

実大規模二方向載荷実験による載荷履歴がせん断耐力に与える影響の検討

大成建設（株） 正会員 〇坂下 克之 正会員 山本 悠人
（一財）電力中央研究所 正会員 松尾 豊史
関西電力（株） 松居 伸明

1. はじめに

鉄筋コンクリート(RC)構造物を対象とした三次元解析において、破壊状況や耐荷性能の精度の高い評価には、三次元効果や載荷履歴依存性を考慮する必要があるが、それらに着目した実大規模（部材厚 1m 以上）の実験例は少ない。そこで本研究では、地中 RC 構造物の耐震性能照査手法の高度化を目的として、実大規模の試験体を用いた水平二方向載荷実験を実施し、載荷履歴がせん断耐力に与える影響を検討する。

2. 実験条件

試験体図面を図-1 に示す。試験体は 1 辺 1.1m の正方形断面を持つ柱およびフーチングからなる。配筋仕様はせん断破壊型となるように設定する。材料試験による実強度を用いた耐力算定の結果、各試験体でコンクリート強度により若干の変動はあるが、曲げせん断耐力比（＝せん断耐力/曲げ降伏水平力）は 0.87～0.88 となる。試験体は同じ配筋仕様で 3 体を製作し異なる加力パターンで載荷する。加力図を図-2 に示す。加力は直交する 2 つのジャッキを用いて行う。

試験ケースを表-1 に示す。試験体仕様は共通で、N-1 はジャッキ 1 によりせん断耐力ピーク確認まで載荷する基本ケース、N-2-1 は斜め載荷の影響を見るために、ジャッキ 1 およびジャッキ 2 を同時に加力してせん断耐力ピーク確認まで 45° 方向に載荷するケース、N-2-2 はプレクラックの影響を見るために、ジャッキ 2 によりせん断ひび割れ発生まで交番載荷（事前載荷）し、原点まで変位を戻した後にジャッキ 1 によりせん断耐力ピーク確認まで載荷するケースである。

3. 実験結果

載荷位置の荷重～変位関係を図-3 に示す。(a)に N-1 と N-2-1 の比較を示す。ともに加力方向すなわち N-1 については図-2 に緑で示した座標系の P_1, δ_1 方向、N-2-1 については橙で示した座標系の P_Y, δ_Y 方向の荷重～変位関係である。図より、載荷方向を 45° 方向とした場合に、せん断耐力が約 13%大きくなる結果が得られた。これは載荷方向が斜めになることにより断面形状が見かけ上正方形から菱形に変化することで、断面の有効高さが大きくなるためと考えられる。一方で、目視等による局所的な損傷状況としては、載荷方向を 45° 方向とした方が下端角部の圧縮損傷が顕著になる

