

(I — 56) 鉄道における複線 2 主 I 断面連続完全合成桁 (常磐新線：小貝川橋梁の例)

日本鉄道建設公団 正 保坂鐵矢
日本鉄道建設公団 広瀬寛二

1. はじめに

最近、フランスやドイツなど欧州においてコスト面で P C 桁を超えたといわれ脚光を浴びている 2 主桁は国内において道路橋に採用されている。道路橋における 2 主桁橋の一般的な構造は床版に P C 床版を採用し、横桁に相当する I 断面の横つなぎ材を配置したのみで横構を配置しない構造である。

鉄道橋への複線 2 主 I 断面桁の採用は道路橋と異なり鉄道特有の活荷重 (高速走行での連行活荷重載荷) の走行安全性や疲労耐久性に配慮が必要で、全体剛性確保のための道路橋と異なる種々の構造上の配慮・検討を行い、下横構と剛な横桁を有する完全合成桁として常磐新線：小貝川橋梁 (全長 120m の 3 径間連続複線 2 主 I 断面合成桁) に実用化ができた。図-1 に構造概念、図-2 に断面を示す。

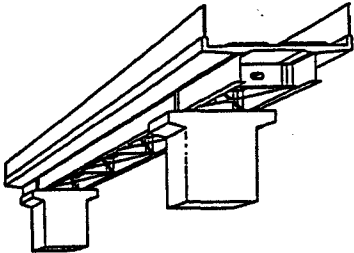


図-1 複線 2 主 I 断面合成桁の概念

2. 構造概要

(1) 小貝川橋梁の概要

構造上の諸元を表-1 に示す。

(2) 構造上の特徴概要

① 3 径間連続完全合成構造で、ジベルはスタッドジベルで、中間支点部近傍の負曲げモーメント区間は耐疲労性を考慮した新しいジベル (穴明け鋼板ジベル) としている。②複線 2 主 I 断面合成桁で主桁相互

表-1 小貝川橋梁：諸元

構造	3 径間連続完全合成構造、複線 2 主 I 断面			
支間	118.4m=39.2m+40.0m+39.2m			
活荷重	M-15	軌道	消音式直結軌道	
表面処理	無塗装及び安定化处理			
鋼材	鋼材質	SMA490	鋼材重量	298.2 t
床版	$\sigma_{ck}=270\text{kg/cm}^2$	有効幅：462cm×25cm		
支承	地震時水平力分散ゴム支承			

を連結する強固な対傾材 (横桁) と下横構からなる格子構造、ねじり剛性に対しては擬似箱桁断面を構成する構造である。横桁は箱桁のダイヤフラムに相当する剛度を有する充腹式構造である。また、支点横桁は SRC 構造とした。そして、④コンクリート床版は主桁と剛ジベルで連結、合成すると共に、横桁位置においても床版を打下ろし鋼桁との一体化を図り、全体剛性の向上に配慮した。支点横桁近傍の主桁腹板は鉄筋コンクリートで被覆した構造とし剛性の極端な変化を無くす構造としている。⑤ 中間支点部近傍のコンクリートひび割れ対策は有害なひび割れが生じないように完全合成としてのひび割れ防止鉄筋、コンクリート打設順序や打設時期を調整すると共に、SFRC (鋼繊維コンクリート) を考慮することとしている。

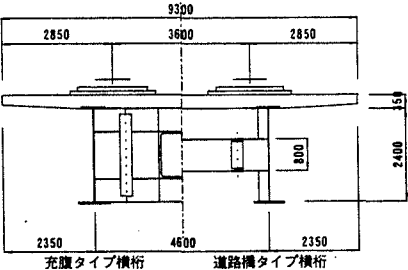


図-2 2 主桁断面概要 (道路と鉄道の例)

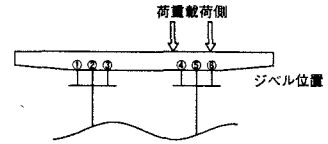
3. 単線載荷時のねじれ振動に対する剛性確保を考慮した検討と構造

(1) 下横構の必要性：鉄道橋では片線載荷により支間部で列車は傾き、支点部では元に戻ろうとするため、ねじれ振動に対する動的な応答値を制限する必要がある。ねじれ振動に対する構造特性を向上するために下横構を配置した。横構の有無によるねじれ振動特性を比較すると、ねじれ振動に対する振幅は、走行車両が同じで共振を生じない走行速度であれば、純ねじれと曲げねじれを考慮した等価ねじれ定数 J' が小さいほど、また、せん断中心から重心までの距離が大きいほど大きくなる。ここで、 $J' = J + E C w (\pi / L)^2 / G$: E は弾性係数、 G はせん断弾性係数、

キーワード：複線 2 主 I 断面連続合成桁、列車走行安全性、ねじり剛性、穴明け鋼板ジベル
連絡先：〒100-0014 千代田区永田町 2-14-2 日本鉄道建設公団設計技術室、TEL03-3506-1861

