解説

JIS Z 3063及びJIS Z 3064の制定について

(公社)日本鉄筋継手協会
JIS原案作成委員会
委員　倉持　貢

1. まえがき

鉄筋継手を取巻く環境は、様々な新技術の開発や技術基準類の整備等により大きく変貌している。それと共に品質確保と品質向上への要請も一段と高揚する中で、当協会は検査技術に関する数々の要請に応えるべく、種々の研究開発を推進してきた。同時に、鉄筋継手のJIS原案作成団体として、これまでにJIS Z 3062（鉄筋コンクリート用異形棒鋼ガス圧接部の超音波探傷試験方法及び判定基準）の制定・改正を行ってきた。

この度、ガス圧接継手に続き、新たにJIS Z 3063（鉄筋コンクリート用異形棒鋼溶接部の超音波探傷試験方法及び判定基準）及びJIS Z 3064（機械式継手の鉄筋挿入長さの超音波測定方法及び判定基準）の制定原案を作成してきたが、2019年９月25日にこれらの２つの新JISが制定・公示されたので、制定までの経緯とその概要について概説する。

2. JIS Z 3063(鉄筋コンクリート用異形棒鋼溶接部の超音波探傷試験方法及び判定基準)

2.1　制定までの経緯

鉄筋溶接部の超音波探傷検査は、約10年前まではJIS Z 3062に準じて行われてきた。しかし、JIS Z 3062に規定された斜角探触子によるK走査法では、鉄筋外周部に発生する約10％以上の面積率の溶接不完全部を確実に検出することができないことが判明し、鉄筋溶接継手部に有効な超音波探傷試験方法の開発が切望された。

当協会は、2008年にJIS Z 3062に代わる鉄筋溶接継手部の超音波探傷試験方法として、まず、直角K走査法と斜めK走査法とを併用して行う新たな探傷方法（以下、JRJI併用法という。）から成るJRJS 0005 : 2008（鉄筋コンクリート用異形棒鋼溶接部の超音波探傷試験方法及び判定基準（案））を団体規格として制定した。その後、2017年にJRJI併用法を改良・進化させた二面振動子斜角探触子を用いたK走査法が実用化されたことから、新たなJRJS 0005 : 2017に改正されている。また、この基準は、その有用性及び実効性が再確認されたほかに、検査手順の簡素化、検査効率の向上などが図られたことから、行政、発注者、設計者、施工者、溶接継手施工会社、検査会社などの、多くの関係団体及び学識経験者らの賛同を得て、鉄筋継手工事標準仕様書　溶接継手工事（2017年）の溶接継手部の非破壊検査方法として採用されている。

このような経過を経て、JIS Z 3063は制定された。

2.2　JIS Z 3063の概要と探傷上の要点

本規格の概要と探傷上の要点を以下に示す。

(1)　本規格は、JIS G 3112に規定するD19以上のねじ節鉄筋を含む異形棒鋼を用いた鉄筋溶接継手を適用対象とする。D19未満の異形棒鋼や丸棒等は、超音波の伝搬特性に差異が想定されるために、事前に探傷方法や合否判定基準の妥当性等について十分な検証を行う必要がある。

(2)　鉄筋溶接継手の超音波探傷試験方法は、これまで一振動子斜角探触子を用いた直角K走査法と斜めK走査法との併用法（JRJS併用法）によるとしていたが、本規格では二面振動子斜角探触子を用いたK走査法によるとした。

(3)　二面振動子斜角探触子は、図１に示すように左右20°傾けた２個の振動子（５×５mm）から成るように設計・作製されている。２個の振動子は並列に接続され、同時に送信と受信が行われることから、想定される２軸方向の超音波伝搬経路の他に合成波が発生し、最終的には３軸方向に超音波を送受信する機能を有するものである。このため、JRJS併用法で必要とされた探傷治具は不要とした。また、探傷器本体との接続方法や調度の設定も従来の一振動

