



HIT システム

HIT-HY150 樹脂注入型アンカーを使って
コンクリートに取り付けたファスニングの長期特性

要約

HIT HY150 樹脂注入型アンカーで、等級が C20/25 以上、すなわち圧縮強度が 25N/m^2 以上のコンクリートに取り付けたファスニングは、長期使用に適している。

米国の ASTM E15 とフランスの NFP18-836 に準拠した試験からの確信的な結果により、この注入型システムはアンカーファスニングに使用されることが承認された[3,6]。

摂氏 80 度、永久的な湿気と実験上の冷凍 - 解凍周期という状況のなかで実施された長期試験で、ファスニングが最大荷重を損失せず、十分に適切なものであることが証明された。

HIT-HY150 の長期特性

1. はじめに

HIT システムは 10 年前に導入されてから長い間市場で受け入れられてきたということで、特に土木や建築物建設での構造設計において、このケミカルアンカーなしにはファスニング技術は考えられないであろう。

HIT-HY150 接着システムはフォイルパックで構成されており、そのフォイルパックには 3 対 1 の割合で混合された A と B の接着剤が平行に配列されたフォイルカプセルにはいつている。接着剤は HIT-MD2000 のディスペンサー前部にとりつけられた固定ミキサー内で混合される。本システムは米国とフランスで承認されている[3, 6]。

フォイルパックという形の容器はひとりで開けられ、容器の材質や残った接着剤に関しては、できるだけ能率的に利用されてきた。容器としては、プラスチック製カートリッジにはいつた HIT-C100 合成樹脂接着剤に比べ、フォイルパックだと約 7.5% ゴミの量を削減する。このように、ますますきびしくなる環境保全の要求項目に対応している。

接合剤システムの最適化の結果、無臭で不可燃性の接着剤を処方し作ることが可能となってきた。接着剤の技術的用途と実際の衛生面に関しては特に、このシステムは以前の HIT-C100 システムより明らか優位である。

構成と機能に関しては、HIT-HY150 樹脂注入型アンカーは混合システムである。

“混合接着剤” というのは、二つの異なる接合剤マトリックスで構成されていることを意味する (図 1)。

図 1 HIT-HY150 混合接着剤の作用原理

有機接合剤	+	無機接合剤	=	HIT-HY150
樹脂	+	セメント	=	A の構成要素
硬化剤	+	水	=	B の構成要素
硬化プラスチック	+	硬化セメント	=	水硬モルタル

樹脂注入型アンカーの最大荷重は接合剤マトリックスと強化充填剤が決めてとなる。図 1 よりわかるように、マトリックスはふたつの接合剤で構成されている。有機の接合剤マトリックスはメタクリル酸エステルウレタン樹脂とメタクリル酸エステルをベースとした反応希釈剤で構成されている。2 ベンゾール型過酸化水素とのこの樹脂混合物の養生は、遊離基型重合化のメカニズムに従って行なわれる。この方式により確かに接着剤の養生が広範囲の温度領域内で早く大量に行なわれる。このメカニズムにより短時間で指定の養生が間違いなくできる。

第二の接合剤はセメントと水硬に必要な同量の水で構成されている。Bの構成要素(硬化剤)はセメントが固まるのに必要な水を含む。Bの構成要素での水の役割は、粉のような2ベンゾール型過酸化水素を液体に変換することである。水を使うことにより、一方ではとても良好な流動作用が得られる利点があり、もう一方では過酸化水素が高温でより安定するという利点がある。

接着剤内で固まらないまま残る可塑剤のようなミキサーと異なり、水はセメントとの反応でなくなる。

養生モルタルの結合は、粒の大きさが0.1から0.4ミリの石英の細粒の形をした充填剤で強化され、それが影響して連続した持続荷重のもとにアンカーに高い最大荷重が発生する。ケミカルアンカーにおいて、石英が充填剤として役立つことが長年にかけて証明されてきたのは、その強い硬さと化学品に対して化学作用をおこさないからであり、それで高度な性能のファスニングに粒や粉という形で石英が樹脂注入型アンカーに混ぜられているのである。

