

八戸工業大学 学生員 ○堀内 大祐

八戸工業大学 岡崎 一博

八戸工業大学 工藤 信

1. はじめに

兵庫県南部地震や三陸はるか沖地震では鉄筋コンクリート（RC）構造物に多大な被害が多く見られた。そのなかでも単柱形式の鉄筋コンクリート橋脚でのせん断破壊が多く見られ、地震の恐怖をあらためて痛感させられた。このような事態を克服するために従来の道路橋の耐震設計に対して更なる設計条件を検討する必要がある。よって本研究では、RC よりも耐荷力、靱性ともに優れているといわれるコンクリート充填鋼管（CFT）の性能を評価することを目的としている。

2. 実験概要

本試験は、柱状の供試体に鉛直載荷する圧縮試験と、供試体を水平にして載荷する曲げ試験の2種類からなる。供試体は圧縮試験が14種類（表-1）、曲げ試験は14種類（表-2）である。圧縮供試体には12枚、曲げ供試体には24枚の歪みゲージを貼り付けて載荷実験を行った。圧縮試験では最大荷重を3000kNとし、載荷ピッチは200kN、1200kN以降は3回ずつ繰り返し荷重を行い、最大荷重、歪み、変位を測定した。曲げ試験の場合は最大荷重を800kNと設定し、載荷ピッチは50kNとして初期段階から3回の繰り返し載荷とした。無筋コンクリートは強度が低いため、載荷ピッチを1kNとした。コンクリートの配合を表-3、試験に用いた供試体の配筋図を図-1に示す。

表-3 コンクリートの配合（1m³あたり）

水 (kg)	セメント (kg)	細骨材 (kg)	粗骨材 (kg)	混和剤 (kg)
184	302	817	916	0.906

 $G_{max}=15\text{mm}$, $f'_{24}=24\text{kN/m}^2$, $W/C=61\%$
 $s/a=47\%$, スランプ=10cm, 空気量=7.0%

使用鉄筋:主鉄筋 D=6mm, 帯鉄筋 D=3mm

表-1 圧縮供試体

供試体番号	特徴	寸法(mm)		耐荷力 (kN)	靱性率 δ_{90}/δ_y
		高さ	直径×厚さ		
SNC201	鋼管	300	150×6	1116.61	12.55
SNC202	無筋コンクリート充填鋼管	300	150×6	1725.68	13.77
SNC203	鉄筋(大)コンクリート充填鋼管	300	150×6	1880.67	14.31
SNC204	鉄筋(小)コンクリート充填鋼管	300	150×6	1844.80	13.17
SNC205	鉄筋(二重)コンクリート充填鋼管	300	150×6	1958.82	21.38
SHC201	リブ鋼管	300	150×6	1226.13	9.63
SHC202	無筋コンクリート充填リブ鋼管	300	150×6	1954.51	16.51
SHC203	鉄筋(大)コンクリート充填リブ鋼管	300	150×6	2106.80	19.90
SHC204	鉄筋(小)コンクリート充填リブ鋼管	300	150×6	2098.28	16.35
SHC205	鉄筋(二重)コンクリート充填リブ鋼管	300	150×6	2221.46	19.04
CNC201	無筋コンクリート	300	150	462.90	-
CNC202	鉄筋(大)コンクリート	300	150	415.55	-
CNC203	鉄筋(小)コンクリート	300	150	475.13	-
CNC204	鉄筋(二重)コンクリート	300	150	437.07	-

表-2 曲げ供試体

供試体番号	特徴	寸法(mm)		耐荷力 (kN)	靱性率 δ_{90}/δ_y
		高さ	直径×厚さ		
SNB201	鋼管	2000	200×6	482.80	11.05
SNB202	無筋コンクリート充填鋼管	2000	200×6	621.32	18.02
SNB203	鉄筋(大)コンクリート充填鋼管	2000	200×6	585.90	18.00
SNB204	鉄筋(小)コンクリート充填鋼管	2000	200×6	648.72	23.63
SNB205	鉄筋(二重)コンクリート充填鋼管	2000	200×6	782.79	24.83
SHB201	リブ鋼管	2000	200×6	519.30	12.23
SHB202	無筋コンクリート充填リブ鋼管	2000	200×6	840.08	25.38
SHB203	鉄筋(大)コンクリート充填リブ鋼管	2000	200×6	799.32	26.08
SHB204	鉄筋(小)コンクリート充填リブ鋼管	2000	200×6	829.36	37.93
SHB205	鉄筋(二重)コンクリート充填リブ鋼管	2000	200×6	744.29	21.78
CNB201	無筋コンクリート	2000	200	10.56	-
CNB202	鉄筋(大)コンクリート	2000	200	42.54	-
CNB203	鉄筋(小)コンクリート	2000	200	39.29	-
CNB204	鉄筋(二重)コンクリート	2000	200	51.41	-

3. 実験結果と考察

3.1 耐荷力

圧縮試験では、充填鋼管(SNC)、充填リブ鋼管(SHC)共に二重筋が最も耐荷力が高く、続いて帯鉄筋大、帯鉄筋小、無筋の順となり、コンクリート(CNC)では小、無筋、二重、大となった。SNCとSHC