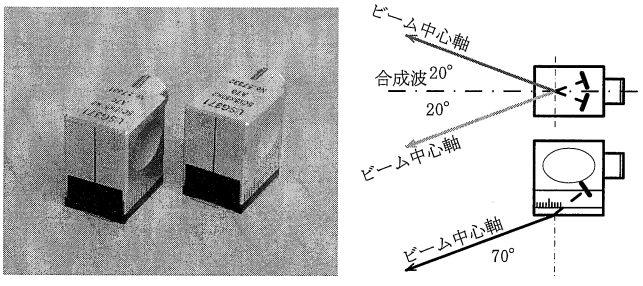
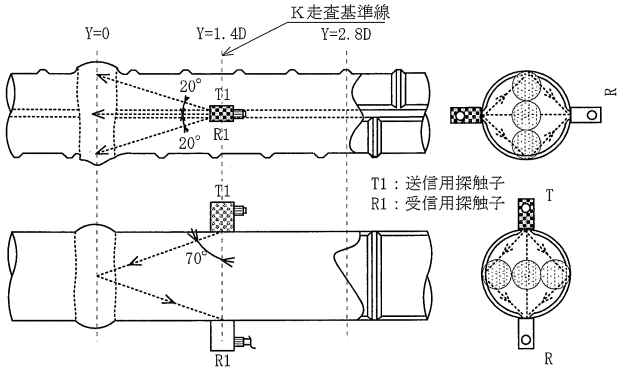


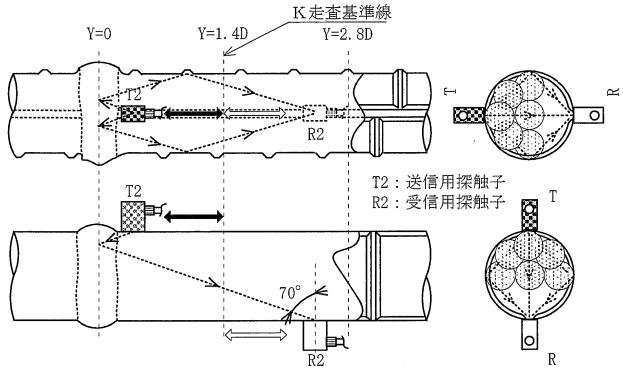
図１　二面振動子斜角探触子の概要

子斜角探触子と同様で、特段の変更は不要である。

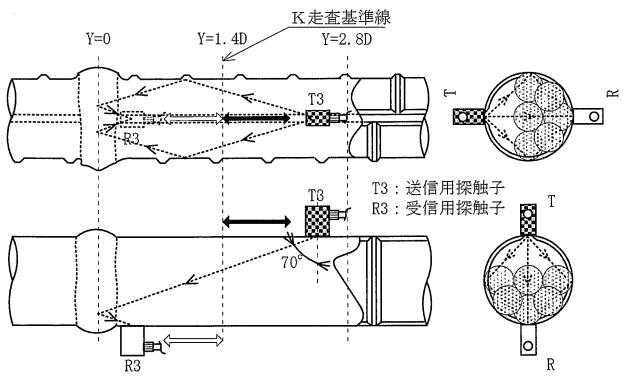
二面振動子斜角探触子を用いたK走査法による探傷試験は、図2に示すように、一対の二面振動子斜角探触子を相対するリブ上で鉄筋軸に平行に設置し、これらを連動させながら前後走査するのみで、JRJS併用法と同様の全断面検査が可能であり、検査時間も従来の約1/3に短縮することができる検査法である。



(a) 左右90° 方向の鉄筋外周部及び中心部の探傷



(b) 左右90° 方向の鉄筋外周部及び中心部から送信探触子を配置した表面1/2断面部分の探傷



(c) 左右90° 方向の鉄筋外周部及び中心部から受信探触子を配置した裏面1/2断面部分の探傷

図2 二面振動子斜角探触子のK走査法による探傷方法

(4) 超音波探傷装置は、汎用探傷器及び溶接継手専用探傷器の何れもが使用可能である。

(5) 基準レベルの設定は、透過走査によって得られる透過パルスを用いて調整する。この場合、送受信探触子はリブ上で一直線に適正に正対させることが重要である。なお、感度補正は不要である。

