

超音波探傷による塑性域追跡の高精度化に関する研究

北見工業大学	正員	山崎 智之
北見工業大学	正員	菅原 登
㈱構造技研		工藤 茂
北見工業大学	正員	大島 俊之

1. まえがき

近年、橋梁などの鋼構造物の架け替えや補修が盛んに行われている。このため供用されている構造物の安全性や健全度を現地で評価しなければならないが、その項目の一つとして隅角部や亀裂周辺部の応力集中による塑性域進展の状況を把握することが上げられる。これまで、筆者らはV型切欠きを設けた鋼材に引張荷重を載荷させた状態で超音波探傷を行い、得られた超音波反射エコーの音圧強度を画像化して弾塑性状態での材料変化を検出するための実験を行ってきた。本研究では、この画像における変化と鋼材の塑性域の範囲について、より精度良く正確に把握し、その現象の要因を把握するため、超音波反射波形を数値データとして記録し超音波の伝播時間及び鋼材の厚さの変化を正確に測定した。

2. 超音波反射波形による超音波伝播時間と板厚の測定

実験に使用した供試体は、長さ300mm、幅80mm、厚さ6mmのSS41鋼材に長さ方向の中心部に切欠き角度90°、切欠き深さ20mmであるV型切欠きを人為的に設けたものを作製した。この供試体の長手方向に万能試験機で引張荷重 9tfまで載荷させ、除荷したものを使用した。

超音波伝播時間の測定は超音波探傷映像装置（水浸用焦点型垂直探触子25MHz、日立建機社製）及び波形記録装置デジタル・ストレージ・オシロスコープ（DSO、フィリップス社製）を用いて超音波反射波を数値データとして記録し、表面反射波と底面反射波の最大振幅受信時間間隔を伝播時間とし測定した。

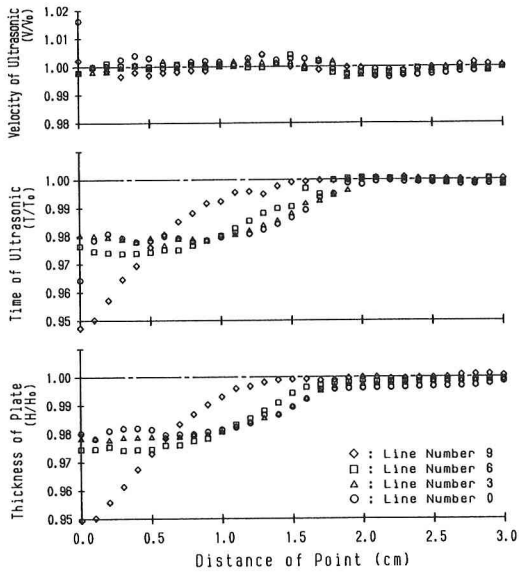
板厚の測定はポイントマイクロメーター（測定単位：0.01mm）とリニアゲージセンサー（測定単位：0.004mm）を用い、基準点をマイクロメーターで測定し、その他の点はゲージセンサーで表底面の凹凸を測定し計算により厚さを算出した。

測定範囲は、供試体形状が対称であることより供試体中心で4分割し、中心から長手方向30mm、幅方向30mmの範囲を測定した。測点の間隔は幅方向をLINE NUMBERとし長さ方向をPOINT NUMBERとし、LINE間隔を2mmで16LINE(0～15LINE)、POINT間隔を1mmで31POINT(0～30POINT)とした（切欠き部分は除く）。

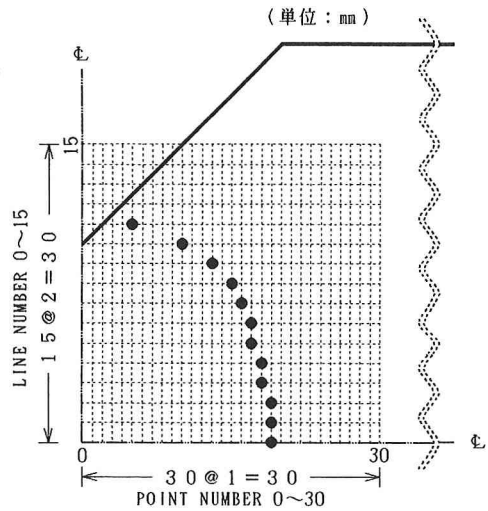
3. 測定結果

図-1は板厚、伝播時間の測定結果と、その結果から算出した超音波速度の一例である。載荷前の状態と比較するため、縦軸は載荷前の測定値（引張荷重0tf, H_0 , T_0 , V_0 ）と載荷後の測定値（引張荷重9tf, H , T , V ）との比で表している。横軸は供試体中心からの距離(POINT)を表している。また、図中のマークは供試体中心から幅方向の距離(LINE)を表し、○はLINE9(0mm)、△はLINE3(6mm)、□はLINE6(12mm)、◇はLINE9(18mm)である。図-2は載荷後に板厚及び伝播時間が変化している部分と変化していない部分の境界上の POINTを表している。図-3は同じ供試体で超音波探傷を行い、得られた超音波反射エコーの音圧強度を256階調の濃淡で表したCスコープ画像である。

板厚測定結果から塑性歪による板厚変化（板厚が薄くなっている部分）が弾性域と塑性域の範囲を示している。また、鋼材中の伝播時間についても板厚変化と同様な変化を示しており、板厚の影響から伝播時間が短くなっている部分が塑性域の範囲であることを判断できる。しかし、超音波速度についてはほぼ一定の値



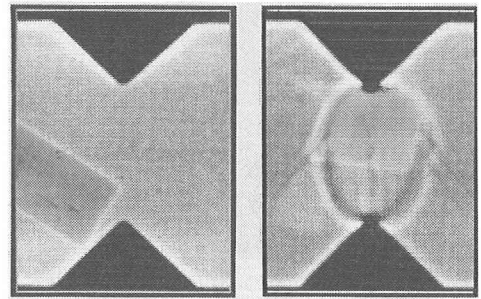
図－1 板厚と超音波伝播時間の測定結果
及び超音波速度



図－2 測定結果による弾塑性境界

(5880±20 m/s)を示しており弾性域と塑性域の違いは見られなかった。

以上の板厚及び伝播速度の結果から判断される弾塑性域境界の位置（図－2）と図－3の探傷画像における音厚強度の変化している位置（切欠き先端部分から広がっている輪形）がほぼ一致していることから、超音波探傷で得られる超音波反射波エコーの音圧強度の変化が十分に弾塑性境界を現していることがわかる。



(a) 0tf

(b) 9tf

図－3 超音波探傷画像

(60×82mm, pitch 0.2, scale 1→9.6mm)

4. あとがき

超音波の伝播時間（路程データ）や反射エコーの音圧強度（強度データ）を測定することより、ほぼ正確な塑性域の範囲を判断することができる。しかし、今回は表面を平に処理した部材を用い、探触子は周波数が25MHzである分解能の高いものを使用したため、塑性歪による小さな変化を判別できるが、その反面実在構造部材などの表面状態の影響を受け誤差を生じやすくなると考えられる。今後、より正確な塑性域の判定をするため、この両者のデータを合わせたデータ処理や適正な機材の選択をすることを考えている。また、材料の塑性化による性質の変化と超音波の関係について検討する必要がある。

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) 山崎、菅原、大島、三上: 画像処理を応用した切欠き周辺の塑性域進展の解析, 土木学会第47回年次学術講演会, 1992.