

1. 耐震実験センター研究助成による研究

・せん断ダンパーの疲労特性に関する研究

既往の研究では鋼上部構造での地震エネルギー吸収を目的に対傾構を座屈拘束ブレース等により、ダンパー・ブレース化する検討が進められてきている。対傾構をダンパー・ブレースとすることにより、上部構造の慣性力低減に繋がり、下部構造に作用する地震力が低減可能であることが示され、既往研究では、対傾構への適用を想定した小型のせん断型ダンパーの適用性に関して検討を進めてきた。しかしながら、既往の研究ではせん断ダンパーの疲労特性に関して詳細な検討がされておらず、実用化には課題が残る。本研究では、既往研究のせん断型ダンパーの疲労特性の把握を目的に、疲労試験ならびに数値解析により検討を試みた。

図-1 にせん断型ダンパーの試験体を示す。両端はチャック部であり、ダンパー部は中央長さ190mmのくびれ部分であり、ダンパー部は中央にスリットが設けられており、軸力作用下でせん断変形する機構となっている。試験体にはSS400材を用いており、弾性係数は205GPa、降伏強度は266MPa、引張強度は445MPaである。疲労試験には10tonサーボパルサー疲労試験機を使用した。単調引張試験により得たダンパーの降伏変位0.25mmを $1\delta_y$ とし、変位制御により変位振幅を $\pm 0.5\delta_y$, $\pm 1.0\delta_y$, $\pm 1.5\delta_y$, $\pm 2.0\delta_y$, $\pm 4.0\delta_y$, $\pm 8.0\delta_y$ として疲労試験を実施した。変位振幅が $\pm 0.5\delta_y$ ならびに $\pm 1.0\delta_y$ の疲労試験では、高サイクル疲労破壊となり、一方でそれ以上の変位振幅では低サイクル疲労破壊となり、疲労き裂の進展方向も異なった。

疲労試験は、局部ひずみを用いた疲労強度評価方法として、実験と有限要素解析の結果を併用した、Effective Notch Strain法(以下、ENS)により整理し、疲労強度評価を試みた。図-2 に解析モデルを示す。解析モデルはシェル要素によりモデル化し、疲労き裂が発生したスリットの応力集中箇所に半径0.5mm

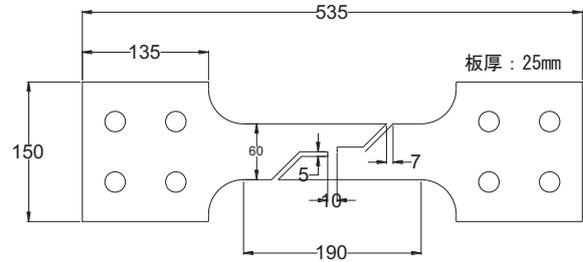


図-1 試験体形状 (単位: mm)

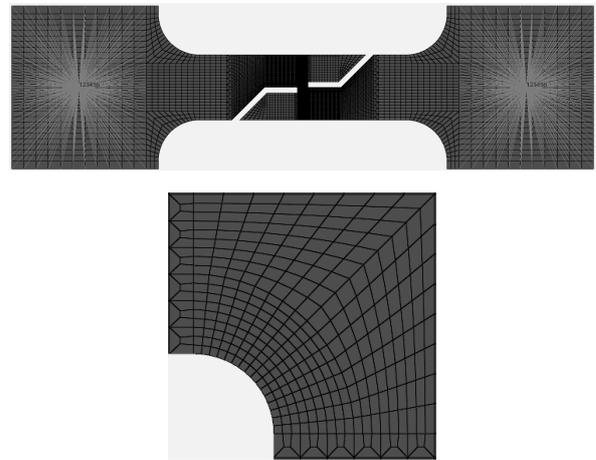


図-2 解析モデル (上: 全体, 下: ノッチ)

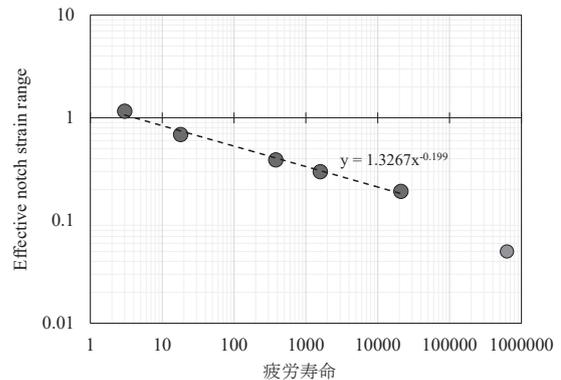


図-3 S-N線図

のノッチを設けてモデル化した。材料特性は、前述の弾性係数と降伏強度を用いて、降伏以降の二次勾配は弾性係数の100分の1とした。

図-3 にENSにより整理したS-N線図を示す。結果から、 $\pm 1\delta_y$ から $\pm 8\delta_y$ は対数近似により近似可能であるが、 $\pm 0.5\delta_y$ が若干下がっていることが分かる。これは、疲労試験結果において不具合により過荷重が

