

V-41

コンクリート充填式二重鋼管構造の圧縮特性の解析的評価

北海道大学大学院 学生員 今野 克幸

北海道大学工学部 正 員 上田 多門

北海道大学工学部 正 員 角田 與史雄

ドーピー建設工業株式会社 正 員 大平 雅司

1 はじめに

コンクリート充填式鋼管柱は、軸圧縮力に対して大きな強度と変形能力を有しており、施工性にも優れ、近年、その利用が盛んである。本研究で用いているコンクリート充填式二重鋼管柱は、コンクリート充填式鋼管柱において鋼管を同心円上に二重に配置したものである。本研究では内側コンクリートにのみ軸圧縮力を与えた場合のコンクリートと鋼管の性状を解析的に評価し実験値との比較検討を行う。

2. 解析の概要

2.1 解析プログラム

本研究では非線形有限要素解析プログラムWCOMR¹⁾を用いている。本研究では軸対称問題用の解析プログラムWCOMRに三次元弾塑性破壊モデル^{2),3),4)}を導入し、これを用い解析を行った。

2.2 解析供試体

図1に実験供試体の形状寸法及びひずみゲージ設置個所を示し、表1に材料特性値等の供試体の諸元を示す。実験供試体は、コンクリートの代わりにモルタルを用い内側鋼管の内側モルタルとの境界面にのみ分離材として二硫化モリブデンを塗布した。本解析では供試体の上半分のみを用い、その要素分割図を図2に示す。斜線を施した要素は、載荷板を表し解析においても載荷板を介して内側モルタルにのみ軸圧縮力を与えた。図中の太線は接合要素を表し、モルタルと鋼材間の付着すべり性状を表すために用いている。内側鋼管と内側モルタルの境界部分、すなわち分離材が用いられている部分では、せん断剛性をゼロとし垂直抗力のみを伝達するようにモデル化した。また、外側モルタルと両鋼管の境界面では、せん断応力は最大静止摩擦力に達すると、それ以上増加せず、一定値を保つこととした。

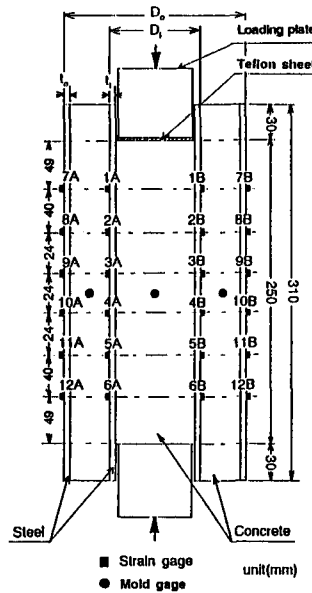


図1 供試体図

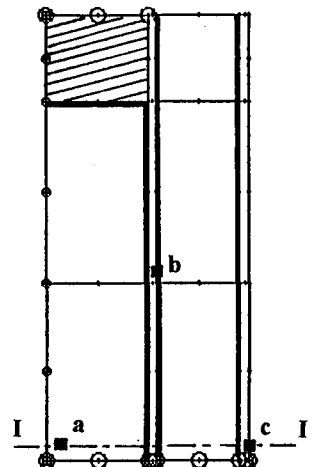


図2 要素分割図

Analytical Evaluation on Characteristics in Compression of Concrete Column Encased by Double Steel Tubes
by Katsuyuki KONNO, Tamon UEDA, Yoshio KAKUTA and Masaji OHIRA

表1 供試体諸元

Specimen	D_i (cm)	t_i (cm)	D_o (cm)	t_o (cm)	f_{yi} (MPa)	f_{yo} (MPa)	E_{si} (GPa)	E_{so} (GPa)	f'_c (MPa)
WSC01	7.63	0.26	13.98	0.33	338	363	153	179	19.0

D_i, D_o : 内側鋼管外径, 外側鋼管外径

t_i, t_o : 内側鋼管肉厚, 外側鋼管肉厚

f_{yi}, f_{yo} : 内側鋼管降伏応力, 外側鋼管降伏応力

E_{si}, E_{so} : 内側鋼管ヤング係数, 外側鋼管ヤング係数

f'_c : モルタル圧縮強度

3. 解析結果と考察

3.1 荷重変位関係

図3に実験と解析の荷重変位曲線を示す。今回の解析においては外側モルタル部分のモデル化が不完全なため、解析的に荷重変位関係のピークを捉えることはできなかった。実験の終局時の荷重1058kNに対して、荷重が360kNの点までしか解析は行われなかったが、解析された範囲においては荷重変位関係は実験値に非常に近い値を示している。

