ボックスカルバートの動的プッシュオーバー解析とせん断耐力劣化を考慮した中柱の靭性評価

武蔵工業大学学・笠原啓

同上 正 吉川 弘道

1. はじめに

地震のような繰返し外力を受ける鉄筋コンクリート柱はせん断耐力が低下することが知られている¹⁾.このせん断耐力の低下が破壊形式や変形性能に及ぼす影響を把握することは,鉄筋コンクリート柱の脆性的な破壊を防ぐ上で重要である.本研究では,兵庫県南部地震で被災したボックスカルバート構造の地下鉄駅舎を対象に中柱の断面に着目し,動的プッシュオーバー解析を実施して解析的検討を行った.

2. 動的プッシュオーバー解析

解析対象とした構造物は神戸高速鉄道・大開駅で1層2径ボックスカルバートである.解析はトンネル横断方向を対象として地盤と構造部材の非線形性を考慮した2次元FEMによる動的プッシュオーバー解析を実施した.解析モデルを図1に示す.また,中柱の断面ケースとして,軸方向の長さを1.3mと1.5mに延長するケース(以下,軸方向タイプ), 横断方向の幅を0.6mと0.8mに拡幅するケース(以下,拡幅タイプ)をそれぞれ用いた(図2).構造物は梁要素にてモデル化し,隅角部は剛域を考慮して剛性梁要素にてモデル化した.また,構造部材に関する非線形特性は対称トリリニア型の M- 曲線(武田モデル)を用いた.地盤は平行多層で平面ひずみ要素にてモデル化し,底面と側方地盤を粘性境界とした.地盤の非線形特性はR-Oモデルを用いた.入力地震

動として,長周期の漸増加速度を,工学的基盤面より入力した(従って, 時刻と入力加速度は正比例する).





小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小
小

図2 中柱の断面ケース

3. 鉄筋コンクリート柱の破壊形式

RC 柱部材の破壊形式は,曲げ破壊,せん断破壊,曲げ降伏後のせん断破壊(以下,曲げせん断破壊)に分類する ことができる.曲げ破壊は,主鉄筋の降伏以降,水平耐力を保持したまま塑性変形した後,安定した破壊に至る(図3). 一方,主鉄筋降伏前に脆性的破壊形態となるせん断破壊は靭性が乏しく,設計上回避する必要がある(図4).また, 主鉄筋が降伏した後,繰返し作用によって徐々に耐力低下が生じ,曲げ損傷からせん断破壊に移行するタイプもあり, これを曲げせん断破壊と呼び,せん断破壊同様に回避すべき破壊形式である(図5).



Key words : せん断耐力劣化,ボックスカルバート,中柱,動的プッシュオーバー解析,曲げせん断破壊 連絡先:〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1 TEL 03-3703-3111 武蔵工業大学工学部都市基盤工学科 構造材料工学研究室 4. せん断耐力劣化式

せん断劣化現象を考慮したせん断耐力V,を式-1に示す.

 $V_{v} = V_{s} + \zeta_{\phi} \cdot V_{c0}$ (1)

せん断耐力V、はせん断補強筋が塑性状態であると仮定したV、 (塑性トラス理論)と実験式から求められるコンクリート負担分V_{a0}(修 正トラス理論)で表すものである.地震時の繰返し大変形におけるせ ん断耐力の低下を係数 ζωによって評価している³⁾.ここで,ζωは Priestleyらのせん断劣化曲線(図6)を基に曲率靭性率 μ_{0} を用いて ζ_{0} を算出した。



図 6 Priestley のせん断劣化曲線¹⁾

5. 中柱の破壊形式と靭性評価

図7に中柱におけるせん断力と層間変形角の関係を,表1に中柱の破壊形式と靭性評価を示す.ここで,設計では 大地震の時に許容する最大変形は限界層間変形角 1/100 と規定されている²⁾.これは、既往のボックスカルバート構 ・造に対する実験に基づいて,かぶりコンクリートの剥落時における層間変形角の値を整理し設定されたものである.原 設計における中柱は,主鉄筋降伏後かぶりコンクリートの剥落が生じ,層間変形角 0.0130 でせん断耐力の低下が見ら れた.その後,耐力の低下に伴いせん断破壊に至った.これより中柱は,曲げせん断破壊の力学特性を有する構造で あると考えられる、次に、中柱の断面厚を増やして数値シミュレーションを行った結果を図8に示す、原設計に対して軸 方向タイプは断面積が増大するにつれて靭性率が増加するものの,顕著な変化は見られなかった,一方,拡幅タイプ は断面積が増大するにつれてせん断耐力が増加するが,断面力

も過大に作用するため,靭性に乏しく,せん断破壊に至る可能性 が高くなると考えられる。

表1 中柱の破壊形式と靭性評価



軸方向タイプでは若干の靭性の向上が見られたが,拡幅タイプ は靭性の改善は得られないことが確認できた。

【参考文献】

800

600

せん断力(kN)

400

200

0

0.00

 \diamond

 \triangle

0.01

せん新耐力

M.J.N.Priestley, F.Seible, G.M.Calvi: SEISMIC DESIGN AND RETROFIT OF BRIDGES , A Wiley-Interscience Publication , 1996 1)

土木学会:原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針,2005.6 2)

0.02

層間変形角

原設計

3) 大江亮二,吉川弘道:繰返し大変形を受ける鉄筋コンクリート単柱のせん断強度劣化の評価に関する研究,土木学会論文集,No.711/V-56,59-71,2002.8