

ひずみ硬化特性が 2 径間連続桁の変形硬化挙動に与える影響に関する一考察

立命館大学大学院 学生員 ○西川 源太郎
立命館大学理工学部 正会員 野阪 克義
立命館大学名誉教授 伊藤 満

1. はじめに

性能照査型設計法への関心が高まる昨今、塑性域までを考慮した鋼橋梁構造物の設計法に対する社会的関心が高まっていると思われる。塑性的性質を考慮した設計法を適用するにあたり、繰り返し荷重に伴う漸増塑性崩壊の危険性が懸念される。しかし、その危険性は変形硬化を考慮することで解決すると考えられる¹⁾。本研究では、2 径間連続桁の変形硬化実験を行い、ひずみ硬化特性が変形硬化挙動に与える影響について検討する。

2. 実験概要

実験供試体には、JIS 圧延 H 型鋼 25×60×6×8(SS400)の等スパン二径間連続桁(1500×1500)を用いた。変形硬化試験(供試体 1、供試体 2)には、同一形状の 2 体を製作した。寸法およびひずみゲージ位置(赤い四角)、断面位置を図-1 に示す。また、供試体は荷重による横倒れや横ねじれ等を防止するため、左右スパン中央に横補剛が設けられた。

実験装置は、繰り返し荷重を効率化するため図-2 に示す装置を考案・製作した。荷重による支承部での浮き上がりを防止する浮き上がり防止装置、供試体の横倒れを防止する横倒れ防止装置等で構成されている。荷重ジャッキが固定式のため、実験装置下部に取り付けたスピードローラーにより左右への移動をスムーズに行えるよう工夫した。

変形硬化試験は、両供試体ともに弾性荷重 50kN での予備荷重を行った後、供試体 1 では変形硬化するたびに 5kN ずつ増加させ 110kN まで荷重を行った。供試体 2 では、20kN ずつ増加させ 110kN まで荷重を行った。両供試体ともに 3 秒につき 1kN の速度で荷重を上げ、荷重した。図-2 に示す第 1～4 荷重点での荷重を 1 サイクルとし、4 点での固定点荷重を繰り返すことによる移動荷重に近似している。たわみ計は、図-2 に示す第 1

荷重点および第 4 荷重点直下において計測した。変形硬化は、たわみ計により判定した。各荷重時において荷重が安定した後、すなわち 1 分以内のたわみの差が 0.025mm 以内となった時に除荷を開始した。そして、これを load1～load4(第 1 荷重点～第 4 荷重点)まで繰り返した後、先のサイクル終了時と当該サイクル終了時の残留たわみの差が 0.05mm 以内となった時、変形硬化したものとみなした。変形硬化した後は、さらに荷重を増加させ、これを繰り返した。

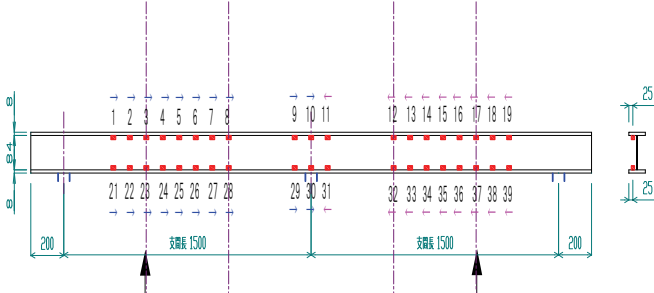


図-1 供試体寸法

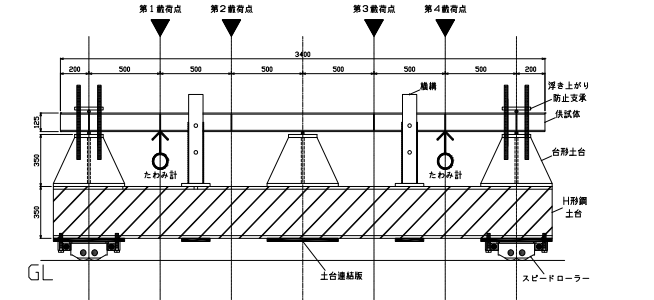


図-2 実験装置

3. 引張結果

引張試験は、実験供試体を製作した SS 400 の JIS 規格 5 号試験片を使用して行った。結果を、表-1 に示す。

表-1 引張試験結果

鋼材	板厚 t (mm)	断面幅 b (mm)	降伏応力 σ_y (N/mm ²)	引張強さ σ_u (N/mm ²)
平均	6.01	25.18	362.30	443.62
鋼材	降伏ひずみ ϵ_y (10 ⁻⁶)	ひずみ硬化 ϵ_{st} (10 ⁻⁶)	ポアソン比 μ	弾性係数 E (N/mm ²)
平均	1766	29287	0.27	205222

キーワード 変形硬化、ひずみ硬化特性、漸増塑性崩壊、単純塑性理論

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学理工学部 Tel 077-561-3007

4. 実験結果及び考察

供試体 1 は、60kN から 110kN の各荷重において変形硬化を確認し、全 38 サイクルの載荷、供試体 2 では、70kN から 110kN の各荷重において変形硬化を確認し、全 11 サイクルの載荷を行った。

