

V-7

鉄筋コンクリートにおける複合機構に関する研究 (下床版に荷重をうける鉄筋コンクリート箱型げたのひびわれおよび変形に関する研究)

国鉄	正	神野典久
国鉄	正	板東 弘
○ 国鉄	正	石橋忠良
清水建設	正	岡田武二

1. 目的

寒冷地の鉄道等の機能維持には、雪害対策が大きな比重を占めている。この雪害対策を兼ねた構造物として、下路箱型桁が考えられる。ここでは下床版に荷重をうける鉄筋コンクリート (以下RCと呼ぶ) 箱型桁の力学的挙動、ひびわれ、変形等の特性を明らかにすることを目的としている。

2. 理論解析

図-1に示すモデルを、節線変位をフーリエ級数で表現する一種の有限要素法を用いて、下床版全面載荷と、片側載荷について立体解析した。また、ひびわれ発生後は通常のRCとしての理論解析を行った。

3. 実験概略

30Mのスパンの下路RC箱型桁を通常の上路の箱型桁と同様の設計方法でN-18、P-19 (新幹線列車、電車荷重) を用いて設計を行ないこれを1/4K縮小して載荷試験用の供試体を製作した。供試体の種類は端部に補強なしのRC-1と端部にリブをつけて補強したRC-2の2つである。載荷方法は8台の50tジャッキを用いて図-2に示す位置に載荷した。以下に述べる荷重Pとは、この1/4K所当りのジャッキ力である。載荷は全ジャッキを作用させた両側載荷と、単線載荷を想定した4台のジャッキを作用させた片側載荷の2ケースを行った。荷重の大きさは、最大ひびわれ幅を用い、1回目0.1mmまで、2回目0.2mmまでと、両側載荷、片側載荷を交互にくり返した。

4. 実験結果

図-3は上床版のひずみ分布を示している。圧縮変位の有効幅はこの実験では、学会示方書の7~8割であった。また有限要素法 (以下FEMと呼ぶ) による値とひびわれ発生前は良く一致している。初期ひびわれは橋軸方向はP=30tの両側載荷時に生じている。これはけい高が高いため下縁のコンクリートの応力度がコンクリートの引張強度にこの荷重まで達しないからである。ラーメン方向はP=10tの両側載荷時に初期ひびわれが発生している。

図-4に橋軸方向の側壁下縁の鉄筋の応力状態を示す。この図からラーメンとしてのひびわれがかなり発達していても (P=10t以後)、その影響はうけず桁としてのひびわれ発生までは、全断面有効としての挙動を示し、けいとしてのひびわれ発生後は、急速にRCとしての理論値に近づく。

図-5に中央断面下スラブのラーメン方向の鉄筋の応力状態を示す。ラーメンとしての応力性状は、曲げひびわ

図-1 解析モデル

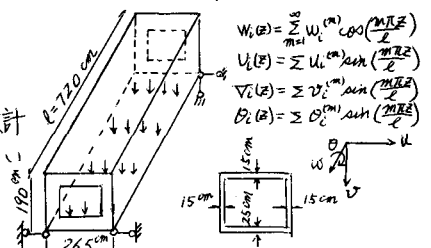


図-2 載荷位置

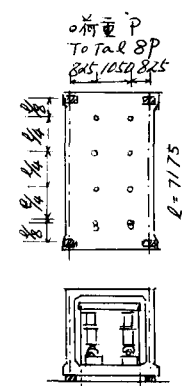


図-3 上床版のひずみ

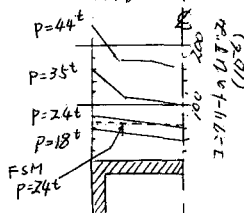
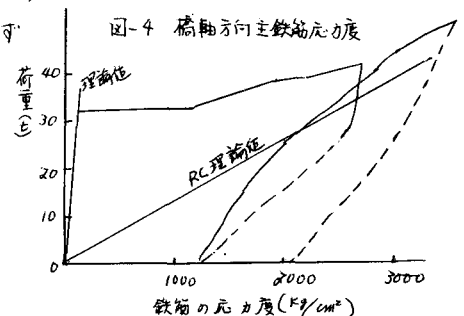


図-4 橋軸方向主鉄筋応力



れ発生し ($P = 10 \text{ t}$) 前は実験値が理論値を上回っているが、設計荷重時 ($P = 18.9 \text{ t}$) の時は実験値の方が小さい。その後荷重の増加につれて、また実験値が計算値を上回るようになる。

