

京都大学

阪神高速道路公団

オリエンタルコンクリート㈱

正員 岡田 清

正員○大浦 東

正員 保坂誠治

まえがき

本報告は、阪神高速道路公団で計画された環延伸工区の工事に付随して行なわれた、プレテンション連結方式桁橋（連結桁と略称）の連結部に関する静的曲げ試験の結果をまとめたものである。

連結桁の特長は、構造的には単純桁、機能的には連続桁とするところにある。すなわち隣接する空間のプレキャスト単純桁を橋脚上で鉄筋コンクリートにて連結するもので、これによって単純桁に準ずる施工の簡易性を持ちながら、中間支点上の床版が連続しており、したがって伸縮継手などを省くことが可能なばかりでなく、走行性、騒音の低下等連続桁と同じような機能上の利点を備えているものである。

連結桁は、このような特長を備えているため、スパン20m程度の多空間橋梁の計画に際しては、まづこのタイプが検討の対象にあがる程度、今後も数多く採用される方向にある。

1. 連結桁の設計の現況と問題点

連結桁の設計に関しては、現在高速道路調査会より、「PCプレテンション桁橋の連結構造に関する研究報告書」が出されており、これに関する唯一の設計施工の基準として利用されている。この報告書によれば連結桁の連結部の設計に関して主として3つのポイントを定めている。その1つは、プレキャスト桁は単純桁としても必要十分な耐力をもつこと、また連結部の耐力は連結後の荷重に対して連続桁としての耐力をもつこと。2つは連結部の負曲げモーメントに対する主鉄筋はD22以下、 $\bar{\sigma}_s = 1400 \text{ kg/cm}^2$ とすること。最後に曲げモーメントに対しRCおよびPCで検討する範囲を定め、この接点断面を連結部端から桁高分だけプレキャスト桁に入った部分とすることである。

すでに連結桁の設計実績は数多くあるが、これらを一覧していえることは、連続桁としてのスパンが21m程度になると第2の条件を満足できずD25が使われていること、またRC、PCの接点断面においては一般にPCの許容条件に支配され、このためプレキャスト桁の上フランジにPC鋼線を追加する必要が生じ、結果的には単純桁として必要十分なPC鋼線量を超過する傾向にあることなどである。

連結桁におけるプレキャスト桁はJIS桁を使うためまえから、すでに断面寸法は定まっており、以上述べたように安易に鉄筋またはPC鋼線を増やすことは施工性その他の面で問題が残される。

すでに述べたように、構造的には単純桁をベースとする連結桁においては、JIS桁準用のためまえから、スパンは高々21mの範囲にあり、JIS桁がそのまま使われることが望ましい。したがって先の問題に対しては連結鉄筋をD22、10cm間隔で配置することを前提として結果的に計算上の鉄筋応力度が 1600 kg/cm^2 程度に達してもよいのではないかとする考え方、また埋込鉄筋の埋込長を桁長の20%程度まで伸ばし、曲げモーメントに対してRCで検討する範囲を拡張してもよいのではないかとする考え方が生じてくる。後者に対してはJIS桁が本来単純桁の範囲では桁上縁に引張応力を許さない設計となっていることが基底にある。

2. 試験の目的

以上述べたような問題点と提案を踏まえて企画された本試験は、連結桁の連結部に着目して、静的曲げ試験の範囲そびわれの状況、曲げ剛性の変化、連結鉄筋の応力状態等について調べたもので、とくに連結鉄筋の計算上の応力度が 1800 kg/cm^2 程度に達した時点での状況、およびプレキャスト桁の反りを調整するための桁天端の余盛りがひびわれにどのような影響を与えるのかについてとくに注意を払うことにした。

