

土木研究所資料

免震橋梁の強震記録データ集

平成10年2月

建設省土木研究所
耐震技術研究センター耐震研究室

Copyright © 1998 by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

免震橋梁の強震記録データ集



耐震研究室 室 長 運 上 茂 樹
研 究 員 大 住 道 生

要 旨

温根沼大橋、丸木橋大橋、山あげ大橋、宮川橋の4つの免震橋において平成9年5月までに観測された
加速度波形をデータ集として整理したものである。

キーワード：免震橋、強震記録、温根沼大橋、丸木橋大橋、山あげ大橋、宮川橋、フーリエ・スペクトル

目 次

まえがき

免震橋強震記録一覧表	1
1. 温根沼大橋	2
2. 丸木橋大橋	31
3. 山あげ大橋	43
4. 宮川橋	81
デジタル数値の磁気記録化	87
謝辞	88
参考文献	89

まえがき

平成 3 年、我が国最初の免震橋である宮川橋の竣工以来、日本国内でも免震橋が普及し、特に平成 7 年 1 月の兵庫県南部地震以降の復旧工事を含め多くの免震橋が建設されるようになってきている。

本資料は、免震橋の実地震時の挙動を把握することを目的に、北海道の温根沼大橋(国道 44 号)、岩手県の丸木橋大橋(国道 340 号)、栃木県の山あげ大橋(国道 294 号)、静岡県の宮川橋(国道 362 号)について、平成 9 年 5 月までに得られた強震記録についてとりまとめたものである。

免震橋強震記録一覧表

記録位置及び方向

記号	免震橋梁名 発生日	震源 マグニチュード	正方向最大加速度 負方向最大加速度												
				Surface X	Surface Y	Surface Z	GL-17m X	GL-17m Y	GL-17m Z	Pier X	Pier Y	Pier Z	Girder X	Girder Y	Girder Z
温-1	温根沼大橋	国後島付近43°29'N.146°04'E 84km	MAX	168.06	145.53	88.28	57.94	56.34	30.53	86.19	127.63	51.22	444.28	608.09	185.78
	19940831 M6.5		MIN	-190.84	-123.88	-82.09	-47.31	-57.94	-31.94	-113.81	-125.69	-40.97	-286.03	-576.72	-197.31
温-2	温根沼大橋	北海道東方沖43°22'N.147°40'E 30km	MAX	282.41	352.94	346.72	282.84	321.69	180.25	418.25	434.69	285.19	354.09	971.47	764.13
	19941004 M8.1		MIN	-316	-328.69	-378.44	-226.63	-273.72	-185.25	-353.53	-347.88	-297.13	-326.28	-915.91	-712
温-3	温根沼大橋	北海道東方沖43°60'N.147°70'E 0km	MAX	44.91	42.38	20.56	11.5	14.59	7.78	32.56	49.56	13.34	35.78	61.72	41.69
	19941009 M7.3		MIN	-46.69	-46.19	-26.13	-13.47	-13	-7.53	-38.5	-42.63	-12.31	-40.5	-89.91	-50.25
温-4	温根沼大橋	根室半島南東沖43°11'N.146°44'E 58km	MAX	41.03	29.41	28.75	16.78	14.19	7.84	27.03	25.16	13.5	23.66	35.59	19.56
	19950121 M6.2		MIN	-43.66	-31.66	-23.63	-15.16	-15.75	-8.31	-27.91	-24.69	-18.16	-24.41	-32.44	-21.69
温-5	温根沼大橋	択捉島付近43°52'N.147°48'E 1km	MAX	25.91	24.91	7.53	4.88	5.25	2.69	23.16	30.47	3.47	24.34	39.47	12.13
	1995042901 M5.1		MIN	-22.66	-22.44	-6.03	-5.47	-5.59	-2.38	-19.25	-20.28	-4.03	-19.06	-28.81	-10.22
温-6	温根沼大橋	北海道東方沖43°44'N.148°01'E 3km	MAX	9.75	9.28	2.47	1.59	2.03	1.41	8.88	7.94	1.63	8.13	10.03	3.94
	1995042902 M5.9		MIN	-9.78	-9.59	-2.72	-2	-1.81	-1.25	-7.78	-7.38	-1.69	-7.13	-10.5	-3.34
温-7	温根沼大橋	釧路沖43°03'N.145°15'E 56km	MAX	14.34	28.44	5.5	2.88	3.19	2.84	8.72	8.78	3.63	7.81	17.34	8.28
	19970417 M4.3		MIN	-12.13	-23.53	-6.13	-3.88	-5.34	-2.13	-9.53	-8.53	-5.31	-9.22	-18.44	-8.03
温-8	温根沼大橋	根室支庁南部43°09'N.145°32'E 48km	MAX	11.41	19.78	5.25	5.03	9.38	2.47	10.06	8.06	3.72	9.56	11.03	14.84
	19970422 M3.8		MIN	-12.84	-22.06	-5.84	-3.19	-8.5	-2.22	-5.88	-9.56	-4.06	-5.69	-12.56	-15.38
				GL-6m X	GL-6m Y	GL-6m Z	Pier X	Pier Y	Pier Z	Girder X	Girder Y	Girder Z			
丸-1	丸木橋大橋	三陸はるか沖40°27'N.143°43'E 0km	MAX	64.063	48.688	32.313	108.438	126.063	37.5	96.5	119.438	57.125			
	19941228 M7.5		MIN	-45.938	-57.563	-37.625	-96.888	-113.625	-34.125	-95	-108.625	-45.875			
丸-2	丸木橋大橋	茨城県南西部36°17'N.139°59'E 70km	MAX	37.438	53	30.25	87.938	94.438	39.875	79.75	102	61			
	19950107 M5.4		MIN	-48.125	-65.688	-30.75	-78.938	-72	-36.25	-64.875	-79.375	-53.938			
				GL-5m X	GL-5m Y	GL-5m Z	Pier X	Pier Y	Pier Z	Girder X	Girder Y	Girder Z			
山-1	山あげ大橋	北海道東方沖43°22'N.147°40'E 30km	MAX	7.9	8.27	4.56	30.58	10.28		11.35	18.92				
	19941004 M8.1		MIN	-9.08	-7.49	-4.4	-36.87	-14.19		-11.81	-14.48				
山-2	山あげ大橋	茨城県北部36°28'N.140°35'E 54km	MAX	6.94	6.52	2.37	20.08	8.07		6.32	6.77				
	19951217 M4.7		MIN	-8.38	-5.47	-2.45	-16.33	-8.42		-7.08	-6.26				
山-3	山あげ大橋	福島県沖37°19'N.142°32'E 51km	MAX	25.85	23.07	9.49	68.97	28.02		27.07	18.04				
	19960217 M6.6		MIN	-29.27	-27.62	-10.5	-63.6	-34.55		-33.33	-20.63				
山-4	山あげ大橋	茨城県沖36°24'N.140°59'E 38km	MAX	6.27	5.98	1.97	20.45	7.92		2.81	4.91				
	19960502 M4.8		MIN	-6.09	-7.26	-2.46	-23.01	-7.25		-4	-6.19				
山-5	山あげ大橋	栃木県南部36°47'N.140°14'E 82km	MAX	6.36	6.71	1.98	23.16	8.48		3.79	6.52				
	19960515 M3.9		MIN	-8.39	-9.2	-2.31	-22.92	-10.56		-4	-5.85				
山-6	山あげ大橋	茨城県北部36°28'N.140°36'E 54km	MAX	10.74	5.98	4.34	41.32	10.82		5.28	5.16				
	19960608 M4.1		MIN	-11.31	-8.04	-2.88	-37.66	-11.64		-5.39	-4.76				
山-7	山あげ大橋	千葉県東方沖35°38'N.141°12'E 53km	MAX	6.71	5.81	3.01	19.35	8.65		12.08	14.98				
	19960911 M6.2		MIN	-8.44	-10.79	-3.1	-14.36	-8.38		-12.05	-15.66				
山-8	山あげ大橋	茨城県沖36°24'N.140°56'E 35km	MAX	7.98	8.54	2.43	23.13	14.4		6.91	10.01				
	19961007 M4.3		MIN	-7.14	-10.59	-2.83	-23.38	-12.94		-5.39	-11.63				
山-9	山あげ大橋	福島県沖37°24'N.141°11'E 86km	MAX	9.63	8.53	4.43	29.97	12.47		5.75	8.41				
	19970220 M5.3		MIN	-10.13	-8.91	-4.69	-35.77	-14.62		-7.84	-9.19				
山-10	山あげ大橋	茨城県北部36°22'N.140°32'E 54km	MAX	8.77	7.87	2.24	17.61	15.23		3.67	4.65				
	19970411 M4.1		MIN	-12.1	-7.11	-1.99	-18.37	-10.01		-4.85	-6.42				
山-11	山あげ大橋	福島県沖37°03'N.141°17'E 54km	MAX	11.76	8.5	4.24	26.64	11.47		12.57	14.01				
	19970512 M5.5		MIN	-12.39	-12.79	-3.91	-26.34	-14.62		-13.21	-15.44				
				GL-10m X	GL-10m Y	GL-10m Z	Pier X	Pier Y	Pier Z	Girder X	Girder Y	Girder Z			
宮-1	宮川橋	静岡県中部35°03'N.138°12'E 32km	MAX	4.088	5.021	2.556	6.637	10.377	2.239	7.921	10.391	2.889			
	19910425 M4.9		MIN	-4.285	-4.836	-2.242	-5.497	-6.368	-2.448	-8.879	-11.639	-2.575			

1. 温根沼大橋

1.1 温根沼大橋の概要

温根沼大橋は、図-1.1 に示すように北海道の最東端にある根室市の入り口に位置し、一般国道 44 号温根沼に架設された橋梁で、橋長 456.0m、中央径間 140m のニールセン系ローゼ桁を用い、側径間の 4 径間連続鈑桁部に免震支承を有している。橋梁諸元を表-1.1 に、また一般図を図-1.2 に示す^{1,2)}。

温根沼大橋の竣工は平成 7 年 10 月であるが、免震橋梁部の完成は平成 5 年 1 月である。

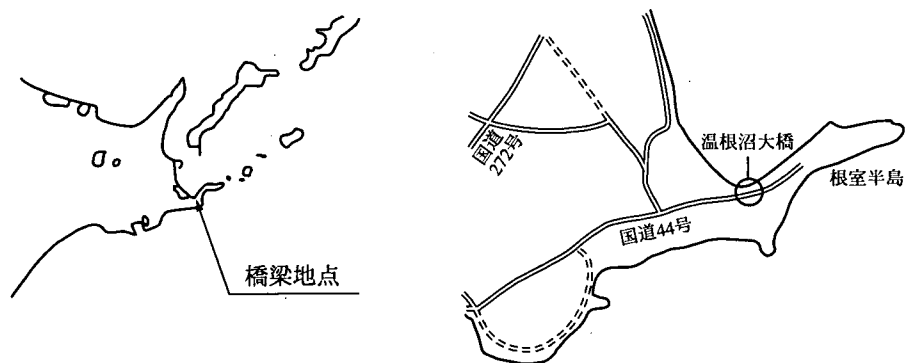
温根沼大橋は、図-1.2 に示したように免震橋梁部の P3 上部桁内、P3 橋脚天端、地表（深さ 1.5m）、地盤（深さ 17m）に地震計を設置している。

支承は、両端 A1 橋台および P4 橋脚の支承は通常の積層ゴム支承、中央部 P1、P2、P3 橋脚の支承は鉛プラグ入り積層ゴム支承を用いている。鉛プラグ入り積層ゴム支承の形状を図-1.3 に示す¹⁾。

下部構造は、設計当時、我が国においてはまだ具体的に免震設計された橋梁の事例がなかったことから、免震効果は期待せず一般の積層ゴム支承を用いた場合と同様に、地震時の上部構造慣性力を下部構造に適当な比率で分散させる設計を昭和 55 年道路橋示方書に準じて行っている。また、免震設計法ガイドライン(案)による地震時保有水平耐力法の照査も行っている。また設計水平震度は修正震度法を用いている。固有周期は、震度法レベルでは 0.92 秒、地震時保有水平耐力法レベルでは 1.19 秒を想定している²⁾。

1.2 強震観測

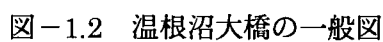
温根沼大橋では、図-1.2 に示したように上部構造、橋脚天端、地表（深さ 1.5m）、地盤（深さ 17m）に地震計を設置しており、各点において 3 方向の加速度を計測している。強震計の概要を表-1.3 に示す。ここでサンプリング周波数は、強震計の能力は 1kHz であるが、本データ集に収録したデータのサンプリング周波数は 100Hz である。



図－1.1 温根沼大橋の位置図

表－1.1 温根沼大橋の設計諸元

橋種	ニールセン系ローゼ桁道路橋（免震部は鉸桁道路橋）	
橋格	1等橋 (TL-20)	
型式	上部構造	側径間：4径間連続鉸桁 中央径間：ニールセン系ローゼ桁
	橋脚型式	壁式橋脚
	橋台型式	逆T式橋台
	基礎型式	P1~P3, P6~P12：鋼管杭基礎 P4, P5：ニューマチックケーソン
路線名	一般国道44号	
橋長	456m	
支間長	4@25.5+140+4@26.20×2	
幅員	車道部 9.50m、歩道部 2×2.50m	
縦断勾配	1.00%	
地盤種別	A1 橋台付近：Ⅰ種地盤 P1~P3 橋脚位置：Ⅱ種地盤	
設計震度	A1：0.23, P1：0.25, P2：0.28, P3：0.28	
免震方向	1方向（橋軸方向のみ）	



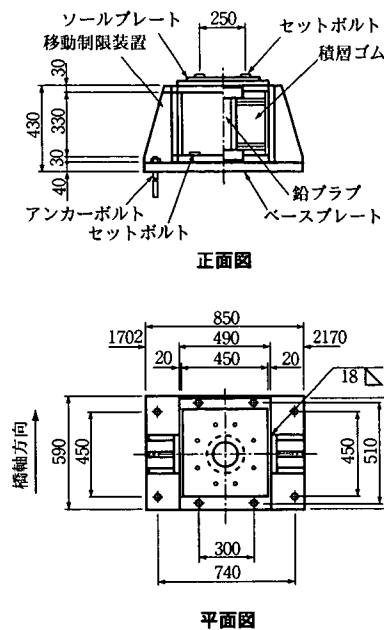
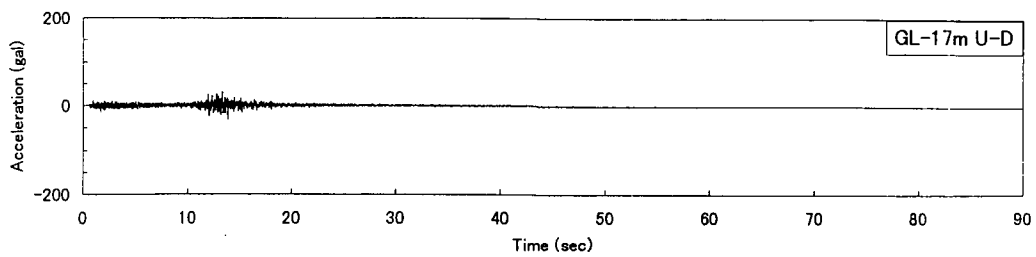
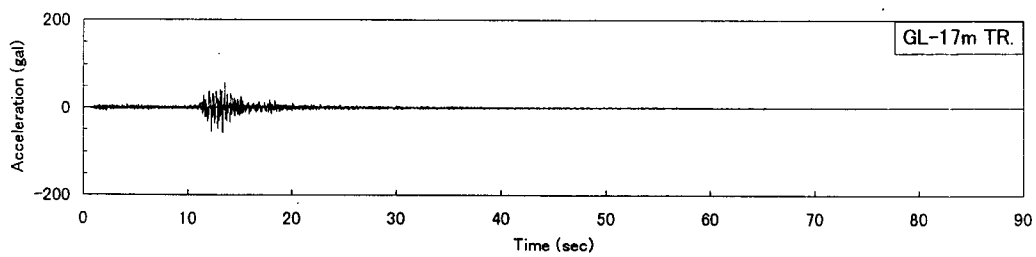
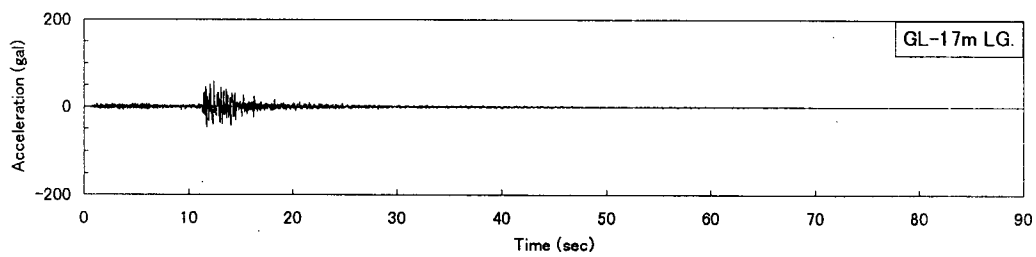
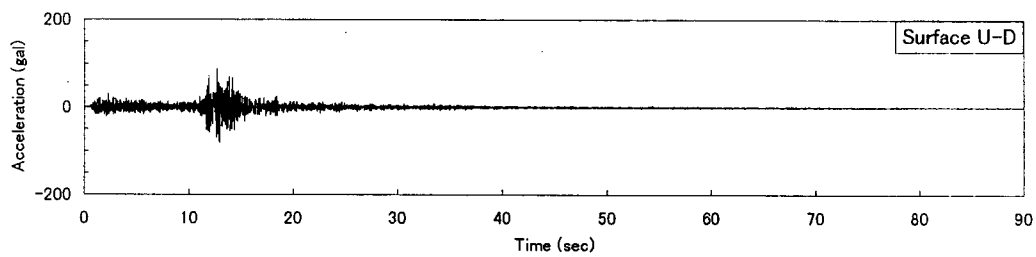
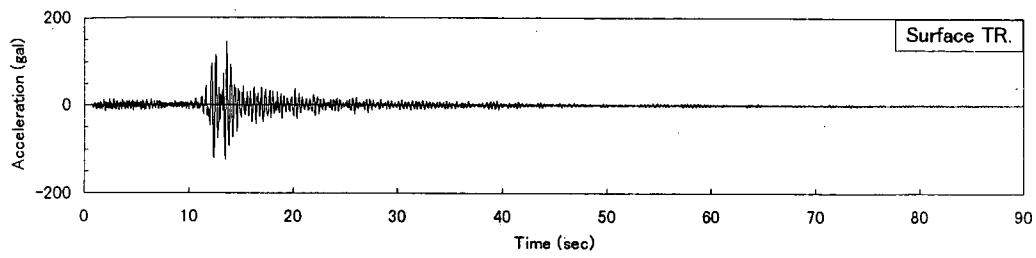
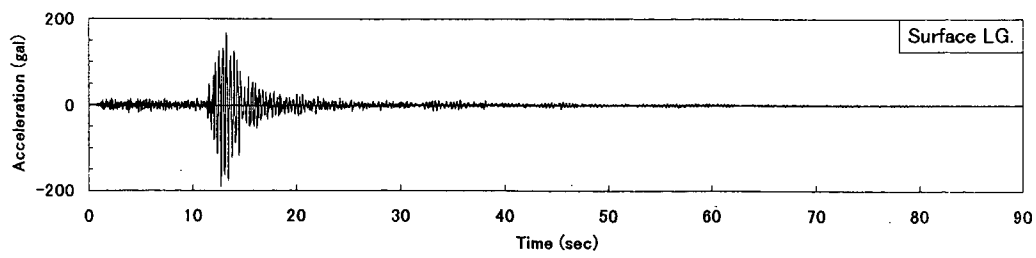


図-1.3 温根沼大橋で用いられた免震支承

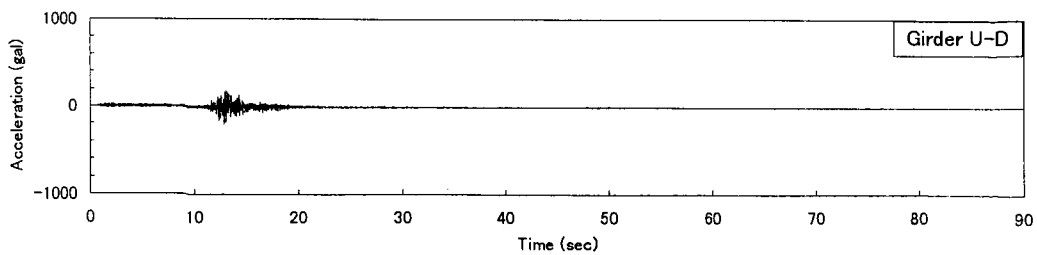
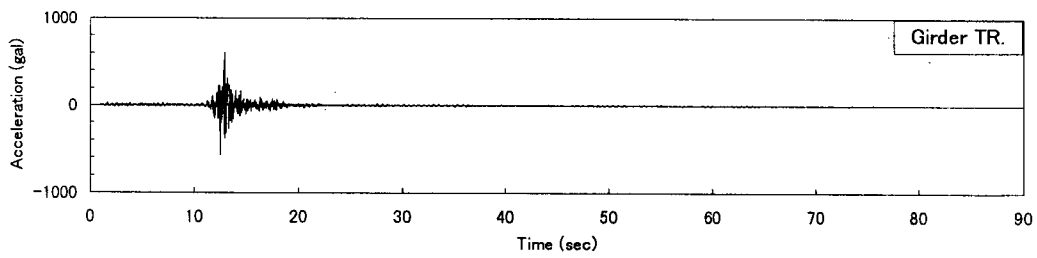
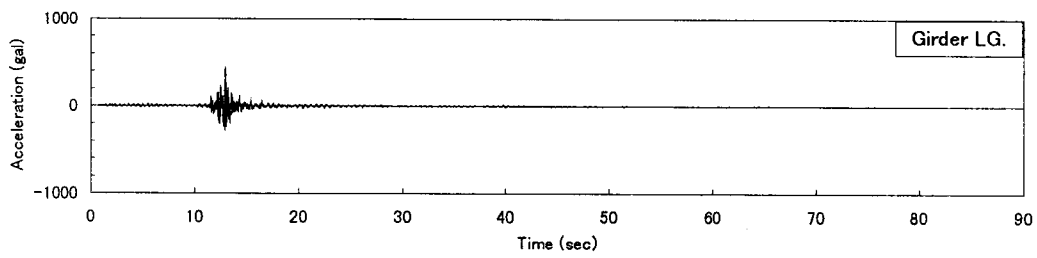
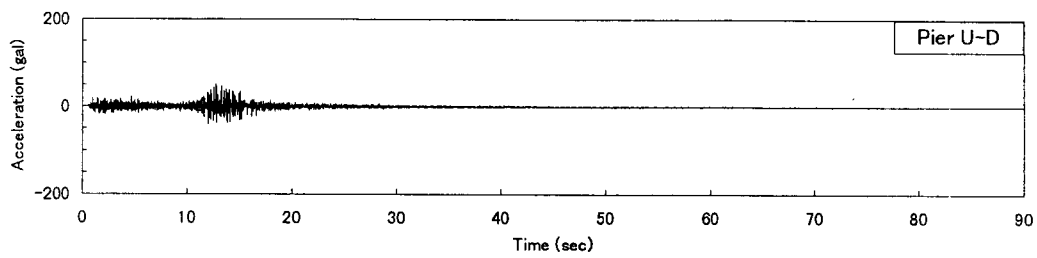
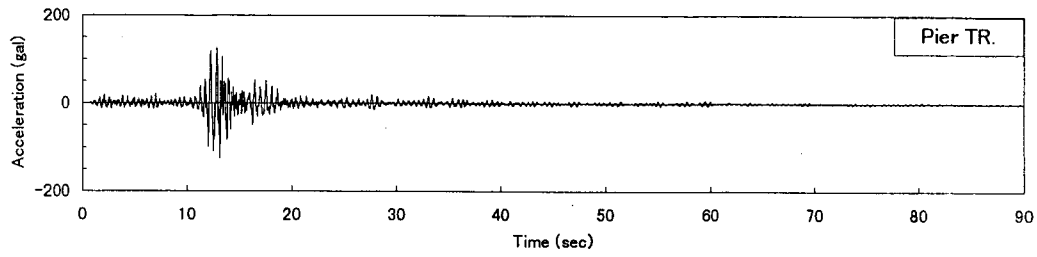
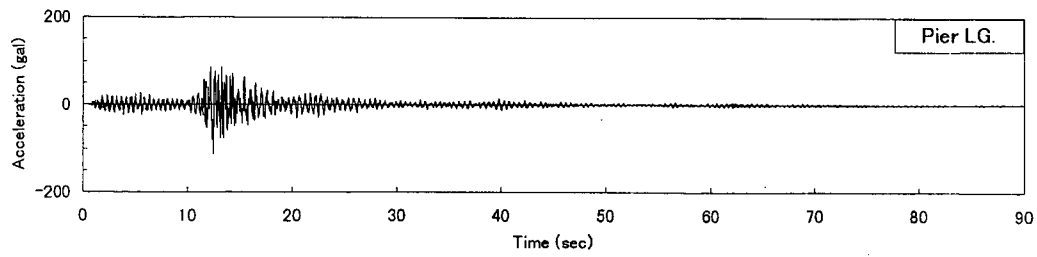
表-1.3 強震計の概要

記録範囲	~2000 gal
記録時間	~300 秒
サンプリング周波数	~1 kHz
記録チャンネル数	Ch 1 地表 橋軸方向 Ch 2 地表 橋軸直角方向 Ch 3 地表 上下方向 Ch 4 地中-17m 橋軸方向 Ch 5 地中-17m 橋軸直角方向 Ch 6 地中-17m 上下方向 Ch 7 P3 上部桁 橋軸方向 Ch 8 P3 上部桁 橋軸直角方向 Ch 9 P3 上部桁 上下方向 Ch 10 P3 橋脚 橋軸方向 Ch 11 P3 橋脚 橋軸直角方向 Ch 12 P3 橋脚 上下方向
加速度計	サーボ型加速度計
記録媒体	PC カード

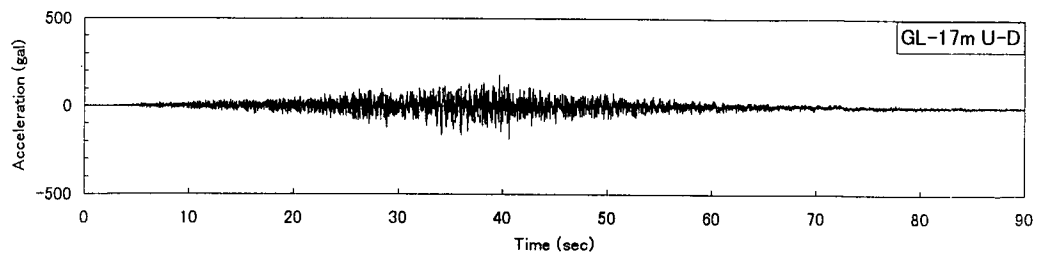
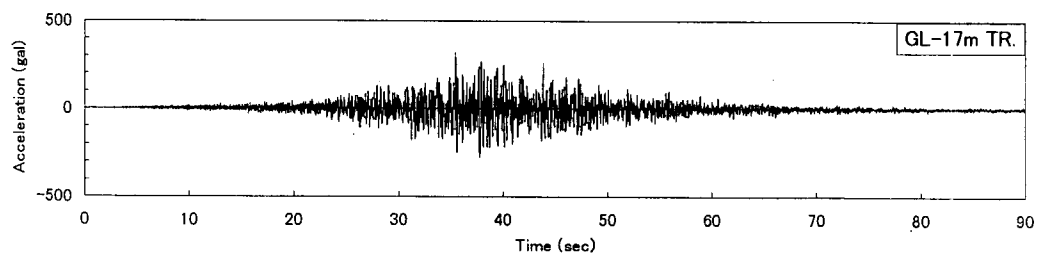
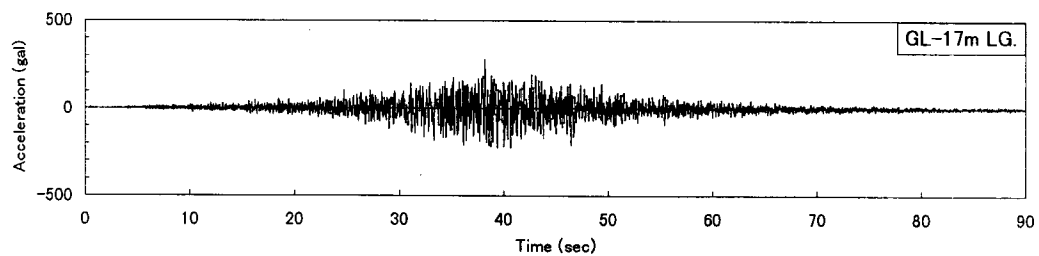
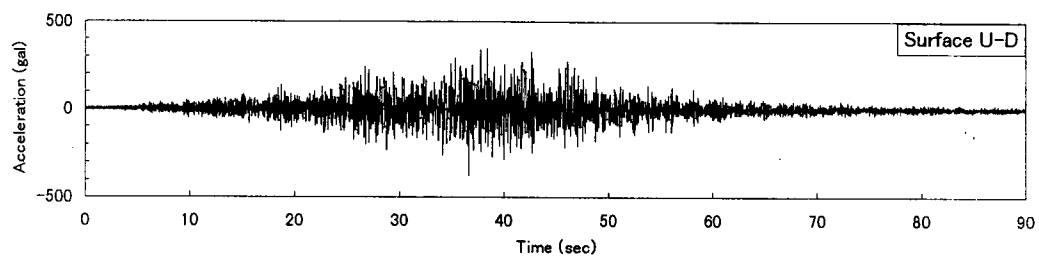
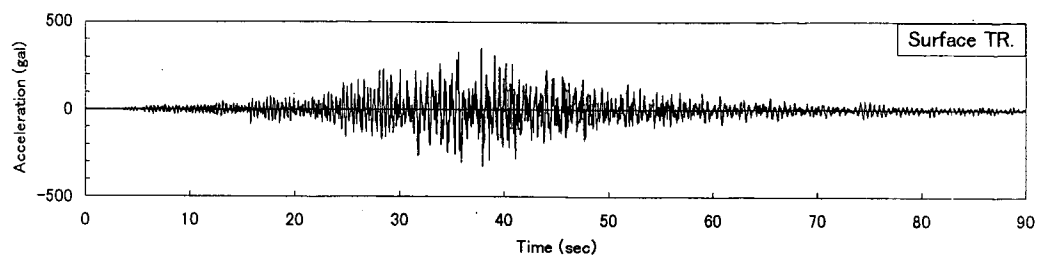
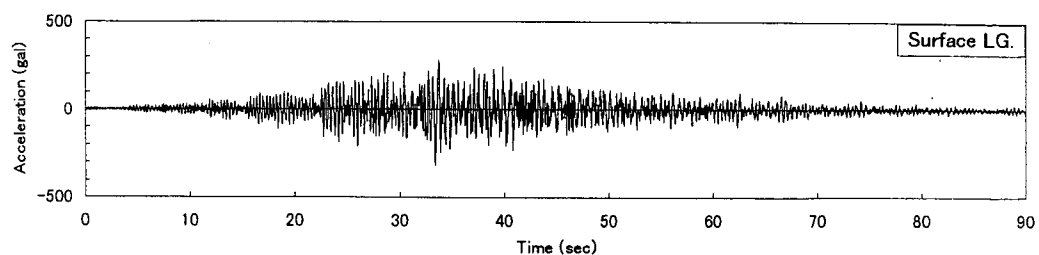
温-1 1994.08.31



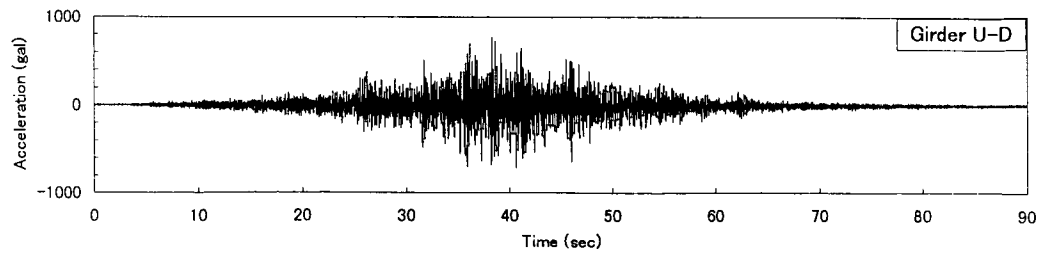
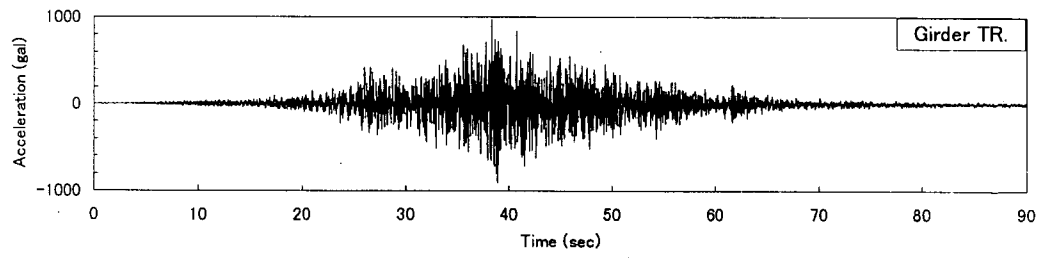
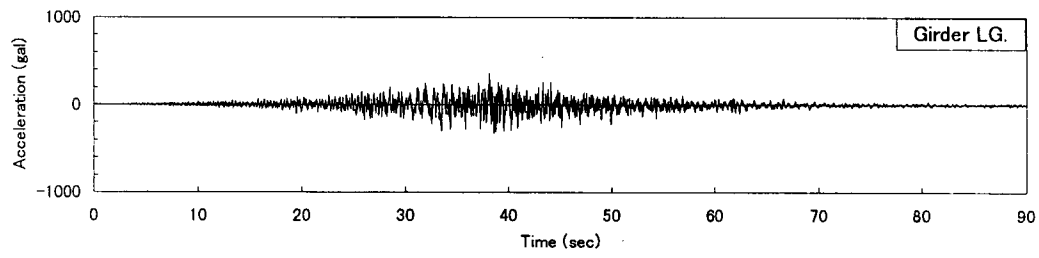
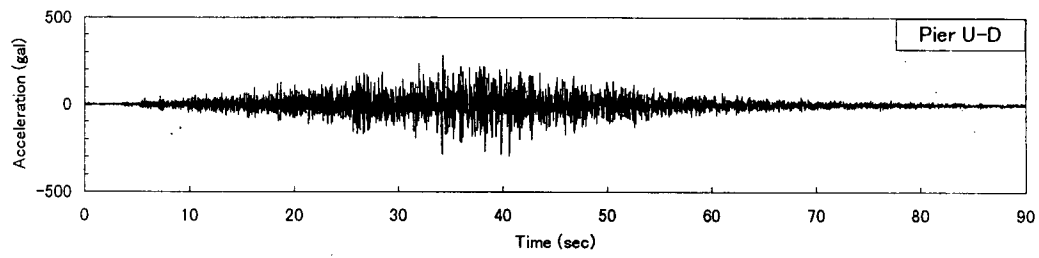
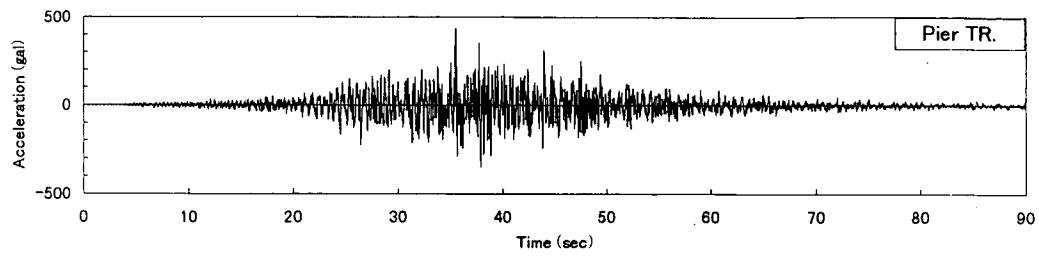
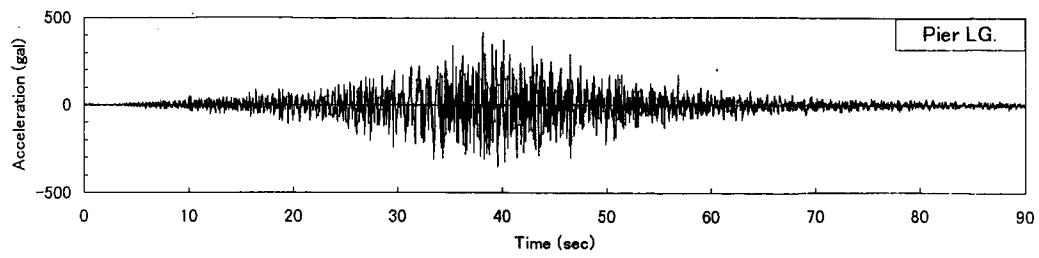
温-1 1994.08.31



