

3. 補剛桁に作用する断面力について

3. 1 ねじりモーメントについて

本橋梁は図-4に示すような補剛桁の片面吊り構造となっており、ハンガー張力の鉛直成分によって発生するねじりモーメントを水平方向成分によって発生するねじりモーメントで緩和する構造となっている。このため、ハンガーケーブルの定着位置の高さにより発生するねじりモーメントを調整することが可能である。

3. 2 面外曲げモーメントについて

ケーブル張力の水平方向成分により補剛桁には面外方向の曲げモーメントが発生する。この面外曲げモーメントに対し桁内にPC鋼材(12S15.2)を配置し面外方向に偏心配置することでプレストレスを与えて面外モーメントを低減している。しかし、中間支点付近の負曲げモーメントに対してはPC鋼材によるプレストレスのみでは十分な効果が得られない。そこで、本橋ではハンガーケーブル引き込み時に中間支点を面外方向に300mmの強制変位を与える。これにより中間支点に正曲げモーメントを発生させ、中間支点部の負曲げモーメントの低減を行う構造となっている。(図-5)

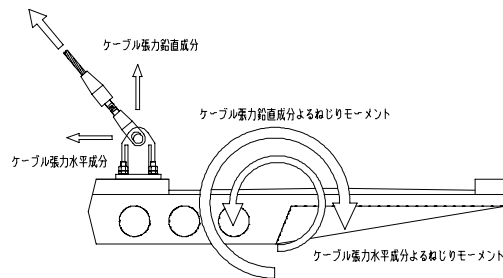


図-4 片面吊りによる断面力

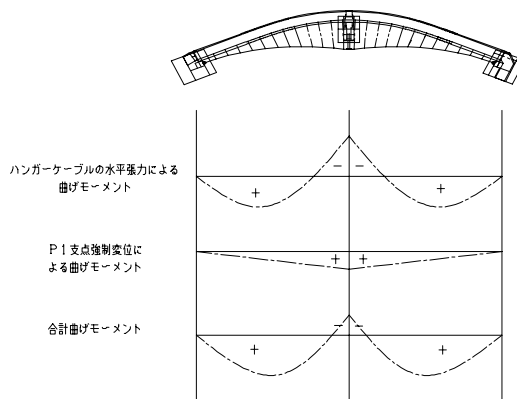


図-5 補剛桁に作用する面外曲げモーメント

4. 施工検討

4. 1 施工手順

本橋は、全支保工により製作した補剛桁をハンガーケーブルを引き込むことにより吊り上げる施工方法とした。また、本橋はハンガーケーブル張力の水平分力により発生する面外曲げモーメントをPC鋼材によるプレストレスとP1支点の強制変位により緩和する構造となっているが、プレストレス・P1支点強制変位により発生する面外曲げモーメントも大きいためハンガーケーブルを引き込む前にプレストレス・P1支点強制変位を与えることは出来ない。よって、「ハンガーケーブルの引き込み」・「プレストレスの導入」・「P1支点の強制変位」は補剛桁の耐力に問題のない範囲で分割して与える必要がある。

そこで、本施工にあたっては、図-6に示すフローチャートに従い施工手順の検討を行った。補剛桁に発生する引張応力度が 2.5N/mm^2 以上とならないよう、プレストレスの導入・ハンガーケーブルの引き込み・P1支点の強制変位の順で分割して与えるものとした。本検討により決定した施工ステップを図-7に示す。計算上、補剛桁が支保工から浮上する時のハンガー引き込み量は全体の引き込み量の90%前後となる。このため、各ステップの補剛桁の断面力計算に用いた載荷荷重は

