

報告

[1152] 熱間押抜き法による鉄筋ガス圧接継手

正会員 ○鎌田 則夫 (JR東日本・東京工事事務所)
上山 且芳 (財・鉄道総合技術研究所)

1. まえがき

鉄筋のガス圧接の検査方法として、外観検査と抜取り試験片による引張検査、及び超音波探傷検査が、一般的に行われている。しかしながら、抜取り検査では統計的な処理を必要とし、また圧接後コンクリート打設まで工期が十分確保できない場合なども多く、全体工期を考慮した検査行程を作成しなければならない。超音波探傷による検査にしても検査員の高度な熟練度や、検査結果に対して良心的な面に負うところが大きく、また全数検査をするには工期を要し、不経済ともなる。

ここでは、鉄筋ガス圧接部の表面を、目視により全数検査が可能である熱間押抜き法についてその特徴と、実際の施工現場における超音波探傷検査との比較について報告する。

2. 热間押抜き法の概要

2. 1 热間押抜き法による圧接

热間押抜き法による圧接は、ガス圧接終了後圧接部に形成された膨らみを赤熱中に鉄筋外径よりやや大きい寸法（通常鉄筋径の1.2倍）のリング状刃により押抜きせん断除去するものである。

図-1に示すように、圧接不良の場合は、圧接界面が押抜きせん断刃による塑性変形に耐えきれず、③のように割れを生じて線状きずを形成する。また、④のように内部で割れを生じる場合には、へこみとなって現れる。

一方良好な圧接部では、十分塑性変形し、割れを発生させることがないため表面には何らの痕跡も生じない。すなわちこの工法は、赤熱部をせん断除去することにより圧接の良否を判定する検査方法であると同時に圧接工法の一部でもある。写真-1に良品（表面きずなし）と不良品（表面きずあり）の例を示す。

2. 2 热間押抜き法の特徴

热間押抜き法の特徴として次のことがあげられる。

- (1) 全数検査が可能である。
- (2) 圧接工自身がその場で良否を判定でき、不良品の場合直ちに再圧接できる。
- (3) 器具としては、従来の圧接機械の改造ですむ。

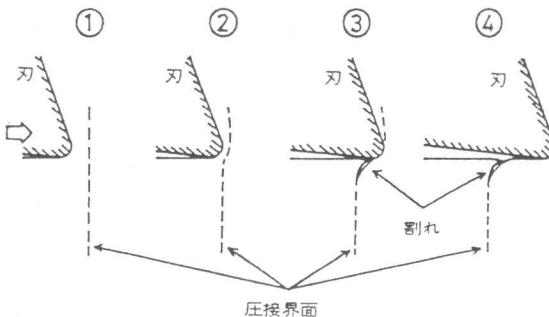
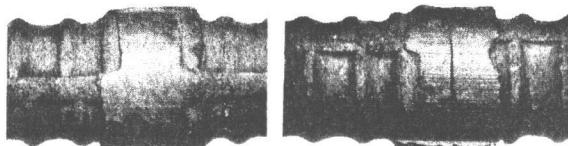