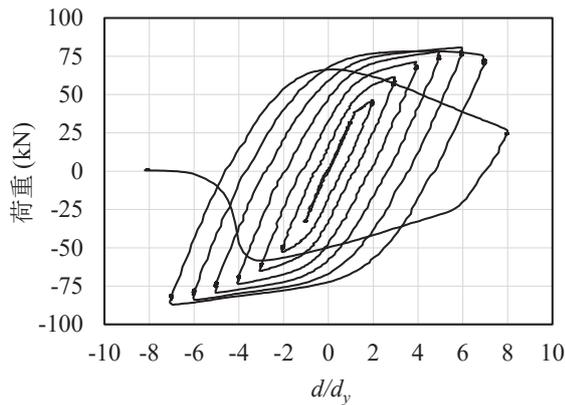


図-4 漸増型繰返し载荷試験の荷重変位関係

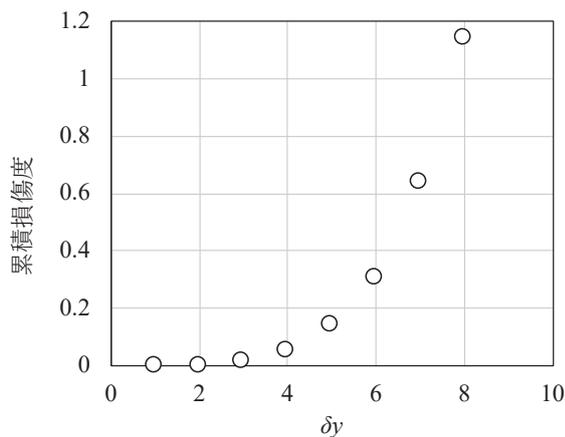


図-5 漸増型繰返し载荷試験の累積損傷度

作用し早期に破壊してためである。このことから、 $\pm 0.5\delta_y$ の値はエラーデータとして除外し、以下の対数近似式を得た。

$$\Delta\varepsilon = 1.3267N^{-0.199} \quad (1)$$

ここで、 $\Delta\varepsilon$ は局部ひずみ振幅、 N は疲労寿命である。

加えて、マイナー則への適用性について、異なる変位振幅下を模擬した漸増型繰返し载荷実験と前述の式(1)を基に検討した。累積疲労損傷度 D は以下の式で示される。

$$D = \sum \frac{n_i}{N_i} \quad (2)$$

このとき、 N_i は変位を i とした時の疲労強度、 n_i は繰返し载荷における変位 i の回数であり、本実験では、各変位レベルを1度ずつ载荷したため、全て1となる。漸増型繰返し载荷実験は、 $\pm 1\delta_y$ から変位振幅を $\pm 1\delta_y$ ずつ増加させた。図-4に漸増型繰返し载荷実験結果、図-5に累積損傷則により整理した結果を示す。実験では $\pm 8\delta_y$ で試験体が破断したのに対し、累積損

傷則においても $\pm 8\delta_y$ で累積損傷度 D が1以上となりマイナー則の適用可能性が示唆できる。

以上の用に、SS400材を用いた場合の検討を進めてきたが、今後の研究としてより延性に優れた低降伏点鋼材に関しても検討対象に加えた上で、成果発表する予定である。

2. 外部資金による研究・実験等

(1) 令和5年度 愛知工業大学教育・研究特別助成 大型研究(a)：分野横断研究

鉄筋コンクリート構造物は長期的な使用や外力の影響により損傷が進行し、構造性能が低下する。本研究では、鉄筋コンクリート梁に段階的な静的荷重を加え、損傷進展に伴う振動特性の変化を実験的に評価した。繰返し曲げ試験により損傷度を再現し、インパルスハンマーと加速度計を用いたロービングハンマー試験により固有振動数、固有モード、減衰特性を測定した。その結果、鉄筋コンクリート梁試験体の鉄筋降伏までの損傷は試験体の曲げ振動モードの振動数の変化を追跡することで、わずかな曲げひび割れ発生時から評価可能であり、鉄筋降伏後はモード形状や減衰定数からも評価可能であることが示唆された。本研究の成果は、コンクリート工学年次論文集に掲載予定である¹⁾。

3. その他特記事項

特になし

4. 発表論文等 (投稿予定を含む)

- 1) 田内湧人, 岩田隆弘, 岩月栄治: ロービングハンマー試験に基づく段階的な損傷が生じた鉄筋コンクリート梁試験体の振動特性の変化の検討, コンクリート工学年次論文集, 第47巻, 2025 (搭載決定)