

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 23 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22360225

研究課題名(和文)フラットプレート構造におけるせん断補強効果の定量評価

研究課題名(英文)Quantitative evaluation of the effects of shear reinforcement in flat-plate structure

研究代表者

市之瀬 敏勝 (Ichinose, Toshikatsu)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：10151474

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円、(間接経費) 3,960,000円

研究成果の概要(和文)：フラットプレート構造のパンチングシア破壊に関する実験を行った。スリットを設けることによって柱側面でのねじれ抵抗のみを抽出した試験体の結果から、RC規準が定めるせん断応力度が適切であることが分かった。しかし、スリットの無い試験体の結果より、RC規準で想定されている領域よりも広い範囲でねじれ抵抗していることが分かった。実験結果をもとに、パンチングシア強度を算定する方法を提案した。

研究成果の概要(英文)：To investigate punching shear strength of reinforced concrete slab, two types of specimens are tested: specimens with/without slits. In a specimen, slits are used so as to resist bending moment only by the torsional resistance of concrete slab. The test result shows that the maximum shear stress used in the Japanese standard is appropriate. However, a specimen without slits show that the area resisting torsion is larger than that assumed in the Japanese standard. Based on the test results, a method to evaluate the punching shear strength of concrete slab is proposed.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学 建築構造・材料

キーワード：フラットプレート 鉄筋コンクリート 複合部 せん断補強 床スラブ

1. 研究開始当初の背景

(1) フラットプレート構造は従来、倉庫などの限られた用途のみに使用されてきたが、近年では遮音性能向上の目的で集合住宅に使用される例が増加してきている。

(2) フラットプレート構造で注意すべき破壊形式はパンチングシア破壊であるが、この破壊に関して日本の規準 (RC規準) と米国の規準 (ACI-318) では以下のような大きな相違がある。

- ① 日本ではせん断補強筋の効果を無視しているが、米国では考慮している。
- ② 日本では柱側面のねじり抵抗が米国の規準に比べて大きい。

(3) 日本の規準では柱周りの曲げモーメント、せん断力、ねじれモーメントを加算する設計法が採用されているが、これらの性能が同時に発揮されるという考え方は力学的に無理がある。

2. 研究の目的

(1) パンチングシア破壊に関する曲げ、せん断、ねじり抵抗の寄与を定量的に把握する。

(2) パンチングシア破壊に対する強度を合理的に計算する方法を提案する。

3. 研究の方法

(1) 正方形断面の中柱を対象とした実験を行う。加力はスラブの端部に上下方向に荷重を与え、柱内に配置した PC 鋼棒を緊張することによって自重に相当する軸力を作用させる (図1)。

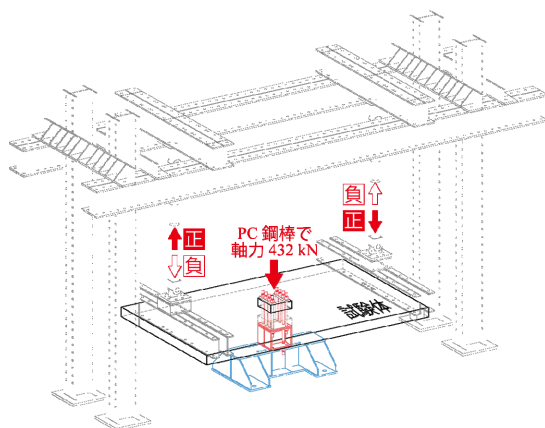
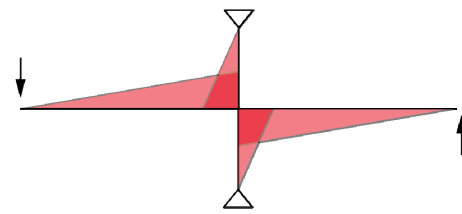
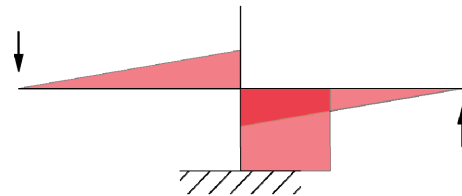


図1 加力装置

(2) 本実験の加力方法は従来のフラットプレート構造に関する実験で行われてきたものと異なるが、図2に示すようにスラブのモーメント分布は同一となるようにしている。柱のモーメント分布は異なるが、研究対象であるパンチングシア破壊に対しては影響を及ぼさない。



(a) 中澤らの研究 (2004) のモーメント図



(b) 本研究のモーメント図

図2 モーメント図

(3) 実験変数は柱前後面のスリットの有無とし、試験体を製作した。スリットのある試験体を図3に示す。スリットを設けた試験体では、ねじり抵抗寄与のみを抽出できると考えられる。

