5. UT検査の鋼橋への適用について

# 研究結果報告書

目　　次


1．まえがき　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（1）

2．研究結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（1）

　2－1　現状調査　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（1）

　2－2　問題点の整理　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（9）

3．今後の研究課題　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（13）

　別紙－1　資料リスト　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・（14）

鋼橋技術研究会　示方書研究部会

# 施工基準研究分科会

昭和６３年度　研究テーマ；　ＵＴ検査の鋼橋への適用について

## 研究報告

### １．まえがき

ＵＴ検査の鋼橋への適用要領を、下記に示す主旨に基づき道示に明文化するために、バックデータを収集、整理することを昭和６３年度の研究テーマとしたが、現状調査及び問題点の整理の結果（途中経過）を中間報告する。

研究の主旨；現在の道路橋示方書（昭和５５年２月）－以下　道示－においては、主要部材の突合せ溶接部の非破壊検査はＲＴ（放射線透過検査）によることになっているが、ＵＴ（超音波探傷検査）の適用要領を明確にすることによって、ＲＴとＵＴの選択を自由にし、両者の利点をいかした検査を行い、溶接部の品質保証、検査の安全性、経済性を一層高めることは鋼橋を施工する上で有意義なことである。

### ２．　昭和６３年度の研究結果　（調査、収集した資料の一覧表はＰ－14に示す。）

#### ２－１　現状調査

（１）基準

ａ．　下記の基準について、その内容を調査した。

道示　；参照資料番号Ｕ－２，１８，２０
ＪＩＳ；参照資料番号Ｕ－３，４，１７，２０
道示以外の鋼橋基準
　首都高；参照資料番号Ｕ－１３，１７
　本四　；参照資料番号Ｕ－１６，２５
　鉄建公団、ＪＲ、名古屋高速、道路公団；参照資料番号Ｕ－２５
鋼橋以外の鋼構造物の基準
　鉄骨　；参照資料番号Ｕ－１７，１９，２０
国外の基準
　ＡＷＳ，ＡＳＭＥ，ＢＳ；参照資料番号Ｕ－１７

要旨→　道示においては、昭和５５年２月版に対して平成元年版の改訂版では下記のようにＵＴ検査についての記載が一歩進んだ内容になっている。しかしながら、過去の実績資料の提出、自動ＵＴの信頼性の確認及び手探傷ＵＴの記録にかわる抜取り立会検査等の必要がある旨の記載がある。

道示以外の鋼橋の基準についても、Ｘ線検査が適用できない箇所（例えば、脚の隅角部，第三者放射線被爆の問題のある現場等）をＵＴで検査することになっており、ＲＴと対等の位置付けでＵＴを適用してよいとの記述はない。

鋼橋以外の鋼構造物の基準として鉄骨に対する日本建築学会基準があるが、同基準ではＵＴが非破壊検査の主流として適用されている。

道示　平成元年改訂版

(本文)

1)　突合せ継手の内部欠陥に対する検査

i）主要部材の突合せ継手は，放射線透過試験により表-15.3.10に示す１グループごとに１継手の抜取り検査を行うものとする。ただし，十分な資料を有する場合は，放射線透過試験のかわりに超音波探傷試験を用いることができる。

(解説)

超音波探傷試験による溶接部の非破壊検査は，一般的に

a）部材にとって最も有害なわれに類する欠陥の検出能力に優れている。

b）各種の継手形状への適応性に優れている。

c）探傷装置の取扱いが容易で安全である。

d）探傷結果が即座に判断できて，能率的である。

ことから，橋梁の現場溶接部や他の構造物でも用いられつつある。

そこで，適用実績についての資料を有する場合は，放射線透過試験のかわりに超音波探傷試験を用いることができるものとした。この場合，試験要領は下記によるものとする。

a）超音波探傷試験は，JIS Z 3060「鋼溶接部の超音波探傷試験方法および試験結果の等級分類方法」によって行なうものとし，溶接線長30mmを１単位として，表－15.3.10の「１枚」を「１単位」と読み変えた抜き取り検査とする。

b）試験結果の判定は，引張応力を受ける溶接部はJIS Z 3060に示す２級以上，圧縮応力を受ける溶接部は３級以上を合格とし，不合格となった場合の処置は放射線透過試験に準ずるものとする。

c）検査技術者は，(社団法人)日本非破壊検査協会によって認定された２級以上の有資格者とし，超音波探傷試験の検出レベルはＬ検出レベルとする。（Ｌ検出およびその検出能については，JIS Z 3060の解説に述べられている。）

なお，超音波探傷試験と，放射線透過試験とは，欠陥の検出方法が異なっており，溶接欠陥に対して必ずしも同じ結果にはならないが，上記の要領では，両者の試験要領を便宜上合わせている，ただし，両試験の等級分類の許容寸法の決め方は必ずしも同じではないので適用にあたっては試験の特徴を十分理解しておく必要がある。

また，超音波探傷法としては，最近自動探傷装置が開発されているが，未だJISに規定されていないのでその使用にあたっては，欠陥検出精度とその信頼性等について上記 JIS規格を満足できることを確認する必要がある。

