

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

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 安藤 明宏
 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材料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]。しかし、構造物をソリッド要素で分割して良いとしながらも、せん断破壊の判定方法が依然としてせん断耐力式やそれを応用したものであり、ソリッドモデルに対応する照査指標や限界値は整備されていないのが現状である。それを困難にしている一因は、照査指標の候補と目されている局部的な変位やひずみの推移を捉えた実験データが不足していることにある。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、レーザースキャンと画像計測という2種類の計測方法を用いて、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こととした。

2. 載荷と変位分布計測の概要

図-1に示す鉄筋コンクリート模型の頂版横に500kNアクチュエータ2台を結合し、静的水平載荷を行った。主たる試験区間である両側壁には、D13異形鉄筋15本を両表面に沿って芯かぶり50mmで配筋しており、(引張鉄筋比0.48%)、面外方向のせん断補強筋は配していない。コンクリート圧縮強度は43.1N/mm²である。頂底板の軸心間距離である1.7mを分母とする層間変形角で複数の折返し点を規定し、各折返し点で3周する正負交番の繰返し載荷を基本パターンとした。結果的に得られた水平変位-水平荷重関係を図-2に示す。頂部水平変位±42.5mm(層間変形角±2.5%)の3周目の負側載荷から北側壁上端の斜めひび割れの幅が目立って増大し、頂部水平変位±51mm(層間変形角±3.0%)の1周目の正側載荷で極大点が現われた。同周回の負側載荷で、南側壁の主筋列に沿って割裂が大きく進展し、水平耐力の低下が決定的となった。

層間変形角0.5%以降の主要な折返し点と、そこからの除荷点とで、レーザースキャンと画像計測用の写真撮影を行った。レーザースキャンは、1場面について6箇所から行い、試験体周りに予め設置した直径約200mmの白球10個を参照して6個の点群ファイルを合成した。合成ファイルの例を図-3(a)に示す。また、画像計測は、試験体の各面(東西面、南北側壁外面、内側4面の計8面)を二方向から撮影し、50~100mm間隔の格子状に貼付した反射マーカー(黒縁直径150mm、反射部直径6mm)の座標を抽出する方式を用いた。2時点間の変位は、それぞれの時点の合成点群ファイルもしくは画像ファイルから着目点の座標を抽出して差を取れば得

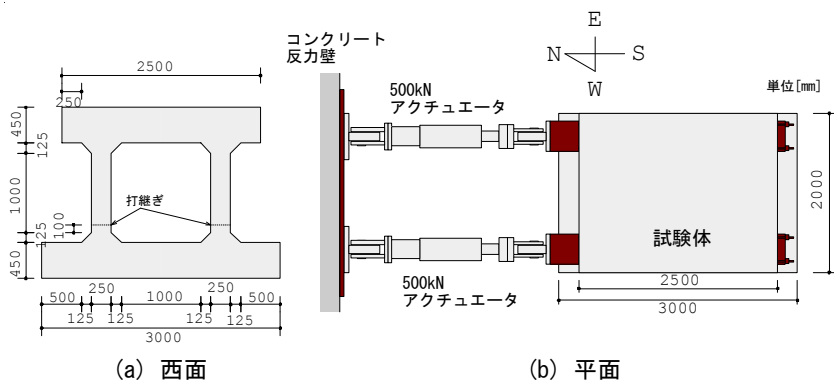


図-1 試験体の形状と寸法

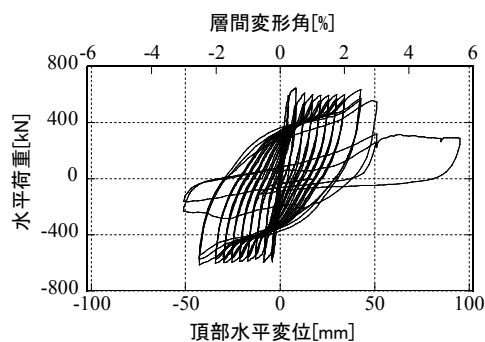


図-2 水平変位-水平荷重関係

キーワード 鉄筋コンクリート, ボックスカルバート, 画像計測, レーザースキャン, 耐震性能照査
 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

ることができる。接触式変位計と同じ位置の水平変位を抽出して比較したところ、レーザースキャン、画像計測とも、接触式変位計の値との差は概ね1mm未満であった。

3. レーザースキャンに基づく部材厚増分分布

図-3(b)は、頂部水平変位±51mmの1周目の負側除荷時点の点群を西から捉えている。北側壁上部で発生した曲げ降伏後のせん断破壊の様子、および南側壁の主筋沿い割裂による厚さ方向の膨張の様子が見てとれる。図-4は、水平耐力低下の直前に当たる頂部水平変位±42.5mmの2周目の負側載荷から3周目にかけての北側壁の部材厚増分分布の推移を表している。レーザースキャンは、水平耐力低下前後で最も激しく変形している個所を捉えることができている。3周目負側載荷で、部材厚増分は30mmにまで達しているが、水平耐力の低下はまだ僅かである点が注目される。

