POLYOLEFIN PIPES INTERNATIONAL CONFERANCE

بررسی حساسیت و رده بندی لوله های انتقال آب و گاز از منظر زلزله، رانش زمین و پدافند غیر عامل

لیلا نظری - مدیر کنترل کیفیت شرکت رسا لوله پاسارگاد

IRANIAN ASSOCIATION OF PE PIPE & FITTING PRODUCERS

فهرست

- مقدمه ای بر استفاده از لوله های پلی اتیلن در شبکه اب و گازرسانی
- دسته بندی اتفاقات احتمالی در یک زلزله
- بررسی زلزله های اخیر دنیا و مقایسه رفتار انواع لوله های شبکه اب و گازرسانی دنیا در برابر زلزله
- بررسی علل مناسب بودن لوله های پلی اتیلن در برابر زلزله
- بررسی رفتار لوله پلی اتیلن از منظر پدافند غیر عامل

مقدمه

در سراسر دنیا جهت انتقال اب و گاز از لوله های مختلفی استفاده شده است. از جمله این لوله ها میتوان به لوله های پلی اتیلن، استیل، چدن داکتیل، مسی و PVC و ... اشاره کرد.
در زلزله های اخیر دنیا رفتار هریک از این لوله ها در برابر زلزله متفاوت بوده است.

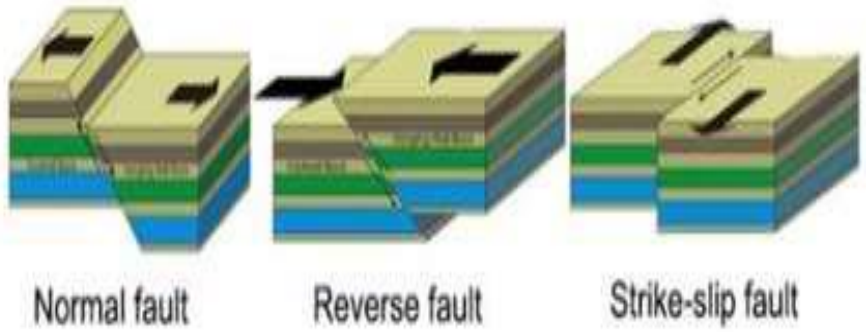
زلزله ۸.۳ ریشتری سانفرانسیسکو در سال ۱۹۰۶ کل شهر نابود شد و ۳ روز بعد از زلزله اتش سوزی هنوز مهار نشده بود.

عوامل ایجاد PGD

رانش زمین (land slide)

روان گرایی/شکاف خاک Liquefaction:

تکان های برشی (Fault Movement)



تکان خورن و یک ور شدن سطح زمین (Lurching)

دسته بندی حوادث به سیستم ها و زیر ساخت

آسیب های جدی : در این حالت سیستم لوله کشی چار صدمات اساسی می گردد ، انتقال اب خام دچار مشکل می شود .

- **آسیب های متوسط** : در این حالت تصفیه خانه های آب دچار آسیب می گردند ، برق قطع می شود و ورودی و خروجی تانک های ذخیره آب دچار اسیب می گردند .

- **آسیب های سطحی** : سازه تانک های ذخیره دچار آسیب می شوند ، شبکه توزیع دچار آسیب می شود ، بدنه چاه های آب دچار آسیب می شوند

- در همه حالت ها آسیب به شبکه های اصلی و توزیع اب بزرگترین مشکل بعد از زلزله می باشد و علت اهمیت و توجه به آن همین مساله هست

عملکرد لوله ها در برابر زلزله بسته به ٤ ویژگی زیر دارد

۱-ضربه پذیری: توانایی جنس لوله در تحمل تنش و فشار های برشی

۲- خم و انعطاف پذیری : توانایی جنس لوله در خم شدن و تغییر زاویه از محور خود

۳- انعطاف پذیر بودن محل اتصال : طراحی لوله به نوعی که اتصال توانایی ازیاد طول و کشش و فشار طولی را داشته باشد

۴- مقید بودن اتصال: نوع اتصالی که باعث عدم جدایش در محل اتصال باشد

بررسی زلزله های اخیر دنیا و خسارات وارد شده بر لوله های مدفون

زلزله کالیفرنیای جنوبی – ۱۹۹۴

۸۷۰۰۰ مایل شبکه توزیع گازرسانی و ۳۳۰۰ مایل
شبکه انتقال با قطر و فشار بالا
۴۱٪ خط انتقال پلاستیکی

مجموعا ۲۰۹ مورد نشتی کوچک و بزرگ بیشترلوله های فولادی قدیمی با خوردگی جزئی
۲۷ خرابی مربوط به لوله های پلاستیکی

در شبکه انتقال هم ۳۵ نشتی گزارش شد که همه در دو هفته اصلاح شد. اکثر شکست ها مربوط به جوش های قدیمی (دهه ۱۹۳۰) بودند.