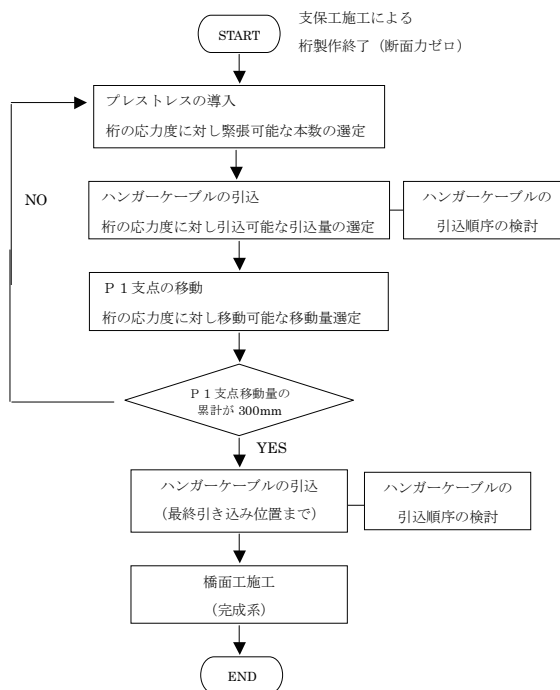


図-6 施工手順検討フローチャート

STEP1～STEP4 までは補剛桁が支保工に支えられているため、鉛直荷重は載荷しないものとした。ただし、STEP5 のハンガーケーブルの引き込みを85%まで行った場合には補剛桁自重が作用しても問題のないことを確認し、本施工ステップに従い施工するものとした。

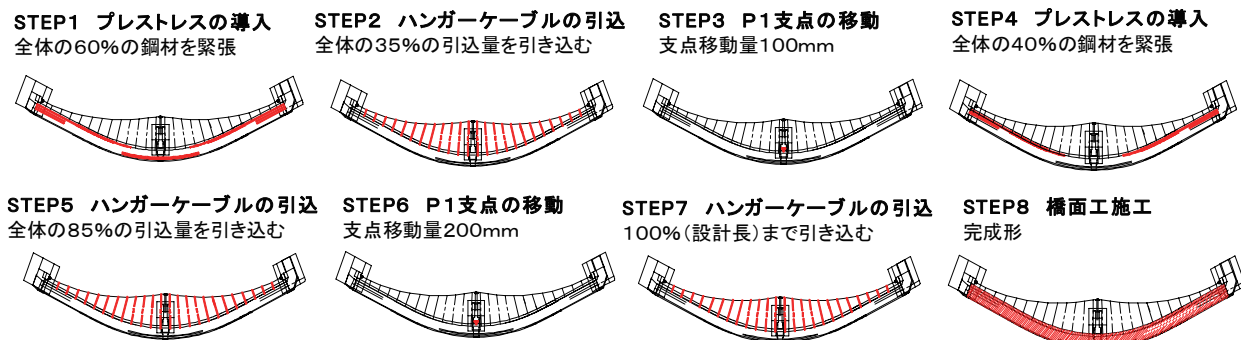


図-7 施工ステップ図

4. 2 ハンガーケーブルの引込

本橋のように多数のハンガーケーブルを引き込む場合、ハンガーケーブルに作用する張力は他のハンガーケーブルの張力の増減に大きく影響される。このため、施工においてハンガー張力を管理することは非常に困難となる。よって、本工事におけるハンガーケーブル引込はハンガーケーブルの引込量（長さ）を管理して施工を行うものとした。

ハンガーケーブルの全引込量は、メインケーブル設置直後（鉛直にサグがついた状態）のハンガー一定着間距離と完成系のハンガーケーブル設計長の差分から算出した。（図-8）

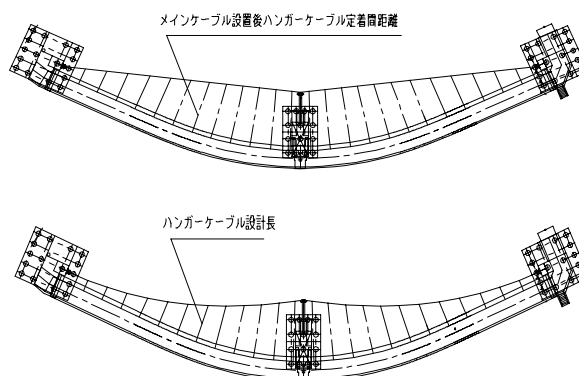


図-8 ハンガーケーブル引き込み量

5. ケーブル形状

5. 1 ケーブル形状計算

本橋のメインケーブルおよびハンガーケーブルを製作するにあたりケーブルの座標計算はメインケーブル定着位置、塔頂位置、桁側のハンガー定着位置、ケーブル自重、ハンガーが受持つ主桁重量、メインケーブルアンカーに作用する反力を設計値として、以下の手法により行った。