しかし，超音波探傷試験法のデータの取り方の統一，検査技術者の資格試験の充実等によって，最近では超音波探傷試験法の信頼性に問題はないと考えてよい。また，JIS Z 3060の解説にもあるが，Ｌ検出レベルであれば小さなブローホールやスラグ巻込みなどの欠陥を見落とす可能性はあるが，割れや溶込み不良などの鋭い欠陥については，逆に超音波探傷試験の方が検出することにすぐれている場合が多い。また，Ｌ検出レベルで見落とすような微小欠陥については，放射線透過試験でも，たとえば，板厚25mm以下では 0.5mm以下の欠陥はカウントしないことになっており問題がないと考えてよい。ただし，超音波探傷試験には，自動記録装置のついた自動探傷法と手探傷法があるが，前者の場合は，装置の精度と信頼性について十分に確認する必要があり，後者の場合は記録が手書きになるので仮組立検査時に抜取り検査をすることなどによってデータの再現性と精度を十分確認する必要がある。

b．　基準制定のいきさつについては、ＲＴのＪＩＳの等級分類を決定したバックデータを調査した。(道示他の鋼橋の基準はJISがベースとなっている。)

参照資料番号；Ｕ－４，２２，２３

要旨→　ＲＴのＪＩＳ等級分類は資料－２２の実験結果（原子力設備を主として対象）等をもとにしたものであり、疲労強度の低下のみを考えている。従って、主に静的荷重及び常温で供用される鋼橋には、ＪＩＳの等級分類が必ずしも適合していない。また、同じような応力状態にある鉄骨のＵＴ検査基準は独自なものとなっている。

JIS Z 3104の解説抜粋

3.4 等級分類　欠陥による強さの低下の割合は，荷重の種類によって大いに異なる。実験結果では，低応力破壊を生ずるような特殊な場合を除き静的荷重による強さの低下は，衝撃や疲れのような動的荷重による強さの低下より，はるかに小さい。

ここでは溶接部の等級分類に対して欠陥による疲れ強さの低下のみを考えた。ただし，実験結果のほとんどが軟鋼板の突合せ継手の試験片に内部欠陥が存在する場合であるため，特殊鋼への準用の場合とか，すみ肉溶接部とか，表面欠陥の場合には，強さとの関連が明らかではない。しかし，相対的に良否を判断する意味では利用できよう。

等級分類は等級数を増しても煩雑であり，実さいには使用されないことも起こり得るので，4等級に分類した。

この規格には，溶接部の合否についての規定は含まれないが，合否基準を定める場合，いたずらに上級とすることは避けたい。たとえば，余盛を削除しないような溶接継は，余盛が存在することにより，疲れ強さがかなり低下するため1級を合格と決める必要はない。ここで，各等級に対応する構造物としてつぎのように考えた。

1　級　繰返し荷重を受けて疲れ強さをとくに考慮しなければならないもの，または破壊によって重大な災害が起こるもので，余盛を削除するようなもの。

2　級　余盛は削除しないが，繰返し荷重を受けるか，あるいは強さが重要と考えられるもの。

3　級　疲れ強さを考慮しなくてもよいようなもの。

3.4.1 第1種の欠陥の等級分類　欠陥を含み，余盛を削除した試験片の強さの低下に関する実験結果を，応力に直交する断面での欠陥率と疲れ強さとの関係にまとめると，本文表13に示した1，2，3および4級は，それぞれ欠陥率1％以下，3％以下，6％以下および6％をこえるものに対応するので，余盛を削除した継手に対する各等級の疲れ強さは，無欠陥の場合の75％以上，55％以上，45％以上および45％未満程度と考えられる。

3.4.2 第2種の欠陥の等級分類　ASME Sec. IIIでは，スラグ巻込みに対する合否基準を板厚の1/3においている。したがって，これを2級相当とし，本文表14のように定めた。スラグ巻込みに関する実験結果を欠陥の長さと疲れ強さとの関係にまとめると，2級のものは疲れ強さが50～60％に低下する。

1級としてはISOの合否基準に従って板厚の1/4をとることとし，本文表14のように定めた。

3級に対しては強さよりもむしろ溶接技術の点から板厚の1/2として，本文表14のように定めた。

（２）ＵＴ検査実績

ａ．　本四（鋼床版現場溶接部）及び首都高（鋼脚現場溶接部）で実施したＵＴ検査の実績（報告書）を調査した。ＵＴを適用した橋種、部位、判定基準、検査ロット、抜取率、自動化、記録性について、下記の報告書に記載されている。

参照資料番号；Ｕ－１５，１６（本四）
Ｕ－１７（首都高）

要旨→ 本四のDルート吊橋3橋の鋼床版現場溶接継手に適用された自動UT検査（端部及び交差部は手探傷）は、検査率100%（従来のRT検査基準では約41%の検査率）及び下記に示す要領で決めた判定基準で実施された。

- 判定基準はRTの等級分類と少なくとも合否を合せることを第一義として決定している。
- 欠陥指示長さは欠陥実寸法に合せるため、試験片を用いた実験で求めた補正係数で補正している。

