

異なる樹脂材料から成るガス管の耐衝撃性能に関する比較検討

西部ガス株式会社	正会員	○中島 健一郎	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¹⁾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。

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。MDPE と HDPE は分子構造に違いがあり、MDPE には分岐構造が見られるが、HDPE には分岐構造が見られず直鎖構造となっている。また、密度が大きくなることで耐熱性、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 管は耐腐食性、施工性、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。

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 で外径 165mm、管厚 12.3mm の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、外径 160mm、管厚 14.6mm の規格を使用した。断面寸法は図-3 に示す。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や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¹⁾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。

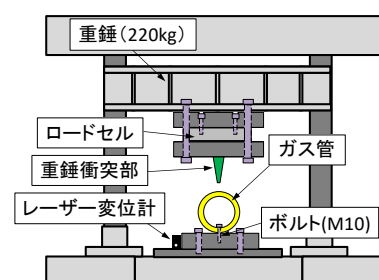


図-1 落錘式衝撃試験概要図

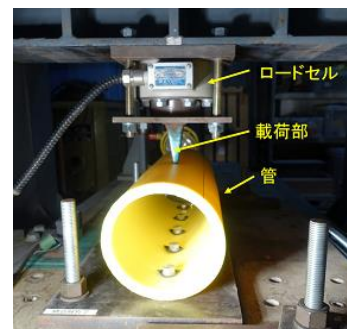
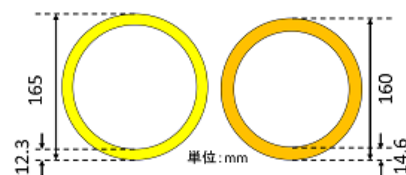


図-2 供試体設置状況



(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 ずつ漸増载荷
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

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. 写真-1 には衝突速度 2m/s 時の最大変形状況を示している. 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.

表-2 の左側には単発載荷時の貫通に至る衝突速度の比較を示す. HDPE 管, PA 管はともに MDPE 管よりも貫通に至る速度が大きく, 事故で起こり得る最大速度である衝突速度 3m/s では貫通に至らないことがわかった.

3.2 繰り返し衝撃時の比較

表-2 の右側に衝突速度 2m/s, 繰り返し載荷時の貫通に至る回数の比較, 図-6 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, 載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 以下の繰り返し載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での事故を想定し, 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.

単発載荷実験では, 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 でも貫通が生じないことがわかった. 繰り返し載荷実験では, PA 管が衝突速度 2m/s 以下の繰り返し載荷に対して優れた耐衝撃性能を持つことがわかった.

参考文献 1) 玉井宏樹, 吉武翔, 園田佳巨, 中島健一郎, 中山歩, ガス用ポリエチレン管の耐衝撃性能およびその防護材の効果に関する実験的研究, 構造工学論文集 Vol.64A(2018 年 3 月)

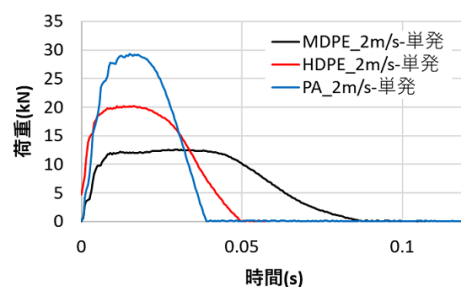


図-4 荷重-時間関係

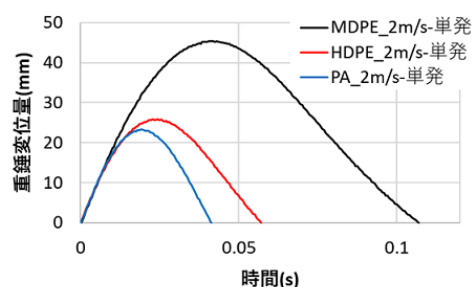
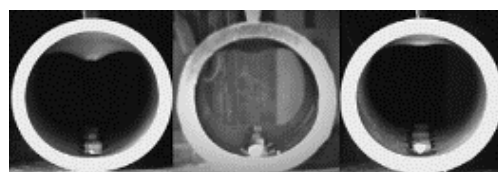


図-5 重錘変位量-時間関係



(a) MDPE 管 (b) HDPE 管 (c) PA 管

写真-1 衝突速度 2m/s の最大変形状況

表-2 貫通速度の比較 (単発) および貫通に至る回数の比較 (繰り返し)

	単発	繰り返し
材料	貫通速度(m/s)	貫通に至った回数
MDPE	3	3回
HDPE	3.5	6回
PA	4	40回で貫通に至らず

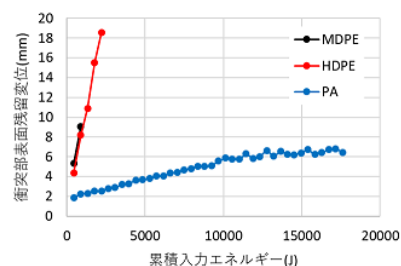


図-6 衝突部残留変位-累積入力エネルギー関係 (繰り返し)