



「コンクリート構造診断士」とは、プレストレストコンクリート工学会により認定される技術者資格です。コンクリート構造診断士に期待される役割は、既設の鉄筋コンクリート構造物やプレストレストコンクリート構造物に対して、力学的・構造的な診断や評価を実施し、当該構造物の適切な補修・補強、あるいは維持管理の手法を提示することです。

このコーナーでは、こうしたコンクリート構造診断士の活動を紹介するため、資格登録更新時に提出される研修報告書のなかから、とくに一般の読者にも有益な情報を与えるとして選出された事例を掲載します。

構造的要因で道路橋に発生したと推定されるひび割れの対策検討



(株)ドユー大地 大阪支店
構造技術部 伊 川 嘉 昭

1. はじめに

本報告は、PC箱桁橋下床版のPC鋼材定着部付近に発生した構造的要因によるものと推定されるひび割れについて、発生原因を解明し、現況の耐荷安全性を踏まえた評価を行い、補修・補強の必要性や緊急性について判定した一連の対策検討を整理したものである。

検討は、現地調査や解析結果による「ひび割れ原因の推定」、解析結果や現況から推定した応力状態を基に整理した「耐荷安全性の検討」、これらの結果を総括した「ひび割れの評価」の順に実施し、将来的な補修・補強の必要性や緊急性の判定を行うとともに対策を提案した。

2. ひび割れ原因の推定

2.1 ひび割れの概要

検討対象の道路橋は、山間に建設された供用後15年程経ったPC箱桁橋で、ひび割れが発見された支間の支間長は100mを超えており、比較的長いものであった。ひび割れは、支間中央付近でPC鋼材の定着部がある下床版に発生していた。ひび割れ発生状況を図-1に示す。

ひび割れは、プレストレス導入方向(図-1の左側から右側)に放射状に発生しており、最大ひび割れ幅は

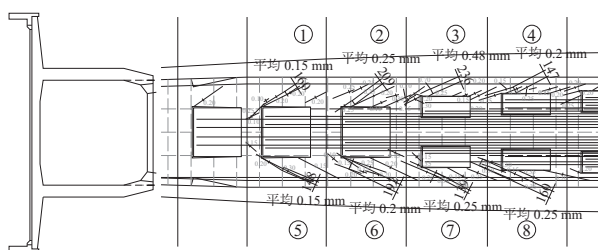


図-1 ひび割れ発生状況(下床版上面)

0.7 mm(各定着部の平均0.15 mm~0.48 mm程度)、ひび割れ間隔は100~250 mm程度であった。設計上のコンクリート強度は40 N/mm²で、下床版上面の配置鉄筋はD16@250(SD345)であった。また、詳細調査の結果、中性化や塩害などといった劣化による変状の可能性は低いという結果であった。

2.2 ひび割れ発生状況から推定した応力状態

現況における下床版の応力状態を推定するため、発生しているひび割れの幅と間隔から式-1¹⁾を用いて鉄筋ひずみを算定し、ヤング係数から鉄筋応力度に換算した。

$$w = l(\varepsilon_s - \varepsilon_c) \quad (1)$$

ここに、 w : ひび割れ幅(mm)

l : ひび割れ間隔(mm)

ε_s : ひび割れ間における鉄筋の平均ひずみ

ε_c : ひび割れ間のコンクリート表面における平均ひずみ

ここで、ひび割れ幅は、図-1に示すように2本のひび割れの平均値を用いるものとし、ひび割れ間隔はこの2本の間隔とした。また、 ε_c については、ひび割れが発生している状態ではひび割れ発生限界の応力に達していると仮定し、コンクリートのひび割れ強度¹⁾とした。

ひび割れ発生状況からの応力状態の推定結果を表-1に示す。この結果から一部の鉄筋では、降伏(345 N/mm²)に達している可能性があることが判明した。

また、解析結果との比較では、ひび割れが発生していないと仮定した状態のコンクリート表面の応力度が必要とな

表-1 ひび割れ発生状況からの応力状態の推定結果

	平均ひび割れ幅	ひび割れ間隔	鉄筋ひずみ	鉄筋応力度	コンクリート応力度
	mm	mm	μ	N/mm ²	N/mm ²
①	0.15	160	1 119	224	3.3
②	0.25	209	1 416	283	4.1
③	0.48	236	2 355	471	6.9
④	0.20	147	1 605	321	4.7
⑤	0.15	148	1 206	241	3.5
⑥	0.20	192	1 239	248	3.6
⑦	0.25	139	2 109	422	6.1
⑧	0.25	160	1 838	368	5.4

※ 太字は鉄筋の降伏応力度を超える箇所を示す。

る。そこで、表 - 1 に示すように、コンクリート表面のひずみが鉄筋ひずみと同程度になる（ひび割れが発生しない）と仮定した場合のコンクリート応力度を鉄筋とコンクリートに発生する応力のつり合いとヤング係数比から算定した。

