

低温および高温環境下に置かれる接着系あと施工アンカーの温度モニタリングについて

日本ヒルティ(株) 正会員 ○高橋 宗臣
北海道大学大学院 正会員 佐藤 靖彦
北海道大学大学院 学生会員 佐原 愛士
日本ヒルティ(株) 正会員 宮崎 剛

1. 目的

亜寒帯から亜熱帯まで国土が広く分布する我が国では、施工時や施工後の環境温度が、接着系あと施工アンカー（以降、アンカーと略称）の付着性能に与える影響を検証する必要がある。しかし現在までのところ、低温条件におけるアンカーの引張耐力の評価が始まったばかりである¹⁾。本研究では、北海道と沖縄県に於いてアンカーを施工したコンクリート試験体を暴露し、母材の温度変化を測定するとともに、付着強度に与える影響の検証を進めている。本報告は、最初の約1年分の温度測定データを取りまとめて考察したものである。

2. 試験体

図-1 に示すように外径 190.7mm (t=5.3mm)、高さ 100mm の鋼管にコンクリートを打設し、その中央に M12 のアンカーを打設した。試験体は、所定の暴露期間後のアンカー引張試験用と、温度測定用を作成した。温度測定用は、図-1 (3) ②に示すように、穿孔の底部と側面に、データロガー内臓温度センサーを埋設した。環境温度と付着強度変化の関係を検証するため、表-1 に示す 4 種類の樹脂を使用した。また有効埋込み長は、全てアンカー筋径 d_a の 5 倍の 60mm に揃えた。

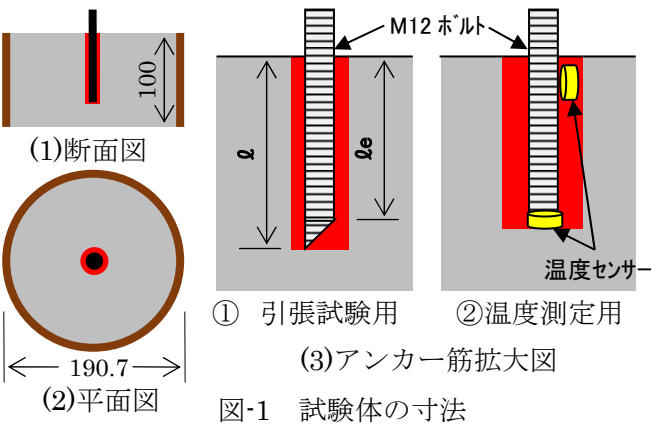


表-1 試験体の種類と仕様

記号	方式	分類	ボルト先端	穿孔径 D (mm)		埋込み長 l (mm)	有効埋込み長 l_e (mm)
				アンカー引張試験用	温度測定用		
A	注入方式カートリッジ型	ビニルエタン系	フラット	14	24	60	60
B	注入方式カートリッジ型	エポキシ系	フラット	14	24	60	60
C	カッセル方式	エポキシアクリレート系	45°カット	14	—	72	60
D	注入方式現場調合型	エポキシ系	フラット	22	—	60	60

3. 暴露試験内容

試験体は図-2 に示すように、架台と地上の両方に設置し、表-2 に示す 2 サイトで暴露するものとした。なお架台に設置した試験体に関しては、最も多く太陽放射光を受けるように、表面を真南かつサイトの北緯マイナス 10° の角度に向けた。アンカー引張試験用は地上のみ、温度測定用は架台・地上の両方に設置した。試験数量を表-3 に示す。

4. 温度測定結果

北方試験場では 266 日間、南方試験場では 292 日間の暴露を行った後、回収した試験体から温度センサーを取り出して温度測定データを整理し、表-4 にまとめた。同表によると温度センサーの位置では、底部の方が側面より最高温度は 1.0~2.5℃ 低く、最低温度は 0~0.5℃ 高い。これは図-1 (3) ②に示すように、底の方が外気の温度変化の影響を受け難く、母材内部の温度を示すためと考えられる。そこで代表的な 3 箇所のデータから、底部の温度履歴を図-3~図-5 に示した。

