

異なる樹脂材料から成るガス管の耐衝撃性能に関する基礎検討

西部ガス株式会社 正会員 ○中山 歩 九州大学大学院 正会員 玉井 宏樹

九州大学大学院 フェロー会員 園田 佳巨 九州大学大学院 学生会員 神川 創太

1. 緒言

現在、ガス管として広く普及している中密度ポリエチレン管（以降、MDPE 管と称す）は、ガス事業者以外による工事で損傷する事故が発生しており、現行の MDPE 管に対して行う防護措置の検討とともに、鋼管のように管自体の強度によって事故による損傷に耐えることを目的としたガス導管の材料が期待されている。過去の検討では、まず現行の MDPE 管自体の耐衝撃性能を把握するために、固定した MDPE 管に対して鉛直下向きに重錘を落下させる落錘式衝撃実験を行った。そして本研究では、新たなガス導管の材料として可能性のある高密度ポリエチレン管、ポリアミド管（以降それぞれ HDPE 管、PA 管と称す）の耐衝撃性能を明らかにするとともに、MDPE 管と比較検討を行うために、MDPE 管に対して行った実験と同様の条件で落錘式衝撃実験を行った。

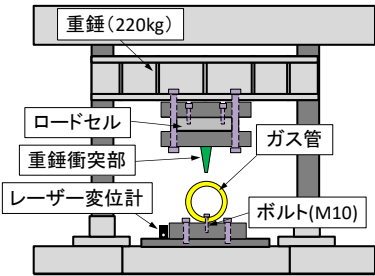


図-1 落錘式衝撃試験概要図

2. 衝撃実験概要

2.1 供試体について

PE 管は優れた可撓性、耐腐食性、施工性等の特徴を持つ。HDPE に関しては、密度が大きくなることで MDPE に比べて耐熱性、剛性が上昇するが、伸びは減少することがわかっている。PA 管は PE 管より優れた耐衝撃性能等の特徴を持ち、海外で多数の施工実績が有る。

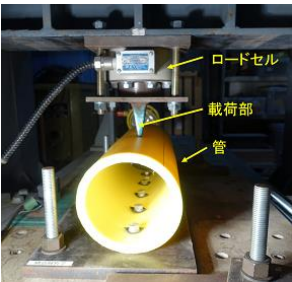
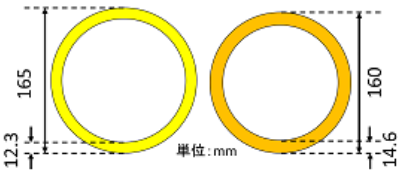


図-2 供試体設置状況

2.2 落錘式衝撃実験について

MDPE 管、HDPE 管、PA 管の耐衝撃性能を明らかにするために、落錘式衝撃装置を用いて衝撃実験を実施した。図-1 に衝撃試験装置の概要、図-2 に供試体設置状況を示す。対象とした MDPE 管は、軸方向長さ 500mm で一般的に用いられている管種 1 号 U の口径 150 である。HDPE 管、PA 管に関しては、MDPE 管と同様の規格が存在しないため、図-3 に示す規格を使用した。载荷条件は、実物のバケット先端を模した器具を取り付けた鋼製重錘を供試体のスパン中央に所定の高さから自由落下させ単発衝突を与えるものとし、供試体は衝撃载荷時の回転やはねあがり を 防止するために管の底面を M10 のボルトで底板に固定した。この時衝突速度は、過去の検討から事故で起こり得る最大の衝突速度である 3m/s を参考に設定した。測定項目は重錘衝撃力、重錘変位量とした。衝撃力は重錘側に取り付けたロードセル（容量 100kN、応答周波数 0.9kHz）により計測した。重錘変位量は底板に固定したレーザー変位計により計測した。実験ケースは表-1 に示す通りである。



(a) MDPE (b) HDPE, PA

図-3 管の断面寸法

表-1 実験ケース

载荷方法	詳細
単発	処女衝突速度2m/s 以降、貫通破壊が生じるまで 0.5m/sずつ増増载荷
繰り返し	衝突速度2m/sで一定とし、 貫通破壊が生じるまで 繰り返し衝突させるものとした

キーワード ポリエチレン管、ポリアミド管、衝撃実験

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 ウェスト 2 号館 1102 号室 TEL092-802-3370

