

矩形断面基礎への円形照明柱によるモルタル充填接合の力学的挙動および適用性に関する解析

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○林 周子
 大阪市立大学大学院 正会員 角掛 久雄
 國陽電興(株) 正会員 川満 逸雄

1. 研究背景・目的

著者らは、埋め込み式基礎をもつ照明柱の新たな更新方法として、モルタル充填接合を局部的に用いた連結構造(図1)に着目し、検討を行ってきた¹⁾³⁾。本工法は、既存照明柱を腐食が発生した基礎上部で切断後、一回り径の小さい新規照明柱を挿入し、鋼管同士の隙間にモルタルを充填させるものである。

文献3)では、図2のように、外鋼管に矩形断面、内鋼管に円形断面を用いて実験を行った。その結果、実際の照明柱の周りに存在する基礎コンクリートの影響を考慮することで、本工法を用いた更新が可能と考えられた。ただし、既存照明柱は切断後も路面上に残存し、合成部上部は多少なりとも突出する。この突出部では基礎による拘束圧の影響がなく、基礎中の合成部長さが重要になると考えられる。本研究では、実施工を考慮した条件下で解析を行い、基礎部や突出部が合成部へ与える影響を明らかにすると共に、本工法を用いた照明柱の更新が可能な範囲について、検討することを目的とする。

2. 解析概要

解析モデルを図3、材料特性を表1、解析パラメータを

表2に示す。解析には構造解析プログラム Abaqus を用いて、三次元弾塑性 FEM 解析を行った。実構造物の 1/2 モデルで作成し、基礎コンクリートは外径 500mm の円形断面基礎を考慮した。境界条件は、モデル全体に対称条件、外鋼管と基礎下端に z 方向並進拘束、基礎の圧縮と引張縁に x 方向並進拘束を設定し、十分に剛とした載荷板中央に x 方向一様強制変位を与えた。鋼管とモルタルの接触面の接線方向の挙動として、文献2)と同様に、外鋼管とモルタル間に 0.60、内鋼管とモルタル間に 0.72 の摩擦係数を導入した。文献2)において、必要埋め込み長は 250 mm 以上となったことから、250 mm の埋め込み長を基準として、埋め込み長、突出長、基礎中の合成部長さについて、検討を行った。

表1 材料特性

(a) 基礎コンクリート

弾性係数[kN/mm ²]	ポアソン比[-]	要素	材料構成則
21.0	0.20	ソリッド	弾性

(b) モルタル

圧縮強度[N/mm ²]	52.7
引張強度[N/mm ²]	3.23
弾性係数[kN/mm ²]	24.9
ポアソン比[-]	0.20
要素	ソリッド
材料構成則	マルチリニア

(c) 鋼管

降伏強度[N/mm ²]	235
弾性係数[kN/mm ²]	205
ポアソン比[-]	0.30
要素	シェル
材料構成則	バイリニア

表2 解析パラメータ

解析モデル	内鋼管		外鋼管		埋め込み長 [mm]	突出長 [mm]	基礎中の合成部長さ [mm]
	外径[mm]	板厚[mm]	外径[mm]	板厚[mm]			
200-n50	89.1	3.2	125	3.2	200	50	150
200-n100						100	100
250-n50					250	50	200
250-n100						100	150
250-n150						150	100
300-n150					300	150	150
250-n0	250	0	250				

