

(4) 鉄道高架橋の震害と原因の推定 (その1)

(財) 鉄道総合技術研究所 棚村 史郎
 同上 西村 昭彦
 (株) 京浜急行電鉄 井上 章彦
 同上 丹生 春雄

1. はじめに

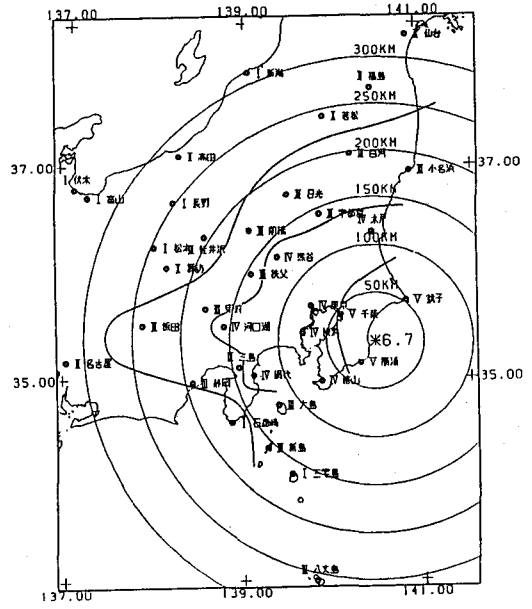
昭和62年12月17日に発生した千葉県東方沖地震 (M=6.7) により、京浜急行電鉄久里浜線の水深高架橋において、RCラーメン柱にひびわれならびに一部かぶりの剝離が生じたほか、高架橋上のPC電柱が折損するなどの被害を受けた。

種々の被害状況から、地震動に対する地盤と高架橋の特性が被害の原因に大きく関わっているものと予想され、調査を行ったところ、因果関係を説明できる資料を得ることができた。

本稿では、このうち、被害状況の概要と高架橋および電柱の振動特性を把握するために実施した衝撃振動試験¹⁾、常時微動測定などの調査結果の概要について報告する。

2. 地震の概要

気象庁の発表によれば、千葉県東方沖の震央位置は東経 140 29'、北緯 35 21'、震源深さは 58 km で地震のマグニチュードは 6.7 である。各地の震度を図1に示す。被害を受けた高架橋は、京浜急行久里浜線の三浦海岸駅から三崎口駅へ向かった最初のRCラーメン高架橋で、三浦半島南部に位置する。震央距離は約 80 km で、高架橋から約 800m離れた地点に設置されている東北・上越新幹線の三浦海岸地震検点ではNS方向で 300 gal、EW方向で 330 galの最大水平加速度が記録された。また、横須賀市内の運輸省港湾技術研究所構内の泥岩上に設置された地震計では最大 70 gal の加速度を記録している。



