

長野県 伊那建設事務所 ○正員 中村 勝郎
 信州大学工学部 正員 トム 健
 国鉄 仙台新幹線工事局 正員 鈴木 和也

1. まえがき

1978年6月12日に発生した宮城県沖地震では、仙台市付近を中心として様々な都市施設、土木・建築構造物に多くの被害が発生し、個々についての被害例が報告されている。¹⁾ ここでは、この地震によって被害を受けた東北新幹線七北田川橋梁(主としてP₄橋脚)について動的解析を行い、ピア中間部におけるクラック発生の原因を調査するためのものであり、解析は線形解析である。

2. 解析モデル

動的解析を行なうに当たって問題となるのがモデル化の方法である。解析が容易でかつモデルとしてなるべく実際の状態に近くなるようにモデル化することが必要であると考え、線形多自由度系の地震応答解析モデルとして、東北新幹線七北田川橋梁を図-1のようにモデル化した。実際には桁(PC8主桁)は単純支持されているのであるが、モデルでは左側をピンジョイントとし、右側は桁と橋脚の間に仮想部材を入れ、鉛直方向に拘束されているものとした。また、地盤については、固定としたものと、バネ(水平、鉛直、回転)と考えてパラメータを与えたものを解析した。図-2、図-3に橋脚の被害状況図を示した。図-2は青森側の正面図、図-3は側面図である。このように橋脚の中間部に1~2mmほどのクラックの発生が見られる。図-4には橋脚の配筋図を示した。図において右半分は、図-2中のA-A'部分から上方の5.35mまでの区間の配筋図であり、左半分はその上の7.403mの間の配筋図を表わしている。これらのことから考えて、鉄筋量が減少しているあたりにクラックが発生したのではないかと思われるので、図-2中のA-A'断面および鉄筋量の減少しているところの部材断面をとり出して、解析によって得られた部材断面力と、それら部材の持つ終局強度との比を求め比較検討するものである。

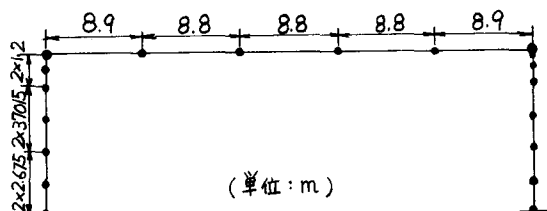


図-1 解析モデル

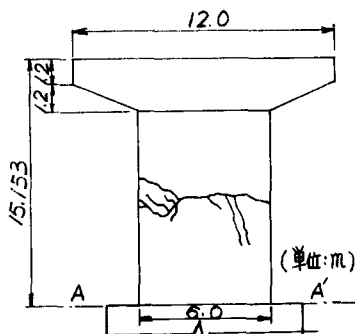


図-2 被害状況図

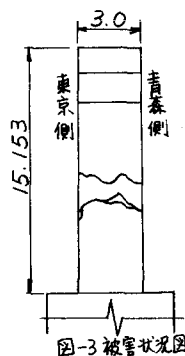


図-3 被害状況図

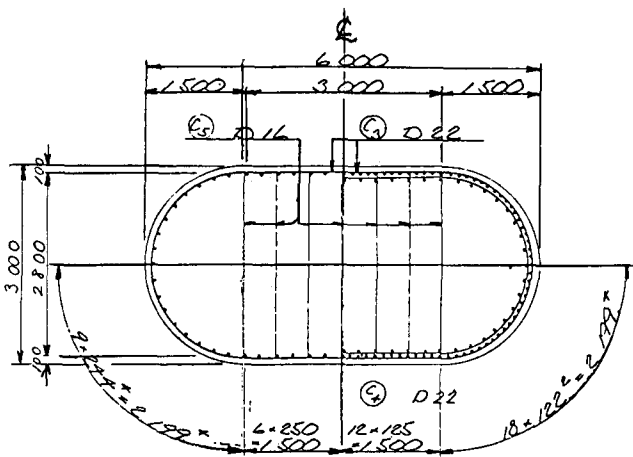


図-4 橋脚配筋図

3. 解析結果

応答計算に用いた加速度応答スペクトルの値は、東北大学1FにおいてSMAC-Mによって記録された強振記録を、0.02 sec間隔で読みとった2048個のデータを用いて計算した値を使用した。表-1には、基礎を固定としたもの及び基礎をバネ支持とモデル化し、仙台新幹線工務局七北田川橋梁設計々算書⁴⁾中に用いられている地盤定数である $K_v = 6666 \text{ t/m}^3$, $K_{hs} = 852 \text{ t/m}^3$, $K_{hb} = K_v/3.5$ としたモデルについての1次から3次モードまでの固有周期を載せた。