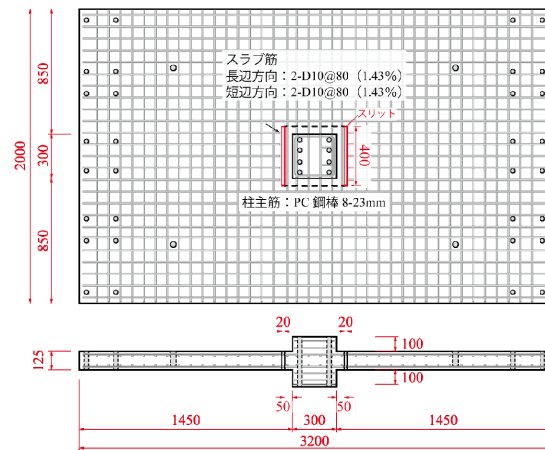


図3 スリットあり試験体

4. 研究成果

(1) スリットの有無を変数とした実験を行った結果、スリットのない試験体では図4のようにパンチングシア破壊が起こった。

(2) スリットの有無により、ひび割れの発生状況が図5のように異なっていた。スリットがある試験体では柱周りにひび割れが集中していた。

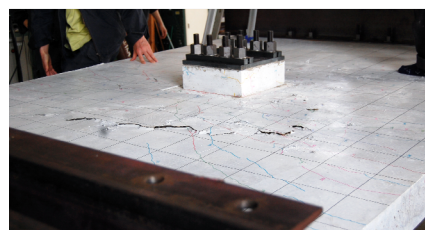


図4 パンチングシア破壊 (スリット無し)

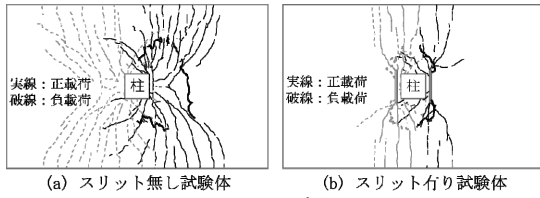


図5 ひび割れ図

(3) 計測した試験体の変位から図6のような変形をしていることが分かった。スリット有り試験体はねじれ抵抗だけを抽出できると考えていたが、スリット無し試験体の方がねじれ変形をしている領域が広いことが確認された。よって、日本の規準 (RC規準) が想定している領域よりも広い範囲でねじれ抵抗をしていることになる。

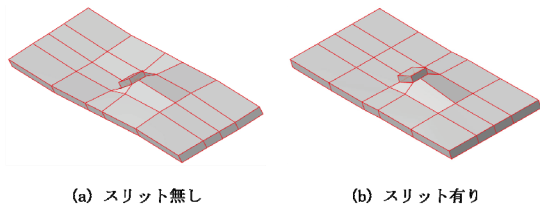


図6 変形図 (変形倍率2.5倍)

(4) ねじれ変形の状況を定量的に把握するため、ねじれ角の分布を描いたものが図7である。スリット無し試験体では柱付近から離れても、ねじれ角が増加していく傾向があった。

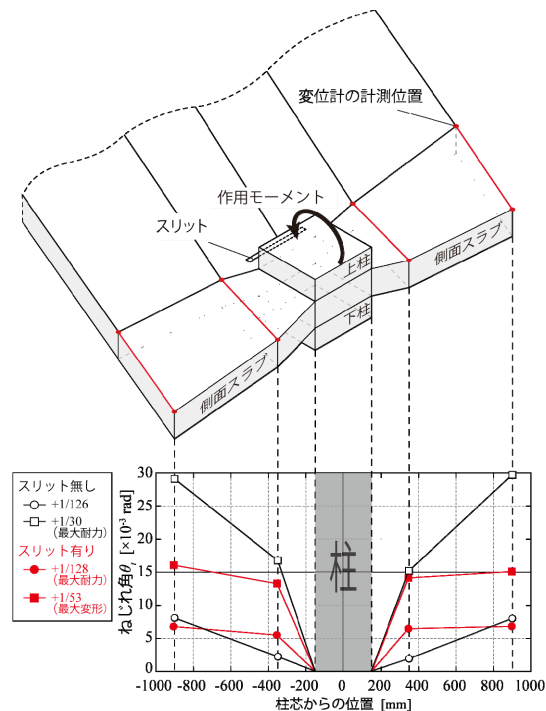


図7 ねじれ変形角の分布

(5) スリット有り試験体の変形性状からせん断変形を算出すると図8のようになった。また、実験の荷重とせん断変形の関係から、

図8中の斜線部分のせん断応力-ひずみ関係を算出すると図9のような結果が得られた。これより、日本の規準 (RC規準) で想定している柱周りのせん断応力は妥当であることが証明された。