HIT-HY150 樹脂注入型アンカーの最大荷重はまず有機接合剤によって決定される。セメントの養生は非常にゆっくりとした反応で行なわれるのに対し、樹脂の遊離基型重合は周辺の温度、例えば、遅くとも1時間後で摂氏20度、によって非常にはやく行なわれる。1ヶ月後には、約20%の最大荷重の増加が期待できる。このこと、強度がさらに増すということは、いわば、セメントが硬化セメントペーストになるさいの水硬反応の結果である。しかしながら、技術資料は特定の養生時間を経過後すぐに存在する最大荷重に基づいたものである。

表1： 母材温度に基づく HIT - HY150 樹脂注入型アンカー用養生時間

<u>母材温度 (摂氏度)</u>	<u>養生時間</u>
- 5	6 時間
0	3 時間
5	1 時間半
20	50 分
30	40 分
40	30 分

2. 文献

3. 長期使用 (耐久性) の試験

樹脂注入型アンカーを使ったコンクリートでのアンカーファスニングが長い期間使われる

かどうか証明するために、HAS 全ねじロッドと呼径を使い試験が実施された。

3.1 摂氏 80 度での長期試験

ASTM E 1512 - 93 に準拠して長期試験が実施された。米国でのアンカー承認を得るための試験を裁定するのがこの基準である[1]。長期試験は摂氏 80 度という環境のもとで実施された。高温でのより厳しい必要事項を満たしていたので、室温での特性を調べる必要はなかった。低温での合成樹脂に基づく接着剤のクリープ特性は、かなり良いとみなすことができる。

3.1.1 試験材料と条件

- 母材 : C35/40 コンクリート ($f_{cm} = 40\text{N/m}^2$)
- 試験見本 : シリンダー直径 100 ミリ x 長さ 150 ミリ
- ローターハンマードリル : ヒルティ TE24
- 穿孔サイズ : 14 ミリ (ドリルの先頭直径 : 14.3 ミリ)
- ファスナー : HAS M12、鉄の等級は 10.9
- 埋め込み深さ : hef=110 ミリ
- 穴の掃除 : 切粉排出 - ブラシで清掃 - 切粉排出
- 試験荷重 : 18kN= (1.9Frec) 許容安全荷重の 1.9 倍

3.1.2 試験とその結果

アンカー用にあけられた 3 つの穴に、ディスペンサーのトリガーを 3 回引いて HIT-HY150 を注入し、手でアンカーロッドを入れた。余分な接着剤は取り除いた。1 時間の養生時間後、試験用ブロックを加熱可能な長期試験用のリグ (フランク - カマ -) にのせ、温度を摂氏 80 度に上げた。16 時間後、試験用ファスニングには 18kN= (1.9Frec) の一定引張荷重が持続荷重としてかけられた。213 日の試験期間中、アンカーロッドに固定されたダイヤルゲージによって変位 (スリップ) の記録をとった。持続荷重試験の後、試験用ブロックとファスニングはリグからはずされ、温度を室温に下げ、残存最大荷重決定のためアンカーファスニングには破壊まで荷重がかけられた。

図 2 は平均変位と変位率の様子を表している。このグラフから、変位の傾向は限界点に向かって非対称であり変位率はゼロに近づく、すなわち、最終的には終息するということが分かる[2]。

3.2 冷凍 - 解凍の周期での特性

HIT HY150 によるアンカーファスニングの調査が長期シミュレーションテストで実施された。この特別の試験方法により、厳しい気象条件でのケミカルアンカ

一の特質が分かる。アルプス地域では年間最大 30 の “ 軽度 ” 氷点下期間があると仮定される。短期周期という観点では、実際の気象条件とのだいたいの相関関係をつかむためには、計算上、予測ということで、“ 最悪 ” 3 という係数が使われなければならない。

3.2.1. 試験材料と条件

- 母材 : C35/40 コンクリート ($f_{cm} = 40\text{N/m}^2$)
- 試験見本 : 20x20x20cm 寸法の立方体
- ローターハンマードリル : ヒルティ TE24
- 穿孔サイズ : 14 ミリ (ドリルの先頭直径 : 14.3 ミリ)
- ファスナー : HAS M12、鉄の等級は 10.9
- 埋め込み深さ : hef=110 ミリ
- 穴の掃除 : 切粉排出 - ブラシで清掃 - 切粉排出
- 試験荷重 : 16kN = (1.6Frec) 許容安全荷重の 1.6 倍
- 冷凍 解凍の周期 : 氷点下摂氏 20 度 / 摂氏 40 度
相対湿度 90%
- 周期の長さ : 15 時間

