

V-244

耐熱性後施工アンカーの引き抜き特性

川崎製鉄㈱ 正員 堀之内義夫 正員 和田啓
日産建設㈱ 落合佳弘 藤田直恵 大塚猛志

1. はじめに

建家および機械据え付け用のアンカーボルト設置方法として、近年、後施工アンカーによる施工方法が多く用いられるようになってきている。これは、既設コンクリートの有効利用、複雑な設置作業を低減させる等主に工事費削減、工程短縮および精度向上を目的に採用がはかられている。筆者らは製鉄所の機械設備基礎において積極的な採用をはかり、多くの実績をあげてきている。高温環境下における後施工アンカーの適用についても検討を行い、最近においては、約120℃の高温下でも適用可能な後施工アンカーの施工を行っている。今回は高温下でも接着性に問題ない耐熱性後施工アンカーについて室内試験を行いその適用性を確認し、採用した例について述べるものである。

2. 試験方法

図-1に室内試験方法を示す。試験体は長さ、巾および高さが440mmの鉄筋コンクリートを製作し、4週間養生後に後施工アンカーボルトを施工したものである。後施工アンカーボルトはアンカーボルト直径に対し2～6mm大きめの削孔径でコンクリートを削孔し、樹脂を充填後にアンカーボルト本体をセットした。アンカーボルト本体のコンクリートへの埋め込み長さはボルト直径の10倍、材質は鋼製S45C、充填樹脂は日本ヒルチ社製HEAカプセルタイプ（エポキシアクリレート系）、コンクリートの設計基準強度 σ_{ck} は210kgf/cm²とした。後施工アンカー施工後1日間放置し、電熱乾燥器で試験体を48時間加熱し、電熱乾燥器より取り出した直後に油圧ジャッキを用いアンカーボルトの引張試験を行った。試験ケースはボルト直径を16、24および30mmの3ケース、加熱温度を常温(20℃)、80、100および120℃の4ケースで全12ケースとした。また、引張荷重5tfでの繰り返し載荷を行い、アンカーボルトの抜け出し量の確認も行った。試験ケースはボルト直径24mmで、加熱温度を常温および120℃の2ケースとした。図-2に抜け出し量試験の載荷パターンを示す。

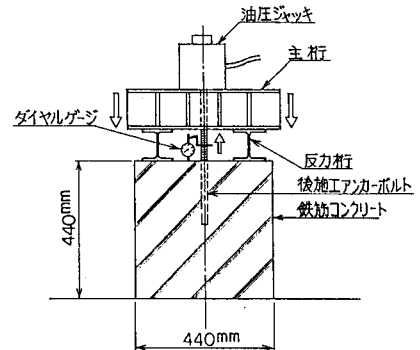


図-1. 室内試験（引張試験）方法

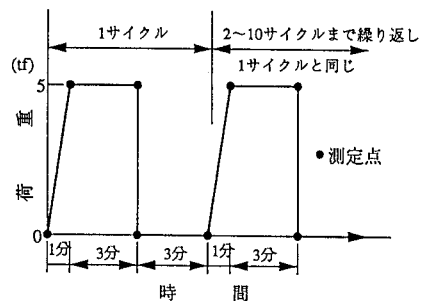


図-2. 抜け出し量試験の載荷パターン

3. 試験結果

表-1に加熱後のコンクリート圧縮強度結果を示す。加熱温度Tが常温、80、100および120℃に対し、圧縮強度 σ_c はそれぞれ278、272、265および238kgf/cm²となっており、温度が高くなるに伴い強度が低下している。特に120℃においては常温の85%程度となっており、熱による強度低下が大きい。

図-3および4に各ケースにおける最大引き抜き耐力 R_{max} 、最大付着応力 τ_{max} を示す。最大引き抜き耐力 R_{max} は、常温時の径16、24および30mmにおいて、それぞれ8.9、17.0および31.4tfであった。加熱後の最大引き抜き耐力は一部