زلزله ۷/۱ ریشتری لوما پریتا- ۱۹۸۹

بعد از زلزله ۷,۱ ریشتری ۱۹۸۹ لوما پریتا ، نشت هایی که در خطوط گازرسانی اتفاق افتاده بود به سه دسته تقسیم کردند:

درجه ۱، خطر بزرگ موجود یا احتمالی که نیاز به اقدام فوری دارد.

درجه ۲، خطر جانی و مالی در زمان تشخیص ندارد اما برای آینده باید برنامه ریزی و رفع شود.

درجه ۳، در زمان تشخیص خطری نداشته و انتظار می رود همینطور باقی بماند.

Table II: PG&E Grade 1 Leaks in Gas Distribution Mains

Type of Pipe	No of Leaks (Grade 1)	Miles of Pipe (% of total)	Failure Ratio (Leaks/mile)
PE	9	9,436 (28.9%)	**0.1%**
Cast Iron	22	783 (2.4%)	**2.8%**
Steel	56	22,428 (68.7%)	**0.2%**
TOTAL	**87**	**32,647**	

پلی اتیلن ۰/۰۱ تا ۰/۱

فولادی ۲/۸

استیل ۰/۰۳ تا ۰/۲

Table III. PG&E Grade 1 Leaks in Gas Services

Type of Pipe	No of Leaks (Grade 1)	No of Services (% of total)	Failure Ratio (Leaks/mile)
PE	70	961,107 (38.3%)	**0.01%**
Copper	31	105,273 (4.2%)	**0.03%**
Steel	412	1,439,925(57.5%)	**0.03%**
TOTAL	**513**	**2,506,305**	

Table IV. PG&E Cause of Leaks (Grade 1+2+3)

Damage by	Outside forces	External corrosion	Other	Dig-In	Material failure	Construction defects
Frequency	56%	23%	12%	5%	3%	1%

زلزله ۶,۹ ریشتری کوبه ژاپن در سال ۱۹۹۸

Table VI: Kobe Earthquake Failure Rates of Water and Gas Pipes

Type of Pipe	PE	Steel	DCIP	PVC	CIP	AC
Water Pipe Damage/ km	0.000	0.437	0.488	1.430	1.508	1.782
Gas Pipe Damage/ km	0.000	1.210	0.052			

۱۶۰۰ نشتی در شبکه ابرسانی شامل موارد ذیل بود:

