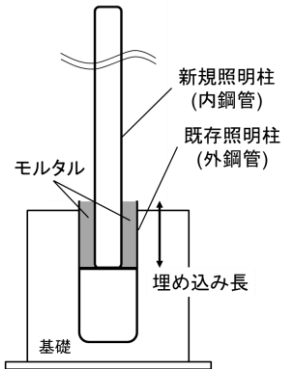
矩形断面既存照明柱へのモルタル充填二重鋼管に関する解析的研究

大阪市立大学大学院　学生会員　○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　　阪神高速道路（株）　正会員　塩津　良将

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[1]．本工法は，既存照明柱を腐食が発生しやすい基礎上部で切断後，一回り径の小さい新規照明柱を挿入し，鋼管同士の隙間をモルタルで充填させるものである．本研究では，矩形断面をもつ既存鋼管に対して，円滑に応力を移行するために必要な長さを検討するため，4.5m 程度の規格の照明柱断面を対象とし，**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解析を行い，本構造の力学特性について明らかにした．



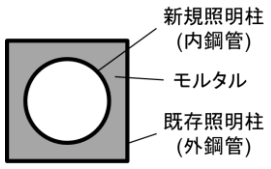


図- 1　提案工法概略図　図- 2　提案工法断面図

表- 2　材料特性

	弾性係数[kN/㎟]	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

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，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．また，接線方向の挙動として，外鋼管とモルタル間に 0.60，内鋼管とモルタル間に 0.72 の動摩擦係数を設定した．この係数は，使用を想定しているモルタルの体積膨張による効果も加味した値である．

3. 解析結果

3.1　荷重変位関係

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			200
	101-L250					250
	101-L300					300
	101-L350					350
	101-L400					400

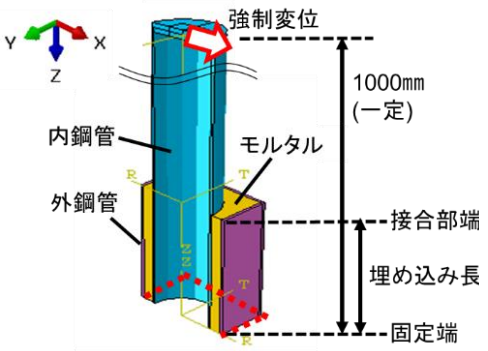


図- 4　解析モデル

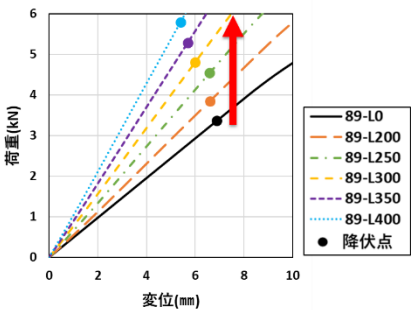


図- 3　荷重-変位関係（Φ89.1 シリーズ）

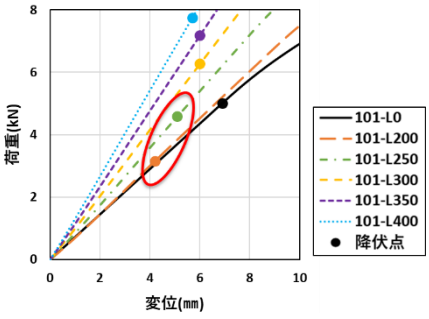


図- 5　荷重-変位関係（Φ101.6 シリーズ）

キーワード　モルタル充填二重鋼管，照明柱，腐食，曲げ特性
連絡先　〒558-8585　大阪府大阪市住吉区杉本 3-3-138　TEL：06-6605-2723

© Japan Society of Civil Engineers

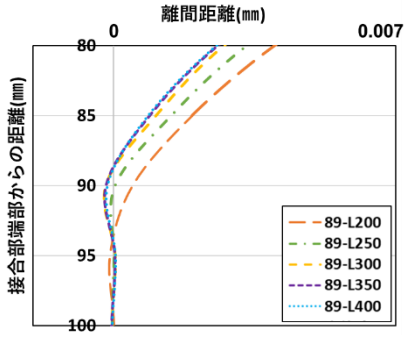


図- 6　離間距離(2.7kNm 作用時)
(Φ89.1 シリーズ)

