



Title	軟化HAZを有するラインパイプ周溶接継手の溶接部強度設計と液状化耐震性評価に関する研究
Author(s)	小貫, 翔馬
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/101659
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏名 (小貫 翔馬)	
論文題名	軟化HAZを有するラインパイプ周溶接継手の溶接部強度設計と液状化耐震性評価に関する研究
論文内容の要旨	
<p>本研究では、軟化HAZを有するラインパイプ周溶接継手（以下、軟化HAZ周溶接継手と称する）を対象に、簡易な数式のみで構成された一連の液状化耐震性評価手法について提案した。本論文は以下の5章より構成されている。</p> <p>第1章は緒論であり、軟化HAZ周溶接継手の液状化耐震性評価の構築にあたっての課題を整理し、本研究の目的と取り組み方針を示した。</p> <p>まず、第2・3章では、内圧を受ける軟化HAZ周溶接継手の引張強さ（最大荷重時の公称軸応力）と許容ひずみ（最大荷重時の母材部の遠方軸ひずみ）の評価式について検討した。</p> <p>第2章では、ラインパイプ鋼のHAZ軟化性状と軟化HAZ継手の継手強度について検討した。種々のラインパイプ周溶接継手を作製し、その軟化HAZ性状を評価した。種々の溶接方法を用いて10~25 kJ/cmの入熱量で周溶接を行った場合、HAZ幅は管厚の0.1~0.5倍程度、HAZの軟化度は母材強度に対してHAZ強度は0.9倍程度であった。また、軟化HAZを有する継手（以下、軟化HAZ継手と称する）の平板試験片の引張試験とその弾塑性FEM解析により、継手の引張強さに影響を与える諸因子（HAZ相対厚さ（=HAZ幅/管厚）、HAZ強度比（HAZ強度/母材強度）、溶接金属オーバーマッチ度（溶接金属強度/母材強度）、試験片板幅厚比）およびその影響度を定量的に明らかにした。さらに、既往知見である軟質溶接継手（溶接金属強度が母材強度よりも低い溶接継手）の強度評価式に補正を加え、その適用範囲を軟化HAZ継手に拡大することで、軟化HAZ継手の強度評価式を提案した。</p> <p>第3章では、内圧を受ける軟化HAZ周溶接継手の強度および許容ひずみの評価式について検討した。ここでは、内圧負荷時の鋼管材料の見かけの引張強さおよび収縮挙動が継手強度に及ぼす影響を考察の上、軟化HAZ継手の強度評価式に対する、内圧の影響の補正式を提案した。加えて、内圧負荷時の鋼管材料の塑性挙動を解析することで、内圧を受ける鋼管材料の応力ひずみ関係の計算式を提案するとともに、継手の強度評価式と組み合わせることで、内圧を受ける軟化HAZ周溶接継手の許容ひずみ（最大荷重時の母材部遠方ひずみ）の評価式を提案した。</p> <p>次に、第4章では、液状化側方流動によって作用する管軸ひずみの評価式について検討した。管軸直角方向の地盤流動を受ける埋設パイプラインを対象に、管と地盤との相互作用を考慮した埋設パイプラインの近似変形解析モデルを用いて、管の変形挙動を解析した。変形挙動を曲げ変形と軸変形に分解してそれぞれ考え、曲げ変形挙動は梁のたわみ解析に管の塑性ヒンジ解析を組み合わせることで定式化し、軸変形は軸方向の力のつり合い式を展開することで定式化した。これらの曲げと引張軸力を受ける管断面の応力・ひずみ分布を解析することで、管軸ひずみの評価式を提案した。</p> <p>最後に、第5章では、ここまで、液状化側方流動によって作用する管軸ひずみの評価式と、軟化HAZ周溶接継手の許容ひずみの評価式を組み合わせ、ひずみベース評価を適用することで、軟化HAZ周溶接継手を対象とした一連の簡易な液状化耐震性評価式を提案した。加えて、一連の評価式を活用することで、種々の鋼管諸元を対象に、液状化耐震性を保証する条件として、内圧条件毎に要求される溶接部性状を明示した。</p> <p>以上の結果から、軟化HAZを有するラインパイプ周溶接継手を対象とした簡易な液状化耐震性評価手法を構築した。本手法を用いることで、簡易計算のみで、軟化HAZを有するラインパイプ周溶接継手の液状化耐震性を評価することができる。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名 (小貫翔馬)		
	(職)	氏名
論文審査担当者	主査	教授 大畠 充
	副査	教授 望月 正人
	副査	教授 宇都宮 裕
	副査	教授 三上 欣希

論文審査の結果の要旨

高圧の天然ガス輸送用ラインパイプには、大規模地震時に想定される地盤液状化による側方流動が生じた際にも、十分に地盤変位を吸収し母材および周溶接部で破断しないことが要求される。本研究は、一般にラインパイプ周溶接部で想定される軟化 HAZ を有する継手（以下、軟化 HAZ 周溶接継手と称する）を対象に、液状化耐震性評価手法を構築することを目的に一連の研究を行っている。本論文に対する審査結果の要旨をまとめると以下のようである。

（1）ラインパイプ用鋼を対象に、軟化 HAZ を有する継手（以下、軟化 HAZ 継手と称する）の平板試験片の引張試験とその弾塑性 FEM 解析により、継手の引張強さに影響を与える諸因子（HAZ 相対厚さ（=HAZ 幅／管厚）、HAZ 強度比（HAZ 強度／母材強度）、溶接金属オーバーマッチ度（溶接金属強度／母材強度）、試験片板幅厚比）およびその影響度を定量的に明らかにしている。さらに、既往知見である軟質溶接継手（溶接金属強度が母材強度よりも低い溶接継手）の強度評価式に補正を加え、軟化 HAZ 継手の強度評価式を新たに提案している。

（2）内圧を受ける軟化 HAZ 周溶接継手の強度について、内圧負荷時の鋼管材料の見かけの引張強さおよび収縮挙動が継手強度に及ぼす影響を考察することで、提案した軟化 HAZ 継手の強度評価式を拡張して新たな評価式を提案している。加えて、内圧負荷時の鋼管材料の塑性挙動を解析することで、内圧を受ける鋼管材料の応力-ひずみ関係の計算式を提案するとともに、継手の強度評価式と組み合わせることで、内圧を受ける軟化 HAZ 周溶接継手の許容ひずみ（最大荷重時の母材部遠方ひずみ）の評価式を提案するに至っている。

（3）埋設パイプラインの管軸直角方向に液状化側方流動が生じた際の管軸方向への作用ひずみについて、管と地盤との相互作用を考慮した埋設パイプラインの近似変形解析モデルを用いて管の変形挙動を解析している。曲げ変形挙動を梁のたわみ解析に管の塑性ヒンジ解析を組み合わせることで、また、軸変形は軸方向の力のつり合い式を展開することで定式化し、これらの曲げと引張軸力を受ける管断面の応力・ひずみ分布を解析することで管軸ひずみの簡易評価式を提案している。

（4）提案した軟化 HAZ 周溶接継手の許容ひずみの評価式と、液状化側方流動によって作用する管軸ひずみの評価式を組み合わせ、軟化 HAZ 周溶接継手を対象とした一連の簡易な液状化耐震性評価式を提案している。加えて、一連の評価式を活用することで、種々の鋼管諸元を対象に、液状化耐震性を保証する条件として、内圧条件毎に要求される溶接部性状を明示している。

以上のように、本論文は、鋼管諸元や溶接条件（入熱量）の情報から、簡易計算のみで軟化 HAZ を有するラインパイプ周溶接継手の液状化耐震性を評価する新しい手法を構築している。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。