- ①メインケーブルの座標値の仮定

仮定したメインケーブルの座標値において、桁側のハンガーケーブル定着位置からメインケーブルに作用する分力を算出。
- ②面内・面外に対するケーブルの形状計算

①で算出したハンガーケーブル分力から面内・面外方向を個別にケーブルの形状を計算する。
- ③水平方向分力によるケーブル形状修正

鉛直成分は無視して、ケーブル面内水平方向の釣り合いを計算する。
- ④座標値が収束するまで繰り返し計算

①におけるケーブル座標値を③までに算出したケーブル座標値に更新し、反力が収束するまで①～③までを繰り返す

また、上記の手法により算出したケーブル座標値は3次元大変形解析により力の釣り合いが取れていることを確認した。

5. 2 ケーブル座標値の実測

本橋の施工においては、ケーブル形状の確認としてケーブル座標値の実測を行った。計測はケーブルバンドに光波測量器用のシールターゲットを添付し、光波測量にて行った。表-1および図-9にケーブル座標値の計算値と実測値の比較を示す。計算値と実測値とでは最大で48mmの差が現れ、ハンガーケーブルが長くなるほど差異が現れる傾向となっているが、全体としてほぼ計算値と一致した座標値となった。

表-1 メインケーブル座標値の計算値と実測値の比較表 単位：m

| ケーブル番号 | C603 | | | C606 | | | C609 | | |
|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|
| | X | Y | Z | X | Y | Z | X | Y | Z |
| 計算値 | 17.640 | 2.156 | 22.337 | 32.611 | 4.653 | 26.521 | 46.360 | 4.852 | 32.177 |
| 実測値 | 17.631 | 2.145 | 22.325 | 32.599 | 4.639 | 26.503 | 46.349 | 4.809 | 32.129 |
| 差 | 0.009 | 0.011 | 0.012 | 0.012 | 0.014 | 0.018 | 0.011 | 0.043 | 0.048 |
| ケーブル番号 | C616 | | | C619 | | | C622 | | |
| | X | Y | Z | X | Y | Z | X | Y | Z |
| 計算値 | 75.455 | 4.738 | 32.170 | 89.147 | 4.435 | 26.523 | 104.076 | 1.862 | 22.346 |
| 実測値 | 75.439 | 4.701 | 32.136 | 89.165 | 4.402 | 26.499 | 104.090 | 1.852 | 22.333 |
| 差 | 0.016 | 0.037 | 0.034 | -0.018 | 0.033 | 0.024 | -0.014 | 0.010 | 0.013 |

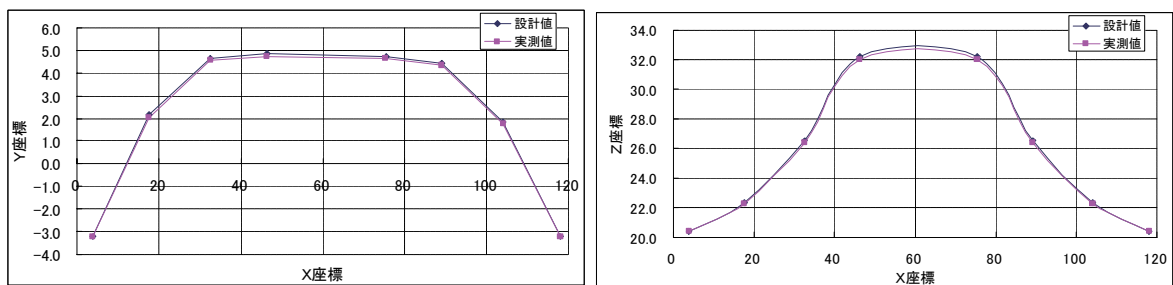


図-9 メインケーブル座標値の計算値と実測値の比較グラフ

6. おわりに

本工事は平成19年8月に着工し、平成20年6月において補剛桁の吊り込みまでが完了している。(写真-1)。片面吊りの2径間連続PC吊橋として国内でも施工事例のない橋梁の施工であり、これまでの吊り構造にはない問題点とそれらに対する検討が必要であった。橋面工を行い構造完成となるが、補剛桁吊り込みまでの出来形・計測値に大きな問題がないことから本検討結果が妥当であったといえる。最後に今回の工事において多大なご指導を頂いた関係各位に感謝いたします。



写真-1 全景