

IV-308

ラダー型マクラギの力学特性試験

鉄道総合技術研究所 正会員 鳥取 誠一
 鉄道総合技術研究所 正会員 井上 寛美
 鉄道総合技術研究所 大屋戸理明
 日本鋼弦コンクリート 東山 博明

1. はじめに ラダー型マクラギ（図1、3）は、スリーパーの機能を担うコンクリート製縦梁と、タイの機能を担う鋼管からなる、剛結混合構造である。本研究では、①PRC構造として設計した縦梁部、②剛結混合構造として設計した鋼管埋込部、に着目して、ラダー型マクラギ本体の「全体曲げ試験」、「縦梁中央部たわみ差試験」、「縦梁端部たわみ差試験」を行い、限界状態設計法の観点から破壊までのそれぞれの耐荷性能を明らかにした。

2. 「全体曲げ試験」による曲げ耐荷性能 長さ5mのラダー型マクラギを用い、左右の縦梁に同一の荷重を載荷して全体曲げ試験を行った。載荷点は、図1に示すように、鋼管埋込部、締結装置およびケーブル防護用孔の挿入物や断面欠損が等曲げモーメント区間に入るように設定し、ラダー型マクラギ全体の曲げに対する耐荷力特性を把握するようにした。

縦梁の曲げひび割れ発生モーメントは、計算値 $2.6\text{tf}\cdot\text{m}$ 、縦梁単体試験値 $2.8\text{tf}\cdot\text{m}$ に対して、 $3.0\text{tf}\cdot\text{m}$ であった。最大加力は設計終局曲げ耐力および縦梁単体試験値の $7.2\text{tf}\cdot\text{m}$ を上回る $7.9\text{tf}\cdot\text{m}$ まで行ったが、破壊には至らなかった。その時点では縦梁中央部のたわみが 76mm にも達する大きな変形が生じており、載荷装置の都合で試験を終了した。最大加力時のひび割れは、図2に示すように等曲げモーメント区間に約 10cm の間隔で良く分散して生じており、そのひび割れ幅は 0.1mm 程度にとどまった。また、これらの曲げひび割れは、断面高さの半分より上には進展しなかった。さらに、鋼管埋込部、締結装置およびケーブル防護用孔付近にひび割れが集中することはなく、これらの挿入物や断面欠損が曲げの耐荷力特性に及ぼす影響は小さいことが明らかにされた。なお、このように破壊の直前まで載荷しても、除荷後にはひび割れは完全に閉じた状態に戻り、また縦梁中央部のたわみも残留が 6.1mm 程度まで回復した。

以上により、付着の良いPC鋼より線を用いてPRC構造として設計した縦梁は、挿入物や断面欠損を含む状態においても、ひび割れ抵抗性、ひび割れ分散性、靱性（変形能力）および終局耐力の全ての面で設計条件を満たす耐荷性能を有することが明らかにされた。

3. 「縦梁中央部たわみ差試験」による鋼管埋込部等の耐荷性能 継材付け根部のコンクリートのひび割れ、鋼管埋込部の押抜きせん断および、継材の曲げによって作用する「ねじりモーメント」に対する縦梁の耐荷性能に着目し、長さ 7.5m のラダー型マクラギを用いて「縦梁中央部たわみ差試験」を行った。図3に示す載荷方法により、左右の縦梁の中央部にたわみ差を生じさせ、試験体中央の継材用鋼管には逆対称曲げモーメントの状態に近い負荷が加わるようにした。

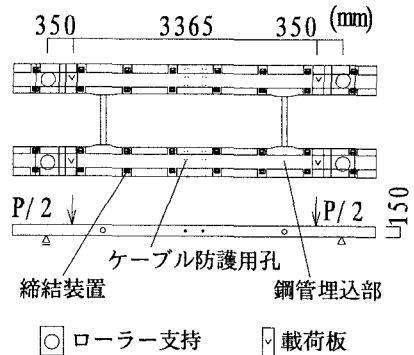


図1 「全体曲げ試験」載荷方法

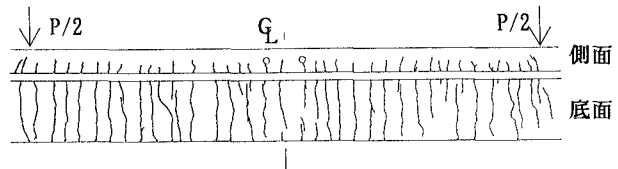


図2 「全体曲げ試験」ひび割れ図

最初のひび割れは、たわみ差8.7mmにおいて、継材付け根の縦梁断面高さ中央に水平に発生した。ひび割れ幅は0.04mm程度の微小なものであった。たわみ差8.7mmは、軌道の構造解析の結果から類推すると相当に大きな値であり、軌道の整備状況が極端に悪くない限り、このひび割れは発生しないと推定される。また、もしひび割れが発生しても、この程度のひび割れ幅であれば耐久性上は全く問題がないと判断される。

