

鋼構造物に適用されるせん断パネルダンパーの要求性能に関する研究

新日本製鐵株式会社 正会員 松井 延行

名城大学 正会員 葛 漢彬

1. まえがき

近年、土木鋼構造物の耐震性向上策として、制震デバイスの設置が注目されており、本研究では、その中の、せん断パネルダンパー（SPD）に着目している。SPD 単体の力学的特性は実験的、解析的検討により徐々に明らかになってきているが、実構造物に適用した際に、SPD の応答および SPD が構造物に及ぼす影響に関する定量的な評価を行った研究は少なく、特に SPD を構造物に適用する際にどの程度の性能を持たせるべきか（要求性能）といったことについての研究は十分ではない。本研究は、要求性能値として必要変形量（平均せん断ひずみ）および、低サイクル疲労防止を考慮した必要累積塑性ひずみを調べたものである。そのため、様々なパラメータをもつ SPD を構造物に設置し、地震応答解析を行った。

2. SPDを用いた制震構造の解析モデル

本研究では、図-1(a)に示すようなSPDと支持ブレースを直列に結合した減衰デバイス（以下、SPDデバイス）を1層鋼製ラーメン橋脚（以下、主構造）に適用したケースを用いる。橋脚には表-1に示すような高さ、幅の異なる3つのモデルを用いた。さらに、解析の簡便化のために、図-1(b)に示すようにSPDを2つの水平トラスと1つの垂直ばねから成る3つの要素を用いてモデル化した。この簡易なモデルは、詳細にモデル化した場合と比較して、その妥当性が証明されている¹⁾。図に示すように、それぞれの要素は主構造とローラで結合し、独立に可動するようになって

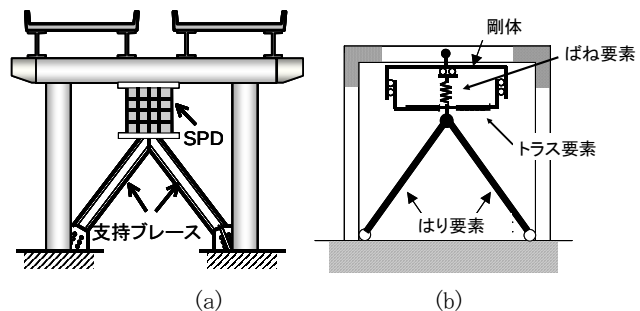


図-1 SPD を適用した橋脚のモデル

表-1 ラーメン橋脚モデル

モデル名	高さ(m)	幅(m)
FA	12	12
FB	18	12
FC	12	18

いる。2つの水平トラスは、水平方向荷重を受けるSPDのせん断力-せん断変位関係を模擬し、その荷重-変位関係に、SPDの繰り返し弾塑性挙動を模擬できる混合硬化則型復元力モデルが適用される。この水平トラスは、SPDに発生する鉛直方向の力を表現できないため、垂直ばねによって軸剛性を表現している。垂直ばねは弾性部材と仮定している。一方、支持ブレースはり要素B23によってモデル化し、10要素に分割した。また、入力地震動として道路橋示方書に推奨されているⅡ種地盤用レベル2タイプⅡ地震動の、JR鷹取駅観測地震動（EW成分）、同地震動（NS成分）、大阪ガス葺合供給所観測地震動の3波を用いた。

3. 解析結果

SPD デバイスを適用した構造物に対して地震応答解析を行う上で、主構造および SPD デバイスの応答特性を比較・検討するために、材料および寸法を含めた幾何学的諸量から定まる以下のようなパラメータを用いた。

$$\alpha_F = \frac{\text{SPDデバイスの降伏荷重 } F_{y,d}}{\text{主構造の降伏荷重 } F_{y,f}}, \quad \alpha_K = \frac{\text{SPDデバイスの初期剛性 } K_d}{\text{主構造の初期剛性 } K_f} \quad (1),(2)$$

キーワード：せん断パネルダンパー、地震応答解析、要求性能

連絡先（〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501・電子メール：gehanbin@ccmfs.meijo-u.ac.jp）

