

## I-40 梯形ラーメン橋の塑性設計に関する基礎的実験について

金沢大学 正員 吉田 博  
富山県 正員 安部 宗光

### 1. 緒言

昭和42年8月、日本建設協会より「鋼構造物塑性設計基準案」<sup>1)</sup>が発表されたが、わが国における橋りょうへの塑性設計の適用は、その横断歩道橋を除いてあまり見られないようである。土木構造物、特に橋りょう構造物への塑性設計法の適用が遅れている最大の原因は、橋りょう構造物は変動ある移動荷重を受けるということである。変動ある移動荷重が構造物に与える作用としては、衝撃や疲労の外に、弾性限度を超える荷重に対しては、次の3つの挙動が考えられる。

1) 荷重のくり返し数と共に、構造物の変形が次第に一定値に収束し、あるくり返し数の後には、完全に弾性的挙動を示すようになる。これを構造物は変形硬化したと云う。

2) 荷重のくり返しと共に、構造物の変形が次第に増大し、ついには崩壊に至る。この現象を漸増塑性崩壊と云う。

3) 構造部材のある断面で、交番塑性応力が発生し、部材がこの断面で破断する。この現象を交番塑性破壊または低サイクル疲労と云う。

鋼構造物塑性設計基準案<sup>2)</sup>では、解析は単純塑性理論によってよいと規定されているが、橋りょう構造物のように、変動ある移動荷重を受ける構造物においては、上記の挙動に対する検討が必要であると思われる。

本研究においては、橋りょうによく用いられるラーメン構造の梯形ラーメン橋について塑性設計法を適用する場合に、特に問題となると考えられる変形硬化に対し、実橋の約3.5分の1の模型を製作し、実験的に検討を行った。

### 2. 実験の目的

図-1に示すような、橋長31m、柱脚支点間距離23.1mの梯形ラーメン橋を塑性設計法で設計する場合、特に問題となる点は、次の事項が挙げられる。

1) 変形硬化荷重が単純塑性理論で計算した崩壊荷重より、どの程度減少するか。

2) 実験上、柱脚は変断面とした方が良いが、柱脚には軸圧縮力の外に曲げモーメントが作用し、変断面柱の不安定性についての検討が必要である。

3) 隅角部は塑性ヒンジ生成位置であるが、一般にはハンチを用いて補強を行う。この場合、塑性ヒンジ位置の変化にもなる崩壊荷重および変形硬化荷重の影響はどれほどか。

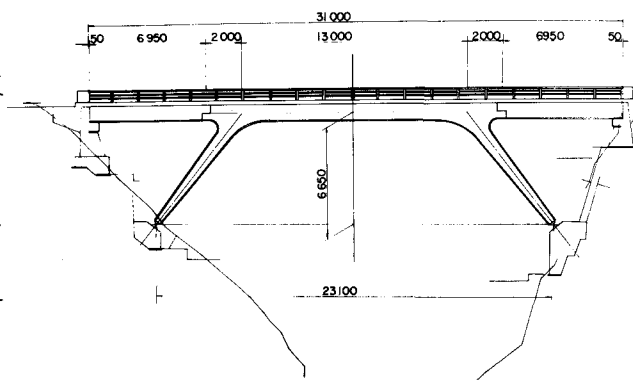


図-1 梯形ラーメン橋

4)隅角部ハンチに隣接して生成した塑性ヒンジの全塑性モーメントを完全に他部分に伝えるには、ハンチの構造をどのようにあればよいか。  
等について検討を行おうとするものである。

### 3. 模型の設計

模型の柱脚ヒンジ点間の距離は、装置の関係で6.5mとし、実橋と相似となるように3.54分の1倍として、骨組線と決定し、上記の問題と特に関係しない部分を取り除いて、橋脚部分のみを実験の対象とした。実橋においては、集中荷重の外に等分布死荷重および等分布活荷重が作用するが、模型においては、1個の集中荷重が移動通過するものとした。実橋における柱脚の軸方向力の最大値は、崩壊時において、断面の降伏軸力の0.1~0.2倍であり細長比は10程度であることを考慮して、崩壊荷重を10tonと決定して、まず柱脚断面の決定を行った。はりの断面は、10tonの集中荷重が、はり上を移動通過すると、経済的となるような変断面構造とした。ハンチは文献(2)により設計した。図-2は模型の詳細図を示す。

