横浜ベイブリッジの地震観測記録による長周期地震動の伝達経路の一考察

首都高速道路㈱	正会員()山本	泰幹
首都高速道路㈱	正会員	小田桐	司直幸
リテックエンジニアリン	グ(株)	徳山	清治

1 はじめに

横浜ベイブリッジ(以下,「本橋」と呼ぶ)においては, 1989年9月の開通以来,耐震設計の検証等を目的として 約17年間の地震観測を行っている.この観測地震の中に は、中越地震などの長周期成分が卓越した地震記録が得 られていたことから,長周期地震動の特性を距離減衰式に 基づいて回帰した低次モードの加速度応答スペクトル値よ り調べ,関東平野の基盤構造と比較分析を行った.この結 果,長周期成分の卓越には、本橋に至る地震動の伝達経 路が影響していることが推察されたので,ここに報告する.

2 加速度応答スペクトル曲線

今回の解析対象とした観測地震の一覧をTable 1 に示す. 解析対象の地震は収録された地震記録のうち横浜,あるい は東京で震度 3 以上の地震を基本とした.

解析対象とした地震記録について,支持地盤地震計での加速度応答スペクトル曲線を求めた結果を Fig.1 に示す.

中越地震では明らかに長周期成分が卓越している.また, 同地震のほかに伊豆大島近海(地震番号 1)や新島・神津 島近海(地震番号 6)等の 5 つの地震において,長周期成 分が多く含まれていることがわかる.

3 長周期地震動と基盤構造

3.1 伝達経路影響係数

長周期地震動は表面波が主体であるため, 震源深さや マグニチュードのほかに, 関東平野の基盤構造が影響する



Fig.1 Acceleration response spectrum

と考えられる.特に,関東平野では広域にわたる堆積層の 不規則な構造が関係し,他の地域と異なる地震動特性を 示すことが指摘されており,長周期地震動の予測には地震 基盤に至るまでの堆積層の3次元的構造の評価が重要で あるとされている²⁾.また,関東平野の地下深部に伏在する 基盤には局所的に著しい起伏が存在し,この起伏によって 長周期の地震動が局所的に増幅される可能性が解析的に 示されている³⁾.

本論文では,関東平野の不規則な基盤構造の影響を震 源から本橋に至る地震動の伝達経路の違いで表現できる と考え,各地震記録の加速度応答スペクトルの回帰結果を

Table 1 Information of observed earthquakes

네가 영화				震源位置			震源		震度		
地展 采号 発生年月日		発生時刻	震源地	北緯		東経		深さ	M_{J}	横浜	東京
宙夕				度	分	度	分	(km)		(中区)	(千代田区)
1	^{90.02.20}	15:53:39.8	伊豆大島近海	34	45.8	139	13.8	6	6.5	4	4
2	·92.02.02	04:04:5.7	東京湾	35	13.8	139	47.3	92	5.7	3	5
3	^{93.05.21}	11:36:37.9	茨城県南部	36	2.5	139	54.0	61	5.4	4	4
4	^{93.10.12}	00:54:20.9	東海道沖	32	1.5	138	14.6	391	6.9	4	4
5	^{98.08.29}	08:46:42.3	東京湾	35	37.7	140	1.9	65	5.3	4	4
6	`00.07.15	10:30:32.0	新島・神津島近海	34	25.2	139	14.7	10	6.3	4	3
7	`03.09.20	12:54:52.2	千葉県南部	35	12.9	140	18.2	70	5.8	4	4
8	'04.07.17	15:10:18.1	房総半島南東沖	34	50.0	140	21.5	69	5.5	4	3
9	·04.08.06	03:23:53	千葉県北西部	35	36.7	140	3.5	75	4.6	3	3
10	·04.09.05	19:07:07.5	紀伊半島沖	33	1.9	136	47.8	38	7.1	2	2
11	·04.09.05	23:59:08	東海道沖	33	8.6	137	8.5	44	7.4	3	2
12	·04.10.06	23:40:40.1	茨城県南部	35	59.1	140	5.5	66	5.7	3	4
13	·04.10.23	17:56:00.3	新潟県中越地方	37	17.3	138	52.2	13	6.8	3	4
14	·05.07.23	16:34:56	千葉県北西部	35	34.9	140	8.3	73	6.0	4	4
15	'05.08.16	11:46:25.7	宮城県沖	38	9.0	142	16.7	42	7.2	3	3

