

PC桁の事故とその対策

(3)

型わく・コンクリート打ち・養生その他に関する事故

プレストレスト コンクリート

編集委員会

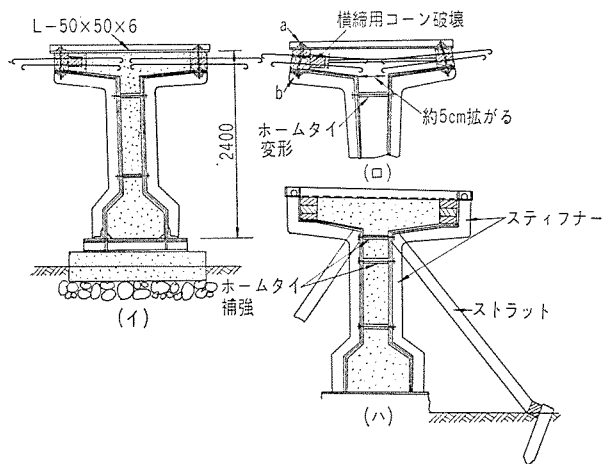
1. コンクリート打設中のはらみ出し (例 1)

M橋は図-1に示すようなI形のポストテンション多主桁形式の橋梁であり、生コンクリートを使用した、各主桁間のスラブ場所打コンクリート幅が40~60cmと普通より広がったので、12-φ5のフレシネーケーブルでスラブ横締めを1m間隔に行なうほか、挿筋をφ9 20cm間隔に二層に入れることにした。このため金属ホームの上突縁のみを図示のように平角材を三段に重ねこれを金属ホームのスティフナーにボルトで、上側のL-50×50×6のアンクルと連結し、コンクリート打設時の拡幅を防止するとともに挿筋による脱わくの困難さをも考慮した構造を採用した。しかし、コンクリート打設時に生じる側圧によって図-1(ロ)に示すように、この三段重ねの平角材は、腹部の拡幅に対する抵抗が案外少なく、簡単に回転変形を生じてしまい、腹部上部にて約5cm拡がり、横締め用フレシネーコーンは一部破壊した。

対策

変形の原因は、平角材を三段重ねしてボルトにより、水平アンクルと、金属ホームのスティフナーとを鉛直に連結した構造では、拡幅の力に対する曲げおよびせん断抵抗を受けもたせることはできない。a点は固定されていても、b点は案外小さな水平力で外側に移動でき

図-1

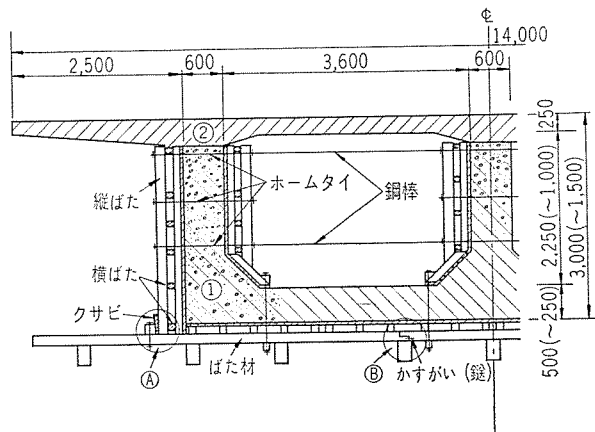


る。これを防ぐには、スティフナーを図-1(ハ)に示すように立ち上げてこれに水平連結アンクルを緊結するか、応急処置としては、ストラットを図示のように用い、ホームタイを、コンクリート打設時の水平力に対し十分安全な量用いるべきである。

2. 同上 (例 2)

S橋は図-2に示すような変断面2室箱型の橋梁であり、コンクリート打設はコンクリート量の関係で①(底スラブとウエップ)と②(上スラブ)にわけて打設した。ここには①のコンクリート打設に対する型わく(木製)の組立を示している。ウエップはホームタイで外型わくと内型わくとの間隔を保持し、その先を互いに鋼棒で連絡している。また、外型わくと底型わくは㊸に示すようにクサビを入れておきコンクリート打設時の側圧に応じてクサビを打ち込み、底型わくとの密着につとめた。

