

I - 6

超音波試験による溶接欠陥検出精度の評価

北見工業大学	学生員	久恒 雅人
北見工業大学	正 員	菅原 登
北見工業大学	正 員	山崎 智之
北見工業大学	正 員	大島 俊之

1. まえがき

先に筆者らは、鋼板に人工的にドリルホールを施した供試体について、超音波パルスエコー法による画像解析または波形解析などを行い^{1)・2)}、鋼構造部材中における定量的欠陥検出精度の向上を図ることを目的とした研究を進めてきた。一般の鋼構造部材は、継手部すなわち溶接部にブローホール、溶込み不足、融合不足、スラグ巻込み、割れなどの欠陥を発生しやすい。本研究では、これらの欠陥のうちブローホール、溶込み不足、スラグ巻込みについてそれぞれの欠陥を供試体の鋼板中に施し、X線写真、超音波パルスエコー法によるCスコープ画像解析及び欠陥部の断面を切断したマクロ組織の試験を実行して、放射線透過試験による方法と超音波試験による方法とを比較検討し、近年多様化及び複雑化してきた鋼構造物の安全性及び信頼性の向上に対する要望に応じて、人体への健康管理上影響のない超音波試験による溶接欠陥検出精度の評価について述べる。

2. 溶接欠陥部のX線透過試験、超音波試験及びマクロ組織試験

(1) 供試体の作製

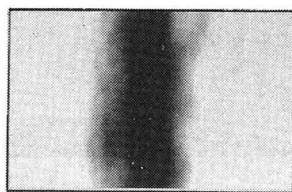
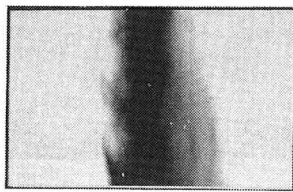
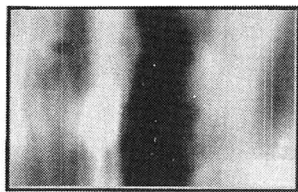
供試体は鋼板 (SS400, 100×150×11mm) を3層3パスで突合わせ溶接をし、裏溶接をした後表面及び裏面は切削仕上げをする。ブローホールは過大電流、不適当な運棒操作や溶接棒の不良、溶接部の急冷、ペイントや錆などの付着などが発生原因となるが、ここでは半自動溶接により2層目にシールドガスをいれなくて、アーク雰囲気中に直接大気が入る溶接をした。溶込み不足については、過小電流、不適当な運棒速度、開先角度の狭小などが発生原因となるが、ここでは半自動溶接により2層目で電流を過小にして溶込み不足の溶接をした。スラグ巻込みについては、前層溶接表面の不十分なスラグの除去、不適当な運棒操作などが発生原因となるが、ここでは手溶接により被覆アーク溶接棒を使用して2層目でスラグを除去しないでスラグの巻込み溶接をした。

(2) X線透過試験、超音波試験及びマクロ組織試験

放射線透過試験は、線源の種類や感光材料などにより微妙に欠陥写真に影響を及ぼすが、ここでは線源はX線を用いた。超音波試験は超音波探傷映像装置 (日立建機社製AT-5000、焦点型探触子2.5MHz、水浸法) により、欠陥部の数箇所を20×15mmの範囲について、ゲインを25~45dBとして、底面のエコー強度あるいは界面のエコー強度をCスコープ画像解析した。マクロ組織試験では欠陥部の切断面を十分研磨し、5%の希薄硝酸液中に浸した後肉眼で欠陥を確認し、それらを写真撮影した。これら欠陥部のX線による透過写真、超音波試験による底面エコー強度及び界面エコー強度による画像、またマクロ組織の写真などの一例は図1、図2及び図3の通りである。

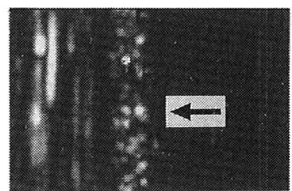
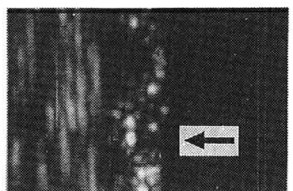
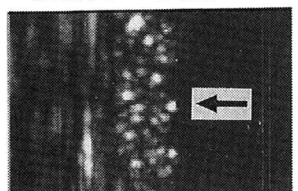
図1 ブローホールの画像，マクロ組織写真及びX線写真

(scale --- 2.4mm)



