

波形鋼板ウェブとコンクリートウェブの 接合部のひび割れ原因推定



昭和コンクリート工業(株)
技術工事本部 PC 技術部
櫻井 義之

1. はじめに

供用開始から10年が経過したPC箱桁橋(表-1)のコンクリートウェブに橋長全長にわたって写真-1のような水平方向・斜め方向のひび割れが発生していた。本橋は、張出し架設工法により施工されたが、図-1のように1ブロック(以下、1BL)から10BLまではコンクリートウェブ、11BLから23BLは波形鋼板ウェブという特殊な複合構造であった。そして、ひび割れは波形鋼板ウェブとコンクリートウェブの接合部(以下、接合部)の10BLで多く発生していた。このひび割れ原因推定について報告する。

表-1 対象橋梁の概要

竣工年月・調査日	竣工：2008年、 ひび割れ原因の調査実施：2018年
構造形式	PC4径間連続波形鋼板ウェブ箱桁(1BLから10BLの区間はコンクリートウェブを採用)
橋長など	橋長339(m)、最大支間長105(m)、有効幅員9.02(m)
荷重	B活荷重
損傷概要	ウェブ全体に幅0.10～0.25(mm)程度のひび割れを確認

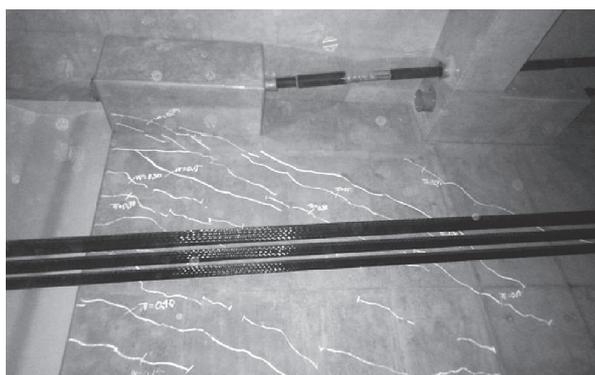


写真-1 ウェブ内側のひび割れ状況(10BL)

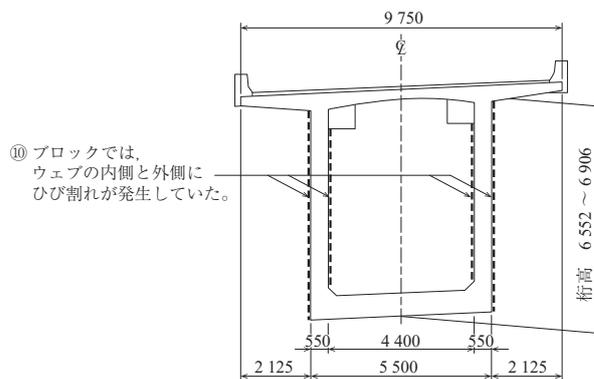
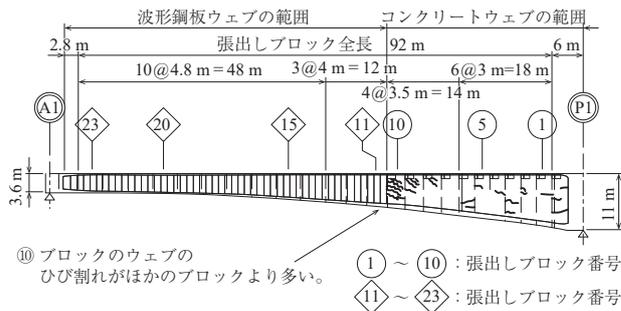


図-1 PC箱桁のウェブひび割れの位置

2. ひび割れ原因の調査・解析

ひび割れ原因を特定するために行った調査・解析の内容および結果を表-2に示す。ひび割れの方向がせん断ひび割れの方向と一致していることから、最初に、過去の設計図書を確認したが、構造設計上の問題点は見つからなかった。つぎに、10BLのひび割れ幅の挙動を把握するため、 π ゲージをセットして測定を行ったが、車両通行によって、ひび割れ幅が変動することはなかった。施工当時のひび割れ調査を確認したところ、10年前の施工時の段階で、ウェブに同様の方向のひび割れが発生していたことが判明した。ただし、10年前と現在を比較すると、ひび割れの本数は増加していた。

これらの状況を踏まえ、明確なひび割れ原因が特定できなかったことから、原因推定のために解析を行うこととした。まず、10BLのコンクリートウェブは波形鋼板ウェブに拘束されているため、コンクリートの乾燥収縮ひび割れや初期の水和熱による温度ひび割れの可能性が高いと予想した。桁高は7(m)程度と長く、ウェブの拘束面の長さも長くなる。また、ウェブ厚は550(mm)と厚く、コンクリートポリュームが大きいので、温度ひび割れが発生しやすい状況である。そこで、乾燥収縮を考慮したFEMによる温度応力解析を行った。その結果、図-2のように10BLのウェブの接合部付近のひび割れ指数は0.8程度となり、ひび割れ発生確率は80%程度と考えられた。