図-2



しかし、でき上り断面は部分的あるいは全体的にどうしても外側にはらむ側向にあった。そしてこのはらみは断面構成上、また美感上も、まことに見苦しいことである。

原因

これは橋梁の幅員が広がってくるとどうしてもバタ材が一本物で間に合わず、二本、三本と㊸に示すように互いに継がざるを得なくなりこの継手に十分な考慮を払わずに、「カスガイ」位で簡単にしておくと、㊸のクサビを打ち込んでも㊸の継目で伸びてしまい所要の効果が得られず、はらむ結果となりがちである。

対策

バタ材の継手部には相当大きな水平力が作用しても十分安全であるような継手構造とすること、または、縦バタから縦バタまでを鋼棒などの一本物で締めつけておくこと。

さらに、ホームタイが細かったり間隔が遠かったり、

継手部分が不完全でくい込みがあったりすると、これらの遊びはすべて外側に張れることになるから十分注意を要する。

3. コンクリート打設中に生じたひびわれ

T橋は図-3(イ)に示すような箱形断面を有する3径間連続桁(30.5+30.6+30.5)橋である、本橋の架設計画に当って、支保工の転用、早期プレストレス(仮緊張)によって支保工の沈下、乾燥収縮などによるひびわれ防止の目的を考えて、図-3(ロ)に示す施工継手によって、全体を3ブロックに区分する工法を採用した。各区分ごとのコンクリート打設順序は図-3(イ)のように下スラブ①を打ち、この硬化を待って、中わくを組み立て、腹部②を打ち、上スラブ③を打った。なか二、三日置いて仮緊張を行なう計画にしたがって、まず3月13日に①を打設延長43m約50m³を打設し、中わく組立てに9日間かかり、3月24日に②を打設した。この2日後すなわち3月26日夕刻より降雪あり、27日朝は前夜の20°Cに近い温度から0°C前後まで温度が急激に降下した。27日朝、図-3(ロ)に示す箇所の両側腹部に0.6~0.8mmのひびわれを発見した。

対策

原因の一つとして考えられることは、下スラブコンクリート打設9日後に腹部コンクリートを打ったため、スラブの硬化収縮は相等進行しており、腹部の硬化収縮はスラブによって拘束されていたこと、および約20°Cの

温度降下による温度勾配はこの場合、腹部まで打ち終わったU形の断面から考えて、上端は冷えやすく下スラブは冷え難いと考えられ、少なくとも上端とスラブとでは10°C前後の温度差があったと思われる。この他腹部コンクリート打設による支保工の不等沈下等が幾分でも生じていればこれをも加え合すると十分ひびわれの可能性がある。以上の結果から考え以後の桁は図-3(ハ)に示すように施工継手を2カ所増設した。その構造は箱形全断面を約40cmの間げきをおいてメタルラスで分割し、この部分のコンクリートは、各区分ごとの上突縁打設と同時に打設し、なるべく早く仮緊張を行なった。

注：メタルラスは二重に用い、ラスに作用する側圧はすべて組立鉄筋を十分用いてこれで採らせるようにしたが、それでも一部のラスは、まくれ出したり、はじけたりした。またラスからペーストがもれ、このため、ラスの内側に小さな空どうが一部生じた所もあった。

なおひびわれ部については、仮緊張後エポキシ樹脂を注入し本緊張を行なったが、その後この部分からの変状は認められない。

4. コンクリート打設により桁に生ずる空洞

I橋梁では、桁の緊張作業中支間中央付近に縦方向にきれつを生じた。きれつの性質より桁中央に空洞があり緊張によりコンクリートが圧縮破壊したものと判断し、ただちに緊張を解放しハンマーなどで調べた所、支間中央下部に大きい空洞を発見した(図-4、5)。

