

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：17301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04434

研究課題名(和文)せん断破壊するコンクリート充填鋼管柱の繰返し水平加力下における構造性能

研究課題名(英文)Structural property of CFT short columns with shearing failure under cyclic lateral forces

研究代表者

中原 浩之(Nakahara, Hiroyuki)

長崎大学・工学研究科・教授

研究者番号：60315398

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：24体のコンクリート充填鋼管(CFT)柱の実験試験体を作成し、繰返しせん断力を載荷した。CFT柱は、せん断破壊が先行するようにせん断スパン比を0.6と小さく設定した。断面形状は、いずれもせいが150mmの長方形と正方形である。鋼管は、普通強度の市販のSTKR400を使用している。コンクリート強度も、CFTで通常用いられる40から50MPaとした。実験の主要パラメーターは、軸力比である。すべての実験結果は、計算上の曲げ強度時のせん断力を下回り、せん断破壊が先行するCFT柱の実験結果を蓄積することができた。実験の最大強度は、日本建築学会CFT指針のせん断耐力式で、安全側に推定できることが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、長方形CFT柱と正方形CFT柱の試験体をそれぞれ12体ずつ、合計24体作成し、せん断破壊実験を実施することを計画し、予定通り実施できた。これらは、将来の日本建築学会コンクリート充填鋼管構造の設計施工指針の改訂時における、CFT柱のせん断耐力式の精度検証に必要な実験資料となる。本研究により、コンクリート充填鋼管構造の更なる発展に寄与することができた。

研究成果の概要(英文)：Test has been conducted for twenty-four CFT specimens under cyclic shearing force and a constant axial force. CFST specimens with two different shapes of sections of rectangle and square were tested. The depth of both sections were 150mm. The a/D ratio of the specimens was 0.6. The yield strength of the steel tube and the compressive strength of the inner concrete was normal strength.

All specimens showed the yielding at the center of the web of the steel tubes and did not attain to the calculated flexural-capacities of CFST columns. The shearing force Q-shear strain relationship were investigated. The cyclic behavior of the CFSTs were enough stable to be used as damping devices in seismic regions. From the Q- relations, maximum shearing strength was compared to the calculated values by the design formula for CFTs. Those of the experimental results were estimated by the calculated values precisely.

研究分野：建築構造




キーワード：CFT柱 CFT指針 せん断耐力 長方形断面 正方形断面

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究で対象とするせん断破壊する CFT 柱の実験データはきわめて少ない。日本建築学会は「コンクリート充填鋼管構造設計施工指針」を 2008 年に改定している。この当時、せん断破壊が報告されている CFT 柱の実験について調査を行ったところ、断面形状が正方形のものは僅かに 12 体 (Sakino, K. and Ishibashi, H.: Experimental Studies on Concrete Filled Square Steel Tubular Short Columns Subjected to Cyclic Shearing Force and Constant Axial Force, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 353 号, pp.81-91, 1985.7), 円形・長方形については例がなかった。これを受けて、申請者は、科研費若手 (B) (2011~2012) の助成を得て合計 21 体 (このうち 5 体はパイロット実験) の円形 CFT 柱のせん断破壊実験を実施した。その後、基盤 (C) (2014~2016) の助成を得て、長方形 CFT 柱を中心にせん断実験を継続して行い、2016 年までに、長方形 CFT 柱 19 体、正方形 CFT 柱 9 体を追加して、表 1 の様な実験結果が収集できている。

表 1 CFT 柱のせん断破壊実験の収集データ数

年	断面形状	円形	正方形	長方形
				
2008年	せん断破壊 試験体数	0	12	0
2012年		21	12	0
2016年		21	21	19

このように、申請者らは、2008 年の CFT 指針改定時に、データが無かった円形 CFT 柱と長方形 CFT 柱の実験結果をそれぞれ 21 体および 19 体採取し、次の指針改定に備えている。また、長方形 CFT 柱のせん断耐力との比較のために、9 体の正方形 CFT 柱の実験も実施しており、現在は、合計 21 体の正方形 CFT 柱の実験データを保有している。

2. 研究の目的

本研究では、せん断破壊する CFT 柱の更なる実験データの蓄積を目的として、長方形 CFT 柱と比較用の正方形 CFT 柱の試験体をそれぞれ 12 体ずつ、合計 24 体作成し、一定軸力下での繰返しせん断力載荷実験を実施する。これまでの試験体では、円柱状の鋼材を支点として、鋼管に直接せん断力を載荷していたが、本研究では、より現実の使用に近い状況とするため、試験体にダイアフラムを取り付けて実験を実施した。

