

## 地中ボックスカルバートの地震時挙動とフラジリティ評価（その2）

(株)大林組	技術研究所	正会員	○副島	紀代
同	土木本部	正会員	渡辺	伸和
同	原子力本部		足立	高雄
同	原子力本部		吉田	伸一

### 1. はじめに

地中ボックスカルバートを対象として、地盤と構造物の非線形性を考慮したフラジリティ評価を行うために、(その1)では地盤-構造物連成2次元FEMモデルによる非線形時刻歴応答解析に基づき、基本的な地中ボックスカルバートの地震時挙動を把握した。ここでは(その2)として、具体的なフラジリティ曲線を作成するため、簡素化したモデルでばらつきを考慮した検討を行った結果を報告する。

外力や構造物の耐力には、物理現象固有のばらつき(偶然的不確定性)や情報不足などから生じるばらつき(認識的不確実性)がある。このようなばらつきを考慮した上で、外力と損傷モードの発生確率との関係を示すものがフラジリティ曲線である。そこで今回は、偶然的不確定性としてコンクリート強度と地盤のせん断波速度を対象としてばらつきを考慮し、認識的不確実性の影響検討を目的として2点推定法とラテンハイパーキューブサンプリング法(LHS法)の2つの手法でフラジリティ曲線を構築した。

### 2. 対象モデル

評価対象は、(その1)の図-1に示す1連の地中RCボックスカルバートである。構造物の応答に与える影響が大きいと考えられる主変動パラメータをコンクリート強度( $F_c$ )と地盤のせん断波速度( $V_s$ )の2つとし、そのばらつきは対数正規分布に従うと仮定した。また、地盤のせん断剛性低下率や減衰定数、構造物の剛性は主変動パラメータに完全相関すると仮定した上で計算を実施した。入力地震動は(その1)と同様、1995年兵庫県南部地震ポートアイランド基盤波を基準に、最大加速度をパラメータとして400, 800, 1200, 1500(gal)に振幅調整したものをを用いた。表-1に2点推定法による各解析ケースのパラメータを、表-2にLHS法による各解析ケースのパラメータを示す。

### 3. 構造物のフラジリティ評価

構造物の損傷を判断するために、層間変形角・せん断力・コンクリートひずみ・鉄筋ひずみの4つをそれぞれ指標とした評価を実施した。例として、表-1、表-2に各解析ケースにおける層間変形角の応答解析結果を示すとともに、層間変形角の限界値を0.005とした時の各入力レベル毎の信頼性指標と損傷確率を、表-3(2点推定法の場合)、表-4(LHS法の場合)に示す。また、これらの結果から作成されるフラジリティ曲線(層間変形角を指標とした場合)を図-1に示す。同様にせん断力・コンクリートひずみ・鉄筋ひずみのそれぞれの指標に対して作成したフラジリティ曲線を、図-2、図-3、図-4に示す。

### 4. 考察

今回のケースでは、2点推定法とLHS法とで作成されるフラジリティ曲線に大きな差がない結果となった。一方で、損傷を判断する指標によって、同じ入力地震動レベルでも損傷確率が大きく異なる結果となり、構造物の要求性能に応じた適切な損傷モードの設定がフラジリティ評価においては重要であると考えられる。

地下構造物の場合は地盤と構造物の剛性のバランスが地震時の挙動に大きく影響するため、地震波の周期特性によっては地盤の剛性低下が構造物に先行するケースとそうでないケースがあると考えられ、地震波の特性の違いによる影響も検討する必要がある。また、耐力値が主変動パラメータ(ex.コンクリート強度)と相関がある場合、そのばらつきの取り扱いについても今後の検討課題である。

キーワード ボックスカルバート, フラジリティ, 損傷確率, LHS法, 2点推定法

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 (株)大林組 技術研究所 構造技術研究部 TEL042-495-1013

表-1 解析ケースごとの応答値 (2点推定法, 層間変形角)

解析ケース	サンプルNo		サンプル値		Case重み	応答値(構造物の層間変形角)			
	Fc	Vs	Fc	Vs		400gal	800gal	1200gal	1500gal
1	X2	X2	27.8	165.2	0.172	0.0011	0.0031	0.0084	0.0116
2	X2	X1	27.8	135.3	0.232	0.0009	0.0038	0.0057	0.0083
3	X1	X2	21.4	165.2	0.254	0.0013	0.0034	0.0086	0.0123
4	X1	X1	21.4	135.3	0.342	0.0010	0.0041	0.0065	0.0092

表-2 解析ケースごとの応答値 (LHS 法, 層間変形角)

