

耐寒促進剤を配合した無機系接着剤の実施工環境下での付着強度試験

室蘭工業大学 正会員 ○高瀬 裕也
 飛島建設 非会員 折田 現太, 非会員 阿部 隆英
 住友大阪セメント 正会員 安藤 重裕, 非会員 兼吉 孝征

1. 目的

本研究では氷点下でも高い付着強度を発現すべく、あと施工アンカー用の超速硬セメント系の接着剤¹⁾などに耐寒促進剤を配合して検討を行っている。この接着剤を、寒冷地用無機系接着剤と呼ぶ。本報告では、実施工環境を想定し、本接着剤を用いて寒中下でアンカー筋を定着し、この付着強度を検証する。

2. 実験概要

本実験では、280mm×280mm×160mmの無筋のコンクリートブロックを製作して、これを6個または9個をそれぞれ900mm×1200mmおよび1200mm×1200mmの鋼製型枠の中に配置し、その間隙を配力筋とグラウト(圧縮強度 51.3 N/mm²)で充填したものを試験体として使用した。アンカー筋は各ブロックに1本ずつ定着した。アンカー筋は材質SD490のD16で、埋め込み深さ4.5da (daはアンカー筋の軸部径)である。表1に試験体パラメータの一覧とコンクリートの材料特性を示す。本実験は、2019年の冬季に北海道室蘭市で実施し、温度推移の違いによる付着性能を把握するため、2日に分けて(定着日-A, 定着日-Bと呼称する)アンカー筋の定着作業を実施した。図1に外気温の推移を示す。定着日-Aと定着日-Bでは、定着後にそれぞれ-5℃と-15℃近くまで気温が低下している。定着後1日, 7日, 28日の材齢時に付着実験および接着剤の圧縮強度試験(径50mm×高さ100mm)をそれぞれ実施した。図1より定着後1週間くらいは、毎日-10℃近くまで気温が低下しているが、その後は、徐々に気温が高くなっている。付着実験の加力方法および計測方法は図2に示す通りである。また、接着剤は寒冷地用無機系(CFW)に加え、一般の無機系接着剤¹⁾など(CF)を使用し、これについては定着後、投光器とブルーシートを用いて、氷点下にならないように養生した。試験体名は、接着剤の種類、定着日、材齢を組み合わせで構成され、各パラメータ2本ずつ施工した。

表1 試験体パラメータの一覧とコンクリートの材料特性

試験体名			接着剤の種類	養生方法	温度条件	実験材齢	コンクリート
CFW-A-1	CFW-A-7	CFW-A-28	寒冷地用無機系	養生なし(外気温)	定着日-A	1day	$\sigma_B = 22.4$ $E_C = 24.5$
CFW-B-1	CFW-B-7	CFW-B-28			定着日-B	7days	
CF-B-1	CF-B-7	CF-B-28	一般用無機系 ¹⁾	投光器+ブルーシート	定着日-B	28days	$\sigma_t = 2.10$

σ_B : コンクリート圧縮強度 (N/mm²), E_C : コンクリートヤング係数 ($\times 10^3$ N/mm²), σ_t : コンクリート割裂強度 (N/mm²)

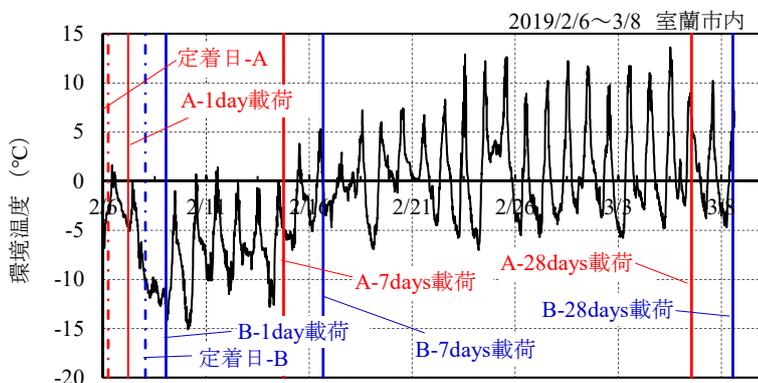


図1 環境温度の推移

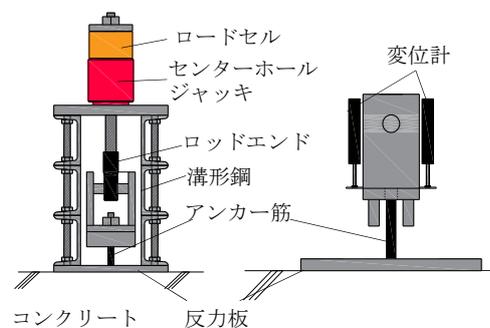


図2 付着実験の載荷方法と計測方法

キーワード 寒中施工, あと施工アンカー, 付着強度, 超速硬セメント, 耐寒促進剤

連絡先 〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 もの創造系領域 TEL 0143-46-5202

