

## [99] 熱間押抜き方法による鉄筋のガス圧接継手の性能評価

正会員 ○小林 明 夫 (国鉄 構造物設計事務所)  
 山 本 強 (国鉄 構造物設計事務所)  
 大石橋 宏 次 (国鉄 鉄道技術研究所)  
 青 木 桂 一 (国鉄 構造物設計事務所)

### 1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物における鉄筋継手方法には現在いくつかの方法が考察され、既に実用化されている。これらには垂ね継手、ガス圧接継手、機械継手等がある。しかし、いずれにしても鉄筋母材の全強を保証するものでなければならない。なかでもガス圧接継手は鉄筋の太径化に伴い、その施工性、継手性能、経済性の面から最も多く採用されており、殆どどの土木工事、建築工事で用いられている。しかしながらガス圧接継手の多用化に伴って、不完全な圧接作業が行われたりすると圧接継手性能の低下につながる問題となるので、圧接継手の信頼性を低下させないためにも品質管理に対する努力が必要である。

現在、ガス圧接部の検査方法としては、外観によって判断する方法、継手強度を試験によって確認する方法、非破壊検査(超音波探傷検査(U T))による方法などがあるが、統計的処理を必要とする、工事の手戻りになる、熟練を要する、等の問題がある。

そこで、検査精度が良く、経費が少なく、能率的な検査方法を開発するために熱間押抜きによる検査について以下の試験を行ったので報告する。

### 2. 熱間押抜き方法の概要

この方法は従来の検査方法とは異なり、圧接によるふくらみ部分に引張強度を期待することなく、むしろ圧接直後の赤熱状態の下でふくらみを鋼材表面に近く、かつ鋼材表面と一致しない界面で押抜き刃で押抜きせん断し母材とほぼ同断面の圧接部だけで必要な強度を保証すると共に、せん断直後の押抜き面の観察によって圧接面の割れ生成の有無を把握し、圧接の良否を判断できる継手方法である。図-1は押抜き時の接合面近傍の変形および割れ発生の様子を模式的に示したもので、圧接が不良な場合には押抜き面に割れ溝が明らかに認められる。写真-1は実際の熱間押抜き装置を示したものである。

熱間押抜き方法の特徴は、圧接箇所全数の合否判定が可能であること、圧接工自身で割れの有無を判断できること、圧接部を

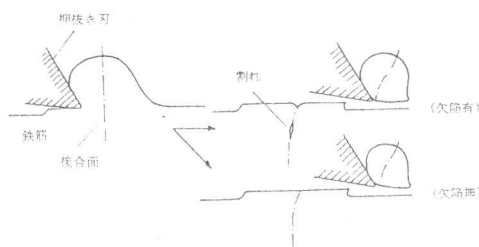


図-1 押抜き模式図

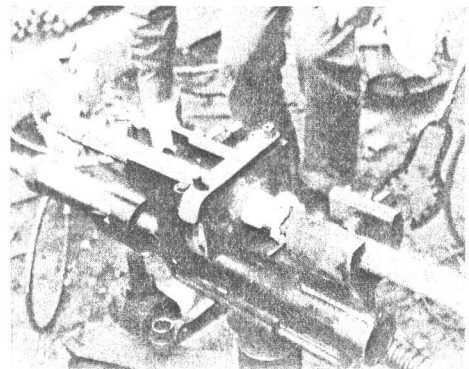


写真-1 熱間押抜き装置

切り取る必要がないこと、器具としては従来の圧接器の一部の改造で済むこと、圧接工程の増加がほとんどないこと、仮に不合格の場合でも直ちに再圧接を行い合格を確認できること、また、ふくらみ部分が無いため密な配筋が行われてもコンクリートの行きわたりが容易であることなどである。

### 3. 試験方法

現場で実際に行われている圧接方法(2段アブセット法・3段アブセット法・自動ガス圧接法)を用い各種の圧接条件のもとで圧接した供試体について、熱間押抜きを行った場合と圧接のままとして引張強度、曲げ破断割合U T

