

橋梁基礎にテフロンを用いた免震構造の地震時挙動

早稲田大学 建設工学専攻 学生員 ○安 同祥

早稲田大学 建設工学専攻 学生員 渡辺 勉、近藤 岳史

早稲田大学 建設工学 フェロー 清宮 理

1. まえがき 従来一体型の下部構造と基礎構造を分離し、その間に緩衝材などで形成する免震層を充填し、下部構造と基礎構造との相対変位（ロッキング・すべり）及び緩衝材の履歴減衰を積極的に利用して地震エネルギーの吸収を図る免震構造を提案した¹⁾。下部構造と基礎構造の間に緩衝材として砂を敷いた場合、地震エネルギーはかなり吸収されることが模型実験および実物の動的応答解析によって検証された^{2) 3)}。砂とコンクリート間の摩擦係数が大きいので、下部構造と基礎構造間の相対変位はロッキングが主で、すべることがあまりなかった。そこで、テフロンをすべり材として下部構造と基礎構造間に貼り付けた場合提案した免震構造の地震挙動を調べるために、「道路橋示方書」に示される動解用地震波形を用いて模型振動実験を実施した。

2. 実験模型 III種地盤に建てられた杭基礎を有する橋梁から1基の橋脚を取り出して、当該橋脚とそれが支持する上部構造を1/36で縮小して実験模型を作成した。この相似比は振動台の能力によって決定した。模型の概要は図1に示す。主な諸元は次の通りである。上部構造；質量：46kg，重心位置：下部構造天端から54mm。下部構造；重量：36kg，高さ：440mm，底版寸法：310(加振方向)×350mm。基礎構造；アルミ角材：□10mm×20mm×500mm－10本。受台：440mm(加振方向)×490mm。相似比；変位：1/36，加速度：1/1，重(質)量：1/363，振動数：6/1。

ここに、模型の免震材より上にある部分の重心位置 h_o は式-1を満足している。

$$h_o \leq B / (3 \cdot kh) \quad (1)$$

ここに、 B ：フーチングの加振方向の幅 $B=310\text{mm}$
 kh ：III種地盤におけるレベル1地震動の設計水平震度で、 $kh=0.30$ とした

テフロンは底版の下面と受台の上面に1枚ずつ貼り付けた。

3. 実験装置及び実験方法 計測機器の配置個所は図-1に示す。

フーチング下面のすべりを計測するためにフーチングと受台に加振方向に加速度計及び変位計を取り付け、

ロッキングを計測するためにフーチングの両端に鉛直加速度計を取り付けた。また、基礎構造及び上部

構造の振動挙動を計測するためにアルミ材(杭)にひずみ計、鉄板(上部構造)に加振方向に加速度計及び変位計、鉛直方向に加速度計を取り付けた。

4. 実験用入力波 実験用波形は1995年兵庫県南部地震の時にポートアイランド地盤上得られたEW成分記録とした。

なお、入力波の振幅は10%，20%，50%，80%，90%，100%と段階的に増加させて実験を実施した。

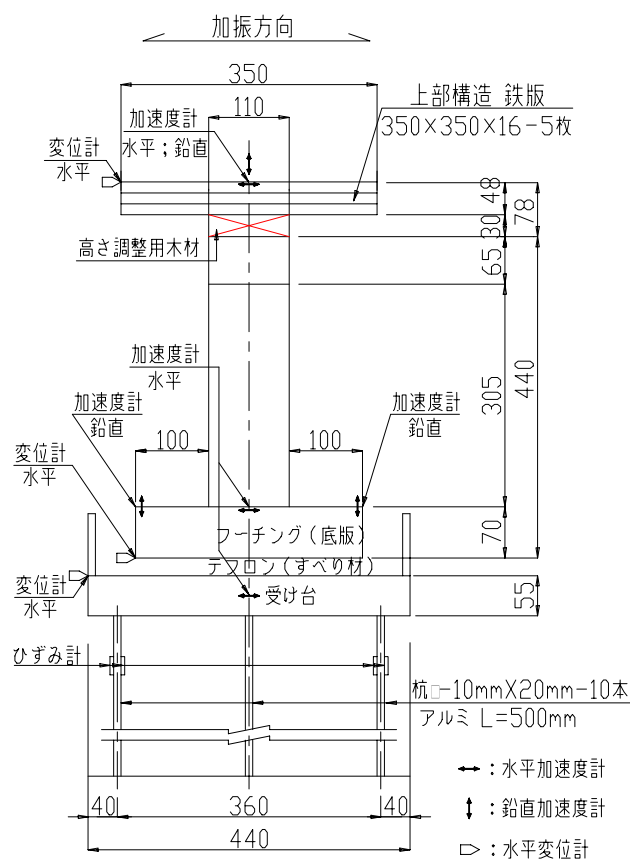


図-1 模型概要及び計測器配置図

キーワード 免震構造，模型振動実験，滑り材，残留変位

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1 51号館16F-01 TEL&FAX03-5286-3852

