

ASR 劣化による弾性係数の低下が PC 部材の変形挙動に及ぼす影響

九州工業大学大学院 学生会員 ○矢野佑輔
九州工業大学 正会員 幸左賢二
九州工業大学 正会員 合田寛基

1. はじめに

本稿では、材齢 1500 日が経過した No.4 供試体を対象に、ASR による材料劣化、膨張ひずみを考慮した 2 次元弾塑性 FEM 解析を行い、供試体に生じた部材変形の再現、そのメカニズムについて評価を行った。さらに、材料劣化に着目したパラメータ解析を実施し、その影響度とその要因について考察した。

2. 実験および解析概要

図-1 に供試体概要図を示す。形状は 4500×350×550mm で、緊張方法は $\phi 19.3$ mm の PC 鋼より線を 4 本配置したポストテンション方式とした。供試体はディプスゲージを用いて、供試体周りに設置した固定アングルを基準とし、供試体上面の距離を計 4 点計測した。なお、計測対象断面は、供試体端部から 250mm を基点に、1000mm ピッチで断面 A～E の計 5 断面とした。

本解析では、ASR の進展が確認された材齢 300 日以降に着目し、ASR による材料劣化と膨張ひずみを考慮した 2 次元弾塑性 FEM 解析によって実施した。本解析の膨張ひずみモデルは、本供試体と配合、形状が概ね同様であるプレストレスト・コンクリート建設業協会の供試体の膨張計測結果を基に、材齢 300～1500 日にかけて鉛直方向に 3200 μ 、軸方向に 550 μ を与えた。本解析の材料劣化モデルは、供試体と同時期に作製したシリンダーの圧縮試験を参考に、材齢 300～1500 日にかけて圧縮強度、静弾性係数をともに単調に 50%低下させるモデルとした。

表-1 に解析ケースを示す。case1 は No.4 供試体で生じる現象を再現した標準ケースであり、3 章において実験結果と比較し、解析精度を検証した。case3,4,5 は材料劣化の影響度を検討するためのパラメータケースであり、膨張を与えず、圧縮強度と弾性係数の低下度を変化させ、評価した。

表-1 解析ケース

case	膨張ひずみモデル		材料劣化モデル	
	鉛直ひずみ	軸ひずみ	圧縮強度	弾性係数
1	3200 μ	550 μ	50%低下	50%低下
3	0 μ	0 μ	50%低下	50%低下
4	0 μ	0 μ	25%低下	25%低下
5	0 μ	0 μ	75%低下	75%低下

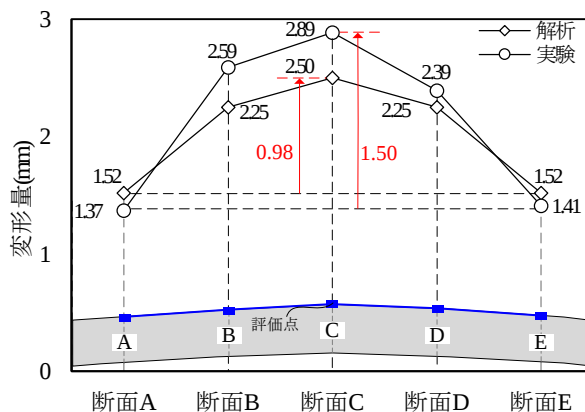


図-2 部材変形の比較

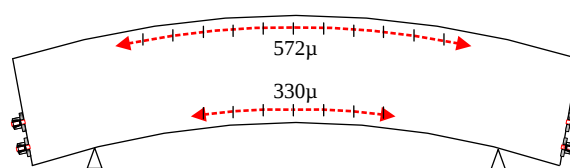


図-3 軸方向ひずみ分布(case1)

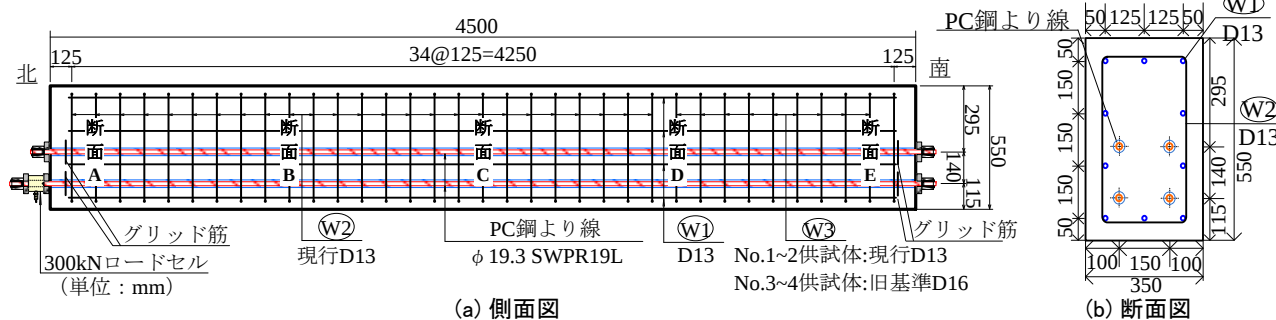


図-1 供試体概要

キーワード ASR, PC, 変形, 反り返り, FEM

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学 建設社会工学科 TEL 093-884-3123

3. 実験および解析結果

図-2 に材齢 500～1500 日における実験と解析 case1 の部材変形の比較を示す。図中より、反り返り量は実験値 1.50mm に対して、解析値 0.98mm と概ね再現できたと考えられる。