図-1 热間押抜き法による表面線状きずの形成過程



良品（表面きずなし） 不良品（表面きずあり）

写真-1 圧接部の良否典型例

(4) 検査のために、圧接部を切り取る必要がない。

(5) 検査を含めた圧接作業は、わずかに増加する程度ある。

ガス圧接、及び押抜き過程における加圧力 P と圧縮量 L の時間的変化の一例を図-2 に示す。

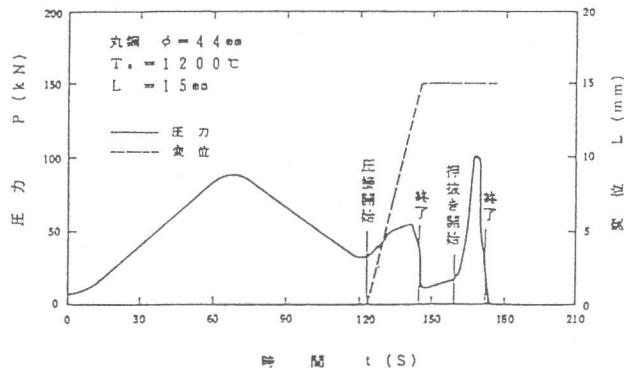


図-2 ガス圧接及び熱間押抜き過程における加圧力・圧縮量の変化

図は、初期加圧力を 10 kN (1.0 kg/mm^2) とし、圧接面の中心温度が設定温度 $T_0 = 1,200^\circ\text{C}$ に達した時（加熱時間で判断する）、一定の速度で (1.0 mm/s) で圧接し、圧縮量 15 mm を得た後に押抜き刃をセットし、圧接部のふくらみを押抜いた場合である。押抜き速度は、圧接時の加圧速度と同様 1.0 mm/s とした。図-2 から、押抜き力、所要時間は下記の通りとなる。

(a) 押抜き力 最大 10.2 t f

(c) 所要時間 圧接終了から押抜き終了まで 約 30 秒

これらの値は、圧接器具の構造（特に加圧シリンダーの移動速度、許容加圧力、押抜き刃の形状）及び、押抜き時の圧接部の温度等に依存する。圧接部が高温のうちに、押抜き刃がすみやかに移動すれば、押抜き力及び所要時間を低減させ得る。現行の熱間押抜き法によるガス圧接では、圧接終了後 10 秒以内で押抜きを完了させている。

なお、この試験に用いた鋼材の化学成分及び、機械的性質を表-1 に示す。

表-1 供試体の化学成分及び機械的性質

| 化 学 成 分 (Wt/%) | | | | | | | | | 機 械 的 性 質 | | | |
|----------------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------------|----------|-------|-------|
| C | S i | M n | P | S | C u | C r | M o | V | 0.2% 耐力 MPa | 引張強さ MPa | 伸び率 % | 絞り率 % |
| 0.31 | 0.33 | 1.28 | 0.015 | 0.005 | 0.01 | 1.22 | 0.17 | 0.07 | 721 | 1,008 | 20.2 | 49.2 |

2. 3 熱間押抜き法での問題点

この熱間押抜き法による圧接では、以下の問題点があげられる。

(1) 押抜き刃が付くことや、押抜き過程のために加圧シリンダーのストロークが長くなることにより、圧接器具は大きくなり、また重くなる。

一般的な D 32 の圧接に使用する器具では、従来使われている器具の $1.2 \sim 1.7$ 倍程度の重量となっている。また、加圧シリンダーのストロークは、従来法で $50 \sim 70 \text{ mm}$ 、押抜き法では 120 mm が必要となる。

(2) 押抜き過程が追加されることに加え、器具の大きさ、重量の面で作業性がやや低下する。また、器具が大きいため、一部配筋状態によっては器具の取付けに支障をきたす場合もある。

(3) 技量については、通常の圧接技術（1～4種）を持っているものであれば、押抜き器の取扱いは慣れは必要であるが、さほど難しいことはない。また、経験の差については、報告⁵⁾によればD 3 2で不慣れな作業員（合格率94%）と熟練者（合格率98%）では、合格率の差が4%程度生じている。

3. 熱間押抜き法の信頼性

ここに、浸透探傷法、超音波探傷法、熱間押抜き法の非破壊検査としてのそれぞれの信頼性についての検討結果を示す。

図-3は、引張試験の合否と、各検査法における合否判定結果との差異を示す。ただし、鉄筋はSD 3 4 5とし、引張強さ490MPa (50kgf/mm²)を合格判定基準とし、試験体はD 3 2を熱間押抜き法により圧接した135本、及び従来法により圧接した70本について、それぞれの検査を実施した。斜線部が正しく判定できなかった部分、すなわち各試験方法に於いて合格と判定したもののが引張試験で不合格となったもの、また不合格判定したものの引張試験で合格となったものである。