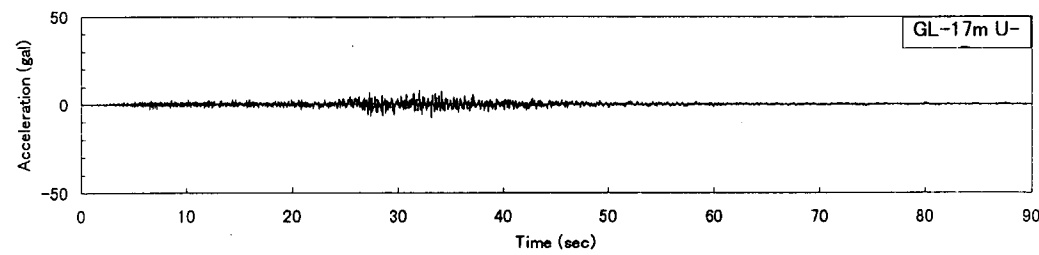
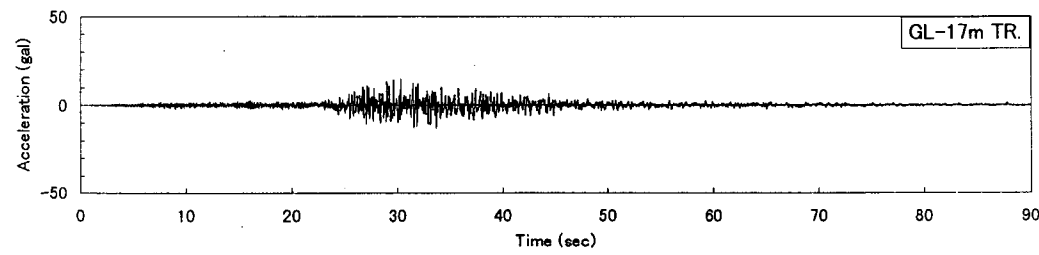
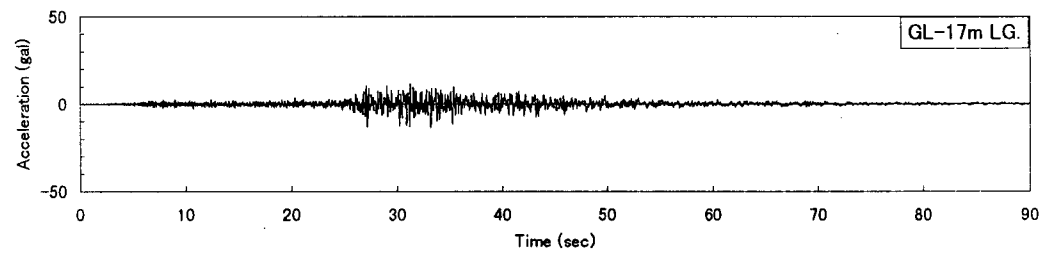
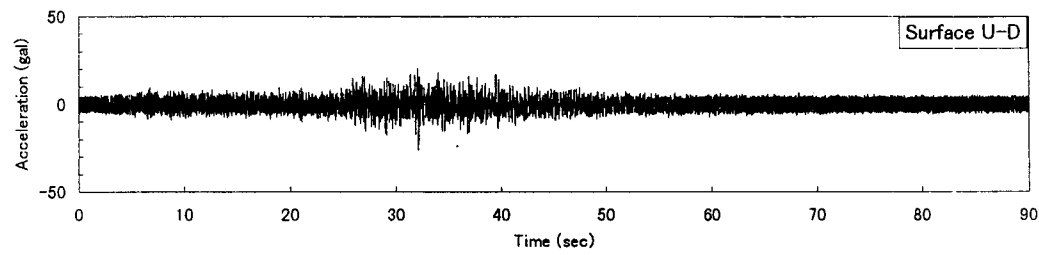
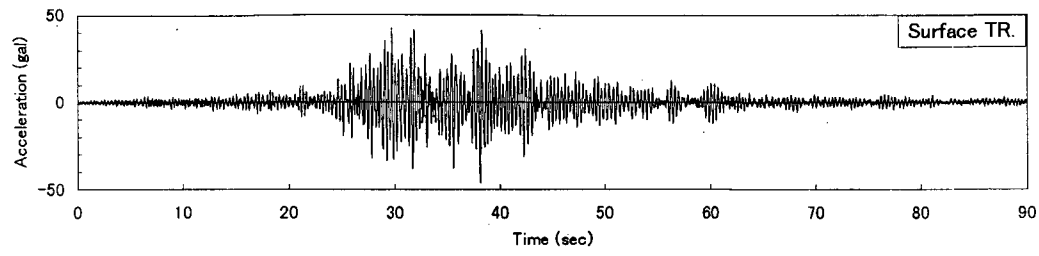
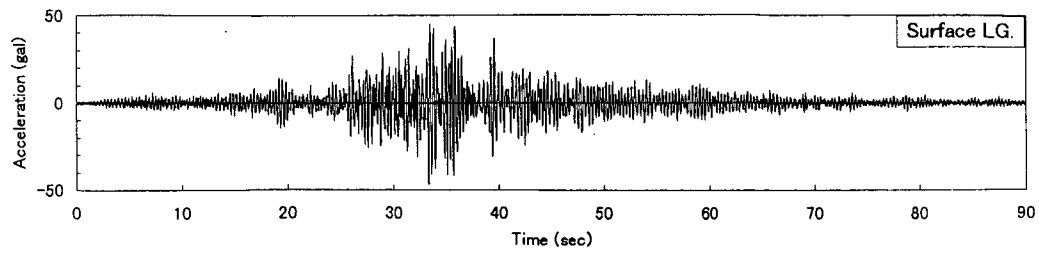
温-2 1994.10.04

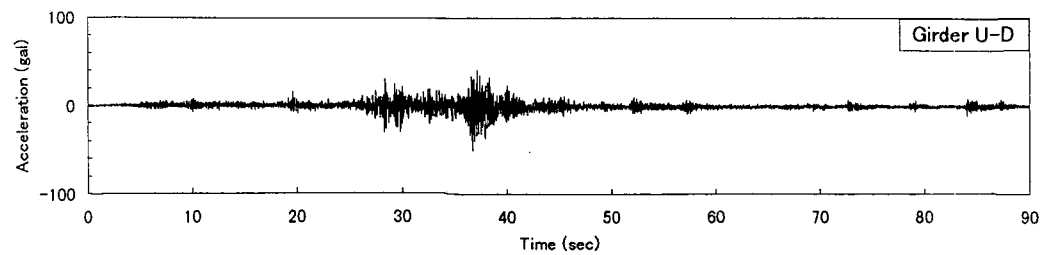
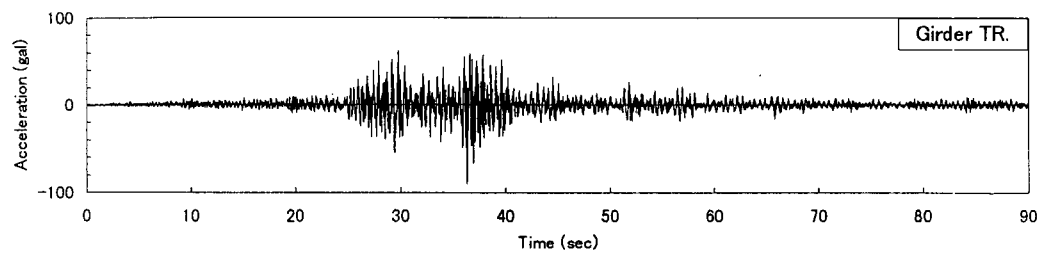
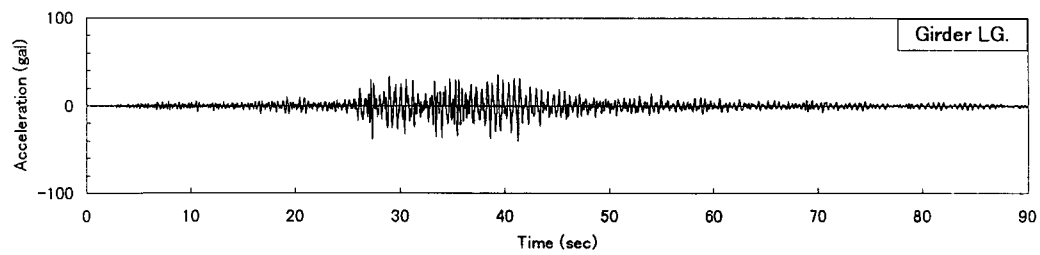
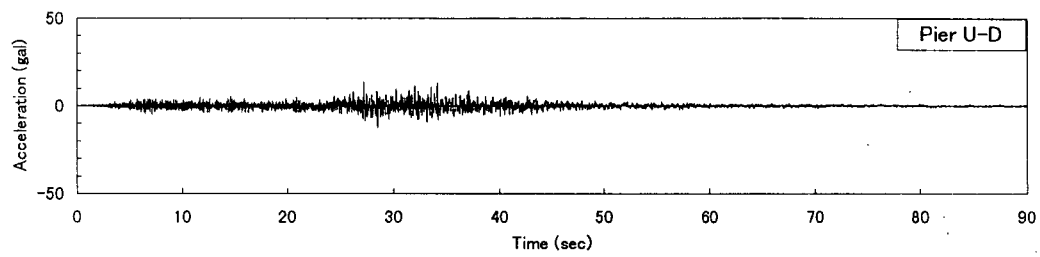
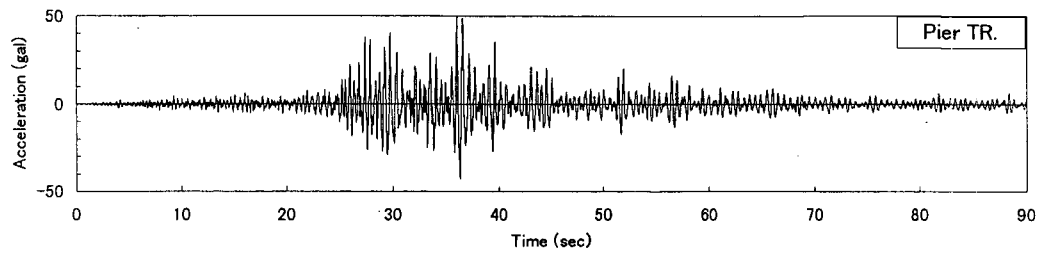
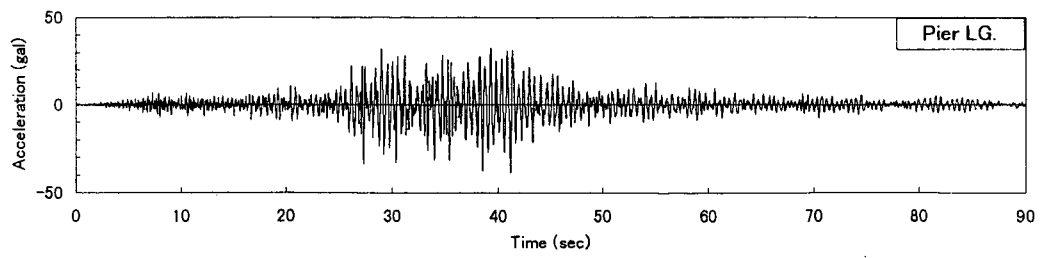


温-2 1994.10.04

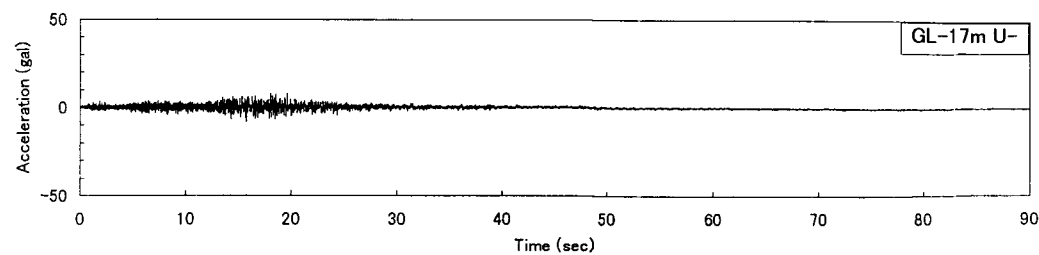
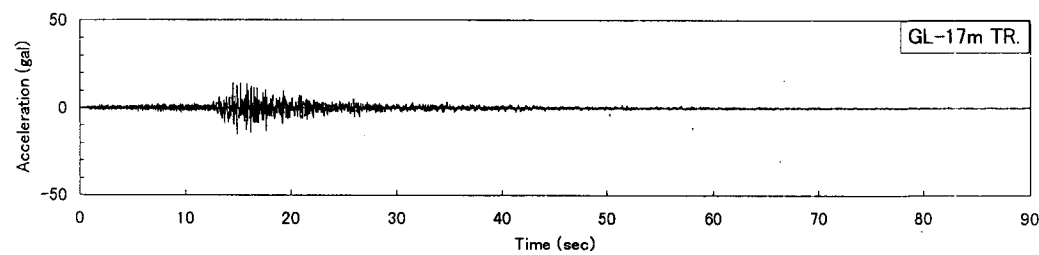
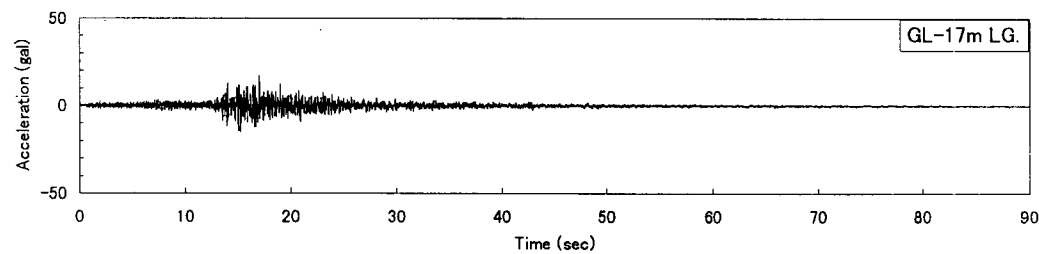
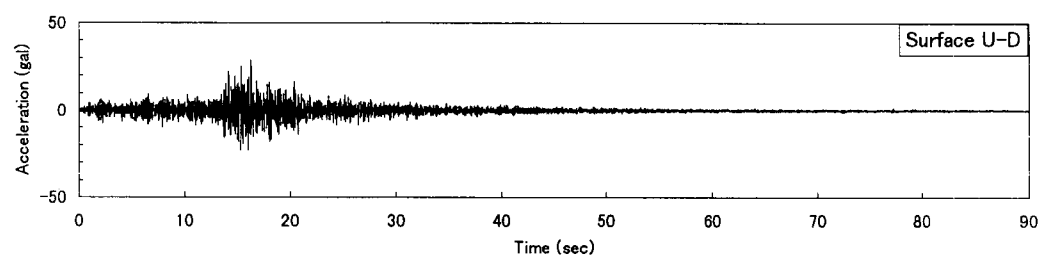
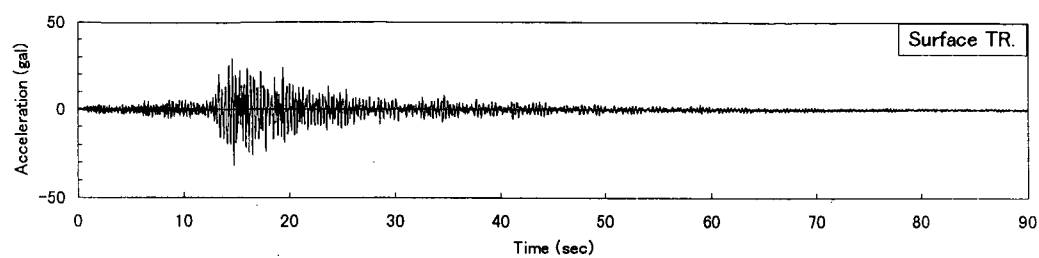
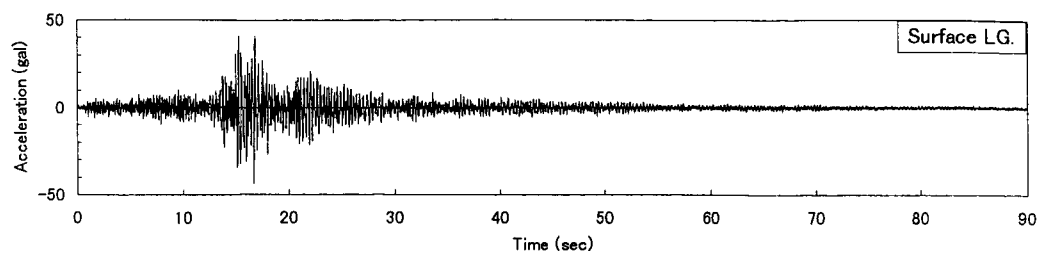


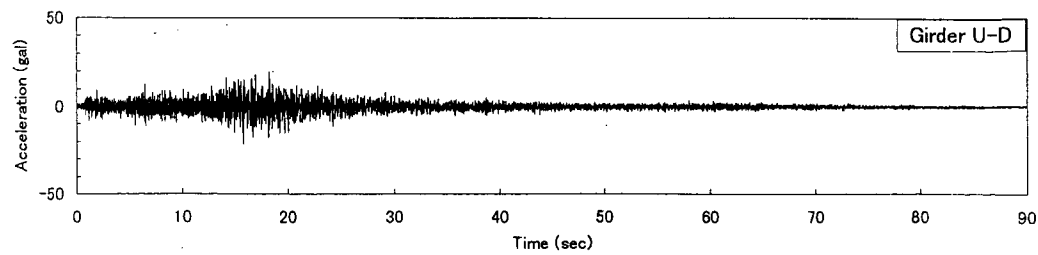
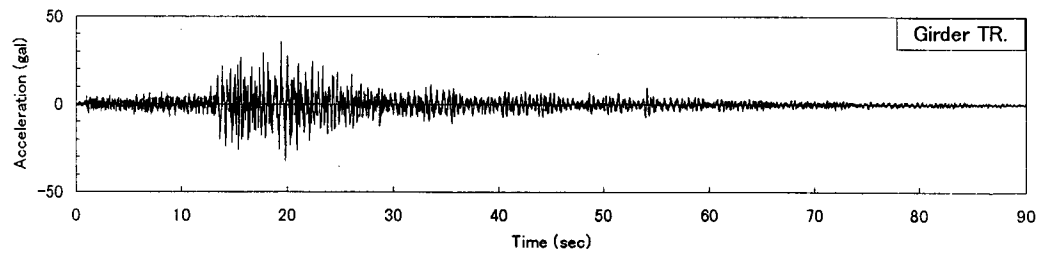
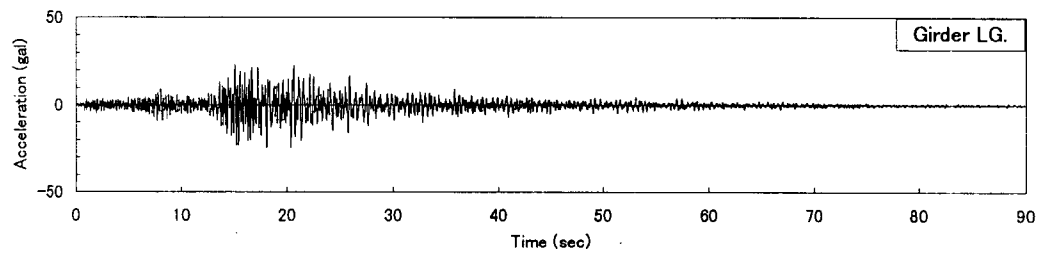
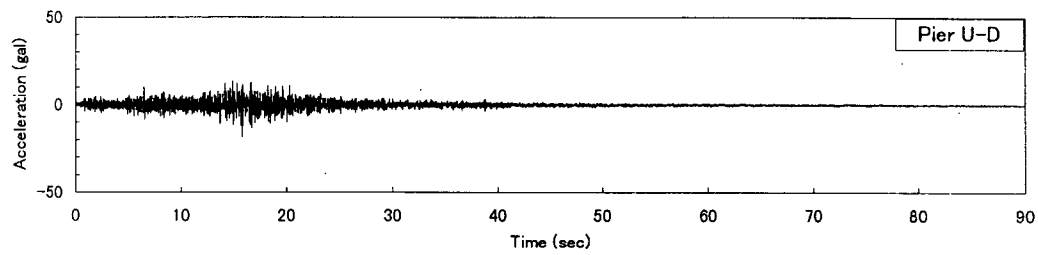
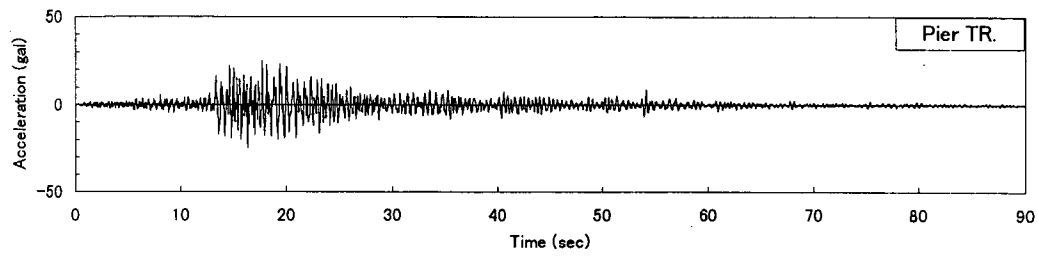
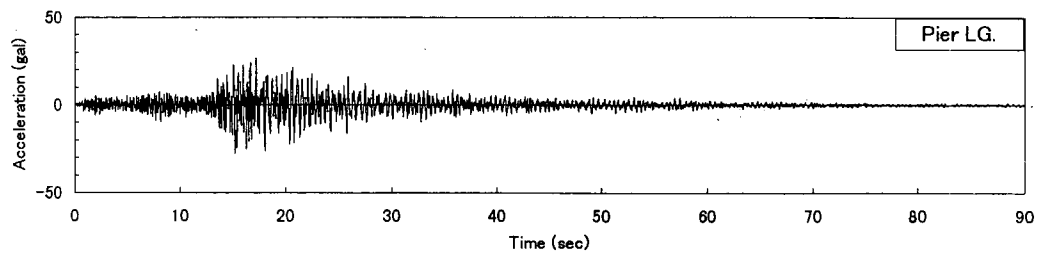
温-3 1994.10.09



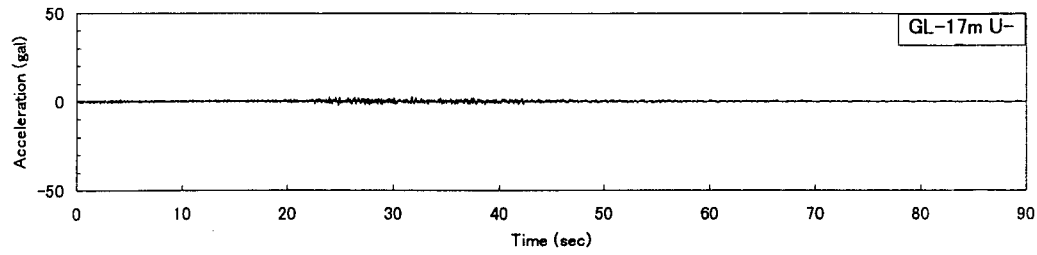
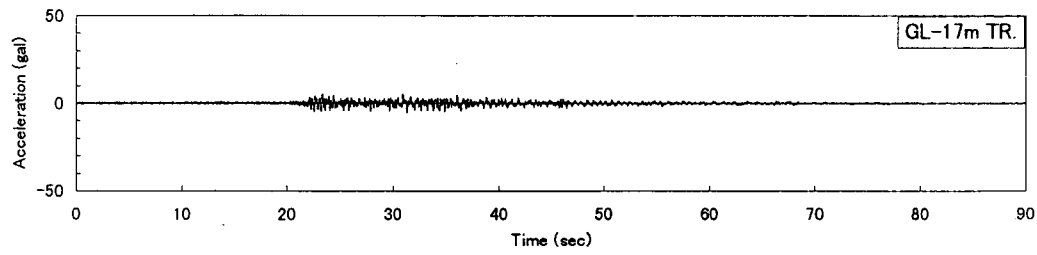
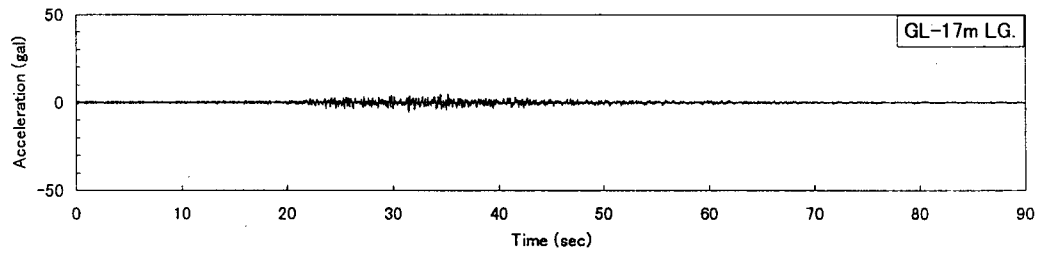
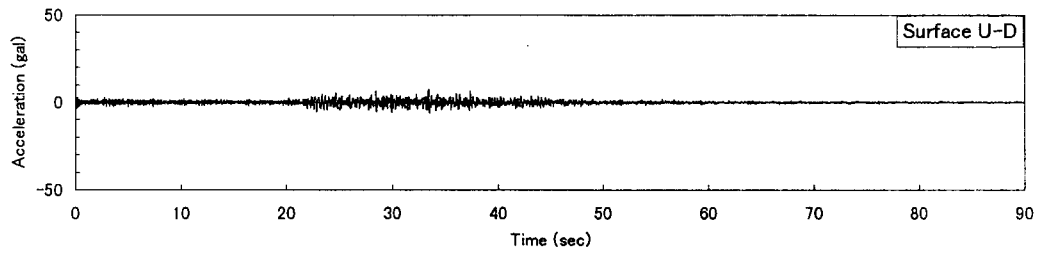
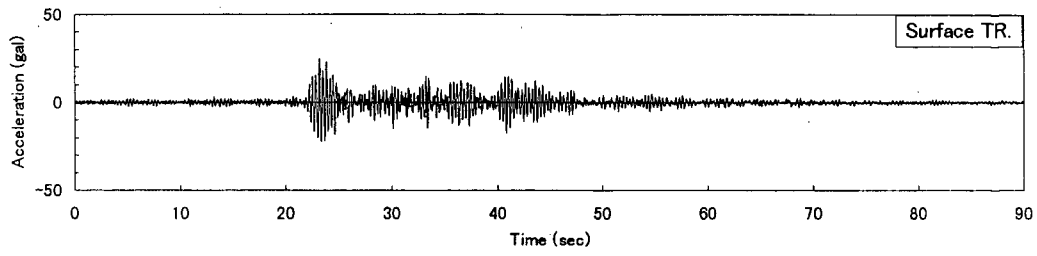
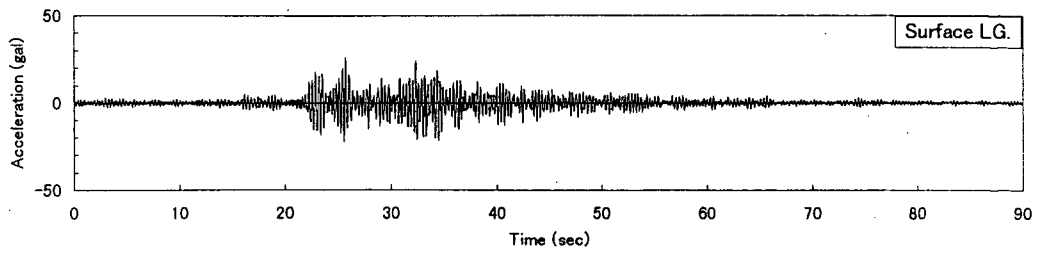


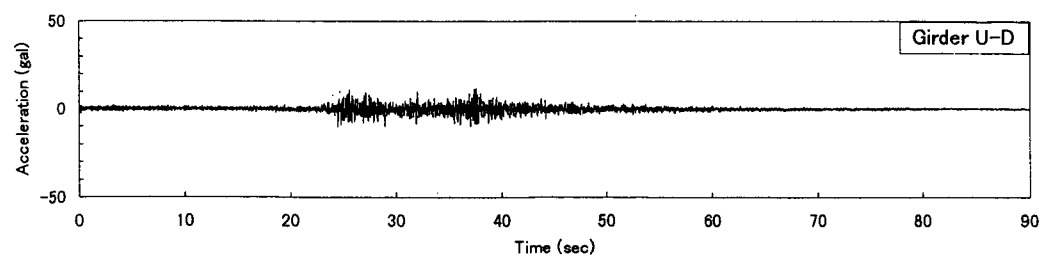
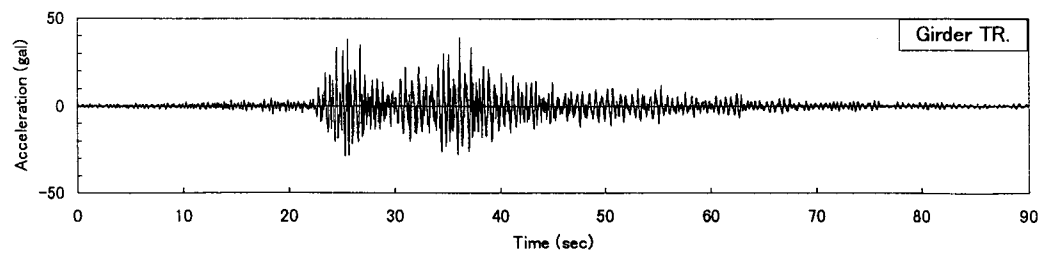
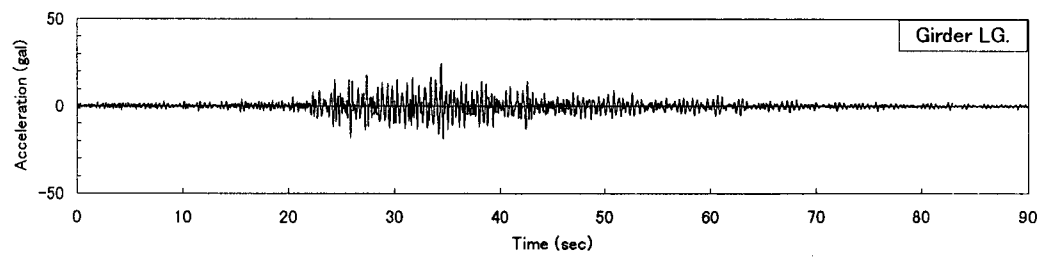
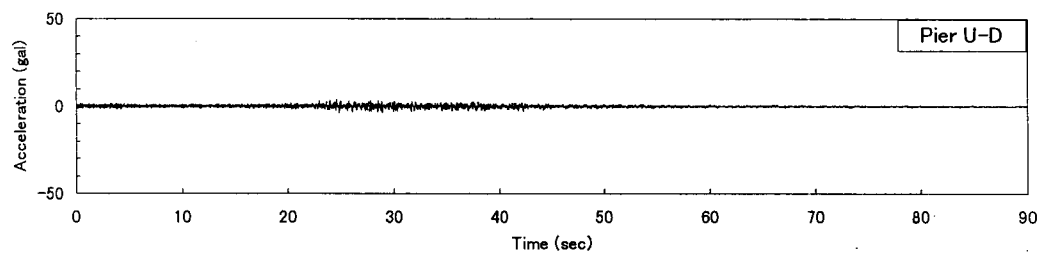
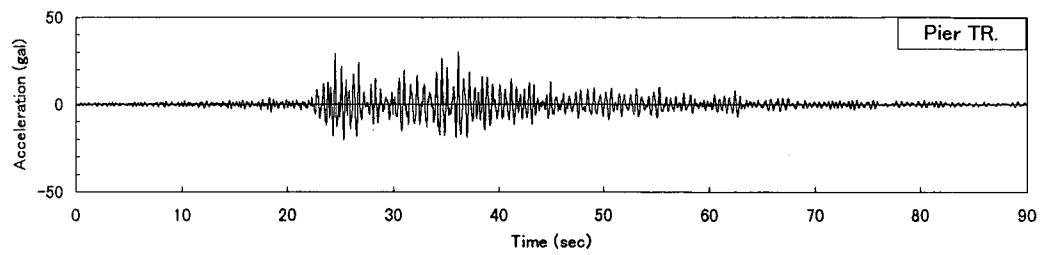
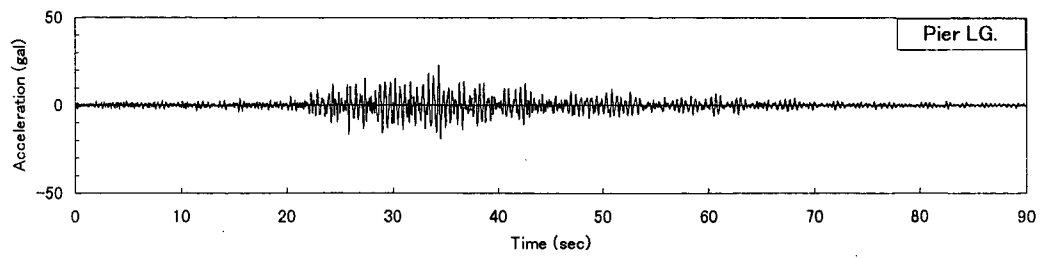
温-4 1995.01.21



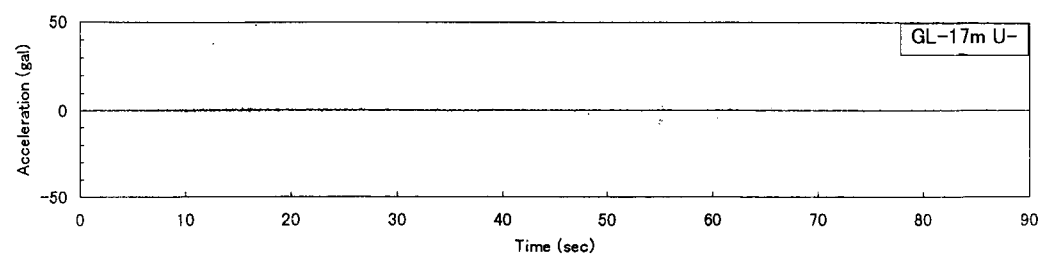
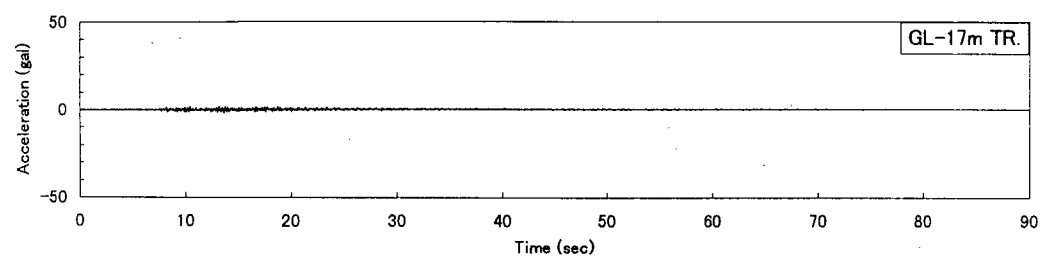
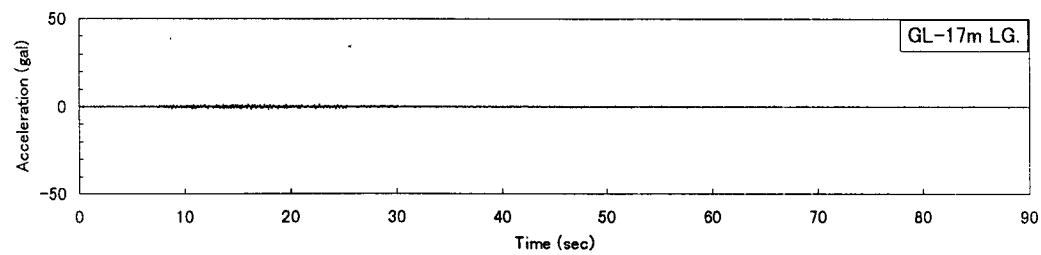
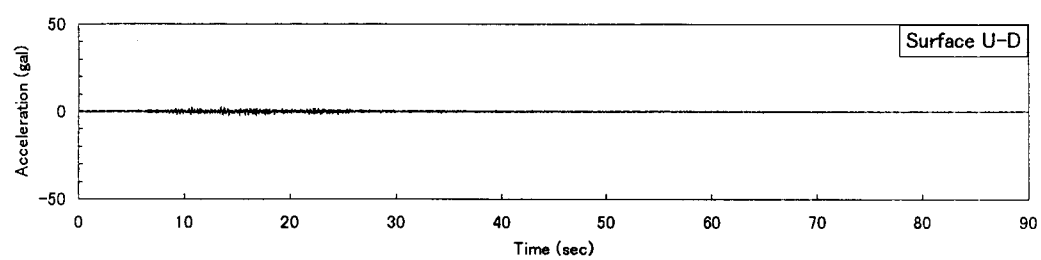
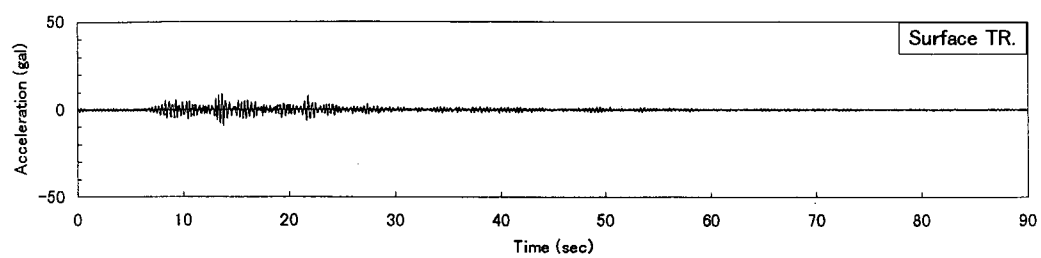
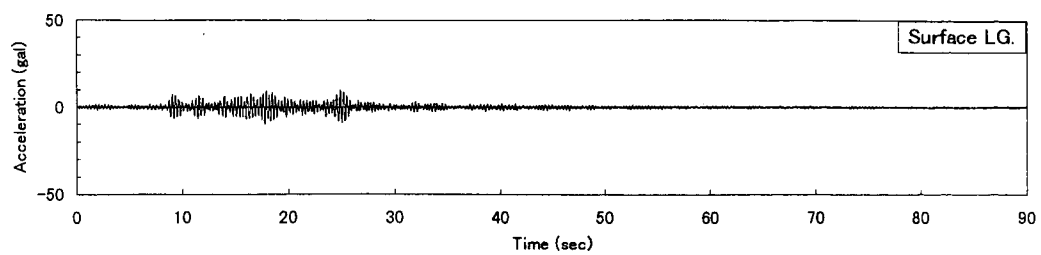


