

水平二方向載荷実験による実規模 RC 部材のせん断照査基準の適用性検討

大成建設 (株) 正会員 ○坂下 克之 正会員 畑 明仁
 (一財) 電力中央研究所 正会員 松尾 豊史
 関西電力 (株) 野尻 慶介

1. はじめに

筆者らは、地中 RC 構造物の耐震性能照査手法の高度化を目的とした三次元解析のためのベンチマークとして、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した¹⁾。今回その結果をさらに分析し、せん断に対する照査基準として部材厚増分に着目し、マニュアル²⁾に提示された限界値の適用性を検討するとともに、プレクラックがそれらに与える影響について比較分析した。

2. 実験条件

基本ケースおよびプレクラックありの2ケースを対象とする。試験体は2ケース同様で、図-1に示すように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り、配筋仕様はせん断破壊先行型となるように設定する。材料実強度を用いた耐力算定の結果、曲げせん断耐力比(=せん断耐力/曲げ降伏水平力)は基本ケース0.87、プレクラックありのケース0.88となる。(2つの差異はコンクリート実強度の差)

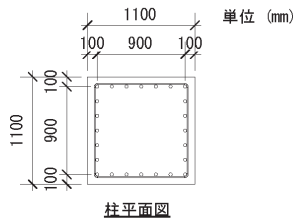
加力図を図-2に示す。加力には直交する2つのジャッキを用いる。加力パターンを表-1に示す。基本ケースは、ジャッキ1によりP1、 δ_1 方向にせん断耐力ピーク確認まで載荷する。プレクラックありのケースは、ジャッキ2によりP2、 δ_2 方向にせん断ひび割れ発生まで交番載荷(事前載荷)してプレクラックを発生させ、原点まで変位を戻した後にジャッキ1によりP1、 δ_1 方向にせん断耐力ピーク確認まで載荷する。

マニュアル²⁾では、材料非線形解析により耐震性能照査を行う場合の部材厚増分の限界値を規定しており、今回の条件では限界値は5mmと算定される。この値は、斜めひび割れの発生自体は許容しつつ、構造物全体としての水平耐力の低下が小さいと考えられるレベルの値として設定されている。

3. せん断破壊に対する部材厚増分の適用性評価

まず2つの試験ケースのせん断耐力や変形性能等の基本性状を比較する。図-3と図-4それぞれの下段のグラフにおいて、緑の実線で示した載荷位置の荷重(P1)～変位(δ_1)関係と比較すると、プレクラックありは、斜め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、斜めひび割れの進展を妨げる効果があり、初期載荷過程のせん断耐力が基本ケースと比較して約12%増加し、それに伴って最終変形量も増加している。

次に基本ケースの部材厚増分について見る。図-3の上段には、主要な載荷ステップ(1200kN,1400kN,1600kN,耐力ピーク確認後)における画像解析によるひび割れ状況(赤い部分が引張ひずみの大きい箇所でありひび割れに相当)およびモーションキャプチャ



柱平面図

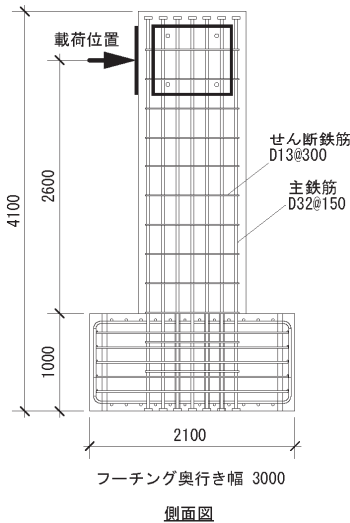


図-1 試験体図面

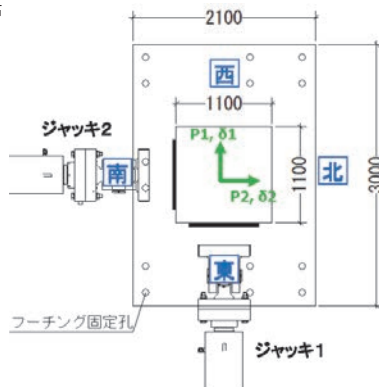


図-2 加力図 (平面図)

表-1 試験ケースおよび加力パターン

	基本ケース	プレクラックあり
P_1, δ_1	耐力ピーク確認	せん断ひび割れ 耐力ピーク確認
P_2, δ_2		① ② ③
	↑	④

キーワード RC 構造, 実大規模, 載荷実験, 二方向載荷, プレクラック, 部材厚増分

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 社会基盤技術研究所 TEL 045-814-7231

ヤー計測による部材厚増分分布を示す。斜めひび割れの進展に伴い、試験体の中間高さ(1300mm)付近を中心として部材厚増分が増加していく様子がわかる。各高さの部材厚増分の推移を荷重～変位関係と重ね書きをしたものが下段のグラフである。部材厚増分は荷重 1000kN (変位 10mm) あたりから増加し始め、荷重の増加に伴い傾き(増加率)が急になっていくのが特徴である。限界値の 5mm を超過するのは、赤丸で示した通り、ピーク荷重の少し手前の主鉄筋降伏後である。