による合否、カラーチェックによる合否、および疲労強度（鉄筋母材とも比較）について調査した。

圧接条件は、圧接端面処理として①グラインダー仕上げ、②鉄筋断面積の約1/3が錆、③鉄筋全断面が錆、④鉄筋断面がガス断面のままの4種類で、鉄筋突合せ面のすき間の目標値は0mm、3mm、5mmの3種類とした。その他、突合せ面の芯ずれは0mm、加圧時間、加圧力等は鉄筋径などの圧接条件に適した圧接方法とした。

採用した鉄筋は国鉄の現場で使用されていたSD35、φ32で、工事現場に搬入されているものとした。母材引張強さは60.8kg/mm<sup>2</sup>で、化学成分は表-1に示す。供試体本数は表-2に示す。

疲労試験では供試体を自動圧接機で作成し、圧接条件は鉄筋端面はグラインダー仕上げ、鉄筋突合せ面のすき間は0mmを目標とした。

表-1 化学成分

成分(%)	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Sn
サンプル A	0.28	0.27	1.08	0.014	0.018	0.16	0.26	0.016

表-2 供試体内訳

試験法	UT	カラーチェック	熱間押抜	合計
端面処理 グラインダー仕上げ	156	115	115	156
錆(1/3)	54	36	36	54
錆(全)	78	35	35	78
ガス切断	86	45	45	86
			231	374

#### 4. 試験結果

##### 4-1. 押抜き有無の比較について

端面処理と鉄筋突合せ面のすき間、平均引張強さを三軸座標で示したのが図-2(a)、(b)である。グラインダー仕上げのものはほぼ母材強度を満足しているが端面錆が増加するに従って引張強度は低下している。

次に圧接面で引張破断する割合は図-3(a)、(b)に示すように押し抜きの有無で同様の傾向を示し、錆面積の広い程著しい。

圧接面で曲げ破断する割合も図-4(a)、(b)に示すように引張破断と同様の傾向を示している。

##### 4-2. 圧接部の引張強度と検査方法との関係

押し抜き有無と検査方法別の引張強度（破断強さ/公称断面積）との関係を図-5、表-3に示す。

(a) 圧接面割れの有無の判定が規格値（50kg/mm<sup>2</sup>）を満足するか否かを推定できる割合について

図-5を整理して表-4に示す。表-4によればグラインダー仕上げでは割れ無しと判定する割合は95.6%（65/68）で、割れ無しと判定されたものが規格値を満足する割合は98.5%（64/65）となっている。錆有りの場合、割れ有りと判定したものは95.5%（39/41）で、全て規格値を満足しなかった。

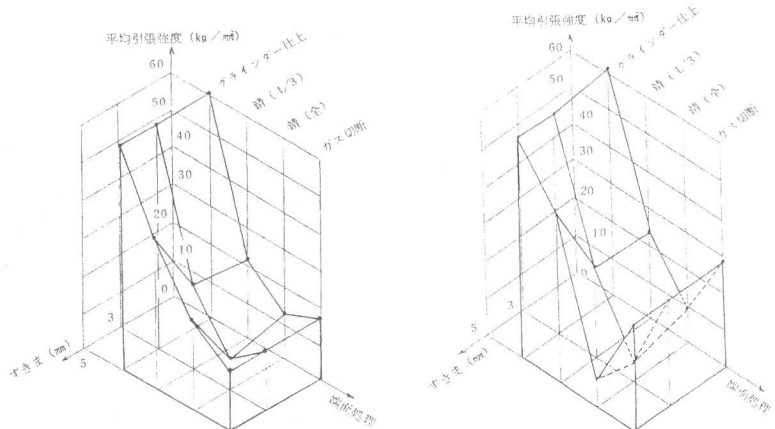


図2-a 平均引張強度(ガス圧接のまま)

図2-b 平均引張強度(熱間押抜)

