

桁端部定着部に発生する局部応力

オリエンタル建設株式会社 福岡支店 正会員 ○下村 高広
 オリエンタル建設株式会社 福岡支店 正会員 生田 泰清
 オリエンタル建設株式会社 福岡支店 正会員 本村伊佐夫

1. はじめに

場所打ち床版桁や箱桁など図-1 に示すような断面を有する端支点横桁にケーブルを定着する際、ウェブ側面から上床版下面にかけてひび割れが発生するという事例がいくつか報告された。これらのひび割れ発生位置とひび割れ形状はほぼ一致することから、この様な断面形状の端部にケーブルを定着した場合は同様な応力の流れを示すと考えられる。そこで本検討では3次元弾性FEM解析を行い、これらの事例と照合することにより補強の必要な部位を調べ、また補強方法や対処方法について考察することとした。本稿はそれらを報告するものである。

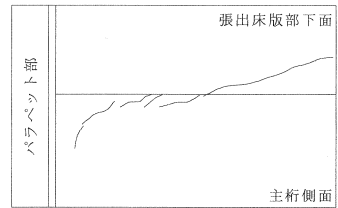
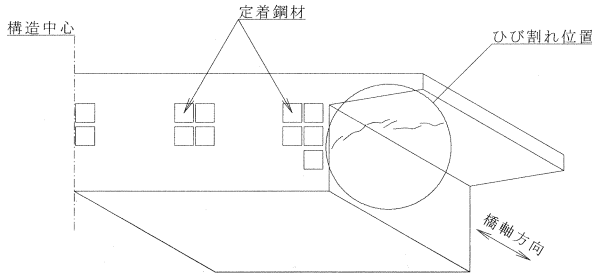


図-1 桁端形状およびひび割れ位置図

図-2 ひび割れ形状図 (側面図)

2. FEM解析

2. 1 解析モデル

今回は場所打ち中空床版橋を対象としてモデル化した。このひび割れの主因は、ウェブ側面付近に定着される鋼材によるものと考えられるので、この部分の定着本数を2本から6本まで変化させ5ケース解析する。解析ケースを図-3に示す。また、ケーブルの種類は使用頻度の高いSWPR7BL12S12.7mmを想定することとした。定着間隔は最小値とし、ケーブル張力は導入直後の鋼材応力度を割り増して1200 N/mm²とした。定着部の切り欠きやアンカプレートおよび支承による拘束等は、着目点に与える影響が小さいことを確認

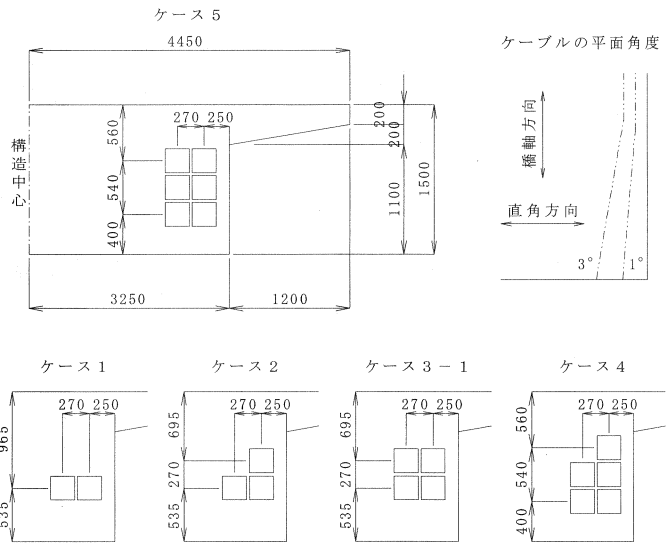
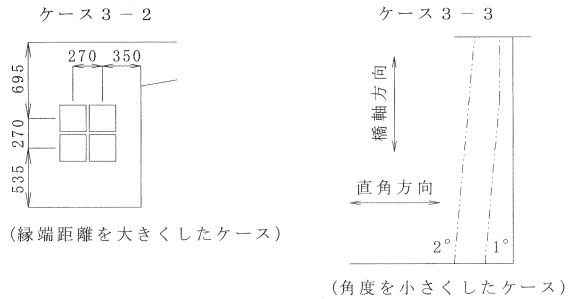


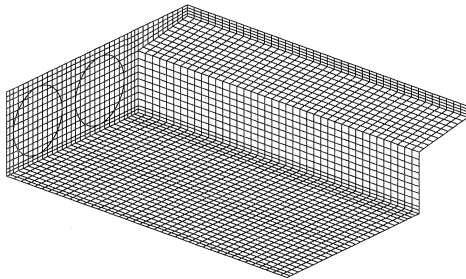
図-3 解析ケース

した上で、モデル化しないこととした。

ケーブルの平面変化や定着の縁端距離の影響を調べるために、平面変化を緩やかにしたケースと縁端距離を大きくしたケースの2ケースを追加して解析する。それら2ケースを図—4に示す。また、FEM解析モデルを図—5に、解析条件を表—1に示す。



