

論文 レジンコンクリートの変形特性への熱影響

林 富士男*1・大島 光晴*2・小柳 治*3

要旨：結合材樹脂の種類および配合量を変えたレジンコンクリート（REC）の動弾性係数および対数減衰率の温度依存性について検討し、これら変形特性がある温度から急激に変化するため、実用上これを考慮すべき温度であるRECの熱変形温度が、RECの対数減衰率の測定により求められること、またこれが配合によらず樹脂の熱変形温度の値からも推定できることが判明した。

キーワード：レジンコンクリート、熱変形温度、温度依存性、弾性係数、対数減衰率

1. まえがき

レジンコンクリート（REC）は粗細骨材を熱硬化性の合成樹脂を用いて結合したものであり、その変形特性の温度に対する依存性は大きく、RECを構造材料として利用する場合には、この温度依存性を掌握しておくことは、使用環境温度の設定等の設計上の重要な問題である。ここでは、結合材樹脂として広く用いられている不飽和ポリエステル樹脂（UP）ならびにエポキシ樹脂（EP）について、その熱変形温度（HDT）およびガラス転移温度（T_g）を調べ、これら樹脂を用いたRECの各温度での動弾性係数および対数減衰率を測定し、これらの温度依存性と樹脂の種類および樹脂量との関係を求め、RECの変形特性に及ぼす温度の影響について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

使用した樹脂の種類および熱的特性を表-1に示す。UP-1は一般用途RECに最も広く用いられるオルソフタル酸系UP、UP-2は耐食用途RECに用いられるイソフタル酸系UP樹脂、UP-3は樹脂中のアルキドを改良し熱的特性等を向上させたオルソフタル酸系UPである。EP-1は低収縮を利点として一般用途RECに用いられる常温硬化型のビスフェノールA型EPとアミン系硬化剤の組み合わせであり、EP-2はEP-1の熱的特性改良のため3官能基の割合を増加させたEPとアミン系硬化剤の組み合わせである。

表-1 使用樹脂の種類と熱的特性

種類	樹脂の特徴	HDT (°C)	T _g (°C)
UP	UP-1 汎用オルソフタル酸系	72	98
	UP-2 イソフタル酸系	87	113
	UP-3 オルソフタル酸系	87	118
EP	EP-1 汎用ビスフェノール	45	65
	EP-2 3官能基付加	63	78

表-2 REC (REM) の配合(wt%)

配合名称	樹脂	充填材	細骨材	粗骨材
10%配合	10	20	20	50
13%配合	13	19	19	49
20%配合	20	30	50	--

* 1 (株)サンレック 技術部副部長、工修（正会員）
 * 2 (株)サンレック 技術部課長 工修（非会員）
 * 3 岐阜大学教授 工学部土木工学科、工博（正会員）

その他の材料としては、粗骨材は揖斐川産玉砕石（最大寸法10mm, F.M.=5.9）、細骨材は静岡産山砂（最大寸法 0.6mm, F.M.=2.0）、充填材は重質炭酸カルシウム（平均粒径40 μ ）を使用した。またUPの硬化剤としてメチルエチルケトンパーオキサイドおよびナフテン酸コバルトを使用した。

本研究でのRECの配合は、それぞれの樹脂を用い樹脂量が10%、13%のレジコンクリートならびに樹脂量が20%のレジモルタルであり、その配合比率（重量）を表-2に示す。

2.2 試験方法

樹脂単体のHDTは、12.7x12.7x127mmの角柱供試体を用いて、JIS K 7270（硬化プラスチックの荷重たわみ温度試験）のA法により、変位量が0.26mmになる温度を測定した。

樹脂単体のTgは、JIS K 7198（非共振強制振動法による動的粘弾性の温度依存性に関する試験方法）により、10x2x60mmの角柱供試体を用いて、昇温速度 1.0 $^{\circ}$ C/min、加振周波数 0.4Hzで 25~200 $^{\circ}$ Cの範囲で測定した。（リソテック社製RHEOVIBRON）

RECの動弾性係数および対数減衰率は、表-2に示す配合で作成した ϕ 10x20cmの円柱供試体を恒温炉で0~100 $^{\circ}$ Cの所定の温度に調整して動弾性係数測定器により計測した縦波共振周波数により求めた。

3. 結果と考察

3.1 樹脂の種類と温度依存性

図-1は使用したUP、EPのTg測定により得られた、動的弾性率(E')ならびにこれと粘性による損失成分との比である $\tan \delta$ と温度との関係を示し、樹脂の動的弾性率は種類に関わらず顕著な温度依存性を示した。

