

防護材で被覆されたガス用ポリエチレン管の耐衝撃性能に関する実験的研究

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. 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、ガスパ이프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、その防護材の効果を明らかにするために、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 管および防護材で被覆された PE 管の落錘式衝撃実験

2.1. 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 及び図-3 に衝撃試験装置の概要ならびに重錘先端部や供試体の寸法を示す。対象とした PE 管は、管種 1 号 U の口径 150 である。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るものとし、供試体は管の底面を 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。実際の掘削工事で起こり得る载荷条件として、重錘質量は 220kg、衝突速度は 2m/s から 4m/s まで 0.5m/s 刻み、防護材層数は 3 層までとし、単発衝撃とした。载荷方向は、重錘先端部が管軸方向に接する方向を基準とし、比較のために 90 度回転させたケースについても実験を行った（図-4 参照）。測定項目は重錘衝撃力、重錘移動量、衝突部表面残留変位、管厚変化率、変形状況とした。また、図-5 に示す衝突部表面残留変位と管厚変化率はいずれもデジタルノギスにより計測した。

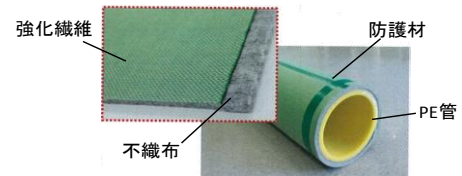


図-1 対象とした防護材

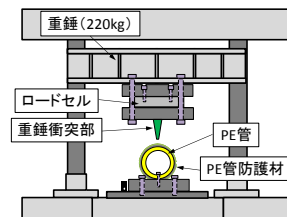
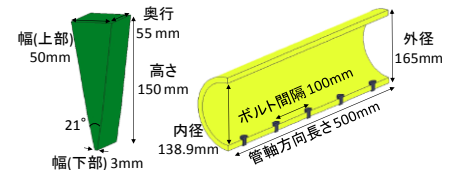


図-2 落錘式衝撃試験概要図



(a) 重錘先端部 (b) PE 管
図-3 重錘先端部および PE 管の寸法

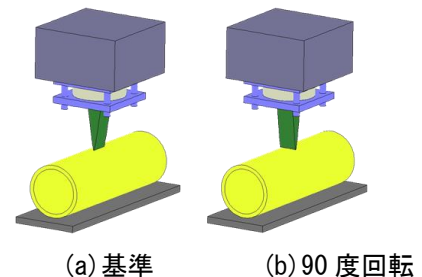


図-4 载荷方向について



(a) 载荷後の供試体 (b) 载荷部の拡大図

図-5 衝突部表面残留変位と管厚変化率の定義

キーワード ポリエチレン管, 防護材, 落錘衝撃実験

連絡先 〒819-0162 福岡県福岡市西区今宿青木 421 番地 4 TEL092-805-1525

2.2. 実験結果及び考察

まず、防護材の効果を考察するため、衝撃力低減効果と局所変形抑制効果について検討した。図-6に衝突速度 2m/s の場合の重錘衝撃力波形の比較図を示す。この図に示されるように、最大衝撃力やその継続時間に対して防護材の有無やその積層数による影響はほとんど見られなかった。次に、写真-1に衝突速度 3m/s で単発衝撃を加えた際の防護材がない場合と防護材 2 層の場合における PE 管の最大変形図を示す。防護材 2 層で被覆することで貫通を防ぐことができることが確認でき、また防護材 3 層で被覆することによりガス管の品質評価に用いられる管厚変化率も 15%と損傷と判定される 20%以下に抑えられていることがわかった。写真-2に防護材がない場合と防護材 2 層の場合の衝突部近傍断面図を示す。写真から、防護材 2 層の場合には防護材無しの場合に比べて、衝突部表面の残留変位が低減できていることが確認できた。

次に、表-1に全ケースの結果を示す。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。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 PE 管の損傷は防げるものと考えられる。

写真-3に载荷方向が基準のケースと 90 度回転させたケースの変形状況の比較図を示す。これらより、90 度回転させて衝突させる場合には、基準のケースと比べて、管厚変化率が小さくなり、写真-3を見てもわかるように局所的な変形が抑制されることが確認できた。つまり、本研究において基準の载荷方向がより危険側の衝突条件であり、この方向で実施した結果をベースに考えることが安全側の評価に繋がるものといえる。

3. まとめ

本研究により、強化繊維と不織布から成る防護材は単発に対する PE 管の局所変形抑制効果を十分に有しており、PE 管を本防護材 2 層以上で被覆すれば損傷事故を防ぐことができることを明らかにした。今後は、他の管種に対する検討や、地中埋設という実運用条件下での検討を実施していく必要があると考える。

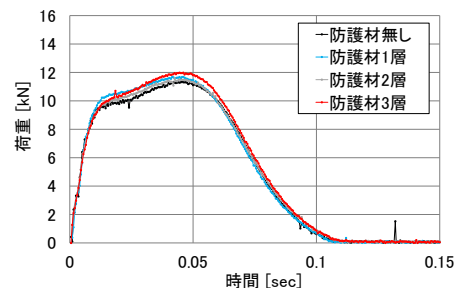
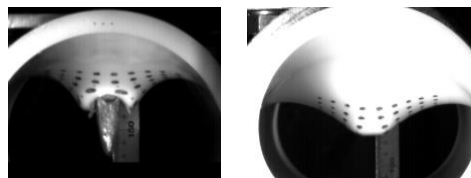


図-6 荷重－時間関係(衝突速度 2m/s)



(a) 防護材なし

(b) 防護材 2 層

写真-1 衝突速度 3m/s における最大変形



(a) 防護材なし

(b) 防護材 2 層

写真-2 衝突部近傍断面図 (2m/s)

表-1 実験結果一覧

衝突速度 [m/s]	防護材 層数	载荷方向	管厚変化率 [%]	損傷状況	
				PE管	防護材
2	0	基準	27	損傷	
	1		18		
	2		7		
	3		7		
3	0		-	貫通	貫通
	1		-	貫通	貫通
	2		24	損傷	破損
	3		15		
2.5	0		-	貫通	貫通
	1		33	損傷	破損
3.5	2		-	貫通	貫通
4	3		35	損傷	破損
2	0	90度 回転	10		
	2		5		



(a) 基準

(b) 90 度回転

写真-3 载荷方向の違いによる影響