×: 震央位置

図1 各地の震度²⁾

3. 高架橋と被害の概要

水深第1高架橋のブロック割りを図2に示す。著

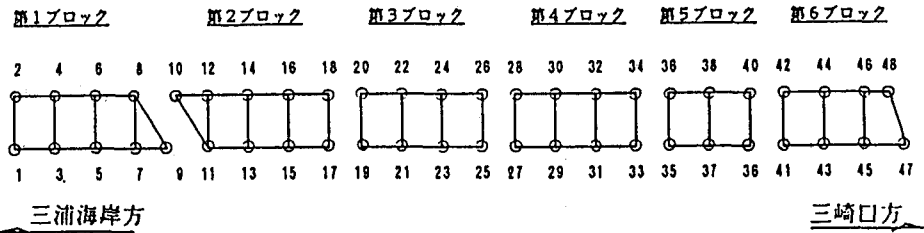


図2 水深第1高架橋ブロック割り

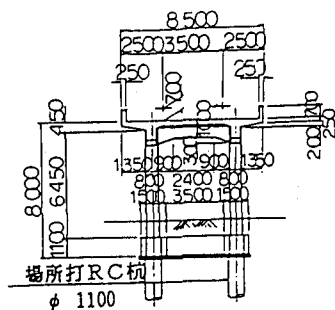
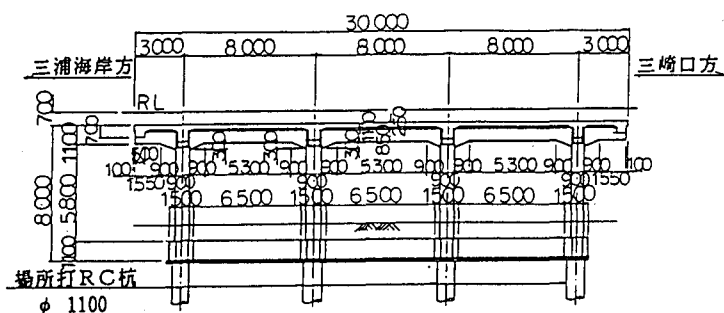


図3 高架橋一般図

しい被害を受けたのは第2、第3ブロックである。第3ブロックの一般図を図3に示す。高架橋は高さが8m、複線支持の1層3スパン両張り出し式で、鉄筋コンクリートのラーメン構造である。基礎は杭径1100mm、長さ約18mの場所打ち鉄筋コンクリート杭から成る1柱1杭形式である。



写真1

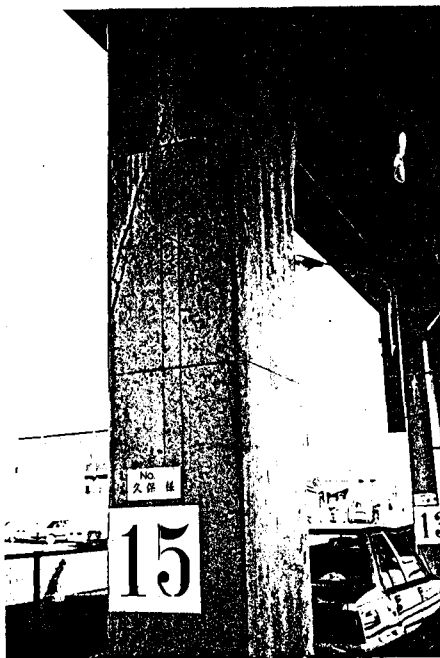


写真2

主な被害はラーメン高架橋の柱上端付近において、ひびわれやかぶりの剥落(写真1、2)が生じるなどのせん断破壊を生じたほか、第2ブロック上の電柱(PC柱)が支持点より約0.5m上方の位置で折損(写真3)し、他の2本の電柱においても同様の位置でひび割れを生じた。また、杭頭部および地中梁の状況を調査したところ、地中梁の一部にせん断ひびわれがみられたもの他に異状は認められなかった。なお、スラブおよびスラブ上層梁は被害を受けていない。

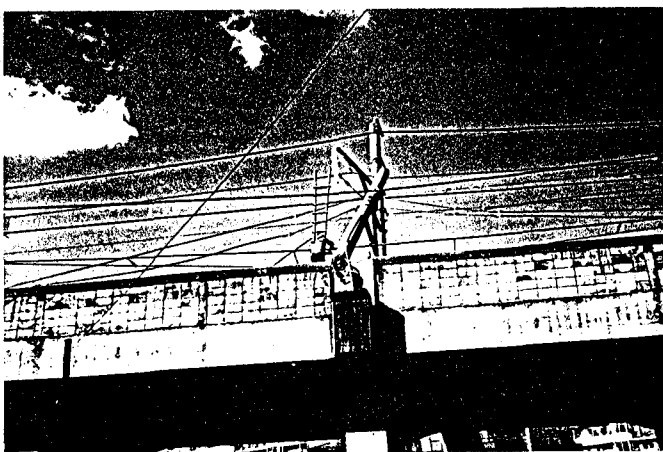


写真3

4. 地形、地質の概要

高架橋の位置する三浦半島南部は、東は東京湾に、南と西は相模湾に面しており、最終間氷期の海退に伴って、段丘上に細かい樹枝状の谷が形成され、沖積世の海進と共に溺れ谷が発達した地域である。高架橋はこの溺れ谷部に位置し、洪積台地を浸食した河谷低地上に体積した沖積地盤上を横断している。

