

欧米のあと施工アンカーの設計基準と製品認証制度（母材温度と付着応力度の関係） その 2

日本ヒルティ(株) 正会員 ○高橋 宗臣

日本ヒルティ(株) 正会員 宮崎 剛

1. はじめに

前報では、あと施工アンカーの欧米の設計基準・製品認証制度を紹介し、多岐にわたる設計条件が、設計基準および製品認証に反映されることを解説した。今回は、諸条件の中から、母材温度と樹脂の付着応力度の関係について着目し、確認試験を行ったので報告する。

2. 付着応力度の特性値 τ_{Rk} (N/mm²)

表-2.1 はある有機系接着系アンカーのETA 文書の、樹脂の付着応力度の特性値 τ_{Rk} (N/mm²) の記載箇所である。同表から下記の傾向が分かる。

- ① ひび割れのある母材では τ_{Rk} が低い。
- ② 母材の温度範囲が高い方が τ_{Rk} が低い。

我が国の評価法では同等強度の母材の場合、樹脂の性能、ひび割れの有無、母材の温度に関わりなく、一律に $\tau=10$ (N/mm²) としか評価されない。表-2.1 は、製品毎に異なる樹脂の性能や設計条件を、よりきめ細かく設計に反映させられることを示している。

図-2.1 は温度範囲（短期/長期）の概念図である。コンクリートは環境や時間帯、季節により様々な温度変化に曝される。温度範囲とは、図-2.1 のように短期と長期の最高温度を1組として設定するもので、欧州では製品毎にⅠ、Ⅱ、Ⅲの3範囲を決定して製品認証を行う。製品認証のための試験は、短期最高温度に対しては通常の引張・せん断試験で、長期最高温度に対しては、クリープ試験で評価する。

3. 接着系アンカーの基本平均付着強度試験

母材の温度が短期の付着応力度 τ に与える影響を確認するため、基本付着強度試験を行った。母材温度は20℃と80℃とした。80℃とは、表-2.1 中の温度範囲Ⅱの短期最高温度に相当する温度である。試験体の作製と試験は、土木学会基準「引抜き試験による鉄筋とコンクリートとの付着強度試験方法（案）(JSCE-G503-2007)」及び平成22年度基整促「基本平均付着強度試験法」に準拠した。試験体および試験装置の概要を表-3.1に示し、下記の手順で10体の試験体を作製した。

- ① 炭素鋼管にコンクリートを打設し、4週間の現場封緘養生を行う。
- ② 中央部にハンマードリルを用いて、 $\phi 18\text{mm}$ の穿孔を行う。

表-2.1 ある製品のETA文書の τ_{Rk} 記載箇所

抜けとコーン状破壊の複合破壊									
アンカーボルトの直径	d [mm]	8	10	12	16	20	24	27	30
ひびわれの無いC20/25コンクリートにおける付着応力度の特性値									
温度範囲Ⅰ（短期40℃/長期24℃）	$\tau_{Rk,ucr}$ [N/mm ²]	20							15
温度範囲Ⅱ（短期80℃/長期50℃）	$\tau_{Rk,ucr}$ [N/mm ²]	17							12
温度範囲Ⅲ（短期120℃/長期72℃）	$\tau_{Rk,ucr}$ [N/mm ²]	14							11
ひびわれのあるC20/25コンクリートにおける付着応力度の特性値									
温度範囲Ⅰ（短期40℃/長期24℃）	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm ²]	6			8				
温度範囲Ⅱ（短期80℃/長期50℃）	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm ²]	4.5			6.5				
温度範囲Ⅲ（短期120℃/長期72℃）	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm ²]	4			5.5				

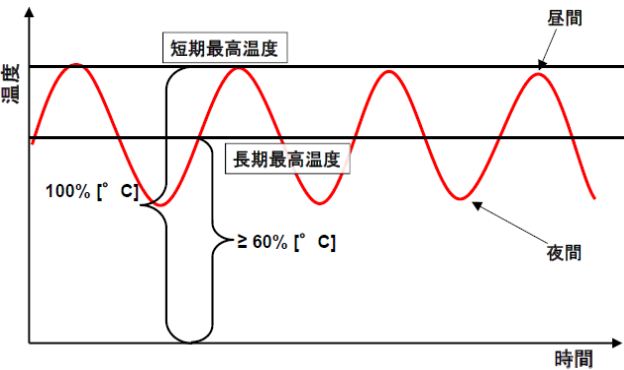


図-2.1 母材の短期・長期の最高温度の概念図

表-3.1 試験体および試験装置の概要

アンカー筋	材質	SNB7
	寸法	M16
	有効埋込長	80mm
コンクリート	数量	10体（5体×2条件）
	名称	普通コンクリート
基本平均付着強度試験体	設計基準強度	21(N/mm ²)
	名称	あと施工アンカー
	種類	注入方式接着系アンカー
	商品名	ヒルティ社製 HIT-HY200-R
	穿孔方法	ハンマードリル
測定装置	鋼管	STK400 $\phi 216.2\text{mm}$ $t=8.2\text{mm}$
		高さ: 95mm
	試験条件	20℃, 80℃
	加力装置	加力試験機 200kN自動コントロール式
	荷重測定	ロードセル
	容量	100kN
	変位測定	変位計
	容量	25mm
	感度	500×10 ⁻⁶ /mm
	非直線性	0.1%RO

キーワード 接着系アンカー、注入方式アンカー、ラジカル反応、基本付着強度試験、付着応力度

連絡先 〒224-0037 横浜市都筑区茅ヶ崎南 2-6-20 日本ヒルティ(株)技術本部 TEL 0120-66-1159

- ③ 穿孔内の清掃後、アンカー樹脂を用いてアンカー筋を設置し、 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ の恒温室において 12 時間以上の養生を行う。
- ④ 養生後、10 体中の 5 体は 80°C の養生温度にて再度養生を行う。