図-4 空洞の多く発見される箇所

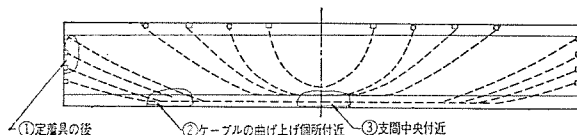
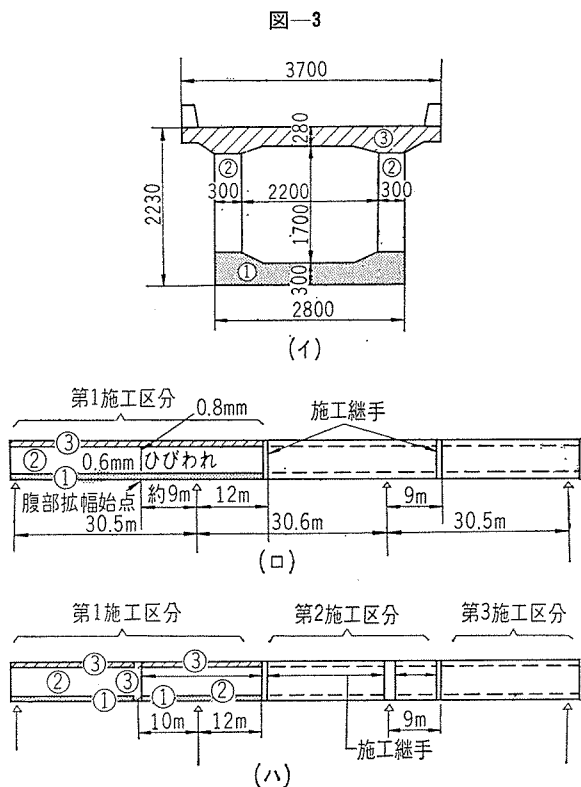
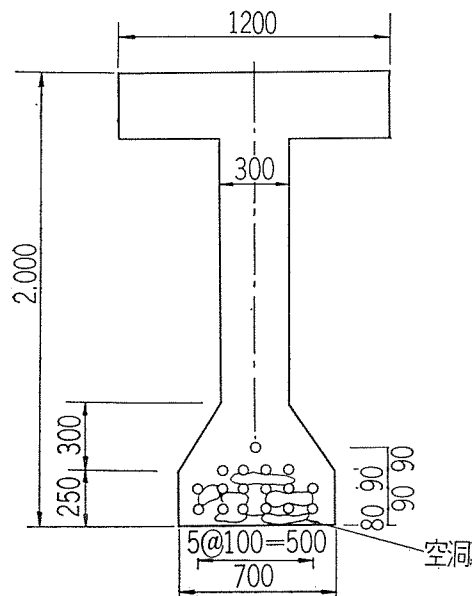


図-5 I橋梁の空洞



K橋の例では緊張作業中コーンがめり込むのでコーンの裏側に空洞があるのではないかという疑いが生じ、ただちに緊張を止めてコーンをはつって見たところ空洞が発見された(図-4①)。またS橋梁では型わくを外したところ、その衝げきによりコーンがめり込んだので調べたところ、図-4① とほぼ同じような所に空洞を生じている。以上のほか、すでに架設も完了した桁を検査したところ、支間中央やケーブルの曲げ上げ点付近の桁下縁に空洞のある例が以外に多く、しかもこれらの空洞は表面にだけは薄くモルタルがまわっているので、何かのきっかけがないと発見されない場合が多い(図-4②)。

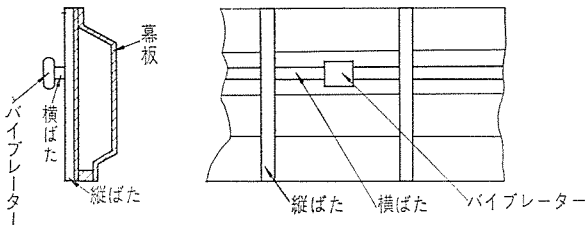
原 因

以上のように空洞を生ずる原因はつぎのようである。

1) コンクリート打設段取りの手落ちや、生コンクリート配車の都合などの理由で、コンクリートが断続的に打設され、しかも練り上ってからかなり時間を経過しスランプが0近くまで低下したコンクリートをそのまま打設していること。I橋ではコンクリート巻き上げ用ホッパーが故障したためコンクリート運搬車を2時間近くも待たせている。

2) 締め固めの不十分。I橋では型わくバイブレーターを図-6に示すように横バタに抱かせるように取付けたので、横バタとくし板や幕板の間のすき間で振動が減殺され幕板に十分振動が伝わっていない。