図—4 追加した解析ケース



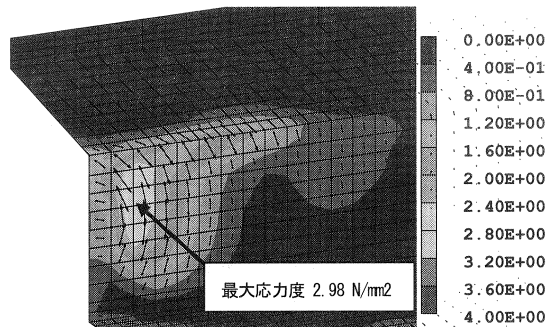
図—5 FEM解析モデル

表—1 解析条件

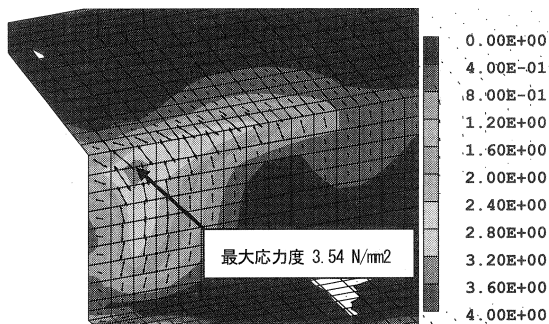
コンクリートの弾性係数 (N/mm ²)	29800
ポアソン比	0.2
ケーブル種類	SWPR7BL 12S12.7 mm
定着本数 (本)	2 ~ 6
1本当たりケーブル張力 (KN)	1420
自重	無 視

2. 2解析結果

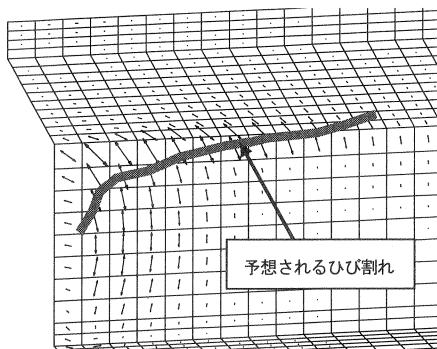
図—6に4本および6本のケーブルを定着したケースの応力度分布を示す。図中には応力度ベクトル図を表示している。定着するケーブル本数を変化させたケースでは、応力度分布はほぼそのままで応力度のみが増減する結果となっている。応力は定着位置のウェブ側面から橋軸方向斜め上に伸びていき、張出床版下面に達している。解析結果から予想されるひび割れ形状を図—7に示す。この応力度分布から予想されるひび割れ形状は、報告されたひび割れ形状とほぼ一致する。



ケース3-1 (4本定着)



ケース5 (6本定着)



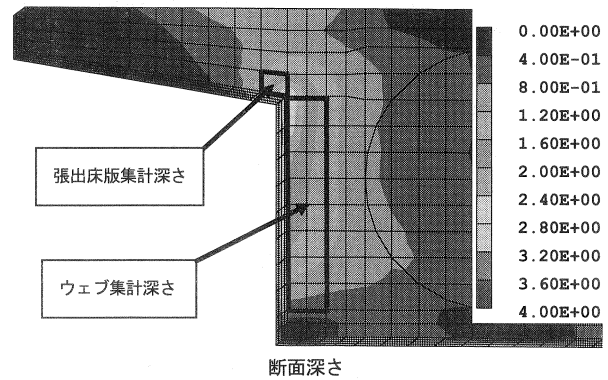
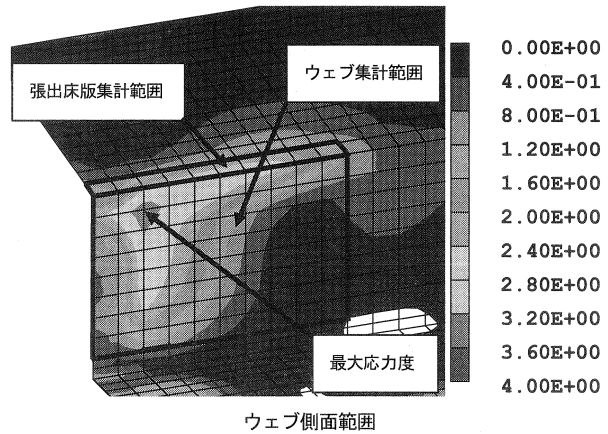
図—7 予想されるひび割れ形状

図—6 主応力度コンター図

なおケース 1 の 2 本定着に限っては、ウェブの範囲内で引張応力は止まり張出床版には達していない。

部材寸法やケーブル配置を変更させる必要のない対処方法として主に鉄筋による補強が考えられるため、補強に必要な鉄筋量を算出した。補強鉄筋量の算出にあたっては、図—8に示す範囲の引張力を対象とし、応力度分布から判断してウェブ側面の鉛直方向と橋軸方向に鉄筋を配置するものとした。また、ひび割れが生じたとしてもひび割れ幅の検討を省略しても良いとされている 120 N/mm² (鉄筋応力度) により鉄筋量を算出することとした¹⁾。補強鉄筋量算出結果を表—2に示す。