۶۳٪ جدایش در اتصال

۲۰٪ شکست لوله

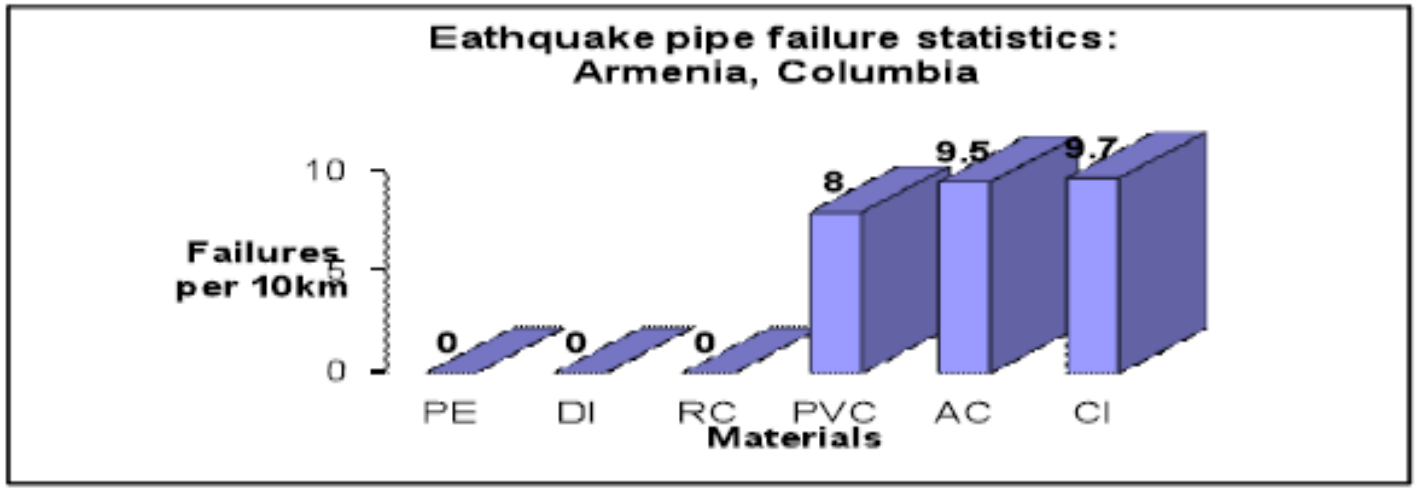
اسیب های دیگر به فیکسچر ۱۷٪

در سال ۱۹۹۸ و بعد از زلزله کوبه ژاپن ژاپن در استانداردهای خود فقط لوله های مقید و با تحمل کرنش ۱ درصد را مجار دانست . با این فرض لوله های آهنی و پلی اتیلن با اتصالات جوشی قابل انتخاب می باشند . علاوه بر آن برای لوله های چدن نشکن اتصالاتی به اتصالات مقید ساخته و به بازار عرضه شد . این اتصالات توانایی عدم جدایش را با یک رینگ مقید ممکن می سازد.

سونامی ۲۰۰۵ تایلند

در مقاله ای که از این زلزله در ASCE چاپ شده، اشاره شده که بخش عمده شبکه توزیع اب اشامیدنی در تایلند پلی اتیلن هست و پس از سونامی تعداد شکست لوله ها خیلی کم بوده و همان معدود شکست ها به علت انعطاف پذیری و سبک بودن براحتی ترمیم و اصلاح شدند.