3.2.2. 試験とその結果

アンカーの穴に、ディスペンサーのトリガーを 3 回引いて HIT-HY150 を注入し、手でアンカーロッドを入れた。余分な接着剤は取り除いた。24 時間後、アンカーには持続荷重 16kN (1.6Frec) がかけられ、さらに 72 時間後には湿った気象条件にさらされた。試験では、1 周期 15 時間、89 周期の冷凍 - 解凍が続けられた。図 3 は天候周期に関連した変位の様子を表している。初期の変位で突然の増加があることがはっきり分かる。これは試験器具が原因といえる。

しかしながら、45 周期後、変位はより小さくなり、そのことは変位率の減少からもわかる。摂氏 80 度の環境での長期クリープ試験の結果に反して、変位は終息しない。というのは、きびしい試験条件でコンクリートの母材がさらに損傷するからである。コンクリートに目にみえる損傷が生じ始めるため、89 周期で試験を止めた。残存最大荷重を決定する試験のあいだに得られる引き抜き数値 (最大引張荷重) でもこの状況が確認されたのは、全アンカーファスニングの破損形態はコンクリートの割れ (裂け) だったからである。

このことから、HIT-HY150 接着剤が室外および厳しい天候条件にさらされる場所に適しているということがはっきり確認された。すでに述べたように、1 シュミレーション周期は (アルプス地域で) 自然におこる 3 冷凍期間とみなすことができる。このことから、270 以上の冷凍周期について考えがおよぶが、それはすなわち

9年間の抵抗ということに相当する。長期の冷凍 解凍周期に対する相当におおきな抵抗力が期待できるが、試験条件では接着層に何ら損傷がなかったため、コンクリートだけに損傷が生じた。

3.3 接着された呼径が湿気にさらされた場所の長期特性

フランスの基準、NF P18 - 836 に準拠して長期特性の試験を実施するとき、高試験荷重のもとでのファスニングには 6 ヶ月後（初期変位を含めて）最大 0.6 ミリの変位が許容され、永続的な湿気の影響を受ける。

3.3.1. 試験材料と条件

- 母材 : C50/60 コンクリート ($f_{cm} = 40 \text{ N/mm}^2$)
 - 開始時のコンクリート材令 : 28 日
 - 試験用ブロック : 40x40x20 センチの平板
 - 呼径 : 直径 12 ミリ 鉄の引張強度は 500N/mm²
 - ロータリーハンマードリル : ヒルティ TE24
- 直径 15 ミリの穴でのファスニング
- 穿孔サイズ : 15 ミリ (ドリルの先頭直径 : 15.3 ミリ)
 - 埋め込み深さ : 180 ミリ
- 直径 18 ミリの穴でのファスニング
- 穿孔サイズ : 18 ミリ (ドリルの先頭直径 : 18.4 ミリ)
 - 埋め込み深さ : 145 ミリ
- ファスナー : 12 ミリのリバー、鉄の等級は Bst500
 - 養生時間 : 摂氏 20 度で 1 時間
 - 試験荷重 : 30kN
 - 変位測定 : コンクリート表面で測定

3.3.2 試験とその結果

直径 12 ミリのリバーは油分を除去し、HIT - HY150 で埋められたコンクリート板の穴に手で入れる。穴は、事前にエアーで清掃し、ブラシできれいにして水で洗浄。残った水は圧縮空気 (6 パールの気圧) で取り除いた。1 時間の養生時間を与えた後、水がコンクリート表面から 1 センチメートル上昇するまでコンクリート板は水に浸しておく。その後、水圧シリンダーを使って荷重がかけられた。試験器具については図 4 を参照。試験期間中 30kN の持続荷重が掛けられた。ダイヤルゲージを 2 台使いリバーの変位を記録した。

図 4：フランスの基準、NF P 18 - 836 に準拠した長期試験用器具

表 2 と図 5 は、直径 15 ミリの穴（1.5 ミリの環状スペース）でのリバーの 30kN の持続荷重下での特性を表している。変位率は 80 日間の試験期間後では 1 日当たり 0.00025 ミリであった。

