

膨張作用を有する高強度コンクリートへのクリープ解析の適用性

山口県 正会員 ○正木 聡
 極東工業株式会社 正会員 河金 甲
 広島大学大学院 正会員 丸山 一平
 広島大学大学院 正会員 佐藤 良一

1. 目的

一般に、膨張コンクリートの膨張応力は仕事量一定則に基づき推定される。しかし、膨張作用を有する高強度コンクリートの拘束応力の推定でその適用性は確認されていない。一方、膨張コンクリートは水和熱に起因する温度応力や自己収縮等とほぼ同時に生じる場合があり、この場合にクリープ解析により統一的に解析できると便利である。そこで、本研究は、膨張作用を有する高強度コンクリートの拘束応力の推定に、載荷時材齢の影響を考慮した重ね合わせの原理に基づいた3次元有限要素法によるクリープ解析の適用性を、実験値と比較して、検討することを目的とする。

2. 解析対象

解析対象には、①自己収縮が大きい通常の高強度コンクリートを用いて作製した鉄筋コンクリート（RC）部材（以下HAS）と②低熱セメント、膨張材および収縮低減剤により自己収縮を低減させたRC部材（以下LAS）を用いた。RC部材の寸法は全高300mm、幅150mm、有効高さ250mm、全長2300mm、スパン長1700mmで、引張鉄筋比1.5%(2D19)、圧縮鉄筋比0.4%(2D10)である。有限要素分割を図-1に示す。有限要素は8節点アイソパラメトリック要素で、その要素数は2792、節点数は3474である。

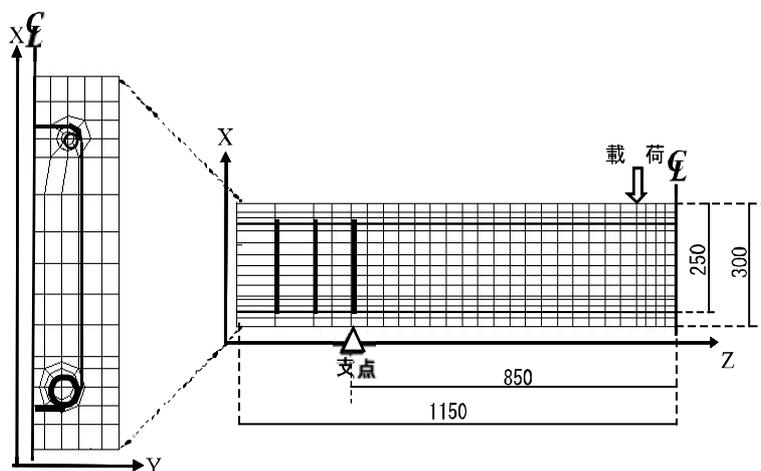


図-1 有限要素分割図 (mm)

3. 材料特性

コンクリートの配合を表-1に示す。解析で用いた材料物性値および温度の代表値を図-2に示す。コンクリート温

表-1 コンクリートの配合

記号	セメント	W/B (%)	SF/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)							
					W	C	G	S	SF	EX	SRA	SP
HAS	普通セメント	23	10	41	161	630	912	626	70	0	0	14
LAS	低熱セメント	23	10	41	161	600	913	630	70	30	6	15

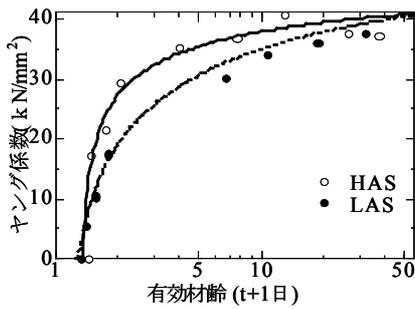
度、自己収縮ひずみは実測値を用い、ヤング係数は実測値を基に回帰¹⁾した。クリープ係数は、高強度コンクリート用に修正したMC90の修正式²⁾を用いた。なお、コンクリート、鉄筋の熱膨張係数は、それぞれ 10.0×10^{-6} 、 $11.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ とした。

4. 解析概要

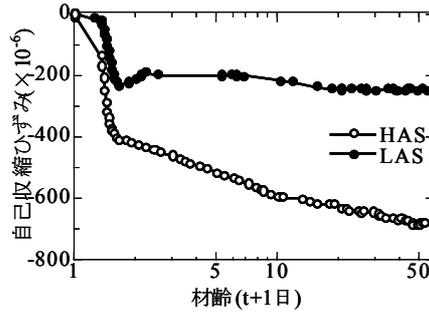
図-3にクリープ解析法の概念図を示す。この解析法は、任意のタイムインターバルにおける増分応力—増分ひずみ関係に基づいている。これに基づく剛性方程式は下記のように、増分収縮ひずみ、増分温度ひずみ、過去の応力履歴により生じる増分クリープひずみを等価節点力として与え、ポアソン比は経時的に変わらない