首都高のD31～34工区の鋼橋脚現場溶接継手に自動UTが適用された。検査率100%で、判定基準はL検出レベル2級以上を合格としている。UTを適用した理由の一つには、架設現場が住宅密集地域及び一般車両通行区域にあるため、放射線被爆に対する安全性を確保する必要があった。

本四Dルートの UT判定基準

自動超音波探傷検査で推定した欠陥の種類及び寸法を基に、合否を放射線透過試験と整合させるため、JIS Z 3104の1級，2級を合格、3級，4級を不合格とし、表5－1に示す判定基準（案）を作成した。

表5－1．鋼床版板厚12㎜の片面突合せ溶接の場合の判定基準（案）

| 合否 | 等級 | 自動超音波探傷検査で推定した欠陥の種類 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ブローホール | 面状欠陥 | 溶込み不良 | 割れ |
| 合格 | 1 | 基準レベル以下 | 長径ℓ≦3㎜ | 長さに関係なく不合格 | 長さに関係なく不合格 |
| | 2 | 長径ℓ≦3㎜ | 3＜ℓ≦4㎜ | | |
| 不合格 | 3 | 3＜ℓ≦6㎜ | 4＜ℓ≦6㎜ | | |
| | 4 | ℓ＞6㎜ | ℓ＞6㎜ | | |

：等級については、JIS Z 3104に準じて分類した。
：基準レベル以下とは、記録されたエコー高さ，映像が基準レベル以下の場合には欠陥としない。
：ℓは自動超音波探傷検査結果記録紙より測定した欠陥指示長さ
：欠陥の種類の判別が紛らわしい場合には、厳しい判定を行なうものとする。
：継手の合否は継手を250㎜間隔に分割し、各250㎜間隔毎に判定する。

表5－1．判定基準（案）において、ブローホールと面状欠陥の合否を欠陥指示長さ3㎜と4㎜に敢えて分けたのは、ブローホールと面状欠陥が超音波上判別できる事を前提にしたものであるが、この程度の欠陥の大きさでは、かなり困難であり、厳しい方に合わせて面状欠陥も欠陥指示長さ3㎜を超えた場合には、不合格とすべきではないかと言う考え方もある。

ちなみに、JIS Z 3060「鋼溶接部の超音波探傷試験方法及び試験結果の等級分類方法」では、L検出レベルの場合でも、欠陥の種類に関係なく、エコー高さの領域がⅡ，Ⅲで欠陥指示長さが9㎜を超えるものは3級としている。（2級までを合格とした時不合格となる。）

なお、欠陥の種類の判別については、各システムのマニュアルによるものとし、ここでは省略する。

b．　その他に自動ＵＴの適用例や今までに実施したＵＴ検査の実態（アンケート）を調査した。

参照資料番号；Ｕ－５，８

要旨→　ＵＴ検査は、上記の２例以外にラーメン橋脚の隅角部、トラス弦材の角溶接、Ｔ字，十字形完全溶込み部等、主にＲＴの適用が困難な部位に適用された実績がある。

（３）アンケート調査

a．　過去に橋建で実施した「鋼橋の溶接部に対する非破壊検査の現状」のアンケート結果を入手した。

参照資料番号；Ｕ－５

要旨→　ＲＴとＵＴの選択について橋梁メーカーの考え方は下記に示すような結果となっている。

アンケート

橋梁製作時に、
平板の突合せ溶接
部の非破壊検査を行
う場合、いずれの方
法を選びますか。

① ＲＴのみで十分である…28工場(58%)
② ＲＴとＵＴの併用がよい…18工場(38%)
③ ＵＴのみで十分である…２工場(４%)

| ＮＤＩ資格の種類 | | 全48工場中有資格者を有する工場数 | 全48工場の有資格者の総数 | 1工場で保有する最大有資格者数 |
|---|---|---|---|---|
| 特級 | | 7工場（15%） | 10名 | 3名 |
| ＲＴ | 1級 | 31 〃 （65%） | 71 〃 | 7 〃 |
| | 2級 | 45 〃 （94%） | 174 〃 | 16 〃 |
| ＵＴ | 1級 | 34 〃 （71%） | 76 〃 | 7 〃 |
| | 2級 | 48 〃 （100%） | 400 〃 | 23 〃 |

それぞれの回答理由を集約しますと、次の通りでした。

①の理由
◇ 示方書、客先仕様等の基準が明確である。
◇ 記録性に富む。
◇ 客先の信頼性が一番高い。
◇ 自動溶接で施工されるので品質が安定している。また、板厚は通常40㎜以下であり、ＲＴで十分対応できる。

②の理由
◇ 併用することで省力化できる。
◇ 使用板厚によって使いわけができる。
◇ 社内管理用にＵＴを併用
◇ 欠陥位置確認のためＲＴに併用

③の理由
◇ 安全性に優れている。
◇ 作業性が良く、工程への対応が早い。

ＵＴとＲＴの経済比較

アンケートのしめくくりに、ＵＴとＲＴをコスト面で比較していただきました。

橋梁の製作では、従来どちらかというと、ＲＴ主体であったためか、現時点では、単純に経済比較は難しいようです。

しかし、アンケートでは、いろいろの仮定や条件のもとではありますが、39対５でＵＴの方がコスト的に有利…という結果が出ました。その理由の上位５項目は、次の通りでした。