本解析より求められた断面力が部材の持つ終局強度に対してどの位の大きさのものであるかを調べるために、ACI基準により、軸力を受けているはりの終局モーメントおよび軸力を求め、それと応答計算により求められた値とを比較することにした。終局軸力およびモーメントを求める式を以下に示す。

$$N_u = k_3 \sigma_c' b d \left[(p' - p) m - p' + \frac{k_1}{2k_2} \left\{ \left(1 - \frac{e'}{d} \right) + \sqrt{\left(1 - \frac{e'}{d} \right)^2 + \frac{4k_2}{k_1} \left(p m - p'(m-1) \right) \frac{e'}{d} + p'(m-1) \left(1 - \frac{e'}{d} \right)} \right\} \right] \quad \dots (1)$$

$$M_u = N_u \cdot e \quad \dots (2)$$

ここで、 M_u , N_u : 終局曲げモーメントおよび軸力, σ_c' : コンクリートの圧縮強度, b : 有効幅, d : 有効高さ, p , p' : 鉄筋比, e : 偏心距離, k_1, k_2, k_3 : 定数²⁾である。なお有効幅については長方形断面として換算した場合の値を用いた。ここでは応答解析により求められた N , M より $e (=M/N)$ を求め、それを式(1)に代入して N_u を求め、式(2)より M_u を求めた。表-2には、表-1で得られたモデルについて M/M_u の値を載せた。減衰定数は $H=0.02$ と 0.05 の二種類について解析を行なった。

また入力する地震の方向は、二の橋梁がほぼ南北方向に架設されていることから地震波の成分のうち影響の大きいと思われるN-S, U-D成分について応答解析を行なった。基礎をバネでモデル化したものは、全部で3種類について計算を行なったが、基礎を固定としたものと比べて、すべて M/M_u の値が小さな値となっている。

4. 考察

本文は七北田川P4橋脚の中間部にクラックが発生した原因を説明しようとしたものであり、表-2によれば、橋脚中間部では断面の有する終局モーメントの1.68~1.85倍程度のモーメントが発生していることになる。基礎を固定とした場合は、基礎をバネとした場合よりもいく分大きな値になっているのは当然として、モデル化からは基礎をバネとした方が妥当であろう。全体的に大きなモーメントが発生している原因としては、線形解析であるという理由の他に、前出の設計算書では地震時に對して、震度法で水平方向震度を0.25と仮定して断面算定がなされているが、本地震の加速度応答値から考えて、その約3倍程度の値が出現しているという理由にもよる。底部において破壊がおられなかったのは前述のように実際は線形解析に比べてもっと小さな値となるのではないかと理由³⁾が考えられ、底部に比べて鉄筋量がその約1/3に減少している中間部では、 M/M_u の値が底部に比べかなり大きくなり、クラックが発生したものと思われる。

参考文献 1) 建設省建築研究所: 1978 宮城県沖地震被害調査報告書(速報), 1978

2) 岡田 清: 鉄筋コンクリート工学, 朝倉書店。 3) 土木学会編: 地震応答解析と事例, 1973。

4) 日本国有鉄道仙台新幹線工務局: 仙台、古川間七北田川橋梁設計その2、下部工P4設計計算書。

表-1 固有周期 (sec)

条件 モード	固 定	バ ネ
1次	0.47	0.88
2"	0.42	0.40
3"	0.12	0.18

表-2. M/M_u の値

条 件	減衰定数 入力地震波 成 分	H=0.02		H=0.05	
		底部	中間部	底部	中間部
基礎固定	N-S	2.19	2.83	1.28	1.85
	U-D	0.62	0.73	0.36	0.35
基礎バネ	N-S	1.81	2.22	1.20	1.68
	U-D	0.28	0.25	0.19	0.15