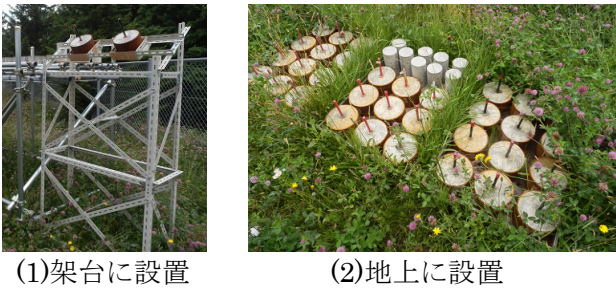


図-2 試験体の暴露状況

表-2 暴露試験サイト一覧表

暴露試験サイト名	住所	北緯	試験体表面の設置角	
			架台に設置	地上に設置
北方試験場	北海道旭川市	43.8°	34°	0°
南方試験場	沖縄県那覇市	26.2°	16°	0°

キーワード 接着系あと施工アンカー, 付着強度, 環境温度, 暴露試験, 低温, 高温

連絡先 〒224-8550 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

(1) 北方試験場

一般的な接着系アンカーは、施工時の母材温度範囲として+5～+40℃を指定している製品が多いが、測定結果によると、冬季は日最高温度でさえ+5℃を下回ることが多く、アンカー性能への影響検証を要する。

また図-3によると、架台の試験体では、2月には日最低温度が-20℃を下回ることがある。一方、図-4の地上の試験体では、12月から3月にかけて日最高温度、日最低温度とも0℃付近に収束する。気象庁のデータによると、この時期の旭川市は50cm以上の積雪があり、雪の断熱効果による現象と思われる。温度が0℃を通過して上下する回数も、架台上では200回を超えるのに対し、地上では31～55回と少ない。これらのことから、橋脚のフーチングなど、冬季に雪に覆われる部位と比較すると、橋脚上部や上部工など、直接冷気に曝される部位の方が、水分の凍結融解作用が激しいことを示唆しており、アンカー性能への影響検証を要する。

日最高温度を見ると、架台の試験体よりも、地上設置の試験体の方が3.0～9.0℃高かった。これは太陽光の入射角より、温められた地面からの影響の方が大きいと考えられる。

(2) 南方試験場

架台と地上の試験体では、顕著な傾向の差は認められなかった。夏季でも高温側の母材温度が+40℃を下回る時間帯が多く、アンカー性能への懸念は少ない。また北方のデータと比較して、日温度変化の幅が狭いことも特徴である。

5. 結論

- 本研究で得られた主な知見を以下に示す。
- ・北方で暴露した試験体内部の温度は、冬季は最高温度が+5℃にも達しない時期がある。
 - ・北方では、地上設置では冬季に0℃付近に収束する時期があるのに対し、架台ではさらに低下し、-20℃を下回る時期もある。また架台設置では、母材温度が0℃を挟んで上下する回数が多い。
 - ・南方では、架台と地上の温度変化の差異は少ない。
- これらの知見を室内試験に反映させ、アンカーの付着強度に与える影響を検証する予定である。

参考文献

1) 佐原愛土, 佐藤靖彦, 高橋宗臣, 櫻井和人: 寒冷条件に置かれる接着系あと施工アンカーの引張耐力の評価, 土木学会年次学術講演会, V-180, pp. 359-360, 2015. 9

表-3 試験数量一覧表 (北方・南方とも同一)

樹脂	アンカー 引張り試験用			温度測定用 (毎年設置・回収)	
	1年間 暴露	2年間 暴露	3年間 暴露	架台 設置	地上 設置
A	3	3	3		1
B	3	3	3	2	2
C	3		3		
D	3		3		