図-4 より、プレクラックありのケースの部材厚増分について見る。上段の画像解析によるひび割れ状況図で、一定間隔で水平に伸びているのがプレクラックである。斜めひび割れは、基本ケースでは荷重の増加に伴い徐々に進展していくのに対し、プレクラックありではせん断補強鉄筋降伏(下段グラフの青丸)直後に急激に発生する。下段のグラフを見ると、そのタイミングで部材厚増分が急増しているが、その後の増加率は鈍くなり、耐力ピーク確認時においても限界値 5mm に達していない。これは、プレクラックの存在により、基本ケースと比較してせん断変形が小さい(曲げ変形成分の割合が大きくなる)ためと考えられる。

4. おわりに

本検討結果はせん断破壊に係る限界値の妥当性を示すとともに、解析手法に対する損傷指標の適用性検討のためのベンチマーク実験としても活用可能である。

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。

参考文献

- 1) 坂下克之, 山本悠人, 畑明仁, 松尾豊史, 松居伸明: 水平二方向荷重履歴が実規模 RC 部材のせん断耐力に与える影響に関する実験的検討, 構造工学論文集, Vol.67A, pp.578-590, 2021.
- 2) 土木学会原子力土木委員会: 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル・照査例, 2018.

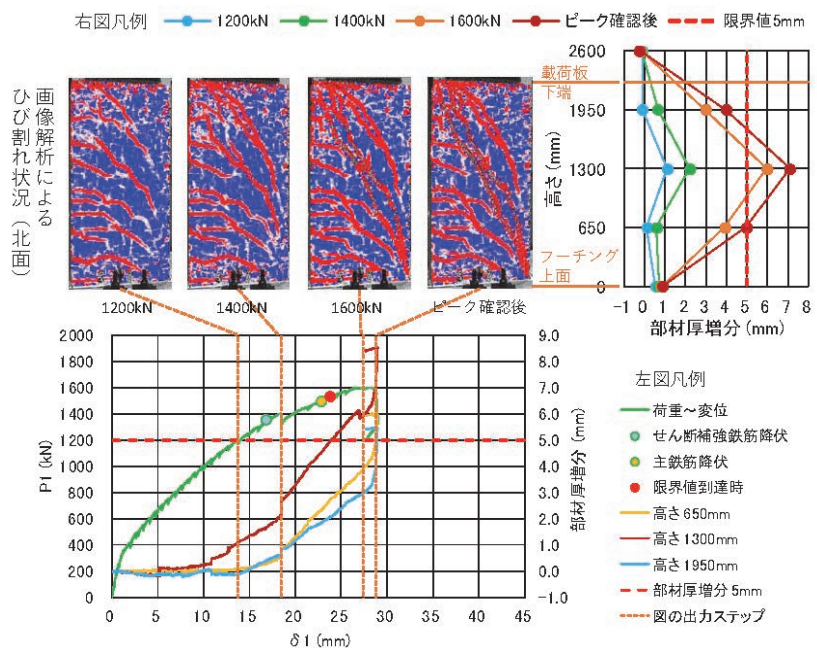


図-3 荷重方向(東西方向)の部材厚増分の推移 基本ケース

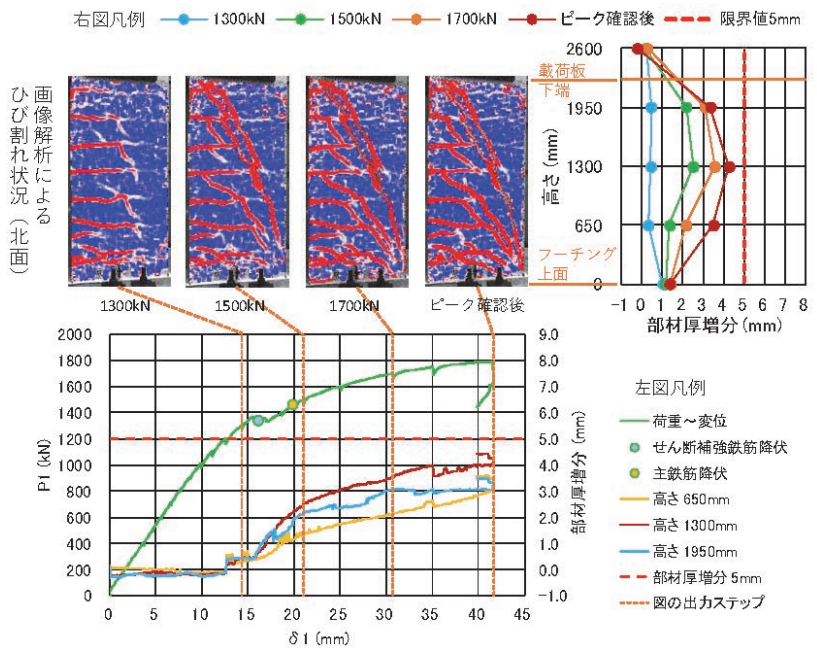


図-4 荷重方向(東西方向)の部材厚増分の推移 プレクラックあり