弾性率は、25 $^{\circ}$ Cより温度の上昇につれて若干低下の傾向を示し、HDTより10~20 $^{\circ}$ C低い温度（A点と呼ぶ）からTgよりおおむね15 $^{\circ}$ C高い温度（B点と呼ぶ）までの

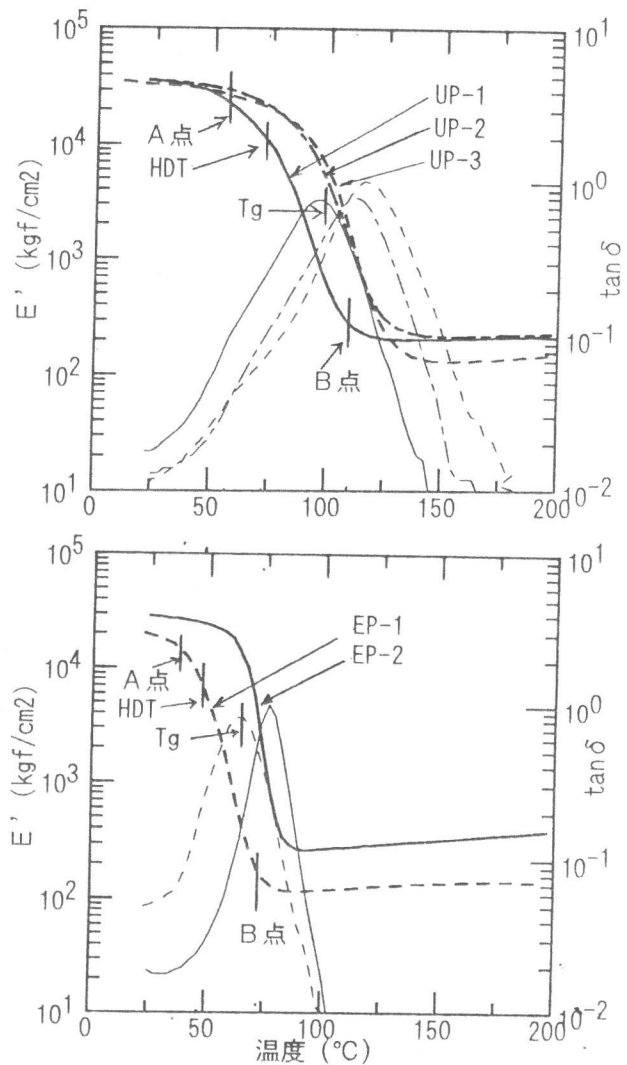


図-1 樹脂単体の温度と E' および $\tan \delta$

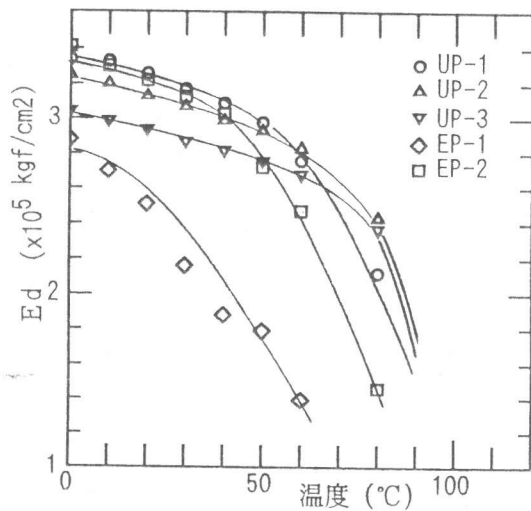


図-2 10%配合RECの温度と E_d

間で低下傾向は著しく大きくなり、この間で100分の1まで低下する。B点を越える領域では弾性率の変化はほとんどない。これらの関係をUP-1およびEP-1について図示する。A点とHDTおよびB点とTgとの関係は樹脂によつて異なっている。また総じて、EPよりUPの方がA点およびB点ともに高い。

それぞれの樹脂での、10%配合RECの温度と動弾性係数（Ed）の関係を図-2に、温度と対数減衰率（δ）の関係を図-3に示す。

RECの動弾性係数は樹脂の種類を問わず顕著な温度依存性を示し、その傾向は樹脂単体のそれと類似したものであり、ある温度以上で急激な低下を示している。HDTが低い樹脂（UP-1, EP-1）のRECほど低い温度でこの低下が現れている。

RECの対数減衰率も動弾性係数と同様の顕著な温度依存性を示し、ある温度以上で急激に増加した。この温度以下での対数減衰率の変化は動弾性係数のそれに比べて少なく、ほぼ直線（無変化）と近似できる。

RECの実用上で特性変化を考慮すべき温度をRECの熱変形温度とし、C点で表すこととすると、このC点は対数減衰率での変曲点で決定できそうである。C点と樹脂単体のHDTとの差は、UPでは10~20℃程度、EPでは20~30℃程度であった。なお、C点の推定にはTgよりHDTの方が有効と思われる。

