

繰返し荷重を受けるH形断面梁の非線形挙動 1
せん断パネルの基本的履歴特性

正会員○ 薩川 恵一*1 正会員 鈴木 敏郎*2

H形断面梁 せん断パネル 円形環補強
繰返し荷重 鋼材の歪硬化 弾塑性履歴

1. はじめに

逆対称曲げを受ける梁に関する研究に於いて繰返し荷重での実験は普通に行われるが、学問的背景について検証されることは殆どない。繰返し履歴性状の基本的仕組みが判れば一方荷重の力学的挙動の情報から繰返し履歴について予測でき、梁の設計上利することは大きいと考えた。

梁の力学的挙動に大きく関わるウェブについて、正負交番に繰返し加わるせん断力とこれを受けるウェブの動きを把握する。まず、初期不整のない状態でH形断面部材に対しその長手方向を縦スティフナーで区分した正方形領域について、一方荷重と繰返し荷重とを並べて解析をした。

図-1は板厚を替えたせん断パネル3例の結果であるが、前者を実線で、後者を点線で示したもので、縦軸をそれぞれのせん断降伏荷重で無次元化して重ねて示している。振幅を徐々に上げての繰返しで、せん断降伏後比較的早い段階で降伏荷重を上回るせん断耐力にまで上昇する。

2. 繰返し荷重に伴う基本的な力学性状の把握

下段左右の図は第一象限を拡大表現しているが、図-2は振幅の大きさを2%と一定にした正負交番の繰返しとその後の一方荷重の結果で、繰返し回数を変えた5ケースの荷重変形関係を重ねて描いたものである。1回の繰返しとその後の一方荷重、2回、3回、5回、8回の各繰返しとその後の一方荷重による結果で見ると、●印実線で示す一方荷重の結果から順次離れて上昇していき、

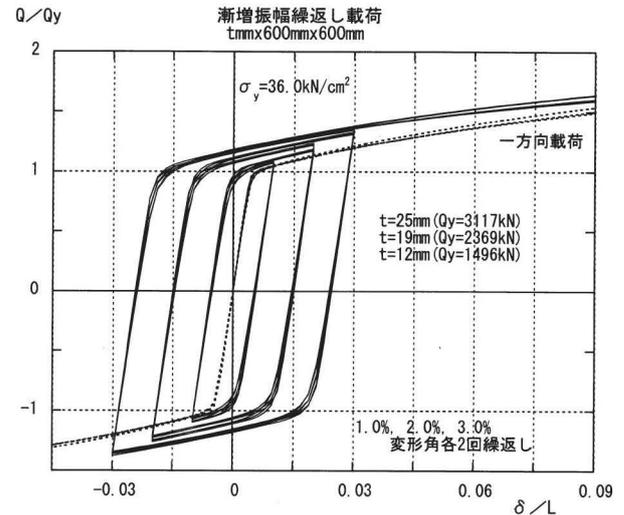


図-1

繰返し5回程度の少ない回数で一定の状態に落ち着く。

図-3では正負振幅の大きさを1%~3%の間で複数選択し且つ降伏後の塑性変形量の総和を同じとなる回数を決め、正負一定振幅の繰返し後の最終の動きだけを実線で示した。○はこの実線群の平均値を表しているが、耐力上昇値は最初の降伏荷重に比べ略1.2倍ある。その後推移する耐力上昇勾配は一方荷重の荷重変形関係から見て半分程度になっている。

