

円孔を設けた帯鋼板の制震性能に関する基礎的実験

名城大学 学生会員 垣内 一輝

名城大学 正会員 渡辺 孝一

1. 目的

兵庫県南部地震にみられるような大地震の経験から、主要幹線道路に架設されている橋梁構造物には、地震後のライフライン確保のための安全性に加え、使用性能が要求される。そのため近年では、主構造の損傷を最小限に留め、地震時のエネルギーを吸収、あるいは分散させる制震部材としての制震ダンパーなどの研究・開発が盛んに行われ、施工実績もいくつかある。

本研究では、普通鋼板に円孔を設け、鋼板に荷重を加えた際の応力を円孔部に集中させ、そのエネルギー吸収量を測定した。3種類の円孔で比較を行い最適な断面欠損率を検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

供試体は、図 - 2.1 に示す形状で、図 - 2.2 に示してある制震部材1体を図 - 2.3 に示してある補償部材2体で両側から挟み込むように組み合わせ、6角高力ボルト(M22, 強度等級 F10T)を用いて固定したものである。図 - 2.4 のように供試体の両端に引張、圧縮荷重が載荷することにより、制震部材の中央に設けた断面欠損部に荷重が応力集中し、エネルギーを吸収する構造である。制震部材は主に中央の円孔付近でエネルギーを吸収し、補償部材は制震部材が機能を失った際に部材としての機能を補償するものである。

部材を固定する為のボルト径は $\phi(=24.5\text{mm})$ で明けた。制震部材中央に設けた孔は 26mm (以下、D26 と記す) が最も理想とされる直径であり、ボルト孔より大きい直径の場合を考慮して 22mm (以下、D22)、直径の大きい場合と比較する為に 30mm (以下、D30) の 3 種類を用意した。

供試体には、SS400 材をショットブラストによって素地調整したものを使用した。

補償部材の曲げ加工は、割れが発生しないように曲率半径を板厚の 15 倍(90mm)となるようにした。凸部の高さは板厚の 3 倍となるよう加工した。これによって供試体の制震部材に作用する軸方向力に対して制震部材の軸方向剛性が無視できるほど小さくなるようになる。

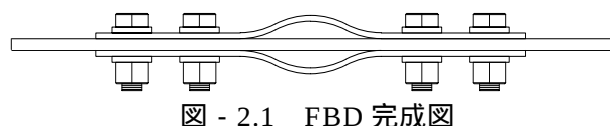


図 - 2.1 FBD 完成図

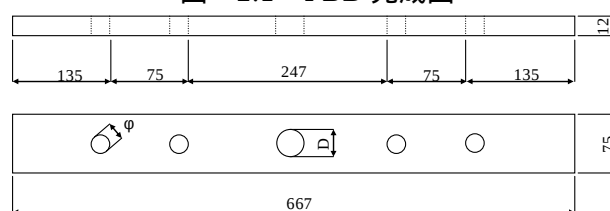


図 - 2.2 制震部材寸法

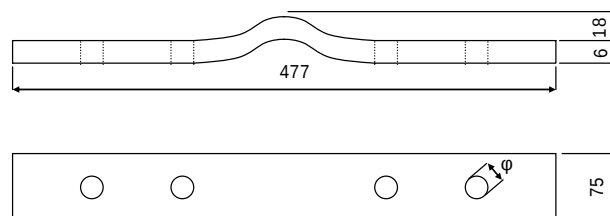


図 - 2.3 補償部材寸法 unit(mm)



図 - 2.4 供試体の載荷状況

キーワード 制震ダンパー, 実験, 断面欠損, 応力集中

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1 丁目 501 番地 TEL(052)832-1151(代表)

2.2 実験方法

実験装置は MTS 社製堅型サーボアクチュエーター(最大加力 500kN ,ストローク±75mm ,変位制御精度 1/100mm 以上)を使用し,図 - 2.4 のように供試体を完全固定した状態での変位制御で単調引張,単調圧縮,漸増交番载荷の試験を各 3 体,計 9 体行った。応力集中部のひずみを測定するために図 - 2.5 に示すように制震部材の中央部,補償部材の中心位置の表裏にひずみゲージを貼り,π 型変位計を図 - 2.6 のように制震部材中央部の 150mm 区間に設置した。そして,それぞれから得られる値をモニタリングしながら試験を行った。ひずみゲージは 3 線式塑性域ゲージ(YFLA-5-11),π 型変位計は測定範囲±5mm,分解精度 1/6000mm である。