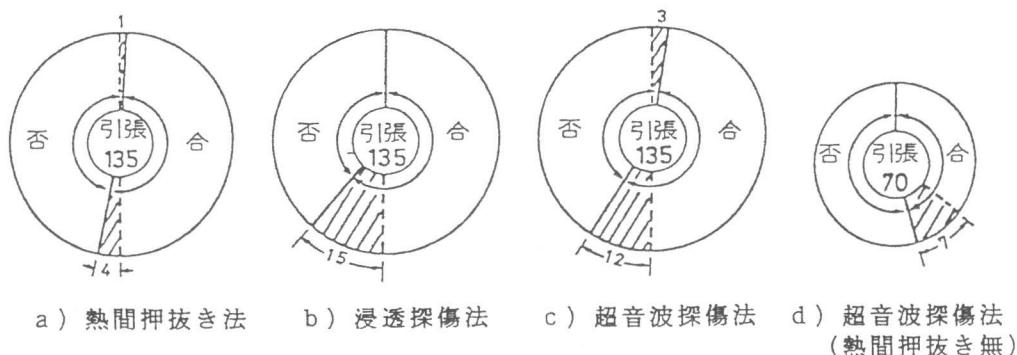


図-3 引張試験における合否と各検査法における合否判定結果との差異

図-4は、各検査法での正しく判定した割合を示し、熱間押抜き法が97%、浸透及び超音波探傷法がそれぞれ89%、ふくらみを有する従来法に対する超音波探傷法が90%であった。

また、図-5は各検査法で合格と判定したにもかかわらず、圧接面で破断した供試体の引張強さをプロットしそれらの平均レベルを示したものであり、図中的一点鎖線が490MPa (50kgf/mm²)である。すなわち、熱間押抜き法は、低い強度レベルの圧接部に対しては、きわめて精度良く合否判定が行える検査法であることが言える。

図-6は、疲労試験結果を示す。試験体は、SD 3 4 5・D 3 2とし、母材23本、従来法7本、熱間押抜き法15本とした。

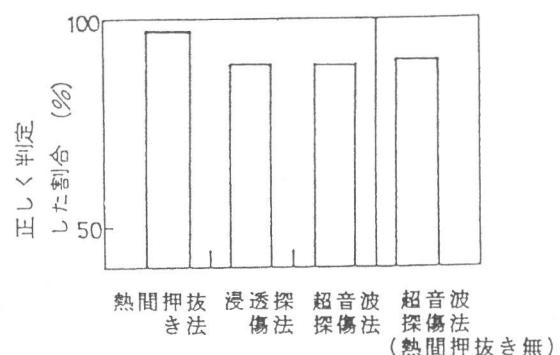


図-4 各検査法により正しく判定した割合

その結果、全供試体とも圧接面で破断する供試体はなく、母材（B）の破断では、ふしの立ち上がり部が半数以上を占め、平行部を起点とするものが1/3となつた。従来法による供試体（A W）では、いずれも母材部破断であり、破断起点はふし部及び平行部にほぼ同程度存在していた。熱間押抜き法による供試体（A T）では、ふし部及び平行部に起点をもつ母材破断が半数であり、残り約半数が押抜き最終位置を起点とする破断であった。図より、従来法、押抜き法とも優位差はみられず、ほぼ同レベルの疲労強度を有している。