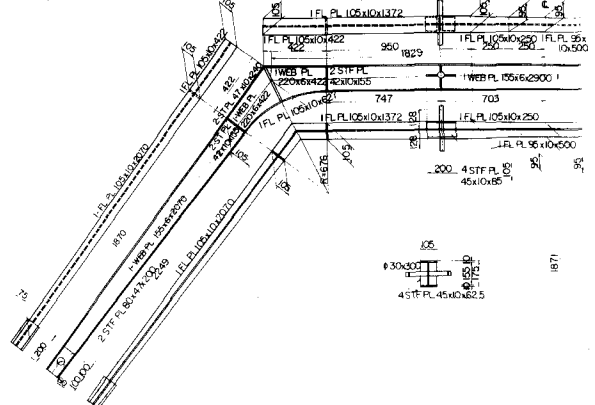


図-5に示す模型のはり上1個の集中荷重を移動し通過させた時に、最も小さい破壊荷重と与える点は、はり端より112.6 cmの点であり、この点に集中荷重を作用させることにした。荷重を作用させることにより、模型は水平変位とあるのど、水平変位をしてもつねに鉛直に荷重が作用するように、リーハイ大学型のGravity Load Simulatorにより、オイルジャッキで荷重を作用させ、Load Cellにより荷重の測定を行った。模型の面外への移動を拘束するため、リーハイ大学型のグレーシング10個を用いた。水平変位および鉛直変位は、模型に接着した物指レベルおよびトランシットで読んで測定した。図-6は実験より得られた荷重と荷重点下の鉛直たわみの関係とプロットしたものである。

#### 6. 変形硬化実験

図-5に示す模型のはり上1個の集中荷重が移動し通過する場合、最も小さい変形硬化荷重と与える点の組合せは、はり端より188.5 cmと303.6 cmであり、この2点に交互に集中荷重を作用させることにした。実験装置、載荷装置を組用いた外は、破壊実験と同様であり、図-7に実験装置を示す。

荷重は最初小さい荷重1つの荷重点のみで載荷し、測定を行った後に除荷して、他の荷重点と同じ大玉の荷重を作用させて測定を行い除荷して、次のサイクルに入り、各サイクルのたわみが一定値に収束したら、荷重を増加して同様の操作をくり返した。図-8は、はり端より188.5 cmの荷重点下のたわみとサイクル数および荷重の関係を示したものである。

図-9は図-8で得られた収束たわみと荷重の関係をプロットしたものである。

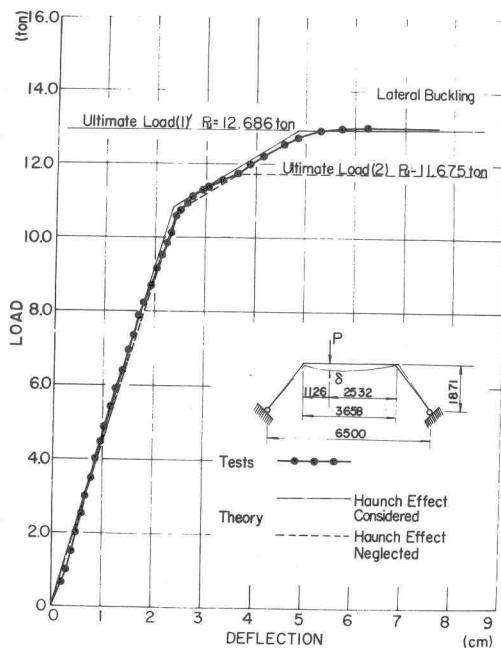


図-6 破壊試験結果

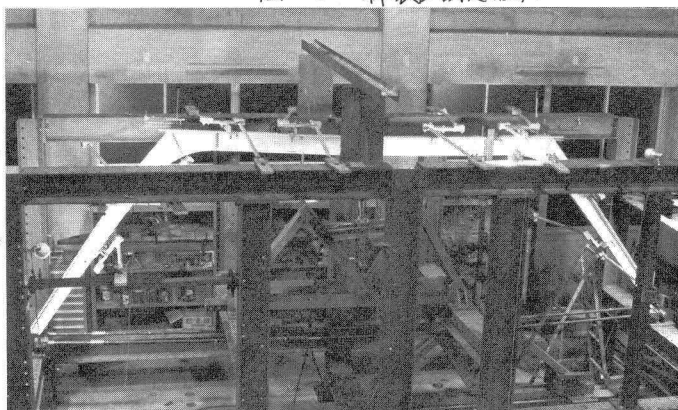


図-7 変形硬化実験

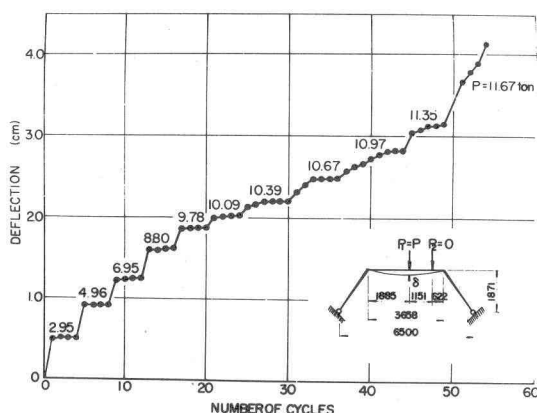


図-8 変形硬化実験結果(たわみ-サイクル数)

