

資源環境技術総合研究所

正会員 緒方雄二

新エネルギー・産業技術総合開発機構

榊井 明

同 上

久保田士郎

資源環境技術総合研究所

和田有司

同 上

正会員 瀬戸政宏

同 上

正会員 勝山邦久

1. まえがき

爆発圧着法は、爆薬の持つエネルギーを利用して瞬時に金属材料等を圧着する技術としてグラッド材の合成方法として実用化されている。また、パイプラインの接合技術として研究開発が進められている。爆発圧着法は、接合する母材と合材の間に一定の距離を置き、爆薬の爆轟によるエネルギーで合材を数百 m/s 程度に加速させることで、母材に衝突接合させる方法である。この方法は、油圧機械等を用いる静的な圧着方法と比較して、①溶融点あるいは熱膨張等の金属物性値の異なる金属材料の接合可能、②圧着強度が大きい、③複雑な機械設備が不要あり、圧着が短時間で行える等の利点がある。しかし、爆薬の爆轟エネルギーを圧着に利用するため、合材となる飛翔体の制御および母材の変形制御、圧着時の振動・騒音等の問題があり、一般的な方法としては利用されていない。

本研究では、爆発圧着法による鋼管の修復技術の基礎的研究として、エマルジョン爆薬を用いた圧着実験から鋼管への合材の圧着性と鋼管の変形制御について検討した。また、合材の飛翔状態については高速度カメラを用いて検討した。

2. 実験方法

2. 1 鋼管への圧着実験

鋼管への圧着実験の概略を Fig.1 に示す。実験では中圧ガス管(内径 205mm、外径 215mm、肉厚 5mm)を母材として、合材(SS400、幅 25mm、長さ 100mm、厚さ 1.5mm)とエマルジョン爆薬を設置し、合材と母材の距離(以下スタンドオフ)を設けて爆発圧着実験を行った。スタンドオフ(0、2、5、10mm)と装薬量(20～50g)による合材の圧着性と母材の変形について検討した。エマルジョン爆薬は、箱形(幅 25mm、長さ 100mm、高さ 6～15mm)に成形し、圧着用の爆薬として使用した。爆薬の起爆は、6号瞬発電気雷管を用いた。また、一般に爆轟圧力は、爆薬の充填密度と爆轟速度の二乗に比例することから、エマルジョン爆薬の爆轟速度を把握することが重要である。また、エマルジョン爆薬は、薬量により爆轟速度が変化することから、イオン探針法により起爆点から 50～90mm 間の

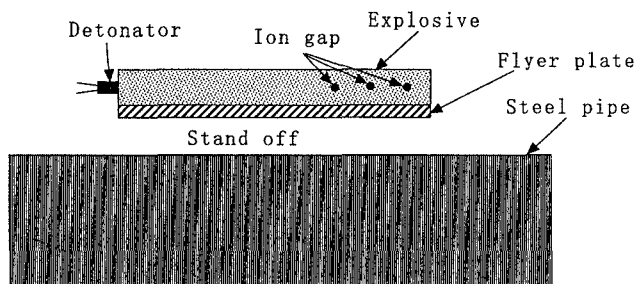


Fig.1 Experiment of explosive jointing

キーワード: 爆発圧着、緊急修復、エマルジョン爆薬

連絡先: 〒305 つくば市小野川 16-3 TEL 0298-58-8564 FAX 0298-58-8558 E-mail yujioga@nire.go.jp

3点における平均爆轟速度を同時に計測した。

2. 2 合材の飛翔状態の観測実験

爆発圧着法による圧着状態を制御する重要な要因は、合材の飛翔速度と形状である。このため、高速度カメラを用いて、合材の飛翔速度と飛翔形状について観察した。実験では高速度カメラ（Cordin 社製フレーミングカメラ 124（撮影速度： $10^5 \sim 2.5 \times 10^6$ FPS、撮影駒数：26 駒））を用いて爆薬によって駆動される合材の飛翔状態を観察した。高速度カメラによる観察では、合材の移動状況を十分に観察できるように 5×10^5 FPS（駒間 $2 \mu s$ ）の撮影速度で、爆轟進行方向の正面と側面から観察した。また、撮影用の光源としては、クセノンフラッシュ（4kV 以上）を用いた。観察では、爆薬の爆轟生成ガスの影響で合材の飛翔状態が観測できないため、ガスの進入を防止する方法として爆薬と合材の間に銅板（長さ 180mm、幅 180mm、厚さ 1mm）を介在させた。

3. 実験結果および考察

Fig.2 にエマルジョン薬の装薬量（20 ～ 50g）による爆轟速度の計測結果を示す。装薬量の増加に伴い爆轟速度が速くなり、30g 以上で安定した爆轟状態を示す。また、装薬量 20g では、約 2,500m/s となり完爆しない場合があった。Fig.3 に装薬量とスタンドオフによる鋼管の変形量の関係を示す。合材の圧着性については、スタンドオフ 0mm のすべてと 2mm 装薬量 20g の場合に圧着しない。

スタンドオフ 0mm の場合には、既に合材と母材

が接触しているため、合材が加速されないため、2mm 装薬量 20g では、スタンドオフが短くて合材を圧着するのに十分な飛翔速度が得られないためと思われる。装薬量に対する鋼管の変形量については、装薬量が多くなると鋼管の変形量も大きくなる。これは、装薬量の増加に伴い爆薬による加圧が大きくなり、合材の飛翔速度が大きくなるためと思われる。また、スタンドオフが大きくなると変形量は小さくなるが、5mm と 10mm ではほとんど同じ程度になる。これは、スタンドオフ 5mm 程度で爆薬による合材の加速段階が終了し、合材が同程度のエネルギーを持って鋼管に衝突するためと思われる。さらに、高速度カメラによる観測結果から爆薬の爆轟進行に伴い合材が加速されて、下方向に移動する様子が観測できた。合材の変形は中央部から始まる。

4. まとめ

爆発圧着法による鋼管修復技術の基礎的研究として、今回の実験条件では薬量 20g スタンドオフ 5mm で母材の変形量が最小となることを確認した。また、高速度カメラによる観測から合材は母材に数百 m/s 以上の高速度に加速されて飛翔する。

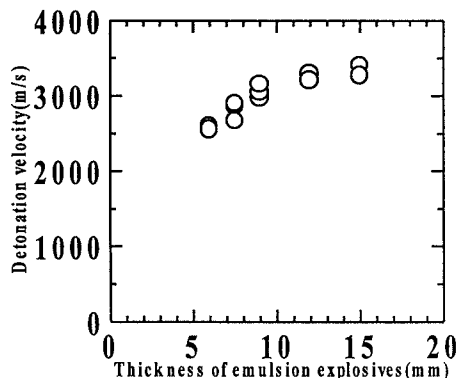


Fig.2 Detonation velocity of emulsion explosive

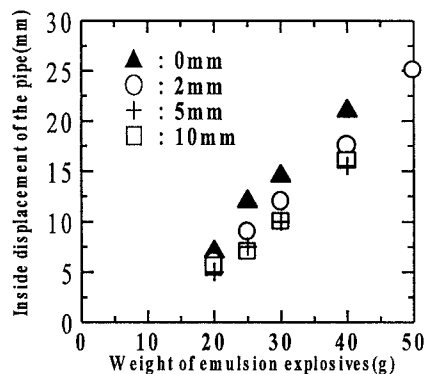


Fig.3 Pipe deformation with emulsion explosives