زلزله ۱۹۹۹ ارمنستان

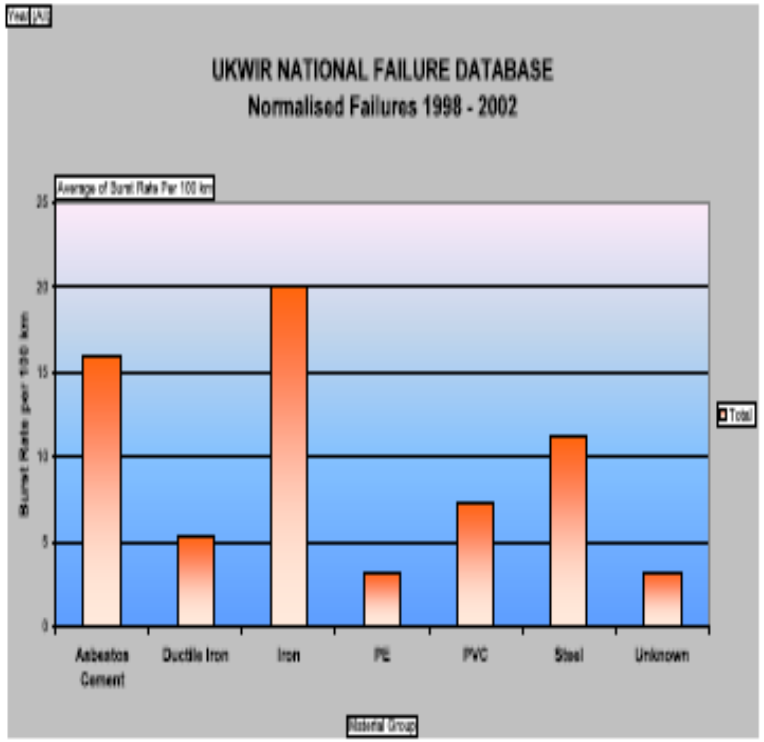


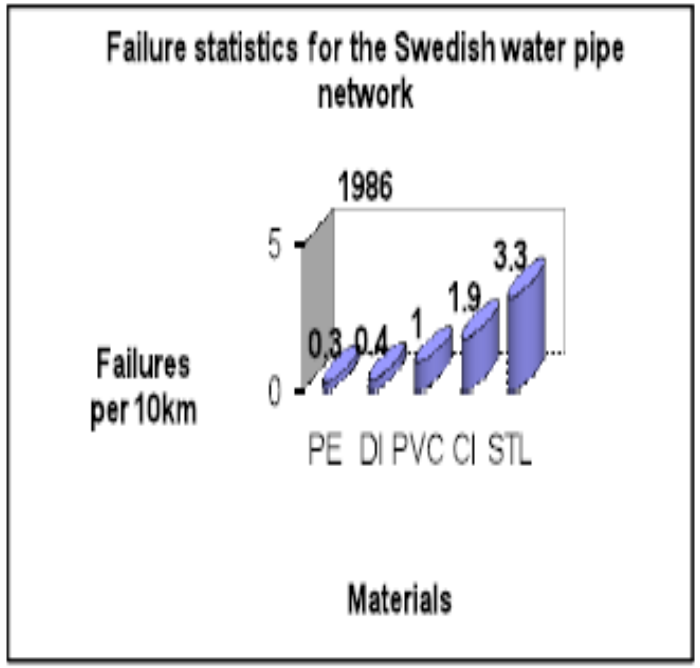
Material Type	Low Vulnerability	Low to Moderate	Moderate	Moderate to High	High
Polyethylene	AWWA C906 (Fused joint)- 19				
Ductile Iron	C1xx series (Bell and spigot joint with rubber gasket, restrained)- 18	C1xx series (Bell and spigot joint with rubber gasket, unrestrained)- 15			
Steel	C2xx series (Arc welded joint or bell and spigot joint with rubber gasket, restrained)- 19 No designation (Riveted)- 18		C2xx series (Bell and spigot joint with rubber gasket, unrestrained)- 15		No Designation (Gas welded joint)- 9
Concrete cylinder		C300, C303 (Bell and spigot joint, restrained)- 14			C300, C303 (Bell and spigot joint, unrestrained)- 12
PVC		C900, C905 (Bell and spigot joint, restrained)- 13	C900, C905 (Bell and spigot joint, unrestrained)- 11		
Cast Iron				No Designation (Bell and spigot joint with rubber gasket)- 8 - 11	No Designation (Bell and spigot joint, leaded or mortared)- 6
Vitrified Clay				No Designation (Bell and spigot joint with rubber gasket)- ?	No Designation (Rigid Jointed)- ?
Asbestos Cement					C4xx (Coupled joint)- 9

اسیب پذیری نسبی لوله های دفن شده در برابر زلزله:

(ASCE 2002, p.44 and Ballantyne 2010)

مطابق با دو نمودار ذیل، از شبکه لوله کشی آب سوئد و انگلستان هم کمترین شکست ها مربوط به لوله های پلی اتیلن بود و پس از آن لوله های چدن نشکن و PVC رفتار خوبی داشتند.





Material Type/Diameter	AWWA Standard	Joint Type	Ruggedness	Bending	Joint Flexibility	Restraint	Total
Low vulnerability							
Ductile iron	C1xx Series	B&S, RG, R	5	5	54	4	18
Polyethylene	C906	Fused	4	5	5	5	19
Steel	C2xx Series	Arc-welded	5	5	4	5	19
Steel	None	Riveted	5	5	4	4	18
Steel	C2xx Series	B&S, RG, R	5	5	4	4	18
Low/moderate vulnerability							
Concrete cylinder	C300, C303	B&S, R	3	4	4	3	14
Ductile iron	C1xx Series	B&S, RG, UR	5	5	4	1	15
PVC	C900 C905	B&S, R	3	3	4	3	13
Steel	C2xx	B&S, RG, UR	5	5	4	1	15
Moderate vulnerability	C4xx Series	Coupled	2	4	5	1	15
AC > 8-in. diameter							
Cast iron > 8-in. diameter	None	B&S, RG	2	4	4	1	11
PVC	C900, C905	B&S, UR	3	3	4	1	11
Concrete cylinder	C300, C303	B&S, UR	3	4	4	1	12
Moderate/high vulnerability							
AC ≤ 8-in. diameter	C4xx Series	Coupled	2	1	5	1	9
Cast iron ≤ 8-in. diameter	None	B&S, RG	2	1	4	1	8
Steel	None	Gas-welded	3	3	1	2	9
High vulnerability							
Cast iron	None	B&S, rigid	2	2	1	1	6