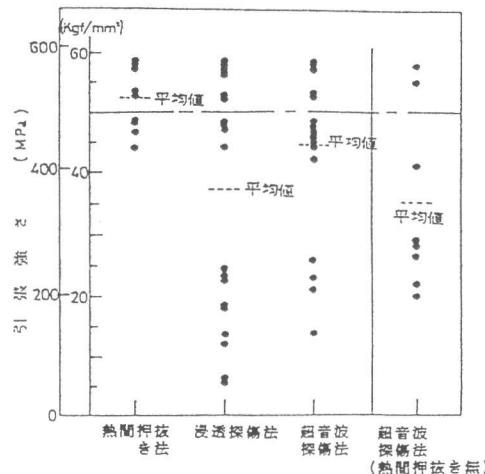


図-5 各検査法において誤判定した供試体の引張強さ

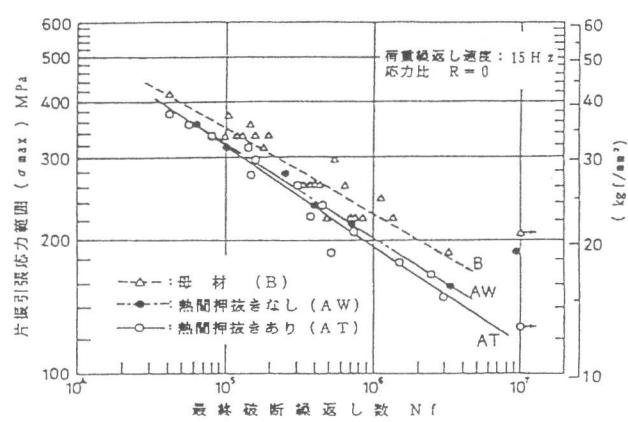


図-6 疲労強度試験結果

4. 実施工での調査結果

4. 1 施工実績

表-2～4に現在までの熱間押抜き法による圧接の施工実績をしめす。表-2は、全体での施工実績を示し、表-3・4はそれぞれ鉄筋種別、及び径別の施工実績を示す。

表-2 热間押抜き法による施工実績 (H. 3. 12 現在)

| 施工箇所 | 旧国鉄及び JR東日本 | 鉄道建設公団 | 市役所等 (建築物) | 合 計 |
|------|----------------|--------|---------------|--------|
| 施工口数 | 47,850 | 13,500 | 23,000 | 84,350 |

表-3 鉄筋種別での施工実績

| 鉄筋種別 | 施工口数 |
|---------|--------|
| S D 345 | 52,300 |
| S D 390 | 9,050 |
| その他不明 | 23,000 |
| 計 | 84,350 |

表-4 鉄筋径別の施工実績

| 鉄筋径 | 施工口数 |
|---------|--------|
| D 22～25 | 23,000 |
| D 25～32 | 55,850 |
| D 35 | 2,000 |
| D 38 | 3,500 |
| 計 | 84,350 |

次に合格率については、全数調査ができなかったため、3箇所の実績について表-5に示す。

表-5 施工箇所別合格率

| 施工箇所 | 施工口数 | 平均合格率 |
|------|--------|-------|
| A 現場 | 11,560 | 96 % |
| B 現場 | 2,786 | 98 % |
| C 現場 | 896 | 100 % |

上記の結果を見る限りでは、施工口数の多いものほど合格率は悪い傾向にある。この場合の主な原因として、圧接位置（密な配筋や、2段以上の配筋）の多さや、作業員の経験上のバラツキによるものと考えられる。

また、圧接不良となった場合、作業員がその時点で良否を確認できるため、引き続きその場で再圧接を行っている。後の監督者による目視検査にしても、さほどの熟練も要さずに検査は可能であり、現在のところ、熱間押抜き法による圧接不良は報告されていない。

4.2 現場施工での熱間押抜き法

ここでは、2箇所の現場施工での熱間押抜き法による圧接について述べる。

A現場は、図-7に示すようなRCラーメン高架橋の中層梁の継ぎ足し施工に際し本工法を採用した。なお、この中層梁は線路直上施工であったため柱の施工後約8年を経過して施工されたものである。使用鉄筋は、SD345・D25で、中層梁の鉄筋用として柱施工時にほぼ90°に曲げ加工され、貧配合のコンクリートで保護されていたものを、中層梁の施工時に加熱して曲げ戻しを行い、これに新たな同種同径の鉄筋を圧接したものである。従って、圧接に際しては、鉄筋の配置誤差や既施工鉄筋の拘束が大きいなど、かなり困難な作業条件であった。

B現場は、図-8に示すようにRCラーメン高架橋の柱、及び梁の継ぎ足し施工に熱間押抜き法を採用している。この高架橋本体部も施工後約11年を経過しており、A現場と同様、貧配合のコンクリートにより保護された鉄筋に、新たな鉄筋を圧接したものである。