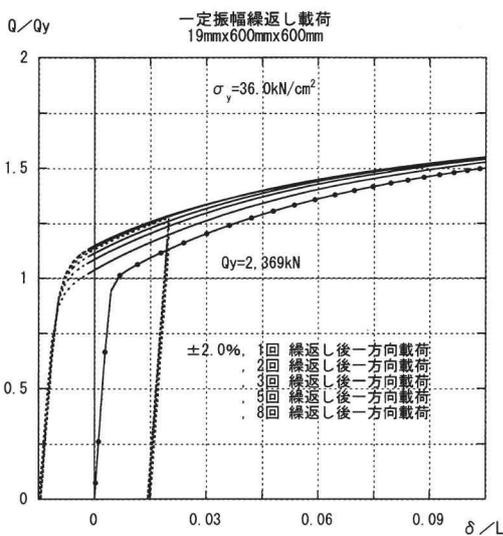


図-2

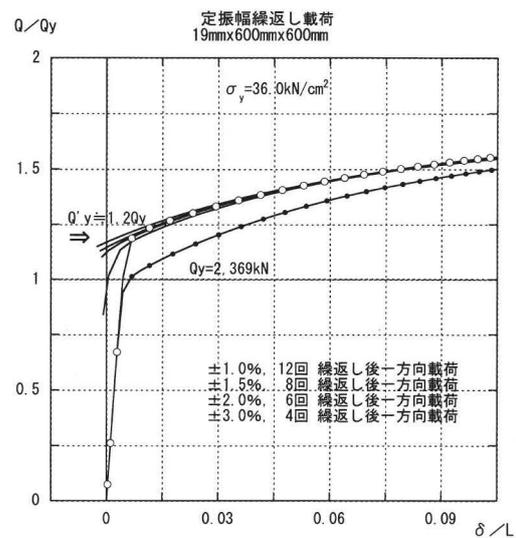


図-3

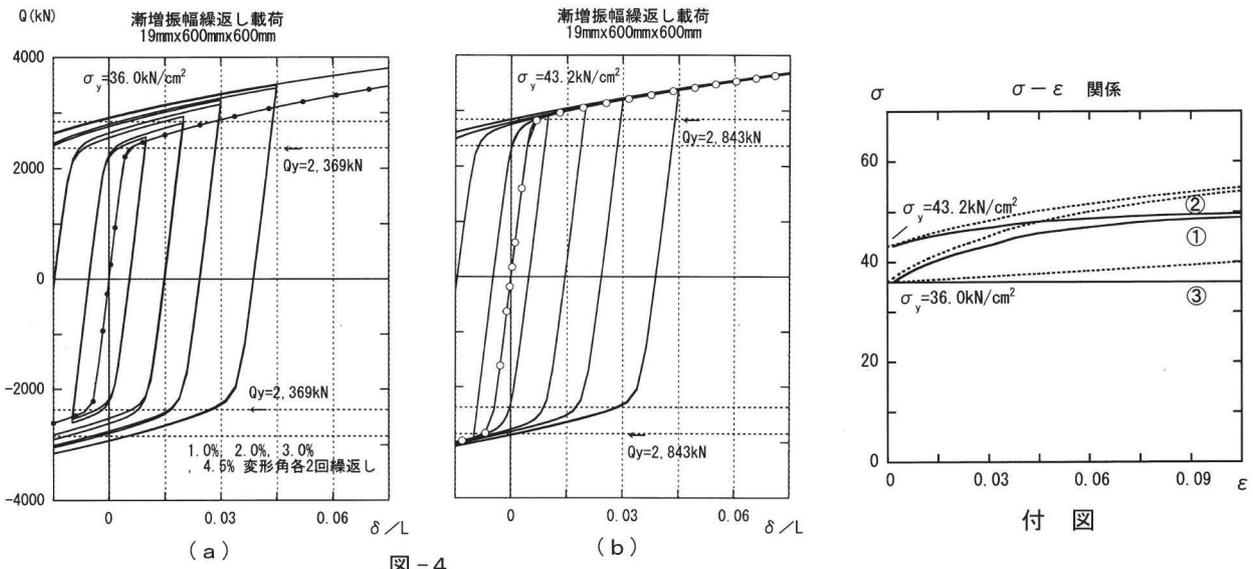


図-4

図-4は同じ19mm板厚のせん断パネルに関する繰返し荷重の解析結果であるが、繰返しに伴う鋼材の硬化特性を組み込んだ(a)図に対し(b)図は繰返し履歴での耐力上昇から換算される降伏点鋼とする結果である。両図の最外縁の動きは殆ど同じであり、繰返し荷重を受ける構造体への負荷として降伏荷重に対し2割増の耐力上昇分を見込むことが必要で、降伏荷重を確保するだけでなく更に耐力の上乗せを図る必要がある。付図は、解析で設定した鋼材の性質で①は $\sigma_y=36\text{kN/cm}^2$ 標準的鋼材、②は $\sigma_y=43.2\text{kN/cm}^2$ と1.2倍に換算し且つ降伏後の耐力上昇を1/2に抑えた鋼材で、それぞれの背景にある点線は真応力-真歪の関係である。

