

PRC ポータルラーメン橋におけるクリープによる橋脚応力の低減

建設機械化研究所 正会員 雪田 恵子
広島大学工学部 正会員 佐藤 良一
日本道路公団 和田 宣史

1. はじめに 最近、目地部の維持・補修の削減や乗り心地の向上を目指して、PC や PRC 桁の連続化、PRC ポータルラーメン橋等の不静定構造物が建設されるようになってきた。この場合、桁のクリープ・収縮変形に伴う橋脚基部のひび割れ、断面力等の評価が、耐久性あるいは健全性の確保の観点から、重要な課題となっている。また、この橋脚基部の断面力は、通常弾性解析により設計されているが、橋脚のクリープを考慮することにより断面力を低減でき、より合理的な設計が可能となる。そこで、本研究は PRC ポータルラーメン橋¹⁾において橋脚の拘束応力のクリープによる低減効果について定量的に把握することを目的として、有効ヤング係数法に基づく Step-by-Step 法を取り入れた 2 次元有限要素クリープ解析により数値解析的に検討する。

2. 解析対象 PRC ポータルラーメン橋の全体図を図 - 1 に示す。コンクリートの打込みは、フーチング、橋脚、上部工の 3 回に分けて行っており、桁のプレストレス導入は上部工打込み 4 日後、支保工の撤去はプレストレス導入の次の日に行っている。

3. 解析方法 PRC ポータルラーメン橋の橋脚基部の応力に影響を及ぼす主な要因は、桁コンクリートの水和熱、自重、クリープ、収縮、プレストレス、温度変化、および杭基礎の剛性である。解析は、これらの要因を考慮し、有効ヤング係数法に基づく Step-by-Step 法を取り入れた 2 次元有限要素クリープ解析を用いた。解析に用いたメッシュ図を図 - 2 に示す。自重、温度、収縮ひずみは等価節点力として取り入れ、プレストレスは、PC 鋼材に初期ひずみを与えることにより考慮した。

4. 杭基礎モデル 杭基礎は、構造物の一部として高さ 0.5m、幅 7m、奥行き 25.46m の弾性体と仮定した等価ブロックでモデル化した。図 - 2 に杭基礎の等価ブロックのモデルを併せて示す。このモデルの水平剛性、鉛直剛性、せん断剛性は道路橋示方書²⁾に基づいて設定し、それぞれ、水平剛性が 43.9N/mm²、鉛直剛性が 29.4N/mm²、せん断剛性が 11.3N/mm²、となった。なお、杭の中心間隔は約 2.5～2.6m で、杭径の約 2.5 倍であるので、群杭としての影響はないものとしている。²⁾

5. 材料特性 材齢 28 日のコンクリートの圧縮強度、ヤング係数はそれぞれ、橋脚で 28.9N/mm²、26.1kN/mm²、桁で 41.0N/mm²、31.5kN/mm² である。解析では橋脚、桁それぞれのコンクリートの打込み時期の違いを考慮し、桁の材齢に対応する橋脚コンクリートのヤング係数を用いた。コンクリートのクリープ特性は、実験値³⁾に基づき、各載荷時材齢の影響を考慮したクリープ係数を定めた。ここで、PRC ポータルラーメン橋の体積 / 露出面積比(V/S)

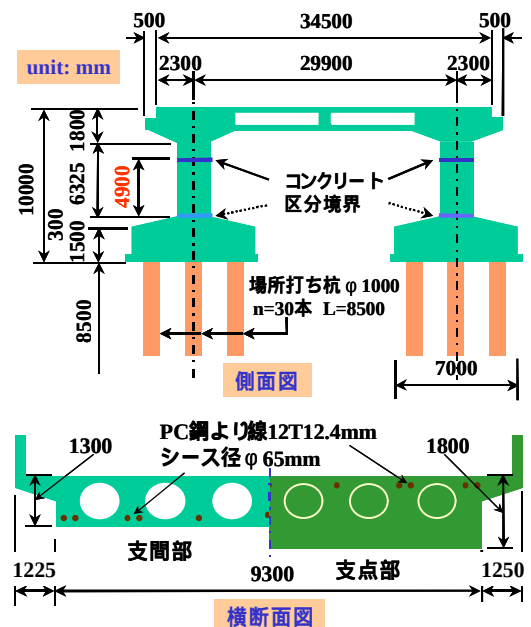


図 - 1 PRC ポータルラーメン橋の全体図

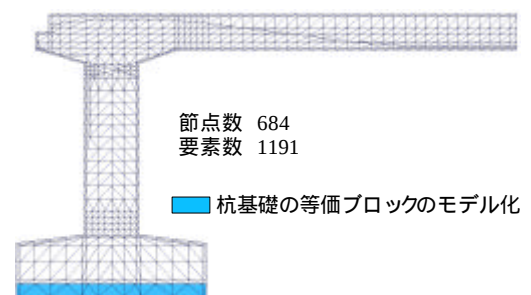


図 - 2 解析に用いたメッシュ図

キーワード: PRC ポータルラーメン橋、クリープ、収縮、拘束応力

住所: 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 TEL: 0545-35-0212 FAX: 0545-35-3719

は、桁が 346mm、橋脚が 710mm であり、実験における各コンクリートの供試体の V/S(桁用が 283mm、橋脚用が 594mm)に比べて大きい、V/S が 300mm 以上の範囲ではクリープ係数と収縮ひずみの低下傾向は小さいと予測されるのでそのまま用いた。収縮ひずみも、クリープ係数と同様に V/S の影響は小さいものとし実験値を用いた。解析に用いた桁および橋脚コンクリートのクリープ係数、収縮ひずみを図 - 3 ~ 5 に示す。