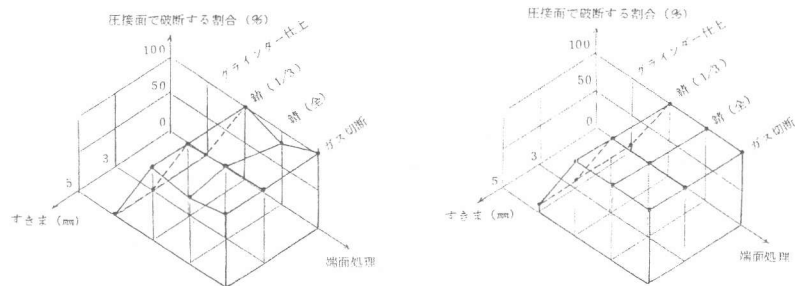


図3-a 圧接面で引張破断する割合(ガス圧接のまま)

図3-b 圧接面で破断する割合(熱間押抜)

(b) UTによる合格の判定が規格値を満足するか否かを推定できる割合について

図-5を整理して表-5に示す。UTで合格と判定される割合はグラインダー仕上げの場合95.6%（65/68）で、UTで合格したもので規格値を満足する割合は95.4%（62/65）であった。

また錆有りの場合41本中8本を合格としているが、その場合規格値を満足する割合は0%であった。この場合は規格値を満足しない圧接部を合格と判断する可能性を含んでいる。

(c) カラーチェックによる合否の判定が規格値を満足するか否かを推定できる割合について

図-5を整理して表-6に示す。グラインダー仕上げの場合合格と判断される割合は98.5% (67/68)で、そのうち規格値を満足する割合は97% (65/67)である。また錆有りの場合不合格と判断される割合は80.5% (33/41)となっている。つまり、

19.5%は合格と判定されるが、

規格値を満足する割合は0%であった、この場合でも規格値を満足しない強度を有する圧接面を合格と判断する可能性を持っている。

(d) 3種類の判定方法で合格と判定されたものが規格値を満足し、不合格と判定されたものが規格値を満足しない割合について

表-7に示すように、グラインダー仕上げの場合、合格と判定されたものはいずれの場合でもかなり高い割合で規格値を満足することが推定できる。錆が有る場合、不合格と判定されたものはいずれの場合も規格値を満足しない。つまり正しく判定していることになる。以上を合計すると、端面処理条件にかかわらず合格と判定されたものが規格値を満足する割合は押抜きの場合が最も大きく94.4%、UTおよびカラーチェックでは85%程度である。一方、

不合格と判定されて規格値を満足しない割合はいずれも同程度の高い割合を示している。

(e) UTによる検査方法と押抜きによる検査方法との関係について

UTと押抜きによる合格の判定と規格値を満足する割合との相互関係について表-8に示す。これによれば、UTで合格と判定したもので、かつ押抜きでも合格と判定したものは87% (67/77)、押抜きで不合格と判定されたものは13%である。一方UTで不合格と判定されて、かつ押抜きでも不合格と判定されたものは93% (53/57)、押抜き

で合格と判定されたものは7%であった。UTで合格と判定されたもので押抜きで不合格と判定される割合は13%もあることはUTと押抜きの判定方法の相違によるものと考えられる。つまり、UTは圧接面内部の探傷であり、

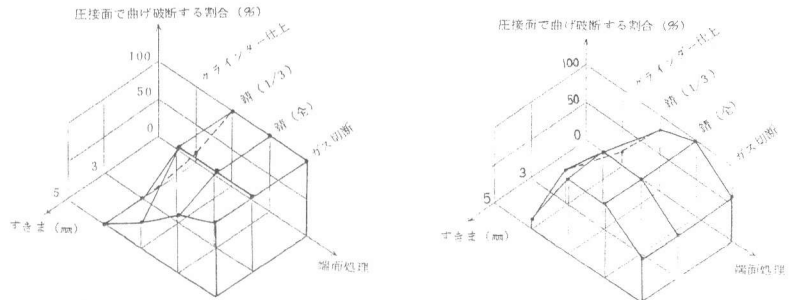


図4-a 圧接面で曲げ破断する割合(ガス圧接のまま) 図4-b 圧接面で曲げ破断する割合(熱間押抜)

