

高温履歴を受けた接着系あと施工アンカーの引抜耐力に関する検討

土木研究所 正会員 ○富山 禎仁

1. はじめに

接着系あと施工アンカーは比較的容易に定着できることから、土木構造物の付帯施設や耐震補強などに用いられている。トンネル等の道路構造物に適用された場合、車両火災等により高温にさらされることでアンカーの各種特性に悪影響が生じる懸念があるが、接着系アンカーの火災時、火災後の特性について十分な知見が蓄積されているとは言い難いのが現状である。そこで、高温履歴を受けた接着系アンカーの使用性について把握するため、アンカーを打設した小型のコンクリート供試体を熱処理し、除熱後の引抜耐力を評価した。

2. 実験方法

市販されている接着系あと施工アンカー製品から5種類を選定し、試験に用いた(表-1)。これらのうちA, B, Cの3種類は有機系であり、それぞれ接着剤の樹脂種が異なる。一方、Dは接着剤に樹脂とセメントの混合物を用いる有機・無機ハイブリッド系であり、Eは無機系である。

供試体の母材コンクリート(φ154×150mm)は、硬質塩化ビニル管を型枠にして打設した。水セメント比70%、材齢28日の圧縮強度は約23MPaである(表-2)。これに、上記の接着系アンカーをメーカーの指定する方法で施工し、供試体を作製した(図-1)。

トンネル内の車両火災を想定した温度-時間曲線の一つにドイツ交通省「道路トンネルの設備と運用に関する指針」で規定されるRABT曲線があり、覆工コンクリートの耐火性の評価などで採用されるケースが増えている。これは発火から5分で1200℃に達し、その状態が30~60分持続した後、鎮火していく状況を模擬したものである。一方で、コンクリート内部の温度は、火炎に曝される表面から深さ方向に徐々に低下し、深さ100mm程度では200~300℃にとどまるとの報告もある²⁾。あと施工アンカーはコンクリートに埋設した状態で用いられること、また既往の検討結果²⁾なども加味し、本研究では常温~350℃の範囲で評価することとした。

マuffle炉内に供試体を静置した後、室温から設定温度(150, 250, 350℃)まで約3℃/min.で緩やかに昇温させ、そのまま60分間保持後、室温まで自然冷却し(図-2)、供試体が完全に常温となってからアンカーの引抜試験を実施した。引抜試験時のクロスヘッド速度は1mm/min.とし、載荷時に母材コンクリートの割裂破壊を回避するため、供試体周面を鋼板で拘束しつつ試験を行った。また、厚さ25mm、開口部径16mmないし18mmの鋼製反力板で供試体の上面全面を支持しボルト部分に荷重を加え、試験を行った。

表-1 実験に用いたあと施工アンカー

製品種別	アンカーのタイプ	接着剤*	アンカー筋	穿孔径(mm)	穿孔長(mm)
A(有機系)	カプセル方式	UP	M12	14.5	100
B(有機系)	カプセル方式	VE	M12	14.5	100
C(有機系)	注入方式	EP	M12	14.5	100
D(ハイブリッド系)	注入方式	VE/セメント	M12	14	110
E(無機系)	注入方式	セメント	M12	16	85

※UP:不飽和ポリエステル VE:ビニルエステル EP:エポキシ

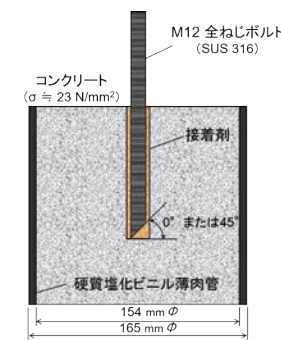


図-1 試験体の概略図

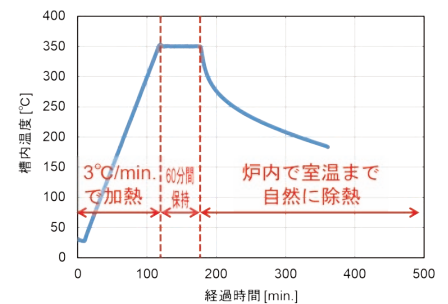


図-2 本研究における温度-時間曲線の例(設定最高温度350℃の場合)

表-2 母材コンクリートの配合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m³)				混和剤 A	混和剤 B
		水	セメント	細骨材	粗骨材		
70	47	163	23.3	87.4	1001	セメント×0.25%	セメント×0.003%

キーワード あと施工アンカー, 接着剤, 火災, 高温履歴, 引抜耐力

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 (国研) 土木研究所 材料資源研究グループ TEL029-879-6763

3. 実験結果と考察

350℃までの加熱により一部の供試体でき裂を生じたが、これは除外し引抜試験を実施した。試験に供した5種類のアンカー全てにおいて、加熱前の試験ではボルトの破断により終局を迎えた。一方、高温履歴後の試験では製品Bを除き、いずれも加熱前より低い荷重で接着剤の破損や付着破壊を生じた(図-3)。製品A、Cは250℃までは影響が認められなかったが、製品Dでは250℃から、製品Eでは150℃から強度が低下し、有機系よりも無機系あるいは有機・無機ハイブリッド系の方が、より低い温度領域で耐力低下が生じることが明らかとなった。製品D、Eにおいては、加熱温度が高くなるにつれ、引張耐力が徐々に低下する傾向が見られた。製品Cは350℃までの加熱により、強度がほぼゼロとなった。