この沖積層は、高架橋中央部で最も厚く約 27 m、両端部の厚い所で約 12 m である。地層構成は、溺れ谷の底部に堆積した粘性土の上に、砂洲の発達により形成された砂質土層が分布している。この砂質土層は比較的締まっており、N値は 30 ～ 40 である。

図 4 に地質縦断面図を示すが、高架橋の基礎杭は洪積地盤を支持層として根入れさせている。

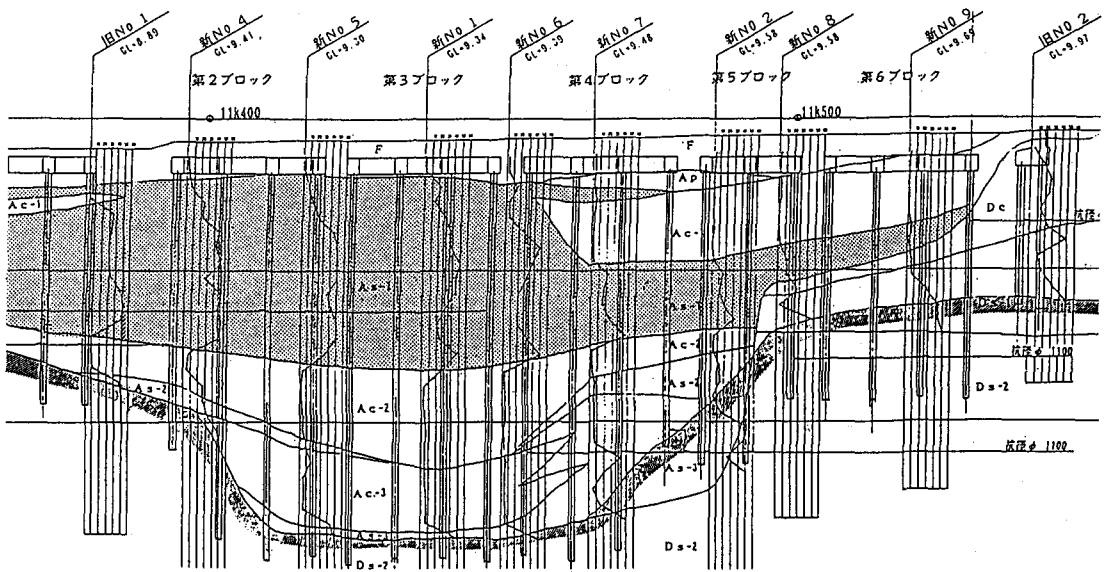


図 4 地質縦断面図

5. 地盤と高架橋および電柱の振動特性

(1) 衝撃振動試験による高架橋の固有振動数

衝撃振動試験は、重さ 30 kg 程度の重錘を用いて、高架橋を打撃し、高架橋の変位または加速度の応答を測定、応答波の周波数分析により高架橋の固有振動数を求めるものである。JR では橋脚等の健全さを判定するための一つの手法としてこの試験法が定着している。

衝撃振動試験により求めた高架橋の固有振動数を表 1 に併記したが、2.55 ～ 2.65 Hz の範囲にある。図 5 は第 3 ブロックのフーリエスペクトルを示したものである。

一方、この高架橋とはほぼ同程度の規模を有し、被害を受けていない近傍の高架橋の測定では 3.55 ～ 3.95 Hz の結果を得ている。

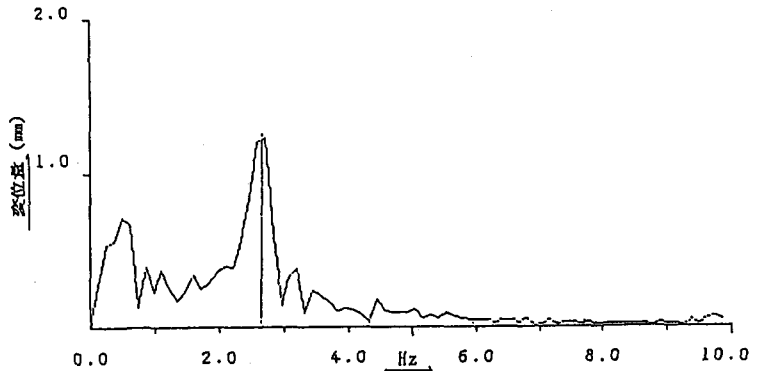


図 5 高架橋の固有振動数 (第 3 ブロック)