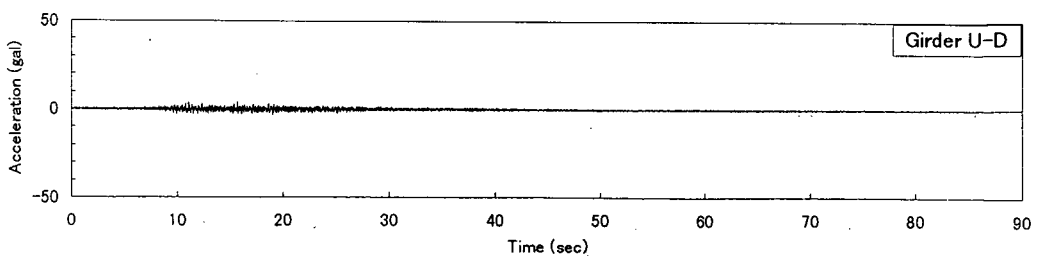
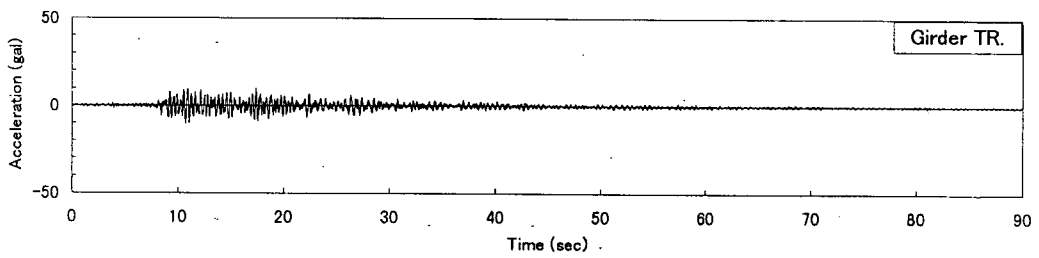
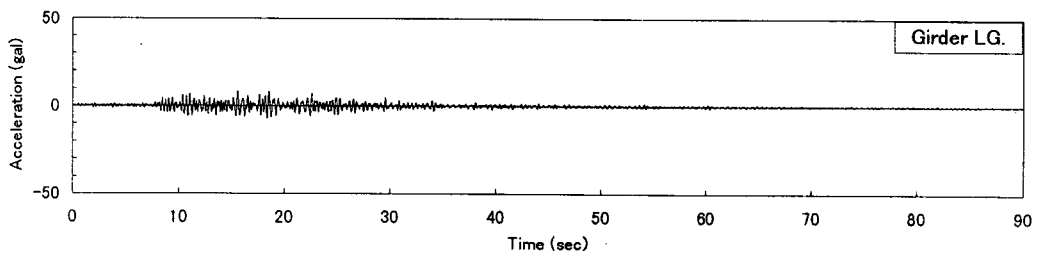
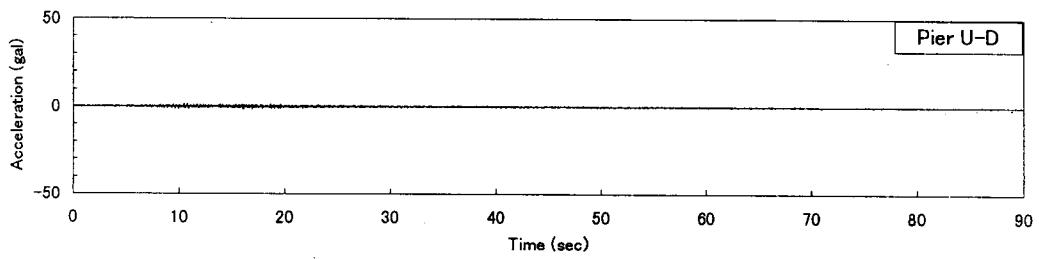
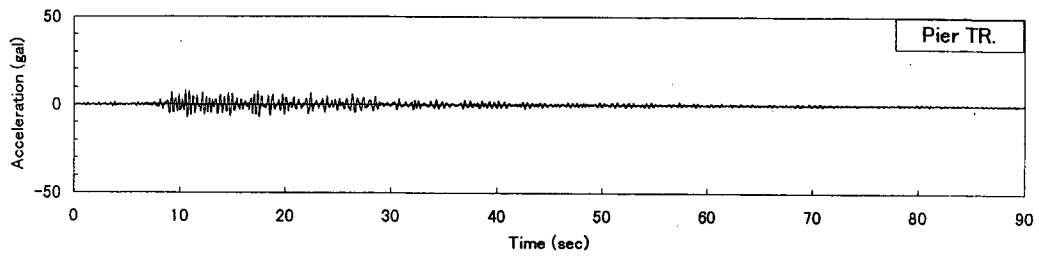
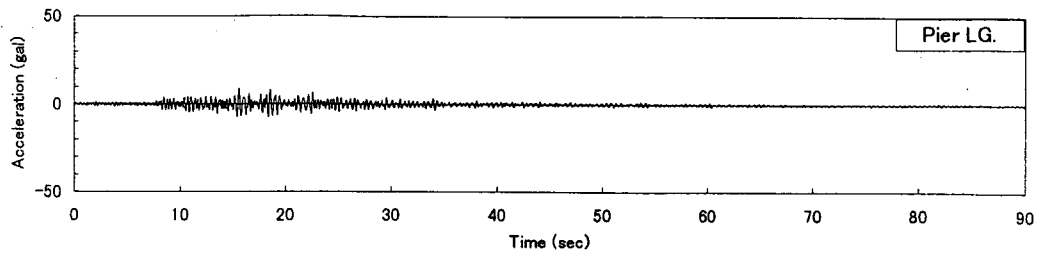
温-5 1995.04.29.01



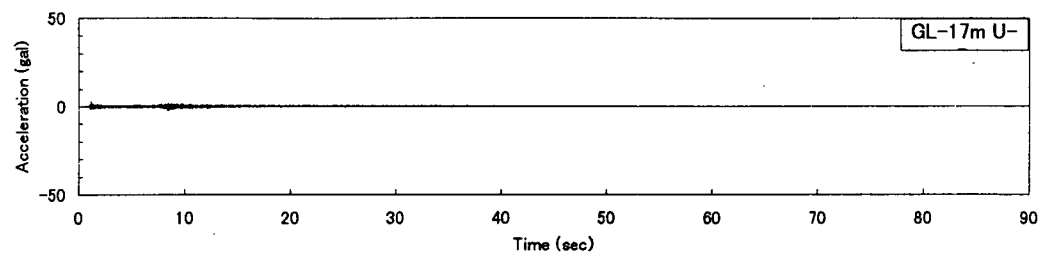
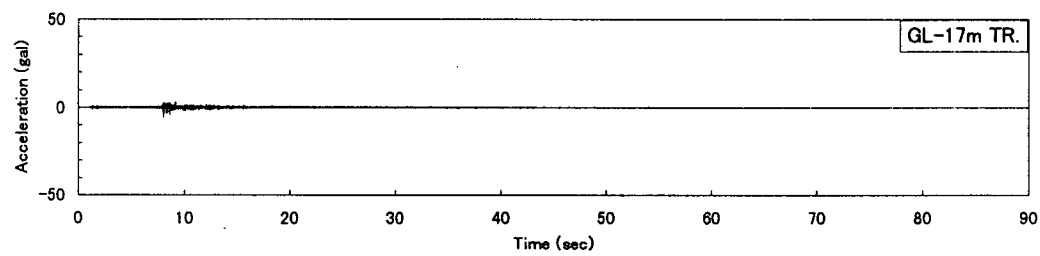
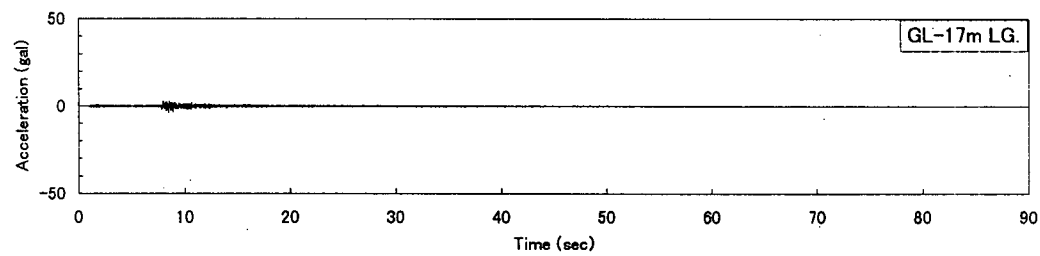
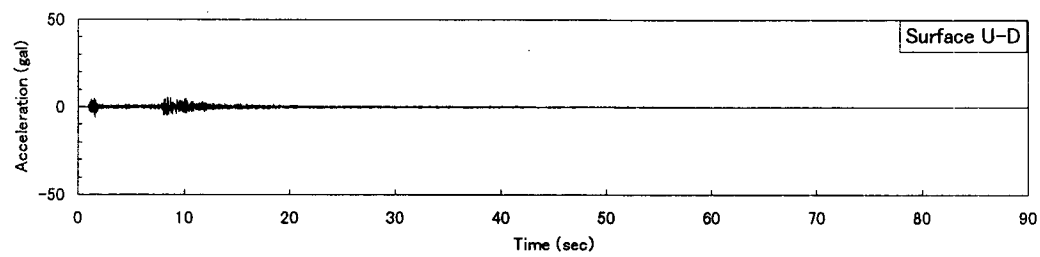
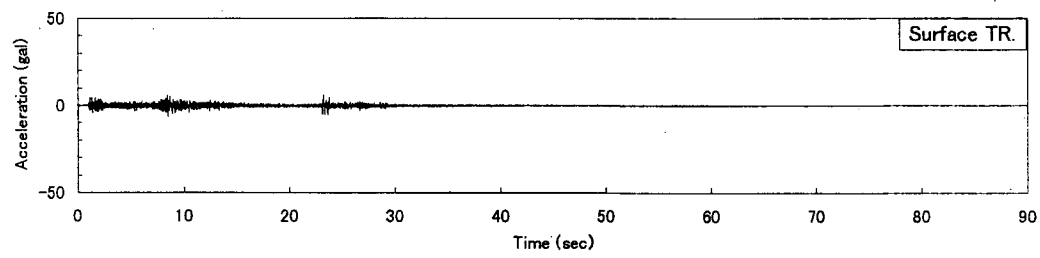
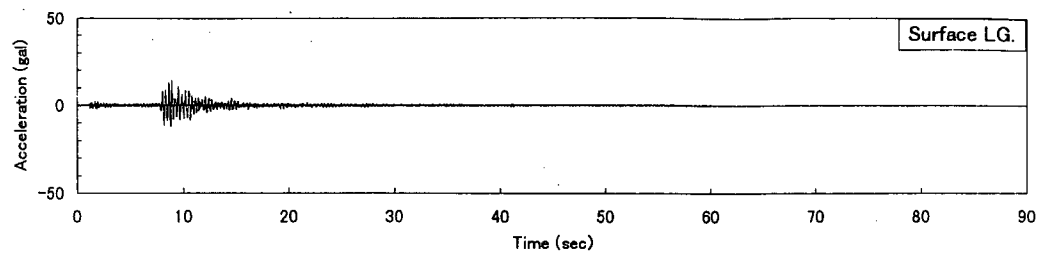


温-6 1995.04.29.02

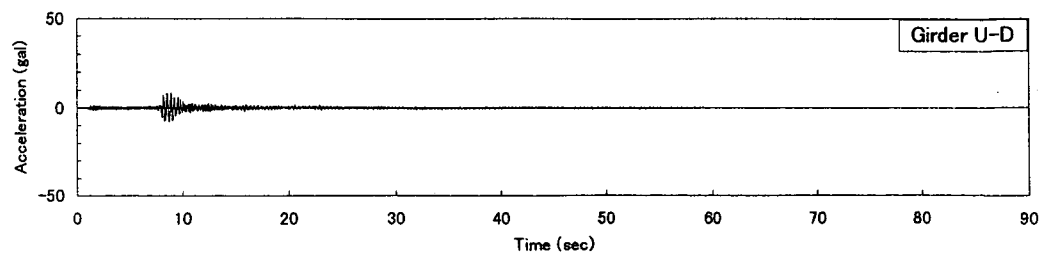
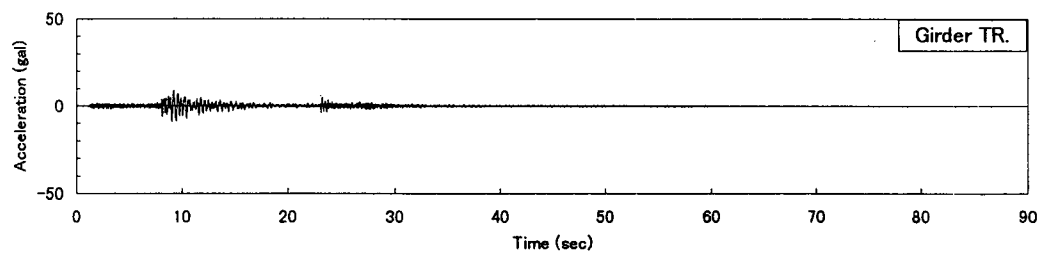
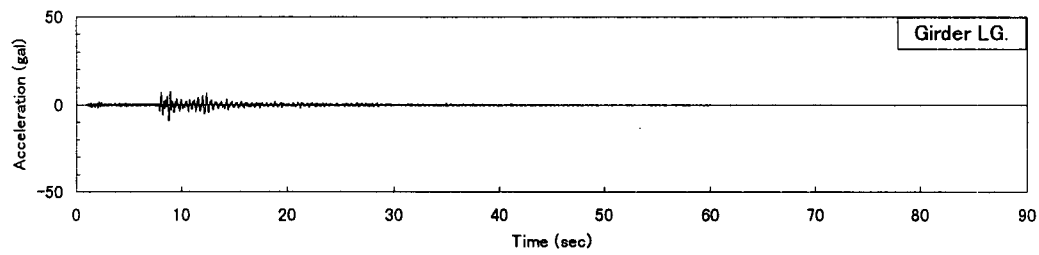
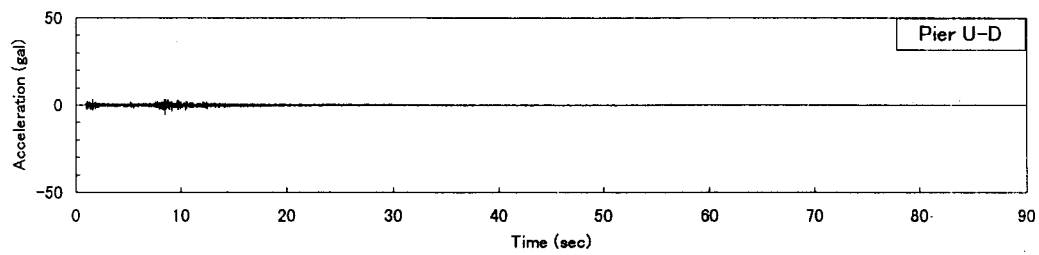
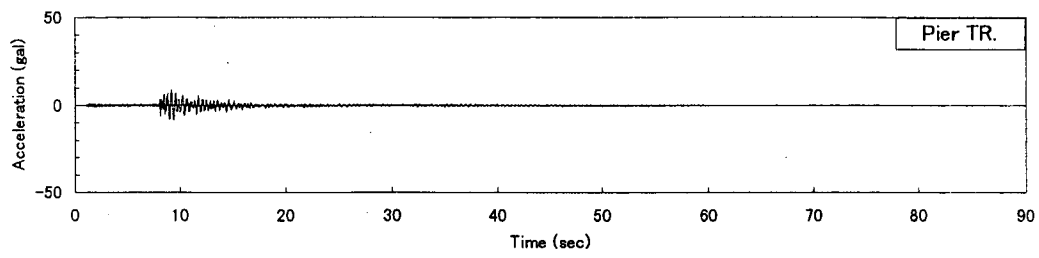
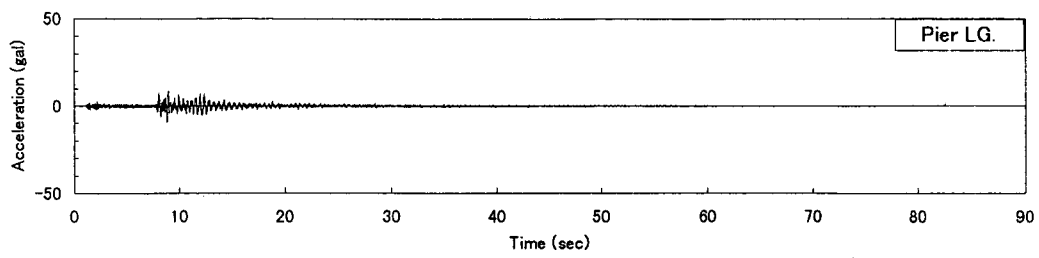




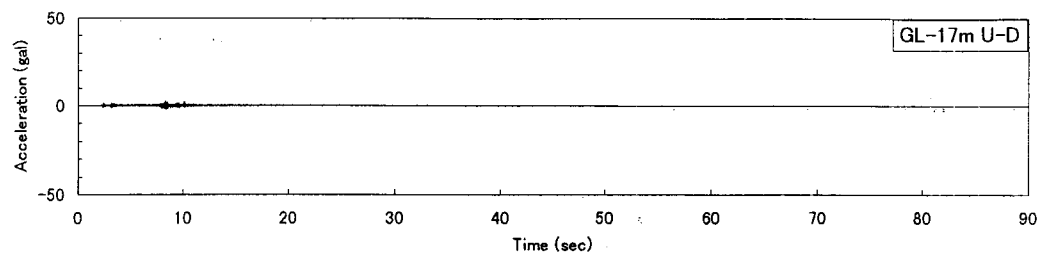
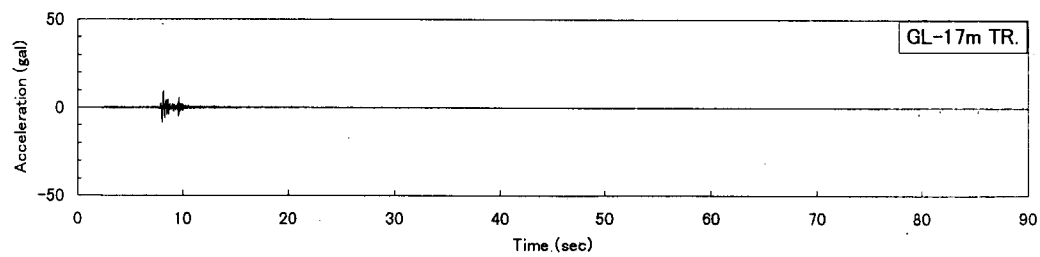
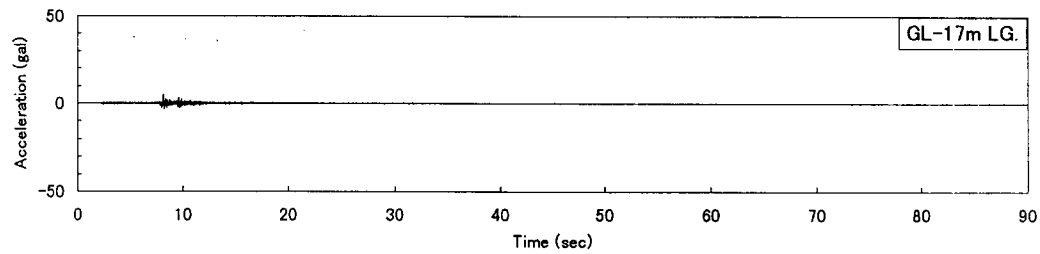
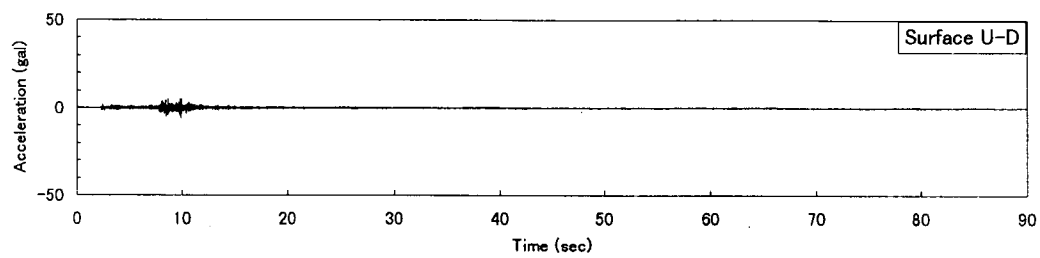
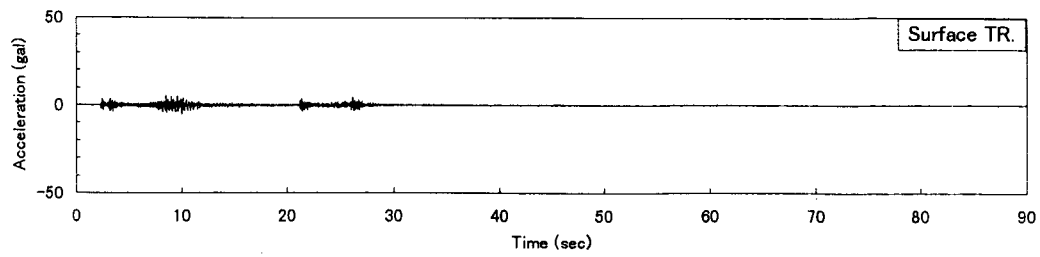
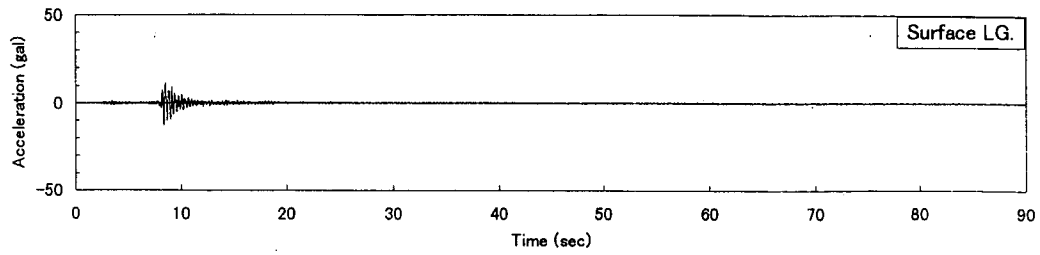
温-7 1997.04.17



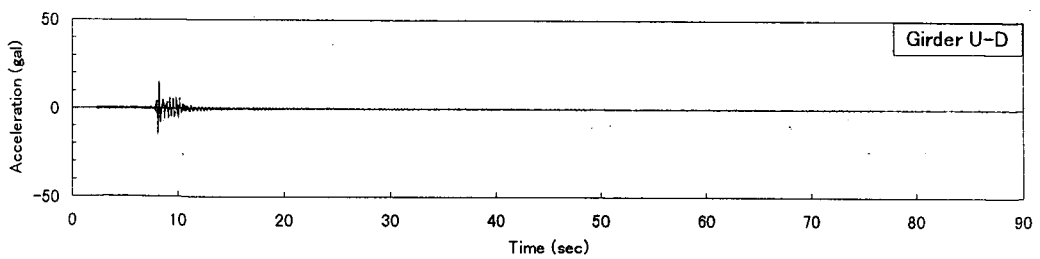
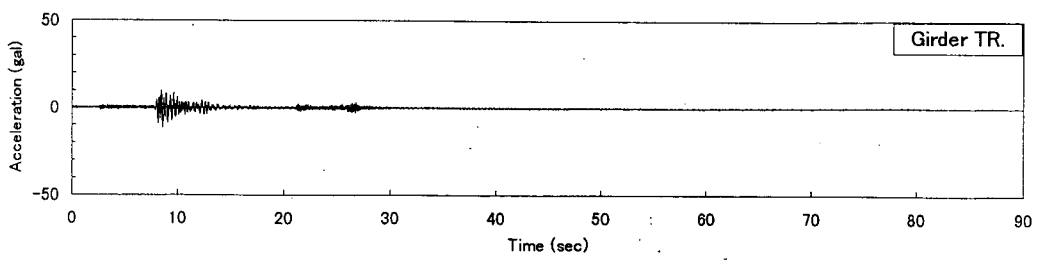
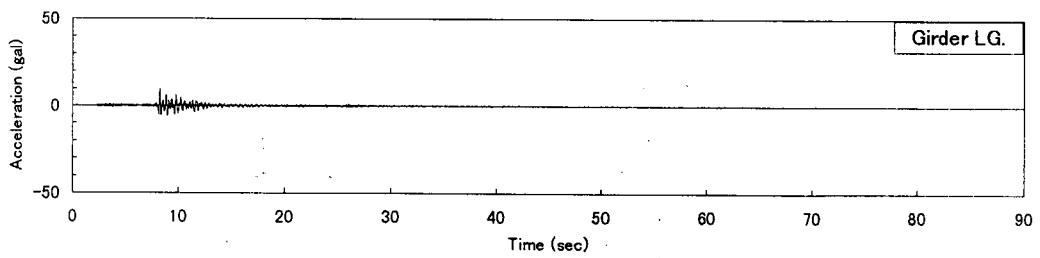
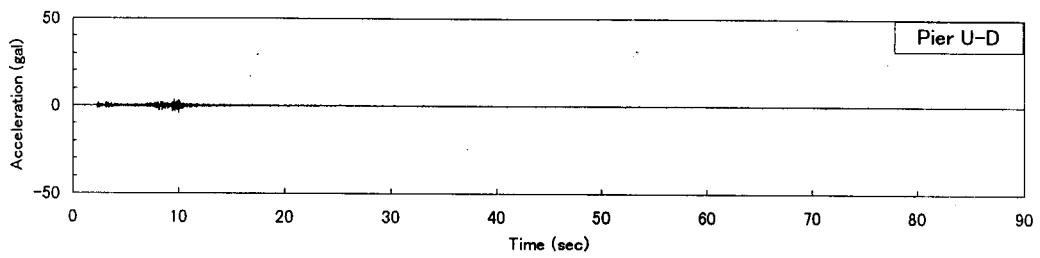
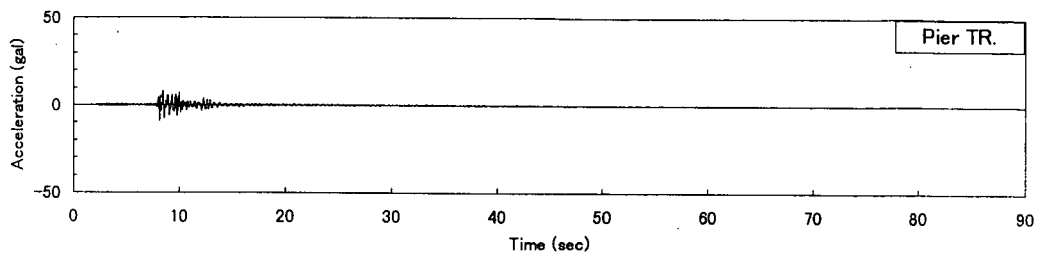
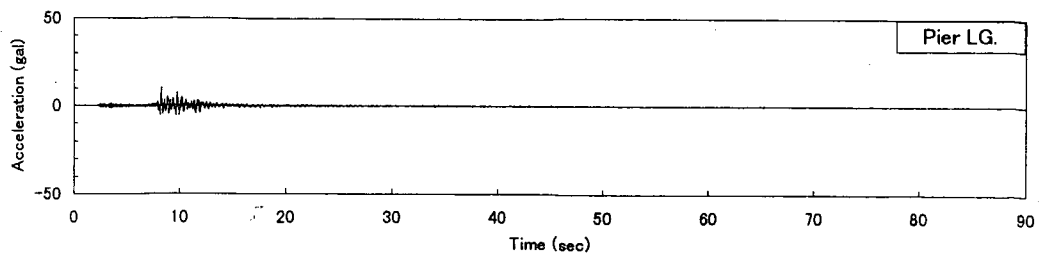
温-7 1997.04.17



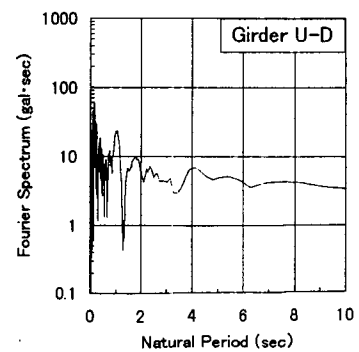
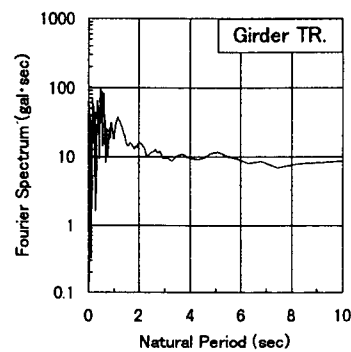
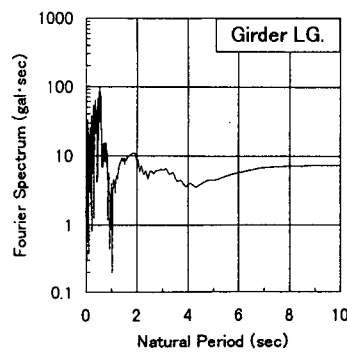
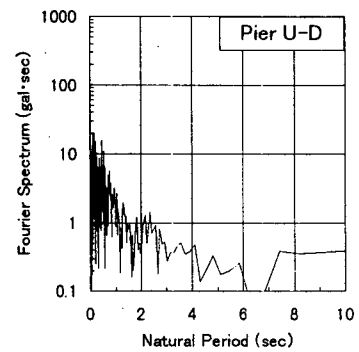
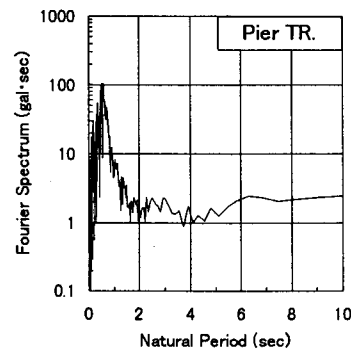
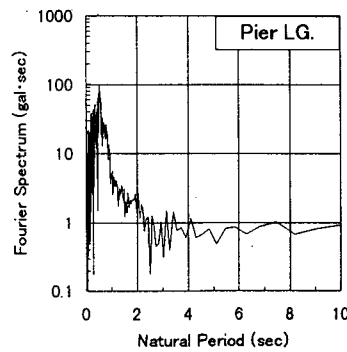
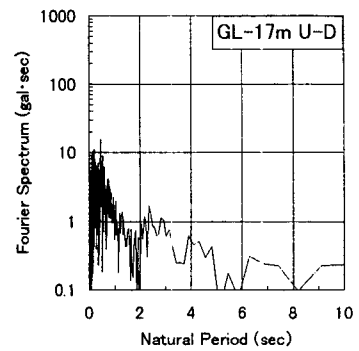
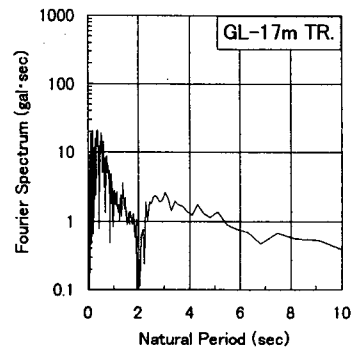
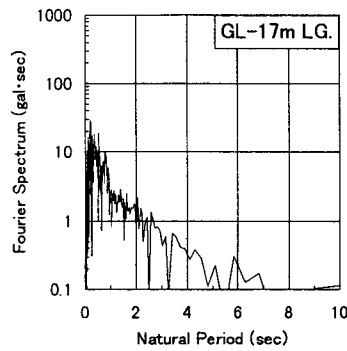
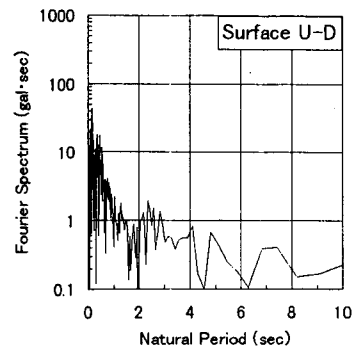
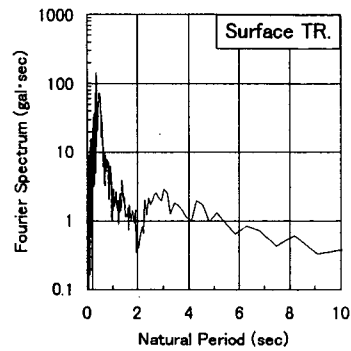
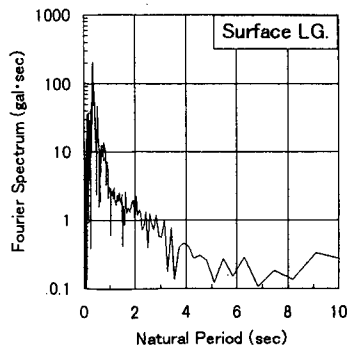
温-8 1997.04.22



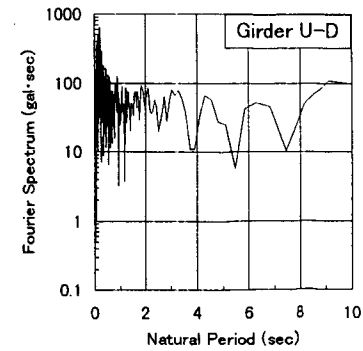
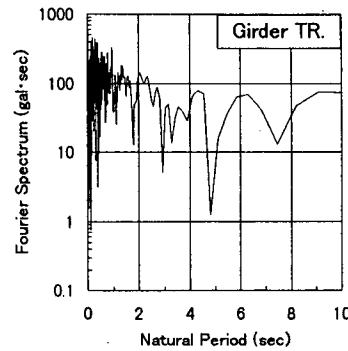
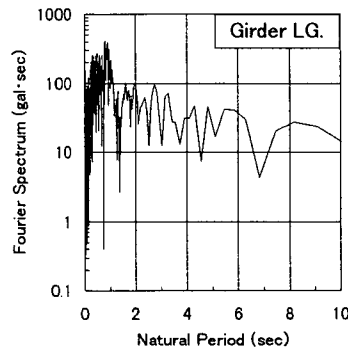
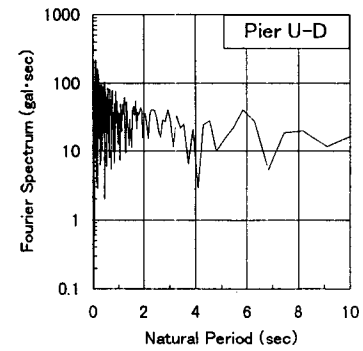
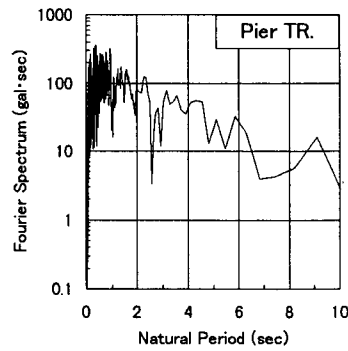
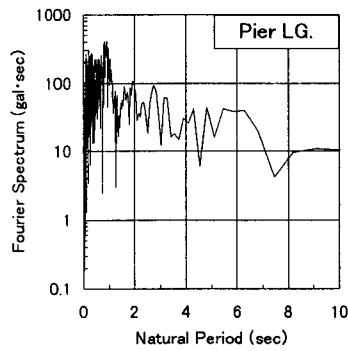
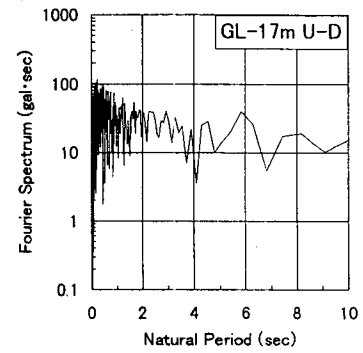
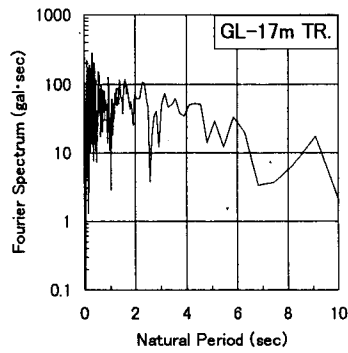
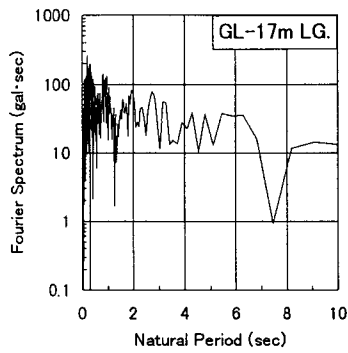
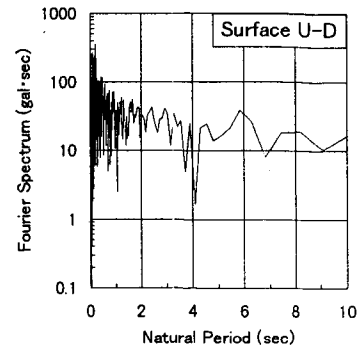
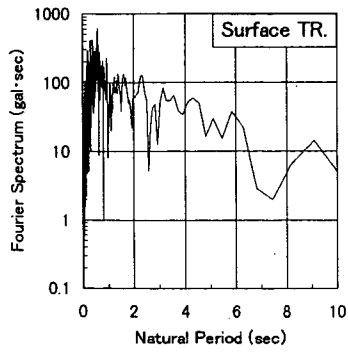
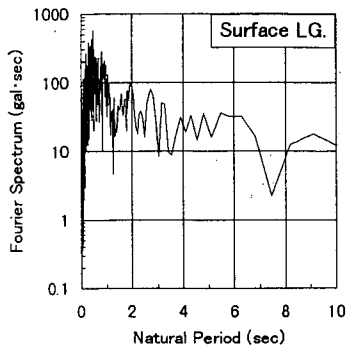
温-8 1997.04.22