著者らの既往の検討では、アンカー接着剤が高温に曝された時の熱的变化や反応について把握するため、熱重量示差熱分析(TG-DTA)を行っている²⁾。この分析では、試料と基準物質の温度を一定のプログラムに従って変化させながら、試料の質量や、試料と基準物質との温度差を温度の関数として測定する。熱分解、酸化・還元、燃焼、融解などの様々な反応や相転移について知ることができる。結果の一例として、製品B(ビニルエステル)と製品E(セメント)のTG-DTA曲線を図-4に示す。有機系アンカーの接着剤はA、B、Cいずれの製品も、250~300℃付近で発熱を伴う質量減少が始まる。これは接着剤樹脂の酸化分解や燃焼が生じているためと考えられる。これに対し、無機系アンカー接着剤は、100℃付近で大きな吸熱反応を伴う質量減少が生じる。これはセメントに含まれる水分の蒸発や、セメント水和物の脱水和水が生じているためと考えられる。無機系アンカーは有機系アンカーよりも低い温度領域で耐力が低下したが、これは図-4に示した通り、無機系が有機系よりも低い温度領域で質量減少を来す反応を生じたためと考えられる。

なお、これまでの検討結果から、有機系の中でも接着剤の樹脂の違いや、同系統の樹脂であってもメーカーやグレードが違うことにより、熱的特性が大きく異なることを把握している。そのため、接着系あと施工アンカーの耐熱性を一律に論じることは困難である。有機系、無機系に関わらず、当面は火災が懸念される用途への適用を見合わせる事が、現実的な対応であると思われる。

4. まとめ

接着系あと施工アンカーを施工したコンクリート供試体を加熱し、除熱後の引抜耐力を評価した。350℃程度までの加熱により、一部の製品を除いていずれも耐力の低下を生じた。接着剤の種類により影響が生じる温度は大きく異なり、有機系接着剤よりも無機系の方がより低い温度領域で耐力低下を生じることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 河村圭亮, 福浦尚之, 鈴木三馨, 服部佳文: 火災加熱を受けるコンクリートの変形挙動解析, 大成建設技術センター報, No. 44, pp. 1-7, 2011
- 2) 富山禎仁, 新田弘之: 高温履歴を受けたあと施工アンカー接着剤の力学特性に関する基礎的検討, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会, V-516, 2021

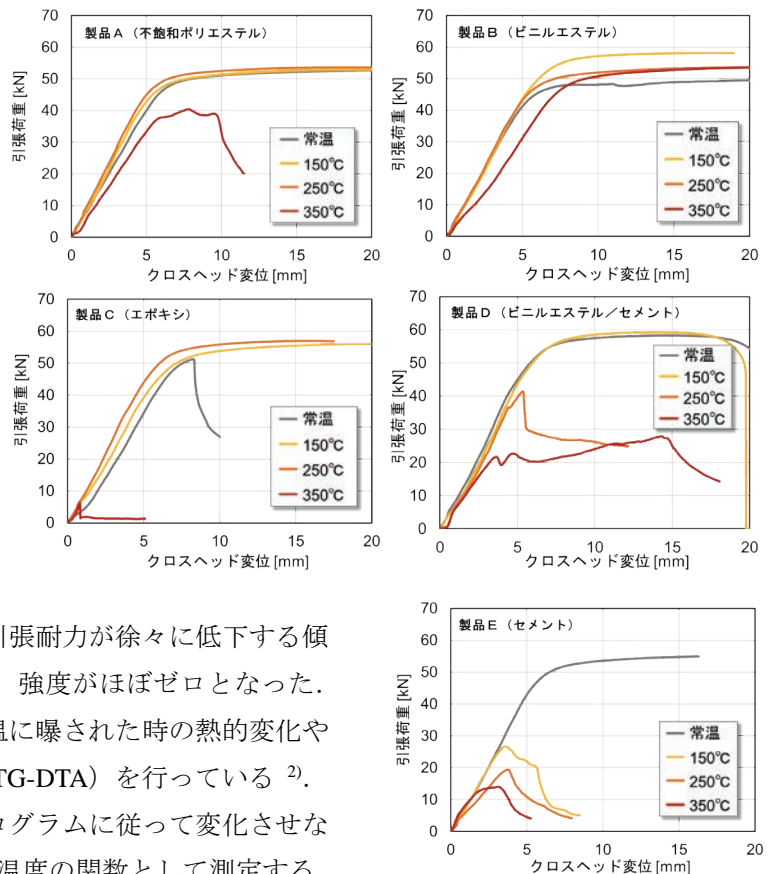


図-3 高温履歴前後の引抜試験で得られた荷重-変位曲線

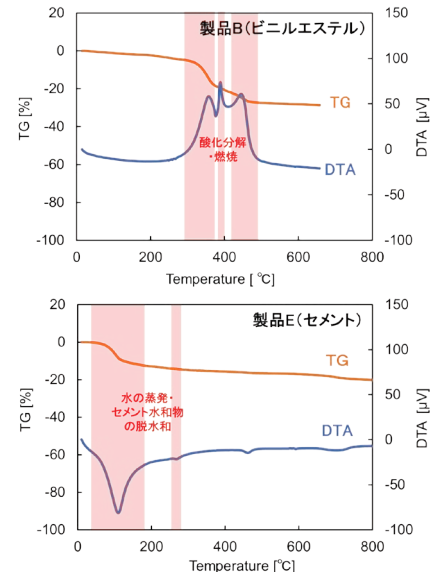


図-4 アンカー接着剤のTG-DTA曲線