

近畿コンクリート工業 正会員 ○ 岩本 勲
 同上 正会員 笠井 克真

1. はじめに

ボックスカルバート等の地中構造物の耐震性能の検討方法には、大きく分けて「震度法」「応答変位法」「動的解析法」がある。ここでは、先に「応答変位法」によって検討したプレキャストボックスカルバートについて、現在地中構造物の動的解析に多く使われていると考えられる解析コード「Super FLUSH」を用いて検討した結果について述べるものである。

2. 検討方法

地盤および構造物の解析モデルを図-1に示す。土質条件およびカルバートの構造諸元は、先の検討に同じである。本解析コードでは、地盤（Solid要素）の非線形性は等価線形法によって、その剛性低下が考慮されるが、構造物（Beam要素）は線形解析となる。構造物（RC部材）の剛性低下を考慮するために、初めに部材全断面有効の断面二次モーメントを用いて解析した。次にその解析結果から、降伏モーメントを越えた部材要素の断面二次モーメントを初期値の0.3倍に、同様にひびわれモーメントを越えた部材要素の断面二次モーメントを初期値の0.5倍に低下させて、再度解析した。FEM部分と側方の自由地盤との境界は、エネルギー伝達境界を、下方の半無限地盤との境界は底面粘性境界を設定した。入力地震動は、大阪府の想定標準地震動である。

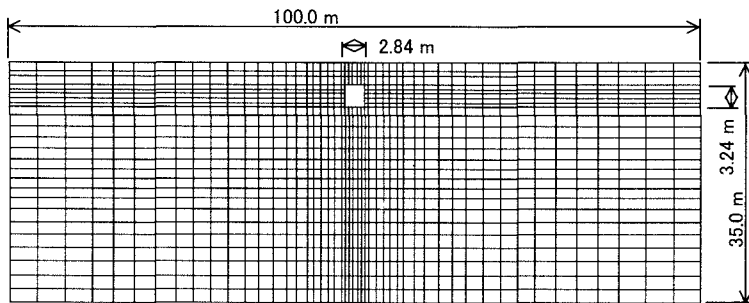


図-1 解析モデル

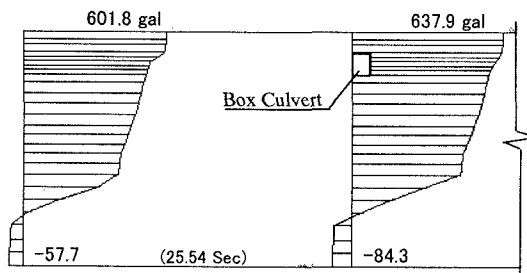


図-2 水平加速度分布

3. 解析結果および考察

地表面で最大加速度を生じる時刻（25.54Sec）における、地盤の水平加速度分布を図-2に示す。カルバート位置での最大加速度は約580gal、地表面加速度は637.9galであり、水平方向に構造物から約50m(≒18B)離れると40gal程度低下した。構造物から離れた位置では、先に示した「SHAKE」による地盤の一次元解析結果にほぼ等しく、構造物近傍では若干その影響を受けて加速度が大きくなっているように見受けられる。また、同時刻における地盤の相対水平変位を図-3に示す。地表面の最大変位は31.5cm程度で、カルバート上下間の相対変位は2.1cmである。構造物から離れると、加速度と同様に相対変位も若干低下した。