(6) 合否判定レベルは、基準レベルの-20dBとし、これ以上の溶接不完全部からのエコーが検出されなかった場合は合格と判定することとした。既往の探傷実験[1),2)]では、継手引張強さと溶接不完全部からのエコー高さとの間には図3に示す良好な相関関係が存在することが検証されている。同図の第1領域及び第3領域は、妥当性のある相関関係が欠如する領域であり、特に第3領域のプロット点は可能な限り少なくなるように考慮されている。さらに、超音波探傷試験の結果から直接破断伸びを評価することはできないが、継手引張強さと破断伸びとの間には良好な相関関係が存在することから、多くの場合、継手引張強さがJIS規格の1.1倍以上となれば間接的に5％以上の破断伸びも保証できると言える。

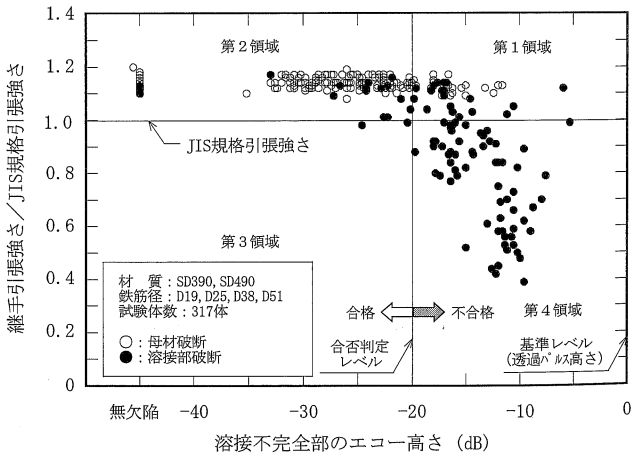


図3 溶接不完全部のエコー高さと引張強さとの関係

(7) 附属書A、Bでは、汎用探傷器及び溶接継手専用探傷器に必要な基本的な性能（時間軸直線性、増幅直線性等）をJIS Z 3062に準拠して、全般を改正した。また、附属書Cには二面振動子斜角探触子の性能基準や新たに性能測定方法等を規定した。

※ 溶接不完全部：鉄筋溶接継手の溶接部には、種々の要因から溶接割れ、溶込み不良、融合不良などの不具合が発生することがある。これらの不具合の総称は、合否判定の結果に関わりなく、従来から“欠陥”が使われてきた。しかし、JIS Z 2300の定義に基づいて、合格又は許容できるのは“きず”と、不合格又は許容できないものは“欠陥”

とに区分し、使い分けるとよいとの提案が出された。この提案では、“きず”は、外傷の意味合いが強く不具合の全てを包括していない、また、建設業界での周知が不十分であるなどの意見が出された。審議の結果、JIS Z 3001-4の定義を引用して、不具合の総称を、“溶接不完全部”とした。

3．JIS Z 3064（機械式継手の鉄筋挿入長さの超音波測定方法及び判定基準）

3.1　制定までの経緯

鉄筋継手工事の中で、機械式継手は鉄筋コンクリート構造物の高層化やプレキャスト工法等の普及により、その使用実績は増加傾向にある。その中で鉄筋挿入長さの超音波測定方法は、機械式継手の要求性能を確認する重要な手段として不可欠な技術となっている。

2005年頃に開始された表面SH波法を主流にした鉄筋挿入長さの超音波測定技術は、2009年に機械式継手の鉄筋挿入長さの超音波測定に関する調査研究[3]として集大成化された。ただし、その時点では、まだ表面SH波法に不可欠な横波専用接触媒質の温度依存性に起因して、高温環境下では粘性低下から伝達特性が著しく悪化して高精度の安定した計測が困難となること、低温環境下では粘性増加から斜角探触子のしゅう（摺）動性が悪化して作業性又は検査効率が著しく低下する事態などの課題を解決するには至らなかった。