OK

Source: Ballantyne, 1995

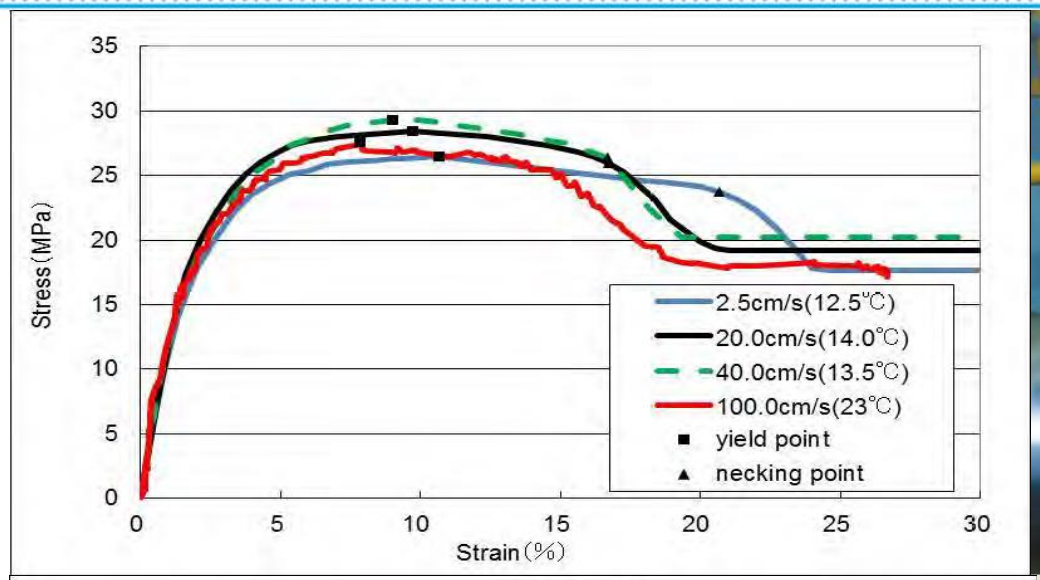
در سال ۲۰۱۸ ژاپنی ها در کنفرانس بین المللی پلاستیک مقاله ای تحت عنوان عملکرد لوله های پلی اتیلن پس از زلزله های شدید ژاپن ارائه دادند. در این مقاله تعداد شکست ها پس از زلزله ها بررسی گردید. در زلزله های شدید بدون تغییر ماهیت زمین یا سونامی، شکست لوله های پلی اتیلن شبکه های آبرسانی یا گازرسانی مشاهده نگردید. اما زمانی که تغییرات ماندگار در زمین ایجاد شده بود ازجمله سونامی که باعث شکسته شدن دیواره دریا شد لوله ها دچار شکست شده بودند.

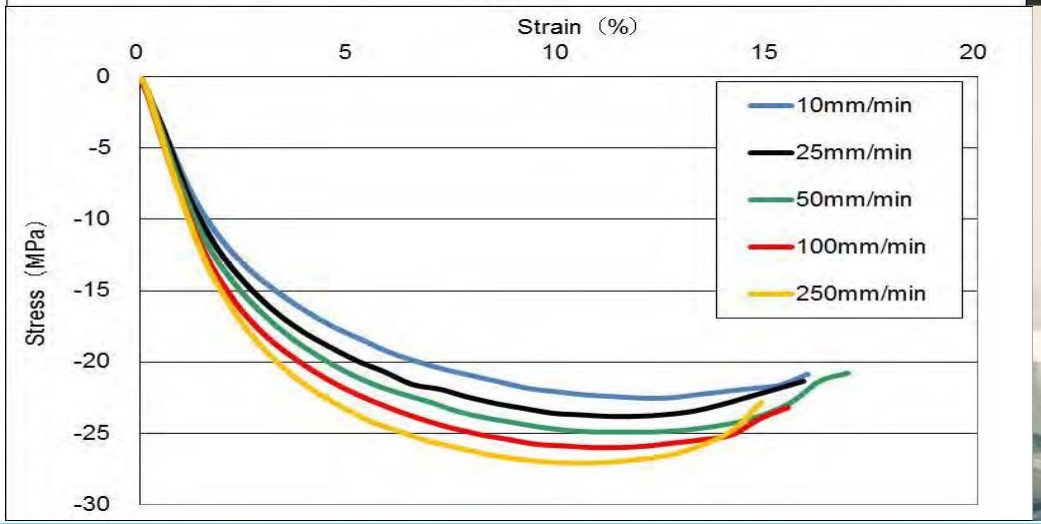
Proceedings of the 19th Plastic Pipes Conference
PPXIX
September 24-26, 2018, Las Vegas, Nevada

