

パイプラインの爆発圧着修復における変形制御について

広測コンサルタント 設計部	正会員	○ 梶井 明
資源環境技術総合研究所 安全工学部	正会員	緒方雄二
九州大学 工学部 資源工学科	非会員	久保田士郎
資源環境技術総合研究所 安全工学部	非会員	和田有司
同 上	正会員	瀬戸政弘
同 上	正会員	勝山邦久

1. まえがき

阪神大震災以後、ライフラインの耐震構造が強化される一方では、省力化された災害復旧技術の開発が課題となっている。大規模災害にあっては、ガスや水道パイプラインの鋼管破損箇所を暫定的にでも緊急補修することによって、被災地域の生活基盤と経済活動を維持することが必要である。爆薬の爆発エネルギーを利用した場合、金属を瞬時に接合させることが可能であり、破損鋼管の部分修復方法として、省力的な復旧技術への応用が考えられる。今回は、産業用エマルジョン爆薬を用いた鋼管の爆発圧着実験を行い、金属合材の圧着性を実験的に確認するとともに、爆発圧着時の鋼管変形を抑制する方法についても検討した。

2. 実験方法

2. 1 鋼板の圧着性と鋼管変形

箱形に成形した産業用エマルジョン爆薬 25g および 30g を合材鋼板（鋼規格 SS400：幅 25mm×長さ 100mm×厚さ 1.5mm および 3.0mm）上に密着させ、図-1 の様に母材鋼管（中圧ガス鋼管、外径 215mm 肉厚 5mm）との距離（スタンドオフ）を 0、2、5 および 10 mm まで変化させて一端より 6 号瞬発雷管で起爆し、合材鋼板の圧着性と圧着による鋼管変形を調べた。また、爆発圧着法においては爆速値の変化が重要であり、爆薬量による爆速変化を起爆位置から 5-9cm 間のイオン探針により測定した。

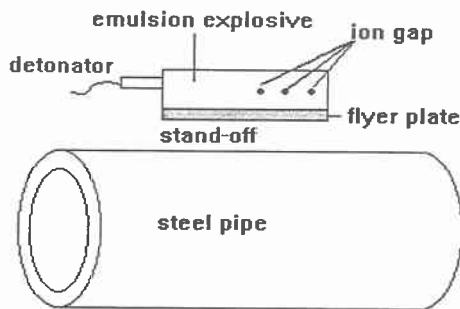


図-1 爆発圧着の実験配置図

2. 2 鋼板の飛翔速度と飛翔形状

爆薬量 30g、40g および 50g の場合について合材の（厚さ 1.5 mm）飛翔過程を、撮影速度 50 万 FPS (2 μ s/コマ) にて高速度撮影（Cording 社製フレーミング 124 カメラ使用）した。撮影では、爆轟ガスによる影響を除くため、飛翔合材と爆薬の間に防煙用の銅板（180×180×0.5 mm）を置いた。合材鋼板中心の飛翔速度は、連続写真画像をコンピュータ上で処理して求めた。

3. 実験結果および考察

3. 1 圧着条件と鋼管変形

各爆薬量における圧着結果を図-2 に示す。どちらの爆薬量においてもスタンドオフが 0 mm では圧着しなかった。鋼管の変形量はスタンドオフの増加とともに減少し、スタンドオフが 5mm 以上で概ね一定となった。合材厚さの違いによる鋼管変形の程度は、どちらの爆薬量についても厚さ 3mm の場合の方が小さくなったが、両方の差はスタンドオフ 5mm 以上において縮まっている。また、厚さが同じ合材では、爆薬量 25g と 30g による変形量の差はスタンドオフに拘わらず等しく、それぞれ約 2.5mm と約 4.5mm

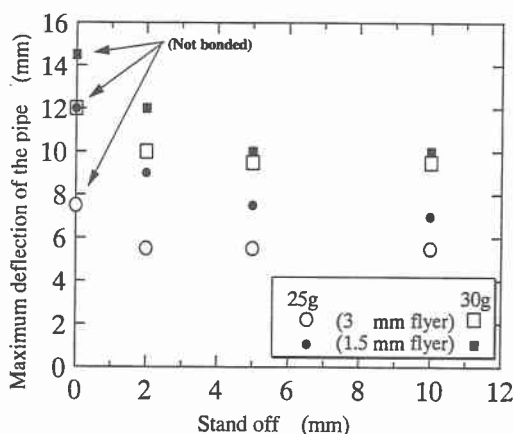


図-2 スタンドオフ・爆薬量・合材厚さに対する鋼管の変形

となり、爆薬量が多いほど鋼管の変形量は大きくなった。以上の結果から、爆発圧着は合材と母材の金属が重なり（スタンドオフが 0mm の場合）単に衝撃的に加圧されることで圧着が行われるのではなく、合材にある程度の飛翔速度が必要であることが判った。また、スタンドオフ 0mm では、合材厚さの増加によって断面係数が大きくなり（曲げへの抵抗が増す）、母材側の鋼管にたいしては変形を妨げたと考えられる。