解析ケース	Fc	Vs	Case重み	応答値(構造物の層間変形角)			
				400gal	800gal	1200gal	1500gal
1	19.6	160.8	0.1	0.0013	0.0042	0.0087	0.0117
2	20.8	144.8	0.1	0.0012	0.0048	0.0073	0.0111
3	21.8	156.3	0.1	0.0012	0.0047	0.0085	0.0109
4	22.4	126.5	0.1	0.0014	0.0033	0.0053	0.0092
5	23.3	140.1	0.1	0.0011	0.0042	0.0066	0.0097
6	24.2	169.4	0.1	0.0013	0.0032	0.0091	0.0123
7	24.9	148.9	0.1	0.0010	0.0047	0.0076	0.0105
8	25.8	137.5	0.1	0.0010	0.0039	0.0061	0.0088
9	26.7	152.1	0.1	0.0009	0.0046	0.0078	0.0102
10	28.6	132.5	0.1	0.0009	0.0036	0.0055	0.0078

表-3 損傷確率 (層間変形角, 2点推定法)

加速度	400	800	1200	1500
信頼性指標β	4.72	0.98	-1.02	-2.06
損傷確率 Pf	0.000	0.163	0.845	0.980

表-4 損傷確率 (層間変形角, LHS 法)

加速度	400	800	1200	1500
信頼性指標β	4.50	0.61	-1.01	-2.15
損傷確率 Pf	0.000	0.270	0.845	0.984

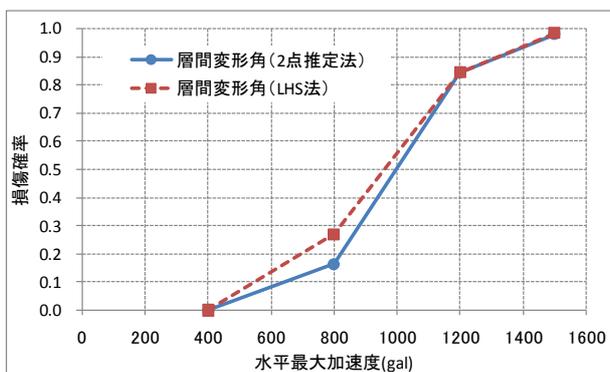


図-1 層間変形角を指標とした fragility 曲線

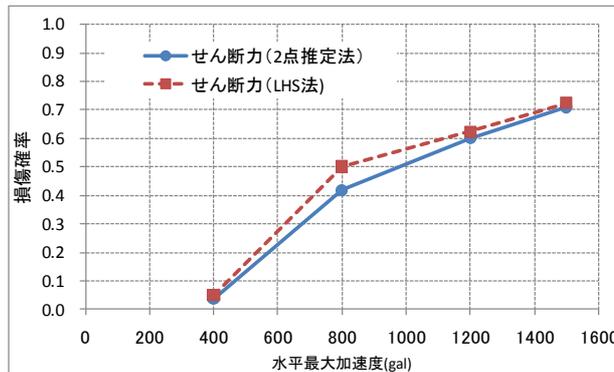


図-2 せん断力を指標とした fragility 曲線

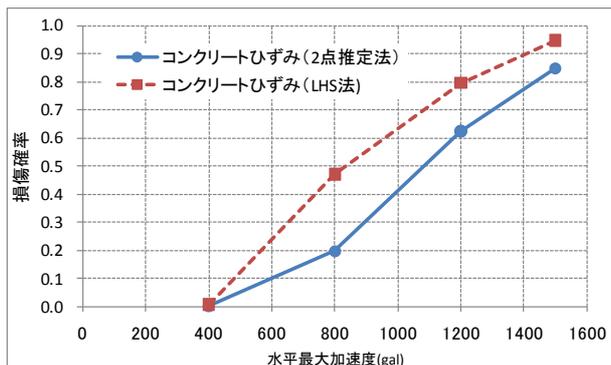


図-3 コンクリートひずみを指標とした fragility 曲線

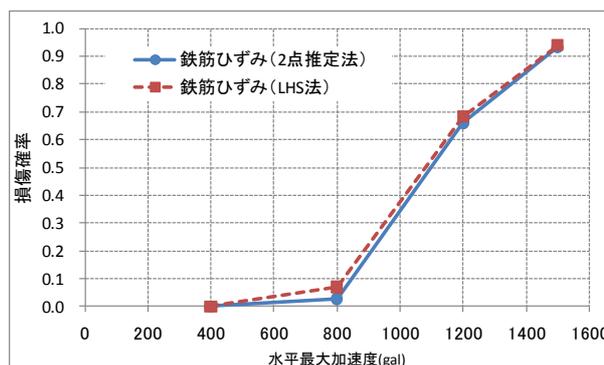


図-4 鉄筋ひずみを指標とした fragility 曲線