第Ⅰ部門　　２径間連続桁の変形硬化における荷重経路の塑性域の広がりへの影響

立命館大学　学生員　○西川　源太郎
立命館大学理工学部　正会員　野阪　克義
立命館大学理工学部　正会員　伊藤　満

1. はじめに

性能照査型設計法への要求が高まる昨今、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、荷重経路の塑性化域の広がりへの影響を検討した。

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、供試体は載荷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、繰り返し載荷を効率化するため図-2 に示す装置を考案・製作した。載荷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。載荷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 での予備載荷を行った後、供試体 1 では変形硬化するたびに 5kN ずつ増加させ 110kN まで載荷を行った。供試体 2 では、20kN ずつ増加させ 110kN まで載荷を行った。両供試体ともに 3 秒につき 1kN の速度で荷重を載荷した。図-2 に示す第 1～4 載荷点での載荷を 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 載荷点および第 4 載荷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。各載荷時において載荷が安定した後、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 4 点（第 1 載荷点～第 4 載荷点）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。

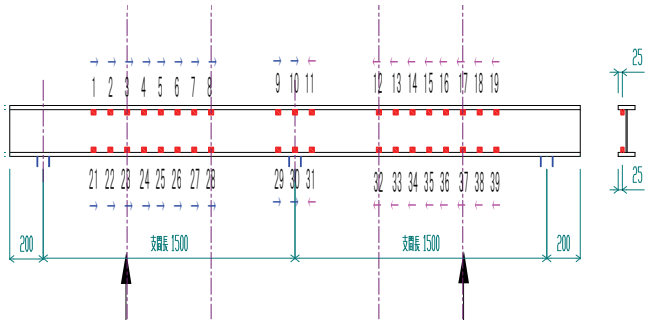

図-1　供試体寸法

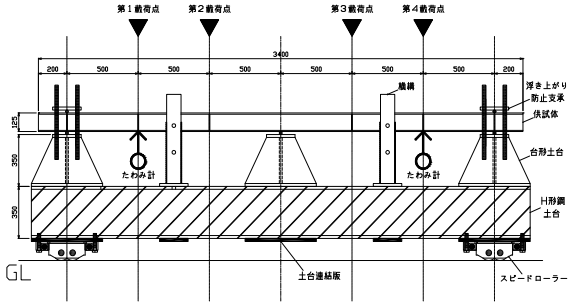

図-2　実験装置

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

Gentaro NISHIKAWA, Katsuyoshi NOZAKA and Mitsuru ITO

4. 実験結果及び考察

図-3 に供試体 1 と供試体 2 のたわみ-サイクル関係を示す。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。

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 サイクルの載荷を行った。105kN-5 サイクル目-2 点目載荷時に中間支点断面がひずみ硬化域に到達し、その後、サイクルの増加に伴いたわみは収束し変形硬化した。さらに荷重を 110kN に増加させた場合でも、サイクルの増加に伴い変形硬化した。

供試体 2 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。110kN-1 サイクル目-1 点目載荷時に第 1 載荷点がひずみ硬化域に到達し、その後、サイクルの増加に伴いたわみは収束し、変形硬化した。