3. 結果及び考察

3.1 単発衝撃時の比較

図-4 に衝突速度 2m/s 時の重錘衝撃力波形の比較、図-5 に重錘変位量-時間関係の比較を示す。最大衝撃力は MDPE 管が 12.6kN、HDPE 管が 20.2kN、PA 管が 29.3kN であり、MDPE 管より HDPE 管は約 1.6 倍、PA 管は約 2.3 倍大きな値を示した。衝撃継続時間については、MDPE 管より HDPE 管は約 0.58 倍、PA 管は約 0.46 倍となった。図-5 でも HDPE 管と PA 管が MDPE 管より小さな変位を示しているように、PA 管、HDPE 管、MDPE 管の順に衝撃荷重に対してより硬く、変形しにくい性質を持っていることがわかった。

図-6 にはガス管の品質評価に用いられる管厚変化率の定義を示す。管厚変化率が 20%以上となると損傷と判定される。表-2 には衝突速度ごとの管厚変化率と損傷状況を示す。HDPE 管は事故で起こり得る最大の衝突速度である 3m/s では損傷に至るものの、貫通は生じないことがわかった。一方で PA 管は 3.5m/s でも損傷に至らず、事故で想定される最大の荷重に耐えられることがわかった。

3.2 繰り返し衝撃時の比較

貫通に至った载荷回数は、MDPE 管が 3 回、HDPE 管が 6 回であった。一方で PA 管に関しては、40 回载荷しても貫通には至らなかった。図-7 には衝突回数と運動エネルギーの積で表される累積入力エネルギーと、载荷後の衝突部表面残留変位の関係を示す。この時累積入力エネルギーは重錘のリバウンドを考慮せず、初撃のみで算定した。MDPE 管と HDPE 管は 1 回目後の衝突部表面残留変位は異なるものの、2 回目後での残留変位の増加量は概ね同様の傾向を示した。PA 管は累積入力エネルギーが増加しても、衝突部残留変位が MDPE 管、HDPE 管と比べてゆるやかに増加し 40 回に達しても貫通しなかったことから、衝突速度 2m/s 以下の繰り返し载荷に対しては優れた耐衝撃性能を持つことがわかった。

4. 結論

MDPE 管、HDPE 管、PA 管に対して実際の掘削工事中の事故を想定し、衝突速度をパラメータとする落錘式衝撃実験を実施することで、それぞれの耐衝撃性能を明らかにした。

単発载荷実験では、PA 管、HDPE 管、MDPE 管の順に衝撃荷重に対して硬く、変形しにくい性質を持つことがわかった。また、HDPE 管、PA 管に関しては建設重機等で起こりうると想定した場合の最大衝突速度 3m/s でも貫通が生じず、PA 管に関しては損傷なく耐えることがわかった。繰り返し载荷実験では、PA 管が衝突速度 2m/s 以下の繰り返し载荷に対して優れた耐衝撃性能を持つことがわかった。

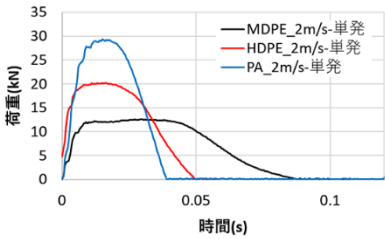


図-4 荷重-時間関係

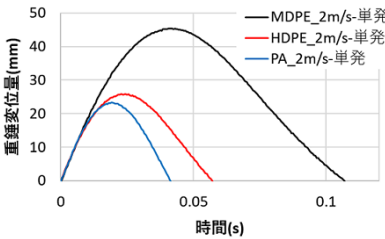


図-5 重錘変位量-時間関係

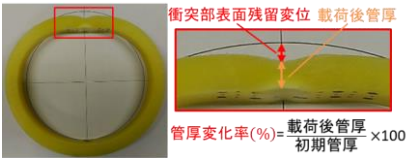


図-6 管厚変化率

表-2 管厚変化率と損傷状況

材料	衝突速度 (m/s)	管厚変化率 (%)	損傷状況
MDPE	2	20	損傷
	2.5	42	損傷
	3	-	貫通
HDPE	2	12	-
	2.5	25	損傷
	3	41	損傷
	3.5	-	貫通
PA	2	5	-
	2.3	6	-
	3	14	-
	3.5	18	-
	4	-	貫通

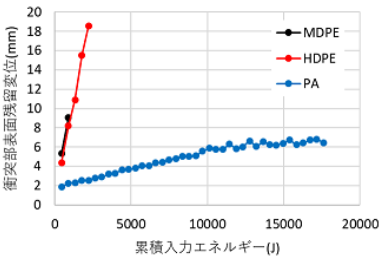


図-7 衝突部残留変位-累積入力エネルギー関係（繰り返し）