_{damper}} \quad (1)$$

表-1 に力学モデルより算出した結果を示す。結果より、せん断ダンパー・ブレースとした場合、せん断降伏が先行するがゆえに、通常対傾構に比べて非常に小さい荷重で降伏し、载荷初期の段階からのエネルギー吸収効果が十分に期待できると考えられる。

5. ファイバー要素解析を用いたせん断型ダンパー・ブレース

の効果の検討: 図-7 にファイバー解析モデルを示す。本解析モデルは著者らがこれまでに構築した鋼上部構造大型試験体のファイバー解析モデルにブレースを付与したものである。本解析モデルでは、橋軸直角方向にファイバー要素を用いる。ダンパー部は、ブレース中央に二重節点を設け、その節点同士をばね要素で接続することにより、モデル化することとした。载荷方法は、漸増型繰り返し载荷で、各2サイクル行っている。試験中の载荷は、変位制御で行い、主桁高さに対する水平変位 δ (mm) の割合を Drift 率 (%) とし、1.0%までは $\pm 0.25\%$ ずつ、2.0%までは $\pm 0.5\%$ ずつ、それ以降は $\pm 1.0\%$ ずつ変動させている。図-8 に通常対傾構を設置した解析結果と、せん断型ダンパー・ブレースを設置した解析結果を示す。解析の結果、通常対傾構を付与した場合では、载荷初期で最大耐力を迎え、その後は耐力低下をするのに対し、せん断型ダンパー・ブレースを設置した場合では、安定した履歴曲線を描いている。このことから、せん断型ダンパー・ブレースを対傾構に設置することにより、そのエネルギー吸収効果が期待できると考えられる。

参考文献：1) Lyle P. Carden, Ahmad M. Itani and Ian G. Buckle : Seismic Performance of Steel Girder Bridges with Ductile Cross Frames Using Single Angle X Braces, Journal of Structural Engineering, ASCE, pp.329-337, 2006. 2) 古庄龍悟, 休場裕子, 三木千尋 : 極低降伏点鋼のせん断特性に関する研究, 土木学会第 55 回年次学術講演会, I-B164-165, 2000. 3) Bahrami, H., Itani, A. and Buckle, I. : Guidelines for the seismic design of ductile end cross frames in steel girder bridge superstructures, Center for Civil Engineering Earthquake Research, UNR, Report No. CCEER 09-04, 2010.

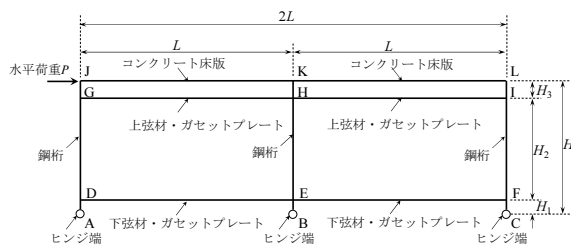


図-4 上部構造の力学モデル

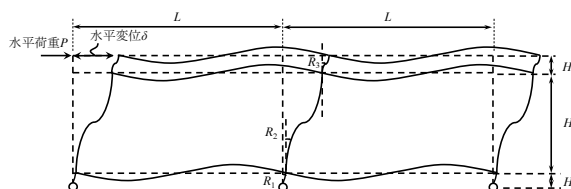


図-5 仮定する変形挙動

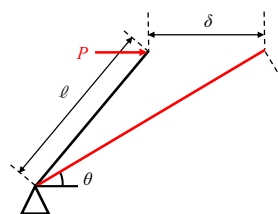


図-6 仮定するブレース材の変形挙動

表-1 力学モデルによる計算結果

	初期剛性 (kN/mm)	ブレース材降伏荷重 (kN)
通常対傾構	217.5	301
せん断ダンパー ブレース	171.5	19.0

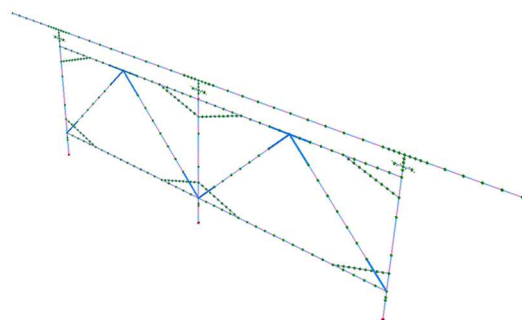


図-7 ファイバー解析モデル

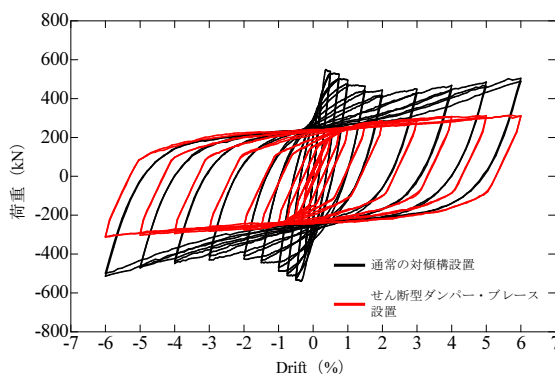


図-8 解析結果