

農業用パイプラインの地震被災事例 – 構造物周辺の被災と対策 – The Case Study of Damage to Pipeline Caused by Earthquakes – Damage and Counter Measures for Pipeline Around Structures –

○春本 朋洋*・宮田 勉*・服部 義明*・村島 嘉利**・竇口 智之**・毛利 栄征***

Harumoto Tomohiro, Miyata Tsutomu, Hattori Yoshiaki, Murashima Katoshi, Hohguchi Tomoyuki, Mohri Yoshiyuki

1. はじめに

土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」(平成 21 年 3 月)(以下、基準「パイプ」と呼ぶ)では、地震動による構造物周辺の地震応答対策が示されているが、対策を施す条件や範囲が明確ではない。本報では、構造物周辺の耐震設計手法の基礎資料とするため、東北地方太平洋沖地震において、被災した農業用パイプラインの被災状況や被災傾向の整理結果を示し、効果的な耐震対策についての一考察を述べる。

2. 過去の地震による被害と対策例

現行の基準「パイプ」の耐震設計では、過去に発生した兵庫県南部地震(1995 年)、新潟県中越地震(2004 年)などの大規模地震によって被災を受けたパイプラインの震害の原因 6 項目(表-1)、被災の特徴からウィークポイント 12 項目(表-2)を整理し、地震応答対策の例を示している。屈曲部・附帯構造物との接合部における地震応答対策の例では、構造物の軽量化、基礎地盤の支持力向上(砕石層厚増)、構造物周辺への可とう管の配置等が紹介されている。

表-1 パイプラインの震害の原因

① 地震波動伝播によるもの
② 地盤あるいは埋戻し砂の液状化によるもの
③ 地盤の圧密沈下によるもの
④ 斜面のすべりによるもの
⑤ 近接構造物や附帯構造物によるもの
⑥ 断層によるもの

表-2 ウィークポイント

要因	パイプラインのウィークポイント
地形	① 地形の変化点にある構造物周辺部(法肩、法尻部のスラストブロック等) ② 現地盤が軟弱な場合(沢部を横断するような場合など) ③ 地震基盤上の表層地盤の厚みが急変する場合
土質	④ 地下水位が管頂部より高い場合 ⑤ 埋戻し砂が緩い場合 ⑥ 埋戻し砂の間隙水圧が高くなるような場合(傾斜地形で地下水を十分排水できないような場合) ⑦ 現地盤の液状化の可能性が高い場合
施工	⑧ 矢板土留めによる施工 ⑨ 傾斜配管
構造	⑩ 構造物との接続部 ⑪ 曲がり管部 ⑫ 異形管の部分(T字管部等)

3. 東北地方太平洋沖地震(2011 年)の被害事例

(1) 国営 9 地区の被災事例

東北地方太平洋沖地震での国営造成 9 地区の被災概要を表-3 に示す。地盤が液状化した 3 地区(基礎材料の液状化 2 地区、基礎材料と現地盤両方の液状化 1 地区)では、保護工や管体の浮上・沈下により被害が大きくなっているが、液状化しない材料で埋め戻すことで、被害を防ぐことが可能と考えられるため、本報では地盤の液状化していない箇所に着目して述べる。

地盤の液状化していない箇所での被災は 8 地区にあり、合計 1.3km、67 箇所であった。表-2 のウィークポイントでの被災は 59 箇所あり、概ね一致

表-3 国営 9 地区の被災概要

地区	原因表-1	ウィークポイント表-2	構造物情報	件数(箇)	延長(m)	備考	
K1	⑤	⑩(構造物接続部)	スラストブロック	7	242	注1)	
			保護工	6	55		
			その他	2	36		
		⑫(異形管)	分岐(2)、曲がり(1)	3	16		
S1	①	該当なし	なし(直線部)	2	196	注2)	
	②	④,⑥,⑦(液状化)	(詳細不明)	21	不明	注3)	
K2	⑤	⑩(構造物接続部)	保護工	2	46	注4)	
			⑦	該当なし	なし(直線部)		3
I	⑤	⑩(構造物接続部)	保護工	4	110	注5)	
			⑫(異形管)	分岐	1		12
	①	該当なし	なし(直線部)	2	60	注4)	
H	⑤	⑩(構造物接続部)	スラストブロック	18	147	注5)	
			保護工	1	6		
K3	⑤	⑩(構造物接続部)	スラストブロック	1	18	注5)	
N	⑤	⑩(構造物接続部)	スラストブロック	1	104	注6)	
S2	⑤	⑩(構造物接続部)	空気弁マンホール	1	9	注4)	
			①	該当なし	なし(直線部)		1
K4	⑤	⑩(構造物接続部)	スラストブロック	1	30	注7)	
			保護工(6)、水槽(1)	7	68		
			⑫異形管	曲がり	3		32
			④	①(法肩)	1		30
	②	④,⑥(液状化)	保護工等	30	2,257		

注1) K1地区では埋戻土が液状化し、広範囲に地表面が沈下している。
 注2) FRPM管に縦断ひび割れ・ふくれの発生が確認されている。
 注3) 延長等の詳細資料がないが、保護工、管路浮上が確認されている。
 注4) PC管の継手から漏水が発生している。
 注5) 詳細資料のなく、原因等が不明な被災は計上していない。
 注6) 施設管理者への聞き取りによる(路線が屈曲(スラストブロック有))。
 注7) 保護工の浮上・沈下等様々な状況であり、構造物情報で分類しない。

* 内外エンジニアリング株式会社 Naigai Engineering Co., Ltd.