なお、注入方式接着系アンカーは、表-2.1 に ETA 文書を示した製品を使用した。試験体の温度管理状況、試験実施状況、破壊状況を写真-3.1～3.3 に示す。

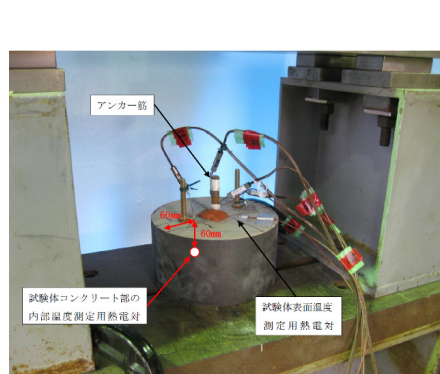


写真-3.1 試験体の温度管理状況

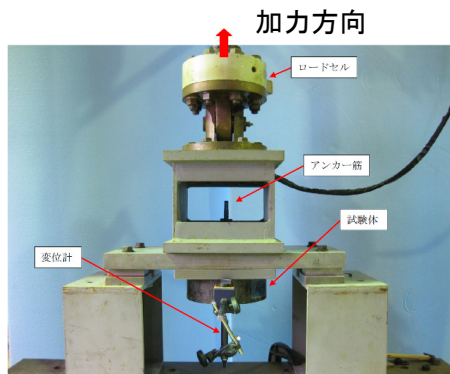


写真-3.2 試験実施状況

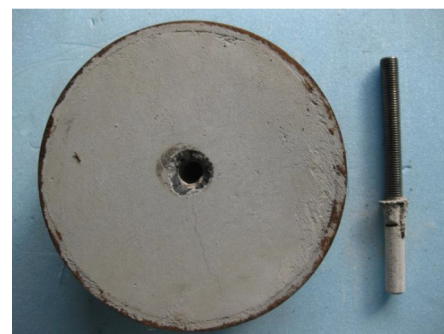


写真-3.3 引抜き後（ 80°C の試験体）

試験の結果、得られた荷重 P ～変位 δ 曲線を図-3.1 に示し、試験結果を表-3.2 にまとめた。

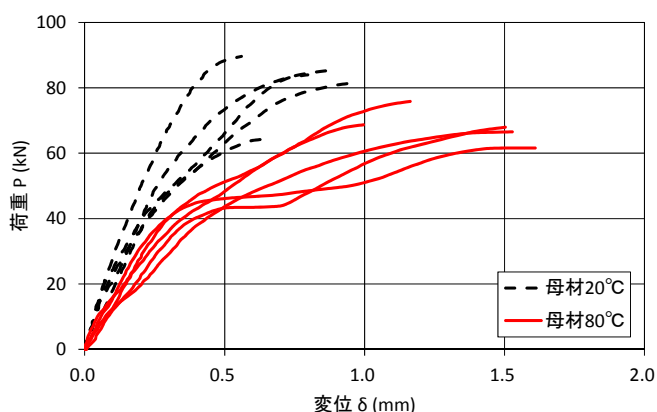


図-3.1 荷重 P ～変位 δ 曲線

表-3.2 基本平均付着強度試験結果一覧表

試験体		母材 圧縮強度 σ_c N/mm^2	最大荷重時		
			荷重 $P_{\max}$ kN	付着応力度 τ N/mm^2	変位 δ mm
温度	番号				
20°C	1	22.4	89.6	22.3	0.6
	2		84.0	20.9	0.8
	3		81.5	20.3	1.0
	4		85.3	21.2	0.9
	5		64.4	16.0	0.7
	平均		81.0	20.1	0.8
80°C	1	22.6	68.0	16.9	1.5
	2		66.5	16.5	1.5
	3		75.8	18.8	1.2
	4		68.7	17.1	1.0
	5		61.6	15.3	1.6
	平均		68.1	16.9	1.4

なお、表-3.2 の付着応力度 τ は、下式でアンカー筋の最大引拔荷重 $P_{\max}$ から換算したものである。

$$\tau = \frac{P_{\max}}{\pi \cdot d \cdot h_{\text{ef}}} \quad \tau: \text{付着応力度}, P_{\max}: \text{最大引拔荷重}, d: \text{アンカー筋の径}, h_{\text{ef}}: \text{有効埋込み深さ}$$

図-3.1 および表-3.2 に示すように、 80°C の母材においては、 20°C のものと比較して、樹脂の付着応力度と初期剛性（荷重 P ～変位 δ 曲線の初期の勾配）が低下することが明らかになった。

なお、 80°C の付着応力度の平均値は $\tau=16.9(\text{N/mm}^2)$ であり、表-2.1 に示すこの製品の ETA 文書の、ひび割れの無い母材、温度範囲 II（短期 80°C ／長期 50°C ）の $\tau_{\text{Rk,ucr}}=17(\text{N/mm}^2)$ と、ほぼ一致することも確認できた。

4. おわりに

有機系接着系アンカーの場合、樹脂の付着性能に温度依存性があることは知られていたが、今回の試験方法で定量的に評価できることが分かった。また、仮に基本付着強度試験を実施しない場合でも、欧米の製品認証書を参照することにより、設計上の温度条件に対応した樹脂の付着性能が把握できることも示した。

社会資本の補修・補強の最前線では、温度だけでなく、ひび割れ、長期引張持続荷重、上向き施工など、より複雑かつ厳しい設計条件も考えられる。本文が安全・経済的な設計・施工の一助となれば幸いである。