

水平荷重を受けて損傷する過程における RC ボックスカルバート屈曲部の変位分布

電力中央研究所 正会員 ○宮川 義範
 電力中央研究所 正会員 柴山 淳
 関西電力 正会員 審 浩年
 セレス 重光 信宏

1. はじめに

原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査では、地盤と構造物それぞれの非線形性を考慮したモデルの時刻歴解析によって地震応答を求めることが標準と位置付けられている¹⁾。最近では、二次元や三次元の材料非線形構成則を備えた平面要素やソリッド要素を適用する事例も増えているが、そのような場合の照査指標と限界値は十分に整備されていないのが現状である。そこで、鉄筋コンクリート製ボックスカルバートの水平載荷を行い、レーザースキャンや画像計測を用いて、損傷過程における詳細な変位およびひずみの分布を捉える実験を行っている。昨年度の二次元的な形状を有する試験体²⁾に続き、今回は、進行方向が途中で90°折れ曲がるボックスカルバートの屈曲部分を対象とする。

2. 載荷実験の概要および荷重-変位関係

図-1に示す鉄筋コンクリート模型の、西開口面北側と南開口面東側にそれぞれ2000kN油圧ジャッキを取り付け、L字を閉じる方向を正、開く方向を負として、負側開始で静的正負交番載荷を行った。図-2に、西開口面の層間変形角(頂部水平変位を1.26mで除したもの)-北ジャッキ荷重の関係を示す。南東側の軌跡も、ポストピーク領域まで含め、ほぼ同様であった。正方向に対して剛強であることが予想されたが、負方向の損傷モードも発現させる意図から、正側については、(i)負側折返し点と同じ変位、(ii)負側のそれまでの過程における最大荷重のいずれか先行した時点で折り返すこととした。図の正負の非対称性はこの条件設定による。

3. ポストピーク領域での繰返しによる変位分布の変化

層間変形角-0.5%以降の主要な折返し点やそこからの除荷点で、レーザースキャンと画像計測用の写真撮影を行ったが、本稿では特にレーザースキャンの結果の一部を記す。1場面について9箇所からスキャンを行い、試験体周りに設置した直径約140mmの白球10個を参照して合成した。出来上がった点群の例を図-3に示す。2時点間の変位は、それぞれの時点の合成点群から着目点の座標を抽出して差を取れば得ることができる。

図-4は、層間変形角2.5%の周りに着目し、1周目と2周目の負側折返し点における部材厚の増分、すなわち面外せん断破壊域の分布を抽出した結果である。厚さ方向に5mmはらんだ時点で黒くなるように色付けしている。薄い灰色が健全な領域、白は負値(へこみ)であり、計測誤差、点群の不足、かぶりの剥落のいずれ

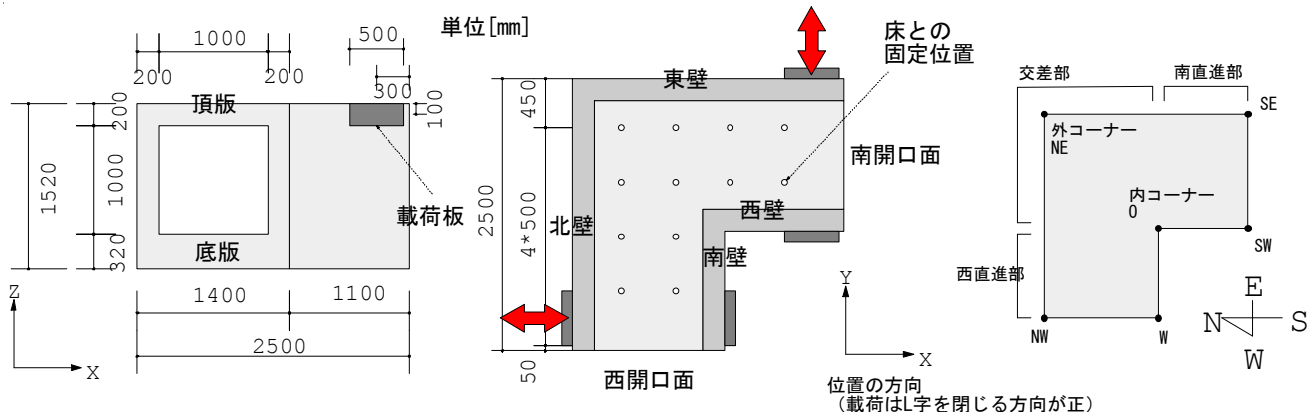


図-1 屈曲部試験体の形状と寸法

キーワード 鉄筋コンクリート, 地中構造物, 屈曲部, レーザースキャン, ポストピーク
 連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (一財)電力中央研究所 TEL04-7182-1181

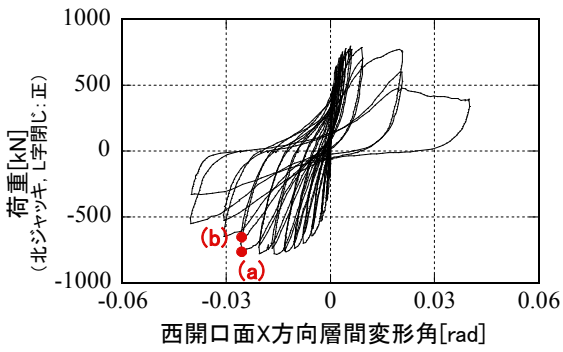


図-2 実験結果 (荷重-変位関係)