また、使用鉄筋はSD345・D32であった。

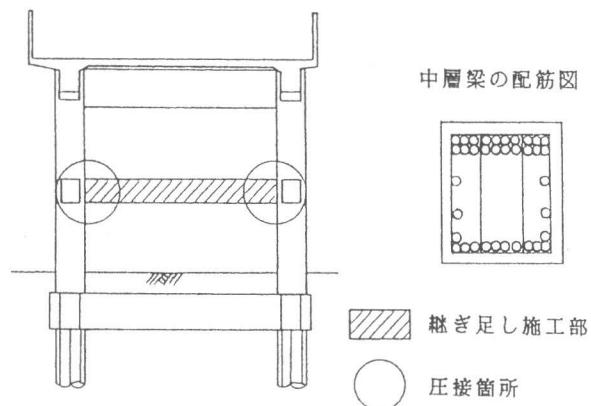


図-7 ラーメン高架橋の概略（A現場）

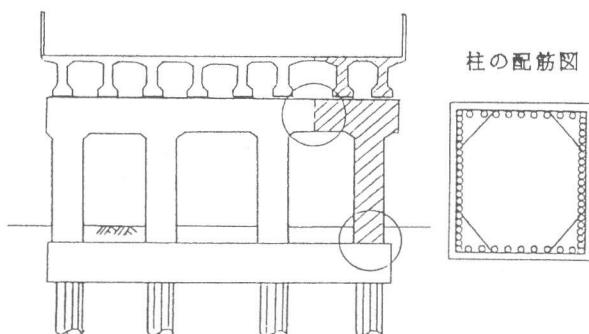


図-8 ラーメン高架橋の概略（B現場）

4. 3 超音波探傷検査との対比

熱間押抜き法による圧接について、他検査法との対比という観点から前出の2現場について超超音波探傷法（JISZ3062）による検査を実施した。

A現場で896口、B現場で774口、について熱間押抜き法で合格とされた圧接箇所を、超音波探傷で検査した結果すべて合格となった。ここで、熱間押抜き法で圧接されたものを、超音波探傷法により検査した場合、従来法に比べふくらみを除去することから、圧接不良が拡大され探傷しやすくなるという傾向がみられる。

しかし、熱間押抜き法による合格判定率からみれば、超音波探傷や引張試験など他の検査は特に不要となり、近年の労働者不足と併せて考えても品質管理の合理化や省力化が計られよう。

5. あとがき

現在まで、熱間押抜き法による鉄筋のガス圧接継手は、試験レベルで継手強度としての引張・疲労強度試験とも従来工法との差異は認められず、尚かつ簡易で信頼性の高い検査法としての圧接工法であることが確認されている。また、実施工面では、ラーメン高架橋の中層梁、柱の継ぎ足し施工という作業環境のため、鉄筋の錆の発生、鉄筋配置の誤差、既設鉄筋の拘束が大きいことなど圧接には悪い条件が重なったにもかかわらず、熱間押抜き法と超音波探傷法との対比の結果、熱間押抜き法の信頼性の高さを確認した。

参考文献

- 1) 大石橋宏次・上山且芳・大原宗行：“熱間せん断法による鋼ガス圧接部の検査法” 鉄道技術研究報告, NO.1241, 施設編 542, 1983.3
- 2) 大石橋宏次・上山且芳・大原宗行・山本 強・小林明夫：“熱間せん断法による鉄筋ガス圧接部の品質検査における信頼性” 鉄道技術研究報告, NO.1244, 施設編 543, 1983.3
- 3) (社)日本圧接協会：“鉄筋のガス圧接工事標準仕様書” 1985
- 4) 大石橋宏次：“鉄筋のガス圧接技術の現況について” 彰国社 「施工」NO.259 1987.5
- 5) 三上 保・大庭光商：“熱間押抜き法を用いた鉄筋ガス圧接について” 土木学会第46回年次学術講演会講演概要集 第6部 VI 109 1991.9