表-4 温度測定結果一覧表

サイト (測定期間)	測定箇所	日最高温度(℃)		日最低温度(℃)		日温度変化 の最大値(℃)	0℃通過回数 (回)
		最高値	最低値	最高値	最低値		
北方 (*14/10/10 ~ *15/7/3) 266日間	架台 ①	底	42.0	-6.0	18.0	-24.0	34.0
		側面	43.0	-6.5	18.0	-24.5	35.5
		底	41.0	-6.5	18.0	-24.0	33.5
		側面	42.5	-6.5	17.5	-24.5	36.5
	地上 ①	底	47.5	-3.0	19.0	-9.5	37.0
		側面	49.5	-3.0	19.5	-10.0	40.5
		底	49.0	-3.0	19.5	-9.5	37.5
		側面	51.5	-3.0	20.0	-9.5	41.5
		底	47.0	-3.0	19.0	-9.5	36.0
		側面	48.5	-3.0	19.5	-10.0	37.5
		底	47.0	14.5	28.5	4.0	29.0
		側面	48.5	15.0	29.0	4.5	31.0
南方 (*14/10/24 ~ *15/8/12) 292日間	架台 ②	底	47.0	14.5	28.5	4.0	30.0
		側面	47.5	14.5	28.5	4.0	32.0
		底	52.5	15.0	29.0	5.5	29.5
		側面	53.5	15.0	29.0	4.5	32.0
	地上 ②	底	51.5	15.0	29.0	5.5	28.0
		側面	54.5	14.5	28.5	5.0	31.5
		底	51.5	15.0	29.0	5.5	27.5
		側面	53.5	14.5	29.0	5.0	30.0

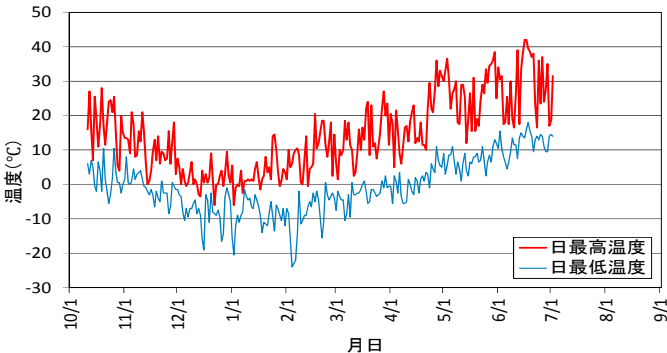


図-3 母材温度測定結果 (北方・架台①・底)

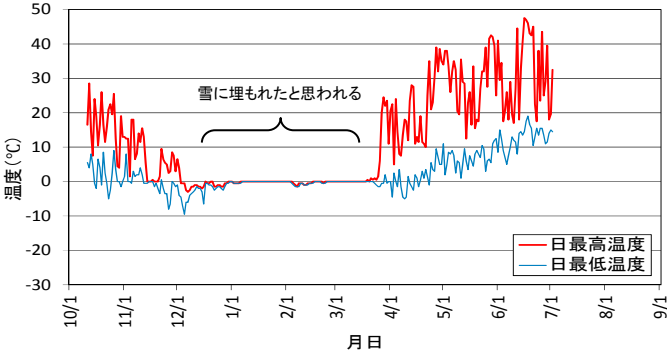


図-4 母材温度測定結果 (北方・地上①・底)

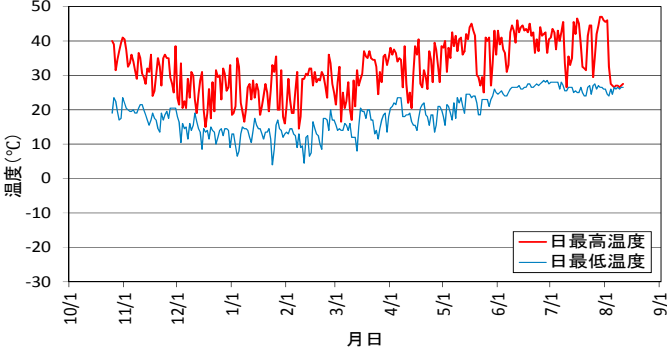


図-5 母材温度測定結果 (南方・架台①・底)