

第 I 部門

矩形断面既存照明柱へのモルタル充填二重鋼管の適用性に関する解析的研究

大阪市立大学 学生会員 ○林 周子
 國陽電興(株) 正会員 川満 逸雄

大阪市立大学大学院 学生会員 塩津 良将
 大阪市立大学大学院 正会員 角掛 久雄

1. 研究背景・目的

近年、道路付属物の一つである照明柱の老朽化が進行しており、補修補強や更新が多く必要とされている。著者らは、照明柱の新たな更新方法として、モルタル充填二重鋼管構造を局所的に用いた連結構造(図-1)に着目した。既往研究¹⁾では、図-2(a)のように円形断面をもつ照明柱が対象とされ、本工法が適用可能である埋め込み長が明らかにされている。既存照明柱の中には矩形断面のものも存在するが、円形と矩形では内部の拘束圧が異なるため、既往研究で明らかにされた埋め込み長を、そのまま矩形に用いることはできない可能性がある。そこで、図-2(b)のように、外鋼管に矩形断面を用いて解析を行い、本構造の力学特性について検討すると共に、円形との違いを比較する。本研究で

は、4.5m 程度の規格の照明柱断面を対象とした。

2. 解析概要

解析モデルを図-3、パラメータを表-1、材料特性を表-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。1/2 モデルで作成し、既往研究¹⁾との比較を行うため、基本的に同様なモデルで行うこととし、内鋼管の長さは埋め込み長を含め全長 1000mm で一定として、埋め込み長を変化させた。境界条件は、モデル全体に対称条件と、外鋼管下端に並進回転全拘束を設定し、内鋼管上端に強制変位を与えた。

3. 解析結果

3.1 荷重変位関係

例として、Φ101.6 シリーズの荷重-変位関係を、内

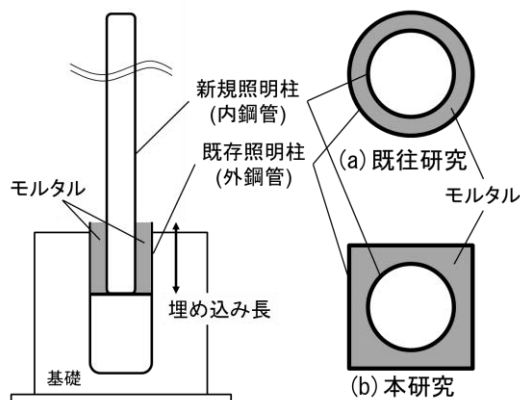


図-1 提案工法概略図 図-2 提案工法断面図

表-1 解析パラメータ

	名称	内鋼管		外鋼管		埋め込み長 [mm]
		外径[mm]	鋼管厚 [mm]	寸法[mm]	鋼管厚 [mm]	
Φ89.1 シリーズ	89-L200	89.1	3.2	125×125	3.5	200
	89-L250					250
	89-L300					300
	89-L350					350
	89-L400					400
Φ101.6 シリーズ	101-L200	101.6	3.2	125×125	3.5	200
	101-L250					250
	101-L300					300
	101-L350					350
	101-L400					400