6. 解析結果 解析パターンは、橋脚コンクリートを弾性体とした場合とクリープを考慮した場合について行い、クリープ解析については、Step-by-Step 法と実際の設計を考慮した有効ヤング係数法の 2 パターン行った。なお、すべての解析パターンについて桁コンクリートのクリープは考慮している。図 - 6 に橋脚基部コンクリート応力の解析結果と実橋における実測値を示す。材齢 5 日までに於いて、解析結果は桁コンクリートの水和熱の影響を実測値よりも約 2 倍程度過大評価する。プレストレス導入以降は、比較の実測値と一致しているが、材齢 50 日以降実測値を徐々に過大評価する傾向にある。この理由は、PRC ポールラーメン橋の経時的な挙動により地盤の剛性が低下していることなどが考えられる。材齢 1000 日において橋脚基部外側のコンクリート応力の解析結果は、弾性解析の場合が 3.0N/mm^2 、クリープ解析については Step-by-Step 法の場合が 2.0N/mm^2 、有効ヤング係数法の場合が 1.6N/mm^2 であった。弾性解析と各クリープ解析の結果を比較すると、Step-by-Step 法の場合が 35%、有効ヤング係数法の場合が 45% 橋脚基部の応力を低減できることが示された。またクリープ解析については、Step-by-Step 法による場合と有効ヤング係数法による場合とではそれほど解析結果に差は見られないが、有効ヤング係数法の方が Step-by-Step 法の場合よりも、応力が時間とともに増加する場合においてはクリープの影響を大きく、減少する場合においては小さく評価する。これは、有効ヤング係数法が各ステップ間で生じる応力に対して個々の荷重時ヤング係数を考慮することができないためである。

7. まとめ 本研究の範囲内において、橋脚のクリープを考慮することにより桁のクリープ・収縮変形に起因する拘束応力を長期的に Step-by-Step 法の場合が 35%、有効ヤング係数法の場合が 45% 橋脚基部の応力を低減できることが示された。また、実際の設計において橋脚のクリープを考慮するために有効ヤング係数法を用いるには、材齢係数の評価を行う必要があり、今後の検討課題とする。

参考文献 1) 雪田恵子ほか：PRC 桁と RC 脚からなるラーメン

のクリープ解析、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.21、No.3、1999 2) 道路橋示方書・同解説 共通編 コンクリート橋編、日本道路協会、平成 8 年 12 月 3) 和田宣史ほか：コンクリートのクリープ・収縮の寸法依存性に関する実験的検討、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.21、No.2、1999

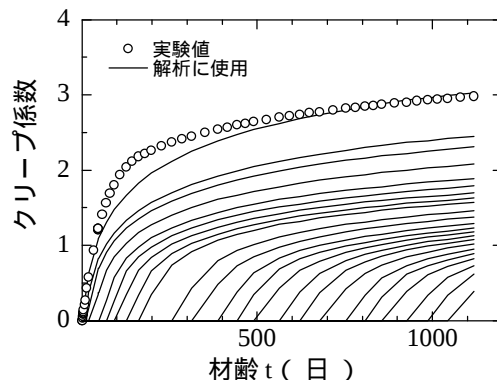


図 - 3 桁コンクリートのクリープ係数

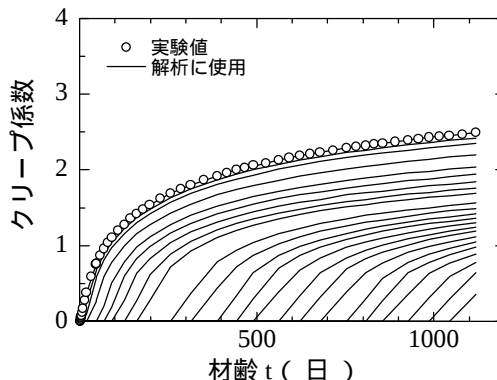


図 - 4 橋脚コンクリートのクリープ係数

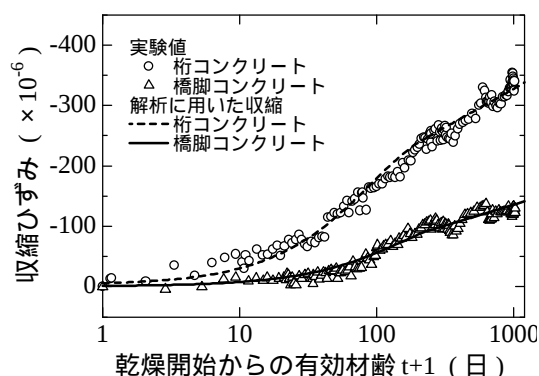


図 - 5 各コンクリートの収縮ひずみ

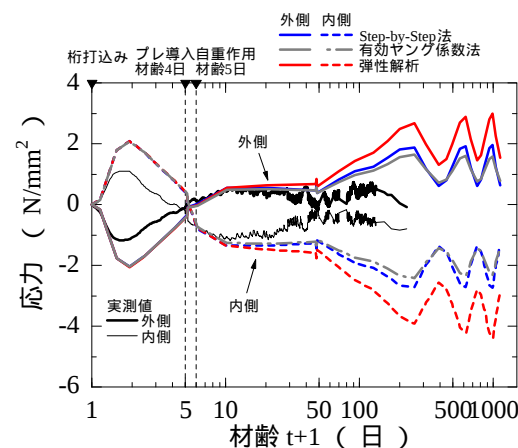


図 - 6 橋脚基部のコンクリート応力の経時変化