1）場所や時間の制約がなく、工程に左右されない。
2）ＲＴにくらべ設備が簡単で、一人作業が可能なうえ、検査能率がよい。
3）検査結果がその場ですぐわかる。
4）設備費や消耗品代が少なく、検査単価も安い。
5）Ｘ線被爆のような心配がなく、安全性にすぐれている。

一方、ＲＴの方が有利であるという理由の主なものは、次の通りでした。

1）記録性にすぐれ、検査結果が安定している。
2）過去の実績が十分である。
3）ＵＴが自動探傷で処理できれば良いがまだ開発途上であり、現時点ではＲＴの方が有利である。
4）検査会社を利用することで経済的に処理できる。

いずれにしろ、現状では、ＲＴへの依存度が高いためか、経済比較をするにはデータの持ち合せが少なく、感覚的な比較になったようです。

() 表　　自動探傷を橋梁製作に使用する場合の長所と短所
（　）内数字は回答件数

| 長　　所 | | 短　　所 | |
|---|---|---|---|
| • 記録性に優れている | (16) | • 短い検査長や継手端部で非能率でコスト高 | (13) |
| • 長い検査長で能率が良くコストが安い | (11) | • 探傷時間がかかりすぎ作業性が悪い | (9) |
| • 客先に対し説明が容易（説得力、客観性） | (6) | • 探傷部位が限定される | (7) |
| • 検査精度が良い | (5) | • 検査会社が少なく装置・検査料も高い | (4) |
| • 安全性が高い | (5) | • 検査方式によって評価が違う。規格の整備が必要 | (3) |
| • 技術者の能力に左右されず個人差が少ない | (4) | | |

## （4）他の研究会の活動状況

a．　現在、橋建をはじめとして他の研究会で、ＵＴの鋼橋への適用について、調査研究を実施しているところはない模様である。

（5）ＵＴとＲＴの比較

ａ．　欠陥検出能力等について、ＵＴ（手，自動）とＲＴの比較を調査した。
参照資料番号；Ｕ－６，７，１０，１２，１５，１６，１７

要旨→ＲＴ，手動ＵＴ及び自動ＵＴの欠陥検出能力等を比較すると以下のことが一般的にいわれている。

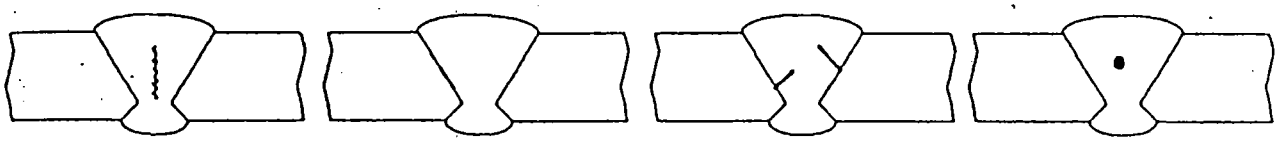
ＲＴ、手動ＵＴ及び自動ＵＴとの比較

◎：良い　○：普通　△：やや劣る　×：劣る

| 項目 | | Ｘ線試験（直接撮影法） | 超音波探傷（手探傷） | 自動超音波探傷（ＡＵＴ） |
|---|---|---|---|---|
| 原理 | 原理的方法 | 透過法 | パルス反射法 | パルス反射法 |
| | 物理的エネルギー | 電磁波 | 弾性波 | 弾性波 |
| | 欠陥における現象 | 健全部と欠陥部とでは透過線量が異なる。その程度は健全部と欠陥部の材質及び放射線透過方向の欠陥寸法に関係する。 | 健全部では反射波が生じないが、欠陥部では反射波が生じる。その程度は健全部と欠陥部の材質に関係する。 | 同　左 |
| | 情報の表示 | Ｘ線フィルム | ブラウン管 | ・ブラウン管<br>・チャート紙による記録 |
| | 表示の内容 | 健全部と欠陥部とでは写真濃度が異なる。 | 欠陥エコー高さ、欠陥位置を数値で表示 | Ａ、Ｂ、Ｃスコープによる表示 |
| 欠陥の検出 | 割れ | △　放射線の透過する方向に対し、ほぼ平行方向の割れは検出できる。一般的に透過方向と15°以上傾くと検出が難しい。 | ○　超音波の進行方向の平行に近い割れは検出できない事があるが殆ど検出できる。 | ○<br>同　左 |
| | ブローホール | ◎　微少な物以外は検出できる。 | △　球状のため反射波が得にくく検出しにくい。 | △<br>同　左 |
| | パイプ | ◎　検出できる。 | ○　欠陥の向きによっては検出できる。 | ○<br>同　左 |
| | 融合不良 | △　放射線の透過する方向に対し、角度を持つ場合が多く検出しにくい。 | ◎　面状欠陥の為、エコーが返り易く、ほぼ検出できる。 | ◎<br>同　左 |
| | 溶込み不足 | ○　欠陥の方向によっては検出しない場合もある。 | ◎<br>同　左 | ◎<br>同　左 |
| | スラグ巻込み（その他異物の巻込み） | ○ | ○　微細なもの以外検出できる。 | ○<br>同左 |