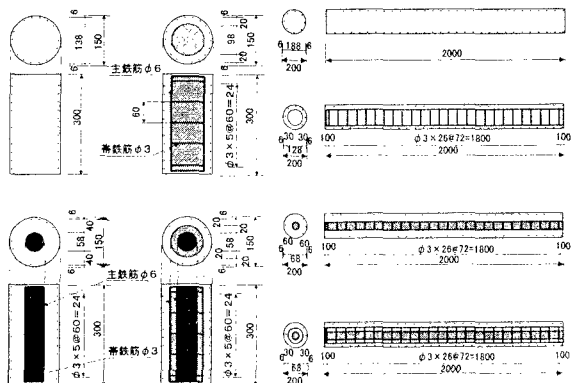


図-1 供試体配筋図

の比較では、鋼管のみの 10%に対して充填鋼管では約 13% 向上している。一般的に RC ではコンクリートの中心を鉄筋で補強する小帯鉄筋が、高せん断耐力を有する。しかし CFT では帯鉄筋の大小に関してはほとんど差が現れなかった。これは鋼管によって外側を拘束されたために有効断面積が帯鉄筋によって変化しなくなったためと推測される。また、リップの有無に関しては、リップが鋼管の荷重をコンクリートに伝達し、コンクリートの受け持ち分が増えたためと考えられる。曲げ試験においては、SNB は小、二重、無筋、大、鋼管の順、SHB は無筋、小、大、二重、鋼管という順となった。ともにワカビリティが非常に悪かったため、このような結果になったと考えられる。

3. 2 靱性

靱性については、最大荷重の 90%時の変位(δ_{90})を初期降伏時の変位(δ_y)で割ることによって評価した。 δ_{90} の評価ができなかった曲げ試験については、最大荷重時の変位(δ_u)を用いた。圧縮試験から SNC では、二重、大、無筋、小、鋼管、SHC では大、二重、無筋、小、鋼管の順で靱性率が高く、これは二重や大の変形性能が高いためである。また SNC と SHC では、後者の方が比較的高くなった。これも変形性能が高いためである。曲げ試験では、SNB が二重、小、無筋、大、鋼管、SHB が小、大、無筋、二重、鋼管の順で靱性率が高い結果となった。

3. 3 合成効果

合成効果については、圧縮試験で鋼管が降伏点に達したときの荷重から算出される合成効果を、表-4 に示す。最大荷重時における合成効果を、表-5, 6 に示す。鋼管の降伏点において実験から得た降伏点荷重を、コンクリートの受け持つ荷重($P_c=A_c \cdot E_c \cdot \varepsilon_u$)に鋼管の受け持つ荷重($P_s=A_s \cdot E_s \cdot \varepsilon_y$)を加えた荷重で除したものが表-4 の合成効果である。SNC(SHC)の最大荷重を、SNC(SHC)201 の最大荷重に CNC の最大荷重を加えたもので除したものが表-5, 6 の合成効果である。表-4 の降伏点荷重における SNC では大、二重、小、無筋、SHC では二重、大、小、無筋の順で合成効果が高くなっている。表-5, 6 の最大荷重では SNC、SHC とともに二重、大、小、無筋となった。SNC と SHC を比較すると降伏点付近で後者が約 16%増加し、最大荷重付近では約 6%の増加にとどまった。

表-4 圧縮供試体の降伏点での合成効果

供試体	鋼管+コンクリート累加降伏点荷重 α	実際の降伏点荷重 β (kN)	合成効果 (β/α)
SNC202	1255.00	1439.42	1.15
SNC203	1139.10	1775.96	1.56
SNC204	1190.19	1573.34	1.32
SNC205	1189.94	1800.55	1.51
SHC202	1251.79	1852.94	1.48
SHC203	1223.59	1984.21	1.62
SHC204	1212.45	1877.29	1.55
SHC205	1198.60	2062.46	1.72

表-5 圧縮供試体の最大荷重での合成効果

供試体	鋼管+CNC供試体最大荷重 α (kN)	実際の最大荷重 β (kN)	合成効果 (β/α)
SNC202	1579.51	1725.68	1.09
SNC203	1532.16	1880.67	1.23
SNC204	1591.74	1844.80	1.16
SNC205	1553.68	1958.82	1.26
SHC202	1689.03	1954.51	1.16
SHC203	1641.68	2106.80	1.28
SHC204	1701.26	2098.28	1.23
SHC205	1663.20	2221.46	1.34

表-6 曲げ供試体の最大荷重での合成効果

供試体	鋼管+CNC供試体最大荷重 α (kN)	実際の最大荷重 β (kN)	合成効果 (β/α)
SNB202	493.36	621.32	1.26
SNB203	525.34	585.90	1.12
SNB204	522.09	848.72	1.63
SNB205	534.21	782.79	1.47
SHB202	529.86	840.03	1.59
SHB203	561.84	799.32	1.42
SHB204	558.59	829.63	1.49
SHB205	570.71	744.29	1.30

4. まとめ

1. 鉄筋コンクリート充填鋼管は高強度、残留耐力を保持する材料として評価できる。
2. 二重帯鉄筋コンクリート充填鋼管は強度、靱性率とも高い性能を示す。
3. コンクリート充填鋼管において鉄筋を配置することで確実に靱性の向上が見られる。
4. リップによる合成効果は弾性領域では十分に発揮されるが、最大耐荷力付近ではあまり効果が見られない。

参考文献

- 1)土木学会：鋼・コンクリート複合構造の理論と設計(1)基礎編：理論編 (1999.10)
- 2)日本建築学会：コンクリート充填鋼管構造設計施工指針 (1999.4)