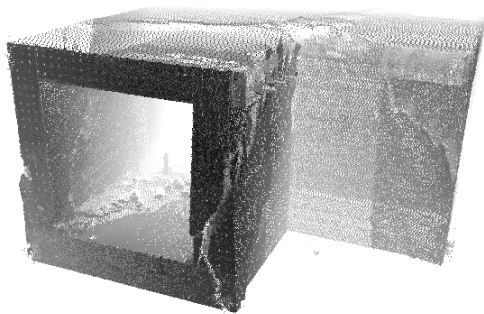


図-3 実験終了時の状態を捉えた点群

かを意味する。外コーナー近傍が白くなっているが、かぶりの剥落が生じていないことは実験時に目視で確認している。図を見ると、層間変形角が同じ状態であるにもかかわらず、南壁でははらんでいる領域が広がり(図の太矢印)、北壁では西開口面下端を起点とする黒い帯が表れ始めている(丸く囲った部分)ことが分かる。一般に、繰返し載荷を行うと、周回を経るほど同一の折返し変位に対する荷重が低下する。この傾向は、特にポストピーク領域において顕著である。ゆえに、例えば層間変形角のような頂部一定点の水平変位に着目した指標だけでは、ポストピーク領域における荷重低下の程度を測ることができない。しかし、こうした部材中間部の変位を情報として含む指標を作成できれば、動的にポストピーク領域に入り込んだ場合であっても、対応する荷重値(残存水平耐力、残存鉛直耐力)を推定できる可能性がある。

4. まとめ

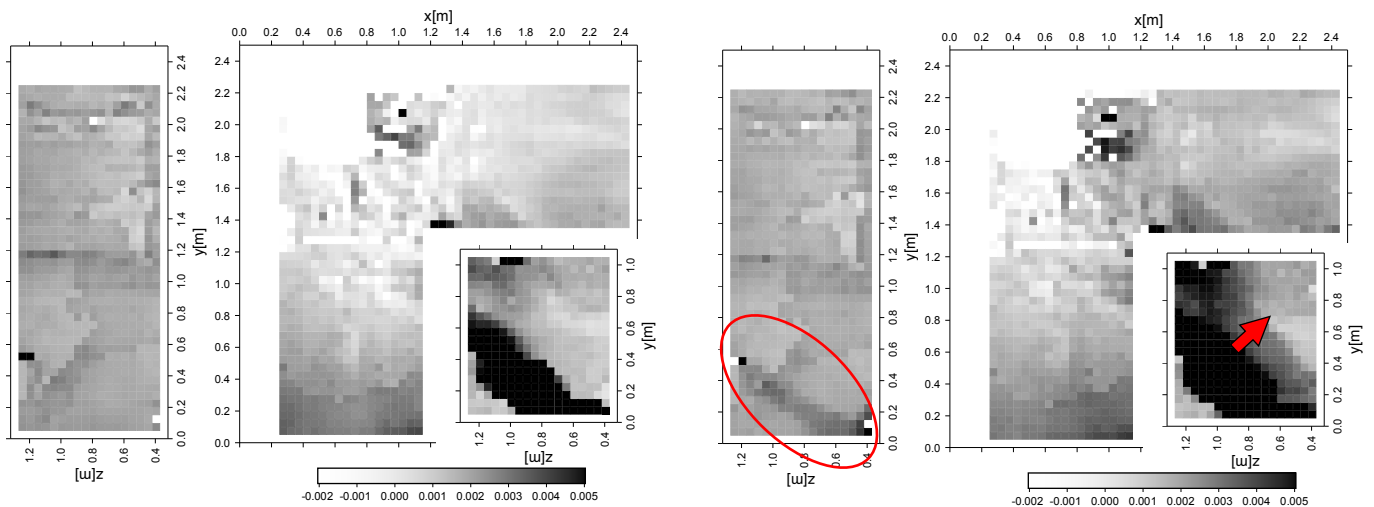
進行方向が90°折れ曲がるボックスカルバート屈曲部の水平載荷を行い、損傷過程における変位分布を計測した。本稿では特に、頂部変位が等しくても、繰返しによって中

間領域の変位分布が変化していることを示す具体的なデータが得られたことを述べた。今後、他のケースも含めて実験結果の分析を進め、材料非線形構成則を備えたソリッド要素でモデル化された面構造物の合理的な照査指標について検討する。

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) 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, 2005.6
- 2) 宮川義範, 柴山淳, 安藤明宏, 重光信宏：水平耐力の低下開始時点における鉄筋コンクリート製ボックスカルバートの変位分布, 土木学会第71回年次学術講演会講演概要集, pp.141-142, 2016.9



(a) 層間変形角-2.5% 1 周目

(b) 層間変形角-2.5% 2 周目

図-4 部材厚増分コンター (a) (b)それぞれについて[左]北壁[中]頂版[右下]南壁