表 2：直径 12 ミリのリバーの長期試験結果

180 ミリのアンカー深さで直径 15 ミリの穴に HIT - HY150 で接着され、30kN (=2.1Frec) の永久引張荷重を受けたリバー

図 5：直径 12 ミリのリバーの長期特性

永久的に湿った C50 コンクリート（水中）の直径 15 ミリの穴に、180 ミリのアンカー深さで HIT-HY150 で接着され、30kN の永久引張荷重を受けたリバー

リバー用の穴が 18 ミリの直径、それで環状スペースが 3 ミリで、アンカーの深さが 145 ミリに減少した場合には、30kN (=2.6Frec) の同じ持続荷重で相当大きな初期変位を生じ、全変位量は 2 倍になる。しかしながら、約 80 日後には終息する傾向になり、変位率は 1 日当たり 0.0002 ミリである（表 3、図 6 を参照）。

表 3：直径 12 ミリのリバーの長期的特性試験結果

145 ミリのアンカー深さで直径 18 ミリの穴に HIT-HY150 で接着され、30kN の永久引張荷重を受けたリバー

図 6：直径 12 ミリのリバーの長期的特性

永久的に湿った C50 コンクリート（水中）の直径 18 ミリの穴に 145 ミリのアンカー深さで HIT-HY150 で接着され、30kN の永久引張荷重を受けたリバー

4. 要約

HIT-HY150 注入型膨張アンカーによるケミカルファスニングの長期特性（長期使用に適するかどうか）を、3 つの異なる基準について調べた。

4.1 ASTM E 1512-93 に準拠し、摂氏 80 度の環境で実施された長期荷重試験 213 日間にわたり、3 本の試験用アンカーの変位特性は大変良かった。この期間中アンカーの総変位は 0.35 ミリで、そのうち 0.2 ミリについては荷重をかけたときに自然に発生したものである。50 日後、変位は終息に向かい、変位率はゼロに近づいた（図 2 を参照）。

残存荷重 Frec は 97.8kN、その短期参考値が 70.0kN であった。最大荷重が約 40% 増加したのは、ひとつには、高温での樹脂マトリックスが後硬化したことが原因であり、一方では、いわゆるセメントからの最大荷重が加わったためといえる。水硬性接合剤、すなわちセメントが、硬化セメントペーストに変化するというのは、結果的にはマトリックスの結合力が向上し、HIT-HY150 の圧縮力を高める。アンカーが持続的引張荷重を受けていて、その変位特性の変位率がゼロに近づく傾向がある場合には、レーム教授の方法による 20 年を上回る 5000 時間以上の実際の試験期間がさらに推定できる[7]。従って、この試験の 5000 時間によって 5x10 の 5 乗時間の使用適正があることが推定できる。この仮定に基づき、HIT-HY150 で取り付けられたファスニングの推定寿命は 50 年以上と推定できる。

4.2 きわめてきびしい天候（冷凍 - 解凍周期）下での長期荷重試験

摂氏マイナス 20 度から摂氏 40 度におよぶ気温変動の環境で、湿気による影響を受けて試験を実施した結果、ファスニングの抵抗が 89 周期以上であることが確信できた。ファスニングの残存最大荷重 Frec77.5kN であった。シミュレーション周期によるコンクリート損傷が始まるため、最大荷重が増加することは不可能である。アンカーの変位特性と影響を受けない接着層を根拠に、シミュレーション期間にわたる抵抗力が証明される。

HIT-HY150 で戸外で取り付けられたファスニングは、冷凍 - 解凍周期においても、このように長期間使えるとみなすことができる。

4.3 フランスの基準 NF P 18 - 836 に準拠し、永久的に湿った母材で実施された長期特性試験

試験によると、永久的に湿った母材において養生モルタルには高い最大荷重があることが分かる。水や水酸化イオン（コンクリートのアルカリ性）による接合剤の変質はない。長期的な安定があるため、接着剤は戸外でもファスニングに使用できる。リバーアンカーの使用についてフランスでの SOCOTEC の承認を得るには、これらの試験が基準となる[6]。

湿気にさらされ続けたアンカーファスニングが長期使用に適していることは、ファスニングがヒルティのすすめに従って取り付けられる限り、接着呼径に加えてこのように HAS,HAS-R,HIS-R 全ねじスリーブにもあてはまる。

最後に、HIT-HY150 樹脂注入型アンカーで取り付けられたアンカーファスニングが、たとえ戸外で取り付けられたとしても、長期使用に適しており、50 年以上耐えられるということがいえる。