3.2 REC樹脂量と温度依存性

UP-1, UP-3, EP-1, EP-2樹脂の各種配合RECの温度と動弾性係数（Ed）の関係を図-4、-6、-8、-10に示す。

これらより樹脂の種類を問わず、各温度での動弾性係数は樹脂量の少ない配合ほど高い値を示すが、温度の上昇に伴う動弾性係数の低下の傾向は、REC配合の樹脂量に関わりなく上述のC点より大きくなることが判る。

また、これら樹脂の各種配合RECの、温度と対数減衰率（δ）の関係を示す図-5、-7、-9、-11からRECの対数減衰率は樹脂量の影響を受けないこと、温度と対数減衰率の関係には樹脂の種類毎に明確な変曲点が存在することが判る。

これらからRECの弾性係数の絶対値の

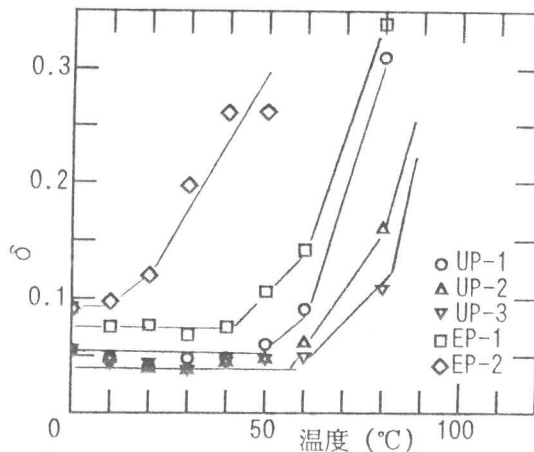


図-3 10%配合RECの温度とδ

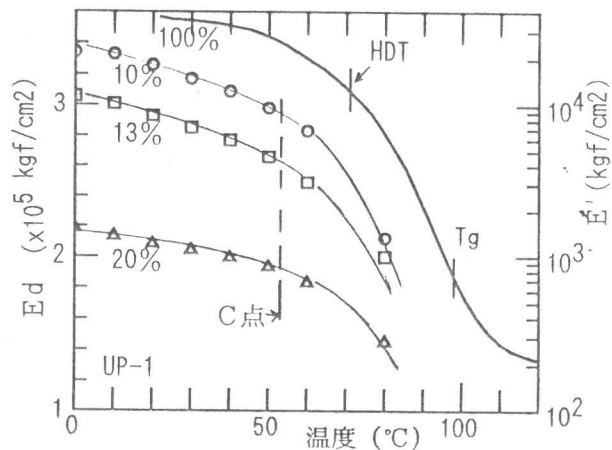


図-4 UP-1 RECの温度とEd

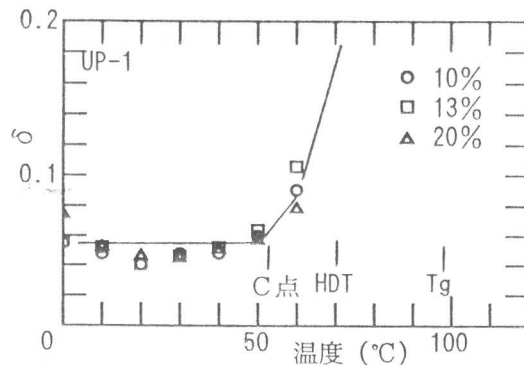


図-5 UP-1 RECの温度とδ

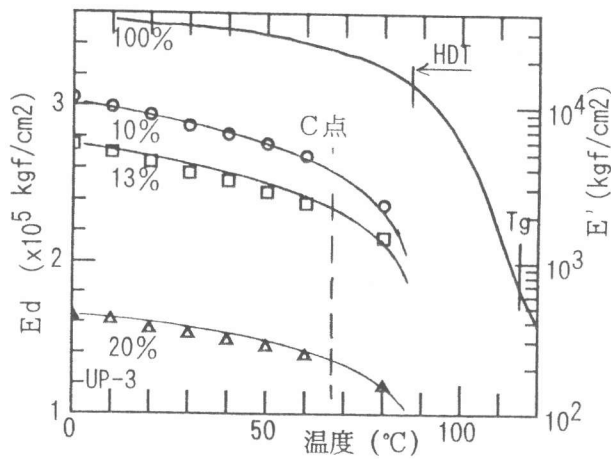


図-6 UP-3 RECの温度とEd