図-6 は中央断面のウェブ下端の変形を示したものである。ひびわれ発生前は f_s/f_t の値と良く一致している。ひびわれ発生後 ($P = 30 \text{ t}$ 後) は理論値と実験値は一致しないが、この理由は、桁の主鉄筋の降伏荷重が設計値では 40 t であり、全断面有効な状態から急速に鉄筋の降伏の状況に達するため、 RC としての理論に適合する範囲がほとんど存在しないためと考えられる。

ひびわれ性状は下床版にラメンとしてひびわれが発生し、載荷板付近のひびわれが増加する。けたとしてのひびわれはラメンとしてのひびわれがかなり進展してから生じ、急速に曲げひびわれと、せん断ひびわれが発生する。全体としての破壊に対する強度は、けた方向、ラメン方向とも同程度であった。

5. 設計に対する検討

設計方法も検討するため、設計計算値と実験値の比較を表-1 に示す。単純けたとしての設計荷重は $P = 15.8 \text{ t}$ である。この時の実験値と計算値の比は、スパン中央断面の引張鉄筋の応力度で 0.04 である。これはまた曲げひびわれ発生前のためである。曲げひびわれ発生後は σ/P が急速に増加するが、設計計算上鉄筋の降伏の生ずる $P = 38 \text{ t}$ の時の実験値の鉄筋応力度は 1600 kg/cm^2 であり、実験値の鉄筋の降伏は $P = 50 \text{ t}$ 付近である。降伏荷重に対する設計荷重の比は 0.2 である。

単純桁としてのせん断桁に対する設計をみると、腰部コンクリートがせん断破壊する時 ($\tau = 2.4 \text{ kg/cm}^2$) は、設計計算上 $P = 53 \text{ t}$ であり、実験値は $RC-1$ が 33 t 、 $RC-2$ が 30 t と良く一致している。しかしこれ以後腹鉄筋が引張応力度は実験値が設計計算値を上回る。理論上鉄筋が降伏するのは 72 t であるが、実験値はその 69% で降伏している。

箱型ラメンとしての鉄筋の応力度は設計荷重時で実験値は理論値の約 80% であり、ひびわれ発生荷重と理論と良く一致している。鉄筋の降伏荷重を比較すると、実験値の方が、設計計算値より約 20% 低い荷重で降伏している。ラメン方向は不静定構造であり、ブラスチックレジの形成により耐力は増加するので特に問題は生じないと考えられるが、せん断に対する補強と合わせて検討の必要がある。

$RC-1$ と $RC-2$ の違いは、端部のリブの存在の有無のみであり、この影響は $RC-2$ の端部のラメンとしての変形のこう束がいく分大きかった点を除いて、特に顕著な差異は認められなかった。物理的にも端部を完全にこう束することは、内空断面を必要とする構造のため難しく、 $RC-1$ の支承付近だけの補強で十分と考えられる。

結論としては、下路箱型桁の設計方法としては通常の上路箱型桁と同じ考えで設計して良いが、ウェブは背の高い、かつ薄い部材であり、このウェブに対するせん断の補強と、配筋の取扱いが必要と思われる。

図-5 ラメン方向主鉄筋応力度

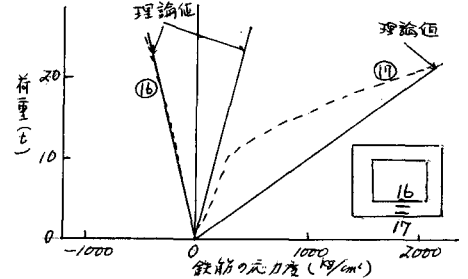


図-6 変位

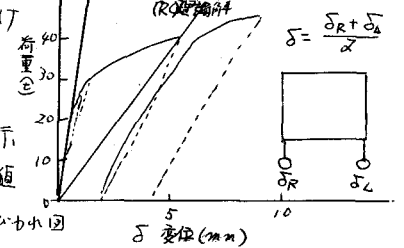


図-7 側壁のひびわれ図

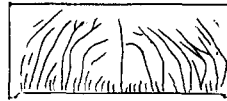


表-1

	P	応力度 (kg/cm^2)		(2)/(3)
		(1) 設計値	(2) 実験値	
桁としての曲げ	15.8	$f_s = 1620$	50	0.04
	38.7	$f_s = 3500$	1600	0.5
	50.0		2500	
桁としてのせん断耐力	33.7	$f_s = 568$	500	0.88
	44.0	$f_s = 1432$	1900	1.39
	49.6	$f_s = 1822$	3500	1.99
ラメンとしてのせん断	18.9	$f_s = 1710$	1250	0.78
	33.0		3500	
	40.2	$f_c = 3500$		