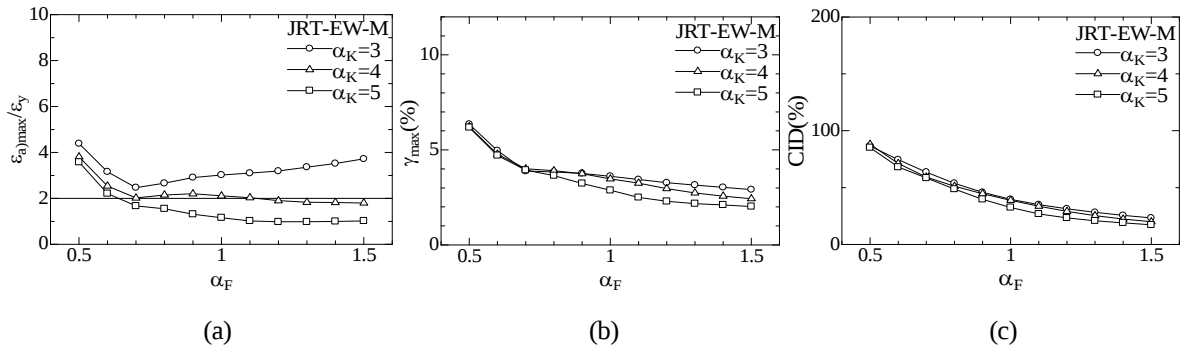


図-2 地震応答解析結果

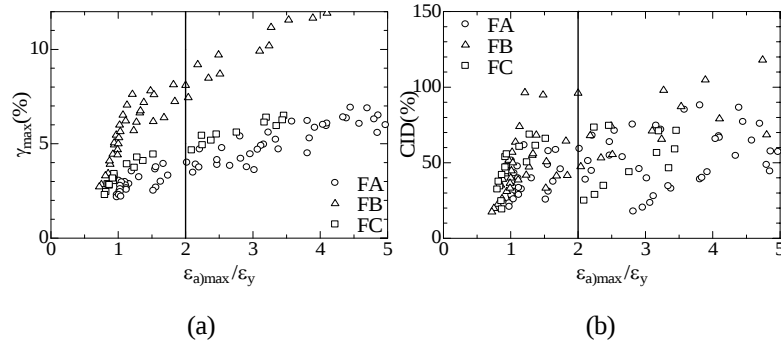


図-3 要求性能の算出

本研究では、降伏耐力比 α_F を0.5～1.5、剛性比 α_K を3～5まで変化させたときの主構造および、SPDの各種応答について検討した。図-2(a)は横軸に降伏耐力比 α_F をとり、縦軸に有効破壊長領域の平均応答圧縮ひずみの最大値 $\varepsilon_{a,max}$ を降伏ひずみ ε_y で除したものをとっている。なお、グラフ中の横線は、主構造の応答低減目標値 $2\varepsilon_y$ を示している。図-2(a)によると、 α_F および α_K が増加すると、応答が低減する傾向があるが、 $\alpha_F=0.7$ を超えたあたりから低減傾向が緩やかとなる。これは、SPDに必要な以上の強度を持たせても意味がないことを示唆している。次に、SPDの応答を図-2(b), (c)に示す。図-2(b)はSPDの平均せん断ひずみの最大値を示したものであり、図-2(c)は塑性せん断ひずみ成分の累積値(CID)を示したものである。これを見ると、降伏耐力比が大きくなればなるほどSPDの応答が小さくなる傾向を示すことが分かる。また、剛性比 α_K の影響に関しては、平均せん断ひずみでは若干変動するケースも見られるが、累積量で見ると、剛性比によらずに様な傾向を示している。

次に、3つの地震動を用いた解析結果を総合して、必要変形量および、必要累積塑性ひずみを算定した。算定にあたっては、主構造の部材健全度2(有効破壊長領域が $2\varepsilon_y$ 以下)を満足した場合の平均せん断ひずみおよび累積塑性ひずみの最大値をそれぞれ、必要変形量、必要累積塑性ひずみとして設定する。図-3(a)に平均圧縮ひずみの最大値と平均せん断ひずみの関係をプロットしたものを示す。同様に、累積塑性ひずみをプロットしたものを図-3(b)に示す。これを見ると、FBが最も必要変形量が大きく8%程度となり、FA、FCはともに4%程度となった。累積塑性ひずみではFBが100%程度となり、FAが60%、FCが70%程度となった。

4. あとがき

構造形式によって違いが見られるが、本研究で得られた結果に基づき、余裕度(1.5倍)を考えた場合、SPDの要求性能は平均せん断ひずみが12%、累積塑性ひずみが150%になることが分った。

参考文献

- 葛漢彬, 陳之毅, 宇佐美勉(2007): せん断型ダンパーによる鋼橋の制震効果に関する研究, 第10回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集。
- 葛漢彬, 日沖聖治, 宇佐美勉(2005): 鋼アーチ橋に設置した座屈拘束ブレースの応答値, 土木学会地震工学論文集, 2005.3.