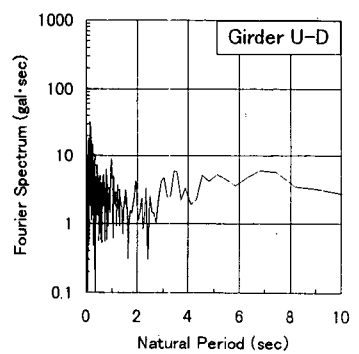
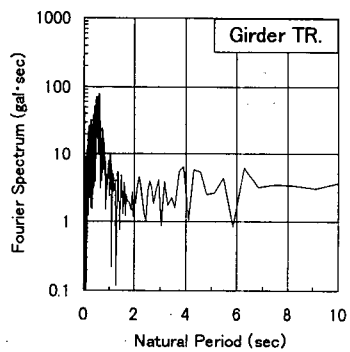
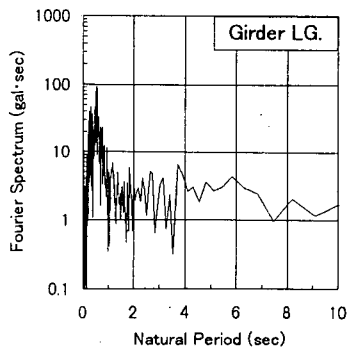
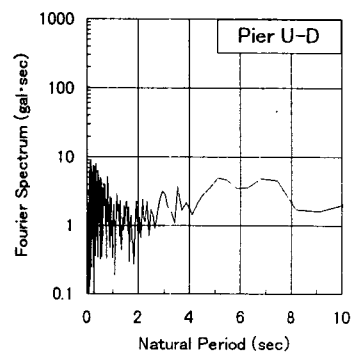
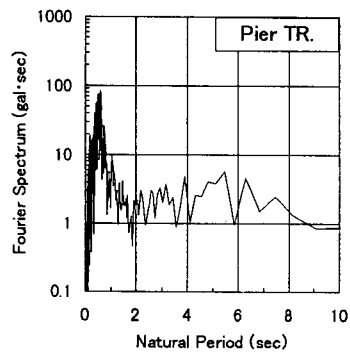
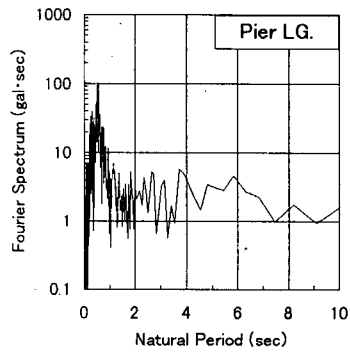
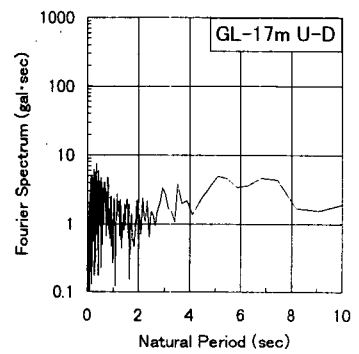
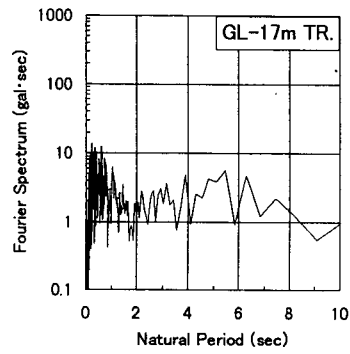
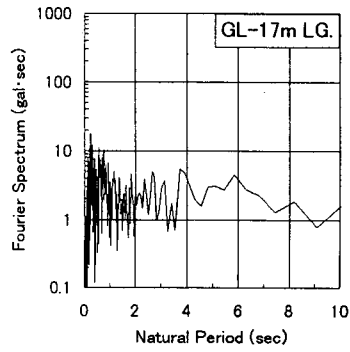
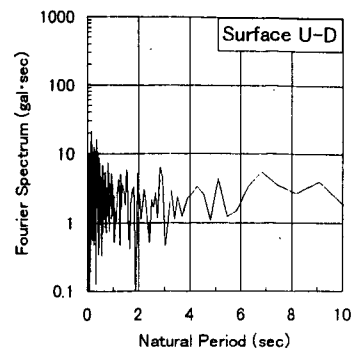
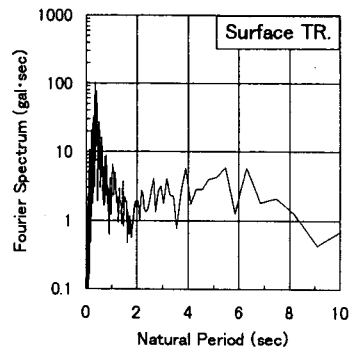
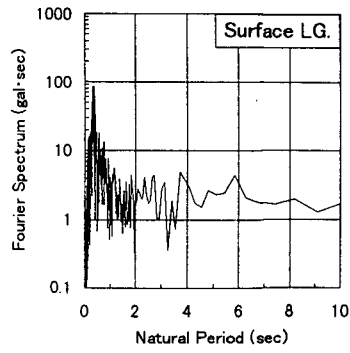
温-1 1994.08.31



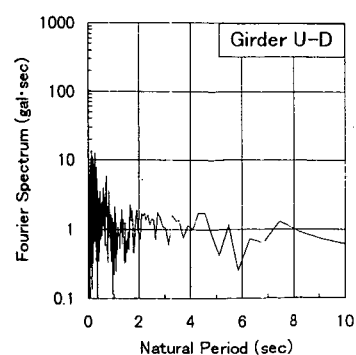
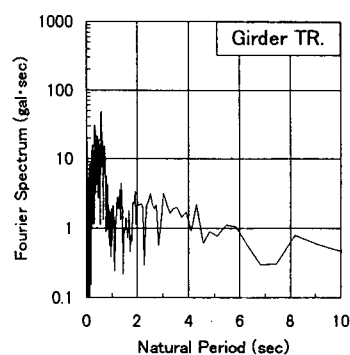
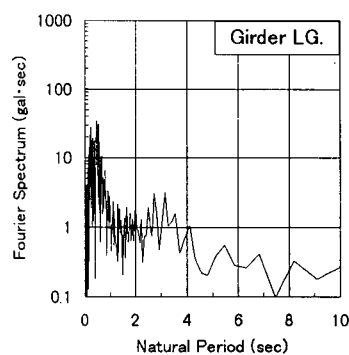
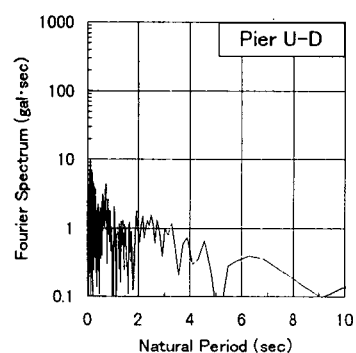
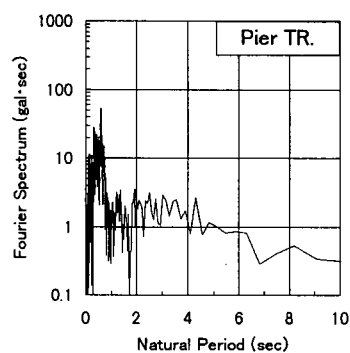
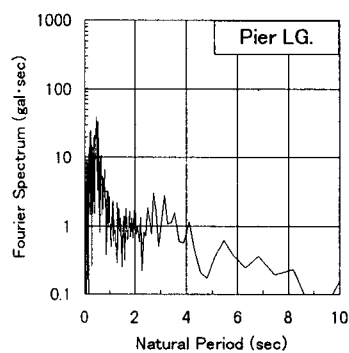
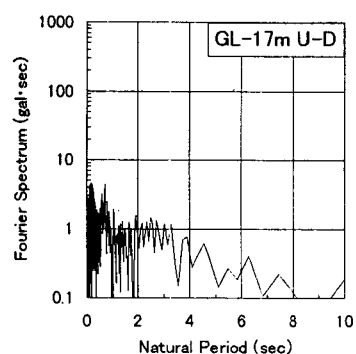
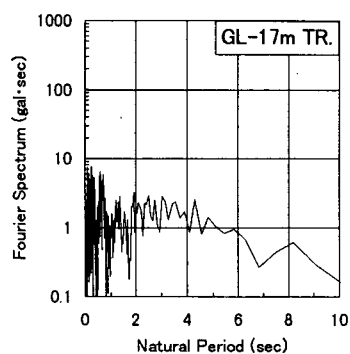
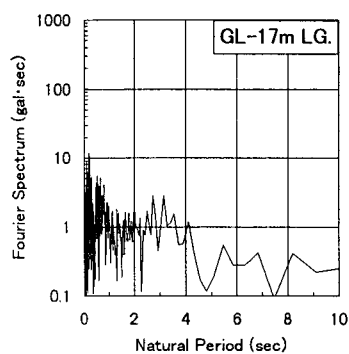
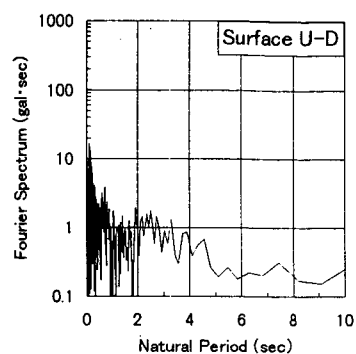
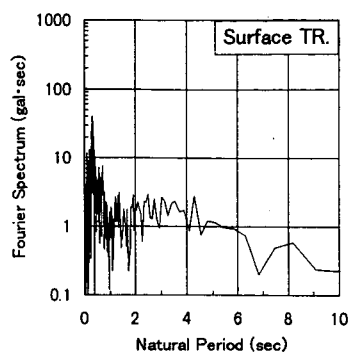
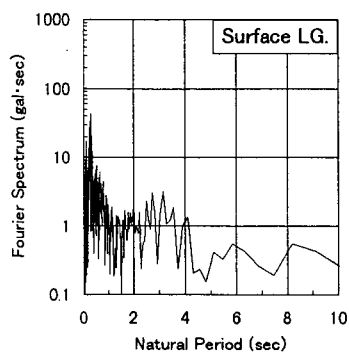
温-2 1994.10.04

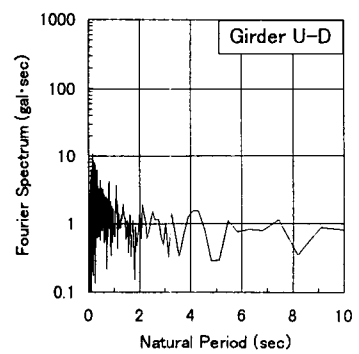
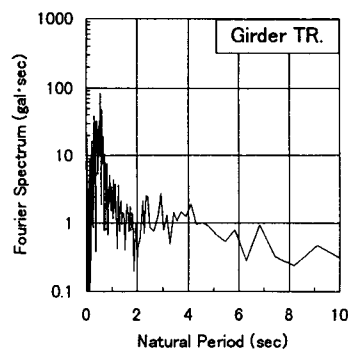
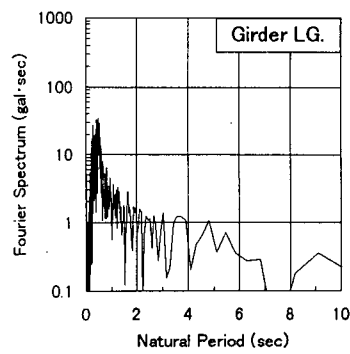
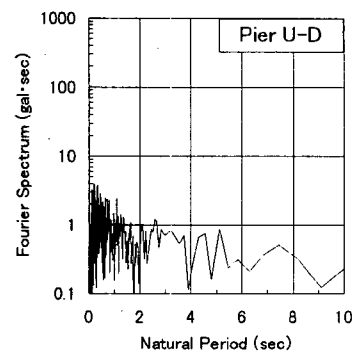
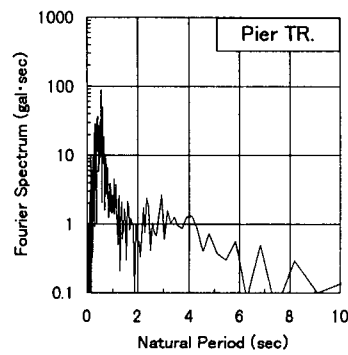
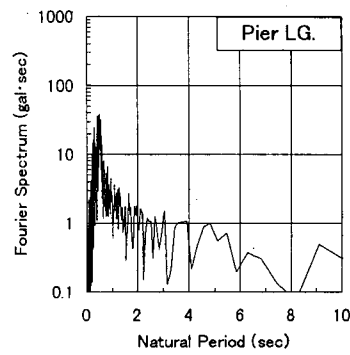
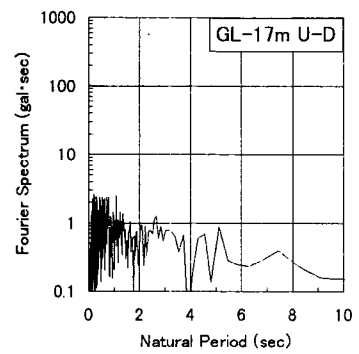
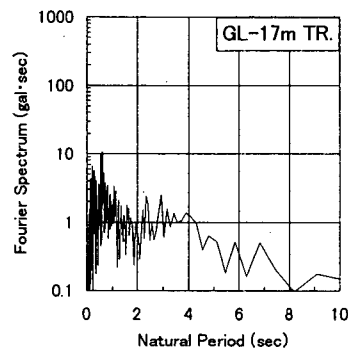
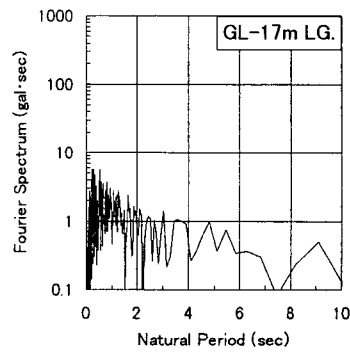
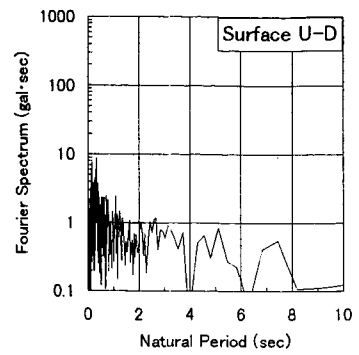
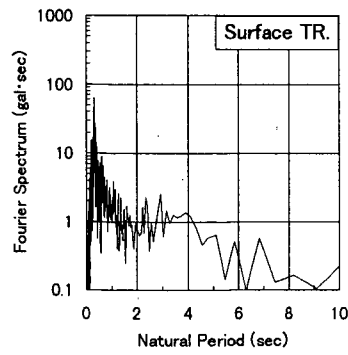
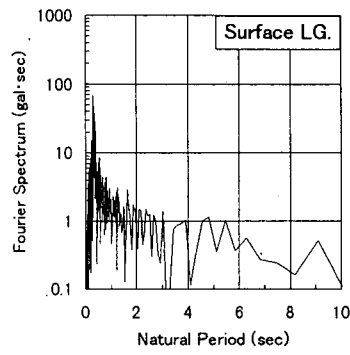


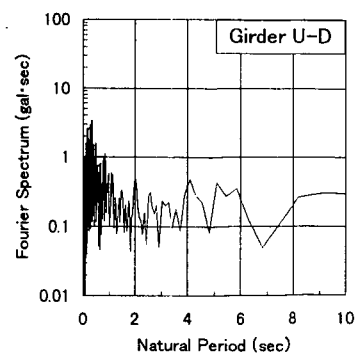
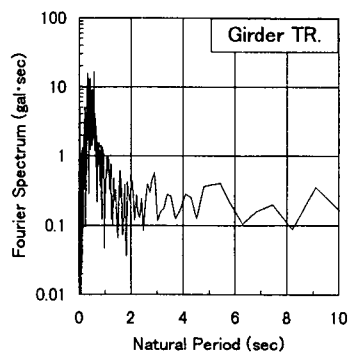
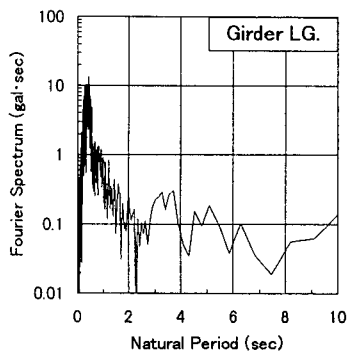
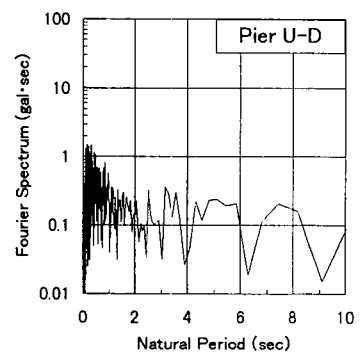
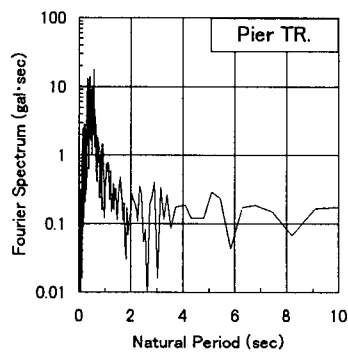
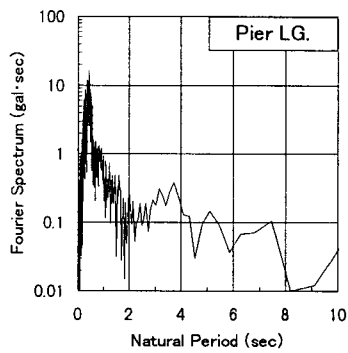
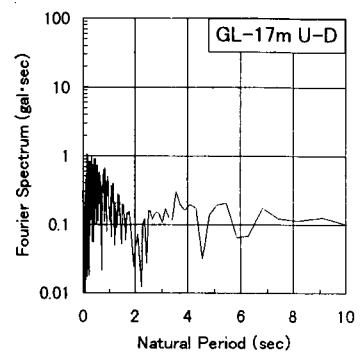
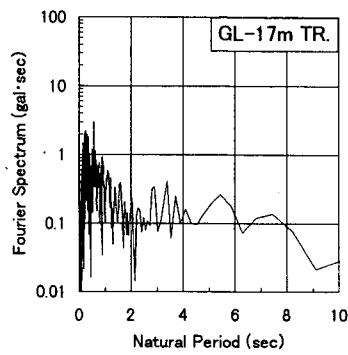
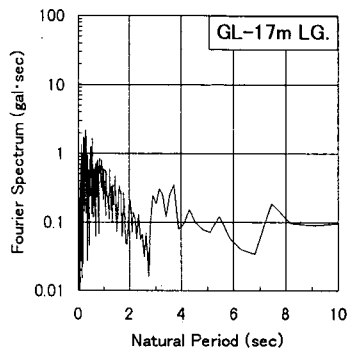
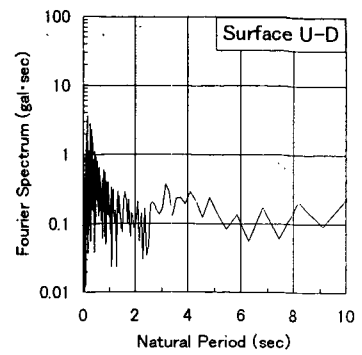
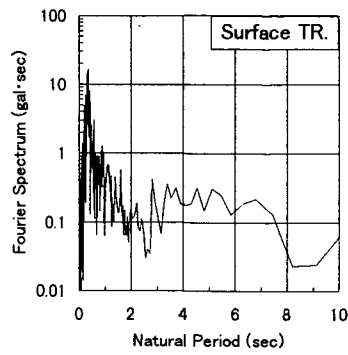
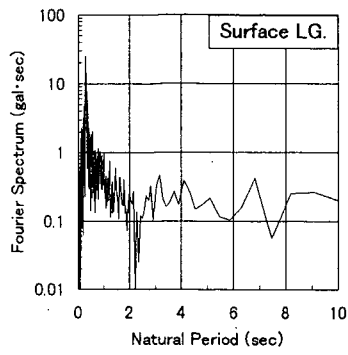
温-3 1994.10.09

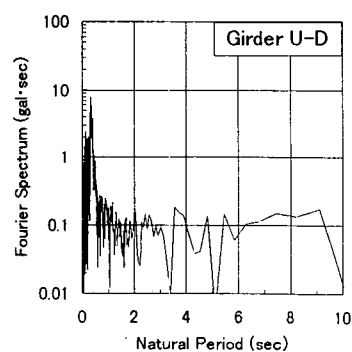
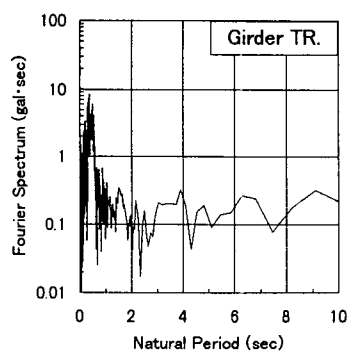
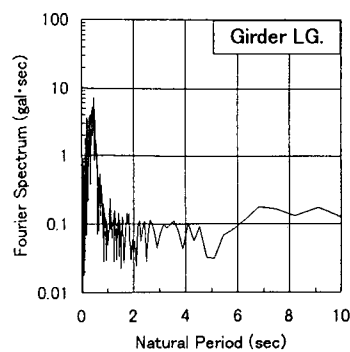
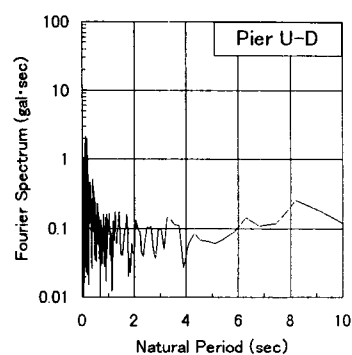
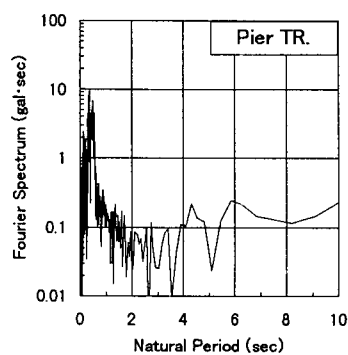
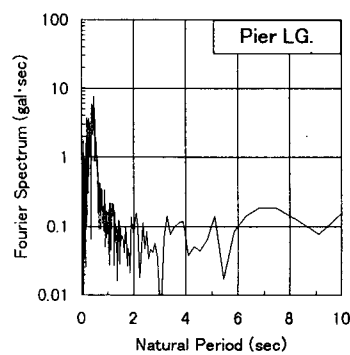
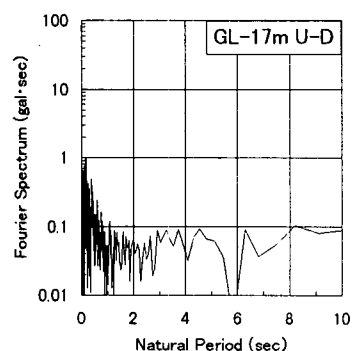
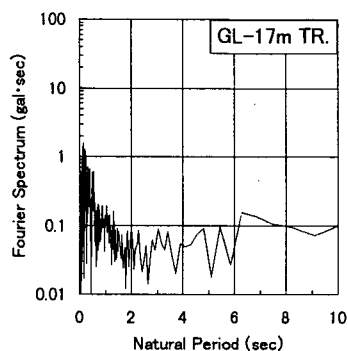
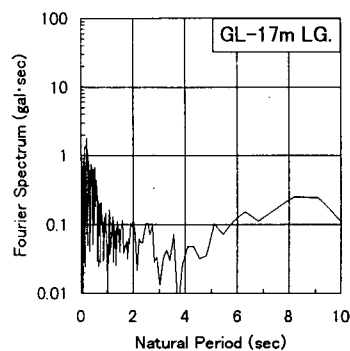
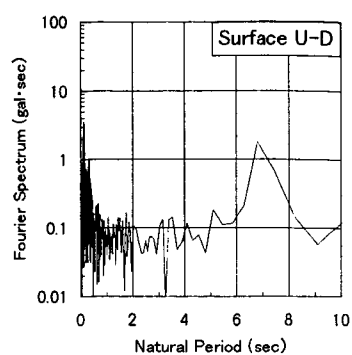
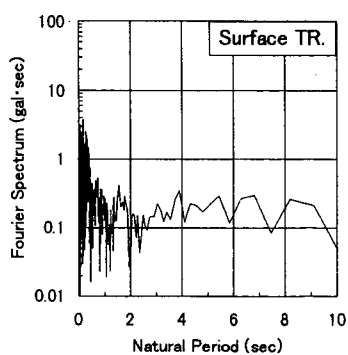
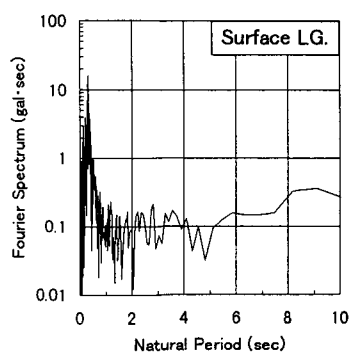


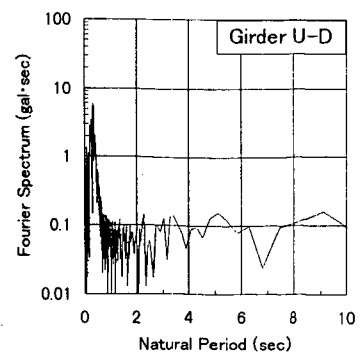
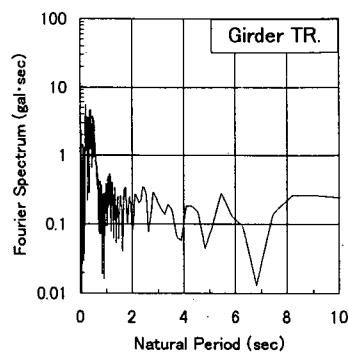
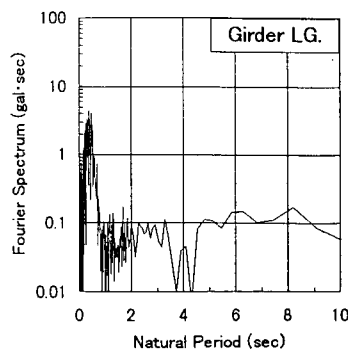
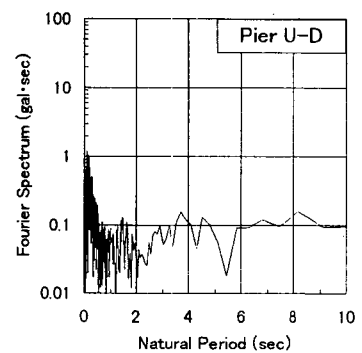
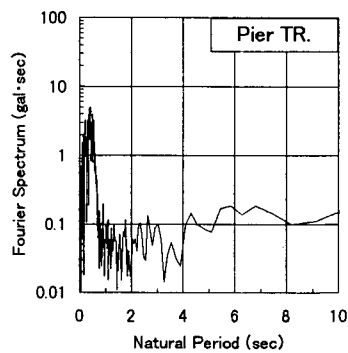
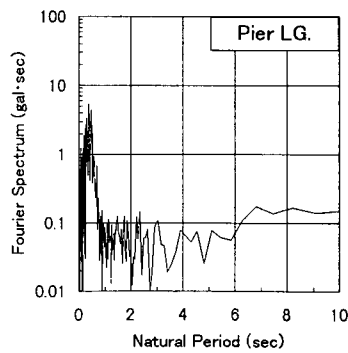
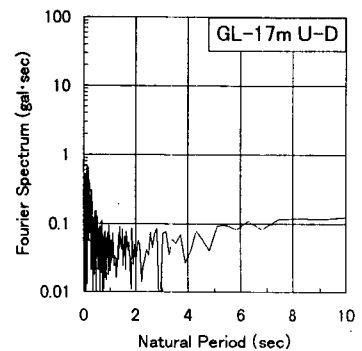
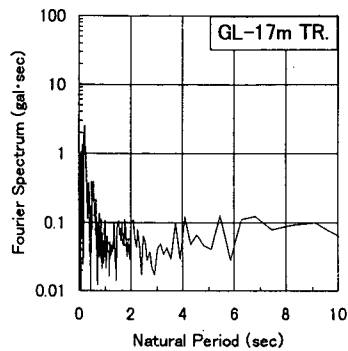
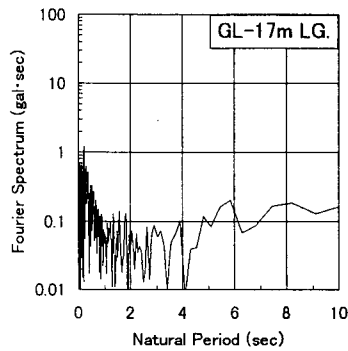
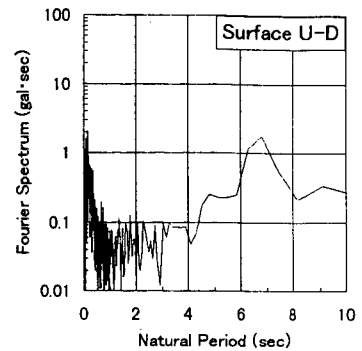
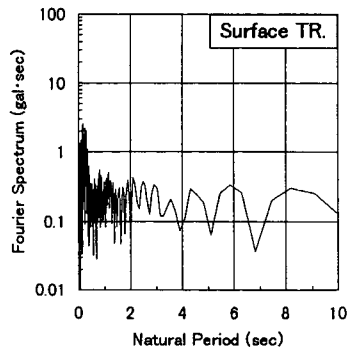
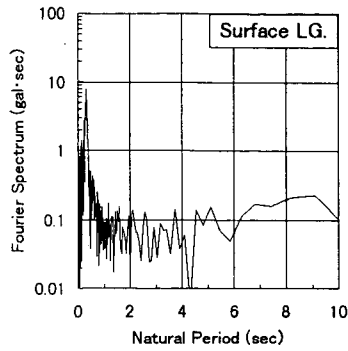
温-4 1995.01.21











2. 丸木橋大橋

2.1 丸木橋大橋の概要

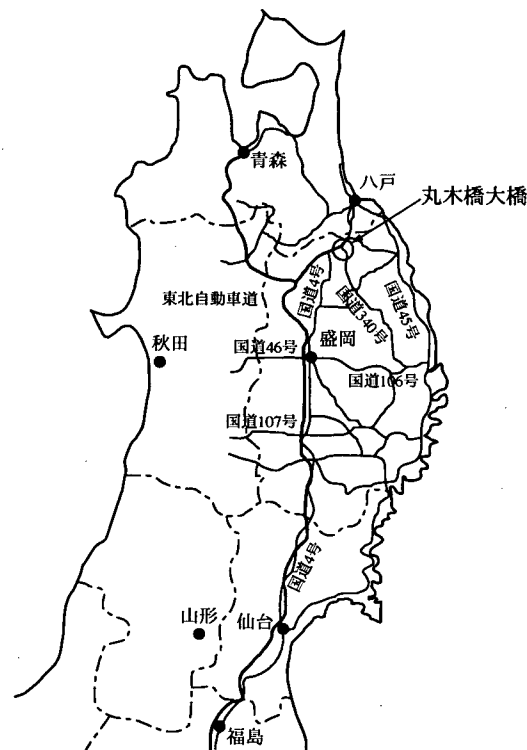
丸木橋大橋は、図－2.1 に示すように岩手県の北部に位置する九戸村において一般国道340号が二級河川瀬月内川および村道を横過する橋梁である³⁾。丸木橋大橋のある一般国道340号は、岩手県を南北に縦断し、県中央部の北上山地の市町村を結び青森県八戸市に至る路線である。本橋は、建設省が今後の免震設計の採用と本格的な施工に備えるために試験的に建設を行った免震橋のひとつであり、PC橋梁としては我が国で最初の免震橋として、平成4年8月に完成した。

丸木橋大橋は、図－2.2 に示すような橋長92.8m、有効幅員11.0mの3径間連続PC箱桁橋であり、曲線半径250mを有する曲線免震橋である。表－2.1 は、丸木橋大橋の設計条件を示したものである。免震支承としては、図－2.3 に示すような円形の鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)が採用されており、橋台および橋脚上にそれぞれ2基ずつ設置されている。また、免震方向としては、本橋が曲線橋であることを考慮して橋軸および橋軸直角方向の2方向に対して免震化している。橋軸方向の落橋防止構造は、図－2.4 に示すように橋台パラペットと桁端部の横桁をPC鋼棒により連結する構造が用いられており伸、縮変位量は、地震時保有水平耐力法レベルの変位を拘束しないように緩衝材の厚さが決定されている。また、橋軸直角方向の落橋防止構造としては、橋台の橋座側部にコンクリートブロックを立ち上げる方法としている。

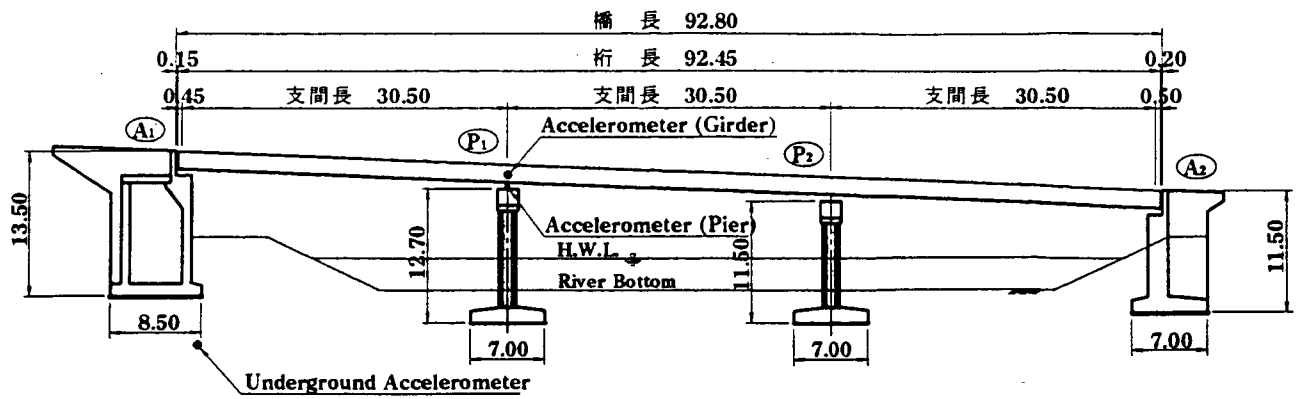
免震支承および下部構造は、震度法レベルと地震時保有水平耐力法レベルの2つの方法で設計されており、橋の固有周期は、震度法レベルでは0.75秒、地震時保有水平耐力法レベルでは1.02秒である。また、本橋では、免震橋梁の動的特性を検討するために平成4年9月より強震観測が行われており、平成5年1月には釧路沖地震による地震記録を観測し解析を行っている⁴⁾。