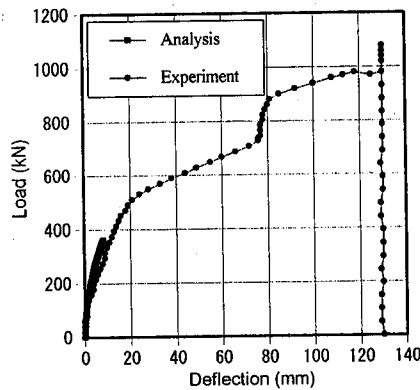


図3 荷重変位曲線

3.2 内側モルタルのひずみについて

図4に荷重の増加に伴う内側モルタルのひずみ ε_z と ε_θ の推移を示す。実験値の ε_z は、図1で示した埋込型一軸ひずみゲージで測定されたひずみの値、 ε_θ は、内側鋼管の測定点3Aと3Bで測定されたひずみの平均値を表している。解析におけるひずみの値は、図2の点aにおける ε_z と ε_θ を表している。図から分かるとおり、荷重の増加に対する内側モルタルでのひずみの増加について解析値は概ね実験値に近い値を示している。

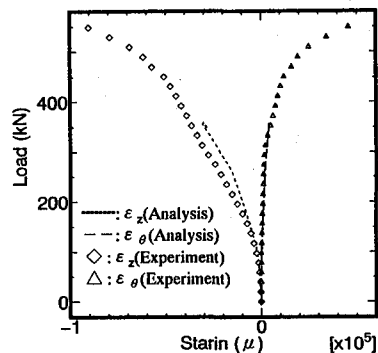


図4 荷重と内側モルタルとのひずみの関係

3.3 鋼管のひずみについて

図5(a)は、実験で測定された点1Aでのひずみと、解析で得られた図2の点bでのひずみの値を比較したものである。図5(b)は、同様に実験供試体の点9Aと図2の解析供試体の点cの値を比較したものである。荷重と鋼管のひずみとの関係を示している。図から分かるとおり実験供試体の鋼管表面のひずみの値に対して、解析結果は実験において鋼管表面に生じたひずみの値とほぼ一致している。これより、2.2で述べたように本解析におけるモルタルと鋼管の境界部分の付着すべりを表すモデルが、実験におけるモルタルと鋼管の間の付着すべり性状をおおよそ正しく表現しているとおもわれる。