図-6



3) 桁高の大きい主桁を片押しでコンクリートを打設するため、片押しでコンクリートを打設するとどうしても先端部分で材料の分離が起こり、モルタルおよび水分の少ない部分がたまたまシースの密集した箇所になると空洞を生ずる。このような場合でも棒状バイブレーターなどで十分締め固めれば、ある程度材料分離は防げるのであるが、片押しで打設する場合の先端部分は棒状バイブレーターが効きにくく、また支間中央などのシースの密集した箇所では棒状バイブレーターが使用しにくい。

4) 定着具と型わくの取り付け不良。S橋、K橋の場合の原因はいずれもこれによる。

対 策

1) コンクリートのスランプの改良。PC桁では他のコンクリート構造物に比してより高強度でより質のよいコンクリートが望まれるのでどうしても小さいスランプ

の配合設計がなされる。しかし初期の試験的段階では、監督も十分であったしまたコンクリートの強度や質に対する不安もあったので、小さいスランプも止むを得なかったが、最近では多くの施工経験によりもう少し大きいスランプでも良質のコンクリートが得られる自信ができてきた。また一方PC桁もそろそろ普及期に入ったので常に最良の状態で施工が行なわれるとは考えられなくなってきている。したがって現在採用されている3~5cmのスランプでは、ちょっとした不手ぎわや事故によりすぐスランプが0近くに落ちてしまい、結果的に桁に空洞を生ずるようなことになることが多いと思われる。今後コンクリートのスランプは、もう少し大きくするのがよいと考えられる。

2) コンクリートの搬入状況をよく調整し、現場で長時間放置したコンクリートは絶対打たないようにすること。また生コンクリートの品質の変動によく注意すること。生コンクリート会社では異なる発注先に異なった配合のコンクリートを搬出しているので、行先きを間違えて運搬される場合もありうる。

3) 桁支間中央付近におけるシースの間隔および、支点付近における定着具や補強筋の錯綜(まごころ)に対して設計者がもう少し考慮する必要がある。鉄筋コンクリート構造物で32mmぐらいの鉄筋を多く用いる場合はすぐ施工が問題にされ、鉄筋間隔や断面全体の大きさの手直しが要求されるが、PC桁のシースは32mm筋よりさらに大きい45~50mmであるのに、その間隔などがあまり議論されない。しかも一般の鉄筋コンクリート構造物はスランプ8~10cmで打設される例が多いが、PC桁は3~5cmのスランプで打設される場合が多い。再考を要する点である。

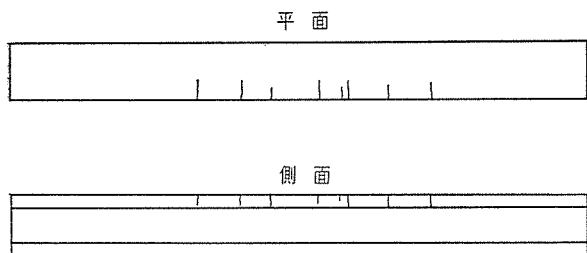
4) 時間の経過したコンクリートに新しいコンクリートを打ち足すときは、両者が一体となるよう棒状バイブレーターを用いて十分締め固める。型わくバイブレーターは、振動の効果を減殺しないよう工夫して取付ける。また施工中コンクリート面の振動の状況をよく見て型わくバイブレーターが効率よく動いていることを確認する、などの注意をよく守り、コンクリートを十分締め固めること。

5) 型わく点検のとき、定着具は手でゆすって見るなどして特に密着の程度をよく調べる。定着具は針金だけでなく金具を用いて確実に固定するよう工夫すること。

5. コンクリート打設後フランジに生ずるひびわれ

Y橋梁にて桁架設を完了し、横桁のコンクリート打設

図-7



段取りにかかる直前に図-7に示すようにフランジの片側に多くのクラックを発見した。

原因

クラックの位置および大きさより判断して横方向に偏心モーメントが加わったのが原因と思われる。桁架設完了後クラックを発見したので、どうい原因により偏心モーメントが加わったのかがはっきりしないが、予想される原因としてつぎの3つがある。