3. 研究の方法

実験に使用する加力装置を図 2 に示す。このような、いわゆる大野式加力装置を用いて実験を実施する。大野式装置は、繰返し載荷する際、通常 4 つの油圧ジャッキを用いて図 1 に示すような曲げモーメント図となる加力を実現する。申請者は、これをより簡便に実施するために、各繰返し載荷ステップにおいて、試験体の中心を吊上げて支点位置を対称に変換し、正負交番載荷する手法を開発して、合計 28 体の実験を実施し、この試験装置自体の動作についても確認している。

また、これまで、図1の水平ジャッキの容量が小さかったため、高軸力下での実験結果が得られていない。本研究では、幅広い軸力レベルにて実験を行い、巨大地震時におけるせん断破壊性状の把握のための基礎資料を収集する。

(1) 試験体 (2) 油圧ジャッキ (3) ロードセル (4) 油圧試験機

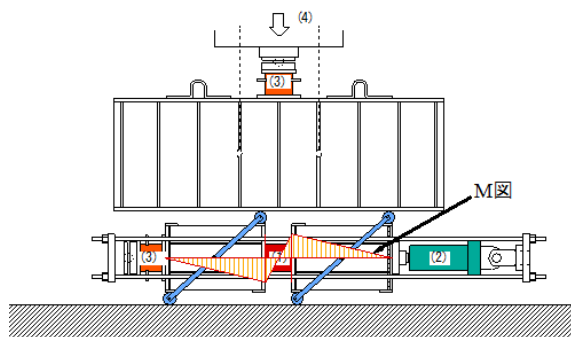


図1 使用する予定の加力装置

4. 研究成果

研究成果として、ダイヤフラム形式をパラメーターとした実験試験体の比較を示す。試験体一覧は、表2の通りである。

表2 試験体一覧

試験体	ダイヤフラム形式	断面	載荷方法	せん断スパン比 a/D	試験体せい D (mm)	柱幅B (mm)
TRM4520	通しダイヤフラム	長方形	単調	0.6	150	75
TRM4525			繰返し			
TRC4525		正方形	単調			
TSM4513			繰返し			
TSM4525			繰返し			
TSC4525			繰返し			
ORM4120	外ダイヤフラム	長方形	単調	0.6	150	75
ORC4130			繰返し			
ORC4150		正方形	単調			
OSM4115			繰返し			
OSC4128			繰返し			
OSC4134			繰返し			

ここでは、正方形 CFT の通しダイヤフラム形式と外ダイヤフラム形式の実験結果を、軸力とせん断力関係頭上にプロットしたものを図2に載せ、両者を比較する。図2には、CFT 指針式によるせん断耐力を青実線で、CFT 指針式による曲げ耐力をオレンジの点線で示している。また、緑の一点鎖線で、ワシントン大学の Roeder らにより提案されているせん断耐力の設計式(以下、Roeder 式と呼ぶ)による計算値も示している。実験結果のプロットは、すべて、CFT 指針により計算された曲げ耐力時のせん断力を下回り、CFT 指針により計算されたせん断耐力を上回っている。実験では、ウェブ中央に添付した3軸ゲージから得られたミーゼスの応力が降伏応力に達したのち、最大強度を記録している。これらのことから、実験は、計画の通りせん断破壊が先行する試験体の最大強度を取得できたことがわかる。

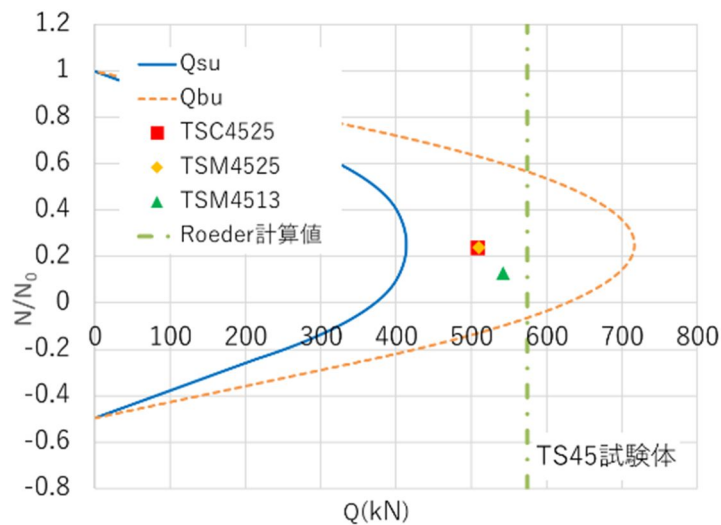


図 2 (a) せん断力 - 軸力比関係 (TS45 正方形試験体)