◎：良い　○：普通　△：やや劣る　×：劣る

| 項目 | | X線試験（直接撮影法） | 超音波探傷（手探傷） | 自動超音波探傷（AUT） |
|---|---|---|---|---|
| 試験機能 | 欠陥の種類の判別 | ○ | △ | △ |
| | 欠陥の形状の判別 | ◎ | △ | ○ |
| | 欠陥の寸法の判別 | ○ | △ | ○ |
| | 欠陥の平面位置 | ◎ | ○ | ◎ |
| | 欠陥の断面位置 | △ | ○ | ◎ |
| | 試験が出来る板厚の上限 | ○ | ◎ | ◎ |
| | 試験が出来る板厚の下限 | ◎ | △ | △ |
| | 片面からのみで試験が可能 | × フィルム脱着の為不可能 | ◎ | ◎ |
| | 記録の客観性 | ◎ | × | ◎ |
| | 試験の迅速性 | × 判定結果は翌日となる事が多い。 | ◎ その場で判定 | ◎ その場で判定 |
| | 装置の機動性 | △ 30～40kg | ◎ 7～8kg | △ 本体20～50kg 走行部2kg |
| 作業能率 | 検査速度（1チーム当り） | △ 20～30枚／日 | △ 20～30m／日 | ○ 20～30m／日 |
| | 1チームの人員 | 作業員 現像 計 3名＋1名＝4名 | 探傷 記録 計 1名＋1名＝2名 | 探傷 記録 計 2名 |
| | 1人当り作業量 | 5～7．5枚／人 | 10～15m | 10～15m |
| その他 | 作業環境（安全管理） | × 検査付近（半径5～7m）立入禁止 | ◎ 制限なし | ◎ 制限なし |



高温われ　融合不良　ウォームホール　ブローホール

| 高温われ | 融合不良 | ウォームホール | ブローホール |
|---|---|---|---|
| UT ＞ RT | UT ＞ RT | UT ＜ RT | UT ＜ RT |
| 厳しい判定 甘い判定 | 厳しい判定 甘い判定 | 甘い判定 厳しい判定 | 甘い判定 厳しい判定 |
| 面状欠陥 | | 丸みをおびた欠陥 | |

（6）その他

a．　自動ＵＴの機器及び性能について調査した。
参照資料番号；Ｕ－９，１４

要旨→探触子が自動的に動き、超音波画像（Ａ，Ｂ，Ｃスコープ）を自動記録する自動超音波探傷システムが開発されている。

## ２－２　問題点の整理

（１）ＵＴの採用を阻害する要因

a．　現在までＲＴで検査してきた実績に対して、欠陥検出能力、信頼性、記録性において、ＵＴが同等もしくはそれ以上であることを要求される

b．　ＲＴとＵＴとは、欠陥検出原理の違いから、検出結果を１対１に対応させることは容易ではないとともに、ＲＴの欠陥検出能力をＵＴが包含することはかなり難しい。
参照資料番号；Ｕ－６，１７

（２）ＵＴとＲＴの比較

a．　欠陥検出能力、記録性、安全性、経済性等について、ＵＴとＲＴを比較した場合、それぞれに長所、短所がある。特に、検出能力にすぐれている欠陥の種類がＵＴとＲＴでは異なるため、どちらが鋼橋の溶接部の検査に適しているかは一概にはいえない。

b．　同一の溶接部でＵＴとＲＴで検査結果を比較するとかなりの確率で同じ判定になる。（道示の判定基準）
参照資料番号；Ｕ－６，１０，１７

要旨→ＲＴとＵＴの欠陥検出能力及び判定の比較について、鋼床版のデッキプレート及び鋼橋脚のフランジ，ウェブの現場突合せ溶接部を対象とした試験体（故意に欠陥を発生させたもの及び施工試験体）と実橋の例を下記に示す。但し、実橋の場合、欠陥が少なく等級も１級もしくは２級のものが多いため比較がむずかしい面もある。尚、実橋の鋼床版溶接部でＵＴが不合格になった部分についてＲＴとの比較を行っているが、欠陥（指示）長さにバラツキがある。

## RTとUTの欠陥検出能力及び判定比較

今回の超音波探傷判定区間としては、放射線透過試験はフイルム有効長２５０㎜のうち、欠陥の一番密に存在する試験視野内*（□１０x１０㎜）で等級分類を行う事になっているため、放射線透過試験に合わせて溶接継手を２５０㎜区間に等分し、その区間毎について等級分類した。

放射線透過試験と超音波探傷検査の等級分類及び合否の合致率を表６－２に示す。

* JIS Z 3104の等級分類は、第一種の欠陥の場合には、試験部の全面積（フイルム有効幅）のうち、欠陥点数がもっとも大きくなる部分の試験視野内を対象とする。
試験視野は、母材の厚さ25㎜以下の場合には、□１０x１０㎜となっている。