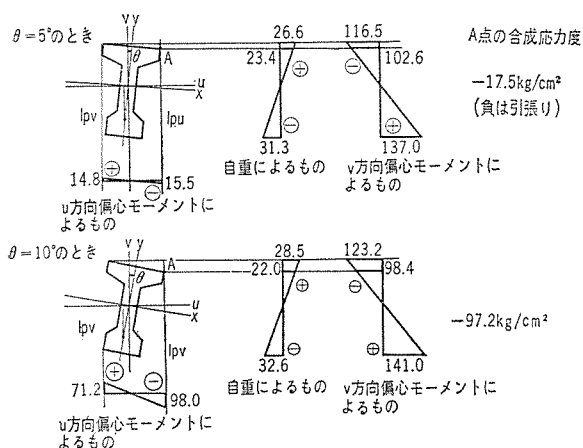
- a) プレストレスが横方向に偏心して加えられた。
- b) 桁架設のとき桁を傾けた。
- c) 片側のみに直射日光を受けた。

以上の事項について検討した結果つぎの結論を得た。

1) 横方向の偏心によるモーメントは、片側にのみケーブルの引越しを考えた最も極端な場合でも引張応力を生ずるほど大きくはない。

2) 桁を傾けた場合、特に上部フランジの大きい桁ではかなり大きい引張応力が生ずる。Y橋の場合、桁を5°または10°傾けたときの応力は図-8のとおりである。

図-8



3) 片側のみに日光を受けて温度変化を起した場合についてもひびわれの可能性はある。Y橋の場合10°Cの温度変化で30 kg/cm²の引張応力が生ずる計算になった。

対策

- 1) 桁架設時には絶対桁を傾けないこと。そのため桁をつるとき金具やワイヤーをよく点検すること。
- 2) 養生は、桁のすべての露出面に対して行ない、十

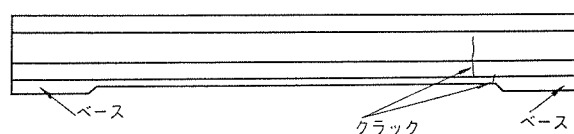
分水分を与えるようにすること、型わく転用の都合で片側のみ型わくを外すとき、日光が常に片側から当たるときなどは特にこのような注意が必要である。

Y橋梁のほかにも桁上面に養生不十分でクラックを生じている例を数多く見た。きわめて当り前のことだがコンクリート打設後の養生は、さらに注意深く基本的動作を忠実に履行することが望まれる。

6. コンクリート打設後の支点の沈下

A橋梁にて主桁コンクリートを打設し、材令6日目で17本の主ケーブル幅10本の緊張を終え2次緊張を待つ間に図-9に示す箇所にクラックを生じた。

図-9



原因

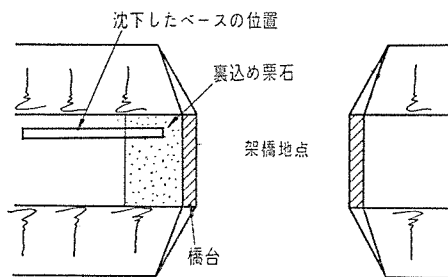
原因は明らかに製作台の沈下であり、さらに製作台の沈下した原因を調べるとつぎの2つが考えられる。

1) コンクリート打設後、連日相当の降雨があり製作台下の地盤がゆるんだこと。

2) この製作台は盛土上でかつ法肩近くにあり、一方の端は橋台の裏込めの位置に近かったの

図-10

で製作台下の地盤の支持力が不均等でありかつ不十分であったこと(図-10)。



対策

1) 製作台付近は排水に注意し、降雨などで簡単に製作台が下らないようにする。

2) 製作台の位置を選ぶときは支持力が均等に得られるような場所を選ぶこと。法肩近くや橋台裏込め箇所付近は避けた方がよい。どうしても適当な場所のないときは、木ぐいなどを用いて支持力を均等かつ十分にしようしなければならない。