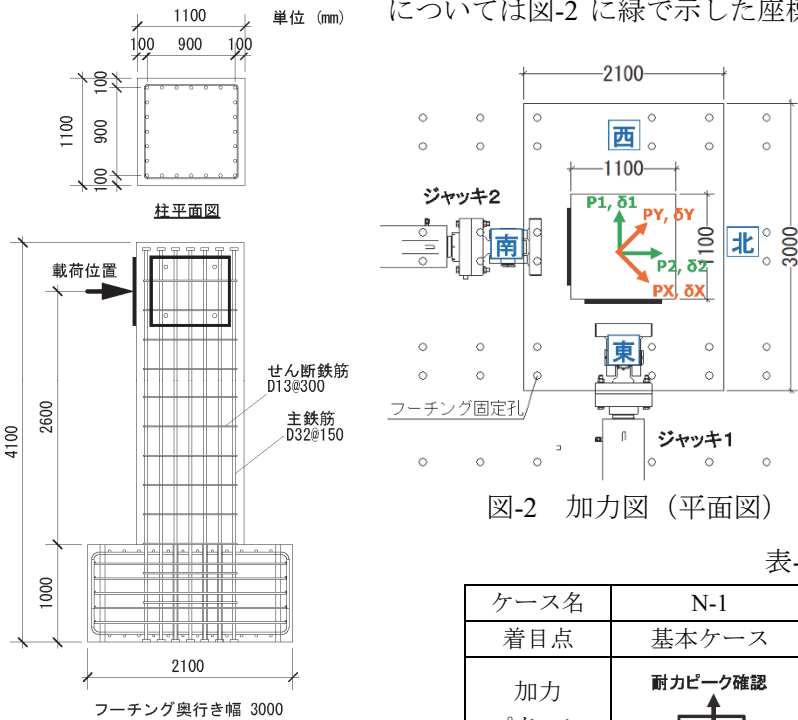


図-1 試験体図面

図-2 加力図（平面図）

表-1 試験ケース

ケース名	N-1	N-2-1	N-2-2
着目点	基本ケース	斜め載荷	プレクラック
加力パターン（平面図）	耐力ピーク確認 	耐力ピーク確認 	せん断ひび割れ 耐力ピーク確認

キーワード RC 構造, 実大規模, 載荷実験, 二方向載荷, 載荷履歴, せん断耐力

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設 技術センター 社会基盤技術研究部 TEL 045-814-7231