5. 実験結果及び考察 5.1 提案した免震構造の耐震性について

表-1 最大応答値

Input Horizontal Acceleration (Gal)		72	124	287	483	536	598	636	670
Response of Superstructure	Horizontal Acceleration (Gal)	211	259	368	412	488	445	440	455
	Vertical Acceleration (Gal)	20	28	53	110	483	316	134	177
	Horizontal Displacement (mm)	0.78	2.25	5.76	10.31	9.67	12.28	11.58	16.70
	Residual Displacement (mm)	0.38	1.17	3.95	2.73	9.13	12.89	5.33	16.41
Slip Displacement (mm)		0.59	2.15	5.77	10.50	9.77	13.28	11.67	16.99
Rocking Angle (mrad)		0.66	0.66	0.77	1.38	2.36	1.62	1.38	1.68
Response of Pile	Axial Force (N)	172	176	268	256	311	289	289	319
	Moment (Nm)	6	7	9	10	12	13	11	13
Horizontal Force at the Bottom of Pedestal (N)		148	150	170	188	233	215	199	203
Rotation Moment at the Bottom of Pedestal (Nm)		58	66	86	96	112	103	101	106

表-1に入力波の振幅を段階的に増加させた場合構造系の最大応答値を示す。

・上部構造の最大応答加速度 入力波形振幅の増加につれて、上部構造の最大応答加速度は大きくなっていくが、図-2に示すように水平加速度の応答倍率は递减している。

・杭体の最大断面力 表-1から分かるように入力波の振幅が287以上になると、杭体の最大断面力の変動（増加）幅はかなり小さくなる。

・最大応答変位および残留変位 テフロン摩擦係数が小さいため、上部構造の水平変位は殆どすべりによるもので、ロッキングによる変位が極僅かだった。また、すべり材（テフロン）は水平荷重に対して復元力がないため、滑った変位はほぼ残留変位になった。

5.2 ロッキング・すべりについて 図-3にすべり材の摩擦力とすべり変位の履歴の一例、図-4にすべりとロッキングによるエネルギー吸収累積時刻歴の一例を示す。模型の重心高と底版幅の比はすべり材の摩擦係数に対してやや大きいため、すべりと同時にロッキングも発生していたが、図-4から分かるように、地震エネルギーの吸収はすべりによるものだった。

6. まとめ

下部構造と基礎構造を分離し、テフロンをすべり材として導入した場合、すべることによってかなり大きな免震効果が得られることが判った。テフロンを貼り付けた場合、すべることは卓越しているとはいえ、ロッキングも発生していた。また、残留変位はすべり変位に依存し、過大になるおそれがある。これらの問題を解決するために、すべり材・緩衝材・構造系などについて更に検討する必要がある。

7. 参考文献

- 1) 安同祥、清宮理、渡辺勉：橋梁免震基礎に関する模型振動実験、平成15年度全国大会第58回年次学術講演会2003.9
- 2) 安同祥、清宮理、渡辺勉、近藤岳史：橋梁免震基礎に関する模型振動実験、第27回地震工学研究発表会2003.12
- 3) 渡辺勉、清宮理、安同祥：免震基礎を有する橋梁の動的応答解析、第27回地震工学研究発表会2003.12

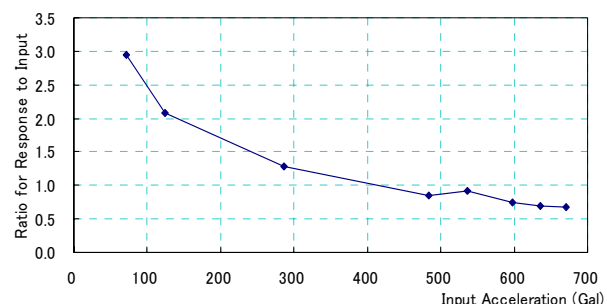


図-2 上部構造水平加速度応答倍率

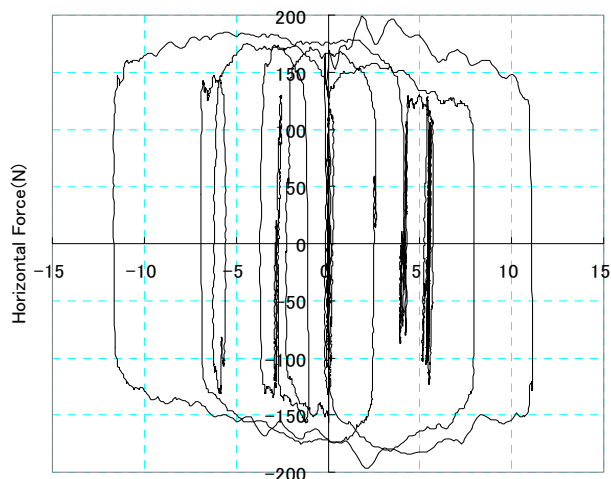


図-3 摩擦力～すべり変位

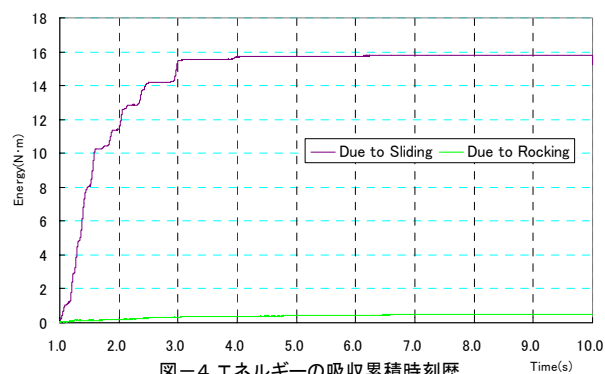


図-4 エネルギーの吸収累積時刻歴