

レジンコンクリートの構造部材への適用に関する二、三の考察

秋田大学 正員 川上 洵
秋田大学 学生員 小俣 富士夫

1. まえがき

レジンコンクリート（モルタル）は、その特性にもとずき表面被覆工法や接着工法に現場施工で、また、各種工場製品にも適用され、今後さらに、その使用量の増大が予想される。一方、その応用面の幅も装飾材や構造材へと広がりつつある。本報告は、レジンコンクリートの高強度を利用した、レジンコンクリートはりやセメントコンクリートとの合成はり等レジンと構造部材へ適用する際の課題である収縮応力度と熱膨張係数について検討し、また実験的に考察を行ったものである。

2. レジンコンクリートの収縮応力度

レジンコンクリートの自由収縮が、鉄筋またはセメントコンクリートによって拘束されるとき、レジン部材には引張、他の部材には、圧縮の応力度が発生する。以下、4つの場合について、その収縮応力度を検討する。

2.1. レジンコンクリート断面重心と鉄筋の重心とが一致する場合（図-1）

ε_s : レジンコンクリートのみの自由収縮量, ε_s : 鉄筋のひずみ（コンクリートの収縮による）, ε_r : コンクリートの鉄筋によって妨げられたひずみ, とすると、レジン部材および鉄筋の応力度は、それぞれ次のとおりである。

$$\sigma_r = 8 E \varepsilon_s / (1 + l g), \quad \sigma_s = E \varepsilon_s / (1 + l g)$$

2.2. レジンコンクリート断面重心と鉄筋の重心とが合致しない場合（図-2）

G : コンクリートのみの重心軸, S : 鉄筋の重心軸までの距離, C : 鉄筋に作用する圧縮力, とすると鉄筋のひずみは, $\varepsilon_s = C / E_s A_s$ 一方、コンクリートには、 $T = C$ なる偏心引張力が鉄筋位置に作用するからコンクリートのひずみは, $\varepsilon_r = \sigma_r / E_r = (T / A_r + T S^2 / I_r) / E_r$ また図-2 のとおり $\varepsilon = \varepsilon_r + \varepsilon_s$ より $C = T = E \varepsilon_s / (1 / A_r + 1 / A_s + l g^2 / I_r)$

従って レジン部材および鉄筋の応力度は、次のとおりである。 $\sigma_r = \frac{T}{A_r} + \frac{T S^2}{I_r} y_1$, $\sigma_r = \frac{T}{A_r} + \frac{T S^2}{I_r} y_2$, $\sigma_s = \frac{C}{A_s}$

2.3. セメントコンクリートとレジンコンクリートの合成断面の場合（図-3）

セメント部材をフレキャストとし後でレジン部材を打つものとする。 ε_c : 付着がないときのレジン部材の自由収縮ひずみ, ε_c : セメント部材のレジン部材との打継部でのひずみ, ε_r : レジン部材の打継部でのひずみ, とすると、セメント部材には、偏心圧縮力 C , レジン部材には $T = C$ なる偏心引張力が作用する。このとき、セメントおよびレジン各々の部材のひずみは, $\varepsilon_c = \frac{\sigma_c}{E_c} = \frac{C}{E_c} \left(\frac{1}{A_c} + \frac{1}{E_c} \cdot \frac{(1-R)^2 d^2}{4} \right)$, $\varepsilon_r = \frac{\sigma_r}{E_r} = \frac{T}{E_r} \left(\frac{1}{A_r} + \frac{R^2 d^2}{4 I_r} \right)$, また図-3より $\varepsilon = \varepsilon_c + \varepsilon_r$ であるから

$$C = T = \frac{E E_c}{\frac{A_c}{A_c m A_r} + \frac{1}{I_c} \cdot \frac{(1-R)^2 d^2}{4} + \frac{R^2 d^2}{4 m I_r}} \quad \text{従って、各部材の応力度も決定される。}$$

2.4. セメントコンクリートと鉄筋レジンコンクリートの合成断面の場合（図-4）

ε はレジン部材のみの場合の自由収縮量である。 ε_c : 合成断面のときセメント部材の打継部でのひずみ, ε_r : レジン部材のひずみ, ε_r : 鉄筋の拘束によるひずみ, ε_s : 鉄筋の圧縮ひずみ のとき、収縮による変形は、図-

図-1: 一様な収縮

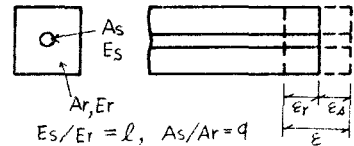


図-2: 偏心収縮

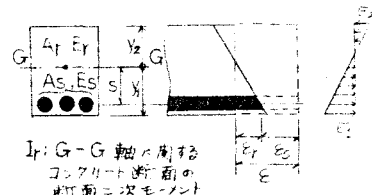
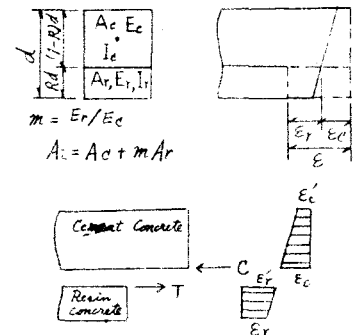


