

箱型地中構造物の地震時断面力の時刻歴評価に関する基礎的考察

(株)ニュージェック 正会員 ○松本敏克 坂田 勉
 関西電力(株) 正会員 堀江正人

1. はじめに せん断評価の際、実務においては設計断面力として照査箇所における発生断面力を選定する場合が多い。そのため、地震応答解析結果により得られた時刻歴の断面力を評価する場合には、せん断耐力は経時的に変動することになる。本報では、軸力変動下におけるせん断耐力の経時的な挙動に着目し、せん断評価における設計断面力の適切な設定方法の検討に資することを目的として、阪神・淡路大震災で被災した箱型地中構造物を対象として地盤・構造物連成系の非線形地震応答解析を用いた解析的検討を実施した。

2. 解析概要 今回の検討では、極めて大きな損傷を受けた神戸高速鉄道大開駅を対象として、地盤・構造物連成系の非線形地震応答解析を実施した。解析モデルは、地盤を平面ひずみ要素、構造物をはり要素で表現し、底面粘性境界、側方粘性境界を用いた(図-1 参照)。GL-39.4m 以深にせん断波速度 $V_s=500\text{m/sec}$ 程度の大阪層群が存在すると仮定し、この層の上面を工学的基盤と考えモデル底面とした。表層の土質材料の非線形性はR-Oモデルにより表現し、RC 部材の非線形性は軸力変動を考慮した江戸型モデルを用いることとした。また、入力地震動は、大阪層群上面における地震波に相当すると考えられるポートアイランドの地中観測波(GL-83.0m)に基づいて、水平地震動については地盤非線形性の影響を考慮して時間領域で分離した波⁽¹⁾、鉛直地震動はその影響が小さいとして観測波をそのまま用いた(図-2 参照)。

3. 解析結果と考察 構造物の損傷状況を図-3,4 に示す。隅角部近傍の損傷が大きくなっている。また、損傷の大きな箇所に着目して、示方書のせん断耐力式を用いて、設計断面力として時々刻々の発生断面力を選定し、経時的にせん断耐力を評価した。図-5 には、底版左端部および中柱下端部におけるせん断力の時刻歴評価の状況を示す。各組の図面とも、上から順に せん断力および耐力、耐力の軸力補正係数 β_n 、曲げモーメント、軸力、それぞれの時刻歴を示している。なお、部材断面が矩形の場合、部材厚を h として、 β_n は以下のように表わすことができる。また、本検討においては安全係数を全て1として評価している。

$$\beta_n = 1 + (h/6) \cdot (N'_d / M_d) \quad (N'_d \geq 0), \text{ または, } \beta_n = 1 + (2h/6) \cdot (N'_d / M_d) \quad (N'_d < 0) \quad (0 \leq \beta_n \leq 2)$$

β_n が設計軸力 N'_d や設計曲げモーメント M_d に応じて変動するに伴ない、せん断耐力も経時的に激しく変化している。また M_d の時刻歴が0をよぎる時点で、 $1 + (h/6) \cdot (N'_d / M_d)$ がスパイク的挙動をしている。すなわち、 $1 + (h/6) \cdot (N'_d / M_d)$ の第2項は、 N'_d を M_d で除することになり、 $M_d = 0$ が数学的には特異点となってしまう、 M_d が0の近傍にくると非常に大きな値をとる。とくに、中柱では幾何学的対称性により常時の曲げモーメントが0であるためその傾向が強い。一方、 M_d の代わりに $1/2 M_u$ (曲げ耐力)を用いれば、実験との整合が良いことが示方書に記載されている。図-6のように経時的評価を行うと、 β_n は比較的穏やかに推移し、せん断耐力の変動も大きくはない。 M_d が経時的に変化して0に近づく場合に比べて、軸力変動に伴うせん断耐力の変動は大きくはないことが確認できる。