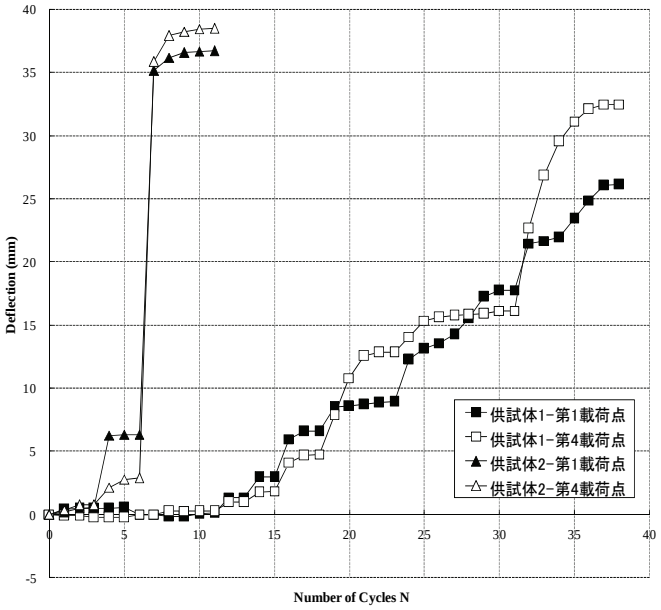

図-3　サイクルーたわみ関係

図-3 より、第 1 載荷点、第 4 載荷点ともに供試体 1 に比べて供試体 2 のたわみが大きいことがわかる。供試体 1 と供試体 2 では荷重経路が異なる以外は、載荷条件は等しく、たわみに差が生じた原因について塑性域の広がりの差異に着目して検討する。

検討するにあたり、実験で得たひずみの値より曲率を求め、ひずみ分布が直線的であると仮定し、塑性域、ひずみ硬化域を可視化したものを図-4 に示す。ここでは、供試体 2 に合わせて、90kN、110kN での塑性域を比較した。図中の A 点は第 1 載荷点、B 点は中間支点、C 点は第 4 載荷点である。

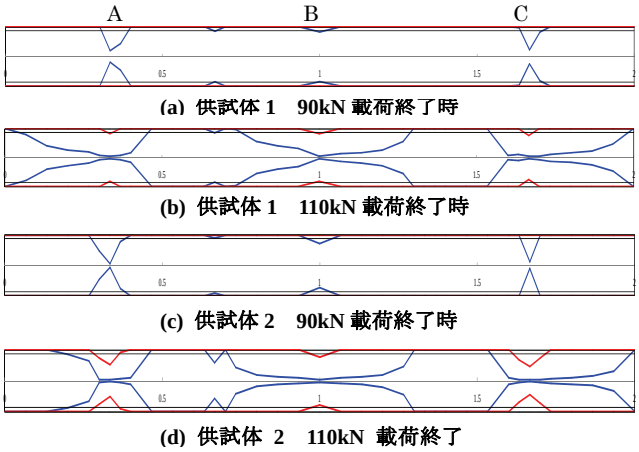

図-4 塑性域の広がり

図-4(a) (c)より、載荷点直下の A 点、C 点では両供試体ともに塑性化していることがわかる。塑性域の鉛直方向への深さを比較すると、A 点において、供試体 1 の塑性域の深さは供試体 2 の 85.2%であることがわかり、B 点での塑性域の深さも、62.3%にとどまる。図-4(b)(d)においては、両供試体ともに A 点、B 点、C 点にて塑性化が進行していることがわかる。A 点に着目すると供試体 1 の鉛直方向への塑性域は供試体 2 の塑性域の 98.2%と先ほどより差が小さくなっている。

ひずみ硬化域に着目すると、110kN 時の供試体 1 の A 点でのひずみ硬化域のスパン長方向の広がりは、供試体 2 の 53.8%であり、C 点でも 53.8%であった。鉛直方向へのひずみ硬化域の広がりを比較すると、A 点で供試体 1 は供試体 2 の 37.6%であり、C 点で 44.0%だった。110kN では、ひずみ硬化域の広がりに顕著に差が現われたと言える。

これより 90kN、110kN で見られる塑性域の広がりの差異が、たわみの大きな差の原因であると考えられる。

5. おわりに

たわみや塑性域の広がりに対する荷重経路の影響を検討した。荷重増分が大きい方が塑性域の鉛直方向への広がりが常に深く、荷重が増加するに伴いその差は減少する。また荷重増分が大きい方がひずみ硬化域の鉛直方向およびスパン長方向への広がりも、より深く、広いことが確認できた。

荷重増分が大きい方が、塑性域の広がりが早く、よりたわみが大きくなると言える。

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.