2.3 FEM 解析

ひび割れ発生箇所のプレストレスによる応力状態を確認するため、部材の局部応力の確認に最適な FEM 解析を実施した。図 - 2、3 に解析結果（ひび割れ③④付近拡大図）を示す

FEM 解析の結果、ひび割れ発生箇所には大きな局部応力が発生しており、主応力方向はひび割れが発生している方向と一致していた。

さらに、表 - 1 の鉄筋応力度をコンクリート表面の応力度に換算した結果と FEM 解析の結果を比較した結果、ひび割れ③④で発生している応力度は 6.9 N/mm^2 、 5.4 N/mm^2 という推定値に対し、FEM 解析では $7 \sim 8 \text{ N/mm}^2$ とおおむね近似した値であった。

以上の結果から、検討対象のひび割れは、プレストレス導入時の局部応力が主因で発生した可能性が高いものと推定される。

3. 耐荷安全性の検討

表 - 1 からひび割れ位置に発生している鉄筋応力度は

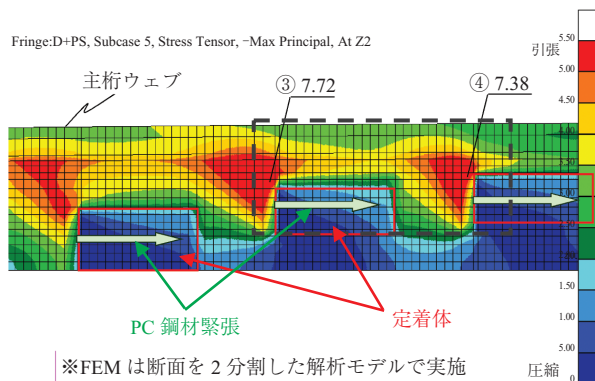


図 - 2 FEM 解析結果（最大主応力度コンター図）

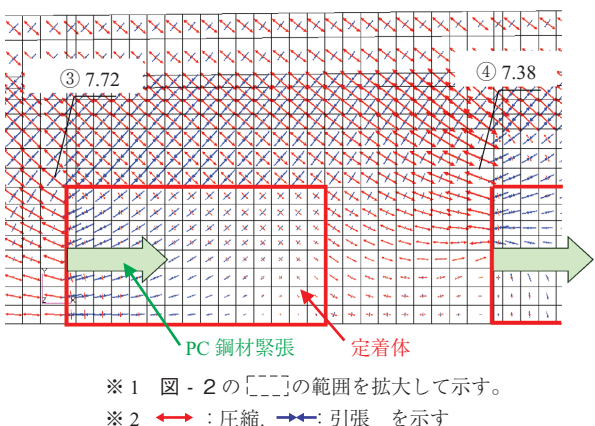


図 - 3 FEM 解析結果（主応力度矢視図）

$224 \sim 471 \text{ N/mm}^2$ と推測されており、一部の鉄筋は降伏している可能性があるという結果であった。しかし、鉄筋は降伏に達しても抵抗はできることから、応力増加がなければ、耐荷安全性は確保できているものと判断した。

4. ひび割れの評価

4.1 モニタリング結果

別途実施した 1 年間のモニタリング調査の結果、ひび割れの進展や異常なたわみ・変形は見られなかった。

4.2 ひび割れの評価（劣化度の評価）

コンクリート標準示方書を参考に、以下の 5 つの項目に対して劣化度の評価を行った。

① 安全性

既設鉄筋が降伏している可能性はあるが、ひび割れに進展がないため、耐荷性能は保持していると推測される。ただし、活荷重、温度変化などの繰り返し荷重で、下床版全幅にわたり、ひび割れが進展するような場合は、PC 構造としての耐荷性能が著しく低下するため注意が必要である。

② 第三者影響度

変状が浮きやはく離まで進行せず、性能を満足している。

③ 使用性能

モニタリング結果から異常なたわみや変形はみられず、性能を満足している。

④ 美観・景観

外面に漏水などは見られず、ひび割れ幅も小さく目立たないため、性能を満足している。

⑤ 耐久性

0.2 mm 以上の幅のひび割れが多数発生しており、劣化による性能低下が懸念される。

4.3 対策の要否の判定

以上から、下床版の鉄筋が降伏している可能性はあるが、ひび割れの進展がなく、補修の緊急性は低いと判定した。ただし、将来的な劣化進行や耐荷安全性の低下が懸念されるため、耐久性と耐荷性の両方からひび割れの補修・補強は必要であり、計画的に維持補修を進めることを提案した。

5. おわりに

具体的な対策として「ひび割れ注入」と「炭素繊維シート補強」を提案した。しかし、補修の緊急性が低いような場合は、管理者に対策実施までの維持管理の目安も併せて提案する必要があると考える。本業務では、モニタリングの継続と併せて、ひび割れが下床版全幅に達するまで進展した場合、耐力が大きく低下するため、点検時にひび割れの進展に特に留意してもらうように管理者に提案した。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書

【2015 年 5 月 1 日受付】