3. 初期不整のない状態での力学的釣合

図-5は付図③で示す歪硬化勾配を0とする鋼材の解析結果で、図-1と同じ3例に関するこれら両図の比較から繰返し荷重に伴う耐力上昇が同じ程度の大きさで起きている。

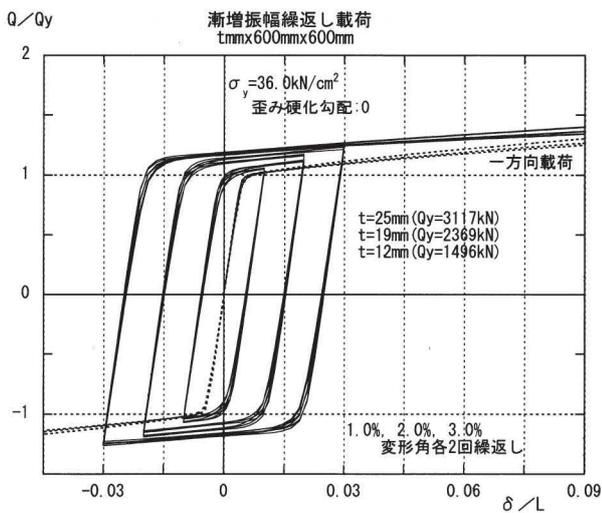


図-5

しかし、歪硬化勾配の無い鋼材の結果に見られる降伏荷重到達後の更なる耐力上昇については、初期不整が無いとし座屈変形が生ずることなく基本的な釣合い応力が保持されたとしても降伏荷重を超えることの説明はつかない。このことの整合性をとるには、繰返し荷重では鋼材の歪硬化とは別の耐力上昇に関わる要因があると考えるのが自然である。初期不整のないせん断パネルに於ける耐力上昇が生み出される仕組みが如何なるものか、これを知ることが安定した繰返し履歴を確保するための解決の糸口となる。

一般に構造体に力が作用すると釣合う応力と直接・間接の様々な歪が生ずるが、変形が拡大進行していく過程で初期不整の無い状態では基本的な応力と変形での釣合い関係とは異なる力が発生し、即ち変形を抑えようとする構造体内部で新たな抵抗力が生じて初期に設定された荷重に関係する応力とは別の応力が加わったと考えられる。即ち、この新たに発生した応力が構造体に作用する力に抵抗することで強度の上乗せになっている。従って、安定した繰返し履歴とするためにはこのような状況を作り出せば良く、力を受けて生ずる変形を完璧に拘束しなくても変形の進行を遅らせ乃至は力と直結する変形の推移を若干ずらすことでも抵抗力は発生するのではないか。これまでとは逆に座屈変形の進行を許容し且つ利用して力を創り出すことで繰返しに伴う耐力上昇に追従できるものと考えた。

【本研究で使用した鋼材の繰返し特性は、文献(山田哲他:バウシinger効果を考慮した構造用鋼材の簡潔な履歴モデル,日本建築学会構造系論文集,第559号,2002年9月掲載された実験資料に基づきモデル化を試み、加えて複数の繰返し加力に伴うせん断パネルの実験結果と解析結果との照合を行って最終的に履歴則を決めております。従って、本論文の結果についてはここで取扱った解析例題の相対的な関わりを調べる上で有効と考えています。】

* 1 愛知工業大学
* 2 構造材料研究会

Aichi Institute of Technology
Suzuki Laboratory of Material and Structure