

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

従来、ボックスカルバート等の地中構造物は、横断方向に対しては地震の影響は小さいので、その縦断方向のみについて耐震検討を行っていた¹⁾。しかし、兵庫県南部地震では、地上構造物と比較して数は少ないものの、大きな被害を受けた地中構造物も存在する。この事実を反映して、土木学会コンクリート標準示方書耐震設計編では、「地中ボックスカルバートの設計例」が示された。また、大阪府では²⁾、土木構造物耐震対策検討委員会（委員長：土岐憲三京都大学教授）が、兵庫県南部地震から得られた知見をもとに、想定標準地震動と耐震対策の基本的な考え方を示した。そこで我々は、大阪府内に存在すると仮定した既設プレキャストボックスカルバートについて、大阪府の想定標準地震動を用いて、その耐震性を検討した。本報告は、一次元波動論による「応答変位法」によって検討した結果について述べるものである。

2. 検討方法

大阪府では、4つの活断層による直下型地震と南海道沖で発生する海溝型地震を想定している。ここでは「上町断層系の断層活動による内陸直下型地震」を対象とした。大阪府から提示されている地震波は、地表面波であるので、工学的基盤に引き戻したものを検討対象構造物の入力波とした。入力地震動の加速度波形を図-1に示す。最大加速度(2E)は672.5galである。対象地点は、数地点について応答解析をした結果、最もクリティカルとなる地盤を選定した。対象地点の地盤構成を表-1に示す。Vsの値はN値から今井式によって求めた。表中、最下層の砂礫層を工学的基盤として

表-1 地盤構成

深度(m)	土質分類	N値	γ (kN/m ³)	Vs(m/sec)
0.0	表土	4	18.0	127.5
1.2	シルト	3	17.2	132.2
4.5	細砂	16	18.0	161.2
7.6	中砂	20	18.4	209.8
14.0	粘性土	7	17.5	231.5
18.2	粗砂	45	19.0	319.9
21.3	砂質シルト	16	18.5	262.2
28.9	砂礫	>60	21.0	383.4

「SHAKE」による地盤の地震応答解析(等価線形)を行った。カルバートは、常時荷重に対して設計された土被り3.0m、内径が幅2.6m、高さ3.0m、壁厚24cmのRCプレキャストで、主筋はD16が11.5cmピッチで配筋されており、せん断補強筋は配筋されていない。地震時カルバートの構造解析は、隅角部剛域の断面剛性を一般部の100倍とし、一般部は図-6に示したM- ϕ 関係による非線形とした。要求される耐震性能は「崩壊せず」とし、終局耐力算定のための材料係数は1とした。

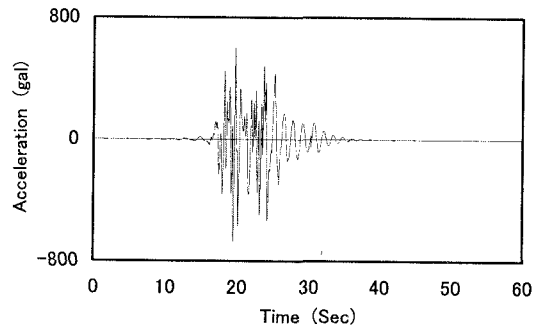


図-1 加速度波形

3. 解析結果および考察

地盤の応答解析結果を図-2に示す。カルバート位置での最大加速度は約500gal、地表面加速度は602.4galとなった。また、地表面の最大変位は34.5cm程度で、カルバート上下間の相対変位は3.27cm、カルバート上下間の最大せん断応力は91.9kN/mである。地表から2.8~4.5m間のシルト層で、2.0%程度のせん断ひずみが発生し、収束剛性が1730~2437kN/m²と初期せん断剛性の1/10程度まで低下した。この値は、同じ土層の1.2~2.8mの剛性12172~12845kN/m²、下層の細砂の20554~20904kN/m²と比較して、小さな値となった。地震時カルバートに作用する荷重を図-3に示す。地震時の増加荷重は、地震による躯体慣性力、地