試験法 Case	供試体	熱間押抜	UT	カラー チェック
1	A	否	否	否
2	A	否	合	否
3	A	否	否	合
4	A	否	合	合
5	A	合	否	否
6	A	合	合	否
7	A	合	否	合
8	A	合	合	合
9	B		否	
10	B		合	

注) A: 熱間押抜を行ったもの  
B: 圧接のままのもの  
合: 合格  
否: 不合格

表3 試験法組合せ

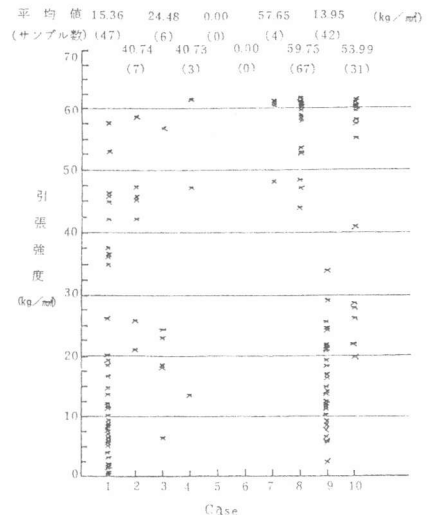


図5 検査条件毎の引張強度

表4 圧接面のひびわれの有無の判定と規格値を満足する数との関係

端面処理	ひび有	ひび無
グラインダー仕上げ	3 (1)	65 (64)
錆(1/3)	20 (0)	1 (0)
錆(全)	19 (0)	1 (1)
ガス切断	21 (4)	4 (3)
計	63 (5)	71 (67)

注) ( )内の値は規格値を満足する数

表5 UTによる合否の判定と規格値を満足する数との関係

端面処理	UT合格	UT不合格
グラインダー仕上げ	65 (62)	3 (0)
錆(1/3)	6 (0)	15 (0)
錆(全)	2 (0)	18 (0)
ガス切断	4 (4)	21 (3)
計	77 (66)	57 (3)

注) ( )内の値は規格値を満足する数

表6 カラーチェックによる合否の判定と規格値を満足する数との関係

端面処理	カラーチェック合格	カラーチェック不合格
グラインダー仕上げ	67 (65)	1 (1)
錆(1/3)	5 (0)	16 (0)
錆(全)	3 (0)	17 (0)
ガス切断	5 (4)	20 (3)
計	80 (69)	54 (4)

注) ( )内の値は規格値を満足する数

押抜き面の圧接部の割れ、傷、および内部で発生した割れに起因する表面へこみの目視観察による判定であるためと考えられる。一般に圧接の欠陥は加圧されて圧接面の外側に偏在し易いためUTの探傷範囲内の欠陥は押抜き方法に比べて少ないと考えられる。

(f) 押抜き有無各々の場合でUTでの合否と規格値を満足する割合について

表-9に示すように押抜き無しでグラインダー仕上げは全部合格と判断され、規格値も全部満足している。しかし錆有りの場合はUTで合格は30% (10/32)で、規格値を満足する割合も40% (4/10)であった。

UTに合格したものと規格値を満足する割合との関係はグラインダー仕上げた場合は押抜き有りが95.4% (62/65)であるのに対して、押抜き無しは100%となっている。錆有りの場合は、押抜き有りは0%であるのに対して押抜き無しは40%程度となって押抜き無しの場合は押抜き有りの場合に比べて規格値を満足する割合が大きい。つまりこれは押抜き無しの場合は押抜いた断面以外のふくらみ部分で引張強度を負担していることを意味している。従って押抜き有りの場合は押抜き無しに比べてきびしい評価を与えることになる。

#### 4-3. 疲労試験結果

母材、押抜き有、押抜き無の場合の疲労試験結果を図-6に示す。試験体数は各々23本、15本、7本である。破断位置は押抜き無では圧接部分以外で破断しているのに対し、押抜いたものは押し抜かれる側のバリが若干残る部分で7本破断し、他はそれ以外の部分で破断していた。これはこの部分の応力集中によるものと考えられる。

