

阪神高速道路公団

京 都 大 学

オリエンタルコンクリート

正員 首藤泰之

正員 岡田 清

正員 保坂誠治

まえがき

本報告は、阪神高速道路公団・大阪松原線において採用が予定されている、連結合成桁橋の連結部に着目した静的曲げ試験の結果をまとめたものである。なおこの報告は前年度に発表したプレテンション連結桁橋¹⁾シリーズをなしているものである。プレテンション連結桁はスパン 20 m 程度の多跨間橋梁を対象としているのに対し、連結合成桁は 25 ～ 35 m を対象にしている。プレキャスト桁を用いた連結合成桁はすでに多くの施工実績を示しているが、これらはすべて中間橋脚上において、プレキャスト桁同士および床版部分に桁方向にプレストレスを与えて結合するいわゆる PC 結合の方法をとっているもので、このため施工が細分化され、工期的にも施工的にも不利な面がでていただけでなく、経済性も単純合成桁に比べ大巾に損われていた。これを改良したものが連結合成桁である。すなわち、この場合にも中間橋脚上において、桁および床版を結合するのであるが、結合の方法を鉄筋コンクリートのみによって行う RC 結合を採用している。これに加えて、プレキャスト桁に用いた支承をゴム沓とし、これをそのまま最終構造系においても使用する中間橋脚上 2 点支承とするところに特長をもつものである。この発想はプレテンション連結桁と全く同じものであり、プレストレスをしない連続鋼合成桁とも通ずるものである。以上のような改良によって、支承のもりかえが不要なばかりでなく、横桁・床版の施工を一括して行うことが可能となり、単純合成桁に準ずる施工の簡易性をもちながら、連結合成桁と同じ機能上の利点を添えることができるといえる。

1. 試験の目的

以上述べたように、連結合成桁は PC 桁を RC で結合しているため、連結部のひびわれ、破壊性状、曲げ剛性の変化等が完全な PC 結合の場合と多少異なることが想定される。この問題についてはすでに高速道路調査会より報告書²⁾が出されており、 $1/2$ 模型桁に関する繰返し曲げ試験の結果も発表されている。しかし試験例も少ないこともあって今回の試験を行うことになったものである。今回は連結部を中心に切り出した 2 本の実大試験桁（連結部主鉄筋を D 19, D 22 の 2 通りとし、他の条件は全く同じものである）を用いて静的曲げ試験を行った。本試験ではとくに次の諸点に着目した。a) 連結部付近のひびわれの展開と最終耐力について、b) 連結部の曲げ剛性の変化について、c) 連結部主鉄筋の応力状態について、d) 連結部主鉄筋の鉄筋比、周長率の影響について、e) 引張側床版のずれ止め鉄筋について

2. 試験結果の概要

試験方法および主要な測定結果については、発表当時 O・H・P によって紹介する。この試験の範囲から、連結部に関しておおよそ以下の事項が推定できた。

(1) 連結部のひびわれと最終耐力 連結部のひびわれは、連結横桁部に近い床版部にまず認められ、その荷重はいわゆる設計荷重段階に近い時点である。このひびわれは計算上の鉄筋降伏点に相当する荷重段階でも 0.2 mm 程度に納まっており、深さも床版にとどまっていた。一方連結中央部（横桁部）のひびわれ荷重は、拡大断面のため設計荷重の 2 倍程度を示した。しかし、ひとたびこの部分に発生したひびわれは、計算上の鉄筋降伏荷重段階から急速に開口し、桁の破壊に直接つながる支配的なひびわれとなっている。最終荷重段階におけるひびわれ分布は、連結部を中心に 20 mm 程度の間隔で一様に分布し、打継部付近にひびわれが集中するような傾向は認められなかった。また連結横桁部以外の断面のひびわれは、この段階にあってもほとんど床版部にとどまっており、ごくわずかだけプレキャスト桁に達する程度であった。桁の最終耐力は約 300 t であった。この荷重は