## 7. 実験結果および考察

1) 引張試験より得られた降伏力は、フランジ用の鋼材に対しては  $\sigma_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ 、ウェブ用については、 $\sigma_y = 2600 \text{ kg/cm}^2$  であった。また、これらの材料を用いて製作した曲げ試験片の単純曲げ試験より得られた降伏力は  $\sigma_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$  であった。

2) 変断面の柱脚は崩壊に至るまで十分に安定であり、十分な強度が得られた。

3) 隅角部においては、一応十分な強度が得られだが、内側に圧縮を与える隅角部においては、崩壊実験および変形硬化実験とも、塑性流れ達した後、横座屈を生じた。

4) 実験による崩壊荷重は、ハンチの強度を考慮し、降伏力  $\sigma_y$  の曲げ試験から得られた  $\sigma_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$  を用いて計算した値とよく一致したが、ハンチの強度を無視したものと、大きな差が見られた。図-10 はハンチを考慮した場合と無視した場合の、崩壊時の降伏条件式の値を示している。

5) 実験による崩壊荷重も、ハンチの強度を考慮し、降伏力  $\sigma_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$  と仮定して計算した値と良く一致した。ハンチの強度を無視したものと、大きな差が見られた。図-11 は、荷重が交互に作用する場合の降伏条件式を示している。

6) 変形硬化荷重は崩壊荷重の約 90% であった。

7) ハンチの強度を考慮して計算した塑性ヒンジ生成位置は、崩壊荷重および変形硬化荷重に対し、それぞれ図-12 および図-13 に示す。これよりハンチの最端は解析に当たって考慮すべきと思われる。

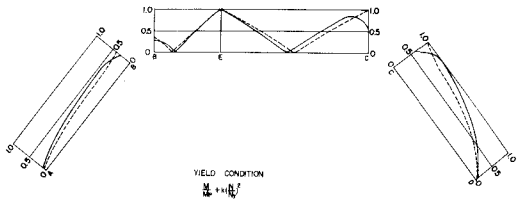


図-10 降伏条件式の値(崩壊荷重)

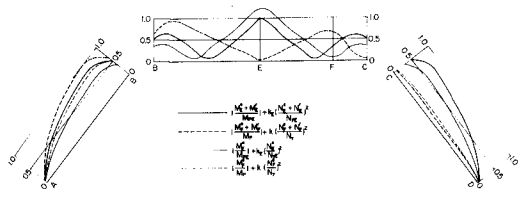


図-11 降伏条件式の値(変形硬化荷重)

## 8. 参考文献

1) 日本港橋協会: 鋼構造物塑性設計規準(案), 昭和42年8月。

2) ASCE: Commentary on Plastic Design in Steel, Manuals of Engineering Practice, No. 41.

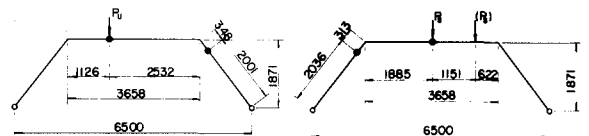


図-12 塑性ヒンジ位置(崩壊荷重)

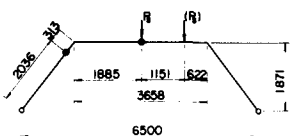


図-13 塑性ヒンジ位置(変形硬化荷重)

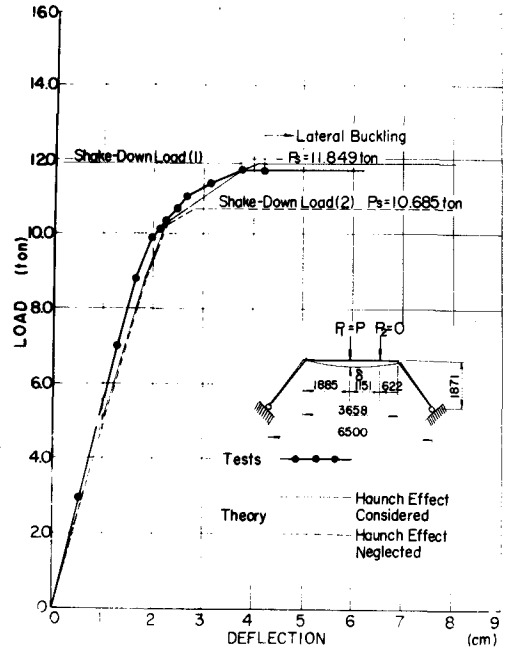


図-9 変形硬化実験(荷重-変位)