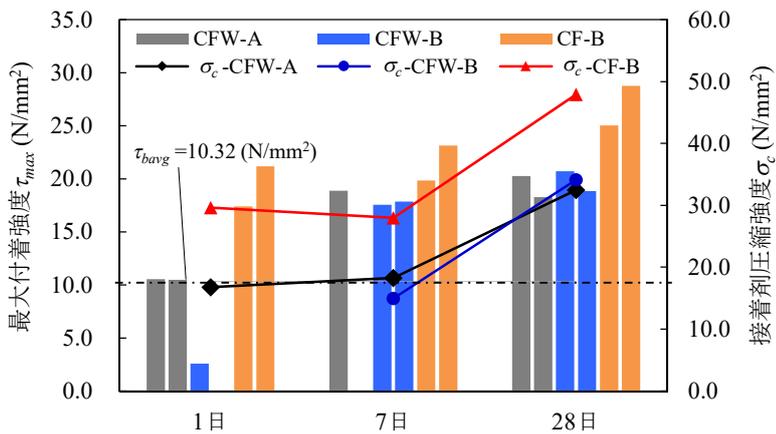


図3 各材齢における最大付着強度と接着剤の圧縮強度

3. 実験結果

図3および表2に、各実験パラメータの最大付着強度および接着剤の圧縮強度 σ_c を示す。本検討では、式(1)に示す基本平均付着強度 τ_{bavg} ²⁾を用いて、実験結果を評価する。

$$\tau_{bavg} = 10 \times \sqrt{\sigma_B / 21} \quad (1)$$

なお、式(1)を無機系接着剤に適用する場合は、平方根に乗じる係数が5となるが、本検討では有機系接着剤と同様に10として計算する。文献2)による付着強度は、 τ_{bavg} にへりあきや付着長さに関する補正係数が乗じられるが、本実験ではすべて1となるため割愛する。

図3の最大付着強度 τ_{max} に着目すると、CFW-Aについては、材齢1日で実験値が τ_{bavg} をやや上回る。表2には実験値の計算値に対する安全率 α を示しているが、材齢7日および28日では、 $\alpha=1.7$ から2弱程度まで付着強度が上昇した。続いてCFW-Bの結果を観察すると、材齢1日では付着強度は2.58 N/mm²しか発現しなかったが、材齢とともに付着強度も大きくなり、28日ではCFW-Aと同様に $\alpha=1.7\sim 2.0$ 程度まで付着強度が上昇した。一方、通常は無機系接着剤を採暖して養生したCF-Bについては、材齢1日でも $\alpha=1.6\sim 2.0$ の付着強度を発揮し、28日では $\alpha=2.4$ 以上の付着強度を発現した。

最後に図4に τ_{max} と σ_c の関係を示す。CFW-Bの材齢1日では、強度が十分に発現しておらず、圧縮試験を実施することができなかった。また図4より、CFW-A-1のみの σ_c の大きさに対し τ_{max} がやや小さいが、これ以外の試験体については、 σ_c に比例して τ_{max} が上昇する傾向が理解される。

4. まとめ

寒冷地用の超速硬セメント系接着剤を用い、実施工を模擬して寒中環境下でアンカー筋を定着し、付着実験および接着剤の圧縮強度試験を行った。その結果、凝結時と推測される時間帯に-15°Cまで外気温が低下する中で定着した場合であっても、材齢7日で十分に設計強度を超え、材齢28日では安全率が2倍近くまで付着強度が上昇した。また、通常は無機系接着剤でも採暖養生することで、十分に高い付着強度を発揮すること、および接着剤の圧縮強度と最大付着強度の相関性を確認することができた。

参考文献

- 1)安藤重裕ら他7名：超速硬セメント系注入式あと施工アンカーの付着特性，日本建築学会学術講演梗概集，構造IV，pp.201-202，2012.9
- 2)日本建築学会：各種合成構造設計指針，2010

表2 実験結果の一覧

試験体名	σ_c	τ_{max}	α
CFW-A-1	16.8	10.53	1.02
		10.49	1.02
CFW-A-7	18.3	18.87	1.83
		計測エラー	-
CFW-A-28	32.5	20.27	1.96
		18.29	1.77
CFW-B-1	—*	2.58	0.25
		計測エラー	-
CFW-B-7	15.0	17.55	1.70
		17.85	1.73
CFW-B-28	34.1	20.72	2.01
		18.84	1.83
CF-B-1	29.6	17.40	1.69
		21.18	2.05
CF-B-7	26.5	19.85	1.92
		23.13	2.24
CF-B-28	47.9	25.03	2.42
		28.78	2.79

τ_{max} : 最大付着強度 (N/mm²)

σ_c : 接着剤の圧縮強度 (N/mm²)

α : 安全率 (τ_{max} / τ_{bavg})

*: 強度が小さく試験できなかった

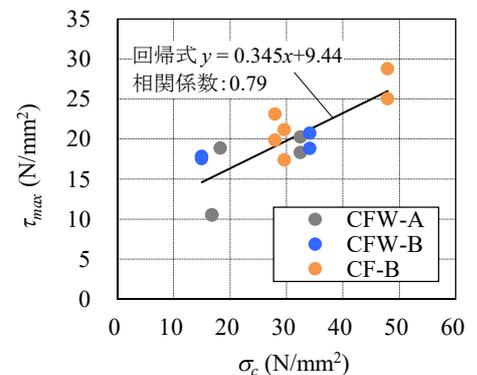


図4 τ_{max} と σ_c の関係