3. 試験結果の概要

試験の概要および主要な測定結果については発表当日スライドによって紹介する。以下この試験の範囲内で推定できた特徴的な事項を列挙する。

(1) 連結部のひびわれについて

連結部のひびわれは引張側フランジ打継部、連結部中央附近、その他の断面と段階的に発生し、それぞれのひびわれ発生荷重に明瞭な差があった。すなわちフランジ打継部においては載荷初期の段階でひびわれが認められたが、これは荷重の増加に対して変化はあまり大きくなく、計算上の鉄筋応力が 1800 kg/cm^2 となる荷重(P-1800と略称)時点で 0.05 mm 程度であった。また同じく 3000 kg/cm^2 となる荷重(P-3000と略称)時点で 0.2 mm 以内に納まっていた。一方連結部中央附近ではP-1800時点ではひびわれは発生していないが、この部分にひびわれを発生させてから、ふたたび荷重を加え、P-1800時点に達したとき、 0.1 mm 程度、またP-3000段階では 0.4 mm と打継部に比べ開口の速度は大きい。とくにこの部分のひびわれが桁の破壊に支配的な影響をもっており、このひびわれが発展して桁の曲げ圧縮破壊を発生させている。その他の断面はP-3000段階よりひびわれが発生しており、その開口速度も中央附近に比べると小さい。余盛りによるひびわれの差はP-3000段階をこえる時点で現われており、設計荷重段階ではほとんど影響はないものと思われる。

(2) 連結部の曲げ剛性について

実測をわみより推定した連結部の曲げ剛性の変化をみると、フランジ打継部のひび割れはほとんど影響を与えておらず、連結部中央附近にひびわれが発生した後に曲げ剛性の低下を示した。このことからP-1800段階では曲げ剛性の低下はほとんどないと考えてよく、打継部のひびわれの系全体に対する影響も小さいものと思われる。

(3) 連結部主鉄筋のひずみについて

連結部の負曲げモーメントに対する主鉄筋は連結鉄筋と埋込鉄筋とから構成されているが、主に連結鉄筋が働いているようである。連結部のひび割れは中央附近のものが支配的であり、したがって連結鉄筋が主要なものであることは当然と思われる。この鉄筋は連結部中央より片側 $33 \phi (72.5 \text{ cm})$ であるが、この長さで破壊に達するまで滑りなどの徴候は認められなかった。連結鉄筋の応力度はP-1800段階ではひび割れ発生後でも設計値(1800 kg/cm^2)の $1/2$ 程度に納まっていた。またP-3000段階でも設計値(3000 kg/cm^2)を幾分下まわっていた。

(4) 連結部の耐力と破壊までの状況

連結部の最終耐力は鉄筋およびコンクリートの実強度が高い事にもよるが、終局強度を示す設計値(ASCE-ACI 1955)の2倍程度を示していた。この設計値(P-3000段階)の時点では最大ひびわれ巾は中央部で 0.4 mm 程度であり、曲げ剛性は初期の約半分程に低下したが、連結に起因する異常はほとんど現われていなかった。破壊の状態はいずれも連結部中央附近のひびわれが圧縮縁近くまで発達した後、コンクリートの曲げ圧縮破壊を示していた。

あとがき

以上の試験は3本の実物大試験桁を用いて行なった静的曲げ試験の結果であるが、前述の調査会報告書においては、これとはほぼ同じ試験桁2本について繰返し曲げ試験を行なっている。これらの試験の結果も傾向的には本試験とほとんど同じであった。連続桁と一線を画した連結部に要求される耐力その他の性質についてどのように考えるか議論の分れるところであるが、ごく概念的に述べるならば、連結部は過大なひび割れ等が発生して、プレキャスト桁同志が一体性を失なわないこと。また舗装に悪影響を与えないこと等が必要条件である。従ってある程度のひび割れは許容しても良いものと思われる。この様な観点から試験の結果を見直すと支配的なひび割れは連結部中央附近であり、耐力もこの断面で定まっていることから先の提案がほぼ妥当なものと考えられる。堺延伸工区の実施設計においては、連結部主鉄筋D-22を 10 cm 間隔と定め配筋を行なった。この結果設計々算上の応力は 1500 kg/cm^2 程度となり、結果的に設計条件を $6sa=1600 \text{ kg/cm}^2$ と定めている。

連結桁の連結部に関する設計上の問題に関して、本報告が多少なりとも参考になれば幸甚と思います。