事後の処置

クラックは最大2mmぐらいの開口を示していたので、桁を廃棄処分することも考えられたが、工程の必要上および今後の参考に供するため、つぎのように補強した。

まずクラックの生じた断面を無視した場合の下縁の圧

縮応力を検算し、コンクリートの圧縮強度には余裕のあることを確認し、ついでクラックを生じた断面をシールして合成樹脂を注入した。その後残った7本のケーブルを緊張し、その緊張時に桁の反りおよびクラック7点とその対称点をホイットモア式ストレインゲージで測定しあわせて肉眼でクラックの部分を観察した。その結果、

1) 緊張時の桁の反りはほぼ計算値どおりとなり、桁全体の剛性は損なわれていない。

2) クラック点とその対称点の伸びを測定した結果によると、クラック点の方が約3倍の伸びを示している。これはこの部分に注入した合成樹脂の弾性係数が小さいためであると思われる。しかしその絶対値は 0.05 mm であり桁の機能を損なうほどのものではない。また伸びは緊張力に対して直線的に増加しており、伸びが激増することはなかったので、クラックが開いたとは考えられない。

3) 肉眼による観察でも異常は認められなかった。

以上3点を確認しそのまま桁を使用した。なお先にI橋などの例もあったように今後合成樹脂を用いて桁を補強する機会が増えると思われる。ここで使用した合成樹脂についてはどこまで樹脂が浸透したか判断する方法がなく、緊張時の反りなどにより間接的に判断するほか仕方がなかった。今後補修用合成樹脂について強度、浸透

性、浸透の程度の確認法、注入作業に対する工夫など総合的研究がなされることが望ましい。

7. 横締め鋼棒の破断した例

F橋梁にて主桁およびスラブのコンクリートを支保工上の場所打ちで打設完了し、横締緊張グラウト、さらに縦方向の緊張も完了した時点において47本の横締め鋼棒のうち5本が破断した(図-11)。

原因

原因としてつぎのものが考えられる。

- 1) 材質の欠かん、特にネジ部について、
- 2) 傾斜定着により鋼棒に曲げ応力が生じた。傾斜定着により破断強度の落ちるのは周知のことである。
- 3) 鋼棒の過緊張
- 4) 場所打ち桁で横締め完了後縦締めを施工しているので、縦締めの影響で横締め鋼棒の引張応力が増大した。
- 5) 気温の変化により鋼棒に応力が生じた。

以上の各項目についてつぎのように検討してみた。

1) 当該鋼棒をメーカーに送り直し立会い試験の結果異常は認められなかった。

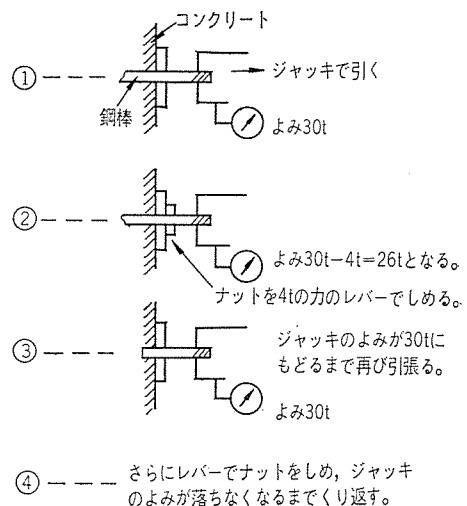
2) 測定の結果(図-12)定着版にかなりの傾きが認められた。この桁は支保工上で場所打ちしたのでプレキャスト桁にくらべ横締め鋼棒アンカー部の型わくの製作および取付けが十分でなかったものと考えられる。事故の起っていない他の桁と比較した場合その差はかなり明瞭であった。

3) 現場の担当者に作業経過を聞くことつぎのようである(図-11参照)。ジャッキの読みが所定の値(例えば30t)になるまで緊張し、その後レバーでナットを締め、しかもナットを締めたことによってジャッキの読みが下がったので、さらによみが元の値(30t)になるまで緊

