

鋼製ブラケット付き鋼管杭における溶接部の耐荷性能に関する基礎的研究

九州大学 学生会員 ○大石 理士 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 福岡県 右田 隆雄

1. はじめに

地すべり抑止工や土留め工の一つにグラウンドアンカー付きの鋼管杭を用いる工法がある。本工法ではアンカー頭部に鋼製台座、腹起し材、ブラケットが設置されているが（図-1 参照）、ブラケットの溶接状態が本部材の耐荷性能に及ぼす影響に関して把握した設計になっているとは言い難い。そこで、実構造で用いられる鋼製ブラケット付き鋼管杭を用いて、溶接長や溶接方法をパラメータとした載荷実験を実施し、溶接状態が耐荷力に及ぼす影響について基礎的検討を行い、FEM 解析を実施することで溶接部近傍の応力状態の把握を試みた。

2. 耐荷力確認実験

2.1 実験概要

試験体はブラケットを溶接した鋼管杭とし、鋼管の寸法は外径 318.5mm、厚さ 17.4mm、長さ 768mm である（図-2、図-3 参照）。耐荷力を比較するために溶接方法や溶接長の異なる 4 体を用意した。それぞれの特徴を図-4 に示す。パターン 1 はブラケット接着部の両側エッジ全てを溶接している。パターン 2 は両側エッジの溶接長が短いが上側エッジを全長に渡りすみ肉溶接し、パターン 3 はさらに両側エッジの溶接長が短く、パターン 4 はフレアー溶接している。載荷方法は図-3 に示すように実際に荷重が作用する位置に線載荷した。なお、溶接部が破断（または、荷重が低下）する時点を終局とし、終局状態まで載荷した。測定項目は荷重、載荷点変位、溶接部近傍の鋼管のひずみとした。ひずみゲージの貼付位置は図-5 に示す通りである。

2.2 実験結果及び考察

各パターンにおける荷重と載荷点変位の関係を図-6 に示す。荷重と載荷点変位の関係は今回設定した溶接パターンの影響はほとんど受けておらず、ほぼ同様な傾向を示した。破壊荷重はパターン 1～4 の順に 291kN、323kN、316kN、200kN となった。なお、パターン 4 においては、載荷途中（塑性変形後）に一度除荷して再載荷したため、この破壊荷重を他のパターンと比較するのはあまり適切ではないが、溶接長が一番短いフレアー溶接のパターン 4 でも設計許容荷重 56kN、設計極限荷重 141kN を上回っており、パターン 1～3 について

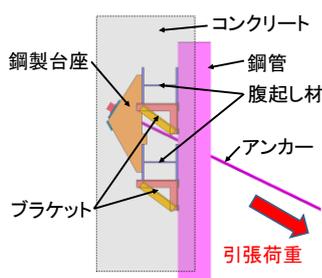


図-1 アンカー付き鋼管杭を用いた土留め工のイメージ



図-2 試験体

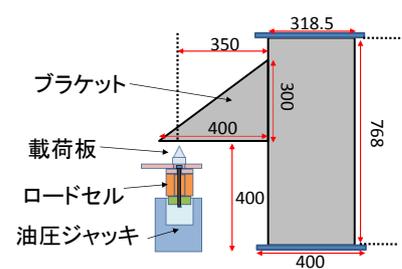


図-3 試験体寸法及び載荷方法（単位：mm）

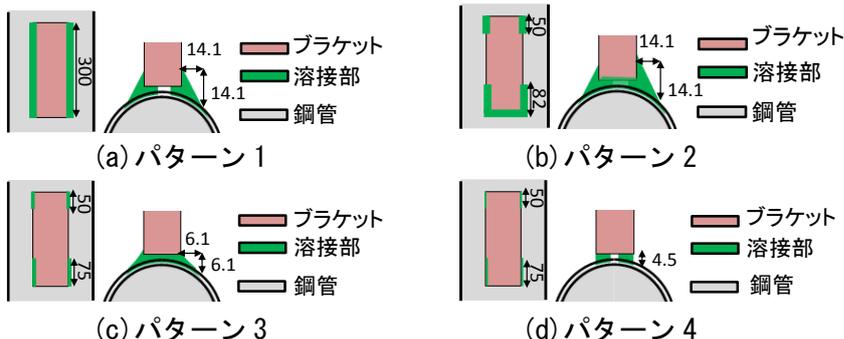


図-4 試験体ケース及び溶接部の特徴（左：正面図 右：底面図 単位：mm）

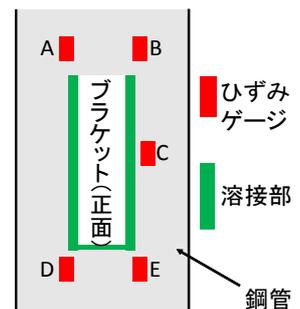


図-5 ひずみゲージ貼付位置

表-1 軸方向成分の最大ひずみ(μ) (位置は図-5 中の貼付位置)