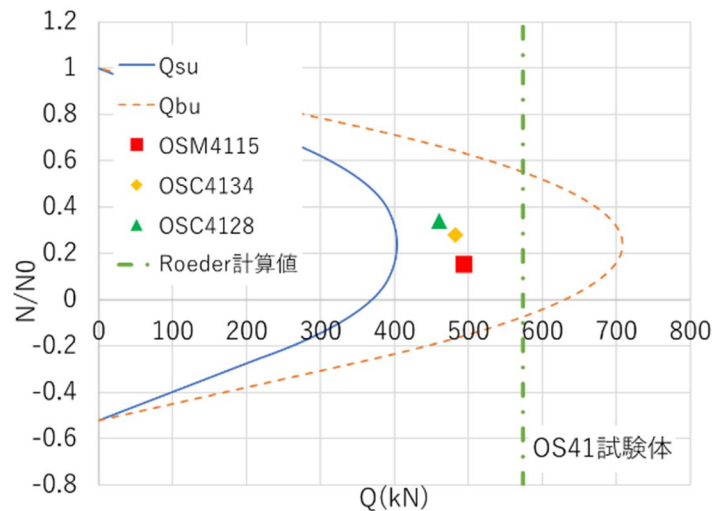


図 2 (b) せん断力 - 軸力比関係 (OS41 正方形試験体)

実験の最大強度は、CFT 指針式によるせん断耐力計算値で安全側に評価できることがわかる。一方で、CFT 梁のせん断強度を推定できるとされる Roeder 式では、本実験の結果を過大評価していることがわかる。この点においては更なる検討が必要で、今後の課題としたい。

結果のまとめとして、既発表の論文リストを以下に示す。

中原浩之, 松竹光太郎, 摺木悠人, 森下詢太: 異なるダイアフラム形式を有するコンクリート充填鋼管短柱のせん断破壊性状に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol43, No.2, 採用決定, 2021 年 7 月

Morishita, J., Matsutake, K., Suruki, Y. and Nakahara, H.: Shearing Behavior of Rectangular and Square Concrete-Filled Steel Tubular Columns, 8th International Symposium on Applied Engineering and Sciences, Fukuoka, Japan, Dec. 2020.

Suruki, Y., Ikeda, K., Matsutake, K. and Nakahara, H.: Shearing Capacity of Square Concrete-Filled Steel Tubular Columns, Proceedings, 17th World Conference on Earthquake Engineering, Sendai, Japan, paper ID:2i-0119, Spt. 2020.

中原浩之, 松竹光太郎, 摺木悠人: 外ダイアフラムを有するコンクリート充填角形鋼管短柱

のせん断破壊性状に関する実験的研究,長崎大学大学院工学研究科研究報告,Vol.50, No.95, pp.35-41, 2020.7.

Suruki, Y., Matsutake, K., Ikeda, K. and Nakahara, H. : Estimation Methods for Shearing Capacity of Square Concrete-Filled Steel Tubular Columns, The 15th Joint Symposium of Nagasaki University and Jeju National University on Science and Technology, Nagasaki, Japan, Jan. 2020.

中原浩之,池田啓悟:通しダイアフラムを有するコンクリート充填角形鋼管短柱のせん断破壊性状に関する実験的研究,長崎大学大学院工学研究科研究報告,Vol.49, No.92, pp.43-49, 2019.1.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 中原浩之, 池田啓悟	4. 巻 48
2. 論文標題 通しダイアフラムを有するコンクリート充填角形鋼管短柱のせん断破壊性状に関する実験的研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 長崎大学大学院工学研究科研究報告	6. 最初と最後の頁 43-49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 中原浩之, 松竹光太郎, 摺木悠人	4. 巻 50
2. 論文標題 外ダイアフラムを有するコンクリート充填角形鋼管短柱のせん断破壊性状に関する実験的研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 長崎大学大学院工学研究科研究報告	6. 最初と最後の頁 35-41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 中原浩之, 松竹光太郎, 摺木悠人, 森下詢太	4. 巻 -
2. 論文標題 異なるダイアフラム形式を有するコンクリート充填鋼管短柱のせん断破壊性状に関する実験的研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Suruki, Y., Matsutake, K., Ikeda, K. and Nakahara, H.
2. 発表標題 Estimation Methods for Shearing Capacity of Square Concrete-Filled Steel Tubular Columns
3. 学会等名 The 15th Joint Symposium of Nagasaki University and Jeju National University on Science and Technology (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Suruki, Y., Ikeda, K., Matsutake, K. and Nakahara, H.
2. 発表標題 Shearing Capacity of Square Concrete-Filled Steel Tubular Columns
3. 学会等名 17th World Conference on Earthquake Engineering (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Morishita, J., Matsutake, K., Suruki, Y. and Nakahara, H.
2. 発表標題 Shearing Behavior of Rectangular and Square Concrete-Filled Steel Tubular Columns
3. 学会等名 8th International Symposium on Applied Engineering and Sciences (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関