その後の調査研究[4]で提案されたコーナーエコー法は、横波専用接触媒質の粘性変動に伴う測定上の支障が解消されるとともに、鉄筋の形状寸法、鉄筋径などの影響が少ないことから、ねじ節鉄筋継手、モルタル充填継手及び表面SH波法で適用外とされていた端部ねじ加工継手に適用することが可能となった。さらに、超音波の伝搬特性が良好で安定した測定が可能となったことから、鉄筋挿入長さの測定精度は大幅に向上することとなった。

このような経過を経て、JIS Z 3064は制定された。

3.2　JIS Z 3064の概要と測定上の要点

本規格の概要と測定上の要点を以下に示す。

(1)　適用対象とした機械式継手は、JIS G 3112に規定するD10以上の異形棒鋼を用いたねじ節鉄筋継手、モルタル充填継手及び端部ねじ加工継手の3種類とした。鋼管圧着継手は、施工実績が少ないこと等の理由から、これを除外した。また、主として超高層RC造や土木構造物で活用されつつある490N/mm^{2}を超える高強度鉄筋は、その超音波特性がJIS G 3112の異形棒鋼と相違ないことから、建築基準法第37条に基づく大臣認定を取得した高強度鉄筋も適用対象に加えた。

(2)　鉄筋挿入長さの測定方法としては、これまでに表面SH波法とコーナーエコー法が実用化されていた。後者によれば、横波専用接触媒質の粘性変動に伴う測定上の支障が解消されるとともに、伝搬特性が良好かつ安定した測定が可能で、結果的に測定精度も大幅に向上したことから、屈折角80°の斜角探触子を用いたコーナーエコー法のみとした。

(3)　鉄筋挿入長さの測定に用いる超音波測定装置のうち、探触子は周波数：5 MHz、振動子寸法：10×5 mm又は10×10mm、屈折角：80°の斜角探触子とし、超音波測定器は、汎用測定器と他に新たに規定した機械式継手専用測定器の何れもが使用可能である。

(4)　屈折角80°の斜角探触子を用いたコーナーエコー法とは、図4に示すように、斜角探触子を鉄筋のリブ上で前後走査する中で、安定かつ鮮明な単峰エコーとなる鉄筋端面の下側の角部からのコーナーエコーを検出した後、コーナーエコーの検出距離（約4Dの伝搬距離）で探触子を固定し、そのときのビーム路程（＝測定長さ）を測定器から読み取るとともにカプラー・探触子間距離を計測して、その結果から鉄筋の挿入長さを算出する測定方法である。フープ筋や足場等の障害物があり、約4Dとなる位置での測定ができない場合は、測定可能な位置を0点調整距離としてパルス位置を再調整した後で、測定可能な位置まで探触子をずらして計測すれば支障はない。