表６－２．合致率表

| 検査会社 | 等級分類合致率 | 合否の合致率 |
|---|---|---|
| A 社 | ７５％ | １００％ |
| C 社 | ８０％ | ９５％ |
| J 社 | ８０％ | １００％ |
| R 社 | ８０％ | ９５％ |

：合致率％＝ＵＴによる等級分類，合否／ＲＴによる等級分類，合否x100
（対象区間２０区間）

次に、自動超音波探傷検査結果と放射線透過試験結果との対比をするため、自動超音波探傷検査により不合格欠陥と判定された箇所の一部についてＸ線フイルムを撮影した。その結果を表－６に示す。

また、自動超音波探傷検査が適用できない端部及び交差部（この検査後自動超音波探傷と同様記録が取れる半自動（ＳＵＴ）装置が開発され実用されつつある）において、手探傷を行った結果欠陥なし（等級１級）と判定された一部（端部8箇所，交差部38箇所）をＸ線フイルム撮影した結果、等級２級が４箇所，１級のうち欠陥検出が４箇所，無欠陥が３８箇所(82.6%)であった。その結果を表－７に示す。

表－６．自動超音波探傷検査結果と放射線透過試験結果との対比

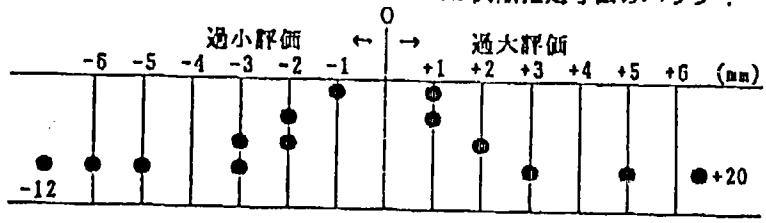
| 放射線透過試験結果 | | 自動超音波探傷検査結果 | | 欠陥長さの差 |
|---|---|---|---|---|
| 欠陥種類・欠陥点数・欠陥長さ | 等級 | 等級 | エコー高さ・欠陥指示長さ | (RT−UT) |
| ワレ--24㎜ | 4 | 4 | 50% ・ 25㎜ | -1㎜ |
| 溶込み不足--5㎜ | 4 | 4 | 30% ・ 10㎜ | -5㎜ |
| ブロホール(密集)--14㎜ | 4 | 4 | 85% ・ 13㎜ | +1㎜ |
| ブロホール(密集)--90㎜ | 4 | 4 | 95% ・ 85㎜ | +5㎜ |
| ブロホール(密集)--12㎜ | 4 | 4 | 75% ・ 10㎜ | +2㎜ |
| ブロホール(密集)--31㎜ | 4 | 4 | 100% ・ 25㎜ | +6㎜ |
| ブロホール(密集)--28㎜ | 4 | 4 | 75% ・ 25㎜ | +3㎜ |
| ブロホール(密集)--67㎜ | 4 | 4 | 100% ・ 65㎜ | +2㎜ |
| ブロホール(密集)--72㎜ | 4 | 4 | 100% ・ 60㎜ | +12㎜ |
| ブロホール(密集)-- 8㎜ | 4 | 3 | 50% ・ 5㎜ | +3㎜ |
| 検出されず | 1 | 4 | 55% ・ 20㎜ | -20㎜ |
| ブロホール(密集)--17㎜ | 4 | 4 | 100% ・ 21㎜ | -3㎜ |
| ブロホール(密集)--13㎜ | 4 | 4 | 100% ・ 15㎜ | -2㎜ |
| ブロホール -- 2㎜ | 1 | 1 | 35% ・ 3㎜ | -1㎜ |

表－7．超音波探傷１級（手探傷）と放射線透過試験結果との等級対比

| 箇所 | 箇所数 | 放射線透過試験 | | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| | | 等級 | 箇所数 | |
| 端部 | 8 | 1 | 6 | 欠陥なし 6箇所 |
| | | 2 | 2 | ブローホール1箇所，スラグ1箇所 |
| | | 3 | 0 | |
| 交差部 | 38 | 1 | 36 | 欠陥なし32箇所，ブローホール4箇所 |
| | | 2 | 2 | スラグ1箇所，パイピング1箇所 |
| | | 3 | 0 | |

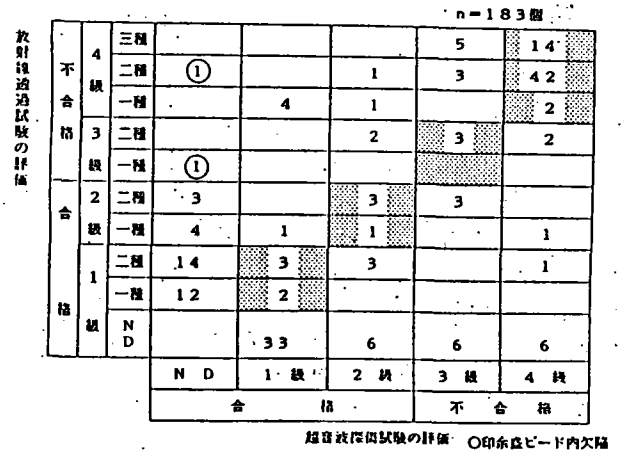
表－6から放射線透過試験結果の欠陥長さを正とし、自動超音波探傷検査結果の欠陥指示長さが過大評価あるいは過小評価であったかをグラフ－1に示す。