定着本数が 5 本以上となると、応力度が 2.51 N/mm² ($\sigma_{ck}=36$ N/mm² の場合のコンクリートの引張強度¹⁾) を大きく超える値となっている。応力度の大きさは定着される鋼材の総張力によるが、この解析結果から判断すると、使用鋼材が SWPR7BL12S12.7mm でコンクリートの弾性係数が 29800 N/mm² の場合は、4 本定着までとすることが望ましいと考えられる。また、平面変化を緩やかにしたケースや縁端距離を大きくしたケースでは応力度が小さくなっているため、それぞれに効果があることが確認できる。



図—8 鉄筋の集計範囲

表—2 解析結果

解析ケース	最大応力度 (N/mm ²)	補強鉄筋量 (mm ²)	
		ウェブ表面 鉛直方向と橋軸方向のそれぞれに配置	張出床版下面 直角方向
ケース 1 2 本定着	2.10	1084	21
ケース 2 3 本定着	2.38	1151	239
ケース 3-1 4 本定着	2.98	1293	234
ケース 3-2 4 本定着、縁端距離増	2.25	1207	365
ケース 3-3 4 本定着、配置角度小	2.93	1276	372
ケース 4 5 本定着	3.31	1346	549
ケース 5 6 本定着	3.54	1422	705

3. 考察とまとめ

今回の解析ケースでは、SWPR7BL12S12.7mm でコンクリートの弾性係数が 29800 N/mm^2 の場合は、桁端の外ウェブ側に定着するPC鋼材は4本までとすることが望ましい結果となったが、この場合でも発生応力は 2.98 N/mm^2 と大きい値である。これを改善する対処方法としては、解析結果からも分かる様に、縁端距離を大きくすることが効果的である。また、ケーブルの平面配置角度を小さくすることも、わずかではあるが効果がある。しかし、これらは横桁厚等の部材寸法により制約をうけるので、ケーブル配置と部材寸法の兼ね合いに配慮しながら、できるだけ縁端距離を大きく確保すればよいと考えられる。ケース3-2(4本定着)では縁端距離を250 mm から350 mm と大きくすることで、応力度は 2.98 N/mm^2 から 2.25 N/mm^2 まで減少した。また、桁高に余裕がある場合は縦一列に定着し、定着間隔を大きくして、応力を分散させることも考えられる。

ケース1(2本定着)において張出床版に応力が達していないことから判断すると、耐久性の観点から張出床版への影響を小さくするために、設計計算や支点周りのとりあいに支障をきたさない範囲で、できるだけ下側に定着したほうがよいと言える。

ケース3(4本定着)で定着された断面積よりも多い鋼材を定着することは避けたほうがよいと思われるが、やむを得ず定着する場合は十分な検討が必要であると考えられる。

次に補強鉄筋であるが、解析結果からすると設計計算において125 mm ピッチでスターラップが配置されている場合は、径を1ランクアップすればよい結果となっている。せん断力が小さく、配置されているスターラップの量が少ない場合は注意が必要である。

ウェブ側面の橋軸方向鉄筋では、通常D13-250 mm ピッチで配置するケースが多いが、D13-125 mm ピッチ以上の鉄筋量を配置する必要があると考えられる。

張出床版の直角方向補強鉄筋については、ケース3(4本定着)でD13が2~3本必要という結果であるが、ここは曲げ圧縮領域であり、補強鉄筋は必要ないと考えられる。

補強筋を配置する範囲はコンター図から判断すると、桁端から橋軸方向に2 mの範囲に配置すればよいと思われる。

補強鉄筋量の算出にあたってはひび割れが生じたとしても、ひび割れ幅の照査を省略することのできる鉄筋応力度を基準に算出しているため鉄筋量は安全側にある。ひび割れ幅で制限する場合は、もう少し余裕のある結果となると考えられる。

コンター図から定着部側面(ウェブ表面)に応力集中が見られるので、ウェブ表面に格子形状の補強筋を配置したり、スパイラル筋が無い場合はスパイラル筋を用いることなども検討することが望ましいと言える。特に設計計算上で太径のスターラップが密に配置されている場合などは、この方法による補強がよいと考えられる。

4. おわりに

本検討は桁端のケーブル定着部において、いくつかの同じ様な事例が報告されたことをうけておこなった検討である。

ケーブルの種類や定着本数およびコンクリート強度などの組み合わせは多数存在することを考慮した上で、この報告書を一例として今後お役に立てて頂ければ幸いである。

参考文献

- 1) 2002年制定 コンクリート標準示方書 構造性能照査編