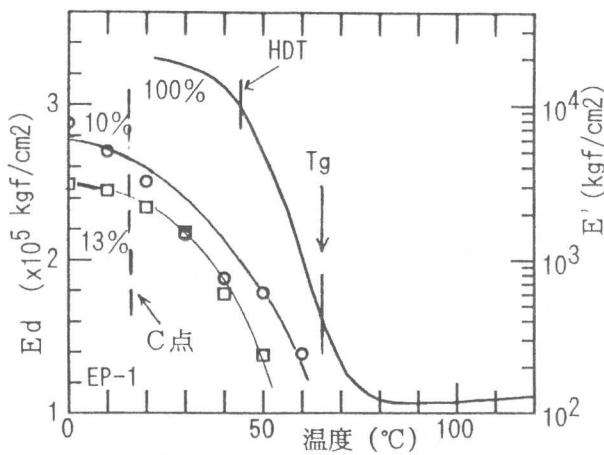


図-8 EP-1 RECの温度とEd

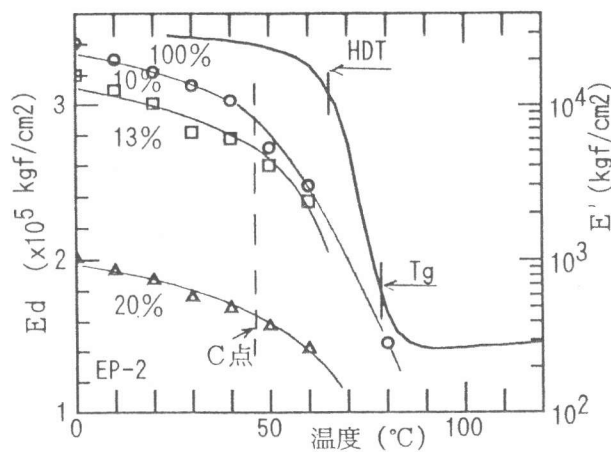


図-10 EP-2 RECの温度とEd

決定には骨材、充填材の特性も寄与してくるが、弾性係数や対数減衰率等の変形特性の温度依存性には使用樹脂の特性のみが影響することが判る。

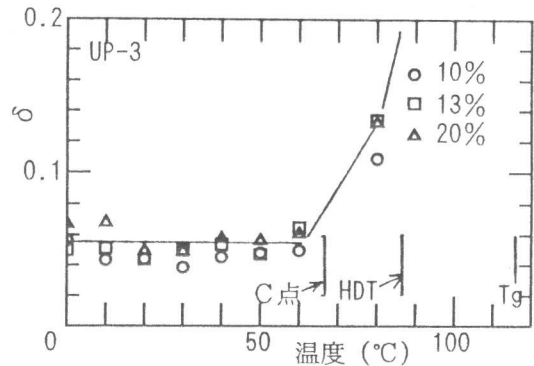


図-7 UP-3 RECの温度とδ

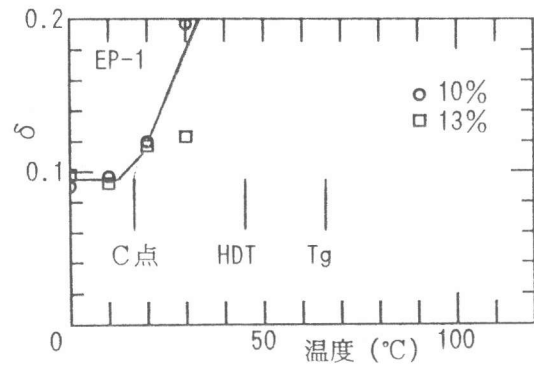


図-9 EP-1 RECの温度とδ

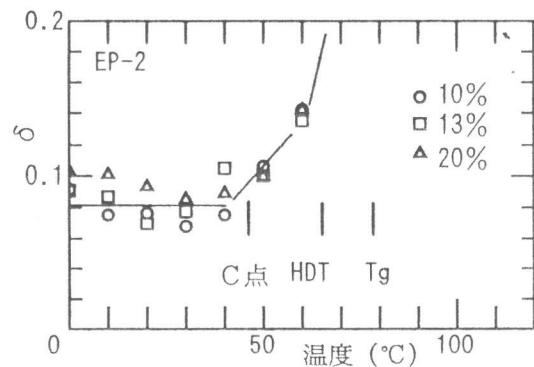


図-11 EP-2 RECの温度とδ

4. まとめ

本研究の結果より、RECの変形特性と温度との間には明確な変曲点を有する依存性が存在し、この依存性は使用する樹脂のそれにより決定されることが判明した。またRECの熱変形温度であるC点の値は、RECの対数減衰率の測定により求められること、樹脂のHDTからも推定できることが判った。

最後に、HDTおよびTgの測定にご協力いただいた昭和高分子(株)の方々に感謝申し上げます。