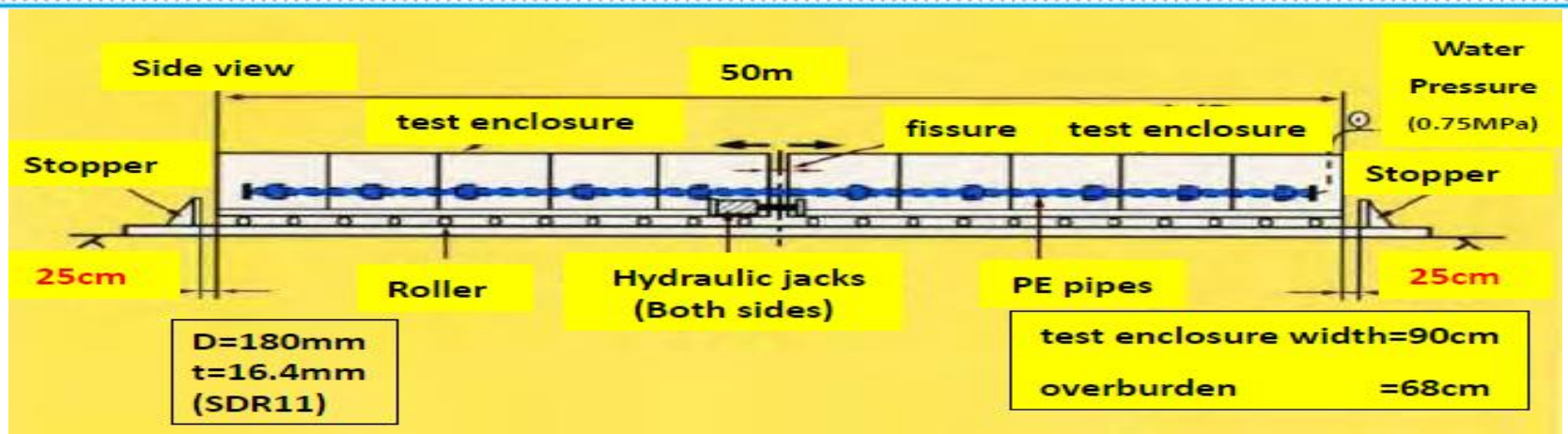
POLYETHYLENE PIPELINE PERFORMANCE AGAINST EARTHQUAKE

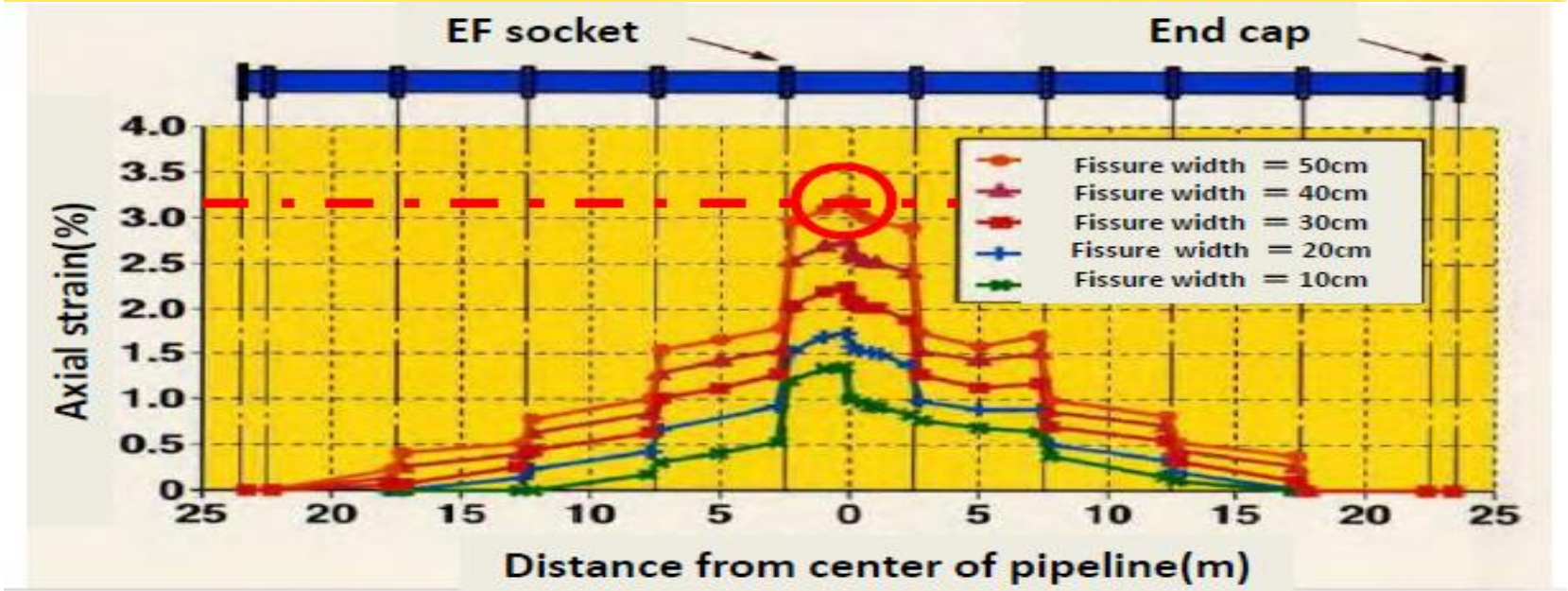
Hideki Omuro
Kubota ChemiX Co., ltd.
14-2 Ishizu-nishi,Nishi-ku,Sakai,Osaka Japan
hideki.omuro@kubota.com