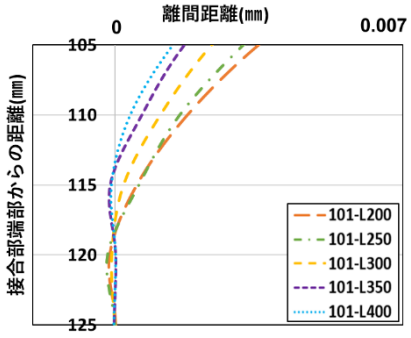


図- 7　離間距離(2.9kNm 作用時)
(Φ101.6 シリーズ)

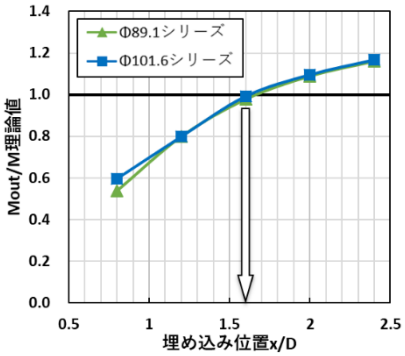


図- 8　外鋼管曲げモーメント分担率の無次元化

表- 3　曲げ剛性比

シリーズ	内鋼管	外鋼管	モルタル	曲げ剛性比	
	EI_{in}	EI_{out}	EI_{mor}	EI_{mor}/EI_{in}	$\frac{EI_{in}+EI_{mor}}{EI_{out}}$
Φ89.1シリーズ	160	838	327	2.05	0.58
Φ101.6シリーズ	240		273	1.14	0.61

両シリーズの荷重-変位関係を，内鋼管単体モデル(89-L0, 101-L0)と併せて**図-4**, **図-5** 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.

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, Φ89.1 シリーズのように降伏荷重は大きくなるはずである．しかし，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．同じ埋め込み長をもつにも関わらず，鋼管の組み合わせによって違いが出た要因として，モルタル厚による曲げ剛性の違いが挙げられる．**表-3** より，内鋼管に対するモルタルの曲げ剛性比は，モルタル厚の大きい Φ89.1 シリーズは 2 倍程度である一方で, Φ101.6 シリーズは 1 に近い. 内鋼管の剛性が大きくなりモルタルの剛性が小さくなると，本工法の適用が困難である可能性がある.

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．両シリーズの離間距離と接合部端部からの距離の関係を**図-6**，**図-7** に示す．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．これらの違いの要因も, 3.1 と同じくモルタル厚による曲げ剛性の違いが挙げられる. つまり，モルタル厚が小さいと，設計曲げモーメント作用時における内鋼管とモルタル間の付着切れの範囲が拡大すると考えられる.

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-8** の縦軸は, 外鋼管の曲げモーメント分担率 *Mout* 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 D で除して表している．**図-8** より，両シリーズのグラフは, 概ね一致する結果となった. 二重鋼管部が一体性を有する接合部端部からの距離は，外鋼管に依存する可能性が高いと考えられる. また, 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，1.6 D (200mm)程度であり，外鋼管に完全に移行させるためには，さらなる長さが必要となる.

4. まとめ

対象断面に対して，スムーズに応力が移行するために必要な埋め込み長を考えると，二重鋼管部が完全合成のようになるためには 200 mm(1.6D)必要であり，外鋼管に完全移行する長さも含めると Φ89.1 シリーズは 250 mm 以上，101-L200 と 101-L250 は適用が困難であるため，Φ101.6 シリーズは 300mm 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：照明柱基礎へのモルタル充填二重鋼管構造の適用性に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.40，pp.1177-1182，2018

© Japan Society of Civil Engineers