

地震時損傷を受けた壁構造の再現解析及び耐力評価方法の検証

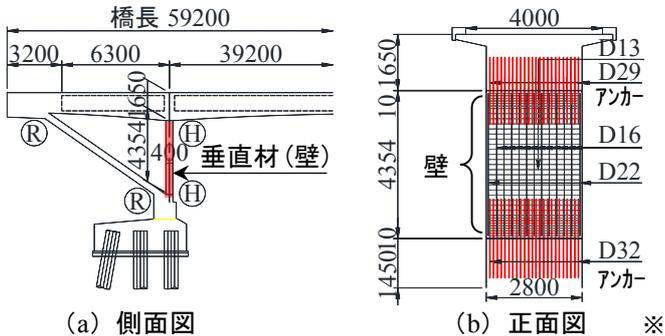
NEXCO 西日本コンサルタンツ(株) 正会員○李 首一 正会員 伊川 嘉昭
西日本高速道路(株) 正会員 栢木 正喜 和田 広之

1. はじめに

平成 28 年 4 月に発生した熊本地震において、高速道路を跨ぐ斜π橋の垂直材前面にせん断ひび割れ等損傷が発生した。斜π橋の垂直材は上下にヒンジ筋が設けられている構造で、地震時の損傷状況に対し再現解析を実施し、ヒンジ構造を持つ壁部材の耐力評価や M-φ モデルの適用性について検証を行ったため、その結果を報告する。

2. 実損傷状況及び作用地震力

図-1 に示す対象構造物の実損傷の状況を写真-1 に示す。損傷を受けたのは斜π橋の垂直材で、部材の正面に斜めせん断ひび割れ、また、側面の圧縮側にはかぶりコンクリートがはく落していた。



(a) 側面図 (b) 正面図 ※単位: mm
図-1 上下ヒンジを有する壁構造の構造図・配筋図

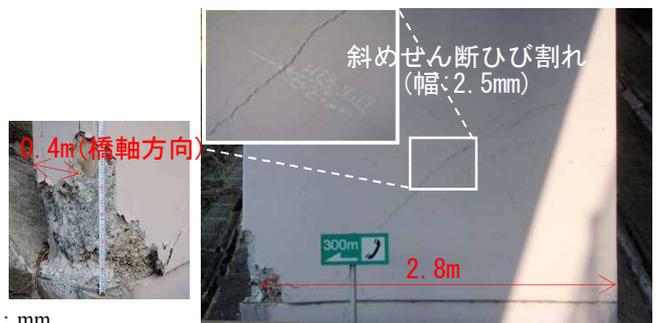


写真-1 実損傷の状況

垂直材に作用していた地震時水平力を推定するため、図-2 に示す対象橋梁付近で観測された地震波の加速度応答スペクトル及びオービット図を整理し、図-3,4 に示す。その結果、対象橋梁の固有周期帯付近（橋軸直角方向）において、観測波の加速度応答スペクトルが道示波の 1.5 倍程度と上回っていたため、震度は式 (1) により 0.7 程度と推定し、上部構造分担重量や壁構造の自重を考慮した上で、作用地震力（水平）の最大値を 1520kN とした。

$$\text{水平震度の推定: } k_h = C_s \cdot k_{hc0II} \cdot 1.50 = 0.31 \times 1.50 \times 1.50 = 0.70 \quad \text{式 (1)}$$

ここに、 C_s : 構造物特性補正係数, k_{hc0II} : 設計水平震度の標準値 (Ⅲ種地盤)



図-2 対象橋梁の架橋位置

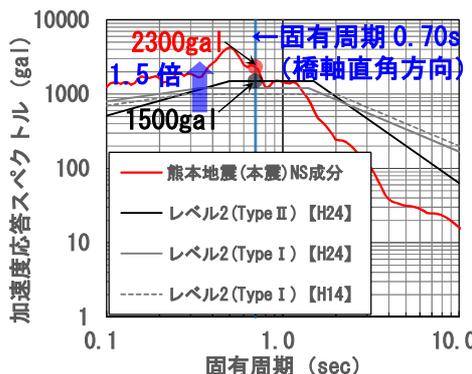


図-3 加速度応答スペクトルの比較 (本震時)

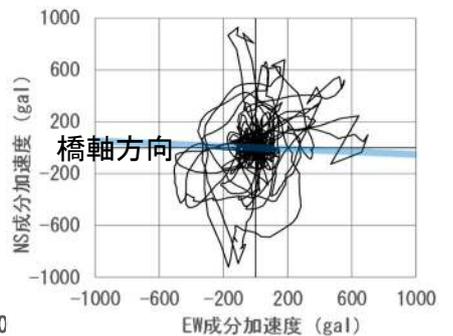


図-4 オービット図 (本震時)

3. 地震時損傷状況の再現解析

対象構造物の地震時損傷状況の再現を目的に FEM 解析を実施した。解析に用いた材料定数及び材料の非線形関係を表-1、図-5 及び図-6、また、荷重・境界条件を図-7 に示す。解析の結果、以下の傾向が見られた。

1) 図-8 に示す FEM 解析による最大耐力は 1545kN で、道示波を上回る推定最大地震力 1520kN と同程度である。

キーワード 壁構造, 再現解析, FEM, M-φ, 耐力

連絡先 〒532-0002 大阪府大阪市淀川区東三国 4-13-3 NEXCO 西日本コンサルタンツ 大阪支店 TEL : 06-4807-7735

表-1 材料定数

材料	部位	設計基準強度 (N/mm ²)	材質	引張強度 (N/mm ²)	最大粗骨材寸法 (mm)	鉄筋降伏点 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	ポアソン比
コンクリート	載荷梁・基部・支圧コンクリート	35.0		2.46	25		2.95E+04	0.20
	コンクリート壁	35.0		2.46	25		2.95E+04	0.20
鉄筋	主鉄筋, 帯鉄筋, 対せん断筋, アカ筋		SD295			295	2.00E+05	0.30