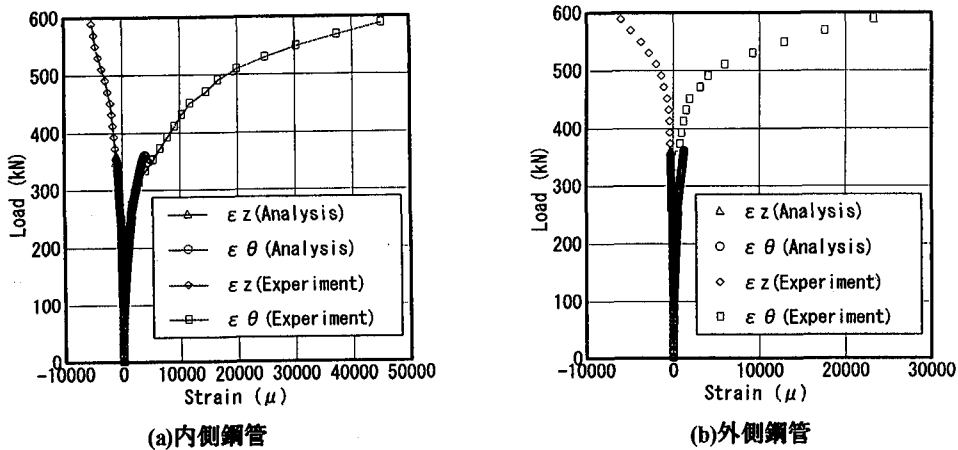


図5 荷重と鋼管のひずみとの関係

3.4 外側コンクリートの拘束効果について

図6に示すように両鋼管と外側モルタルは、内側モルタルを拘束しており、式1は、内側モルタルの内圧と拘束応力の釣り合い条件より得られた式である。式1の右辺第一項、第二項、第三項はそれぞれ、内側鋼管、外側鋼管、外側モルタルが内側モルタルの内圧に抵抗する周方向引張力を示す。図2の断面I-Iにおいて、有限要素解析結果より得られた応力値と式1を用いて計算した結果から鋼管と外側モルタルの内側モルタルへの拘束力の分担率を求め表2に示す。表2で着目した荷重77.1kNの点は、解析において外側モルタルに半径方向のひび割れが発生する直前の荷重である。荷重110.5kNでは、内側鋼管近傍に発生した半径方向ひび割れが外側に進展し、外側鋼管側に貫通した直後の点である。外側モルタルにひび割れが発生する以前では、外側モルタルの拘束力の分担率は外側鋼管のそれよりも大きい値を示している。外側モルタルにおいてひび割れが貫通した直後においても外側鋼管と外側モルタルの拘束力の分担率は同程度であるが、その後荷重の増加に伴って外側モルタルの拘束力の分担率が急激に減少し外側鋼管の分担率が増加する傾向にあるといえる。

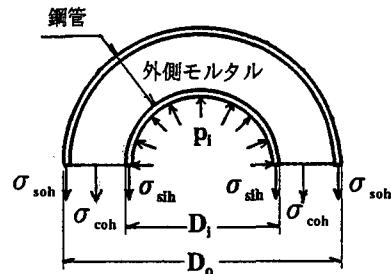


図5 鋼管と外側モルタルのフープテンションと内側モルタルの内圧との釣合

$$(D_i - 2t_i)p_i = 2t_i\sigma_{sih} + 2t_o\sigma_{soh} + (D_o - D_i - 2t_o)\sigma_{coh} \quad 1)$$

表2 内側モルタルへの拘束力の分担率

Load (kN)	Inner steel tube (%)	Outer steel tube (%)	Outer mortar (%)
77.1	52.7	19.0	28.3
110.5	56.3	23.2	20.5
151.3	63.2	29.7	7.1
245.2	66.0	32.3	1.7

4. まとめ

1)解析範囲内では荷重変位関係、及び内側モルタルの中心部分のひずみ量共に、解析値は実験値に非常に近い値を示す結果が得られた。

2)本研究においては、分離材を用いた内側モルタルと内側鋼管の境界部に用いた接合要素においてせん断剛性をゼロとし解析を行った。その結果、解析における鋼管のひずみは、実験値とほぼ等しい値を示している。よって、モルタルと鋼管の境界に分離材として二硫化モリブデンを用いた場合、摩擦によって伝達される応力は非常に小さいものと推定できる。

3)本研究の解析では、外側モルタルにおいて、半径方向にひび割れが貫通した直後までは外側モルタルによる内側モルタルへの拘束効果は十分期待できるが、その後急激に外側モルタルの拘束力の分担率が減少し、外側鋼管の分担率が増加する傾向にある。

参考文献

- 1) ナレス パンタラトーン：鉄筋コンクリート梁におけるせん断抵抗機構の有限要素解析，
東京大学博士論文（1991）
- 2) Koichi MAEKAWA, Jun-ichi TAKEMURA, Paulus IRAWAN and Masa-aki IRIE:CONTINUUM FRACTURE
IN CONCRETE NONLINEARITY UNDER TRIAXIAL CONFINEMENT, Proc.of JSCE No.460/V-18,
pp.113～122, February 1993
- 3) Koichi MAEKAWA, Jun-ichi TAKEMURA, Paulus IRAWAN and Masa-aki IRIE:PLASTICITY IN
CONCRETE NONLINEARITY UNDER TRIAXIAL CONFINEMENT, Proc.of JSCE No.460/V-18,
pp.123～130, February 1993
- 4) Koichi MAEKAWA, Jun-ichi TAKEMURA, Paulus IRAWAN and Masa-aki IRIE:TRIAXIAL ELASTO-
PLASTIC AND FRACTURE MODEL FOR CONCRETE, Proc.of JSCE No.460/V-18, pp.131～138, February
1993