

ガス用ポリエチレン管及びその防護材の耐衝撃性に関する実験的研究

九州大学大学院 学生会員 ○吉武 翔 西部ガス株式会社 正会員 中島 健一郎
 九州大学大学院 フェロー会員 園田 佳巨 西部ガス株式会社 非会員 中山 歩
 九州大学大学院 正会員 玉井 宏樹

1. はじめに

近年、ガス用ポリエチレン管（以降、PE 管と称す）は、高い耐震性や耐食性、施工性に優れる等の特徴を持つことから、都市ガス用として広く普及している。一方で、経済産業省の調べによると、ガス事業者以外の者が行う建設工事等に伴い、ガス管の損傷を伴う事故が国内で毎年発生している。このような事故に対する防護措置の一つとして、樹脂製の強化繊維と不織布から成る防護材が開発されており(図-1 参照)、これまでの施工実績によりこの防護材が防護効果を有することは確認されているが、その防護メカニズムや適用限界については明らかにされていない。そこで、本研究では PE 管自体の耐衝撃性ならびに、その防護材の衝撃緩衝効果を明らかにするために、PE 管に対して静的圧縮試験を行い PE 管の変形性状を把握した上で、実際の施工時に起こりうる衝突条件下における落錘式衝撃実験を実施した。

2. PE 管の静的圧縮試験

PE 管の静的変形性状を把握するため、実物の重機のバケット先端を模した器具を用いて静的圧縮試験を行った。写真-1 に実験に試験概要を示す。PE 材はダンベル試験片の引張試験において破断ひずみが 600%にまで達することがわかっており、PE 管の静的圧縮試験においても荷重に対して全体的に大変形することがわかった。

3. 落錘式衝撃実験による PE 管の耐衝撃性能ならびに防護材の緩衝特性の検討

3.1 実験概要

PE 管および防護材で被覆した PE 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-2に衝撃試験装置の概要ならびに供試体設置状況を示す。対象とした PE 管は、一般的に用いられている管種 1 号 U の口径 150 である。载荷条件は、静的圧縮試験と同様に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跳ね上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。ガス導管は実際には地中埋設管が多いため、本研究で仮定した実験条件は PE 管に対して厳しい条件下であるといえる。測定項目は重錘衝撃力、管厚変化率、変形状況とした。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。また、図-3 に示す管厚変化率はいずれもデジタルノギスにより計測し、変形状況は高速度カメラによって得られた映像により分析した。実験ケースは表-1 に示す通りである。

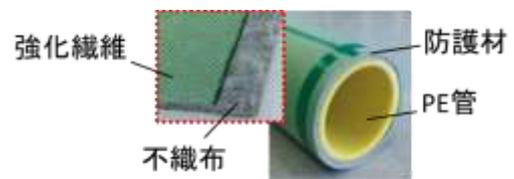


図-1 対象とした防護材



(a) 载荷前 (b) 貫通時

写真-1 PE 管に対する静的圧縮試験

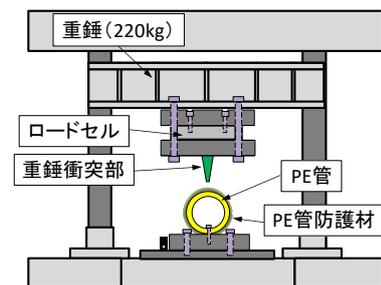


図-2 落錘式衝撃試験概要図

表-1 実験ケース

衝突速度	防護材	衝突速度	防護材
2 m/s	0 層	3 m/s (基準速度)	0 層
	1 層		1 層
	2 層		2 層
	3 層		3 層
2.5 m/s	0 層	3.5 m/s	2 層
	1 層	4 m/s	3 層

3.2 実験結果及び考察

(1) PE 管自体の変形及び破壊挙動について

PE 管自体の変形及び破壊挙動を考察するために、裸管に対して実施した静的荷重実験と衝撃実験の荷重-変位関係の比較を図-3 に示す。これより、静的荷重と衝撃荷重ではほぼ同様な傾向で荷重-変位関係は推移するものの、同一変位時における荷重は衝撃荷重の方が大きくなることが確認できた。これは、ひずみ速度効果によるものと推察される。また、PE 管は衝撃荷重に対しても静的荷重と同様に大きく変形し、PE 管自体のエネルギー吸収能が高いことが明らかとなった。