表－ 2.1 丸木橋大橋の設計条件

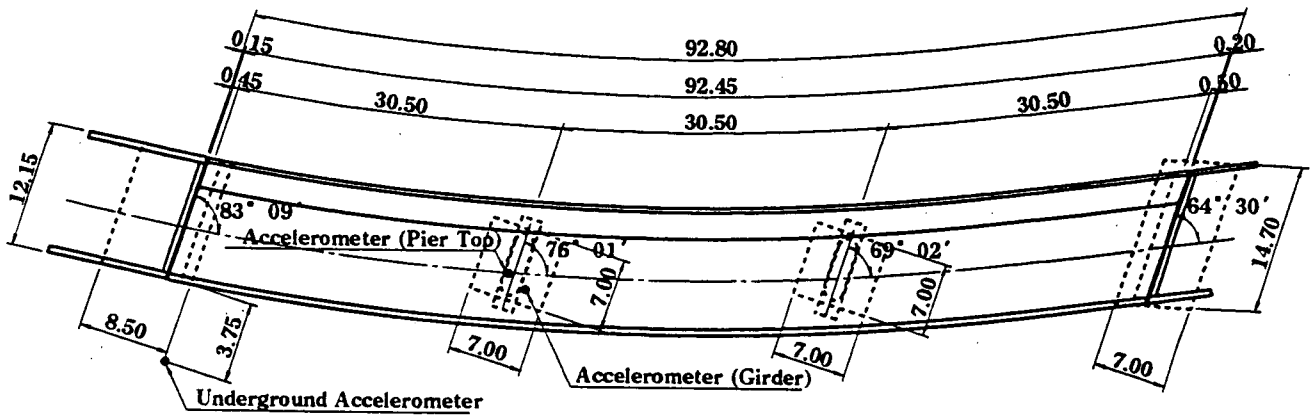
橋	種	プレストレストコンクリート道路橋
橋	格	1等橋 (TL-20)
型 式	上 部 構 造	3径間連続PC箱桁
	橋 脚 型 式	P ₁ , P ₂ : 小判柱張出式橋脚
	橋 台 型 式	A ₁ : 箱式橋台, A ₂ : 逆T式橋台
	基 礎 型 式	直接基礎
道 路 規 格		第 3 種 第 3 級
橋 長		92.8m
支 間 長		3@30.5m
有 効 幅 員		車道部 8.50m, 歩道部 2.50m
平 面 線 形		R= 250m ~ ∞
縦 断 勾 配		4.0%
横 断 勾 配		車道部 5.0%, 歩道部 2.0%
斜 角		左) 64° 30' 00"~ 左) 83° 08' 48"
地 盤 種 別		I 種地盤
設 計 震 度		k _s = 0.20
免 震 方 向		2方向 (全方向)



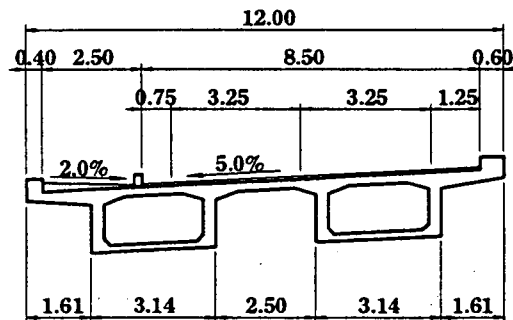
図－ 2.1 丸木橋大橋の位置図



(a) 側 面 図



(b) 平 面 図



(c) 上部構造断面図

図 - 2.2 丸木橋大橋の一般図 (単位 ; m)

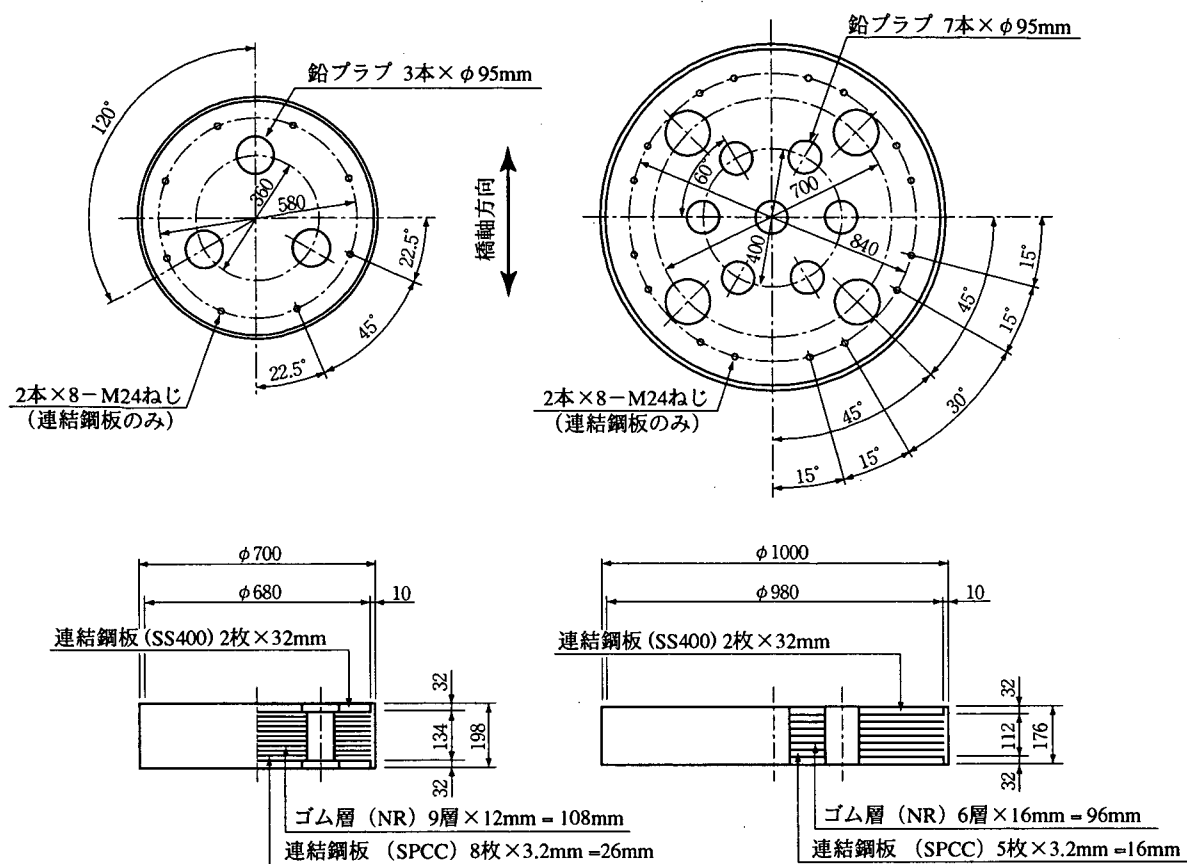


図- 2.3 丸木橋大橋で用いられた免震支承 (LRB)

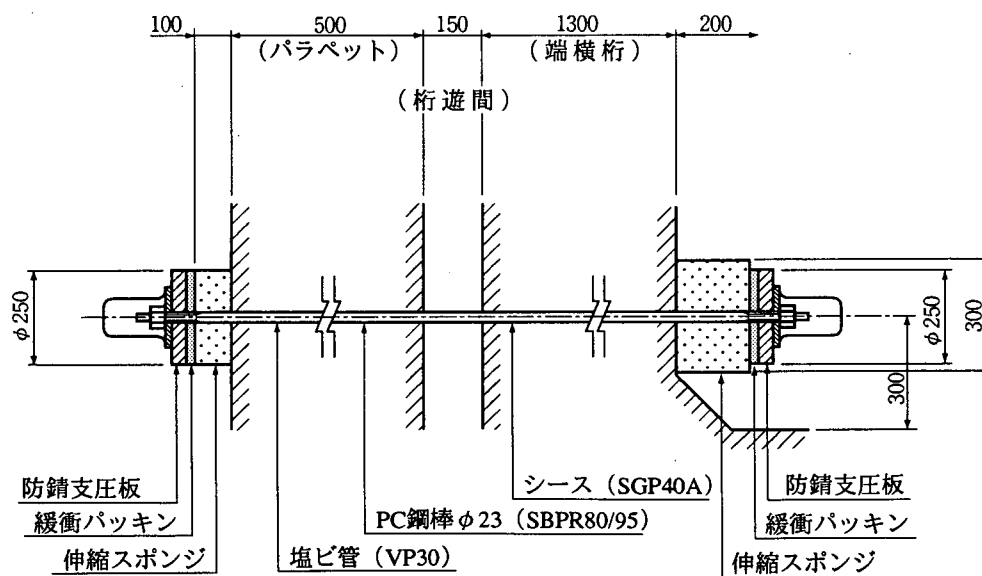


図- 2.4 PC 鋼棒による橋軸方向の落橋防止装置

2.2 強震観測

丸木橋大橋では、免震橋梁の動的特性を検討するために強震観測装置が取り付けられ、平成4年9月から強震観測が行われている。強震観測装置は、図-2.2に示すようにA₁橋台の周辺地盤（地下6m）に1ヶ所、P₁橋脚上において、桁と橋脚天端に各1ヶ所の合計3ヶ所に設置されている。各観測位置では、橋軸方向（軽米町方向）、橋軸直角方向（二戸町方向）および上下方向の3成分を観測している。なお、本橋は曲線橋であることから、P₁橋脚の断面の長辺に直角な方向を橋軸方向としている。

強震観測には、デジタル式強震計 SM-12（リオン株式会社製）が用いられている。表-2.2に強震観測装置の概要を、表-2.3に感震器の接続チャンネル表を示す。

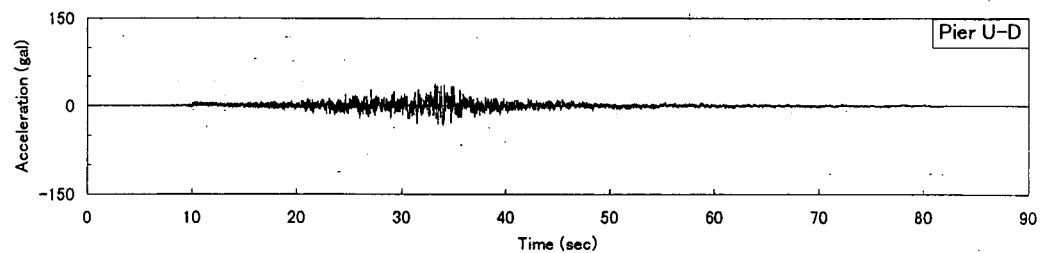
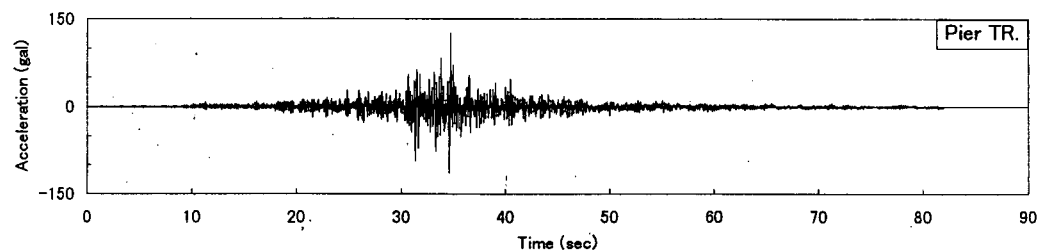
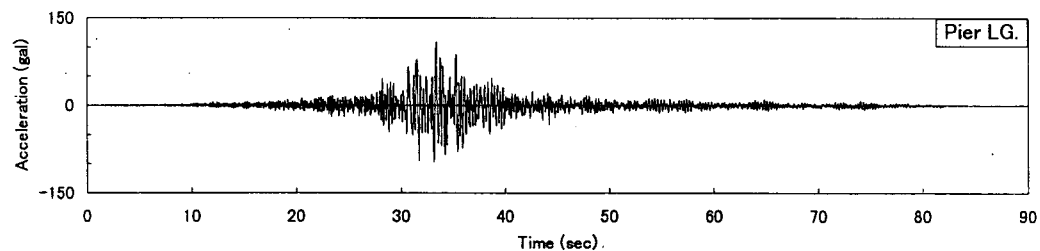
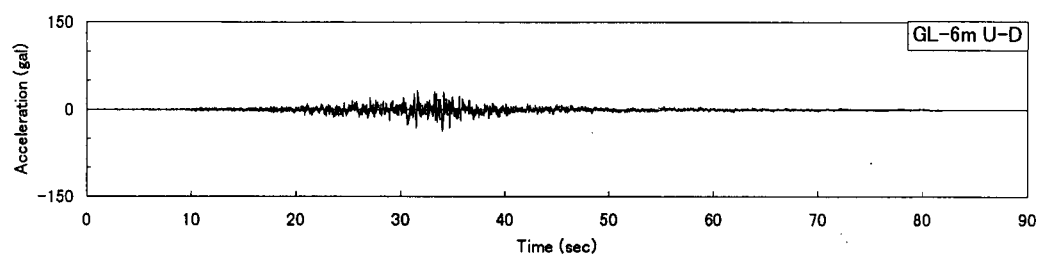
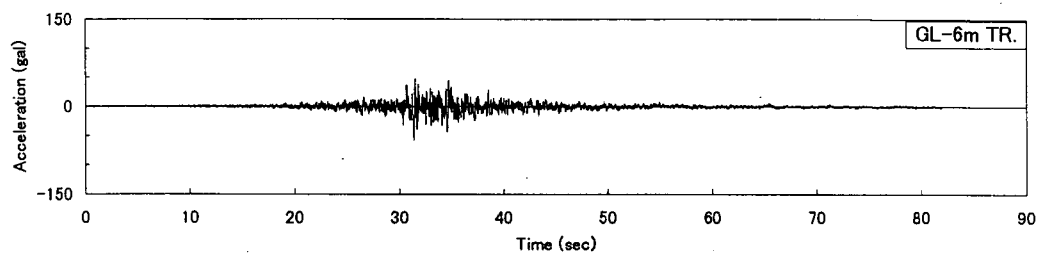
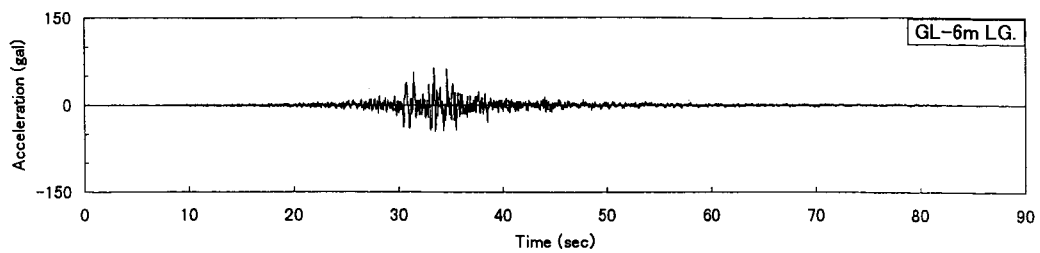
表-2.2 強震観測装置の概要

型 式	デジタル強震計 SM-12	
記 録 範 囲	最大 2000gal	
サンプリング周期	10 m秒	
遅 延 時 間	10 秒	
合計チャンネル数	感震器 3 台、各 3 ch	
起動チャンネル	地中地震計（3 成分）	
起 動 加 速 度	1 gal	
感震器	地 中	PV-22E（地中）
	地 表	PV-21C（橋脚天端および桁内）
観測記録の電送	NTT 公衆回線	
通 信 速 度	2,400bps	

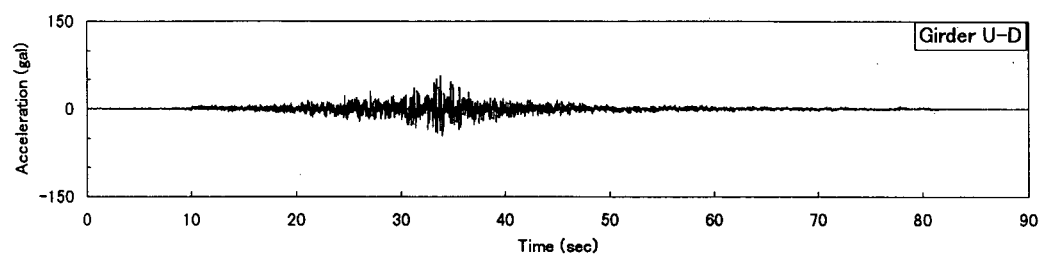
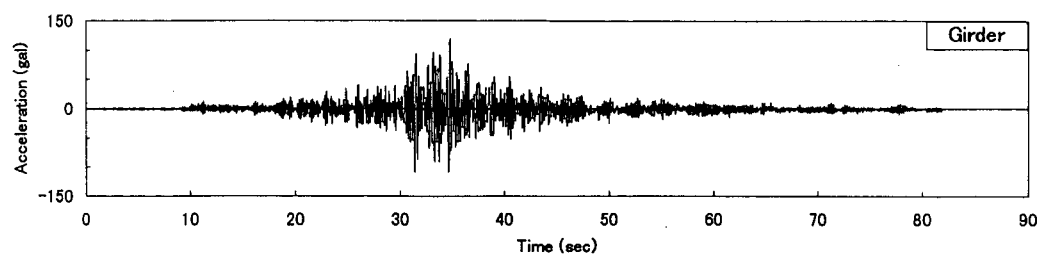
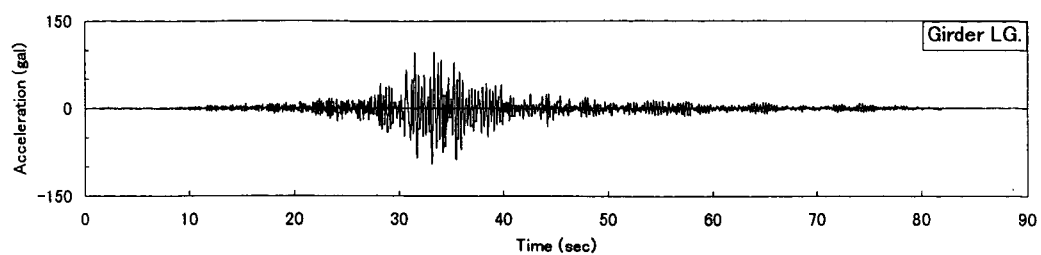
表-2.3 感震器の接続チャンネル表

No.	型 式	チャンネル	方 向	方 角	備 考
感震器 No. 1	PV-22E	ch. 1	X	+軽米町方向	起動 ch
		ch. 2	Y	+二戸市方向	起動 ch
		ch. 3	Z	+上 方 向	起動 ch
感震器 No. 2	PV-21C	ch. 4	X	+軽米町方向	
		ch. 5	Y	+二戸市方向	
		ch. 6	Z	+上 方 向	
感震器 No. 3	PV-21C	ch. 7	X	+軽町町方向	
		ch. 8	Y	+二戸市方向	
		ch. 9	Z	+上 方 向	

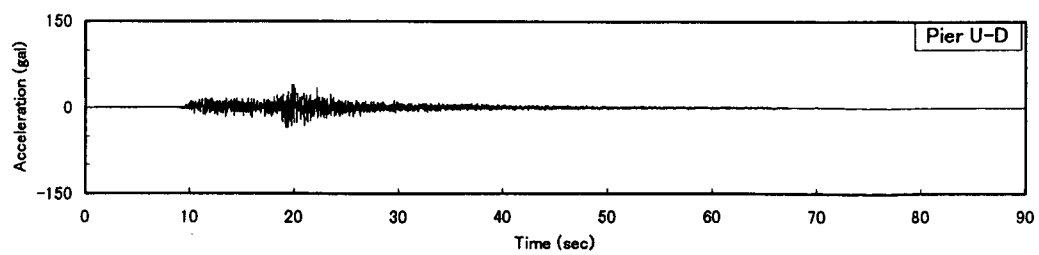
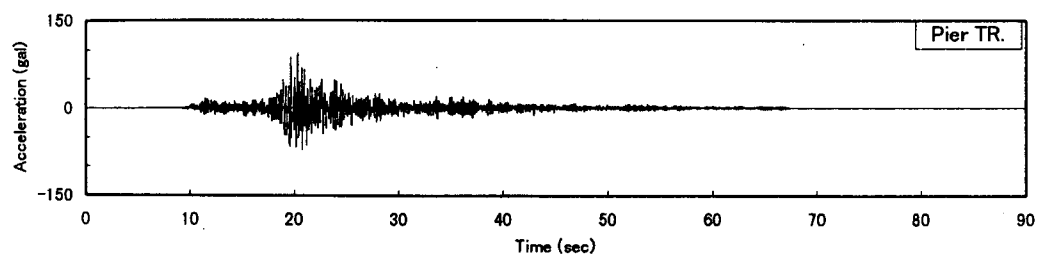
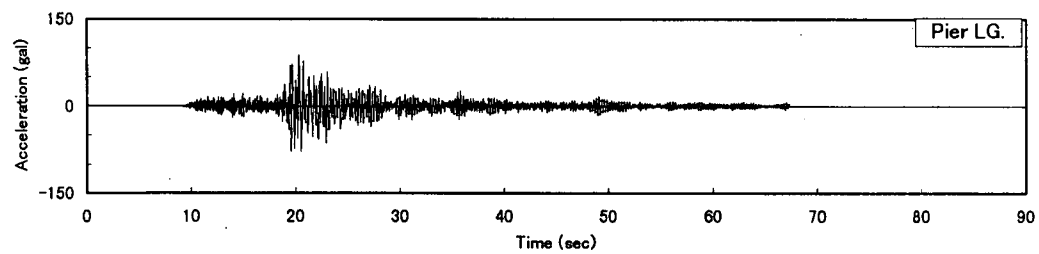
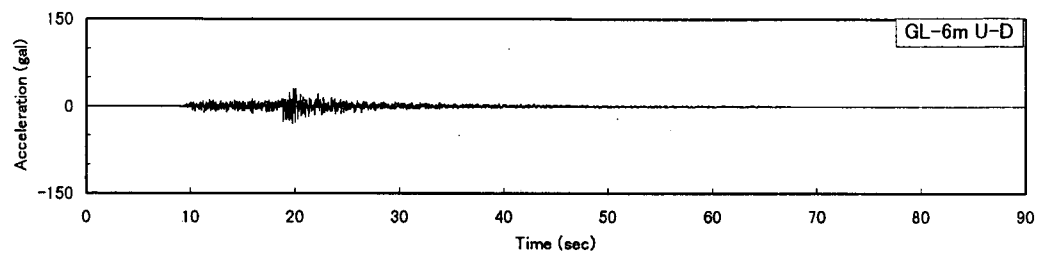
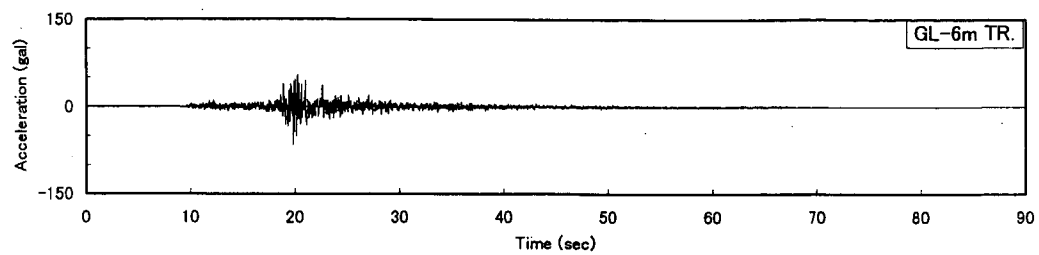
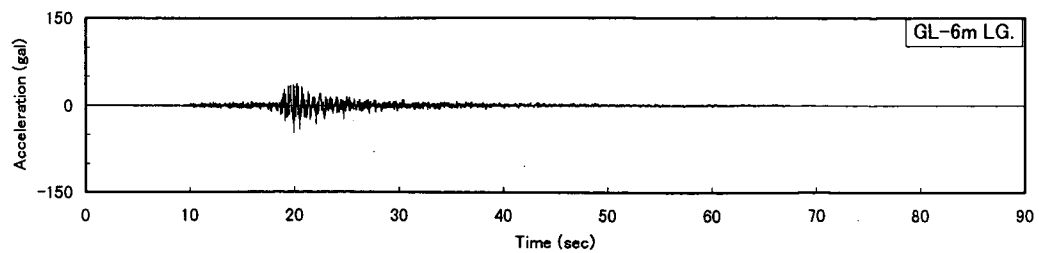
丸-1 1994.12.28



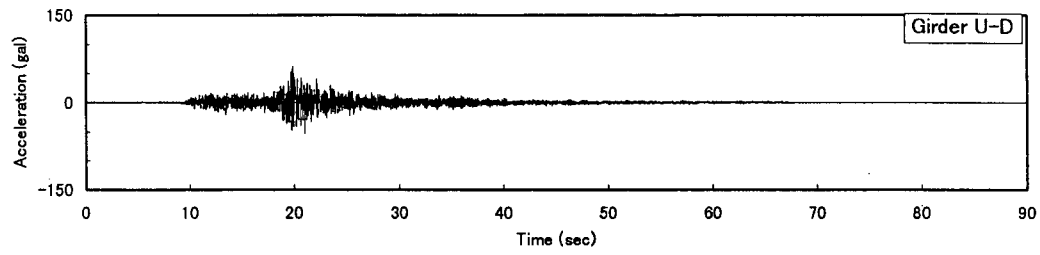
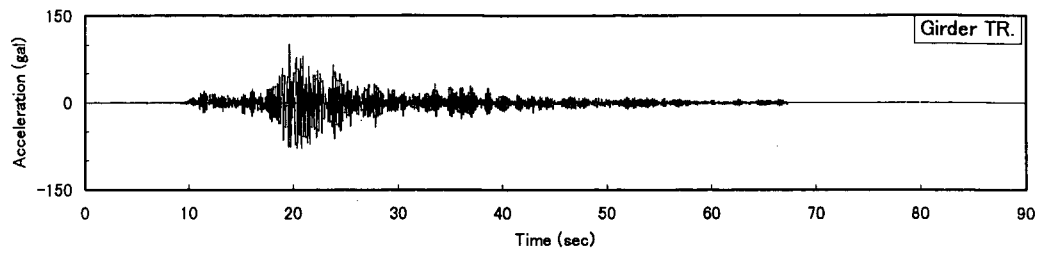
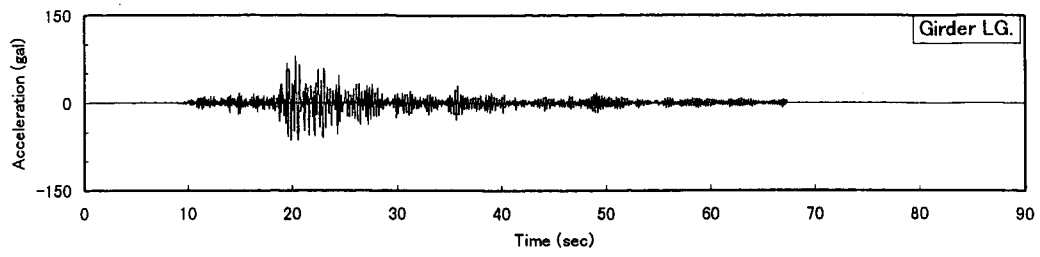
丸-1 1994.12.28

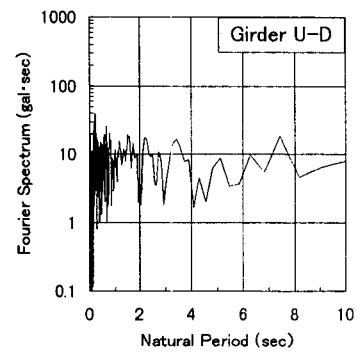
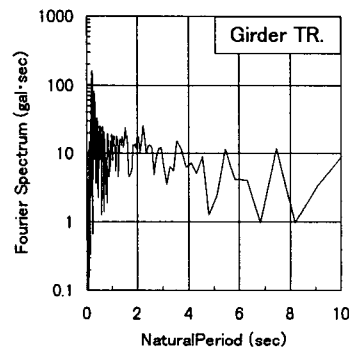
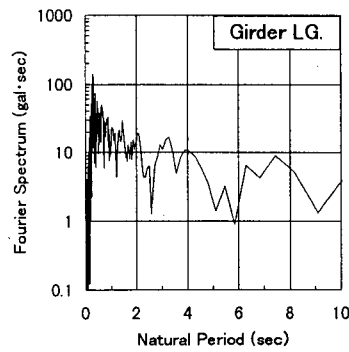
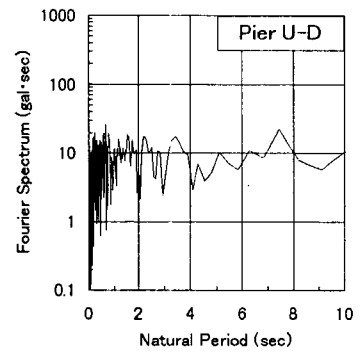
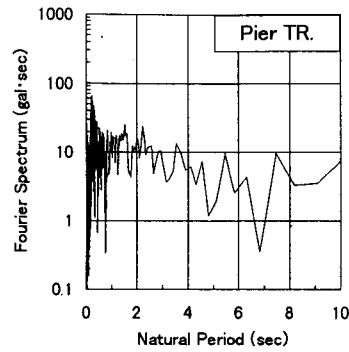
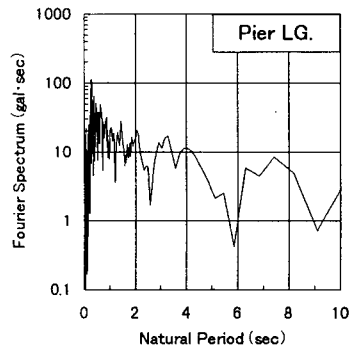
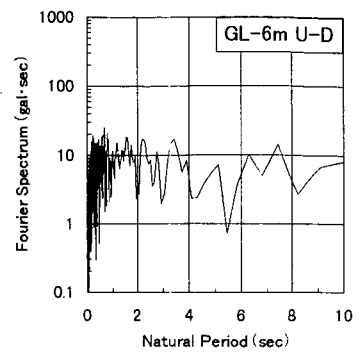
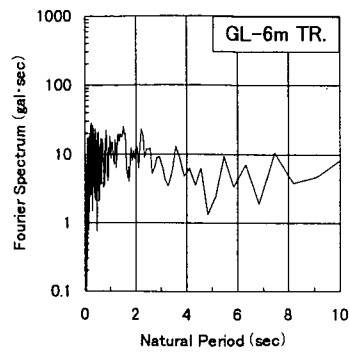
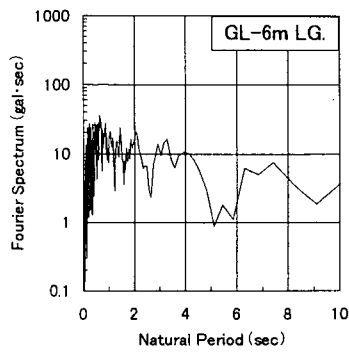


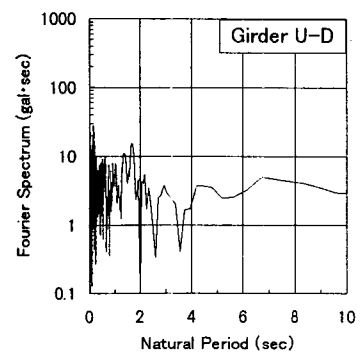
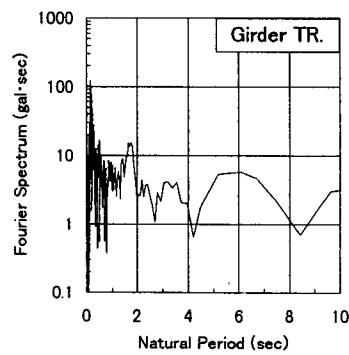
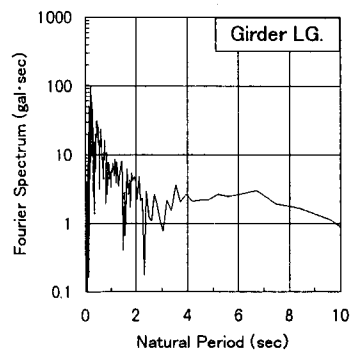
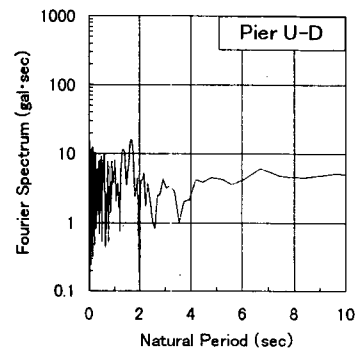
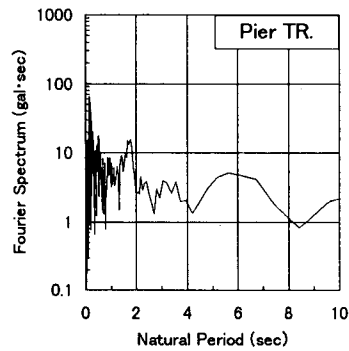
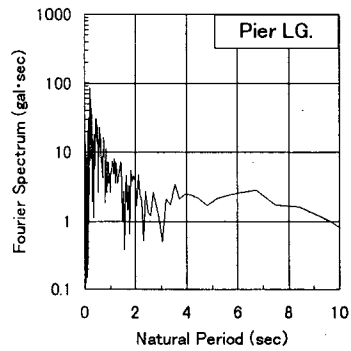
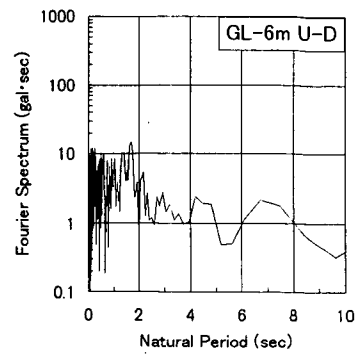
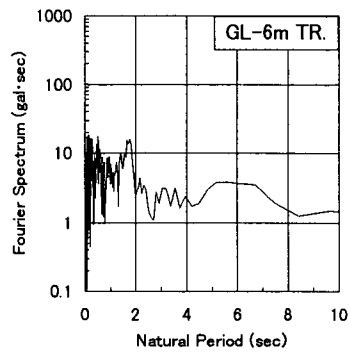
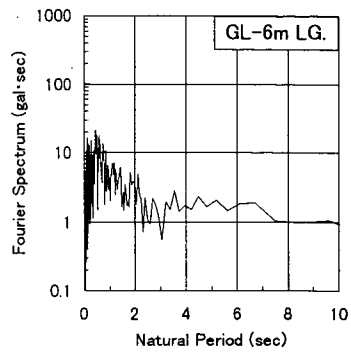
丸-2 1995.01.07



丸-2 1995.01.07







3. 山あげ大橋

3.1 山あげ大橋の概要

山あげ大橋は、図－ 3.1 に示すように栃木県東部の烏山町において、一般国道 294 号の烏山バイパスの起点部に位置する高架橋であり、平成 5 年 5 月に完成した⁵⁾。

山あげ大橋は、図－ 3.2 に示すような橋長 246.3m 有効幅員 10.5 ～ 13.5m の 6 径間連続 PC 箱桁橋であり、線形は直線区間およびクロソイド区間で構成されている。表－ 3.1 に山あげ大橋の設計条件を示す。

免震支承としては、図－ 3.3 に示すような高減衰積層ゴム支承（HDR）が採用されており、橋台および橋脚上にそれぞれ 2 基ずつ設置されている。また、免震効果は橋軸方向のみに考慮し、橋軸直角方向についてはストッパーで変位を抑える構造としている。

落橋防止装置としては、図－ 3.4 に示すような鋼製のストッパーを各下部構造に設置している。構造的には、橋軸直角方向の水平変位に対しては固定、橋軸方向については、震度法レベル以上の変位が生じた場合に変位を拘束するように設計されている。また、桁端部における移動可能量は、設計結果より常時における上部構造の伸縮量（乾燥収縮、クリープ、弾性変形、温度変化）と震度法レベルにおける変位量が同程度となったため、両者とほぼ等しくなるように設定している。

免震支承および下部構造は、震度法レベルと地震時保有水平耐力法レベルの 2 つの方法で設計されており、橋の固有周期は、震度法レベルでは 1.56 秒、地震時保有水平耐力法レベルでは 1.77 秒である。また、本橋では、実橋による振動特性の検証のための振動実験が平成 4 年 12 月に実施されており、設計定数の妥当性の確認が行われている^{6)・7)}。

表- 3.1 山あげ大橋の設計条件

橋	種	プレストレスコンクリート道路橋
橋	格	1等橋 (TL-20)
型式	上部構造	6径間連続 PC箱桁
	橋脚型式	P ₁ ～P ₃ : 矩形柱壁式橋脚
	橋台型式	A ₁ , A ₂ : 逆T式橋台
	基礎型式	直接基礎
道路規格		第3種 第2級 (設計速度 V = 60km/h)
橋長		246.3m
支間長		6@40.8m
有効幅員	標準部	車道部 8.00m, 歩道部 2.50m
	拡幅部	車道部 11.00m, 歩道部 2.50m
平面線形		R = ∞ ～ A = 240m
縦断勾配		1.0% ～ VCL = 100m, R = 2500m ～ 5.0%
横断勾配		車道部 1.5%, 歩道部 2.0%
斜角		A ₁ 側 90°, A ₂ 側 90° 27' 43"
地盤種別		I種地盤
設計震度	橋軸方向	k _b = 0.16
	直角方向	k _b = 0.20
免震方向		1方向 (橋軸方向のみ)