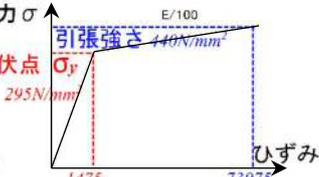
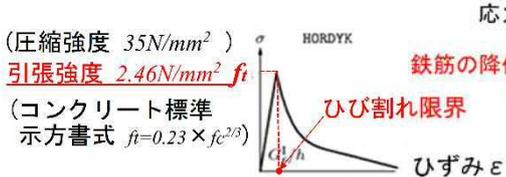
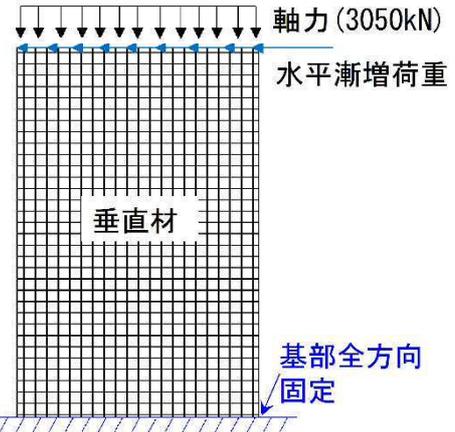


図-7 荷重・境界条件

- 図-9 に示すように、コンクリートの圧縮側における応力度最大値は 34N/mm² に達しているが、圧縮強度 35N/mm² を下回るため、圧壊していないと推察される。また、最大圧縮応力度により応答塑性率を推定した結果、その値が 2.57 程度で許容塑性率 2.40 を上回るため、かぶりコンクリートははく落していると考えられる。
- 図-10 に示すように、主鉄筋の最大引張応力度は 303N/mm² で、破断する程度ではない。また、帯鉄筋の最大応力度は降伏点 295N/mm² を若干上回るため、解析による破壊形態はせん断破壊型で、実損傷と一致する。以上のことから、FEM 解析は実損傷を再現できており、解析方法の妥当性が検証できていると考えられる。

4. 損傷を受けた壁構造のせん断耐力及び M-φ モデルの適用性の評価

- 図-8 に示す FEM 解析による最大耐力は 1545kN で、ディープビームの耐力 1360kN と同程度であるため、部材の上下にヒンジ筋を有する壁構造でも、ディープビームの耐力評価式が適用できることが確認できた。
- 図-8 に示す FEM による荷重-変位曲線が M-φ による一本棒モデルを用いた結果と概ね一致するため、対象構造物のような壁構造の地震時耐震性能評価に M-φ モデルが適用できることが確認できた。

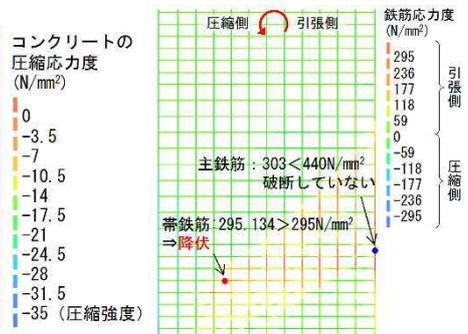
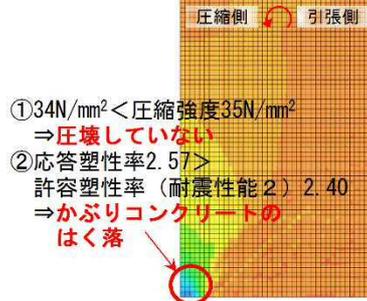
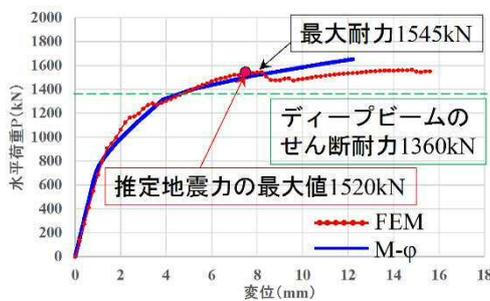


図-8 載荷点位置の荷重-変位曲線※ 図-9 コンクリートの圧縮応力分布図※ 図-10 鉄筋の応力分布図※

5. まとめ

(※最大耐力時)

- FEM によるコンクリート・鉄筋のひずみ分布により、解析モデルの破壊形態はせん断破壊型で実物と一致し、実際の損傷状況が概ね再現できたため、解析モデルの妥当性が確認できたと考えられる。
- 解析により確認された最大耐力は 1545kN で、ディープビーム効果を考慮したせん断耐力 1360kN と概ね同等であるため、上下ヒンジ構造を有する壁構造でもディープビームの耐力評価式が適用できることが確認できた。
- FEM 解析による荷重-変位曲線が M-φ モデルによる結果と一致するため、せん断破壊型の部材でも、上下ヒンジを有する壁構造の場合、M-φ によるモデル化が可能と考えられる。

6. おわりに

上下ヒンジを有する壁構造は斜橋の垂直材だけでなく、ロッカー橋脚としても採用されており、本検討の結果は、これらの型式の橋梁の耐震性能確認や大規模地震対策の立案に有用と考えられる。

参考文献 道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編・V 耐震設計編, 日本道路協会, 平成 24 年 3 月。