キーワード 高強度膨張コンクリート、クリープ解析、拘束応力

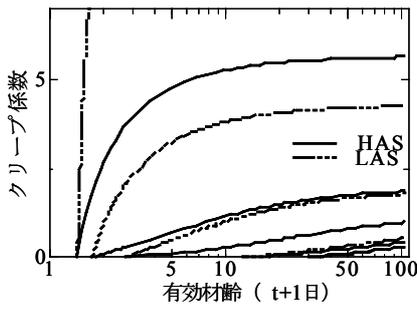
連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山1-4-1 広島大学大学院工学研究科 構造材料研究室 TEL0824-24-7786



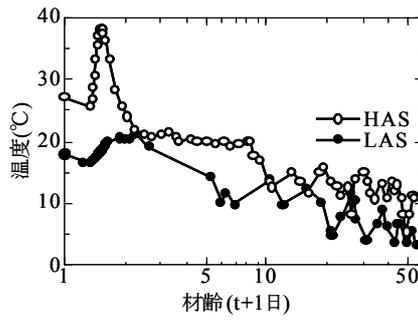
(a) ヤング係数の経時変化



(b) 自己収縮ひずみの経時変化



(c) クリープ係数の経時変化



(d) コンクリート温度の経時変化

図-2 材料物性

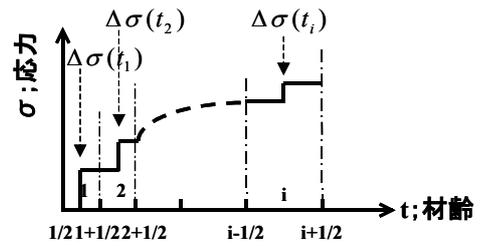


図-3 クリープ解析法概念

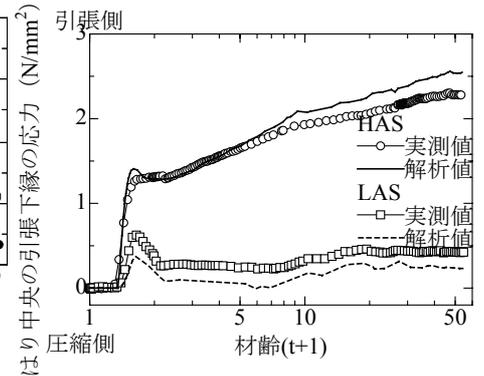


図-4 拘束応力の変化

としている。

$$\{\Delta\sigma_c\}_i = [D_c]_i \left[\{\Delta\varepsilon_c\}_i - \sum_{j=2}^{i-1} \left[\frac{\{\Delta\sigma_c\}_j}{[D_c]_{j,28}} \right] \left[\phi(t_{i+1/2}, t_j) - \phi(t_{i-1/2}, t_j) \right] - \{\Delta\varepsilon_{T,as,ds}\}_i \right]$$

$$\{\sigma_c\}_i = \{\sigma_c\}_{i-1} + \{\Delta\sigma_c\}_i$$

ここに、

$\{\Delta\sigma_c\}_i$; 増分拘束応力 $\{\Delta\varepsilon_c\}_i$; 全増分ひずみ $\{\Delta\varepsilon_{T,as,ds}\}_i$; 増分温度・自己収縮ひずみ
 $\phi(t_{i+1/2}, t_i)$; クリープ係数 $[D_c]_i$; コンクリートの剛性マトリクス $\{\sigma_c\}_i$; 着目材齢での拘束応力

5. 解析結果、及び考察

図-4にRC部材下縁での拘束応力の経時変化の実験値と解析値の比較を示す。拘束応力は、載荷直前までの実測鉄筋ひずみを用い、力の釣り合いにより算出した。図-4から、実験上、HASには、引張強度に対して無視出来ない程の拘束応力が発生している。一方、LASでは、凝結直後の収縮応力が膨張作用により低減され、その後低い応力レベルに収束していることが認められる。この性状は、解析においてもおおむね予測できている。このことから、高強度コンクリートの自己収縮応力低減を目的とした膨張作用に対しては、線形クリープ則が適用できる可能性のあることがわかる。なお、ここで用いたクリープ係数はRC部材と同一のコンクリートから得たものではないことを考えると、既往の知見によるクリープ係数である程度の予測ができる可能性とともに、全く同一のコンクリートでは予測精度が低下する可能性も無いとはいえないので、これらについてはさらに検討したい。

6. 結論

載荷時材齢の影響を考慮したクリープ係数を用い、増分応力—増分ひずみ関係に基づくクリープ解析により高強度コンクリートの膨張作用をほぼ予測できる可能性を示した。

参考文献

1) 社団法人日本コンクリート工学協会, 自己収縮研究委員会報告書, 1996・11