図-11

鋼棒番号	定着版の傾斜角度	緊張月日		破断状況		状況
		緊張月日	グラウト月日	折損発見	折損発見後	
1	4°53'	12月12日	12月18日	12月20日8時	(グラウト後の時間)	鋼棒抜き出し
2	3°50'					
3	3°20'					
4	4°05'					
5	7°07'					
6	7°46'					
7	6°56'	12月12日	12月18日	12月19日8時	(15時間後)	抜き出しなし、ネジ部のみ折損
8	8°00'					
9	6°10'					
10	5°06'					
11	3°17'					
12	3°46'					
13	4°46'					
14	4°41'					
15	1°43'					
16	3°45'					
17	5°04'					
18	4°35'					
19	1°18'					
20	3°07'					
21	4°40'					
22	1°48'					
23	3°44'					
24	5°01'					
25	4°05'					
26	2°55'					
27	5°35'	12月12日	12月18日	12月19日8時	(15時間後)	2m抜き出し
28	4°18'					
29	2°02'					
30	4°54'					
31	3°32'					
32	6°01'					
33	3°22'					
34	5°13'					
35	2°30'					
36	6°10'					
37	4°31'					
38	4°02'					
39	3°07'					
40	2°00'					
41	2°10'					
42	2°40'					
43	3°03'					
44	4°05'					
45	5°17'					
46	2°14'					
47	4°16'					

図-12



張し、さらにレバーを用いてナットを締めるという作業をくり返した。

したがって鋼棒にはジャッキの読み+レバーの力の両方が加わったことになり明らかに過緊張である。しかも所定の読みとして設計で所定の 28.7t に対し余裕をかなり見て 30~34t を採用したとの話で、上述の操作上の錯誤とあわせればかなりの過緊張となっている。

4) 縦締めによる縦方向そりは測定結果によると左側主桁で 19mm 右側主桁で 21mm である(この桁は2主桁であった)。したがって左右の差によって横締め鋼棒に引張応力が働きうる。またもし主桁が多少外方に傾いていたとしてそりが桁軸方向に生ずると桁上端が外方に変位しようとし横締め鋼棒に引張応力が働きうると推察できる。しかし以上の原因による引張応力は少ないので、これらの原因のみによって鋼棒が破断したとは考えにくい。

5) グラウトが完了しているので鋼棒の露出部が少なく主原因とはならないと思われる。

以上総合すると、鋼棒の傾斜定着と過緊張に、あるいは 4) および 5) の原因が競合したため、鋼棒に曲げ応力と所定より大きい引張応力が生じ、クリープ破断したものと判定される。

対策および反省

1) 横締め鋼棒の定着部分の型わくは、この部分だけ

箱型の型わくを作り、それをフランジ部分の型わくへ釘または番線を用いて定着するか、バリで止めるかしている例が多い。コンクリートの全量にくらべるとこの箱型部分の容積は小さいのでコンクリート打設時に型わくが移動することが多く、結果的に傾斜してしまうケースが多いので注意を要する。万一傾いた定着面となったときは、定着版とコンクリート面の間にライナーをかませ鋼棒が傾斜定着されないよう注意しなければならない。

2) 現在の設計では縦締めにくらべて横締めの方が鋼材の極限強度に対する余裕が少ない。したがって横締め緊張時には特に過緊張にならぬようジャッキ操作などをよく点検する必要がある。

3) PC桁工事では、桁架設(場所打ちの時の主桁のコンクリート打設)が完了すると工事が終了したような気分になりがちである。実際金額面でも桁架設が完了すると全工費の大半を消化する。しかし架設完了以後にもかなりの手数を要する工程が残るのであり、また最終的な外観はこれら架設後の諸工事に最も大きく左右されるのであるから架設完了後も気をゆるめることのないよう努力するのが望ましい。

終りに、今回は 国鉄 村上温技師のご援助によりまとめることができました紙上を借り深く感謝いたします。

(編集責任者：小寺・小池 御子柴の各委員)

水道管の革命!!



安くて強い

“プレストレストコンクリート管”

特長

1. 設計水圧に応じた合理的な管が製造出来る。
2. 同じ水圧または口径に対して鉄管類より遥かに安い。
3. 高圧に堪えて破壊することなく特殊な複元性がある。
4. 内面が平滑で永久に変化しない為流量が減少しない。

本 社 東京都中央区日本橋本石町3-6

電 話 (241) 2111 (代表)

工 場 横 浜・名 古 屋・大 阪・岩 国

帝国ヒューム管株式会社