Jは純ねじれ定数、Cwは曲げねじれ定数、Lは支間長さである。

解析結果から、横構のない2主桁橋では、下横構を設置することにより等価ねじれ定数が約3倍に、せん断中心から重心までの距離が約2/3になり、下横構を設置すればねじれ振動に対する振幅を約1/4.5に減少できることが判明した。なお、下横構を配置すれば、ねじれ剛性が上がり水平方向の静的なたわみは25%程度減少する。



(2) 充腹式横桁の必用性とコンクリート床版との一体化: ねじれ振動に対して下横構は疑似閉断面として挙動するため、強固な横桁(充腹式対傾材)を配置することとした。ここで、横構を配置した場合の充腹タイプ横桁と道路橋タイプの支材方式の横桁を対象にFEM立体解析を行った。列車荷重M-15を片線に载荷した結果、横桁取付部に道路橋タイプで 220kgf/cm^2 の局部応力が発生しましたが、充腹タイプでは 50kgf/cm^2 程度で、道路橋タイプの横桁配置では、横桁と垂直補剛材の取付け部に局部応力が生じ、疲労に対するより詳細な検討が必要になることが推測され、充腹タイプとすることにより横桁位置に発生する局部応力の問題は解消される。図-3にジベルに働く引張力(腹板の直上位置位置: 図中の②位置)の分布を示す。道路橋タイプの横桁では、横桁位置のジベルに大きな引張力が生じるが、鉄道タイプの充腹式横桁ではこの引張力を解消することができた。また、横桁上フランジにはスタッドジベルを配置し、コンクリート床版を打下し一体化することにより、主桁フランジの首振り現象やジベルに働く引張力を低減する構造を採用した。

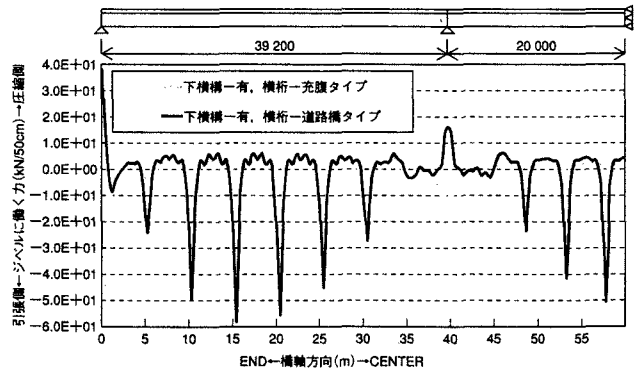


図-3 ジベルに働く引張力(②の位置)

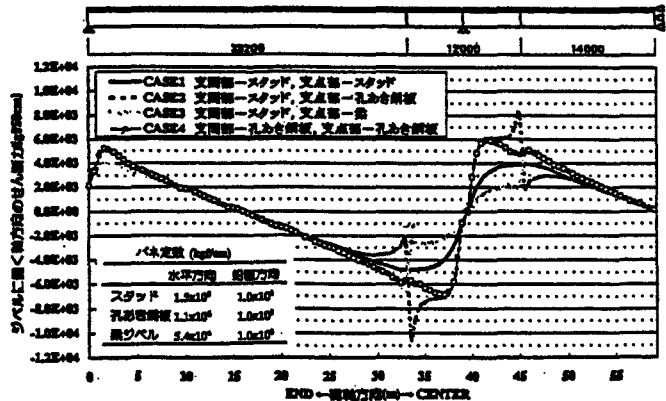


図-4 ジベルの組み合わせによるせん断力

(3) ジベル構造に対する検討

鉄道橋は繰返し荷重に対する耐力評価から一般に馬蹄形ジベルを用いている。複線2主I断面合成桁は主桁1本に作用するせん断力が大きくなることから配置上、正曲げ区間はスタッドジベルと孔あけ鋼板ジベルを、引張り領域はこれに加えて柔ジベルを組み合わせた数値解析を行った。図-4に示すようにジベルの剛性によって、境界部にせん断力が卓越する挙動が見られる。この結果からジベル剛性を考慮し、正曲げ区間はスタッドジベルを、負曲げ区間は耐疲労性を有する穴明け鋼板ジベルとした。

4. おわりに

小貝川橋梁は現在、鋼桁部の現場架設中で、コンクリート打設順序や鋼繊維コンクリートの配合試験など関係者の協力を得て鋭意施工中である。

最後に、複線2主I断面桁の採用するに当たり、基礎的な実験や解析に足利工業大学・阿部英彦教授、早稲田大学・依田照彦教授、摂南大学・平城弘一教授の適切な指導を、川田工業の渡辺滉氏、橘吉宏氏等の協力を、直接工事に従事しているトビー工業、神戸製鋼所の関係者に感謝いたします。