グラフ－1．欠陥長さ10㎜以上の欠陥推定寸法のバラツキ

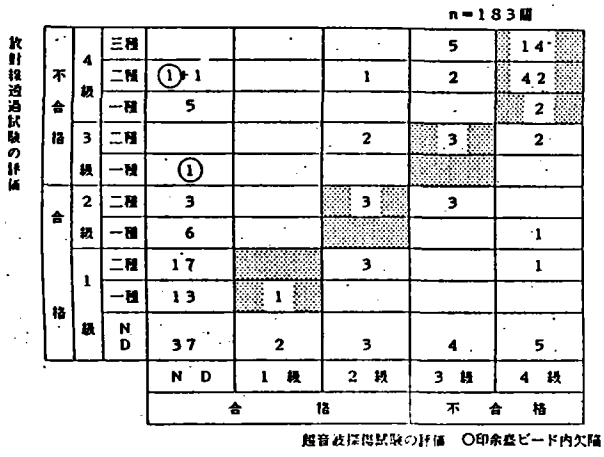



グラフ－1は、不合格欠陥となるような大きな欠陥で、放射線透過試験の等級分類，1，2級程度の欠陥長さに対しての欠陥推定寸法のバラツキは、±2㎜程度と思われる。

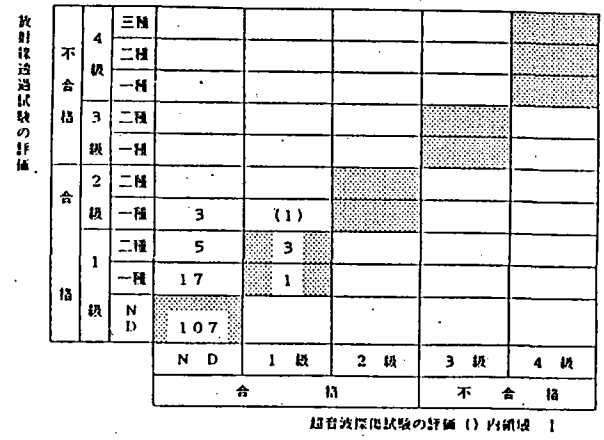
次に、等級分類結果の対比すれば、ＵＴ－４級１２箇所に対してＲＴ－４級が１１箇所とＲＴ－１級が１箇所であった。ＵＴ－３級１箇所に対してＲＴでは４級であった。ＵＴ－１級４７箇所に対してＲＴ－１級４３箇所とＲＴ－２級が４箇所であり、両等級の一致した箇所数は５４箇所９０％(54/60)が一致したことになる。一致しなかったもので大きく違ったものは、ＵＴ－４級のものがＲＴでは検出されなかったものが１箇所のみであった。



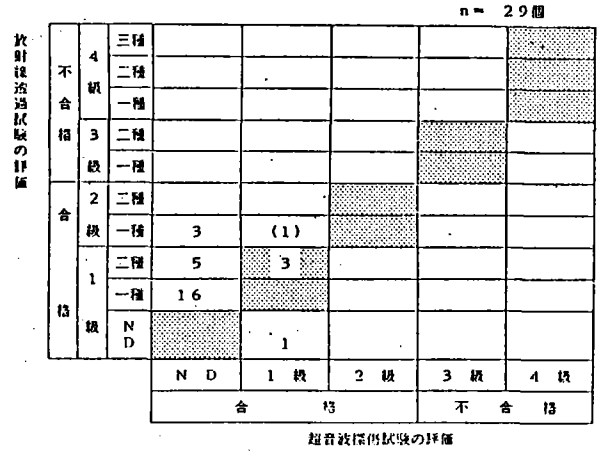

図－11．1　欠陥入り試験体におけるRT－UT対応実験結果（欠陥毎）L検出レベル



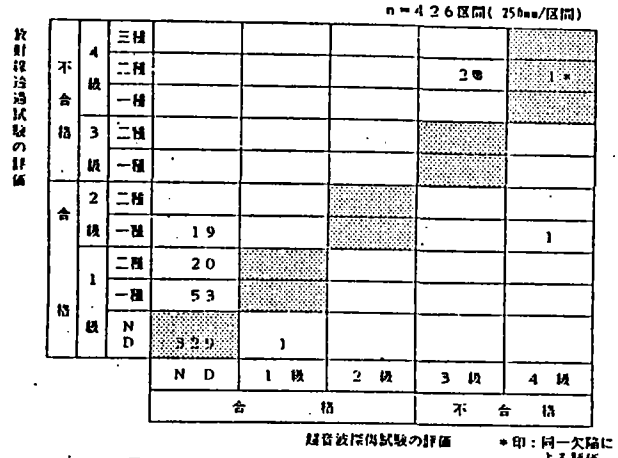

図－11．2　欠陥入り試験体におけるRT－UT対応実験結果（欠陥毎）M検出レベル




図－21．1　施工試験体におけるRT－UT対応実験結果（区間毎）




図－21．2　施工試験体におけるRT－UT対応実験結果（欠陥毎）




図－25　実機におけるRT－UT対応実験結果（区間）

## 3．　今後の研究課題

ＵＴとＲＴの比較（主として、ＲＴを基準にＵＴを評価する）を中心に記述してある報告書の多くは、ＵＴとＲＴは単純には優劣がつけがたいと結論しているため、現在、ＲＴを採用している道示を、ＵＴがＲＴの検出能力を包含することを示すことによって、ＵＴをＲＴと対等な位置付けに改訂することは困難であると思われる。