キーワード 横浜ベイブリッジ, 地震観測, 長周期地震動, 伝達経路, 基盤構造

連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞が関 1-4-1 首都高速道路㈱ 技術管理室設計技術グループ TEL03-3539-9422

用いて調べた. 地震動ごとの伝達経路の違いは, 周期別の (実測加速度応答スペクトル値)/(回帰した予測加速度 応答スペクトル値(式 1)で表し, これを「伝達経路影響係

logSij(T) = a(T)Mw - logXij + b(T)Xij + cj(T)(1)

数」と定義した³⁾.

ここに,

Sij(T):周期 T の加速度応答スペクトル値

M_w:モーメントマグニチュード, Xij: 震源距離,

a(T),b(T):回帰係数, c(T):サイト係数(同一サイトであるの で無視できるとする)

(式 1)は、長周期側での精度には議論の余地があるが、 ここでは、長周期側にも適用できることを前提として用いた.

3.2 伝達経路と基盤構造

震源深さ 50km 以浅の地震記録について, 伝達経路影響係数と関東平野の基盤構造を比較した結果をFig.2 に示す.本図は,本橋を中心にして観測地震の震源方位別に 伝達経路影響係数を表している.同心円は, 伝達経路影響係数の大きさを表し,対象周期は表面波の5.99 秒のもの である.また,同図には, Vs=3.0km/sec 層上面の深度分布 を重ねて示している⁴.一方, Fig.3 は,主要な観測地震の 震源方位での Vs=3.0km/sec 層上面の深度分布を断面的 に表しており,前掲の Fig.2 より作成したものである.

Flg.9 より,長周期成分が卓越した地震(地震番号 6,11,13)では,地震動の伝達経路に厚い堆積層の凹みが 存在していることがわかる.また,50km 以浅の宮城県沖地 震(地震番号15)では,このような厚い堆積層が存在してい ないことから,長周期成分の卓越には,本橋に至る地震動 の伝達経路が影響していることが定性的にうかがえる.しか し,長周期成分が卓越した5つの地震において,震源方位 がほぼ同じである地震(地震番号10,11)の伝達経路影響 係数が,0.52,2.06と大きく異なっている.この理由としては, 回帰式の特性,三次元構造の平面的広がり,遠方地盤の 構造,震源のメカニズム等が考えられる.

4 まとめ

横浜ベイブリッジの開通以来の地震観測記録から伝達 経路影響係数を求めて,関東平野の基盤構造と比較分析 を行った結果,長周期成分の卓越には,本橋に至る地震 動の伝達経路が影響しており,厚い堆積層の凹みを有する 関東平野の基盤構造と相関のあることが推察された.

参考文献

- 山田伸之、山中浩明:微動アレイ観測による首都圏の深部地 盤構造、第2回地震防災シンポジウム「首都圏の地下構造と 地震防災」講演概要集、pp.29-34, 2006.1.
- 2) 高橋雅紀, 関口春子: 関東平野下に伏在するハーフグラーベン, 第2回地震防災シンポジウム「首都圏の地下構造と地震防災」講演概要集, pp.19-28, 2006.1.
- 3)山本泰幹,伊東昇,徳山清治,新井曜子:横浜ベイブリッジの 地震観測記録に基づく長周期地震動の伝達経路に関する一 考察,第12回地震工学シンポジウム論文集,2006.11.
- 4) 山中浩明,山田伸之:微動アレイ観測による関東平野の3次 元S波速度構造モデルの構築,物理探査,第55巻第1号,



Fig.2 Distribution chart of influence coefficient (T=5.99sec)



Fig.3 Depth profiling of S-wave velocity 3.0 km/s

pp.53-65, 2002.