RCの慣用計算による破壊荷重の約2倍である。破壊の状況は中央部のひびわれが桁の圧縮縁に達する曲げ圧縮破壊で、この間連結主鉄筋の切断は認められなかった。

(2) 連結部の曲げ剛性 たわみ図に現われている範囲では 設計荷重段階ではたわみと荷重はほぼ比例している。しかし支間中央部(連結部)のたわみをとり出して追跡すると、床版部にひびわれが発生した時点から、計算値よりも増加の傾向を示し、連結横桁部のひびわれによって増加の傾向を一層速めるようである。この支間中央部の実測たわみをもとに計算した試験桁の平均曲げ剛性を調べると、比較的載荷初期から低下の傾向を示し、ほぼ直線的に破壊に至るまでこの傾向を維持していた。このことから連結部の曲げ剛性の低下に影響を与えているものが、単に連結中央部の支配的なひびわれだけでなく、RC床版部のひびわれも大きいことがわかった。このような傾向は、プレテンション連結桁にはほとんど認められなかったもので、RC床版をもつ連結合成桁に特有のものと思われる。したがって、連結部の曲げ剛性の低下を考慮して、ある程度の支間モーメントの割増しを考慮する必要があるものと思われる。

(3) 連結部主鉄筋の応力 連結部主鉄筋の平均応力度は、設計荷重段階では計算値の約 $\frac{1}{3}$ 程度に納まっていた。ひび割れ発生後は 同一断面内の鉄筋間の応力差は大きくなるが、計算上の鉄筋降伏荷重段階においても計算値の $\frac{2}{3} \sim \frac{3}{4}$ 程度におさまっており、この間の応力の増加が計算値とほぼ比例していることから、計算仮定に近い挙動を示しているものと思われる。

(4) 連結部主鉄筋の鉄筋比と周長率 プレストレスしない連続鋼合成桁については、「道路橋示方書鋼橋編合成けた」において、引張力をうける版の配筋の規定がある。これによると、橋軸方向鉄筋に対して最小鉄筋比2%、最小周長率 $0.045 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$ となっている。連結合成桁の場合 中間橋脚上2点支承を採用していること、またあえて連結部の曲げ剛性の低下を考慮して支間モーメントの割増しを考えるという前提にたてば 一概にこの規定を順守する必要はないものと思われる。このような理由によって、試験桁の配筋は主として施工性をもとに定めた。結果的には鉄筋比0.7%、周長率 $0.031 \sim 0.037 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$ となった。試験の結果からは、鉄筋比が小さいことに起因する急激な破壊、また鉄筋切断等の現象は認められなかった。また、周長率の大きさにもとずくひびわれ巾、ひびわれ分布状況等に特異な点も認められなかった。この試験の結果から直ちに鉄筋比、周長率に対して定量的な結論を導くことは困難であるが、連結合成桁の場合にはある程度前述の規定を下まわってもよいものと考えられる。

(5) ずれ止め鉄筋 PC合成桁については単純桁に対するずれ止め鉄筋の規定がある。本試験桁のずれ止め鉄筋量はこれに準じて定めたものであるが、鉄筋降伏荷重段階ではプレキャスト桁と床版とのずれ量は 0.01 mm 以内であった。したがって、連結部付近のような引張床版におけるずれ止め鉄筋でも、現行規準に従って配置すれば、ずれの発生はほぼ完全に防ぐことが可能と考えられる。

3. まとめ

以上の報告は、2本の実大試験桁に関する静的曲げ試験の範囲から得られた事項であるが、調査会報告書の繰返し曲げ試験の結果も傾向的にはほぼ同じであった。今後残された問題としては、連結部主鉄筋の許容応力度をどの程度に定めるべきであるか(本試験の設計荷重段階としては $\sigma_{sa} = 1800 \text{ kg}/\text{cm}^2$ 近を考えた)、連結部の曲げ剛性の低下を考慮した場合、支点モーメントの再分配をどの程度考慮するか、連結部の正の曲げモーメントに対する補強をどの程度配慮するか等である。調査会報告書では、これらの問題の一部について、設計要領(案)の形で提言しているが、連結合成桁の実績をもとに、とくにこの構造形式の特殊性をふまえて定めるべきである。プレキャスト桁を用いた連結合成桁がまえがきに述べたような理由によって 見直しの時期をむかえている現在、連結合成桁を対象にとりあげる上で本報告が多少なりとも参考になれば幸甚と思います。

1) V-90 プレテンション連結方式桁橋の連結部耐力試験とその考察(昭和50年土木学会年次発表会)

2) 「PCポストテンション合成桁橋の連結構造に関する調査研究報告書」(昭和47年度)高速道路調査会・コンクリート分科会