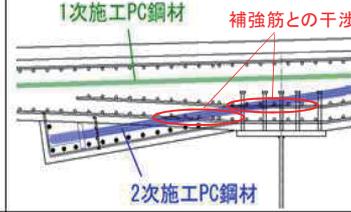
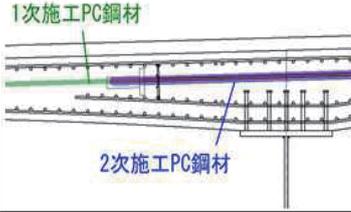


床版打設後に1次床版内に先行設置した2次PC鋼材緊張)の段階施工を提案した。表-2に示すとおり定着構造の選定では、定着部の点検が可能となる突起定着構造を検討したものの、長支間PC床版特有の主桁支点上の補強筋と干渉することが判明した。そこで、構造細目上で設置可能な中間埋込み定着構造の採用にあたり、床版内の応力状態について「段階施工が1次床版に与える影響」、「中間定着構造が定着部近傍に与える影響」をFEM解析にて検証することとした。なお、中間定着位置については、図-3に示すとおり床版曲げモーメントのインフレクションポイント付近とし、床版への影響を最小限とする位置を選定した。

表-2 中間定着構造の選定

定着形式	突起定着構造	中間埋込み定着構造
概要図		
課題	<ul style="list-style-type: none"> 長支間PC床版の主桁支点上の床版補強筋が横締めPC鋼材と干渉する。 突起構造の追加により支間の死荷重増 鋼材曲線部で腹圧力が発生する。 	<ul style="list-style-type: none"> 定着を埋め込んだ床版内の応力状態が不明。

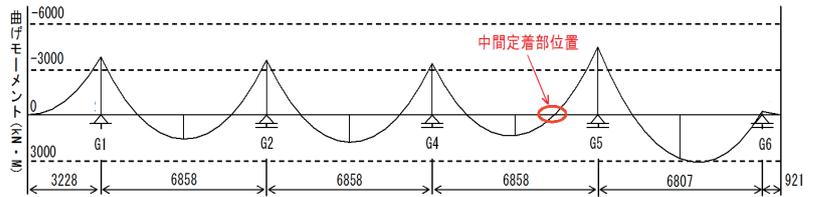


図-3 床版曲げモーメント図

3. 段階施工が床版に与える影響

中間定着を用いて段階施工した場合、2次緊張によって1次床版側に引張応力が発生し、プレストレスを低下させる懸念がある。そこで、1次床版のプレストレスロスに着目し、段階施工が与える影響をFEM解析により検証した。また、本橋の幅員変化区間では、横梁部で主桁本数を変化させており、横梁による拘束がPC床版のプレストレス力に影響することが懸念されることから、その影響を解析にて併せて評価することとした。

3. 1 解析条件

解析プログラムは、NX Nastranを用いた。解析範囲は、横梁(高さ2.85m×幅1.2m箱型)から両側の桁支間中央までを対象とし、床版をSolid要素、主桁、横桁、横梁、補剛材をShell要素にてモデル化した。また、1次、2次施工の段階施工について、それぞれモデル化して段階的に解析を行った。PC鋼材への緊張力は、棒要素で定義したPC鋼材に有効プレストレスと等価となる温度変化を与えることで、コンクリート要素に緊張力を導入するように設定した。

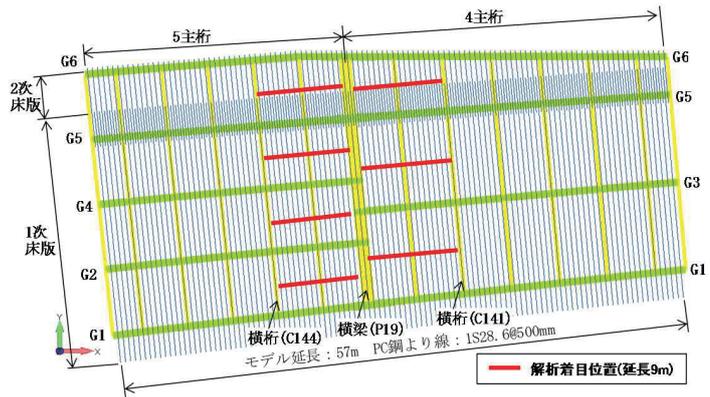


図-4 解析モデル平面図

解析の着目点は、図-4に示す各床版支間の横梁から橋軸方向に9m範囲とし、その中で横梁の影響が少ないもっとも離れた位置での最小応力値を100%とした場合の各着目点での解析応力値の割合をプレストレスロス率δとして以下の式より算出した。

$$\delta (\%) = (\sigma - \sigma_{min}) / \sigma_{min} \times 100$$

ここに、σ: 解析結果応力値(床版上下端応力値の平均値)、σ_{min}: 最小応力値(C141側G3-G5間の最小値)