たわみ差20mmにおいて継材付け根部の鋼管天端のひずみが約1900 μ となり、降伏点に達したものと考えられる。その後、たわみ差65mm、鋼管天端のひずみが約8200 μ となるまで加力したが、内部に充填したコンクリートの効果もあって、鋼管には外観上の変化は全く認められなかった。また、鋼管埋込部には新たなひび割れの発生はなく、押抜きせん断破壊にも至らなかった。一方、縦梁には、最大の加力状態では4.9

t $\cdot$ mの曲げモーメントが作用し、かつ継材の曲げによって「ねじりモーメント」も作用したが、図4に示すように曲げひび割れから斜めに進展するねじりひび割れが発生しただけで、破壊には至らなかった。約12.5cm間隔で配置したスターラップの効果により、曲げねじり破壊を防いだものと考えられる。

4. 「縦梁端部たわみ差試験」による鋼管埋込部等の耐荷性能 長さ7.5mのラダー型マクラギを用い、マクラギ端部の継材付け根部のコンクリートのひび割れおよび縦梁の破壊に着目して、「縦梁端部たわみ差試験」を行った。図5に示す荷重方法により、片方の縦梁は片持ち荷重状態に、もう一方の縦梁はスパン中央荷重状態になるように設定し、ラダー型マクラギ端部の継材にねじりモーメントが作用するようにした。

最初のひび割れは、片持ち荷重突端部分のたわみ11mmにおいて、片持ち荷重部分の支点位置近くの締結装置付近に発生した。ひび割れ幅は0.04mm程度の微小なものであった。

その後、片持ち荷重突端部分のたわみが約74

mmの時に、片持ち荷重部分の支点位置において縦梁がほぼ設計破壊耐力に達して曲げ破壊した。ひび割れは片持ち荷重部分に集中し、もう一方のスパン中央荷重部分のひび割れは軽微な状態にとどまった。鋼管埋込部分には、継材のねじりモーメントによるひび割れは発生しなかった。このことから、ラダー型マクラギの端部と中間部とで支持状態に差異が生じた状態で列車荷重が荷重されても、継材のねじりモーメントにより鋼管埋込部に損傷を生じることではなく、耐力はあくまで縦梁の曲げ耐荷性能に支配されることが考えられる。

5. むすび ラダー型マクラギのキャッチフレイズは、「軽く、適度な剛性をもち、極めてじん性が大きい、全身がバネのような構造体」である。「全体曲げ試験」、「縦梁中央部たわみ差試験」および「縦梁端部たわみ差試験」を通じて、そのキャッチフレイズにたがわず、基本構造としては極めて優れた耐荷性能を有していることが実証された。

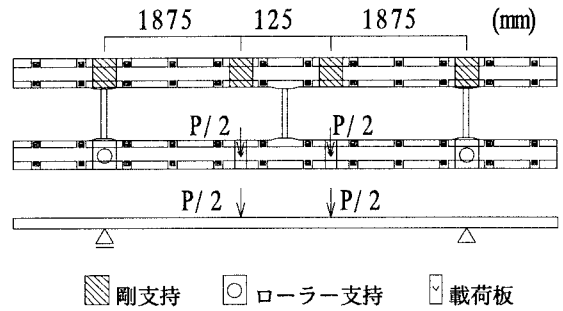


図3 「縦梁中央部たわみ差試験」荷重方法

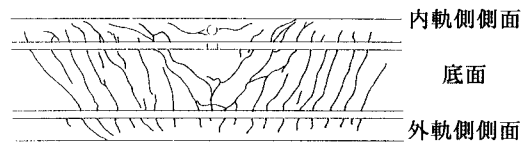


図4 「縦梁中央部たわみ差試験」荷重側縦梁のひび割れ図

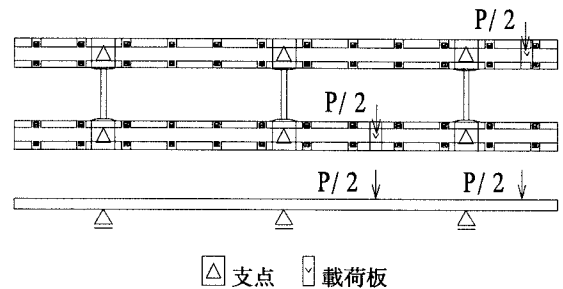


図5 「縦梁端部たわみ差試験」荷重方法