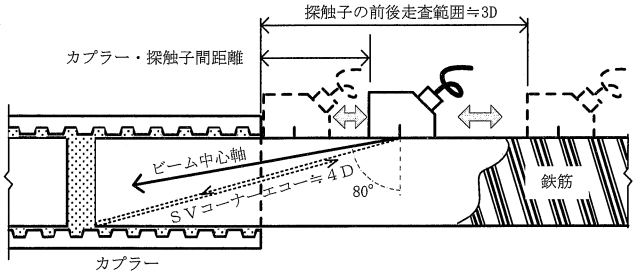


図4　屈折角80°の斜角探触子を用いたコーナーエコー法の測定方法

(5)　合否判定は、カプラー又はスリーブを挟んだ両側の鉄筋挿入長さが、機械式継手ごとに仕様書、施工要領書などに規定している鉄筋挿入長さの最小値で

ある鉄筋最小挿入長さ以上の場合を合格とした。既往の測定実験[4]では、２種類の機械式継手試験体におけるコーナーエコー法と表面SH波法の測定精度は、図５のように示されている。横軸に継手種類及び測定方法を示し、縦軸に測定誤差の平均値±標準偏差（１σ）の範囲を測定誤差として棒グラフで表示したものである。コーナーエコー法の測定誤差は、－2.0mm～＋1.5mmの範囲となる。コーナーエコー法で良好な結果が得られた要因としては、斜角探触子から鉄筋中への超音波の伝達効率が高いために、コーナーエコーの検出能力が極めて高く、検出対象となる信号エコーの識別が容易であることが挙げられる。また、コーナーエコー法では表面近傍を伝搬する超音波ではなく、鉄筋内部を伝搬する超音波を利用するために、リブ形状又は鉄筋の種類の影響を受け難いと言える。

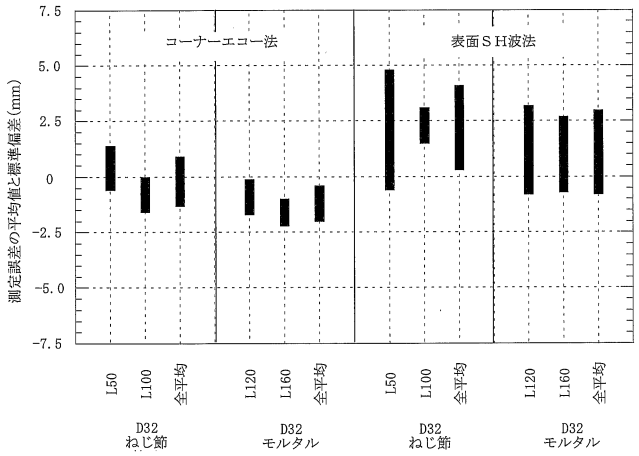


図５　鉄筋挿入長さの測定精度

(6)　附属書A、Bでは、デジタル型の超音波探傷器が大多数を占めている現状に鑑みて、汎用測定器に必要な基本的な性能（時間軸直線性、増幅直線性等）をJIS Z 2352に整合させた。また、新たに規定した機械式継手専用測定器は、JIS Z 3062に規定している鉄筋ガス圧接継手の専用探傷器と同水準の性能とした。また、既存の基準類には屈折角80°の斜角探触子に関する規定がないことから、附属書Cに屈折角の測定方法、性能測定に用いる標準試験片や対比試験片等を規定した。

４．今後の展開

今後、本協会としては、当該JISの普及を推進するため、各学協会の標準仕様書改訂時にJISの記載を提案していく予定である。

本協会発行の「鉄筋継手工事標準仕様書（2017年）」は次期改訂時に当該JISへ記載内容を変更する予定である。

鉄筋継手部検査技術者資格検定試験は、2020年１月よりJISに準拠して実施される。

５．あとがき

主要な鉄筋継手であるガス圧接継手、溶接継手及び機械式継手の性能や確保すべき品質は、当然、継手間に差異があってはならない。今般のJIS Z 3063、JIS Z 3064のそれぞれに規定された超音波探傷試験方法・超音波測定方法は、ガス圧接継手におけるJIS Z 3062と同様に、溶接及び機械式継手における品質確保と品質向上の重要な手段となることが期待される。したがって、関係者にはJIS Z 3062に加え、JIS Z 3063及びJIS Z 3064への適正なご理解と活用を切に希望するものである。

〔参考文献〕

1)　公益社団法人日本鉄筋継手協会：鉄筋溶接継手の新しい超音波探傷方法に関する調査研究、2007年９月
2)　公益社団法人日本鉄筋継手協会：新型探触子による鉄筋溶接継手の超音波探傷方法に関する調査研究、2016年11月
3)　公益社団法人日本鉄筋継手協会：機械式継手の鉄筋挿入長さの超音波測定に関する調査研究、2008年５月
4)　公益社団法人日本鉄筋継手協会：SVコーナーエコーによる機械式継手の鉄筋挿入長さの超音波測定に関する調査研究、2013年11月

（(公社)日本鉄筋継手協会特別会員）