図-3 に材齢 500～1500 日における解析結果の軸方向ひずみ分布を示す。図中より、上縁で 572 μ 、下縁で 330 μ となり、上下縁のひずみ差は 242 μ と確認された。反り返りは上下のひずみ差から発生すると考えられ、式(1)より求まる。

$$v = \varphi \times \frac{L^2}{8} \quad \dots (1)$$

よって、式(1)より、反り返り量は 0.88mm となり、図-2 の解析値 0.98mm とほぼ一致した。

4. 材料劣化の影響度の検討

図-4 に劣化をパラメータとした部材変形の比較を示す。図中より、各ケースの反り返り量は case4 (0.30mm), case3 (0.80mm), case5 (2.02mm) となった。以上より、弾性係数の低下に伴い、反り返り変形が大きくなることが確認された。

図-5 に材料劣化による収縮メカニズムを示す。健全状態では、プレストレス σ_{p1} によって収縮ひずみ ε_1 が生じる。劣化が進展した場合、プレストレスによる収縮がさらに進展し、 ε_2 (無拘束下での自由収縮ひずみ) が生じる。しかし、実際には鋼材の影響により、図中の式(3)のように、 ε_2 は ε_3 (拘束下での収縮ひずみ) になる。以上の考えを基に、弾性係数を 50% 低下させた case3 のひずみ分布は図-6 のようになった。健全状態では上下のひずみ差は 229 μ (=32 μ +261 μ)であったが、劣化状態になると、413 μ (=71 μ +484 μ)となり、劣化進展に伴い、上下のひずみ差は大きくなる。

図-7 に材料劣化の差による収縮挙動の違いを示す。図中より、解析値と試算値は概ね一致している。図中(2),(3)より、上下のひずみ差は case3 で 428 μ (=65 μ +493 μ), case5 で 729 μ (=126 μ +855 μ)となり、劣化が大きいほど、供試体下部で収縮ひずみが卓越している。

5. まとめ

- 1) 変形計測より、反り返りは材齢 500～1500 日間で 1.50 mm 確認された。この反り返りは、PC 鋼線の偏心により、上下でひずみ差が生じることで発生すると考えられる。
- 2) 劣化をパラメータとした解析より、弾性係数の低下が大きいほど、反り返り量が大きくなった。これは、弾性係数の低下によって、軸力の大きい下部で収縮ひずみが卓越し、上下のひずみ差が大きくなったためだと考えられる。

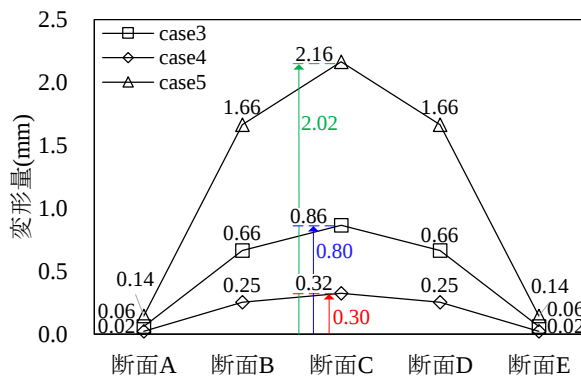


図-4 劣化をパラメータとした部材変形の比較

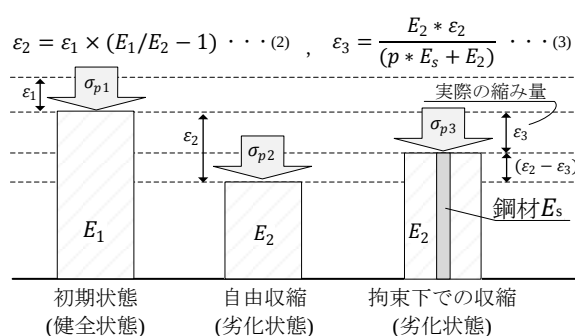


図-5 材料劣化による収縮メカニズム

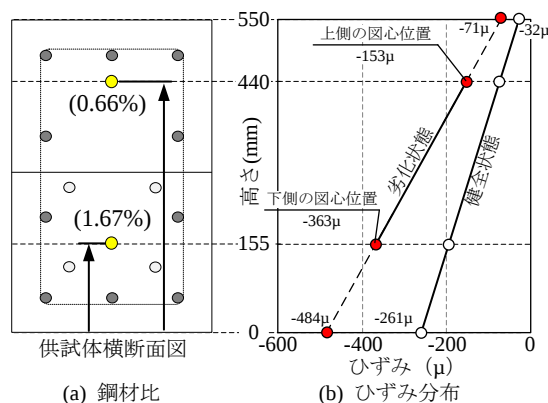


図-6 試算結果 (case3)

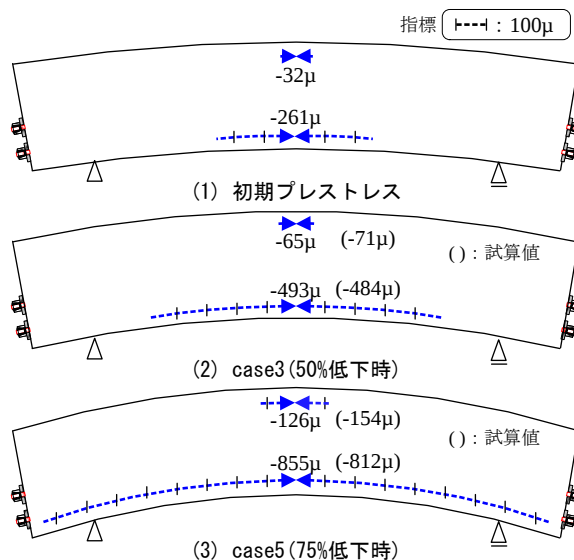


図-7 材料劣化の差による収縮挙動の違い