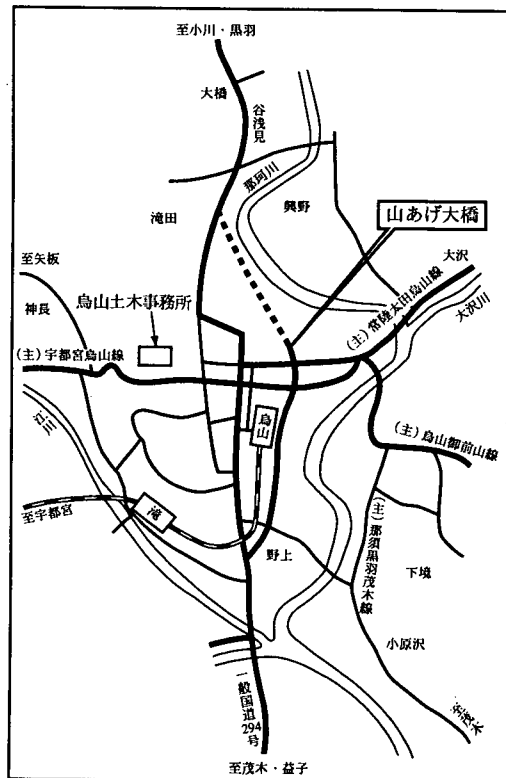
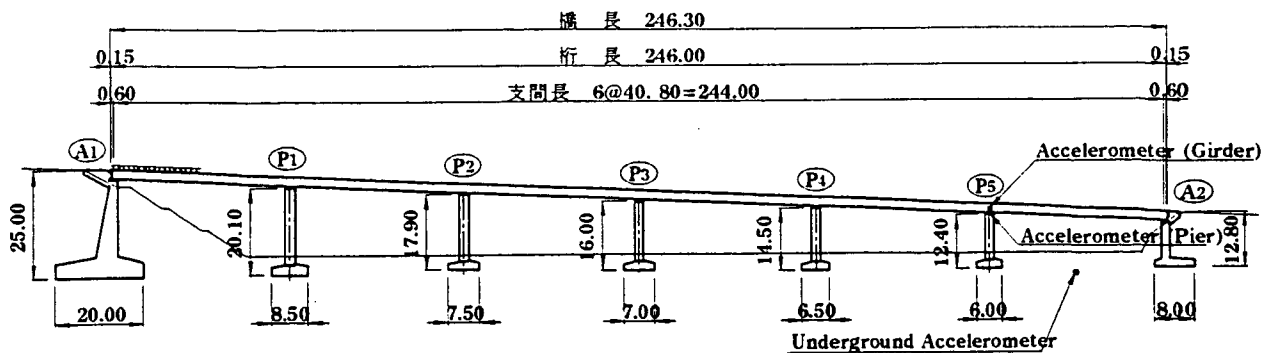
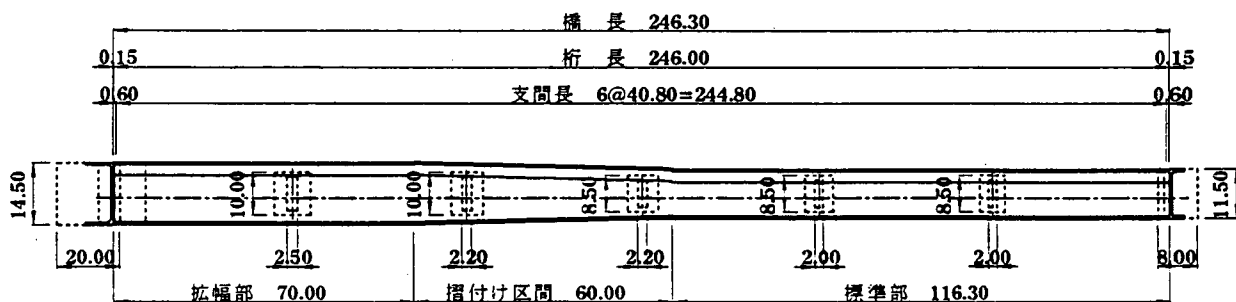


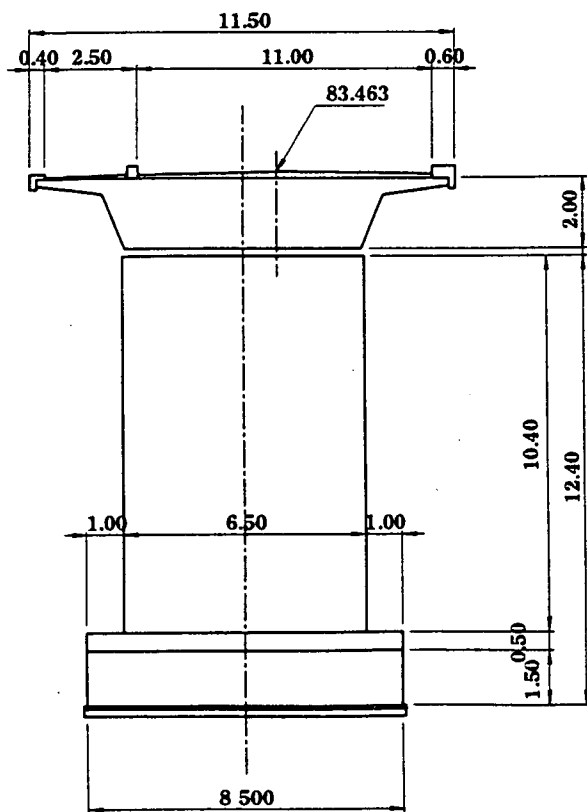
図-3.1 山あげ大橋の位置図



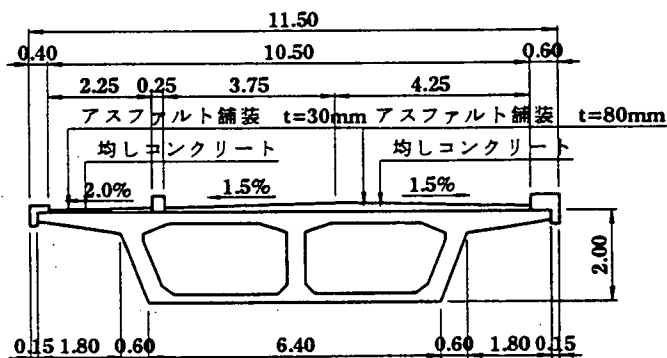
(a) 側面図



(b) 平面図

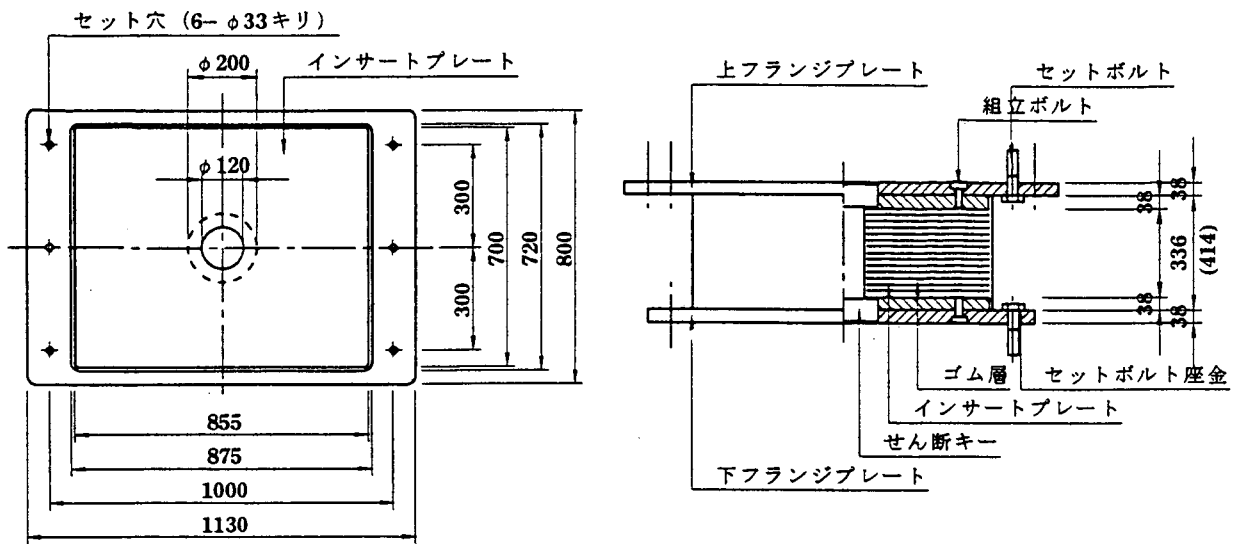


(c) P₃橋脚正面図

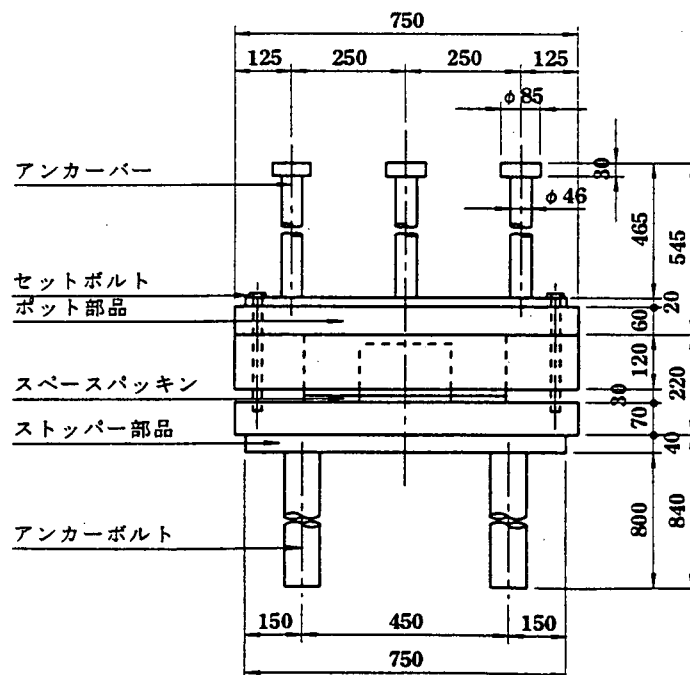


(d) 上部構造断面図

図-3.2 山あげ大橋の一般図(単位; m)



図－3.3 山あげ大橋で用いられた免震支承（HDR）



図－3.4 移動制限装置

3.2 強震観測

山あげ大橋では、免震橋梁の動的特性を検討するために強震観測装置が取り付けられている。加速度計は、図－3.2に示すようにP₃橋脚とA₂橋台の間の地盤（地下5.17m）に3方向加速度計を1ヶ所、P₃橋脚上において、桁と橋脚天端に2方向加速度計を各1ヶ所の合計3ヶ所に設置されている。

データ集録には、サーボ型加速度計用増幅器（PCS－1025）を介してICカード式デジタル集録装置（SAMTAC－15X－8）が用いられている。表－3.2に強震観測装置の概要を、表－3.3に地震観測装置チャンネル対応表を示す。

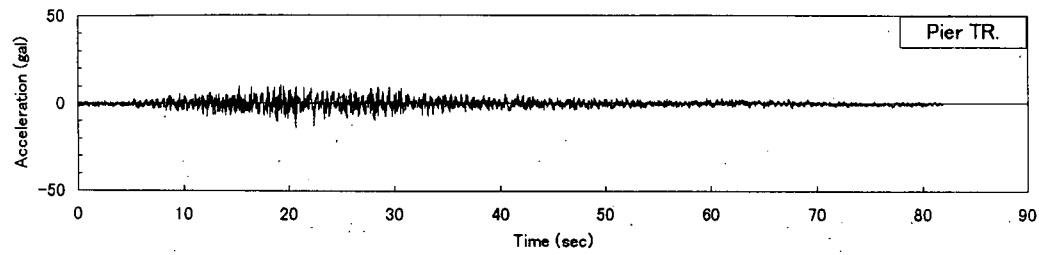
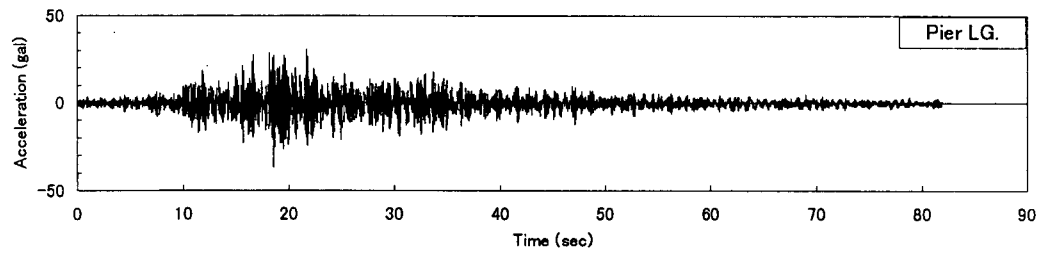
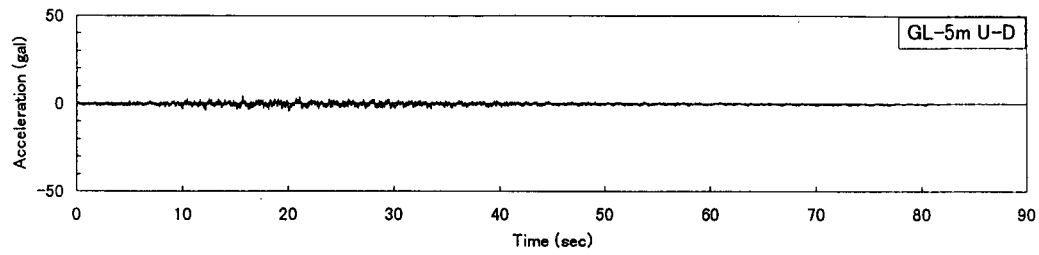
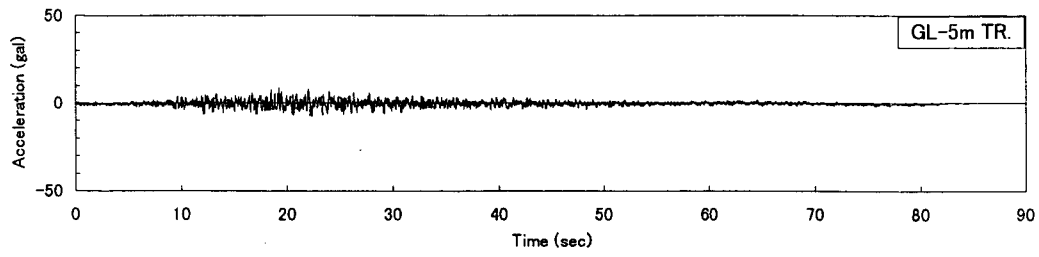
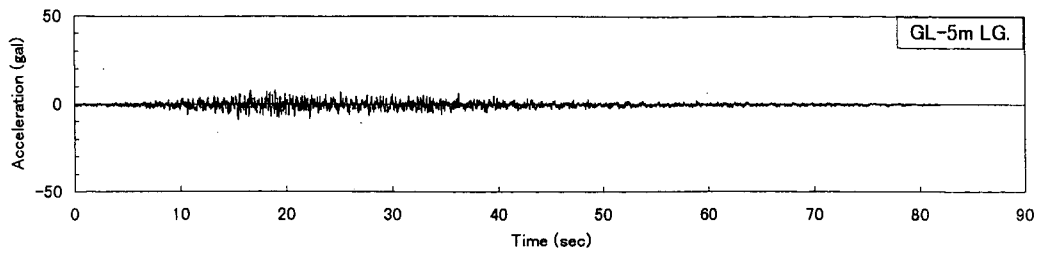
表－3.2 強震観測装置の概要

型 式	増幅器（PCS-1025），集録装置（SAMTAC-15X-8）	
記 録 範 囲	0.03 ～ 1000gal	
記 録 時 間	81.86 秒	
サンプリング周波数	100Hz	
遅 延 時 間	10 秒	
記録チャンネル数	8ch	
起動チャンネル	地中加速度計（3成分）	
起 動 加 速 度	1.0gal（10mV）	
加速度計	地 中 部	サーボ型加速度計（3成分；SA-355CT）
	地 上 部	サーボ型加速度計（2成分；SA-255CTY）
記 録 媒 体	1 Mbyte IC カード（2枚）	

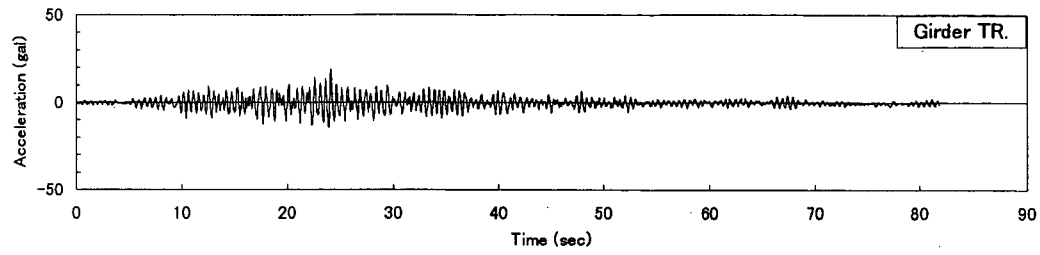
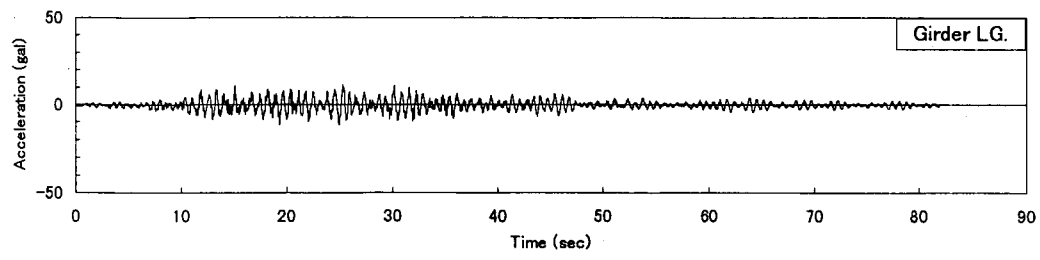
表－3.3 地震観測装置チャンネル対応表

計 測 点	成 分	型 式	チャンネル	方 角	備 考
GL-5.17m	X	SA－ 355CT	ch. 1	+ A ₂ 橋台側	起動 ch
	Y		ch. 2	+ 那珂川側	起動 ch
	Z		ch. 3	+ 上 向 き	起動 ch
橋脚天端	X	SA－ 255CTY	ch. 4	+ A ₂ 橋台側	
	Y		ch. 5	+ 那珂川側	
桁	X	SA－ 255CTY	ch. 6	+ A ₂ 橋台側	
	Y		ch. 7	+ 那珂川側	

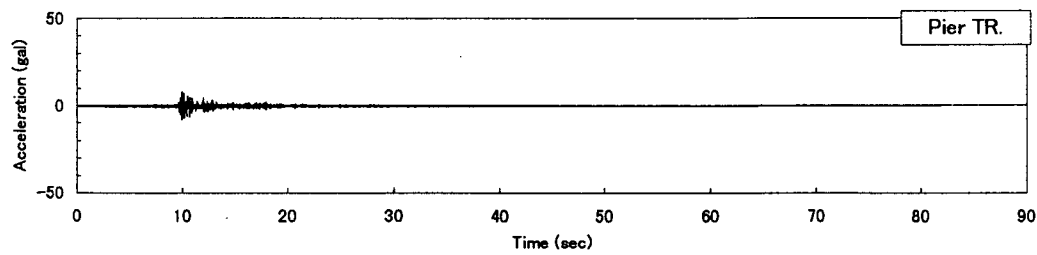
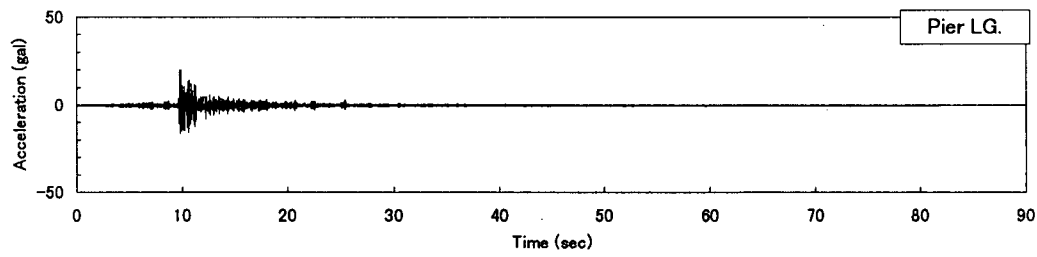
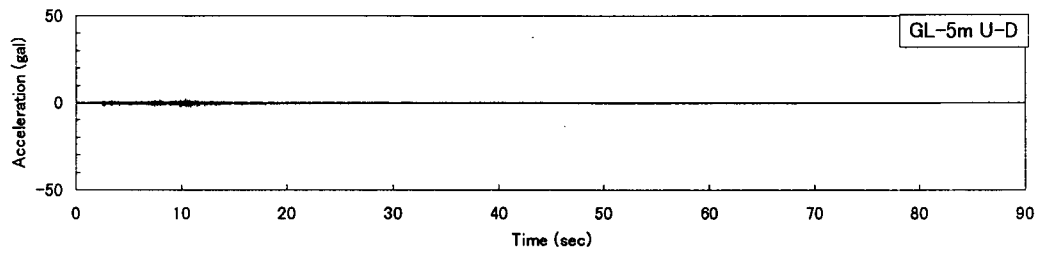
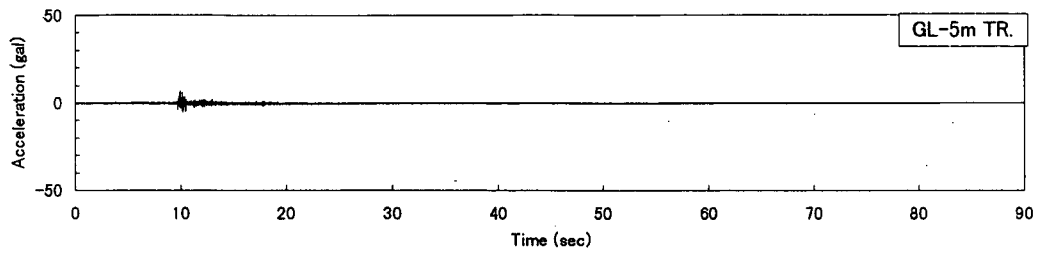
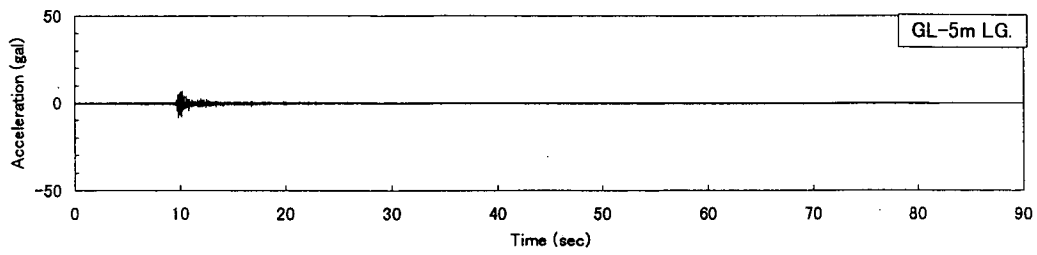
山-1 1994.10.04



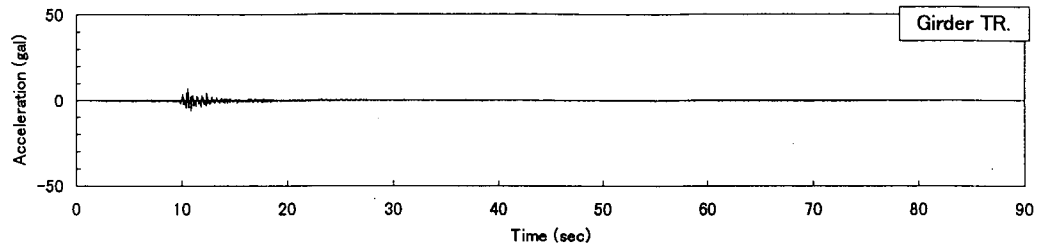
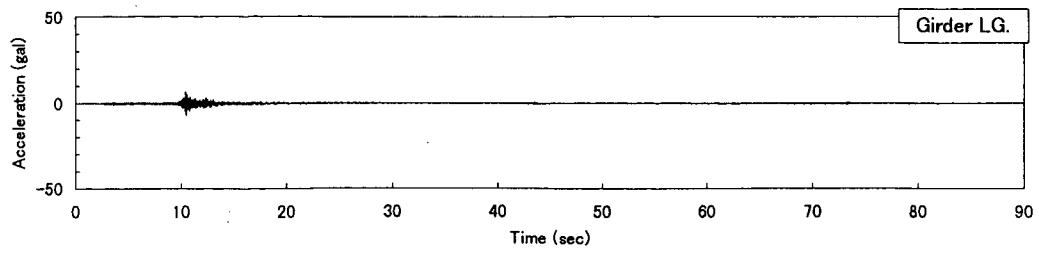
山-1 1994.10.04



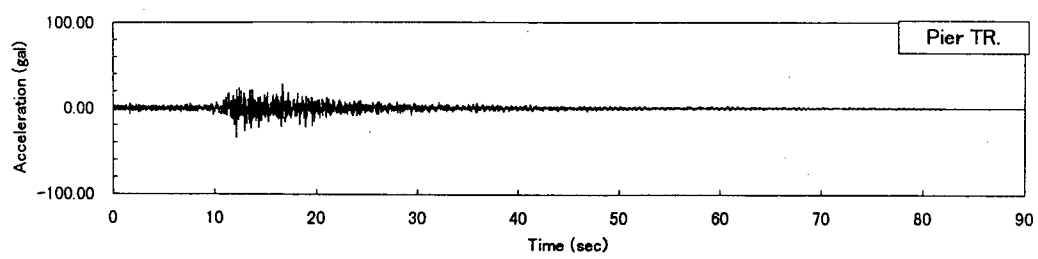
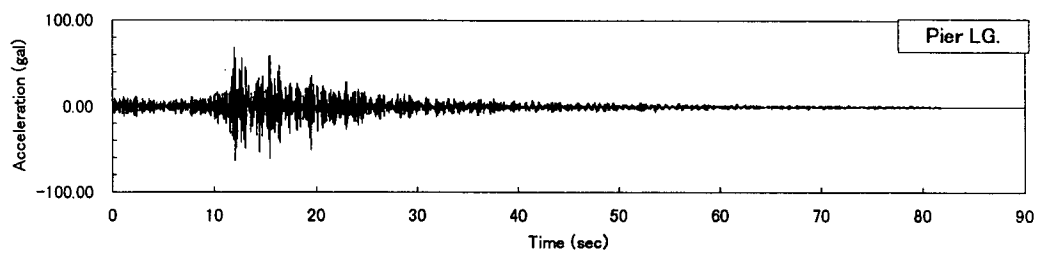
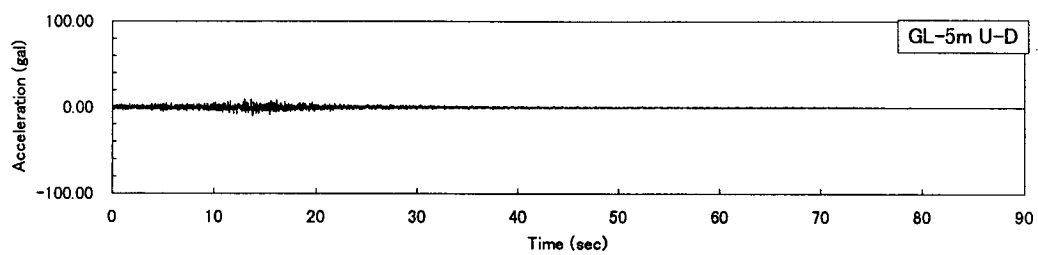
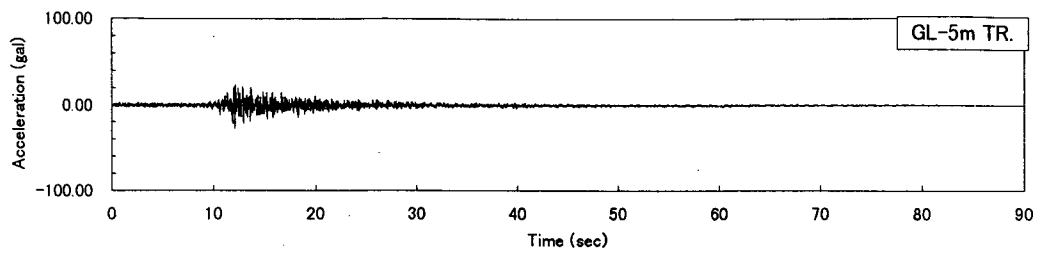
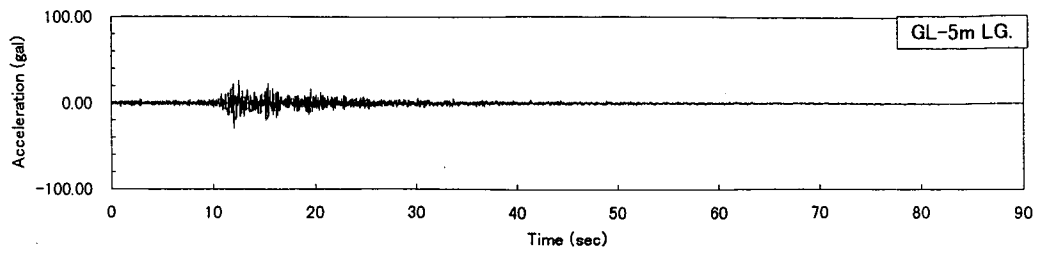
山-2 1995.12.17



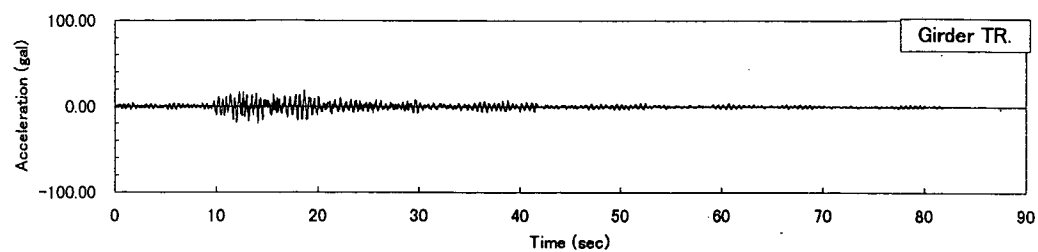
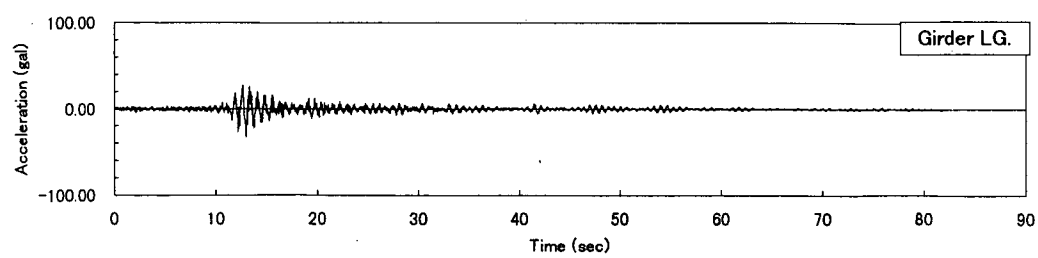
山-2 1995.12.17



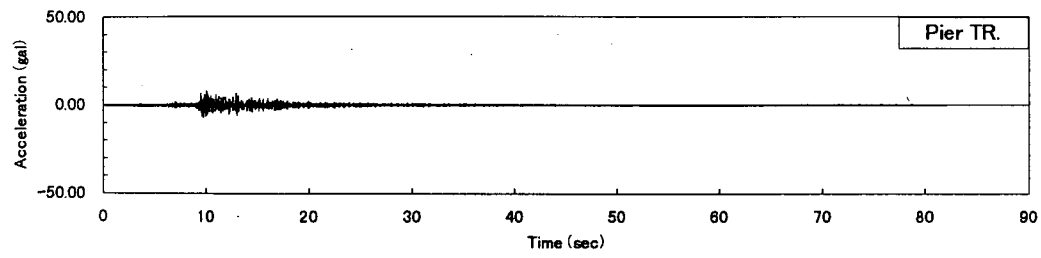
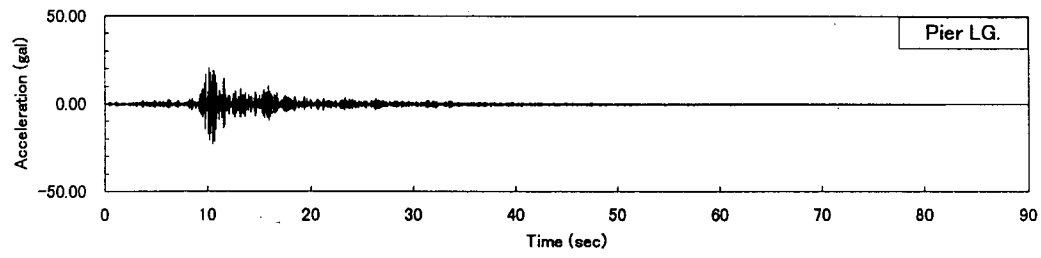
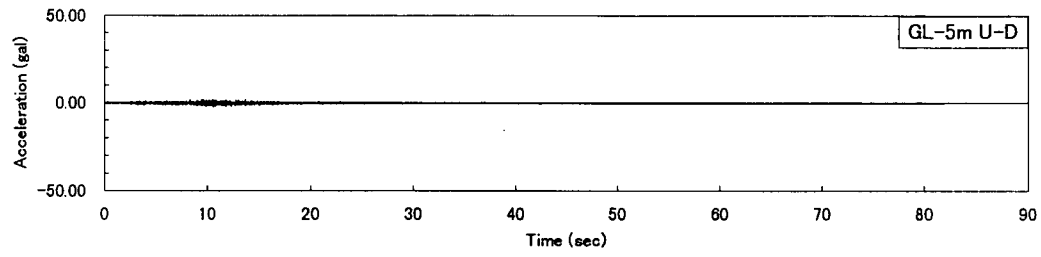
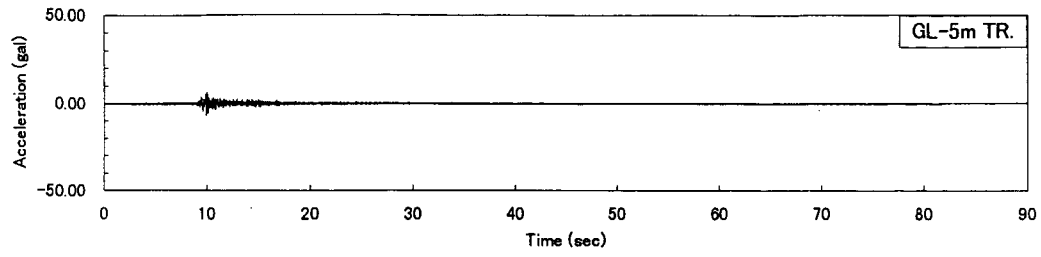
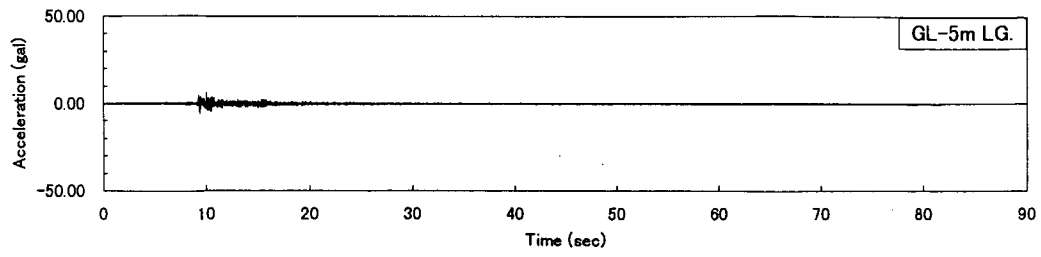
山-3 1996.02.17



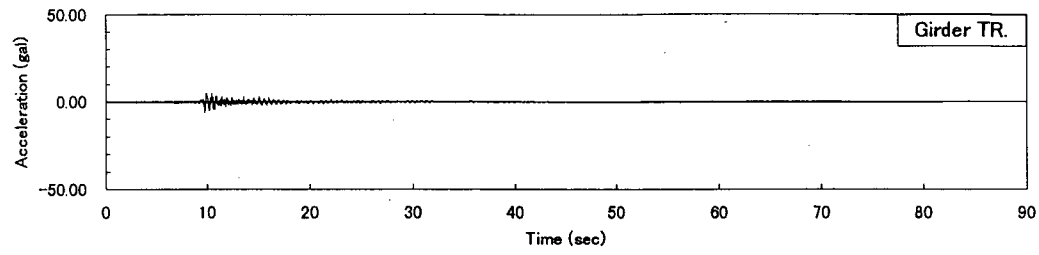
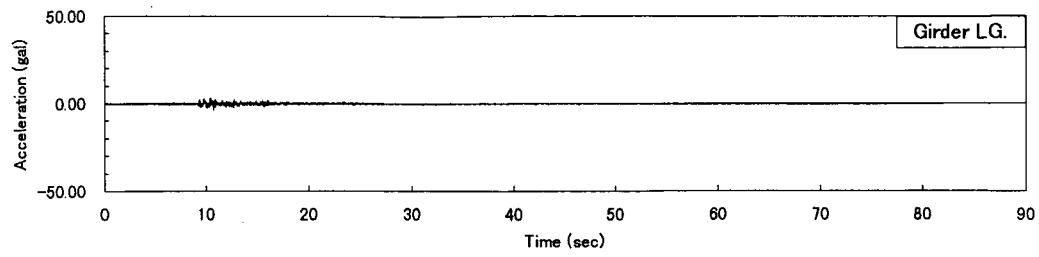
山-3 1996.02.17