4. おわりに 設計断面力として発生断面力を選定した場合には、断面力時刻歴の評価において、 β_n の経時的な変動に伴ないせん断耐力も激しく変動する。これは $M_d = 0$ で数学的に特異点となる β_n の定式化の影響が大きいと考えられる。 M_d の代わりに $1/2 M_u$ とすることで、このような現象は回避されるとともに、せん断耐力の変動幅も小さいことが明らかになった。

謝辞 本報においては、(財)電力中央研究所 宮川義範主任研究員に貴重なご助言をいただいた。ここに、感謝の意を表する次第である。

〔参考文献〕 (1) 酒井久和, 澤田純男, 土岐憲三: ポートアイランドにおける時間領域での基盤入力地震動の推定, 土木学会論文集, No.612, pp.373-378, (1999.1)

キーワード: 箱型地中構造物, 時刻歴応答解析, せん断耐力, 軸力変動, 設計断面力

連絡先: 〒531-0074 大阪市北区本庄東2丁目3-20 Tel:06-6374-4021(代) Fax:06-6374-5108

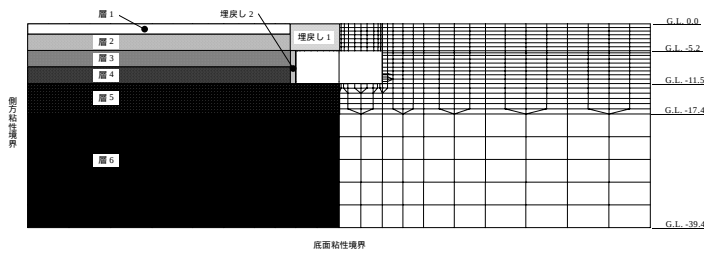


図-1 地盤 - 構造物連成系の解析モデル

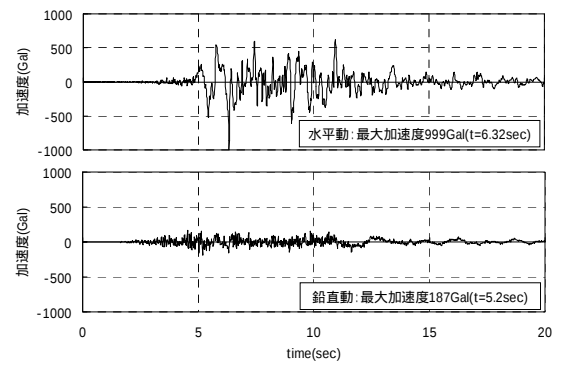


図-2 入力地震動の時刻歴波形

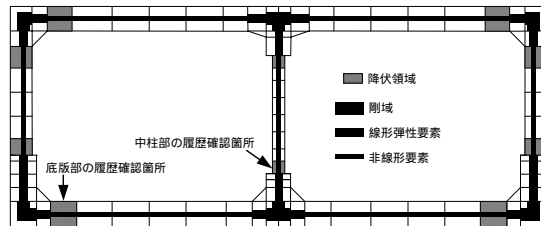


図-3 鉄筋降伏箇所

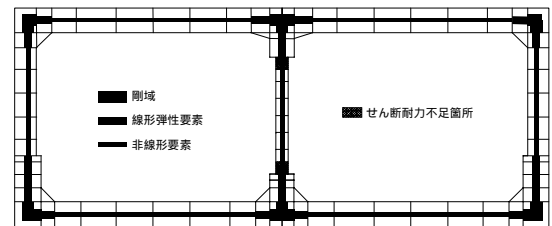
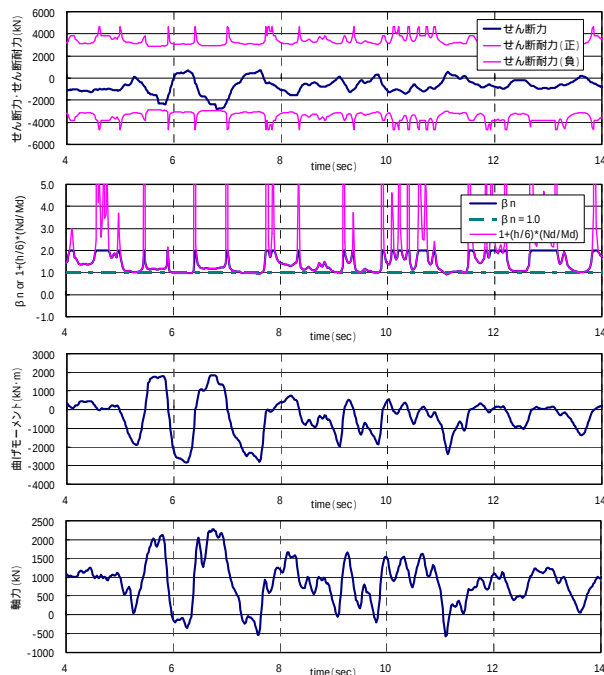
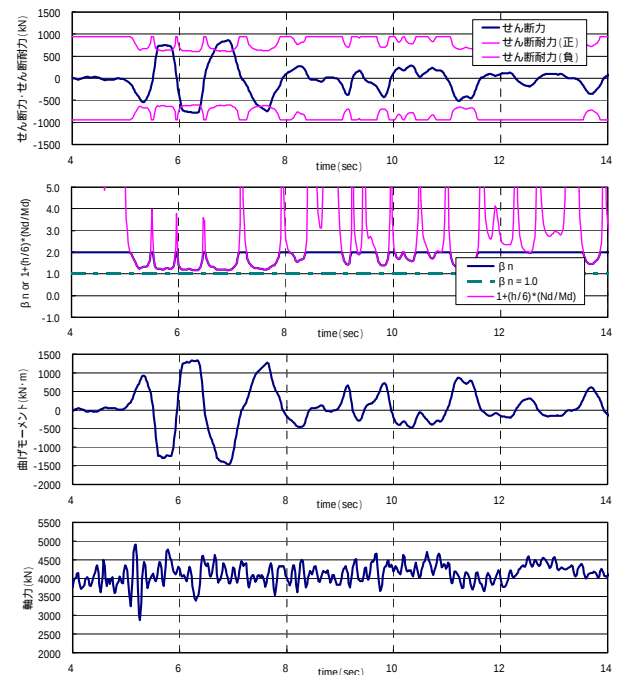


図-4 せん断耐力不足箇所

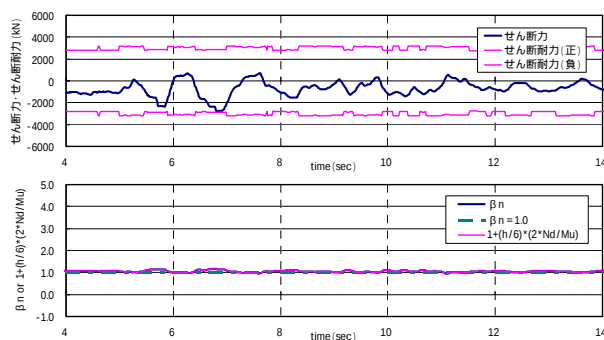


(a) 底板左端部

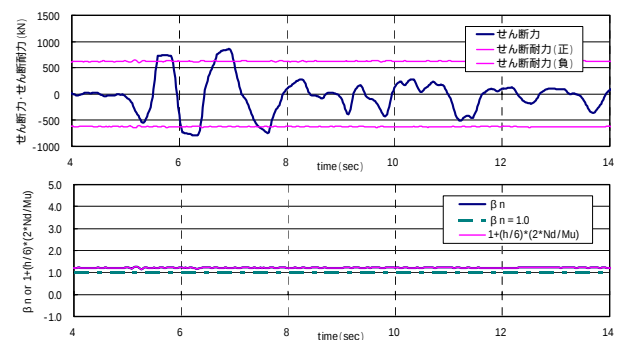


(b) 中柱下端部

図-5 せん断の時刻歴評価



(a) 底板左端部



(b) 中柱下端部

図-6 曲げ耐力 M_u を考慮したせん断評価