従って、今後の研究は、溶接部の要求継手性能を満足するためのＵＴ独自の検査要領を、下記の手順で定める方向に進める必要があると思われる。

（鋼橋技術研究会の特定部会「非破壊検査適合性研究部会」で研究を行う予定）

適用溶接部位（ＵＴを適用したい突合せ溶接部）の設定
↓
発生予想欠陥の種類（欠陥発生率）
↓
その溶接部の要求継手性能
↓
許容欠陥の程度
↓
非破壊検査の欠陥検出率
欠陥寸法推定精度（ＵＴ）　→　合格基準（検査率）

別紙－1　「ＵＴ検査の鋼橋への適用について」の資料リスト　（1／2）

| No. | 項　　目 | 種別 | 提供元 | 配布時期 | 頁数 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| U－1 | 研究計画 | 資料 | 川重 | 63/6 | 4 | |
| U－2 | 道示 | 基準 | 川重 | 63/6 | 3 | |
| U－3 | JIS Z 3060 | 基準 | 川重 | 63/6 | 16 | |
| U－4 | JIS Z 3104 | 基準 | 川重 | 63/6 | 8 | |
| U－5 | 鋼橋の溶接部に対する非破壊検査の現状 | 資料 | 川重 | 63/6 | 8 | |
| U－6 | RTとUTの溶接部欠陥検出比較について | 論文 | 川重 | 63/8 | 15 | |
| U－7 | 細長い欠陥でのRTとUTとの判定基準値の比較 | 資料 | 川重 | 63/8 | 2 | |
| U－8 | 自動UTの鋼橋への適用例 | 資料 | 川重 | 63/6 | 1 | |
| U－9 | 自動超音波探傷装置について | 資料 | 川重 | 63/6 | 18 | |
| U－10 | Dルート吊橋3橋 鋼床版現場継手の自動超音波探傷検査報告書 | 資料 | 川重 | 63/8 | 11 | |
| U－11 | 超音波探傷の概要 | 資料 | 川重 | 63/6 | 4 | |
| U－12 | 鋼床版現場溶接継手部の自動超音波探傷検査の適用 | 資料 | 川重 | 63/8 | 25 | |
| U－13 | 首都高「現場溶接施工管理要領」 | 資料 | 川重 | 63/8 | 2 | |
| U－14 | 自動ＵＴ機器のカタログ | 資料 | 宮地 | 63/8 | 15 | |
| U－15 | 鋼床版現場溶接継手の自動超音波探傷適用試験報告書 | 資料 | 宮地 | 63/8 | 65 | |
| U－16 | 鋼床版現場溶接部の超音波探傷について | 資料 | 宮地 | 63/8 | 50 | |
| U－17 | 自動超音波探傷検査及び放射線透過試験比較検討報告書 | 資料 | 宮地 | 63/11 | 162 | |
| U－18 | 道示改訂案 | 基準 | 川重 | 1/2 | 4 | |
| U－19 | 鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説 | 基準 | 川重 | 1/2 | 23 | |
| U－20 | 溶接部の超音波探傷検査基準（ＪＩＳ，道示，鉄骨の比較） | 資料 | 川重 | 1/2 | 2 | |

「ＵＴ検査の鋼橋への適用について」の資料リスト　（２／２）

| No. | 項　　目 | 種別 | 提供元 | 配布時期 | 頁数 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| U－21 | WES 2805 溶接継手のぜい性破壊発生に対する欠陥の評価方法 | 基準 | 日本製鋼 | 1/2 | 8 | |
| U－22 | 欠陥を有する突合せ溶接部の低及び中間サイクル疲労強度 | 論文 | 川重 | 1/4 | 34 | |
| U－23 | 鉄鋼溶接部の非破壊検査像とその機械的強度との関連性について | 論文 | 川重 | 1/4 | 28 | |
| U－24 | 昭和６３年度　研究結果 | 資料 | 川重 | 1/4 | 5 | |
| U－25 | 道示以外の鋼橋のＵＴ検査基準（鉄建公団,名古屋高速,道路公団,ＪＲ） | 資料 | 川重 | 1/9 | 3 | |
| U－26 | | | | | | |
| U－27 | | | | | | |
| U－28 | | | | | | |
| U－29 | | | | | | |
| U－30 | | | | | | |
| U－31 | | | | | | |
| U－32 | | | | | | |
| U－33 | | | | | | |
| U－34 | | | | | | |
| U－35 | | | | | | |
| U－36 | | | | | | |
| U－37 | | | | | | |
| U－38 | | | | | | |
| U－39 | | | | | | |
| U－40 | | | | | | |
| U－41 | | | | | | |
| U－42 | | | | | | |