(2) 常時微動

地盤および高架橋の振動特性を求める目的で常時微動を測定した。表1は常時微動測定から得られた高架橋および周辺地盤の橋軸直角方向の卓越振動数を示したものである。地盤の卓越振動数は水平成分のフーリエスペクトルを上下成分のフーリエスペクトルで除した伝達関数を、高架橋については高架橋上とその直下の地盤で同時に測定して得られたフーリエスペクトルの比で求めた伝達関数を用いて求めたものである。

表1 地盤および高架橋の卓越振動数 (橋軸直角方向) (Hz)

ブロック No.	常 時 微 動						衝撃振動試験			
	地 盤			高 架 橋						
1	2.44	4.06	4.93	2.59	3.22		—			
2	2.03	2.59	4.96	5.49	2.59	3.25	—			
3	1.71	3.42	3.98	4.52	2.47	3.22	2.65			
4	1.67				2.59	3.39	4.22	2.55		
5	1.66	2.57	3.47		2.00	2.47	2.66	3.00	2.65	
6	1.66	2.42	4.59	5.66	2.66	3.00	3.37	4.25	2.65	3.05

注) 網目を伏した値は顕著な卓越振動数を示す。

地盤では多くの卓越振動数が得られており、直ちに固有振動数を決定するのは難しいが、各測定点での違いは定性的に土質調査の結果と一致している。また、高架橋の伝達関数には数個の卓越振動数が見受けられるが、フーリエスペクトルの形状等から勘案して、また、衝撃振動試験の結果を勘案すると固有振動数は 2.5~2.6 Hz の範囲にあるものと推定される。図6に第3ブロックの卓越振動数の例を示す。

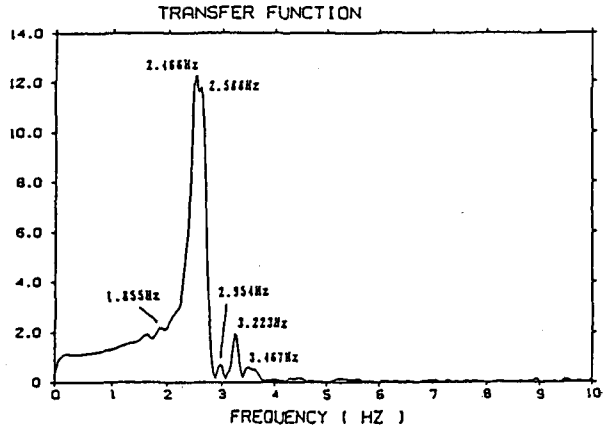


図6 高架橋の伝達関数 (第3ブロック)

(3) 高架橋の固有振動数の推定

常時微動測定および衝撃振動試験の結果

から、高架橋の固有振動数は 2.5~2.6 Hz の範囲にあるものと推定された。しかし、同程度の規模を有し、被害を受けていない他の高架橋の測定例のほか、過去に国鉄において実施された起振機を用いた強制振動試験および常時微動測定による高架橋の測定例では、同様の高架橋の固有振動数は一般に 3.0~3.5 Hz 程度であり、今回の測定結果は地震によるひびわれなどで高架橋の剛性低下が生じたためと推察される。

(4) 電柱の固有振動数

電柱の固有振動数は、自由振動実験および解析により求めた。この結果はき電線重量が作用している山側とき電線の無い海側とは異なり、橋軸直角方向でそれぞれ 2.66 Hz、2.83 Hz である。なお、折損被害を受けた電柱は海側である。

[参考文献]

- 1) 西村昭彦, 中野聡; 衝撃振動試験による構造物の振動特性の把握, 第19回地震工学研究発表会, 昭和62年7月。
- 2) 佐々木康; 千葉県東方沖の地震 (62.12.17) の調査速報, 土木技術資料, Vol.30, No.1, 1988.