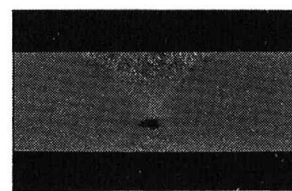
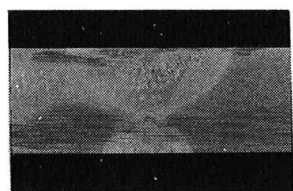
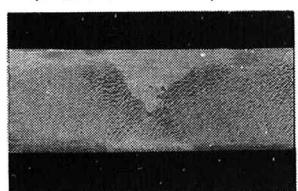
(a) 底面波
による画像

(scale --- 2.4mm)



(b) 界面波
による画像

(scale --- 3.4mm)

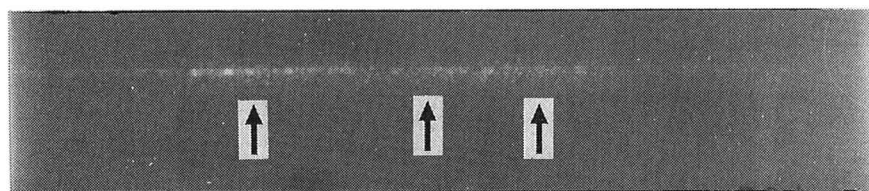


(c) マクロ組織
写真

断面 A

断面 B

断面 C



(d) X線写真

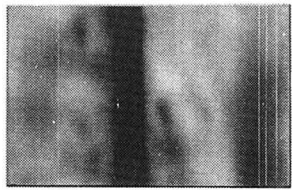
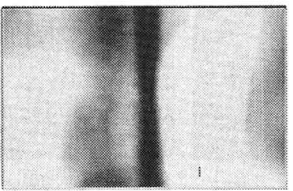
A

B

C

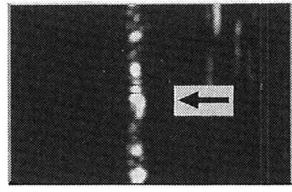
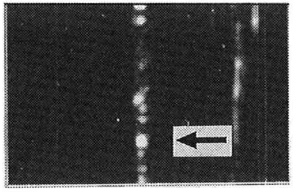
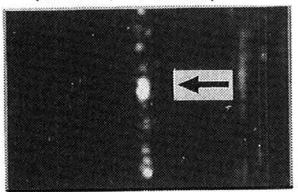
図2 溶込み不足の画像，マクロ組織写真及びX線写真

(scale --- 2.4mm)



(a) 底面波
による画像

(scale --- 2.4mm)



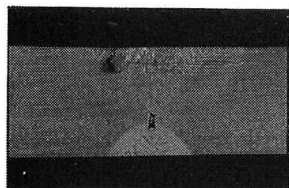
(b) 界面波
による画像

断面 A

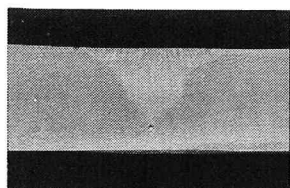
断面 B

断面 C

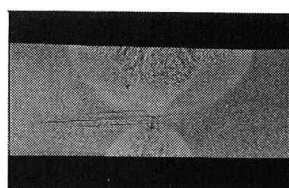
(scale $\rightarrow$ 3.4mm)



断面 A

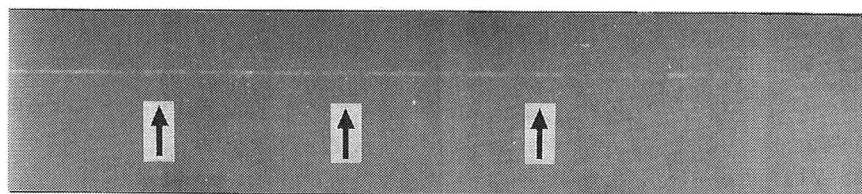


断面 B



断面 C

(C) マクロ組織
写真



A

B

C

(d) X線写真

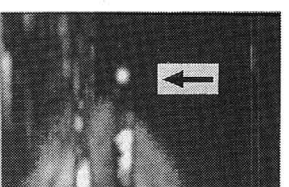
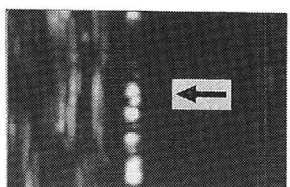
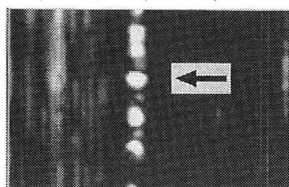
図3 スラグ巻込みの画像、マクロ組織写真及びX線写真

(scale $\rightarrow$ 2.4mm)