表 - 2 ひび割れ原因推定のための調査・解析

調査・解析の内容	調査・解析の結果
ひび割れ幅を π ゲージで計測	車両通行によるひび割れ幅の変化は見られなかった。
過去の設計計算書の確認	ウェブのせん断検討は許容値を満足していた。
施工当時のひび割れ調査の確認	ひび割れは 10 年前の施工当時から発生していた。ただし、10 年の経過でひび割れの本数は増加していた。
乾燥収縮を考慮した温度応力解析	ひび割れ指数 I が 1.0 を下回る箇所が確認された。とくに 10 BL のひび割れ発生確率が高い結果となった。
接合部 (10 BL) 付近をモデル化した弾性体 FEM 解析	波形鋼板ウェブとの境界のコンクリートウェブに、鉛直方向の大きな引張力が作用することが判明した。

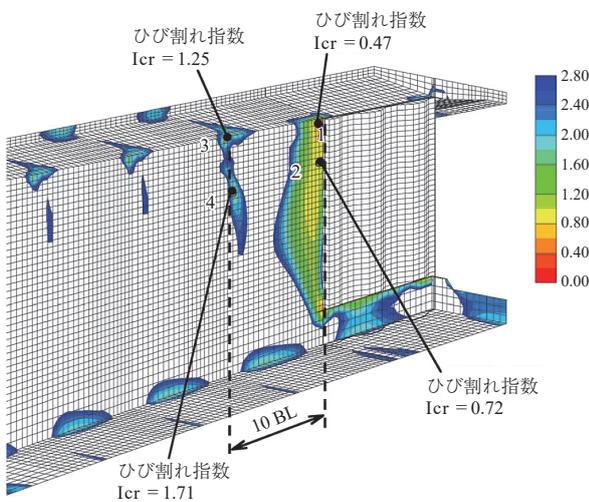


図 - 2 温度応力解析結果：ひび割れ指数分布

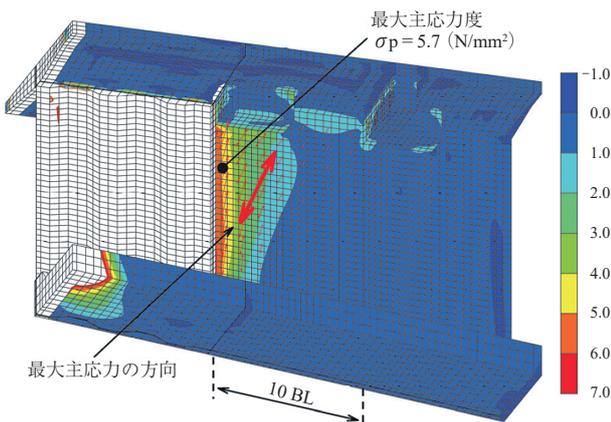


図 - 3 弾性体 FEM 解析結果：最大主応力

しかし、温度解析の結果では、10 BL のウェブ全体のひび割れ指数はおおむね 1.0 以上であり、乾燥収縮や水和熱以外にも原因があると判断した。

そして、波形鋼板ウェブとコンクリートウェブの接合部をモデル化した FEM 解析を行った。コンクリートと波形鋼板ウェブは弾性体でモデル化し、荷重は自重による断面力とプレストレスを作用させた。最大主応力分布の結果を図 - 3 に示す。接合部付近のコンクリートに鉛直方向の大きな引張力が作用していることが分かった。解析結果の主応力の方向から予想されるひび割れの方向は、実際のひび割れの方向とほぼ一致していた。

なお、この引張力は図 - 4 のように波形鋼板ウェブのアコーディオン効果により、プレストレスの軸力が上床版の下床版に集中したことにより発生している。

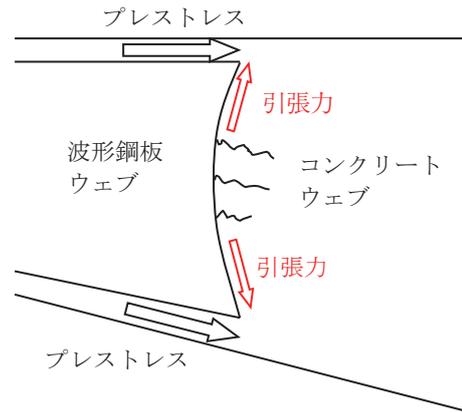


図 - 4 プレストレスの軸力が作用するイメージ図

3. ひび割れの原因推定のまとめ

以上の結果から、接合部の 10 BL のひび割れの主たる原因は以下の 3 つと考えられる。

- 1) プレストレスの軸力
- 2) コンクリートの乾燥収縮
- 3) コンクリートの水和熱

いずれも波形鋼板ウェブとコンクリートウェブが接合していることで、その影響を助長している。とくに 1) プレストレスの軸力の作用の影響がもっとも大きい。しかしながら、10 年前の当時の知見としては、この原因に対するひび割れ抑制に配慮することは難しかったと考える。

4. おわりに

今回のひび割れのケースは特殊な例であるが、波形鋼板ウェブとコンクリートウェブの接合部のひび割れ抑制方法としては、接合部に横桁を設けることでプレストレスの軸力を分散させることがもっとも有効であると考えられる。

今回の作業のなかで、ひび割れの原因を探るにあたって、力の流れや力学の知識の重要性をあらためて感じた。ひび割れ原因推定には、構造を理解することが大切である。

【2020 年 4 月 24 日受付】