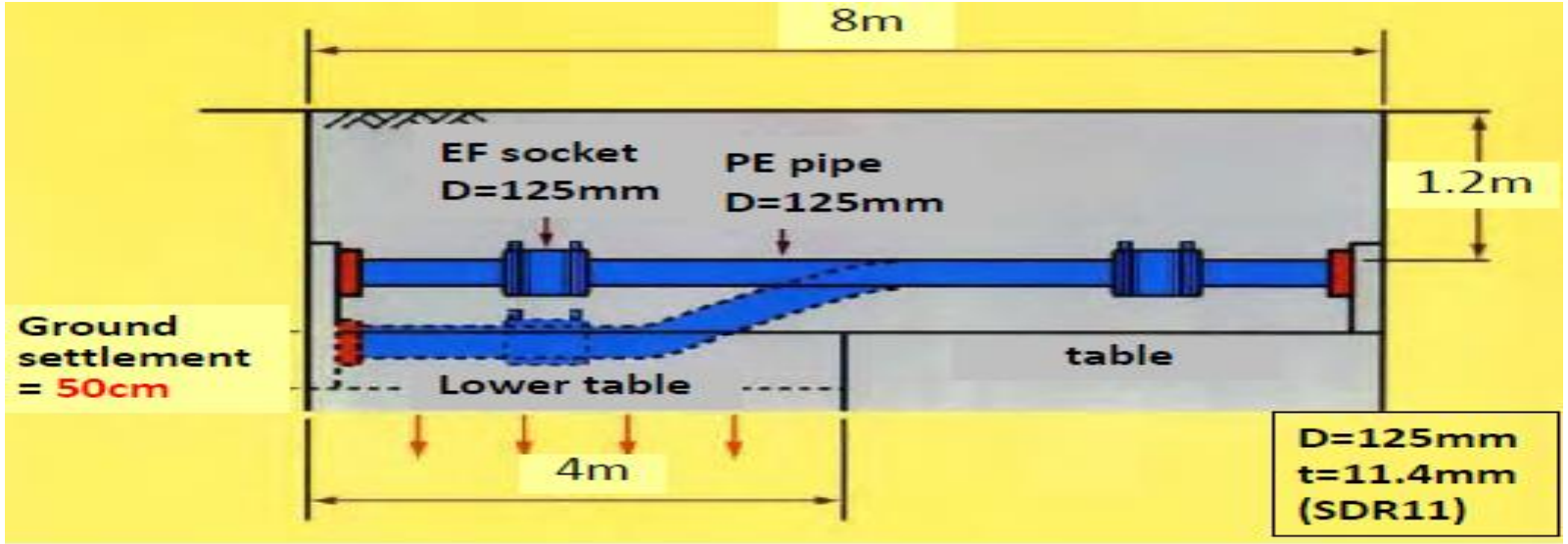
Tomokazu Himono
Kubota ChemiX Co., ltd.
14-2 Ishizu-nishi,Nishi-ku,Sakai,Osaka Japan
tomokazu.himono@kubota.com


35
30
25
20
15
10
5
0
0
5
10
15
20
25
30
Stress (MPa)
Strain (%)
2.5cm/s(12.5℃)
20.0cm/s(14.0℃)
40.0cm/s(13.5℃)
100.0cm/s(23℃)
yield point
necking point


Strain (%)
0
5
10
15
20
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
Stress (MPa)
10mm/min
25mm/min
50mm/min
100mm/min
250mm/min


Side view
50m
Water Pressure (0.75MPa)
test enclosure
fissure
test enclosure
Stopper
Stopper
25cm
Roller
Hydraulic jacks (Both sides)
PE pipes
25cm
D=180mm
t=16.4mm
(SDR11)
test enclosure width=90cm
overburden =68cm


EF socket
End cap
Axial strain(%)
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0
25 20 15 10 5 0 5 10 15 20 25
Distance from center of pipeline(m)
Fissure width = 50cm
Fissure width = 40cm
Fissure width = 30cm
Fissure width = 20cm
Fissure width = 10cm


8m
EF socket
D=125mm
PE pipe
D=125mm
1.2m
Ground
settlement
= 50cm
Lower table
table
4m
D=125mm
t=11.4mm
(SDR11)

Axial strain(%)
4.0
3.0
2.0
1.0
0
-1.0
-2.0
Settlement = 50cm
Settlement = 30cm
Settlement = 10cm
Settlement side
Fixed side
-2.0
-1.0
0
1.0
2.0
Distance from center of pipeline (m)