3. 2 解析結果

(1) 1次床版施工時における影響

図-5は、C141側G3-G5間の床版支間中央部における横梁端から橋軸方向のプレストレスロス率の変化を示す。1次施工（図中の緑線）では、横梁端を最大とし、そこから離れるほどロス率は低下し、床版支間長程度（C144側:約7m, C141側:約9m）の離れでロス率は収束する傾向であった。また、ロス率が最大となった箇所は、図-6の各床版支間の横梁端のロス率（図中の赤字）に示すとおり、C144側ではG4-G5間が43.8%、C141側ではG3-G5間が41.4%と大きなロス率となった。これは、剛な横梁付近において、その拘束の影響によりプレストレスロスが発生したものと考えられる。

(2) 2次床版施工時における影響

図-5の2次施工（図中の青線）では、1次施工に比べてロス率が大きくなっている。このロス率の増加量は横梁から離れるほど大きくなる傾向があった。最大の増加量であったのは図-6（図中の赤字）で示すとおり、2次施工にもっとも近いC144側G4-G5間の8.9%、C141側G3-G5間の8.9%あった。これは、2次緊張により、1次床版に引張力が発生し、緊張力が抜けることが影響していると考えられる。

3. 3 解析結果に基づく対策

前述のプレストレスロスの結果から、ロスを考慮しない範囲の設計横締めPC鋼材間隔は500mmに対して、主に1次施工による影響で横梁付近に発生する最大約44%のロス率を考慮し、横梁近傍はロス分を補うため250mm間隔での配置とした。一方で、それ以外の範囲では2次施工による影響で発生する最大約9%のロス率を考慮しても500mm間隔の配置で許容応力度を超過しなかったため、当初計画どおり500mm間隔とした。

4. 中間定着構造が床版に与える影響

図-7に示すとおり、中間定着部を床版内に埋込んで設置し、1次緊張後に2次緊張した場合、定着具（支圧板）背面に局所的な引張応力を発生させ、床版の耐荷性や耐久性に影響を与える可能性がある。また、定着部同士が近接すると隣り合う定着具付近で発生する引張力の重ね合わせで更なる応力集中が懸念される。そこで、2次緊張時の中間定着部近傍の応力状態についてFEM解析にて確認した。

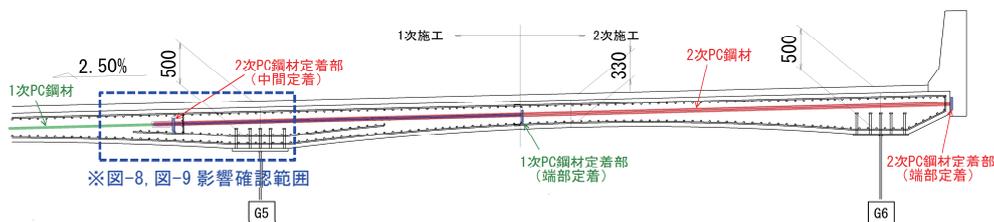


図-7 中間定着の配置状況（断面図）

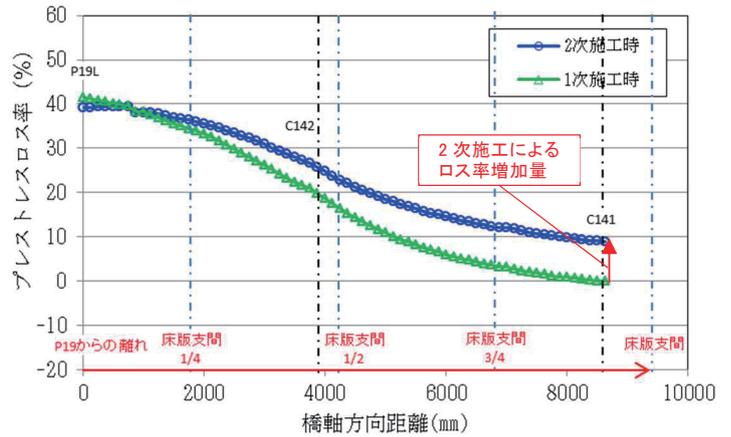


図-5 床版支間のプレストレスロス率と横梁からの距離の関係 (C141 側 G5-G3 間)