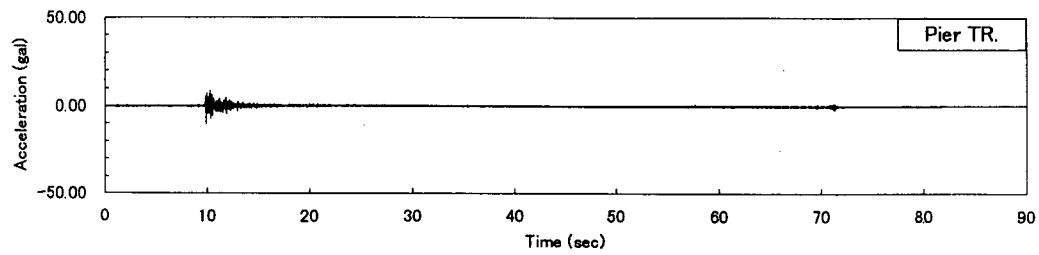
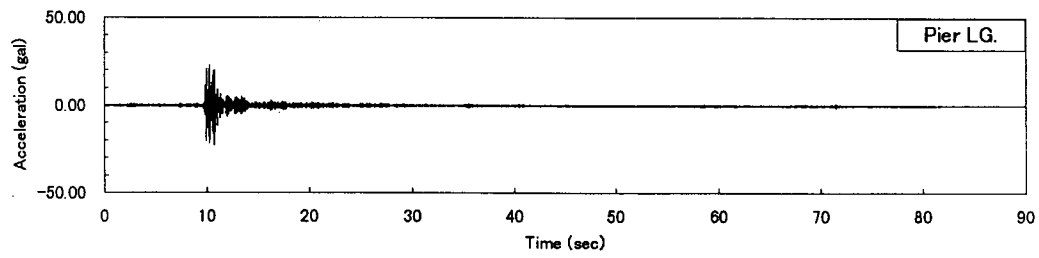
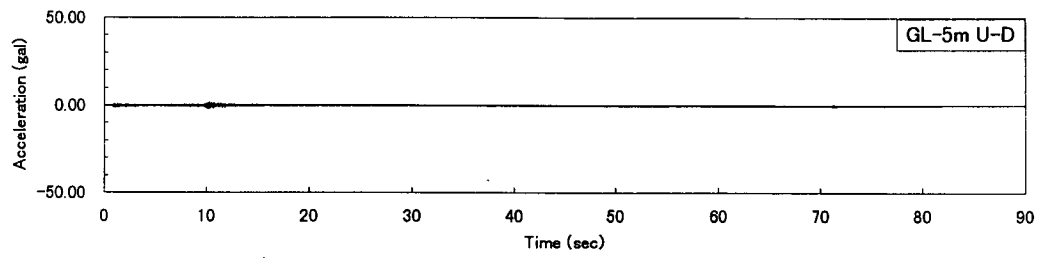
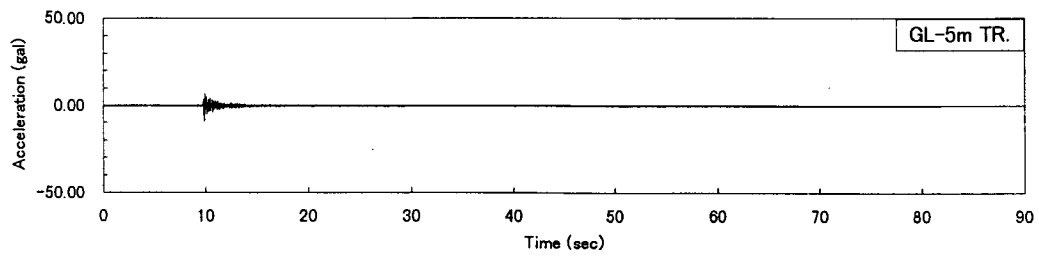
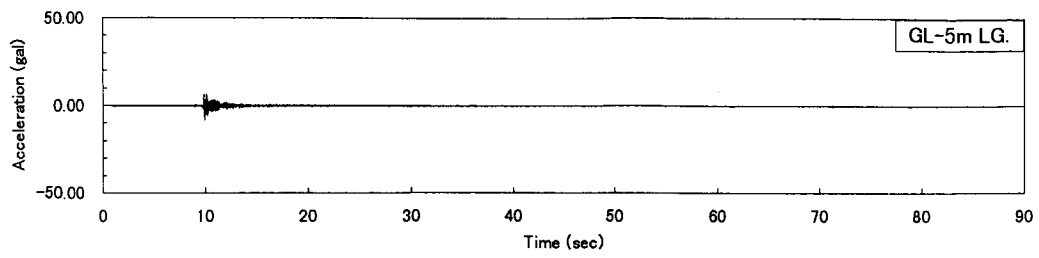
山-4 1996.05.02



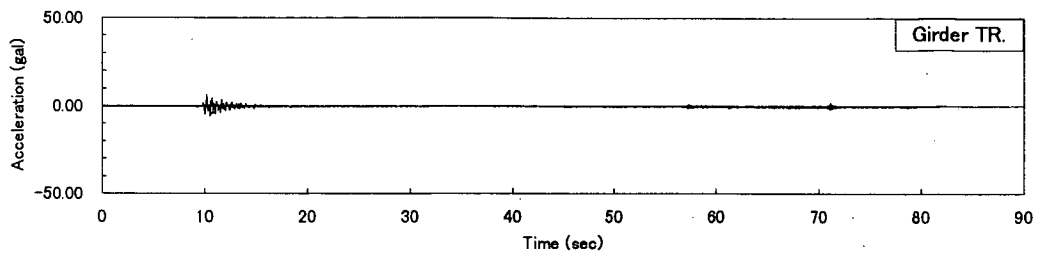
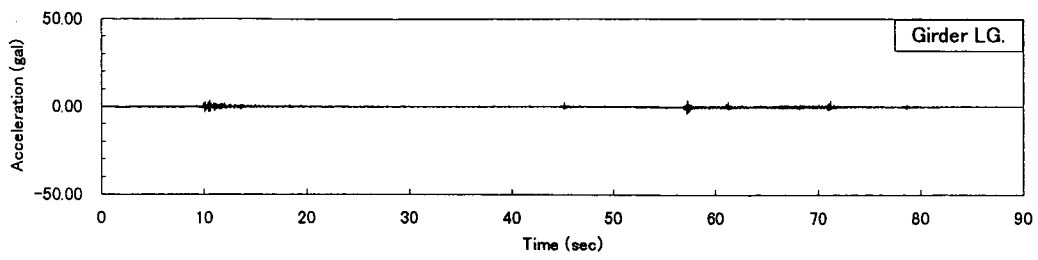
山-4 1996.05.02



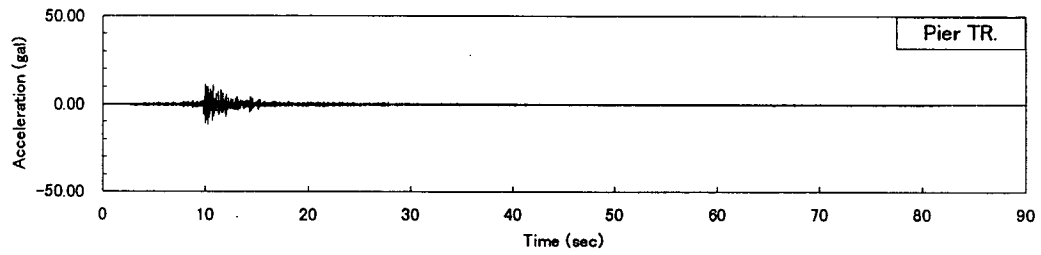
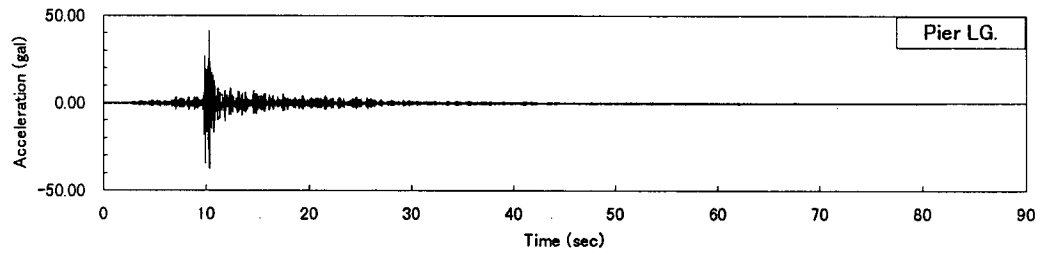
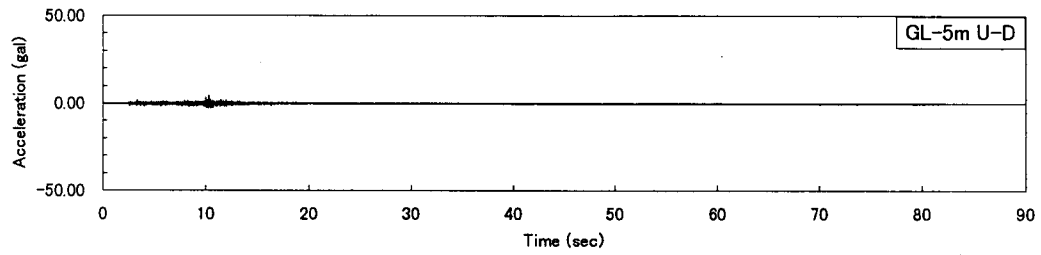
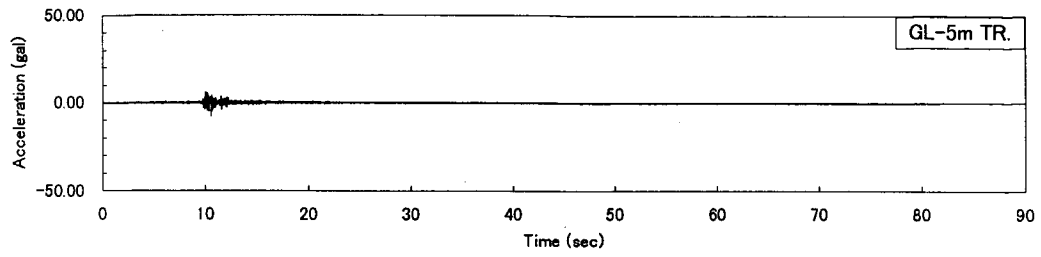
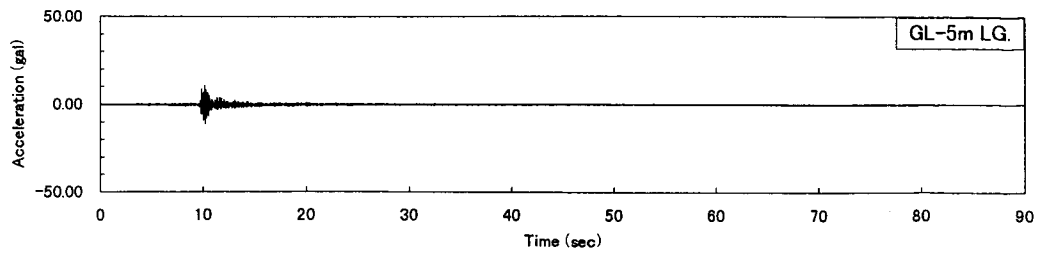
山-5 1996.05.15



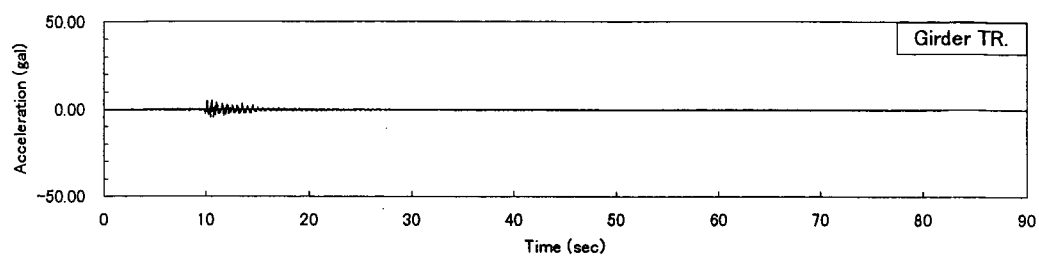
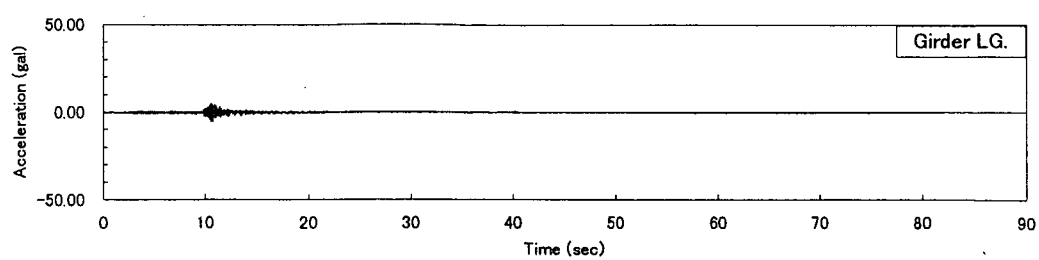
山-5 1996.05.15



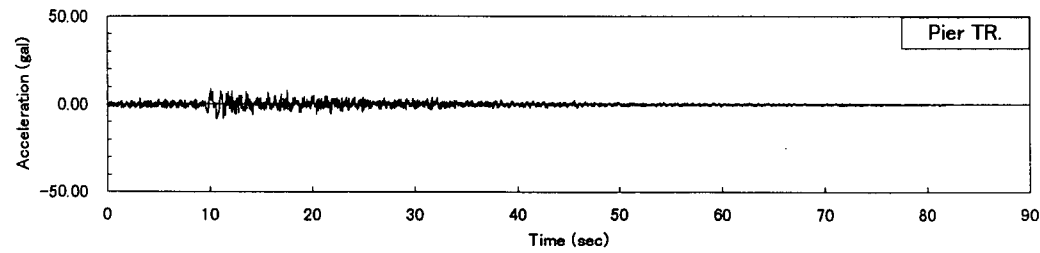
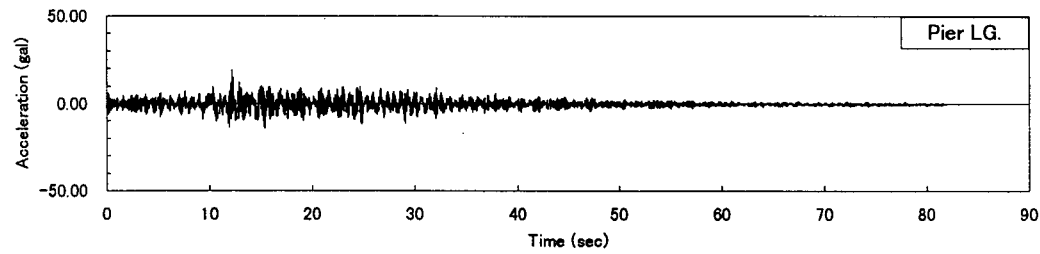
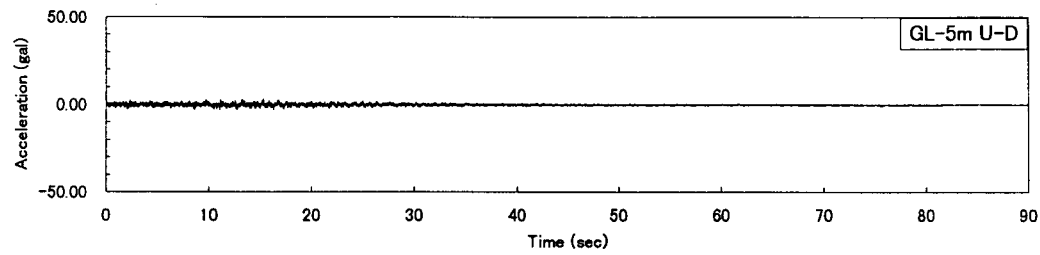
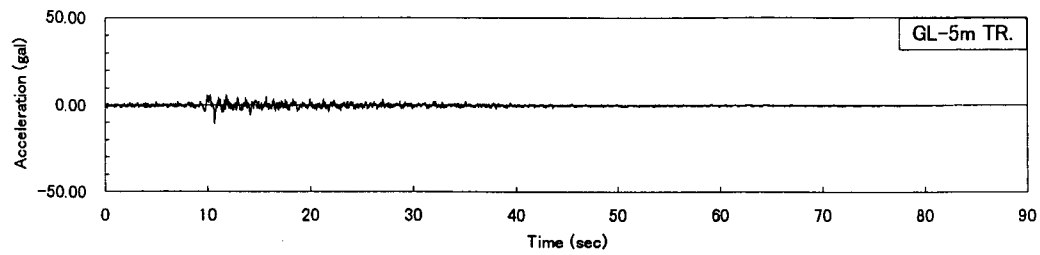
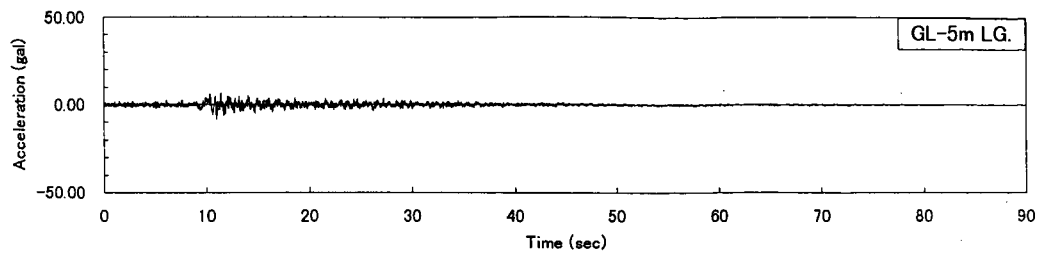
山-6 1996.06.08



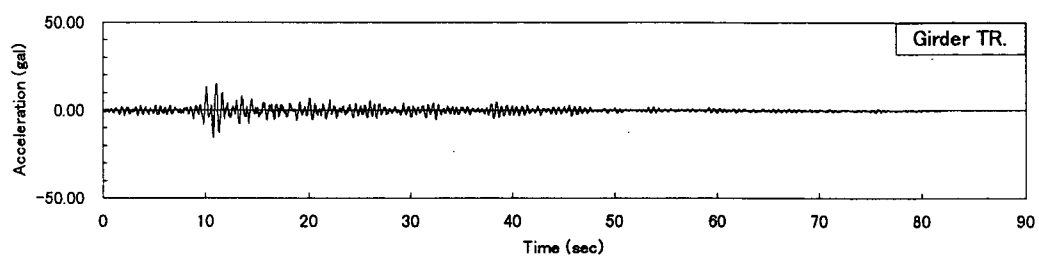
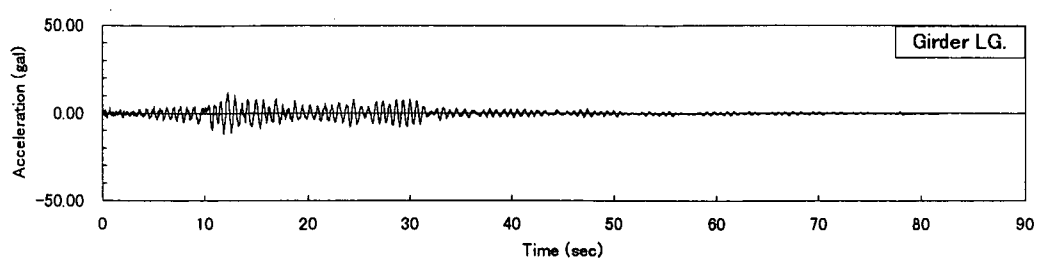
山-6 1996.06.08



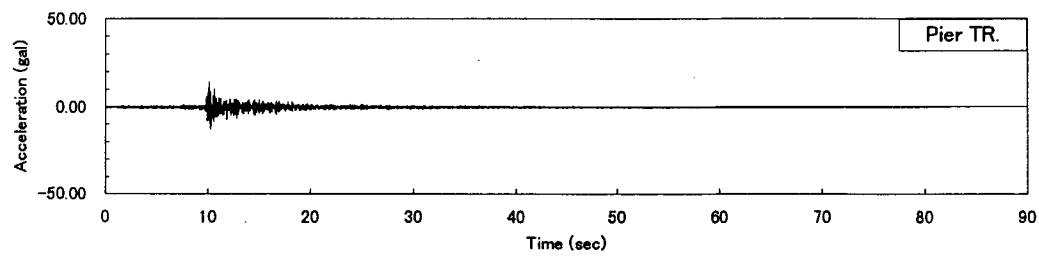
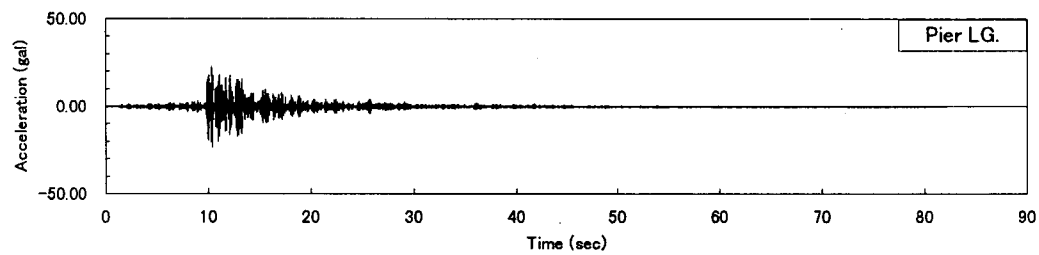
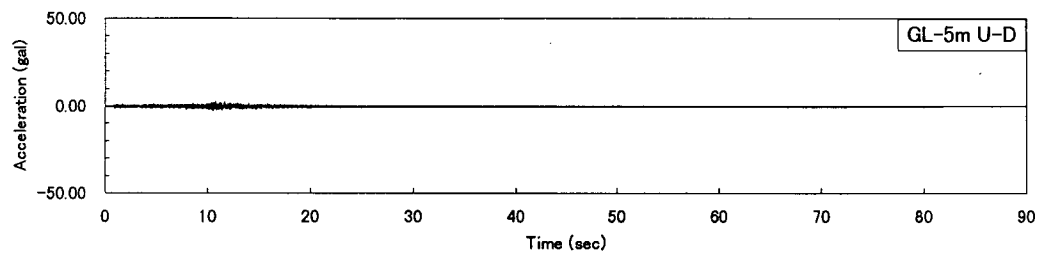
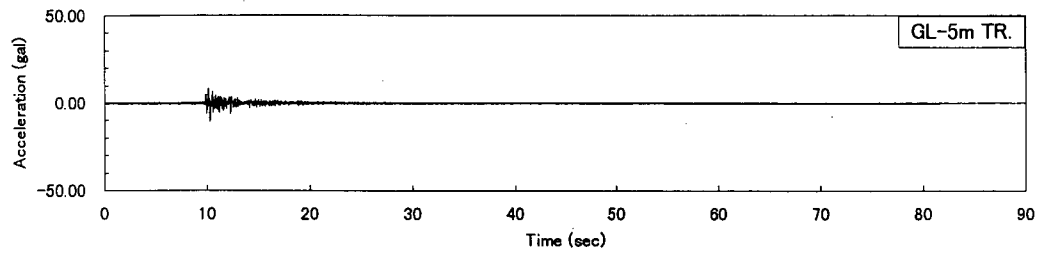
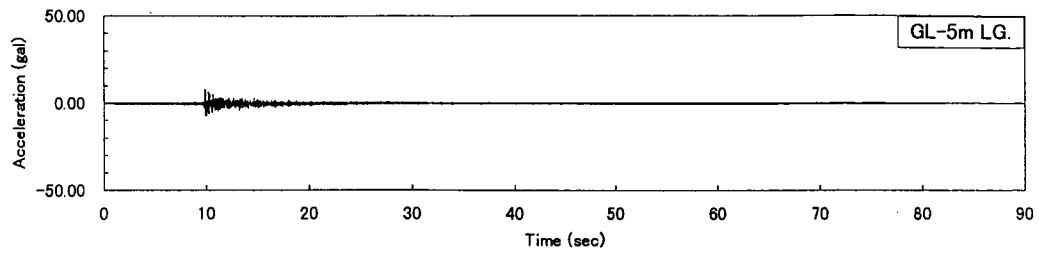
山-7 1996.09.11



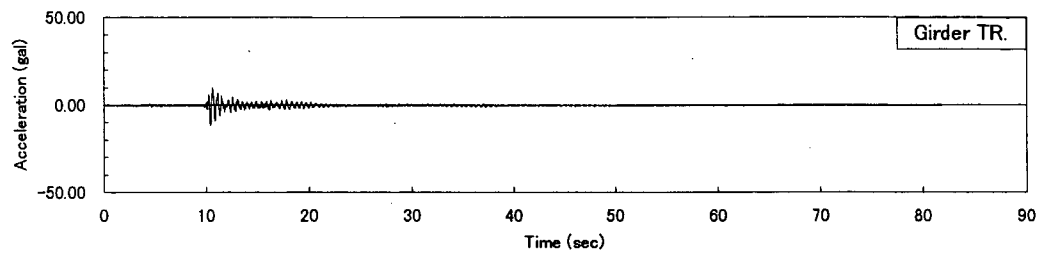
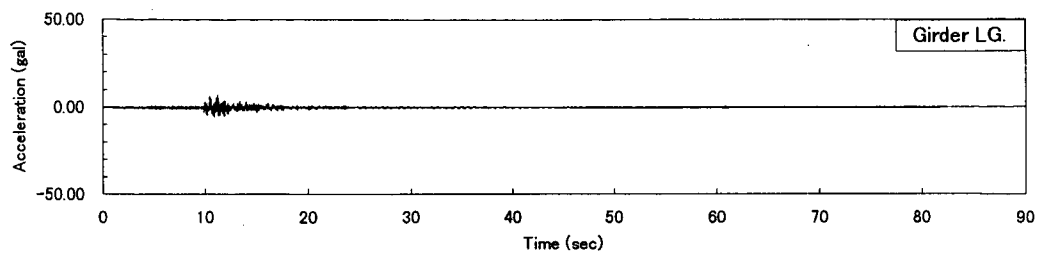
山-7 1996.09.11



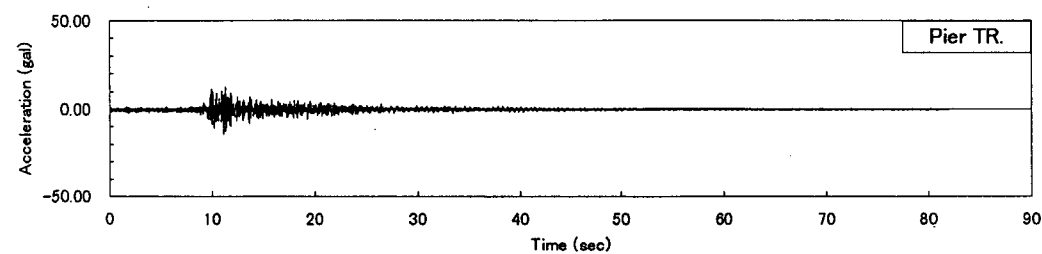
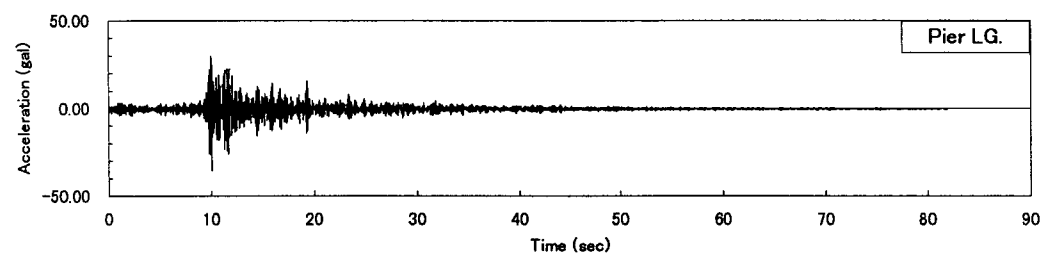
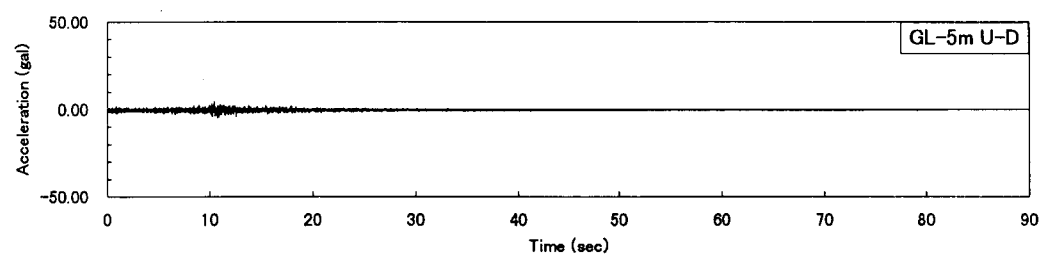
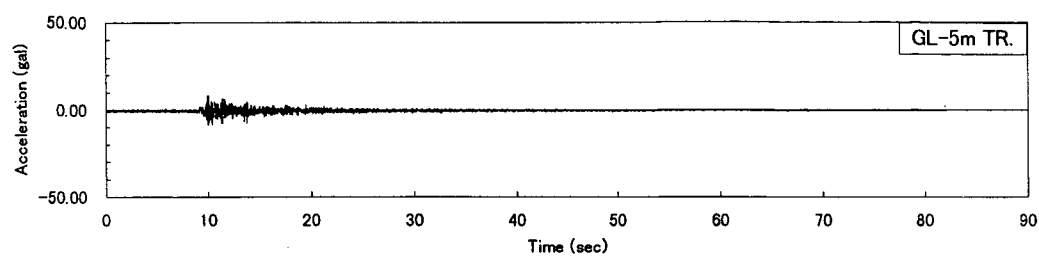
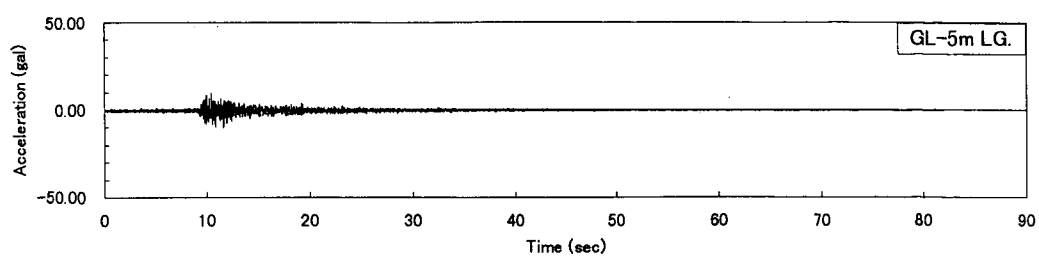
山-8 1996.10.07



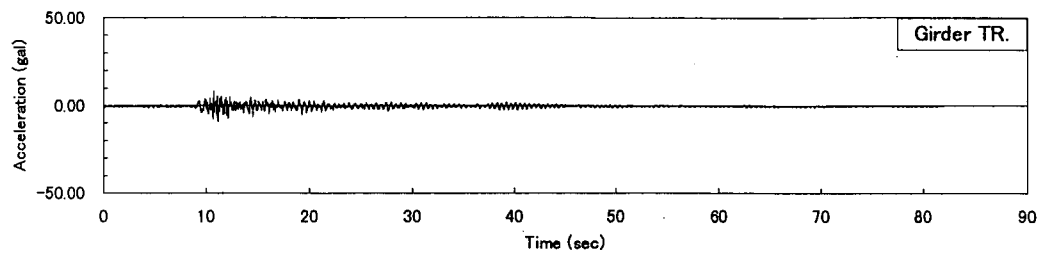
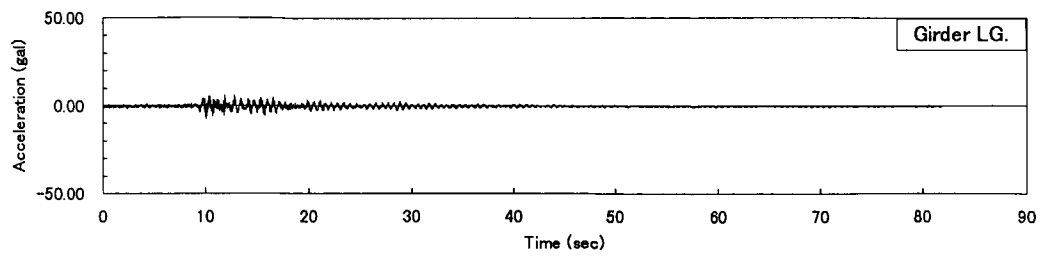
山-8 1996.10.07



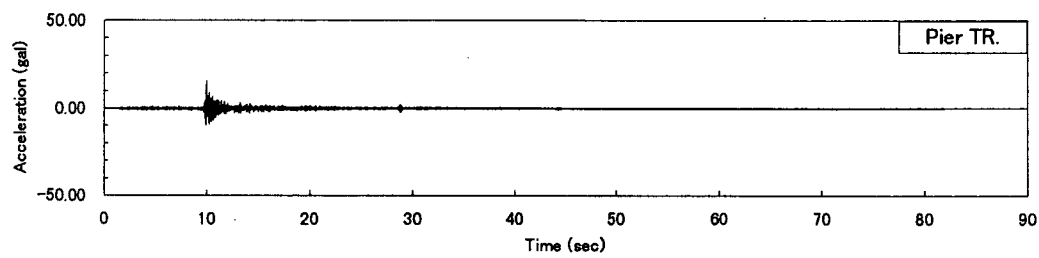
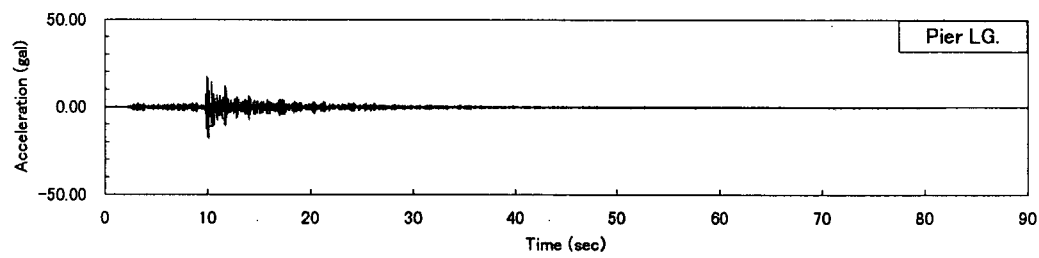
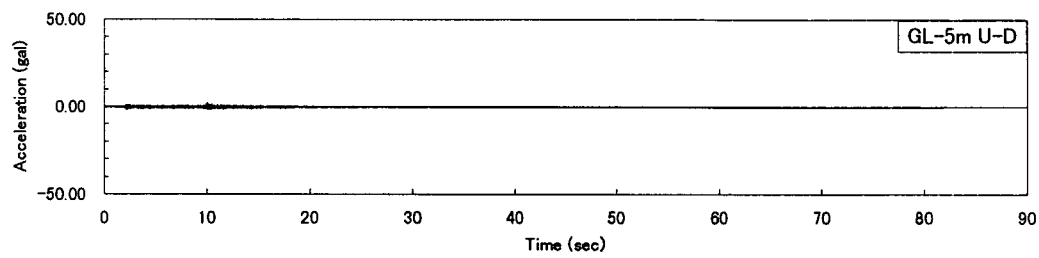
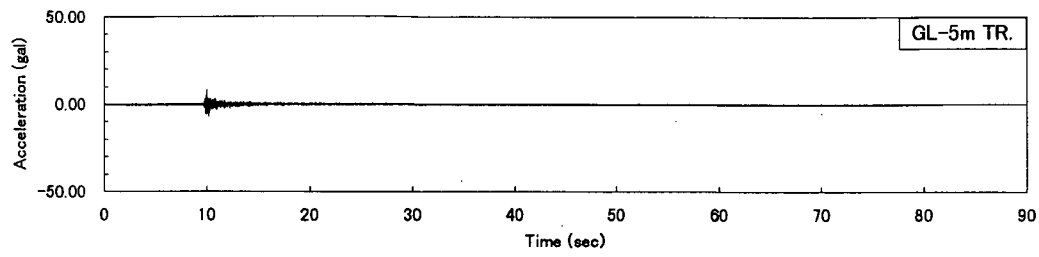
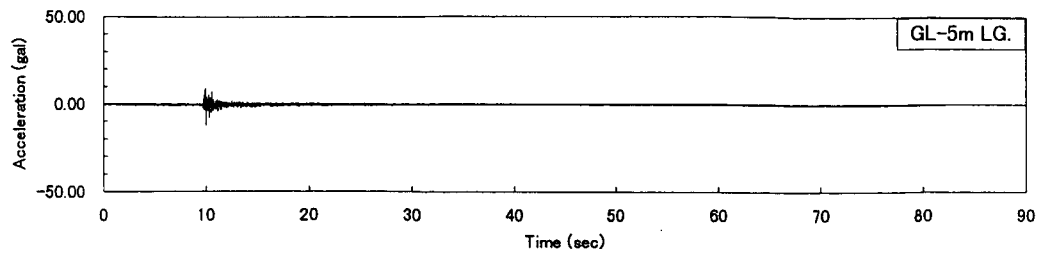
山-9 1997.02.20