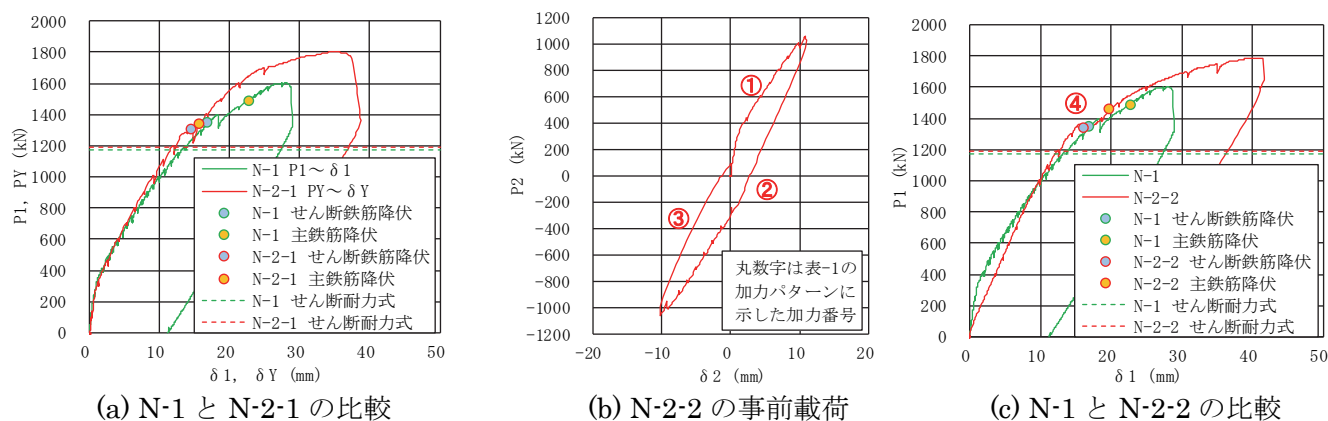


図-3 載荷位置の荷重～変位関係

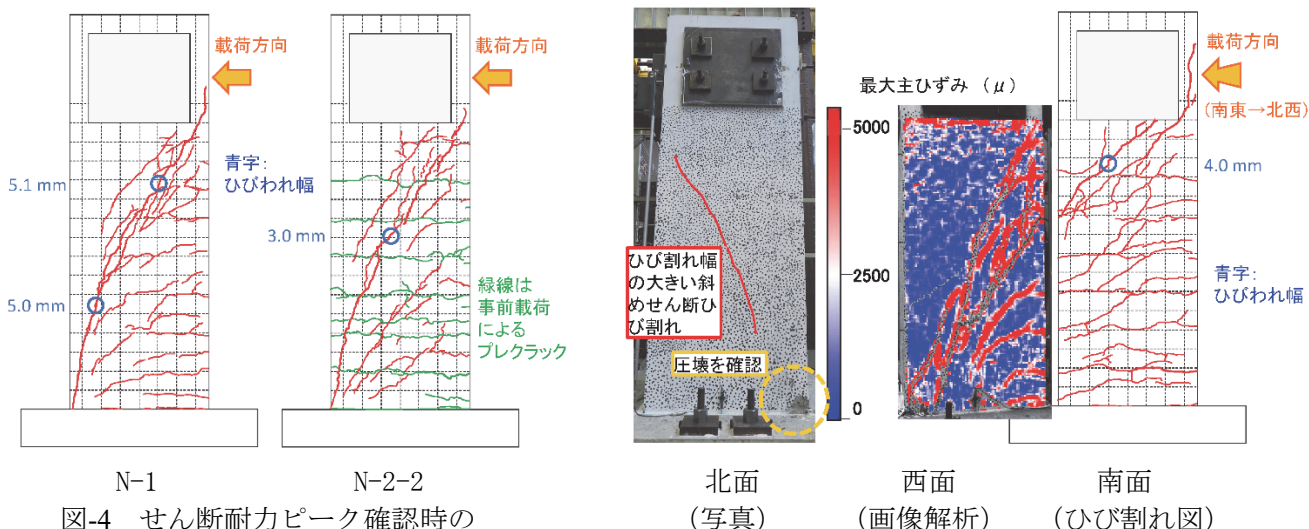
図-4 せん断耐力ピーク確認時の
N-1とN-2-2の南面ひび割れ図

図-5 せん断耐力ピーク確認時のN-2-1の状況

ことが確認された（後述図-5）。また図中の「N-2-1 主鉄筋降伏」は引張側の角部（南東角）下端であり、「N-1 主鉄筋降伏」よりも小さい荷重で発生している。

(b)は N-2-2 の事前載荷の P_2, δ_2 方向の荷重～変位関係である。約 1050kN でせん断ひび割れが発生している。(c)に N-1 と N-2-2 の P_1, δ_1 方向の荷重～変位関係の比較を示す。図より、せん断ひび割れが発生する程度の直交方向のプレクラックにより、せん断耐力が約 12%増加することが分かった。

図に併記した実強度によるせん断耐力式（二羽式）（N-2-1 は斜め方向ではなく P_1 方向）と比較すると、実験によるせん断耐力は N-1, N-2-1, N-2-2 でそれぞれ 36%, 51%, 50%大きくなった。

せん断耐力ピーク確認時の N-1 と N-2-2 の南面のひび割れ図を図-4 に示す。図より、N-1 は斜めせん断ひび割れが卓越し耐力ピークに達していることがわかる。N-2-2 は N-1 と類似したひび割れ状況であるが、N-1 と比較すると、プレクラックによりいくつかの斜めせん断ひび割れが連続せずに途切れており、これが図-3 で示したせん断耐力増加の要因となっていると考えられる。

せん断耐力ピーク確認時の N-2-1 の状況を図-5 に示す。北面の写真より圧縮縁である北西基部が圧壊している様子が分かる。また斜め載荷である N-2-1 は、斜めせん断ひび割れが柱の南面から西面の角を回り込んで連続している様子が確認でき、載荷方向に傾斜する斜めせん断ひび割れが発生していることが分かる。

4. おわりに

今後は本実験結果に基づいて、耐震性能照査に用いる三次元非線形解析の解析精度や各種限界値の適用性を検討する予定である。

謝辞

本研究は、電力 9 社と日本原子力発電（株）、電源開発（株）、日本原燃（株）による原子力リスク研究センター共通研究として実施した。関係各位に謝意を表する。