漸増交番载荷試験に用いた降伏変位 δ_{ys} は,材料試験から導いた降伏応力 σ_y を応力集中係数 α で除し,安全率を考慮した降伏応力 σ_{ys} から算出する。なお, σ_{ys} を材料試験から導いた ε_y で除し,π 型変位計の測定区間である 150mm を掛けた値が δ_{ys} となる。

応力集中は,ある板幅 w の鋼板に直径 d の円孔を設け,部材長さ方向に荷重を加えた際に発生するものである。板幅が有限幅の場合, $\alpha = 2 + \{(w-d)/w\}^3$ より算出できる。また,板幅が無限の場合は応力が 3 倍になる。

3. 実験結果

制震部材が面外方向へ曲げ降伏を起こして試験を終了した。この試験では,また,すべり音やずれなどの現象は確認できなかった。試験中で最もエネルギー吸収量が多かった D26 の試験結果を図 - 3.1 に示す。このグラフは,载荷荷重を降伏荷重 σ_{ys} ,変位を降伏変位 δ_{ys} で除したものである。引張から圧縮,圧縮から引張に転荷した際に塑性変位が徐々に増加しているため,塑性変位量に応じてエネルギー吸収量が上昇していることがわかる。図 - 3.2 は横軸を,引張荷重を载荷した後に圧縮荷重を载荷したものを 1STEP として表したもので,縦軸に 1STEP 毎のエネルギー吸収量を表したものである。D22 と D30 は降伏変位 δ_{ys} の値を理論値の 2 倍で測定していたため,STEP 毎のエネルギー吸収量が多くなっている。D22 は STEP 毎のエネルギー吸収量が多いが,STEP8 の载荷中に曲げ降伏してしまった。D26 は全体のエネルギー吸収量が最も多く,圧縮時の制震部材の変位が最も少なかった。D30 は STEP 毎のエネルギー吸収量が少なく,低い荷重での変位量が最も多かった。

4. 結論

本研究の目的である最適な断面欠損率は実験により D26 (断面欠損率 35%) が最も優れている事がわかった。しかし,引張荷重载荷実験ではボルト孔での破断,圧縮荷重载荷実験では制震部材の座屈という脆弱性がみられた。よって,制震部材の円孔部の配置や形状を考慮する必要がある。

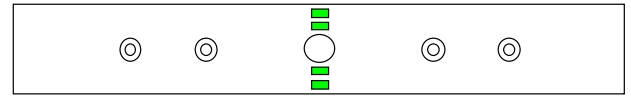
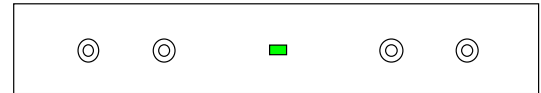


図 - 2.5 ゲージ貼付図

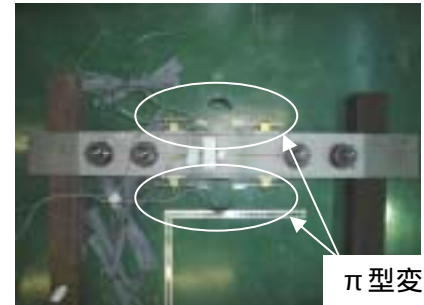


図 - 2.6 π型変位計設置後の供試体

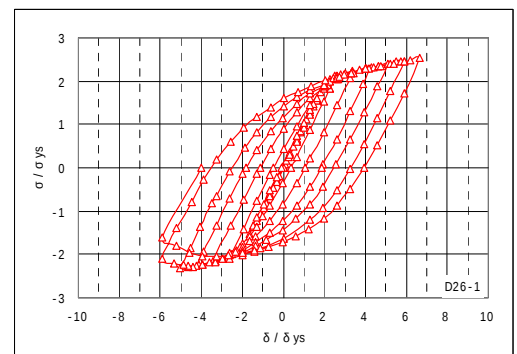


図 - 3.1 漸増交番载荷試験(D26)結果

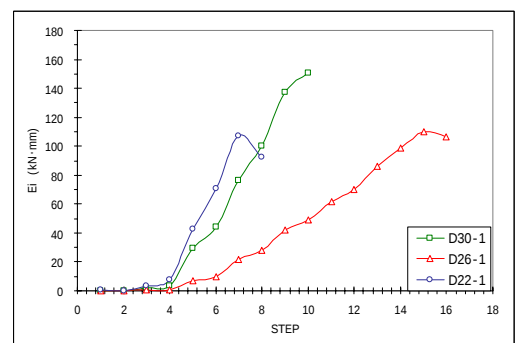


図 - 3.2 漸増交番载荷試験結果