**九州農政局土地改良技術事務所 Land Improvement Engineering Office, Kyushu Bureau

***茨城大学 Ibaraki University キーワード: 構造物の設計手法、パイプライン、耐震設計

している。構造的要因が大半で、スラストブロック 28 箇所、保護工（水槽・マンホール含む）21 箇所、異形管（曲がり・分岐管）7 箇所の順に多かった。

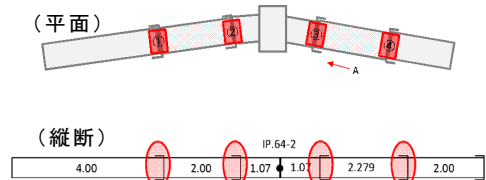
(2) 地盤の液状化が発生していない地区での被害事例

表-3 のうち、代表として被災箇所の被災状況や配管などの資料が揃っていた H 地区 S 幹線の被災箇所・復旧範囲一覧を表-4 に示す。被災箇所は、スラストブロックを設置した屈曲部から上下流の 2~3 ヶ所の継手であった。被災形態は、継手の抜け出し又は破損であり、被災延長の合計は 146.75m であった。

表-4 H 地区 S 幹線 被災箇所・復旧範囲一覧

災害査定時名称	口径	被災状況	構造物情報	水平屈曲情報	復旧範囲		備考
					m	継手箇所	
IP64-1	φ800	抜け出し	スラストブロック	30°	6.00	4	空気弁保護工(2号)併設
IP71	φ800	抜け出し	スラストブロック	15°	6.22	4	
IP72	φ800	抜け出し	スラストブロック	19°	6.46	4	
IP76	φ700	破損・抜け出し	スラストブロック	28°	17.15	6	空気弁保護工(6号)併設
IP109	φ700	破損・抜け出し	スラストブロック	88°	16.81	6	
IP64-2	φ700	抜け出し	スラストブロック	30°	6.42	4	
IP135-1	φ700	抜け出し	スラストブロック	11°	7.86	4	
IP137	φ700	抜け出し	スラストブロック	11°	7.80	4	
IP139-1	φ700	抜け出し	スラストブロック	19°	9.70	4	
IP140-1	φ700	抜け出し	スラストブロック	14°	8.60	4	
IP150	φ700	抜け出し	スラストブロック	11°	8.44	4	
IP154	φ700	抜け出し	スラストブロック	8°	9.10	4	
IP163	φ700	抜け出し	スラストブロック	6°	8.95	4	
IP167	φ700	抜け出し	スラストブロック	38°	9.95	4	
IP174	φ700	抜け出し	スラストブロック	34°	8.64	4	
IP226	φ700	抜け出し	スラストブロック	7°	8.65	4	

復旧範囲は、管内目視が可能なφ800は、地表への漏水や陥没、管内への浸入水の状況、施工管理基準値を上回る継手抜け出し量で判定している。なお、管内目視ができないφ800未満は、φ800以上の抜け出し量を踏まえ、屈曲部から上下流2本を復旧範囲としている。一例としてIP.64-2の継手間隔の実測値と判定を図-1、漏水・計測状況を写真-1に示す。



(単位: mm)						
測点	設計値	規格値	基準値	実測値	差	判定
FRP-M (φ800mm) L=4000mm						
①	139	+ 53	192	196	+ 4	OUT
FRP-M (φ800mm) L=2000mm						
②	0	+ 53	53	75	+ 22	OUT
SS (φ800mm) L=2140mm						
③	0	+ 53	53	60	+ 7	OUT
FRP-M (φ800mm) L=2279mm						
④	139	+ 53	192	200	+ 8	OUT
FRP-M (φ800mm) L=2000mm						

図-1 IP.64-2 の継手間隔の実測値

4. 耐震対策に関する考察

今後発生が懸念される大規模地震に備え、前述の被災事例を踏まえた耐震対策の視点を考察する。

被災原因は、構造物と管路の地震時の挙動の違い、スラスト力、周辺の地盤の地震動による剛性低下が考えられる。これらの条件は、現場により様々であるが、前述の被災事例を整理した結果、地盤に液状化がない場合の被災は、構造物周辺の継手2~3箇所に集中しており、復旧範囲は20m未満であった。

上記範囲に耐震継手を使用するなど、部分的対策を行うことにより、パイプライン施設全体の安全性を向上させることができると考えられる。

5. おわりに

地震動による構造物周辺の地震応答対策の範囲は、他の大規模地震の被災事例を整理してデータを蓄積し、設定することが必要と考える。また、対策を施す条件についても、被災事例の現場条件（スラスト力、構造物重量、土質条件や地下水状況など）を整理して被災しやすい特定の条件を確認することが必要である。なお、既設パイプラインに対しても、構造物周辺に上記対策を実施することにより、耐震性能の向上が期待できると考えられる。



写真-1 IP.64-2 の漏水・計測状況