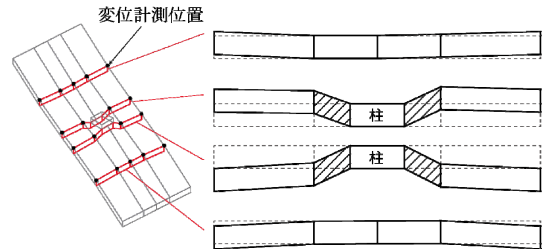


図8 せん断変形 (スリット有り)

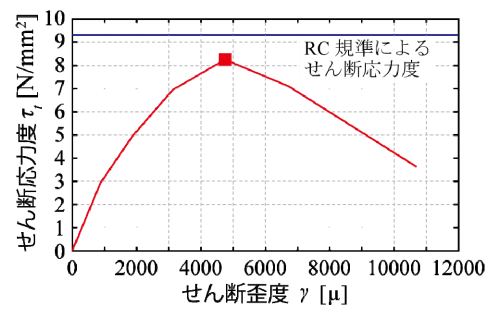


図9 せん断応力-ひずみ関係

(6) スリット無し試験体は図9を用いてねじれ抵抗を算出すると、実験結果を説明できない。これは、図7で示されたように、ねじれ抵抗の範囲が広いからである。そこで、実験結果をもとにねじれ抵抗範囲を図10のように考えれば実験結果を説明できることを導いた。

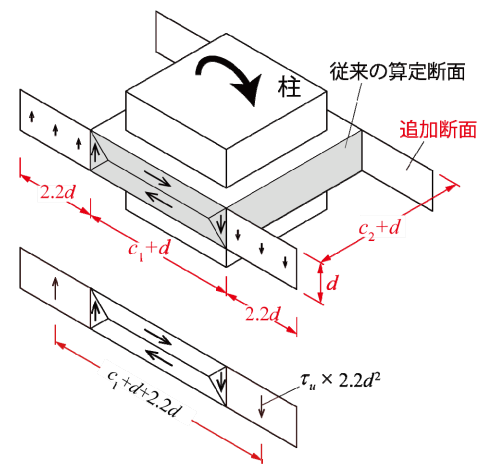


図10 ねじれモーメント算定断面

(7) パンチングシア強度を式(1)で計算することを提案した。なお、 M_{10} は図10に示した追加断面が負担するモーメントを表しており、式(2)で計算する。その他の記号はRC規準と同一である。

$$M_0 = \min(M_f, M_s) + M_t + M_{to} \quad (1)$$

$$M_{to} = \tau_u \times 2.2d^2 (c_1 + d + 2.2d) \times 2 \quad (2)$$

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 戸塚真里奈, 高越総一郎, 高橋之, 市之瀬敏勝: 地震力を受けるフラットプレート構造の柱-スラブ接合部における柱側面ねじりに関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 36, 2014.7 (掲載決定)

[学会発表] (計 5 件)

- ① 戸塚真里奈, 高越総一郎, 高橋之, 市之瀬敏勝: 地震力を受けるフラットプレート構造の柱-スラブ接合部に関する実験研究 その 1 実験方法の提案, 日本建築学会東海支部研究発表会, 2014年2月18日, 名古屋大学
- ② 高越総一郎, 戸塚真里奈, 高橋之, 市之瀬敏勝: 地震力を受けるフラットプレート構造の柱-スラブ接合部に関する実験研究 その 2 柱前後面にスリットを設けた試験体, 日本建築学会東海支部研究発表会, 2014年2月18日, 名古屋大学
- ③ 高越総一郎, 戸塚真里奈, 高橋之, 市之瀬敏勝: 地震力を受けるフラットプレート構造の柱-スラブ接合部に関する実験研究 その 3 ねじりモーメントの検討, 日本建築学会東海支部研究発表会, 2014年2月18日, 名古屋大学
- ④ 戸塚真里奈, 高橋之, 市之瀬敏勝: 地震力を受けるフラットプレート構造の柱-スラブ接合部のねじり抵抗 その 1 実験概要, 日本建築学会大会, 2014年9月14日, 神戸大学
- ⑤ 高橋之, 戸塚真里奈, 市之瀬敏勝: 地震力を受けるフラットプレート構造の柱-スラブ接合部のねじり抵抗 その 2 パンチング算定式の提案, 日本建築学会大会, 2014年9月14日, 神戸大学

[その他]

ホームページ等

<http://kitten.ace.nitech.ac.jp/ichilab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

市之瀬 敏勝 (ICHINOSE, Toshikatsu)

名古屋工業大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号: 10151474

(2) 研究分担者

高橋 之 (TAKAHASHI, Susumu)

名古屋工業大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号: 20620842