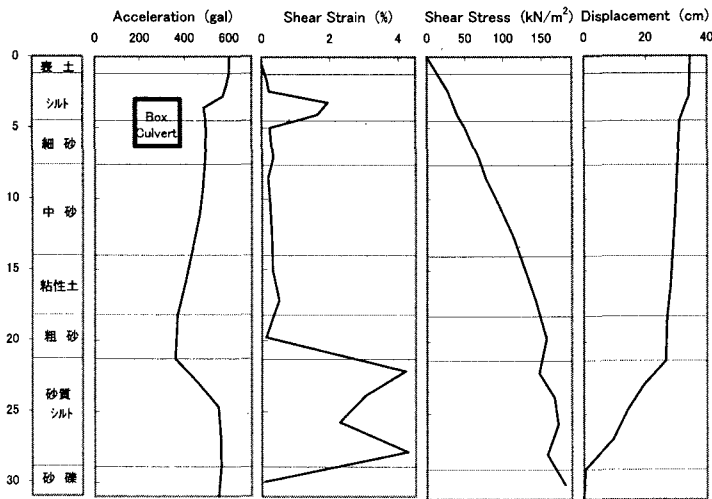


図-2 地盤の応答解析結果

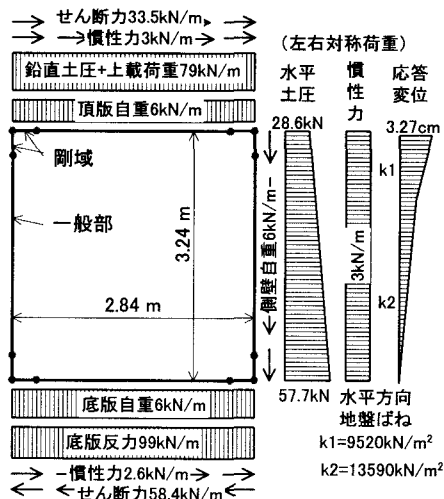


図-3 地震時荷重

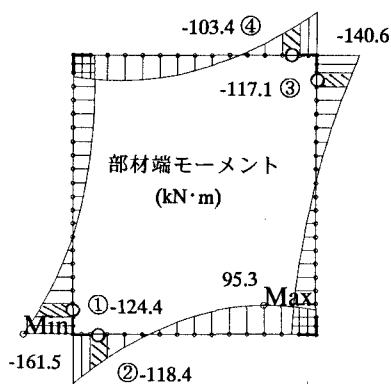


図-4 曲げモーメント分布

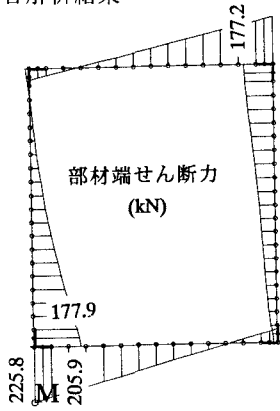


図-5 せん断力分布

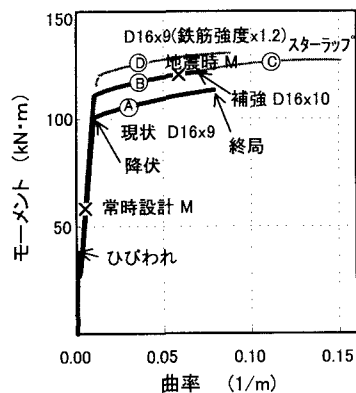


図-6 部材のM-φ関係

盤の応答変位と周面せん断力である。これらの荷重を作用させた時の、地震時カルバートの曲げモーメントおよびせん断力を図-4、5に示す。常時荷重設計による配筋では、図中①~④で降伏耐力(101kN・m)を越えて塑性化した。さらに、①~③では終局曲げ耐力(114kN・m)を越えた。これに対しては、主筋を1本追加することによって、所要の曲げ耐力が確保できる。図-6に部材の曲げモーメントと曲率の関係を示す。図中④常時設計配筋、②主筋を1本追加、③主筋とスターラップを追加、①常時配筋の鉄筋を実強度(規格値の1.2倍)を表す。本カルバートにはせん断補強筋が配されていないが、最大せん断力205.9kNに対してせん断耐力は208.3kNであり、安全率は1.01となった。しかし、鉄筋の実強度増大による曲げ耐力の増加を考慮すると $V_m/V_{yd} > 1.0$ となるので、せん断補強筋を配置する方が良いと思われる。例えば、せん断補強筋としてD13を15cm間隔で配筋すれば、せん断耐力は259.7kNと増加し、せん断に対する安全率が1.25に増すとともに、曲げに対する耐力および靱性が増加する。

4. まとめ

規模の小さなボックスカルバートは、従来、横断方向については常時荷重に対してのみ設計していたが、ここでは、その耐震性について検討した。当該地点において、最強と考えられる地震動に対しても、鉄筋の実強度を考慮すると崩壊しないが、隅角部ハンチ付近にせん断補強筋を配置する必要があることがわかった。

参考文献 1)道路保全技術センター：プレキャストコンクリート共同溝設計・施工指針(案)、PP.50~51,1995.3

2)大阪府土木部：大阪府土木構造物耐震対策検討委員会報告書、1997.3