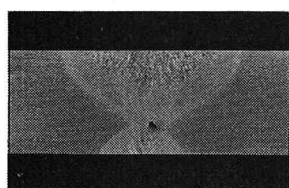
(a) 底面波
による画像

(scale $\rightarrow$ 2.4mm)

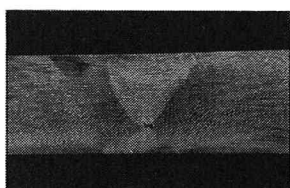


(b) 界面波
による画像

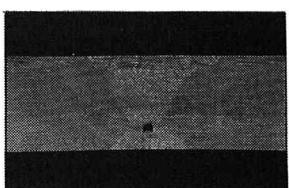
(scale $\rightarrow$ 3.4mm)



断面 A

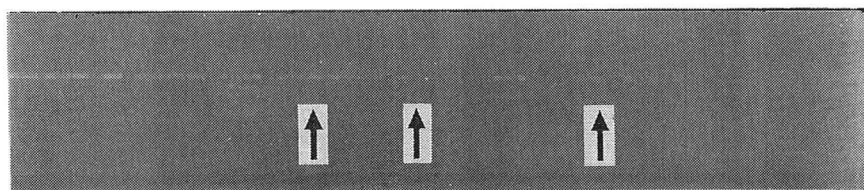


断面 B



断面 C

(c) マクロ組織
写真



A

B

C

(d) X線写真

(3) 考察

図1、図2及び図3からそれぞれの欠陥について次のことが考察される。

1) ブローホール

X線による透過写真では、ブローホールと推定される陰影が点在するが、これからのみで欠陥の種別を明白に識別することは難しい。一方、超音波試験の底面エコー強度の画像からも、欠陥部に太い線状の黒い陰影が見られるが、これからも直ちに欠陥の種別を識別することは難しい。この底面エコー強度の画像の太い線状の黒い陰影は、超音波は一本のビームではなく束状で放射されており、ブローホールのサイズが、その束状の径よりも小さい場合には、欠陥の形状を精度良く画像解析することは不可能であり、全体にぼやけて太い線状の黒い陰影に現れたものである。しかし、界面エコー強度による画像からは、マクロ組織試験の写真と対比して、丸みを帯びたブローホールの溶接欠陥を見ることができる。

2) 溶込み不足

X線による透過写真及び超音波試験の底面エコー強度の画像から、共にビードの中心線に沿って線状の陰影が見られるが、これはルートにおいて溶込み不足があることを現している。しかし、超音波試験の界面エコー強度の画像から、溶込み不足の位置や大きさなどを、マクロ組織試験の写真と対比して、より精度よく見ることができる。

3) スラグ巻込み

X線による透過写真及び超音波試験の底面エコー強度の画像から、共に不規則な陰影が見られるが、これはスラグの巻込みを現している。しかし、超音波試験の界面エコー強度の画像から、スラグの巻込みの位置や大きさなどを、マクロ組織試験の写真と対比して、より精度よく見ることができる。

3. あとがき

以上の試験から、X線透過写真はブローホール、溶込み不足、スラグ巻込みなど、欠陥の存在を見ることができるが、これら欠陥の種別及びその形状を明白に識別することは難しい。超音波試験は、底面エコー強度の画像及び界面エコー強度の画像を併用して、ブローホール、溶込み不足、スラグ巻込みなどの欠陥を、X線透過試験よりはより精度よく具体的に識別することができる。

これらから、X線透過試験及び超音波試験は、共に非破壊試験としては有効であるが、前者は線源の種類や感光材料などとの組み合わせにより、欠陥写真に影響を及ぼすだけでなく、その上高度な熟練を要する。また、人体への被爆について慎重な配慮をしなければならない。一方、後者は数日間で超音波試験装置の操作を習得することが可能であり、また人体への影響を心配する必要はない。その上、底面エコー強度の画像及び界面エコー強度の画像を併用することにより、かなり微細な欠陥をも精度よく検出することが可能であり、構造物の使用目的あるいは構造物の重要度などに対応した欠陥検出の評価ができる。

なお、本研究は平成5年度文部省科学研究費一般研究C（代表者・大島俊之）の補助を受けました。また、実験及び資料の整理については北見工大土木工学科学学生阿部、沖野、長尾、二俣君らの協力を得ました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 菅原、三上、山崎、大島：波形解析を応用した超音波探傷法の微小欠陥検出精度向上に関する研究、構造工学論文集 Vol. 38A、1992
- 2) 菅原、山崎、寺田、大島：超音波探傷画像における欠陥検出精度の検討、土木学会北海道支部論文報告集、第48号、1992