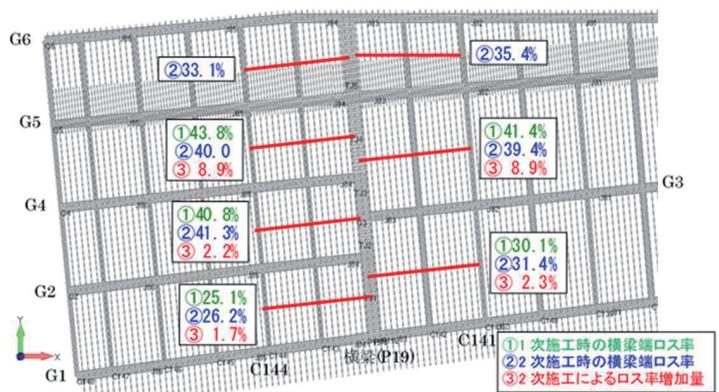
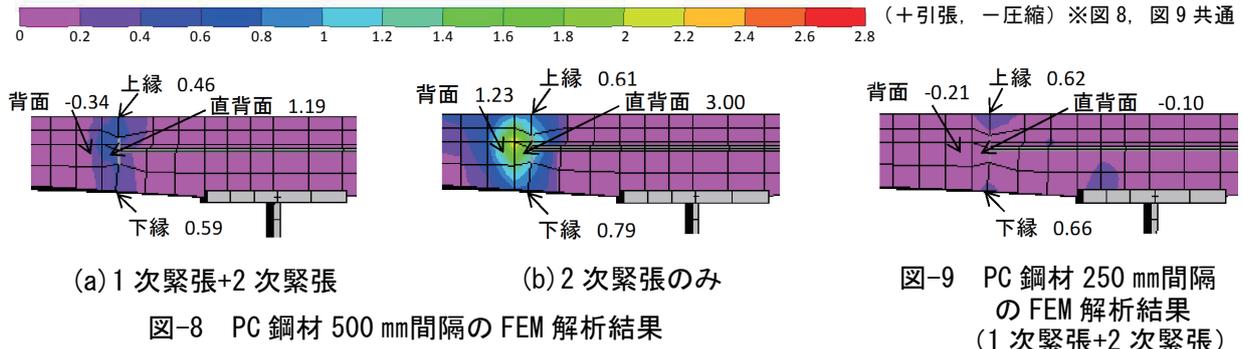


図-6 各床版支間での各ロス率



4.1 解析条件

解析方法は、前述3.1と同様の方法で実施し、鋼材配置を全範囲500mm間隔としたケースと、プレストレスロスの影響が見られる横梁から約10mまでの範囲を250mm間隔としたケースの解析モデルにて実施した。また、支圧板(高さ165mm×幅165mm)は剛体として定義した。

4.2 解析結果

(1) 鋼材間隔500mmの場合

図-8(a)に500mm間隔の代表断面におけるFEM解析結果を示す。500mm間隔では、定着具背面で引張応力が確認され、その最大引張応力度は1.19N/mm²であった。この値に活荷重を加えた応力度に対し、床版の設計荷重時の許容応力度以内であり、床版の安全性に影響を及ぼす応力度では無いことがわかった。

ここで、図-8(b)に500mm間隔の前述ケースにおいて1次緊張力を作用させず2次緊張力のみとした場合の中間定着部付近における応力状態を示す。その結果、定着具背面の引張応力度は3.00N/mm²であり、1次緊張後に2次緊張した場合の応力度(1.19N/mm²)に比べて大きな引張応力度であった。つまり、1次緊張力で導入された1次床版中の圧縮力によって、定着具背面に発生する引張応力を打ち消し、緩和させたことが考えられる。

(2) 鋼材間隔250mmの場合

図-9に250mm間隔のケースの応力状態を示す。これによると定着具背面で圧縮応力状態であり、その付近の床版上下縁応力に引張応力が発生した。これは、前述と同様に1次緊張力で導入された圧縮力の影響によるものと推察され、500mm間隔に比べて250mm間隔の方が導入される圧縮力が大きかったことで引張応力状態がより緩和されたと考えられる。つまり、250mm間隔の方が床版に与える影響が少ないといえる。

5. まとめ

本稿は葛葉川橋の一部範囲の将来撤去という特殊条件に対し、中間埋込み定着構造を用いたPC床版を提案し、その妥当性をFEM解析により検討した。主な検討結果を以下に示す。

- 1) 段階施工が1次床版に与える影響として、2次緊張により1次床版への引張力で最大約9%のプレストレスが低下する。また、横梁の拘束のみの影響で最大約44%のプレストレスロスが発生する。
- 2) 中間定着構造が定着部近傍に与える影響として、定着具背面で局所的な引張応力が発生するが、1次緊張で導入された1次床版中の圧縮力によって、その引張応力が緩和する。また、鋼材間隔が密になるほど導入圧縮力が増大し、より緩和する。

これら1), 2)の検討範囲内では床版の許容応力度以内であり、床版の安全性に影響を及ぼす応力度では無いことから、本提案の妥当性が確認されたと考えられる。