4. 画像計測に基づくひずみ分布

図-5では、頂部水平変位±42.5mmの1周目の負側除荷時点における5倍変形図上に、50mm×50mm領域のせん断ひずみ γ_x の絶対値をコンター表示した。また、図-6は、西面におけるせん断ひずみ γ_x の絶対値の最大値、および主圧縮ひずみ(引張を正とする)の最小値の軌跡である。水平耐力が低下し始める時点のやや手前に当たる頂部水平変位±34mmの周回で、 γ_x は8%、主圧縮ひずみは-2%程度の値を示している。

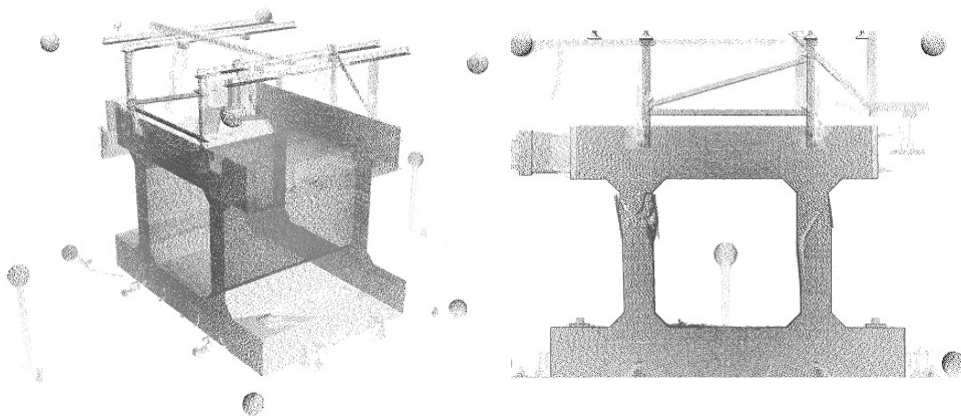
5. まとめ

鉄筋コンクリート製ボックスカルバート模型の静的繰返し載荷実験を行い、レーザースキャンと画像計測によって、損傷過程における詳細な変位とひずみの分布を捉えることができた。

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。

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.



(a) 初期状態透視図 (b) 層間変形角3%, 1周目負側除荷時

図-3 レーザースキャンによって得られる点群の例

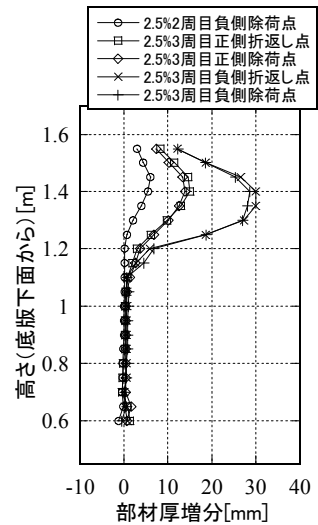


図-4 北側壁の部材厚増分分布 [レーザースキャン]

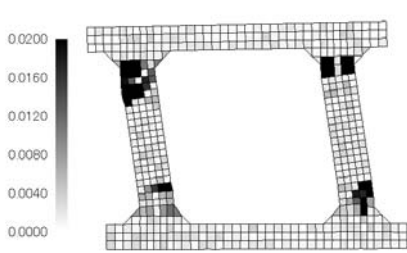
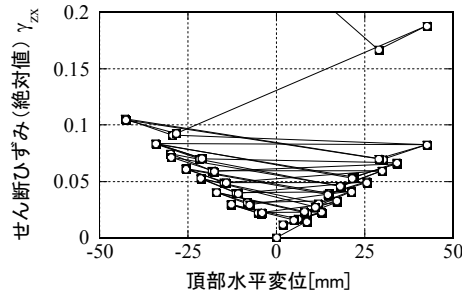
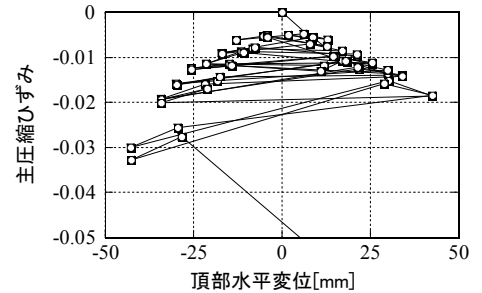


図-5 変形図(5倍)と西面せん断ひずみ γ_x コンター[画像計測]



(a) せん断ひずみ γ_x



(b) 主圧縮ひずみ

図-6 頂部水平変位-西面ひずみ最大値関係[画像計測]