Name of earthquake	Magnitude	Total length of PE	Damage
2003 Miyagiken Hokubu Earthquake	6.4	10km	None
2003 Tokachi-oki Earthquake	8.0	2.6km	None
2004 Mid Niigata Prefecture Earthquake	6.8	11.4km	None
2004 Noto Hanto Earthquake	6.9	2km	None
2007 Niigataken Chuetsu-oki Earthquake	6.8	13km	None
2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake	7.2	47.4km	None
2011The Great East Japan Earthquake	9.0	996km	None
2016 Kumamoto Earthquake	7.3	147.7km	None

با توجه به اینکه کرنش تسلیم لوله های پلی اتیلن PE100 بالای ۸٪ می باشد و از آنجا که در زلزله های شدید مطابق با مقادیر ارائه شده در JWWA ژاپن حداکثر کرنش خاک ۳٪ می باشد این لوله ها در جذب کرنش خاک بسیار عالی عمل نموده و مقاومت بسیار خوبی در برابر زلزله از خود نشان میدهند.

Northside Breakpoint

Destroyed seawall

Southside Breakpoint

PE Pipe was not broken where the seawall is not destroyed.

No.	Characteristic	Requirement	Result	standard
1	Elongation at break	≧350%	613%	ISO 4427-2
2	Yield stress	≧20MPa	28MPa	JWWA K 144※
3	Hydrostatic strength at 20℃	No failure 12.4MPa 100h	No failure	ISO 4427-2
4	Hydrostatic strength at 80℃	No failure 5.4MPa 165h	No failure	ISO 4427-2
5	Destroying water pressure	≧4.0MPa	5.5MPa	JWWA K 144※

بررسی رفتار لوله پلی اتیلن از منظر پدافند غیر عامل

پدافند غیرعامل به مجموعه اقدام هایی گفته می شود که مستلزم به کارگیری جنگ افزار نیست و با اجرای آنها از وارد شدن خسارت های مالی به تجهیزات و تاسیسات حیاتی نظامی و غیر نظامی و تلفات جلوگیری کرد.

اقدامات خرابکارانه در بخش آب

آب: هدف

- اختلال در دسترسی به آب
- هدر دادن آب های ذخیره شده

آب : وسیله

- شیوع مرگ و میر و بروز خسارت
- تخریب تاسیسات

بررسی رفتار لوله پلی اتیلن از منظر پدافند غیر عامل

- محدود بودن دسترسی فیزیکی به لوله ها با توجه به مدفون بودن
- سهولت در اجرا و رفع عیوب احتمالی
- سرعت در تعویض خطوط آسیب دیده
- تحمل کرنش بالا
- عدم نشتی و مقید بودن اتصالات جوشی پلی اتیلن
- عدم آسیب پذیری آب با توجه به سمی نبودن مواد اولیه لوله های پلی اتیلنی
- شرایط تولید مناسب و عدم آسیب به محیط زیست

نتیجه گیری

- با توجه به اینکه کرنش تسلیم لوله های پلی اتیلن PE100بالای ۸٪ می باشد و از آنجا که در زلزله های شدید مطابق با مقادیر ارائه شده در JWWA ژاپن حداکثر کرنش خاک ۳٪ می باشد این لوله ها در جذب کرنش خاک بسیار عالی عمل نموده و مقاومت بسیار خوبی در برابر زلزله از خود نشان میدهند.

- با توجه به داکتیل بودن پلی اتیلن، ضخامت بالا، انعطاف پذیری خوب و اتصالات جوشی مناسب ، این لوله ها بسیار در برابر زلزله مقاوم هستند و در شبکه های آب و گاز بسیاری از کشورهای دنیا مورد توجه هستند.

- در نهایت اینکه با توجه به عملکرد خوب لوله های پلی اتیلن و چدن داکتایل (فقط با اتصال مقید) در برابر زلزله و از طرفی قیمت مناسب لوله های پلی اتیلن این نوع لوله ها را گزینه مناسبی در شبکه های انتقال می نماید.

– هر چه مواد سازنده لوله داکتیل تر باشند اسیب وارده بر لوله کمتر هست. اما از طرفی دیواره های نازک داکتیل مثل اهن و چدن نشکن هم با توجه به مستعد خوردگی بودن مزایای انعطاف پذیری رو از بین میبرند

- اتصالات سفت و سخت مثل سیمان نسبت به اتصالات انعطاف پذیر خیلی بیشتر اسیب پذیر هستند و لوله های چدن داکتایل فقط در صورت دارا بودن اتصالات مقید قابل مقایسه با لوله های پلی اتیلن هستند.

- خوردگی در لوله های فلزی باعث افزایش سرعت آسیب لوله می شود.

- لوله های با قطر بزرگتر میزان آسیب کمتری نسبت به لوله با قطر کوچکتر دارند.

- دفن عمیق تر میزان خسارت را کاهش می دهد.

با تشکر از توجه شما