図-3: 合成断面の収縮



の突線で示される。セメント部材に作用する偏心圧縮力を C 、また鉄筋には、 C なる圧縮力、そして、レジン部材には、上縁に $C=T_1$ 鉄筋位置に、 $T_2=C$ なる偏心引張力が作用する。各部材のひずみは、

$$\epsilon_c = \frac{\sigma_c}{E_c} = \frac{C}{E_c} \left(\frac{1}{A_c} - \frac{(1-R)^2 d^2}{4 I_c} \right), \quad \epsilon_r' = \frac{\sigma_r'}{E_r} = \frac{1}{E_r} \left\{ \frac{T_1+T_2}{A_r} + \frac{T_1}{I_r} \frac{R d^2}{4} - \frac{T_2}{I_r} \frac{(R/2 - \gamma) R d^2}{2} \right\},$$

$$\epsilon_r = \frac{\sigma_r}{E_r} = \frac{1}{E_r} \left\{ \frac{T_1+T_2}{A_r} - \frac{T_1}{I_r} \frac{(R/2 - \gamma) R d^2}{2} + \frac{T_2}{I_r} \frac{(R/2 - \gamma)^2 d^2}{4} \right\}$$

$$\epsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s} = \frac{C_s}{E_s I_s} \quad \text{また、適合式として、} \quad \epsilon = \epsilon_c + \epsilon_r', \quad \epsilon = \epsilon_r + \epsilon_s$$

あるから

$$C = \frac{\left[\frac{R^2 d^2}{2 n I_r} \frac{(R - \gamma)}{(2 - \gamma)} + \frac{1}{m I_r} \frac{(R - \gamma)^2 d^2}{2} + \frac{1}{n A_s} \right]}{\left\{ \frac{1}{A_c} + \frac{(1-R)^2 d^2}{4 I_c} \right\} + \frac{R d^2}{4 m I_r} + \frac{R d^2}{2 m I_r} \frac{(R - \gamma)}{(2 - \gamma)}} \quad C_s = \alpha C_s$$

また、

$$C_s = \frac{\epsilon_r E_r}{\left\{ \frac{1+\alpha}{A_r} - \frac{\alpha}{I_r} \frac{(R - \gamma) R d^2}{2} + \frac{1}{I_r} \frac{(R - \gamma)^2 d^2}{2} + \frac{m}{n A_s} \right\}}$$

これより応力が決定される。以上収縮によりレジンには引張力、セメント部材、鉄筋には圧縮力が作用し全ての収縮応力度は、自由収縮ひずみの関数で示された。自由収縮量が大きいと、構造部材の使命である外荷重荷前に抵抗する前にひびわれが入ったり、ひびわれ荷重が小さくなり不利となるであろう。従って、できれば、無収縮または、ケミカルプロレストレスを考慮できるような膨張性の樹脂の開発が望まれる次第である。

3. レジンコンクリートの熱膨張係数

鉄筋コンクリート成立の理由の一つに、鉄筋とセメントコンクリートの熱膨張係数が実用上等しいことが挙げられる。この性質により、温度変化を受けても内部応力の発生を防止することができる。一方、鉄筋レジンコンクリートを構造部材に適用する際、レジンコンクリート自身の熱膨張係数を明らかにしておく必要がある。以下、レジンモルタルの熱膨張係数の実験および結果である。結合材としてタール系エポキシ樹脂（レジンA）および不飽和ポリエステル系樹脂（レジンB）の二種細骨材は、標準砂および人工軽量骨材の二種、そして一部、充填材として重質炭酸カルシウムを用い、配合は、レジンと骨材の重量比が1:3および1:5とし、充填材を用いるときは、レジンと同量を骨材の一部と交換した。測定方法は、 $\phi 10 \times 200$ mmの円筒供試体の軸方向中心にカーソン型ひずみ計を埋め、15℃～50℃まで2～3℃間隔で温度を上昇させ各温度における熱膨張係数を測定した。測定材令は7日である。その結果は、図-5のとおりである。横軸は骨材/レジンであり、ゼロは、レジン単味の熱膨張係数を示す。熱膨張係数は骨材の増加とともに下ってくる。熱クラック防止の観点から熱膨張係数が小さい程有利であり、また、鉄筋補張を考えると鉄筋に近い熱膨張係数が望ましい。一方、配合において、これ以上、骨材を増加すると強度が落ちてくる。従って構造用部材の熱膨張係数はレジンAモルタルで $50 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、レジンBモルタルで $30 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ であるから、セメントモルタルのそれ $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と比較すると約3～5倍大きい。従って、3～5倍の温度変化を受けるとして温度応力を考慮し、また、温度ひびわれについて検討しなければならない。

十、あとがき

構造部材としてレジンを採用する際の課題として、収縮応力による影響およびレジン熱膨張係数に関する問題について検討したが、具体的な計算例は、当日発表の予定である。最後に、実験を行なうのに際し、ショーボンド建設KKより多大な御協力を得た。ここに謝意を表する次第である。

図-4；合成断面の収縮

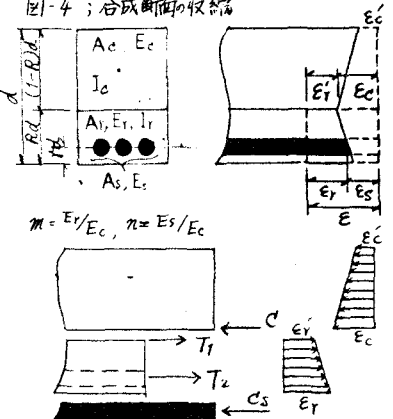


図-5. レジンモルタルの熱膨張係数