3. 2 合材の飛翔形状と飛翔速度

爆薬量 40g における、飛翔中の合材を正面から高速撮影した図-3 によれば、爆薬の爆発によって加速された合材の断面が下方にわん曲することが認められる。合材厚 3mm の場合に鋼管変形が低下したのは、厚い合材ほど曲げ抵抗が大きくなり、飛翔中のわん曲が小さくなったため母材の鋼管が衝突時に受けた応力集中が低下したものと推測される。図-4 は飛翔中の合材の中心における鉛直方向の位置変化を示した。飛翔距離 2mm 以下では曲線の勾配はゆるやかに増加し（合材の加速段階）、その後急に急上昇した後、時間の経過とともに 5mm 以上では一定の勾配（定速度段階）に近づくことが分かった。このことから、合材の飛翔速度はスタンドオフがゼロに近い段階では低く、その後急上昇したのち速度が概ね一定に近づくと考えられる。また、薬量が 30g、40g および 50g の場合、飛翔距離 5mm 以上における平均飛翔速度は、それぞれ 380 m/s、480 m/s および 630 m/s くらいとなり、平均飛翔速度は爆薬量の増加に対して概ね比例する結果になった。

4. まとめ

爆薬による金属接合を利用して、破損パイプラインの修復を省力化する方法について検討するため、鋼管表面における爆発圧着の基礎的実験を行った。その結果は以下の様にまとめられる。

(1) 合材を加速するためにはスタンドオフが必要であり、同一爆薬量で母材の鋼管変形を小さくするためには、スタンドオフを 5mm 以上とる必要がある。

(2) 合材は、ほぼ爆薬量に比例する飛翔速度まで加速され、爆薬量が多いほど圧着性は高まるが鋼管の変形は大きくなる。そして、合材の厚さが同じ場合、爆薬量の違いによる変形量の差は、スタンドオフに拘わらず概ね等しくなった。

(3) 同一爆薬量では、合材厚さが増加するほど鋼管変形量は減少するが、スタンドオフ 5mm 以上において、厚さの違いによる変形量の差は小さくなった。

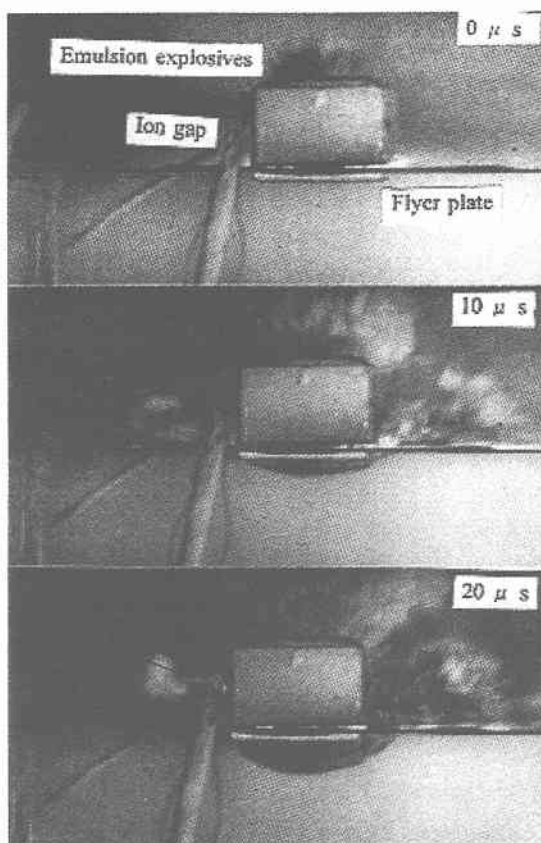


図-3 正面高速度写真による合材の飛翔状況

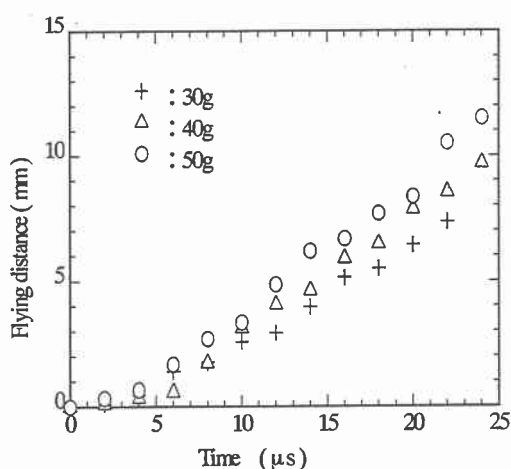


図-4 合材中心の飛翔過程における位置変化