パターン	位置 A	位置 B	位置 C	位置 D	位置 E
1	-820	-849	95	1475	1302
2	-164	-573	-16	5333	4991
3	-891	-818	-207	5820	6674
4	-192	-743	19	1545	1752

も十分な耐荷力を有していることが確認できた。

次に、鋼管のひずみ分布について、表-1 に溶接部近傍の各位置における軸方向成分の最大ひずみを示す。この表より、両側エッジ全長溶接をしたパターン1においても他のパターンと同様にブラケットに曲げが作用し、両側エッジの上部に圧縮、下部に引張のひずみが大きく生じ、中央部にはほとんどひずみが生じないことが確認できた。

3. FEM 解析による検討

3.1 解析概要

本研究では非線形汎用有限要素解析ソフトウェア MSC. Marc を用いて弾塑性解析を行った。解析モデルの全体図 (パターン1 のみ) を図-7 に示す。全ての鋼材及び溶接部は同一の材料特性とし、弾性係数を 200GPa、ポアソン比を 0.3、降伏強度を 300MPa とした。また、von Mises の降伏条件に従い、初期弾性係数の 1/100 の硬化係数を有するバイリニア型の等方硬化則を仮定した。境界条件は、鋼管の上面と下面に接合された鋼板の節点を全自由度拘束とし、剛体面でモデル化した載荷板に強制変位を与え、剛体面が受ける反力を荷重として出力した。

3.2 解析結果および考察

図-8 に各パターンの荷重 - 載荷点変位関係の比較図を示す。この図より、溶接長が一番小さくフレア溶接であるパターン4のみ若干耐荷力が低いが、荷重 - 載荷点変位の関係は各パターンにより有意な差異はみられなかった。この傾向は実験と同様である。

次に、図-9 に代表してパターン1 の相当応力分布図を示す。鋼管部に着目しているため、ブラケットは削除して載せている。このコンター図における灰色は塑性化した要素を示す。この図から、ブラケット右下部と右上部に相当応力が卓越していることがわかった。これは、ブラケットを構成している部材が等辺山形鋼であり、その隅角部近傍で応力が卓越しているものと考えられる。さらに、ブラケットが上部に押されて曲げモーメントを受け、ブラケット右下部では引張応力、右上部では圧縮応力が卓越しているが、ブラケット両側エッジの中央付近にはほとんど応力が生じていないことが確認された。これは、他のパターンにおいても同様の傾向となった。

4. まとめ

実験と FEM 解析により、溶接方法や溶接長が鋼製ブラケット付き鋼管杭の耐荷力に及ぼす影響はほとんどなく、その耐荷力はいずれのケースでも設計荷重を上回ることが確認できた。さらに、鋼管杭のブラケット溶接部の上部と下部に大きなひずみまたは相当応力が生じ、その間の中央にはほとんどひずみまたは応力が生じないことが確認できたため、ブラケットを溶接する際はブラケット両側エッジを全長溶接しなくても所定の耐荷性能を有するといえる。今後は、ブラケットが溶接された鋼管杭をコンクリートで被覆したモデルに対しても検討を実施していく予定である。

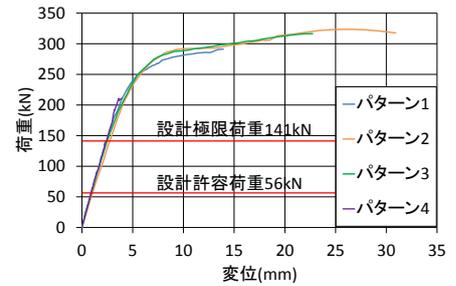


図-6 荷重と変位の関係(実験値)

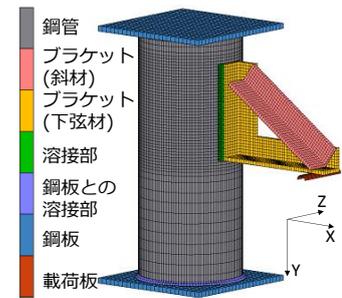


図-7 解析モデル

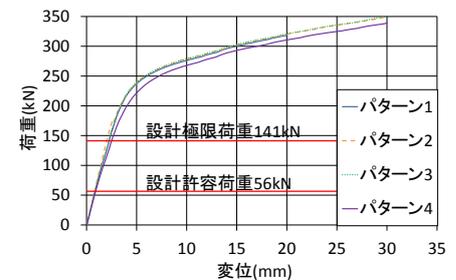


図-8 荷重と変位の関係(解析値)

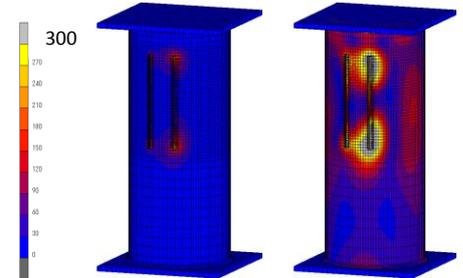


図-9 パターン1 溶接部近傍の相当応力分布図 (左:設計許容荷重 右:破壊荷重)