表-2 材料特性

	弾性係数[kN/mm ²]	ポアソン比	要素	材料構成
鋼管	200	0.28	シェル	弾塑性
モルタル	25	0.25	ソリッド	弾性

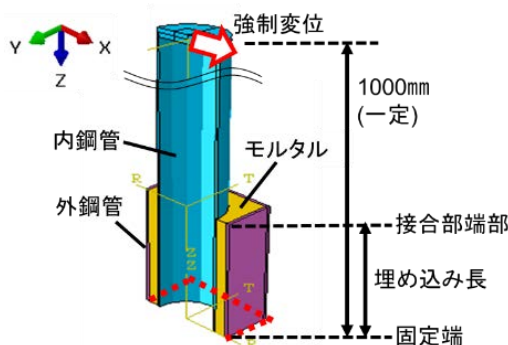


図-3 解析モデル

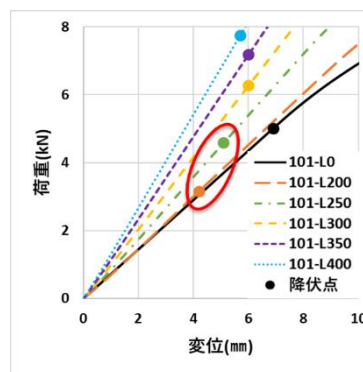


図-4 Φ101.6 シリーズ荷重-変位関係

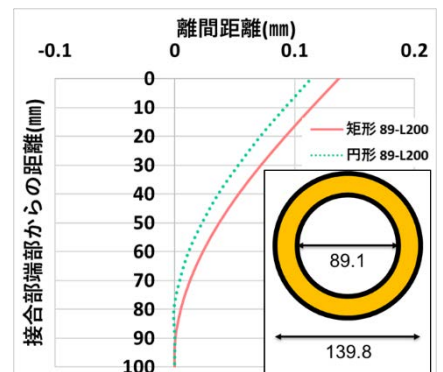
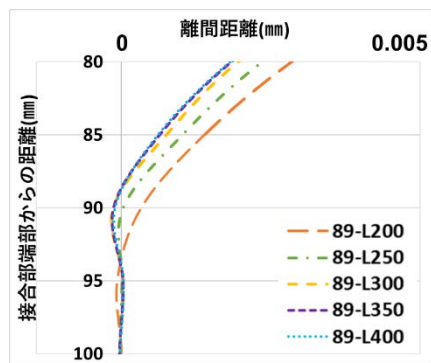
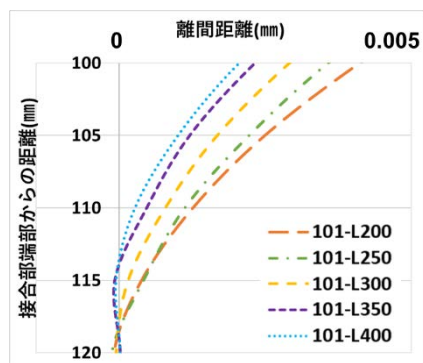


図-5 円形と矩形の比較



(a) Φ89.1シリーズ (2.7kNm作用時)



(b) Φ101.6シリーズ (2.9kNm作用時)

図-6 離間距離

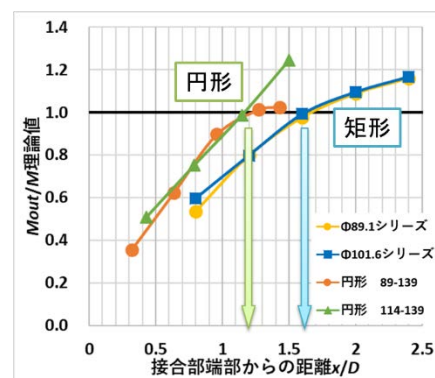


図-7 外鋼管曲げモーメント分担率

鋼管単体モデル(101-L0)と併せて図-4に示す。101-L200以外のモデルは、内鋼管単体モデルより初期剛性が大きくなっており、本工法を用いることによる補修補強効果が期待できると考えられる。また、図中の●は各モデルにおける内鋼管の降伏点である。本解析では、埋め込み長が長くなるほど内鋼管単体部の長さは短くなるため、降伏荷重は大きくなるはずだが、101-L200と101-L250の降伏荷重は、この傾向から外れて小さな荷重で降伏した。これらのモデルは、二重鋼管部分が一体となって曲げに抵抗できておらず、埋め込み長が不十分であると考えられる。

3.2 離間距離

本構造の挙動特性を明らかにするため、接合部端部が設計曲げモーメント時における離間距離(二重鋼管部の引張側における内鋼管とモルタルの相対変位)に着目した。離間距離と接合部端部からの距離の関係を図-5、図-6に示す。図-5は、内鋼管径と埋め込み長は等しく、外鋼管の形状の違いによる挙動の比較を行うため、89-L200について離間距離を表したものである。その結果、外鋼管に矩形断面を用いた方が、円形より離間の範囲が大きくなった。この要因は、断面形状による拘束効果の違いであると考えられる。

また、埋め込み長の違いによる影響を検討するため、図-6(a)(b)にそれぞれのシリーズの結果を示す。埋め込み長が短いと、離間距離は大きくなることが明らかになった。このような挙動が、図-4における早期降伏の要因と考えられる。埋め込み長が長くなると、Φ89.1シリーズは90mm程度、Φ101.6シリーズは115mm程度の接合部端部からの距離で離間距離が0となり、それより深い位置では鋼管とモルタルの一体性が確保されていた。

3.3 曲げモーメント分担率

実際に二重鋼管部が一体性を有する接合部端部からの距離を検討するため、外鋼管に作用する曲げモーメント分担率に着目し、無次元化を行った。図-7の縦軸は、外鋼管の曲げモーメント分担率 M_{out} を完全合成と仮定した場合の分担率の理論値で除しており、横軸は、接合部端部からの距離 x を外鋼管の一辺の長さ又は径 D で除して表している。両シリーズのグラフは、既往研究¹⁾と同様に、概ね一致する傾向を示した。この要因として、両シリーズの外鋼管に対する内鋼管とモルタルを合わせた曲げ剛性は、1割も差がなく、必要埋め込み長は外鋼管に依存する可能性が高いと考えられる。また、曲げモーメント分担率の無次元化量が1をとる接合部端部からの距離は、矩形の場合は1.6D(200mm)程度、円形の場合は1.2D(170mm)程度であった。外鋼管に矩形断面を用いた場合、円形よりも鋼管とモルタルが一体性を有する位置は深くなると考えられる。つまり、断面形状による拘束効果の違いが、一体性を有する接合部端部からの距離に影響すると考えられる。

4. まとめ

二重鋼管部が一体性を有する接合部端部からの距離は、断面形状による拘束効果の違いが影響すると考えられる。また、対象断面に対しては、内鋼管径に関わらず適用可能な埋め込み長を考えると、一体化するまで200mm(1.6D)が必要であり、定着長も含めると300mm(2.4D)以上が望ましいと考えられる。

謝辞：本研究はJSPS 科研費 JP18K04327の助成を受けたものである。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 菅, 角掛, 川満, 塩津：モルタル充填二重鋼管構造とした照明柱基礎連結部に関するFEM解析, 土木学会第73回年次学術講演梗概集, CS6-040, 2018