#### 5. まとめ

(a) 押抜き有と無とでは、圧接面のすき間および圧接面処理条件毎には、静的強度に対する差は無く端面に錆があると性状は著しく低下する。

(b) 圧接部の合否判定に対する3種類の方法では、押抜きによる方法が最もきびしい評価を与える。

(c) 疲労試験では、押抜きされる側のバリが残る部分での応力集中によって疲労強度は劣る傾向が見られるが、これには器具の改善の余地が残っている。

(d) 押抜きによる圧接面への影響の有無についてさらに冶金学的な検討を補う必要がある。

(e) 今後本試験方法による実際の施工面での検討が必要である。

#### 参考文献

大石橋・上山・大原：鋼の熱間圧接に関する研究、溶接学会 低抗溶接研究委員会資料RW-190-81、1981.2.19

表7 試験総括表(1)

端面処理	試験方法	判定-合格 規格値-満足	判定-不合格 規格値-不満足
グラインダー 仕上げ	熱間押抜	985 (64/65)	667 (2/3)
	UT	954 (62/65)	1000 (3/3)
	カラーチェック	970 (65/67)	0 (0/0)
錆(1/3)	熱間押抜	00 (0/0)	1000 (20/20)
	UT	00 (0/0)	1000 (15/15)
	カラーチェック	00 (0/0)	1000 (16/16)
錆(全)	熱間押抜	1000 (1/1)	1000 (19/19)
	UT	00 (0/0)	1000 (18/18)
	カラーチェック	00 (0/0)	1000 (17/17)
ガス切断	熱間押抜	750 (3/4)	810 (17/21)
	UT	1000 (4/4)	857 (18/21)
	カラーチェック	800 (4/5)	850 (17/20)
計	熱間押抜	944 (67/71)	921 (58/63)
	UT	857 (66/77)	947 (54/57)
	カラーチェック	863 (69/80)	926 (50/54)

表8 試験総括表(2)

端面処理	UTの 合 否		圧接面ひび 有		圧接面ひび 無	
	グラインダー 仕上げ	合	否	3 (1)	62 (61)	0 (0)
錆(1/3)	合	否	5 (0)	1 (0)	15 (0)	0 (0)
	合	否	1 (0)	1 (0)	18 (0)	0 (0)
錆(全)	合	否	1 (1)	3 (3)	20 (3)	1 (0)
	合	否	10 (2)	67 (64)	53 (3)	4 (3)
計	合	否	10 (2)	67 (64)	53 (3)	4 (3)

注) ( )内は規格値を満足するもの

表9 試験総括表(3)

端面処理	押抜き有無	UT	
		合	否
グラインダー 仕上げ	有	65 (62)	8 (0)
	無	21 (21)	0 (0)
錆(1/3)	有	6 (0)	15 (0)
	無	3 (1)	6 (0)
錆(全)	有	2 (0)	18 (0)
	無	7 (3)	16 (0)
ガス切断	有	4 (4)	21 (3)
	無	0 (0)	20 (0)
計	有	77 (66)	57 (3)
	無	31 (25)	42 (0)

注) ( )内は規格値を満足するもの

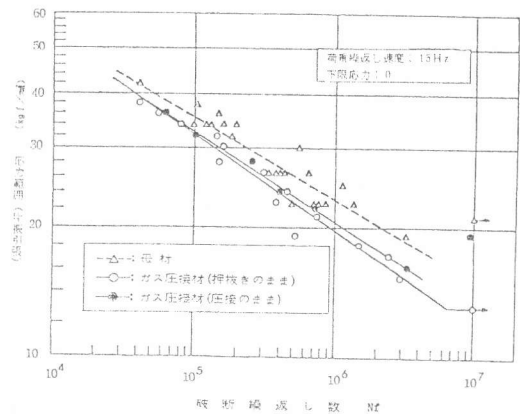


図6 熱間押抜継手の疲労試験