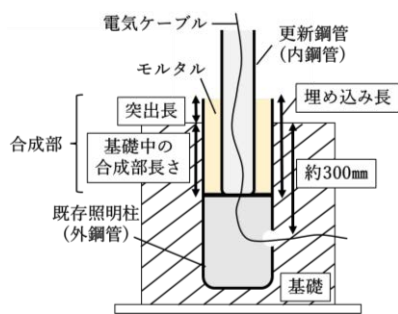


図1 本工法の概念図

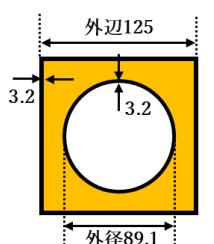


図2 合成部断面図

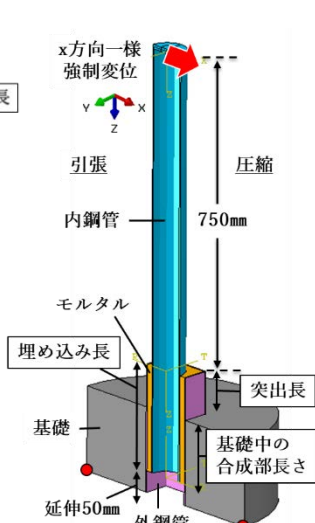


図3 解析モデル

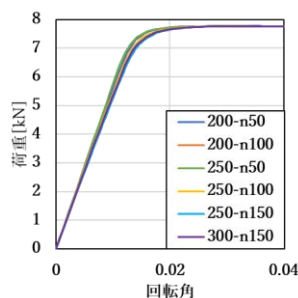


図4 内鋼管単体部の荷重-回転角関係

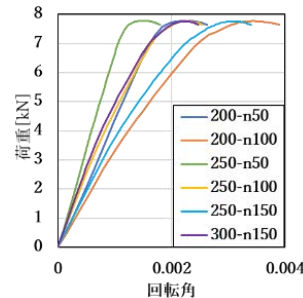


図5 合成部の荷重-回転角関係

キーワード モルタル充填接合, 照明柱, コンクリート基礎, 突出部

連絡先 〒530-8341 大阪府大阪市北区芝田 2-4-24 西日本旅客鉄道(株) TEL: 0570-002-486

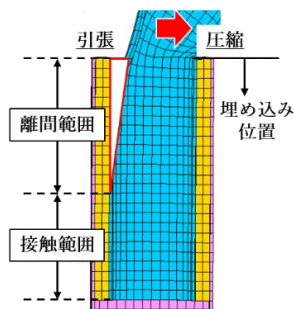


図6 離間のイメージ図

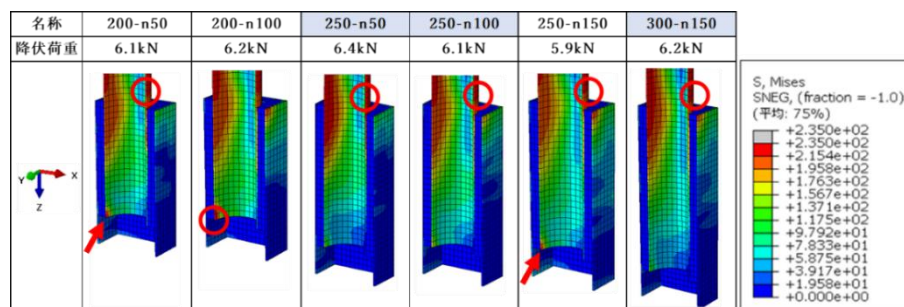


図7 降伏時のミーゼス応力

表3 離間範囲と接触範囲

	250-n0	200-n50	200-n100	250-n50	250-n100	250-n150	300-n150
離間範囲[mm]	90	110	140	110	140	150	140
接触範囲[mm]	160	90	60	140	110	100	160

3. 解析結果

3.1 埋め込み長や突出長による回転角への影響

内鋼管単体部の荷重-回転角関係を図4に、合成部(突出部を含む)の荷重-回転角関係を図5に示す。ここでの回転角は、鋼管の長さに対するx方向変位の割合から算出した。内鋼管単体部の挙動は、全体として大差なかったが、合成部の挙動に関しては、基礎中の合成部長さが短いほど、回転が大きくなる傾向を確認した。基礎中の合成部長さが変化すると、モデル全体への影響は極めて小さいが、合成部の挙動に影響を与える可能性が高い。

3.2 合成部の離間

図6に示すように、引張領域の内鋼管とモルタルの離間に着目した。設計風荷重時の離間範囲と接触範囲の長さを表3に示す。文献1)で、円形断面を対象とした場合、内鋼管径程度の埋め込み位置まで離間し、それ以深では接触が確保されていた。本解析で、突出部がない250-n0の離間範囲は90mmであり、内鋼管径と概ね一致する結果となった。円形と同様の傾向であることから、矩形は拘束効果が弱い、基礎を含めるとその拘束効果は円形と同等と見なせる可能性がある。

また、曲げ実験³⁾の再現解析では、少なくとも110mm程度の接触範囲が確保されていた。これを一つの基準とすると、200-n50、200-n100、250-n150は接触範囲が小さいと判断できる。離間の力学特性から、基礎を考慮しても埋め込み長200mmでは短く、さらに、基礎中の合成部長さは150mm以上必要な可能性がある。

3.3 更新が可能な適用条件の検討

降伏状態と適用性について評価するため、各解析モデルのミーゼス応力が、鋼管の降伏耐力 $235\text{N}/\text{mm}^2$ に達した時点に着目した。ミーゼス応力コンターを図7に示す。本論文ではコンター図において基礎部材を省略しており、

図7中の赤○は、最初に降伏が発生した位置である。

全てのモデルで、設計風荷重以上での降伏を確認した。降伏位置に関しては、点検・機能面の双方から、切断面付近で最初に降伏することが望ましい。しかし、200-n100は内鋼管下端で降伏しており、曲げに対して合成部として抵抗するより、内鋼管の回転による支圧が卓越したと考えられる。200-n50と250-n150は内鋼管単体部で降伏していたが、内鋼管下端に応力集中が見られた。内鋼管下端の降伏が先行しかねない状態であり、推奨できる埋め込み長と突出長の組み合わせではない。他の3つのモデルは、降伏位置に関して使用性に問題はなく、埋め込み長が250mm以上、そのうち基礎中に150mm以上確保されていれば、本工法を用いた照明柱の更新が可能と考えられる。

4. まとめ

- 1) 基礎による拘束圧増加の影響は大きく、基礎中の合成部長さが、合成部の挙動に大きく影響する。
- 2) 合成部が全て基礎中に存在する場合、矩形の拘束効果は円形と同等と見なせる可能性がある。
- 3) 接合部としての機能性、力学特性などを踏まえると、本解析の範囲内において、更新可能な適用条件は、埋め込み長250mm以上、そのうち150mm以上が基礎中に存在することと考えられる。

参考文献

- 1) 角掛久雄, 菅祐太郎, 川満逸雄: 埋め込み式基礎に対する照明柱のソケット式接合に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, 日本コンクリート工学協会, Vol. 42, pp. 961-966, 2020
- 2) 林周子, 角掛久雄, 川満逸雄, 塩津良将: 矩形断面既存照明柱へのモルタル充填二重鋼管に関する解析的研究, 土木学会全国大会第75回年次学術講演会, CS6-03, 2020
- 3) 林周子, 角掛久雄, 川満逸雄, 米本壮汰: 矩形断面既存照明柱へのモルタル充填二重鋼管接合に関する曲げ実験, 土木学会全国大会第76回年次学術講演会, CS6-08, 2021