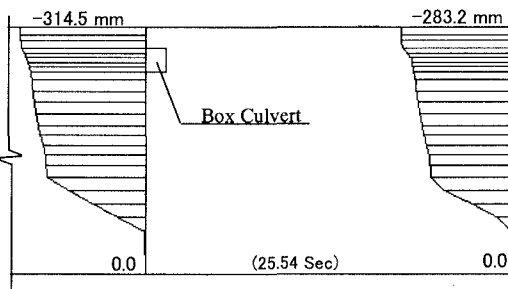


図-3 相対水平変位分布

図-4にカルバート頂版位置における地盤の水平加速度時刻歴を、図-5にカルバート頂版と側壁の節点

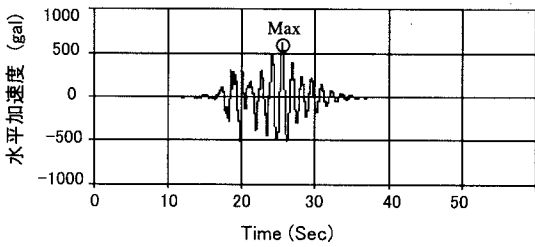


図-4 地盤加速度の時刻歴

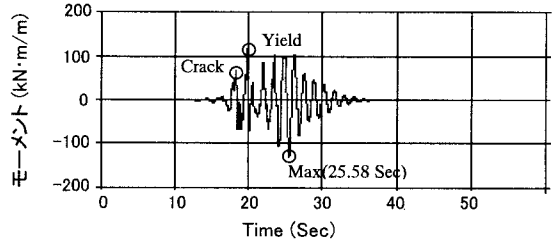


図-5 曲げモーメントの時刻歴

における曲げモーメントの時刻歴を示す。カルバートのせん断力の時刻歴は曲げモーメントの時刻歴と同様の動きを示している。これらのことから、カルバートの曲げモーメントおよびせん断力は、地盤の加速度に影響されると言える。つまり、従来から言われているように、地中に存在するカルバートは、自由振動を起こしにくく、一度起こった振動はすぐに収まってしまふ。このために、カルバートは地震時の地盤変位に従うように、地盤に引きずられて運動すると考えられる。

カルバートの常時曲げモーメントに、地震時最大曲げモーメント発生時刻におけるモーメントを加えた分布を図-6に示す。同図には、先の「応答変位法」による解析結果も示した。応答変位法と動的解析とは、モーメント分布に若干の差があり、最大曲げモーメントの発生位置が異なる。応答変位法では、底版と側壁との節点であるのに対して、動的解析では頂版と側壁との節点で、最大曲げモーメントが発生した。しかし、両者の値の差は9%程度であり、似通った値となった。部材のほぼ全域で曲げひびわれが発生し、図中①②の箇所では部材の終局曲げ耐力を越えた。この値を満足するためには、1m当たり主筋を2本追加する必要があるが、鉄筋径を上げるほどではない。

カルバートの常時せん断力に、地震時増分せん断力を加えたせん断力分布を図-7に示す。図中①の位置、頂版の端部で部材のせん断耐力 $V_{yd}=208\text{kN}$ を越えた。また底版端部②、側壁上端部③のせん断耐力に対する安全率が1.06となった。従来、カルバートにはせん断補強筋を配置しないことが多かったが、Level 2の地震時を考えると部材端部付近にはせん断補強筋を配置する必要がある。

4. まとめ

「応答変位法」による解と「動的解析」による解とは、近い値が算出された。しかし、動的解析においては、ひびわれおよび降伏モーメントを越えた Beam 要素の断面二次モーメントをそれぞれ 0.5、0.3 倍に低下させた結果である。言い換えれば、この倍率を変化させることによって、カルバートの断面力は変化する。Level 2の地震動に対しては、本カルバートは崩壊しなければ良いのであって、弾性範囲にある必要はない。そのことを考慮するために、ここではカルバートの剛性を低下させることで表現した。しかし、厳密にはカルバートの塑性変形によるエネルギー吸収能を評価する必要がある。

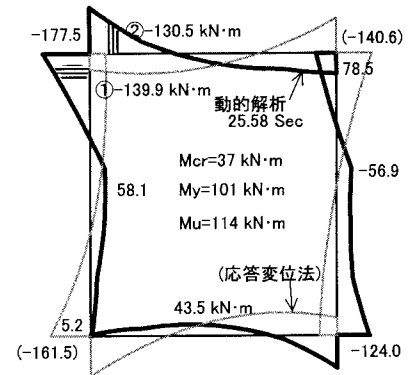


図-6 曲げモーメント分布

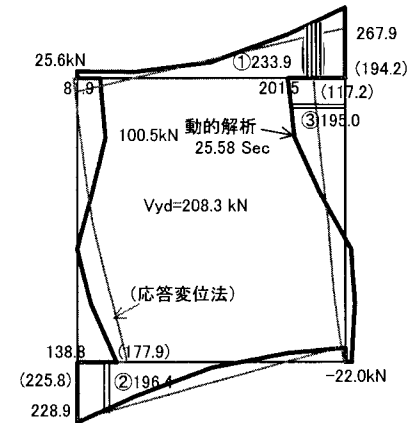


図-7 せん断力分布