表-1. コンクリート圧縮強度

	加熱温度 (℃)			
	常温	80	100	120
圧縮強度 σ_c (kgf/cm ²)	278	272	265	238

のケースを除き全体的に温度が高くなるのに伴い低下する傾向を示しており、径16、24および30mmでそれぞれ約58～95、92～106および48～68%の値となっている。特に径30mmにおいては、常温に対し各温度で大巾な耐力低下を示している。最大付着応力 τ_{max} は最大引き抜き耐力 R_{max} を削孔径と埋め込み長さから求めた面積（＝付着面積）で除して求めたものである。常温における最大付着応力 τ_{max} は各ケースとも80～100kgf/cm²の範囲の値を示しているが、加熱により80、100および120℃でそれぞれ59～93、58～85および42～74kgf/cm²に低下している。径の違いによる明確な最大付着応力の差はみられなかった。低下の原因は主に熱による樹脂の軟化であるが、コンクリート圧縮強度の低下も多少ではあるが影響を及ぼしているものと思われる。引き抜き後の観察では、一部のケースを除いてコンクリートがボルトとともにコン状に引き抜けるコン状破壊がみられ、ボルトの接着力が加熱後もかなり残存していることが確認できた。

図-5および6は常温と120℃加熱後のアッカーボルトの抜け出し量試験結果を示す。常温の場合においては、引き抜き力 P の増加に伴いほぼ直線的に抜け出し量 δ が増加し、10回の繰り返し全てにおいて5t載荷時で約0.13mm、0t除荷時で約0.007mmとなっており、抜け出し量 δ はボルトおよび樹脂の弾性変形によるものであることが推定される。また、120℃においては、常温時と同様引き抜き力の増加に伴いほぼ直線的に抜け出し量が増加しているが、同一荷重に対する抜け出し量 δ が大きく、保持の間に抜け出し量がさらに増加し、除荷後も0mmにもどらず残留ひずみとして残る傾向がある。5t載荷時の抜け出し量 δ は0.35～0.57mm、除荷後の残留ひずみは0.15～0.32mmで繰り返し回数が増加するほど、3分間保持後の抜け出し増加量は減少する傾向となっている。常温時に対する抜け出し量および残留ひずみは、それぞれ約2.7～4.4倍、約21～46倍の値となっており熱による樹脂の軟化が大きいことがわかる。また、120℃加熱供試体を冷却し、再度抜け出し量試験を実施したところ常温での試験結果とほぼ同じような結果が得られ、冷却後は同様の特性値を回復することが確認できた。

4. まとめ

室内試験の結果、耐熱性後施工アッカーボルトは引き抜き耐力および付着強度において高温下では全体的に低下する傾向にあることが確認されたが、従来の後施工アッカーボルトに比べ加熱後の残存強度も大きく、実際のアッカーボルトに加わる引き抜き力に比べ引き抜き耐力が上回っていることより採用に踏み切った。今後も同様の環境下での後施工アッカーボルトの必要性が考えられるため、コンクリートの熱劣化対策も含めてさらに検討を進めていきたい。

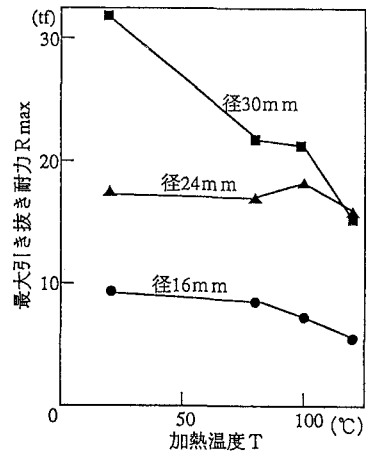


図-3. 最大引き抜き耐力と加熱温度の関係

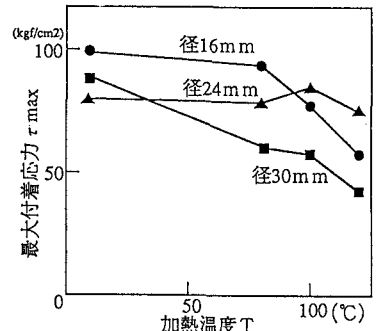


図-4. 最大付着応力と加熱温度の関係

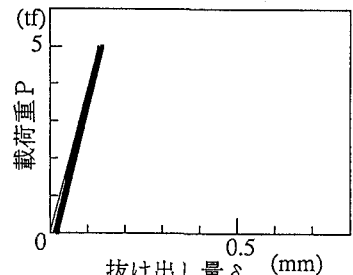


図-5. 常温時の抜け出し量

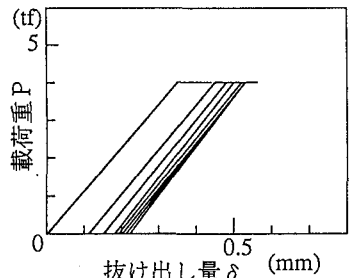


図-6. 120℃加熱後の抜け出し量