供試体 1 および供試体 2 は、110kN 終了時のたわみが過大であり以降の荷重増加による載荷が困難であったことから試験を終了した。

両供試体ともにひずみ硬化域において桁が変形硬化し、供試体 1 ではさらに荷重を上げて変形硬化を確認することができた。単純塑性理論による漸増塑性崩壊限界荷重は 105kN であり、110kN においてたわみが収束したのは、ひずみ硬化の影響であると考えられる。したがって、本節では曲げモーメント-曲率曲線を用いて、ひずみ硬化特性が変形硬化挙動に与える影響について検証する。

図-3 に供試体 1 の第 1 載荷点、中間支点断面における曲げモーメント-曲率曲線を示す。曲げモーメント-曲率曲線は、断面内でひずみ分布が直線的であると仮定し、実験で得たひずみデータから求めた。供試体 1 では 105kN-1 サイクルから 110kN-7 サイクルの各 load を、供試体 2 では 90kN-1 サイクルから 110kN-5 サイクルの各 load の値を図にプロットしている。また、ひずみ硬化域を考慮した曲げモーメント-曲率曲線の理論解析値を、図中の黒線で示す。図中の星印(★)は、各々の断面で、ひずみ硬化が開始した曲率を示している。

図-3 より、供試体 1 では 105kN-5 サイクル目で、供試体 2 では 110kN-1 サイクル目でひずみ硬化域に達している事がわかる。ひずみ硬化域に達した後はモーメントが上昇し、110kN 終了時のモーメントの全塑性モーメントに対する比率は、表-2 に示すとおりである。表には第 4 載荷点での値も示す。第 1、4 載荷点では、供試体 2 の方が大きく曲げ耐力が増加している。しかし、中間支点上では大きな差は表れていない。荷重増分の違いは、支間中央に影響を与えるものと考えられる。

また、載荷点に隣接した断面については、載荷点がひずみ硬化域に到達後、曲率の増加率が大きくなっていったことが確認された。第 1 載荷点付近において、供試体 1 は供試体 2 より塑性域の長さ方向の広がりの方が大きい、ひずみ硬化域の広がり、供試体 1 より供試

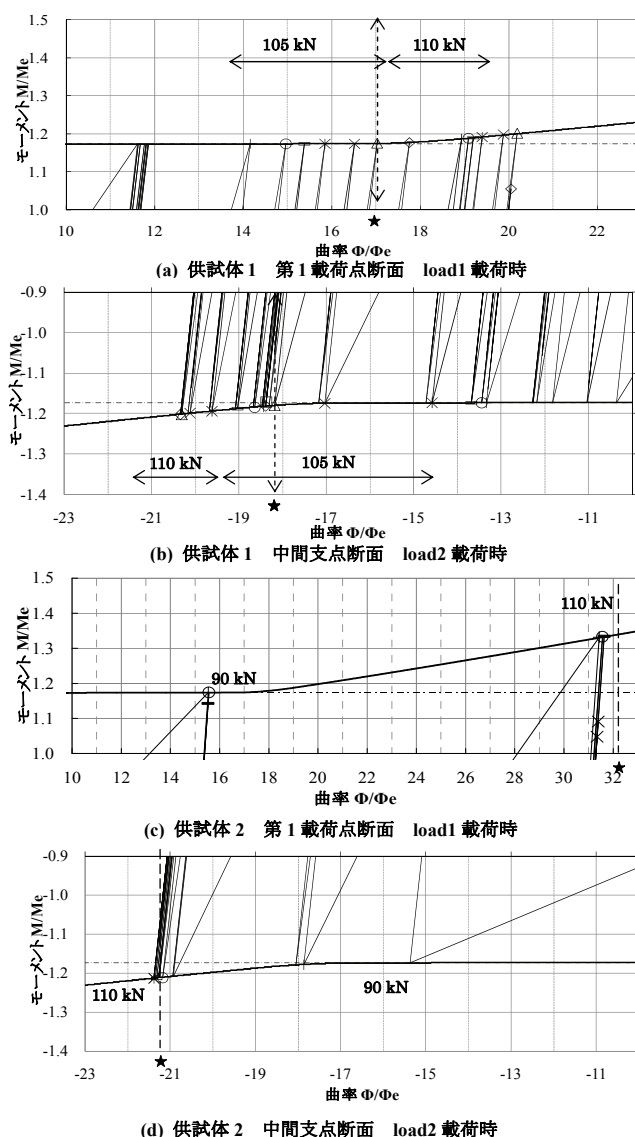


図-3 供試体 1 M- Φ 曲線

表-2 曲げ耐力の増加率

$M_{\max}/M_p(\%)$	第 1 載荷点	中間支点	第4載荷点
供試体1	102.3	102.4	103.7
供試体2	113.6	103.4	117.9

体 2 の方が、広く、深くなることがわかった。

5. おわりに

本実験より、ひずみ硬化域到達後、桁の曲げ耐力の上昇が確認できた。曲げ耐力の上昇率は、載荷点では供試体 2 の方が大きい、中間支点では差がなかった。これは、荷重増分の違いが影響していると考えられる。

また、荷重増分が大きい方(供試体 2)がひずみ硬化域の広がり、深くなることがわかった。

参考文献 1) 福本 秀士, 小堀 為雄, 吉田 博: くり返し荷重による連続桁橋のたわみ安定性について, 土木学会論文集 第 120 号, pp.25-32, 1965.