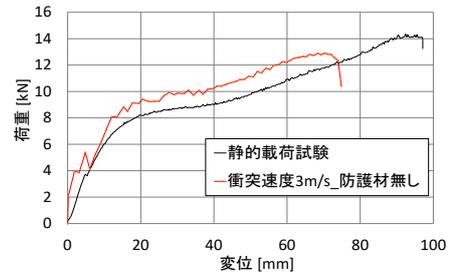


図-3 荷重-変位関係(静的と衝撃荷重の比較)

(2) 単発衝撃に対する防護効果

単発衝撃に対する防護材の効果に対して考察するために、写真-2 に防護材が無い場合と防護材 2 層の場合の衝突部近傍断面図を示す。ガス管の品質評価では管厚変化率(図-4 参照)が 20%を超える場合は損傷とみなされるが、下に示した表-2 より衝突速度 2m/s の場合では防護材が無い場合では管厚変化率が 20%を超えているのに対し、防護材を被覆することにより、その品質評価をクリアできることが確認できた。つまり、本研究で対象とした防護材は十分な局所変形抑制効果を有するといえる。次に、写真-3 に衝突速度 3m/s の場合の最大変形図と防護材の損傷状況を示す。衝突速度 3m/s の場合、防護材が無い場合と 1 層の場合では PE 管は貫通破壊したが、2 層以上被覆することにより貫通を抑制することができた。最後に、表-2 に各ケースの結果を纏める。この表には、局所変形の指標となる管厚変化率、防護材の損傷状況、PE 管の損傷状況を載せている。この表より、衝突速度を 0.5m/s 刻みで実施した本実験の結果として、貫通破壊が生じる限界衝突速度は、防護材が無い場合は 2.5m/s、1 層の場合は 3m/s、2 層の場合は 3.5m/s となり、3 層の場合は衝突速度 4m/s においても貫通破壊は生じなかった。既往の研究や調査より、掘削工事中に想定される衝突速度は 0.38m/s~3m/s 程度であることを考えると、本防護材で 2 層以上被覆すれば掘削工事時の PE 管に対する事故は防げるものと考えられる。



(a) 防護材無し (b) 防護材 2 層
写真-2 衝突部近傍断面図 (2m/s)

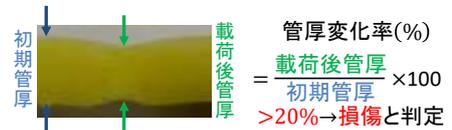


図-4 管厚変化率



(a)防護材 1 層



(b)防護材 2 層

写真-3 最大変形図と防護材の損傷状況(3m/s)

表-2 実験結果まとめ

衝突速度	防護材	管厚 変化率	損傷状況	
			PE 管	防護材
2 m/s	0 層	27 %	損傷	
	1 層	18 %		
	2 層	7 %		
	3 層	7 %		
3 m/s	0 層	-	貫通	貫通
	1 層	-	貫通	貫通
	2 層	24 %	損傷	破損
	3 層	15 %		
2.5 m/s	0 層	-	貫通	貫通
	1 層	33	損傷	破損
3.5 m/s	2 層	-	貫通	貫通
4 m/s	3 層	35	損傷	破損

4. まとめ

PE 管は耐衝撃性能として、ひずみ速度効果により破断時の変位が静的荷重と比べて小さくなるものの、大変形を伴う同様な変形過程を示し破断することが確認できた。また、本防護材は PE 管の局所変形抑制効果を十分に有していることが明らかとなった。実際の掘削工事で起こりうる事故を想定して設定した衝突条件下における単発衝撃実験の結果、本防護材で 2 層以上被覆すれば実際の掘削施工時の PE 管に対する事故は防げるものと考えられる。