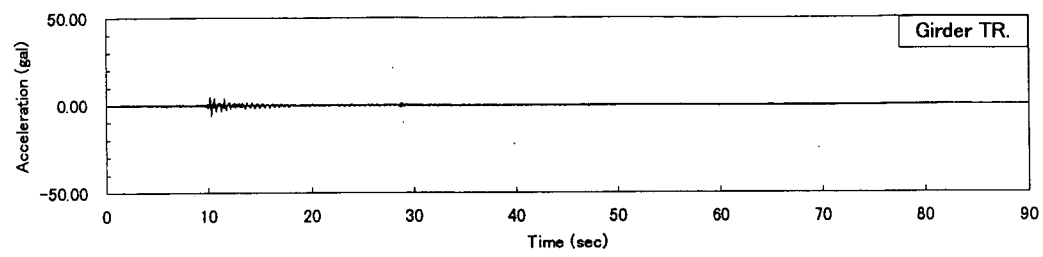
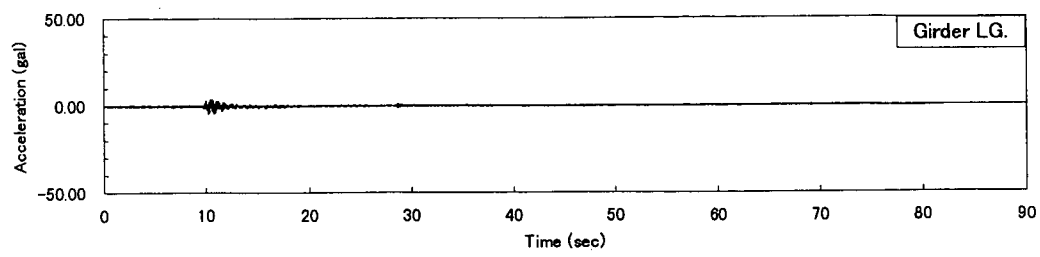
山-9 1997.02.20

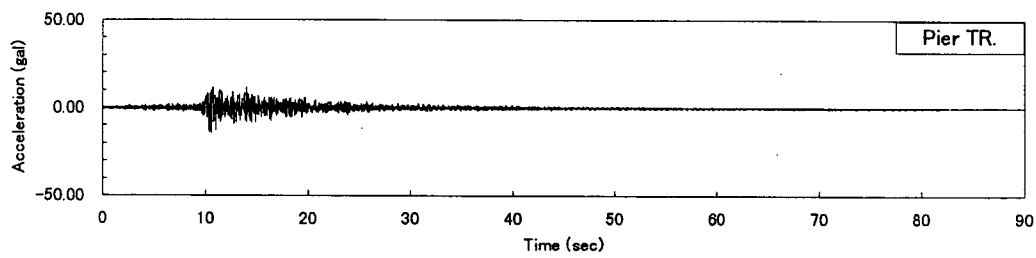
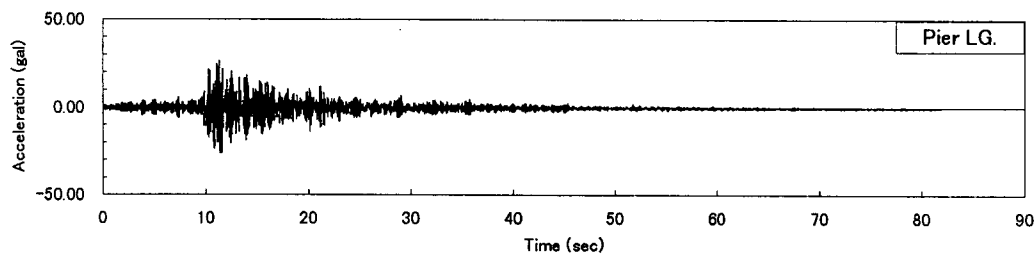
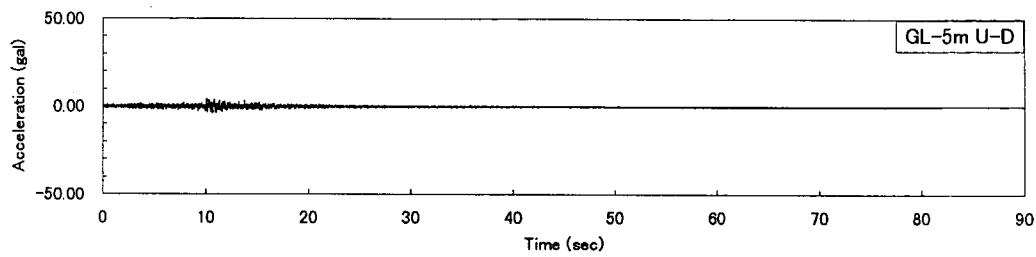
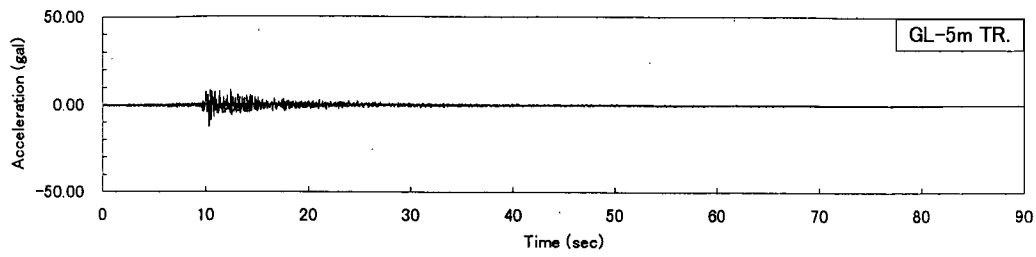
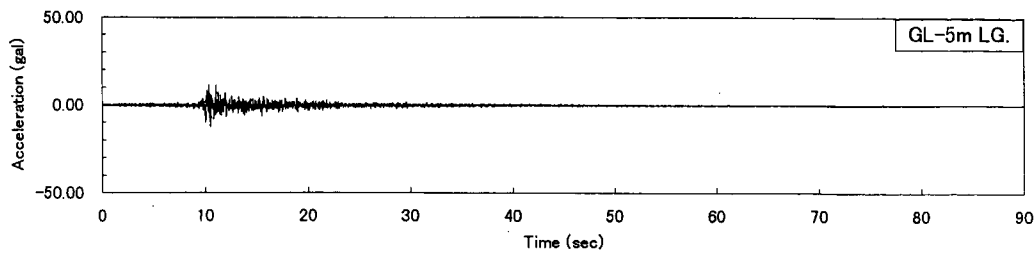


山-10 1997.04.11

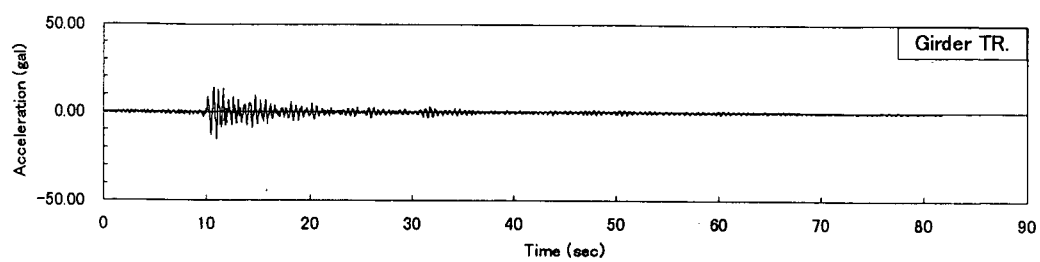
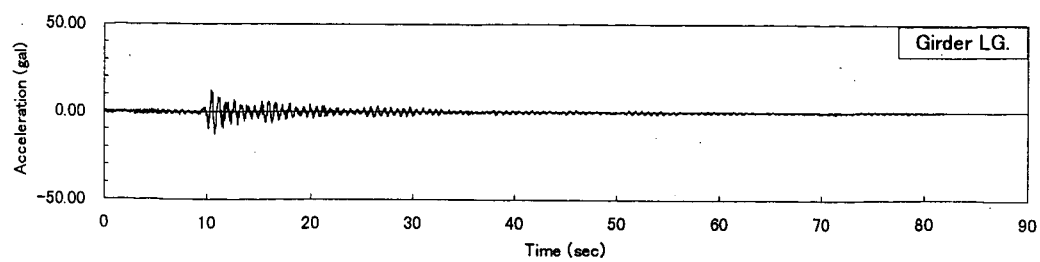


山-10 1997.04.11

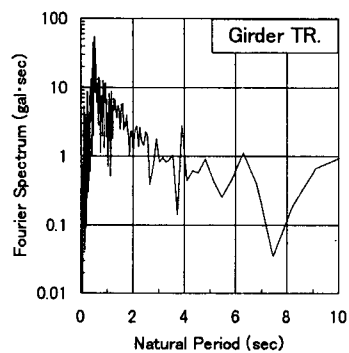
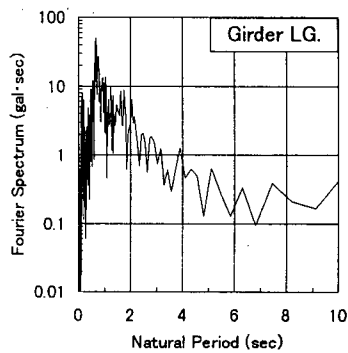
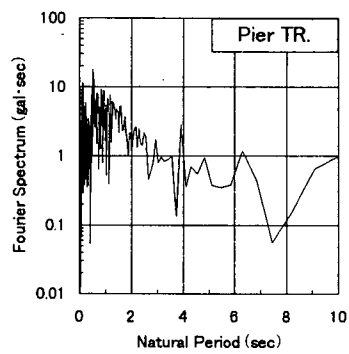
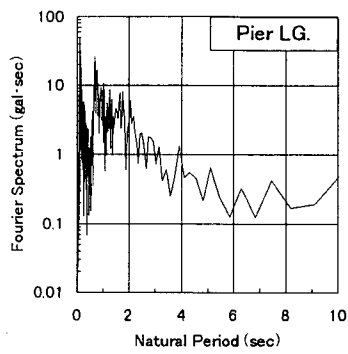
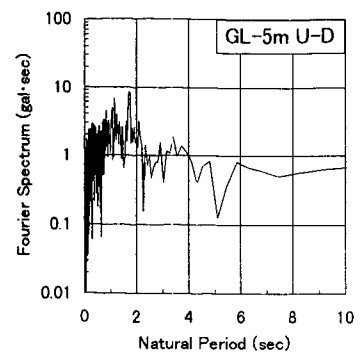
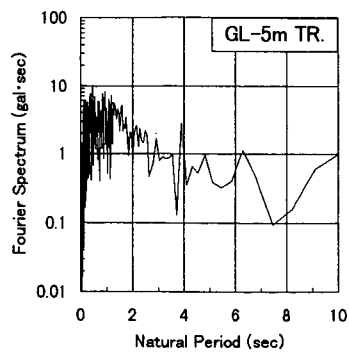
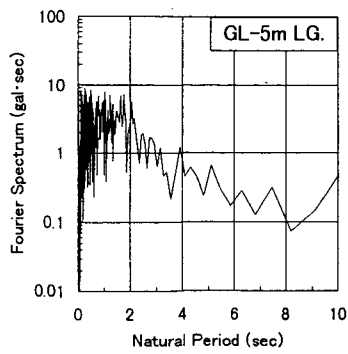




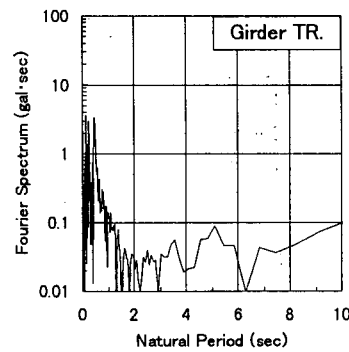
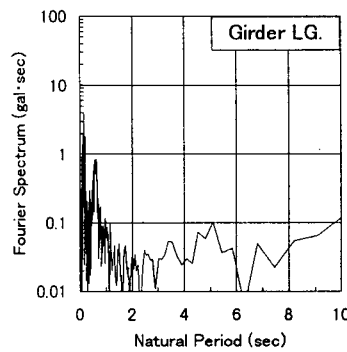
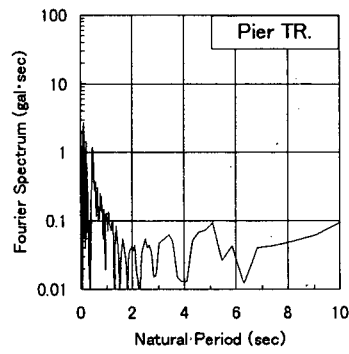
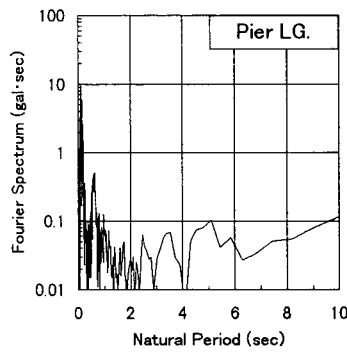
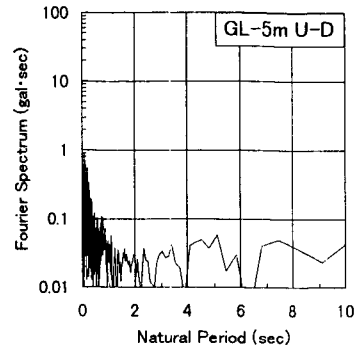
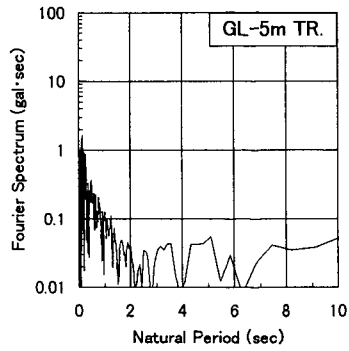
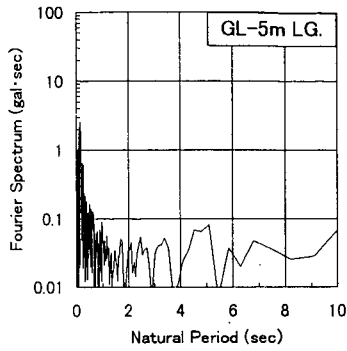
山-11 1997.05.12



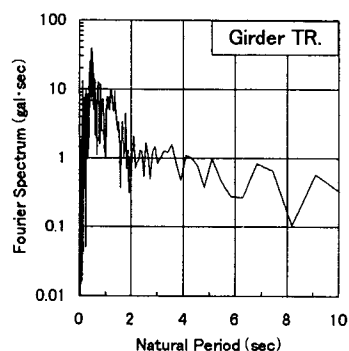
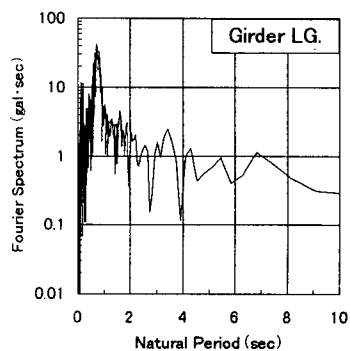
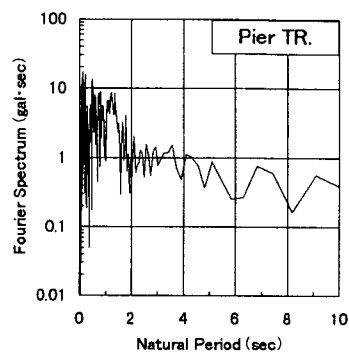
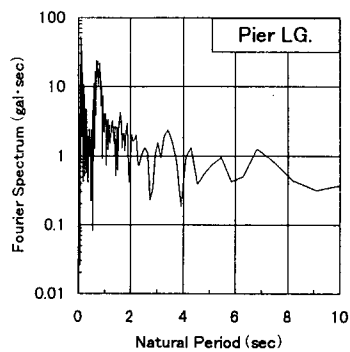
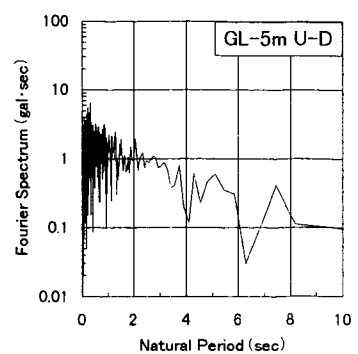
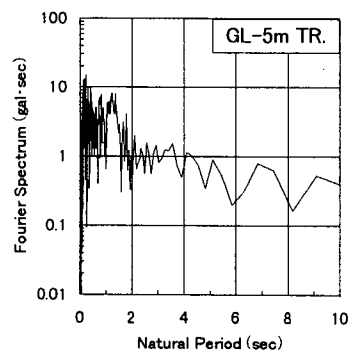
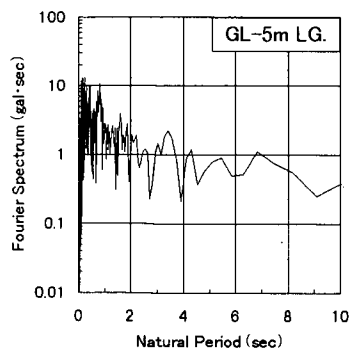
山-1 1994.10.04

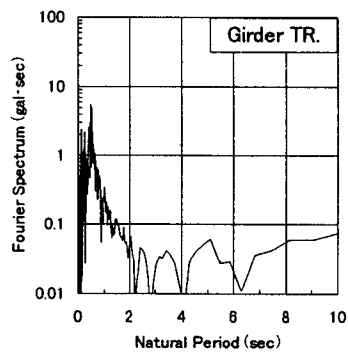
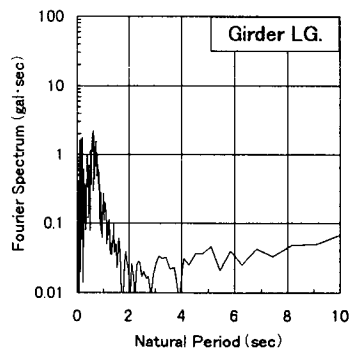
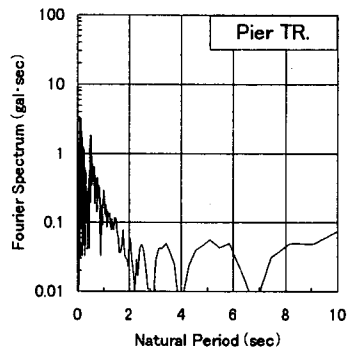
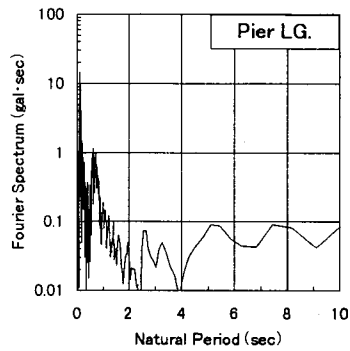
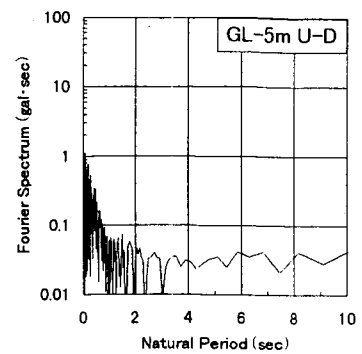
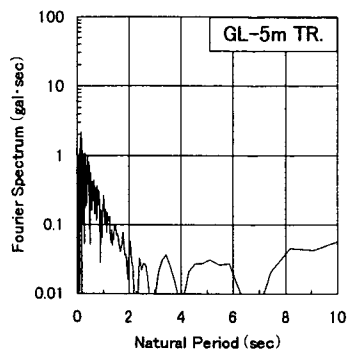
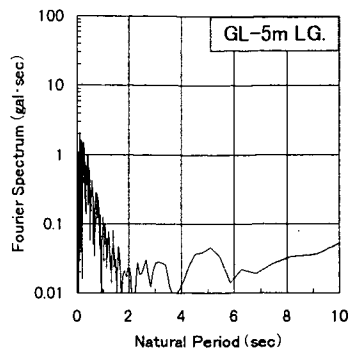


山-2 1995.12.17

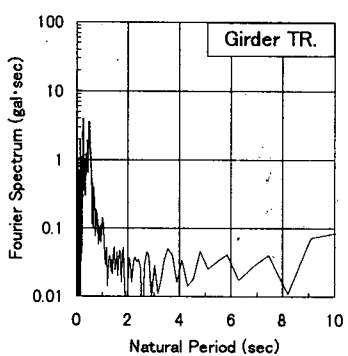
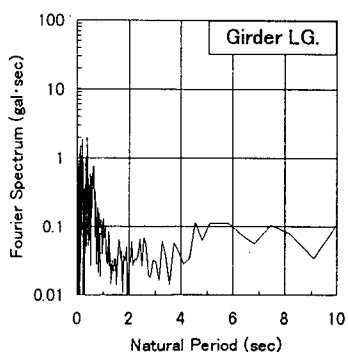
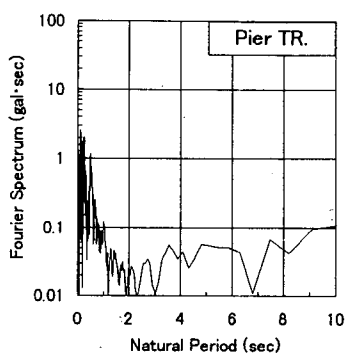
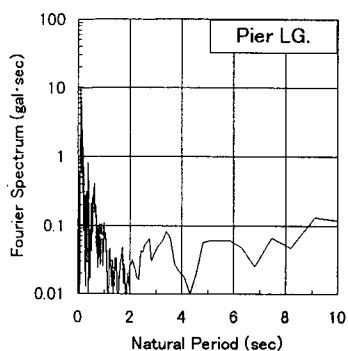
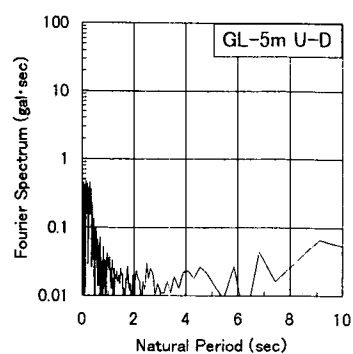
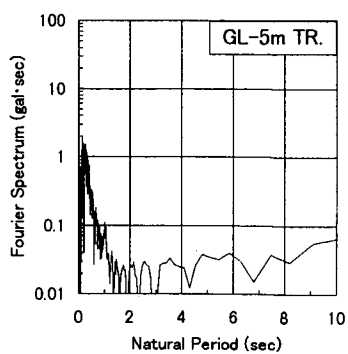
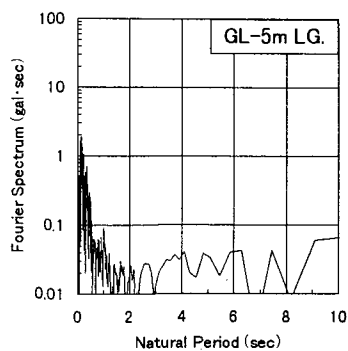


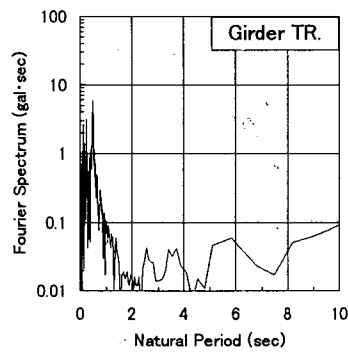
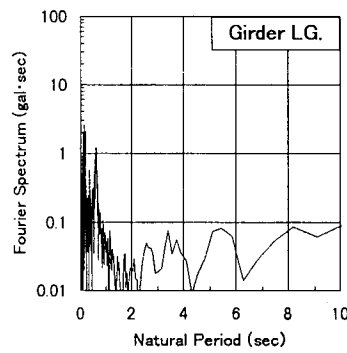
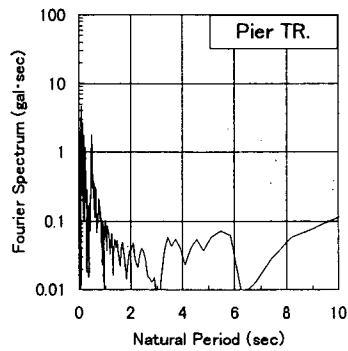
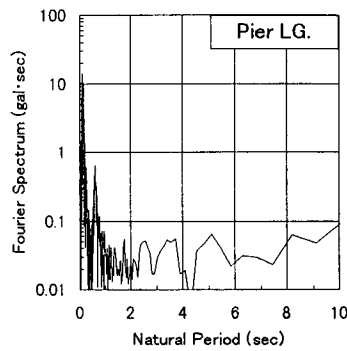
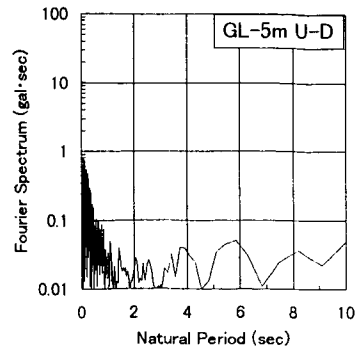
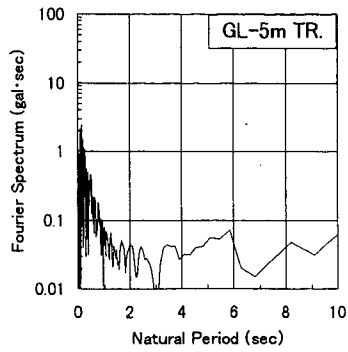
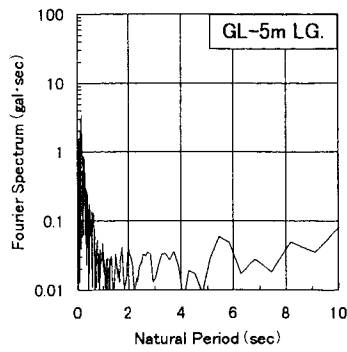
山-3 1996.02.17

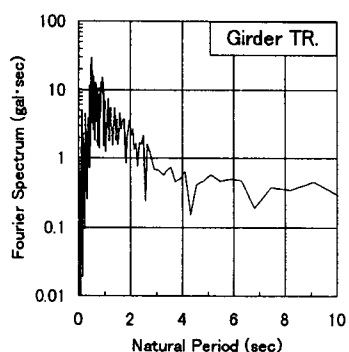
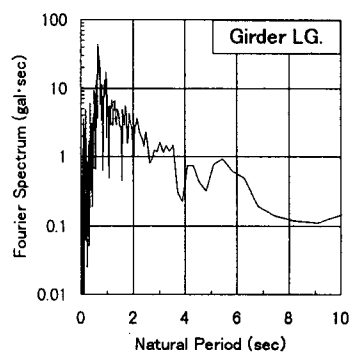
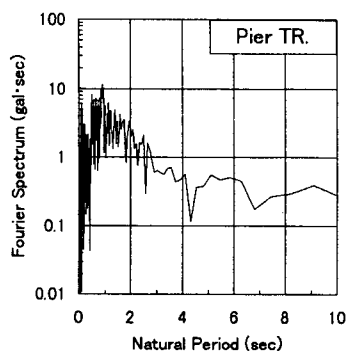
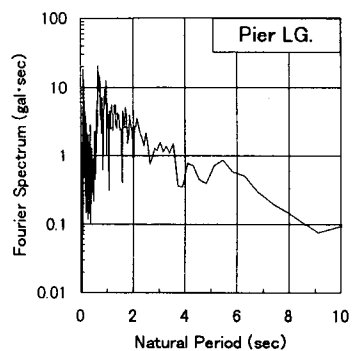
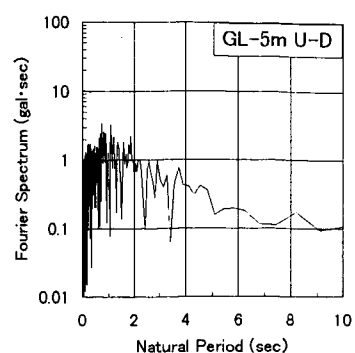
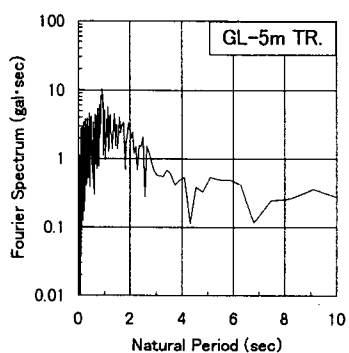
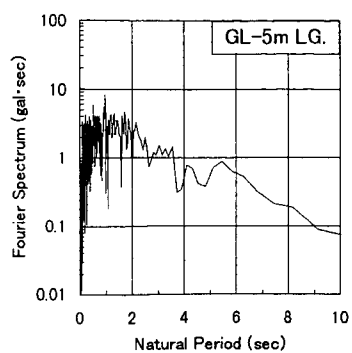




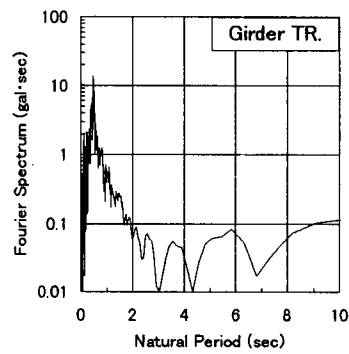
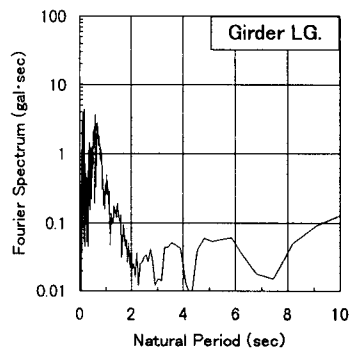
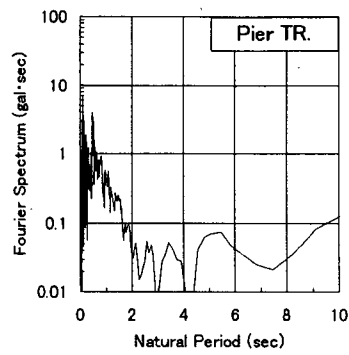
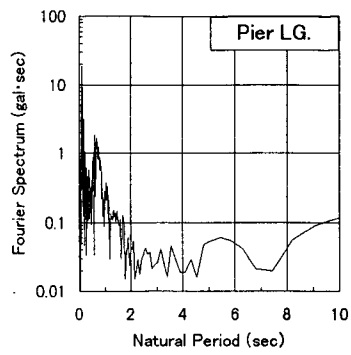
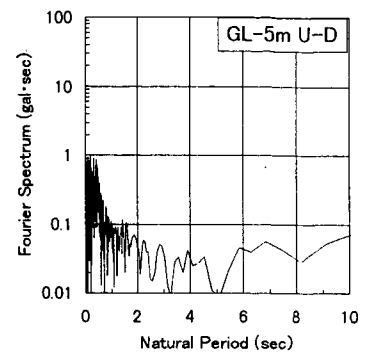
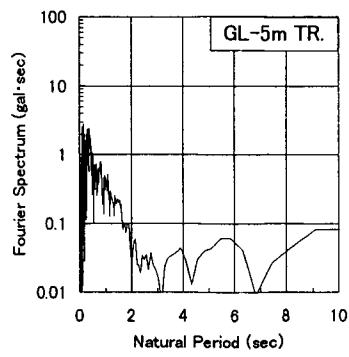
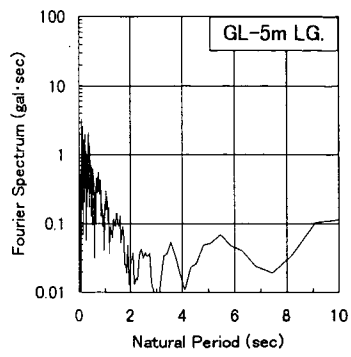
山-5 1996.05.15

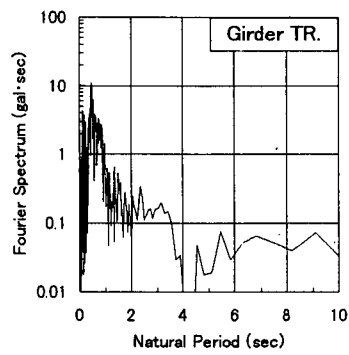
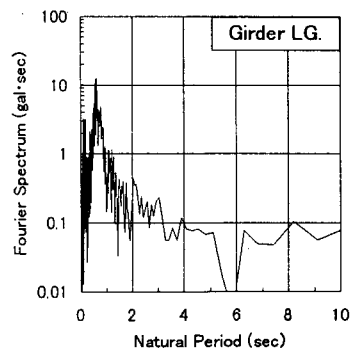
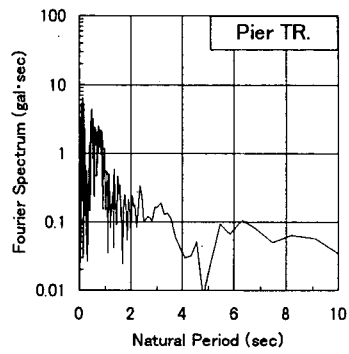
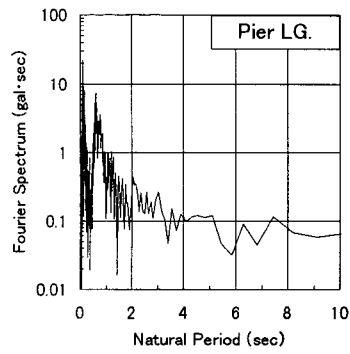
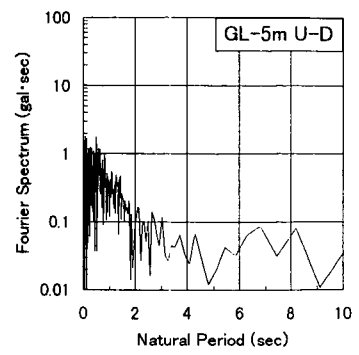
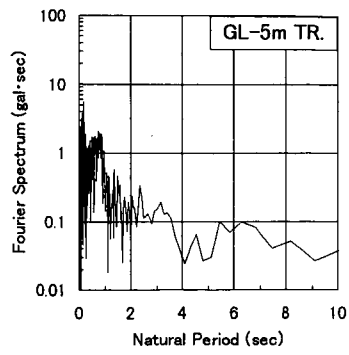
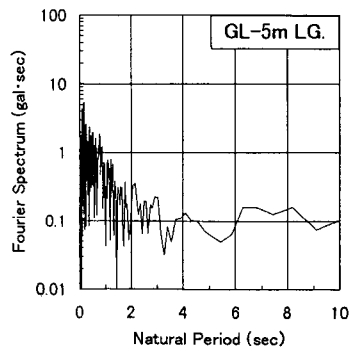


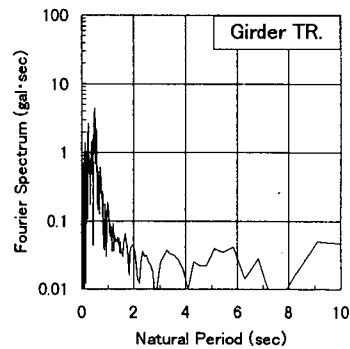
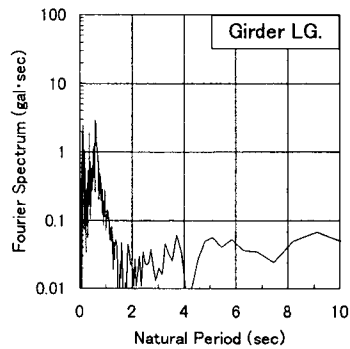
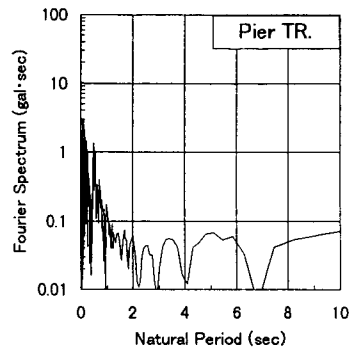
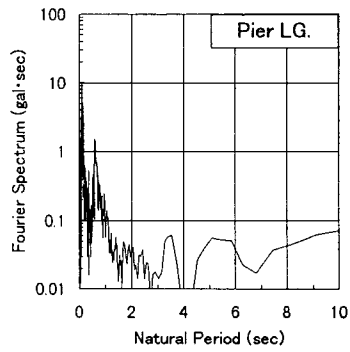
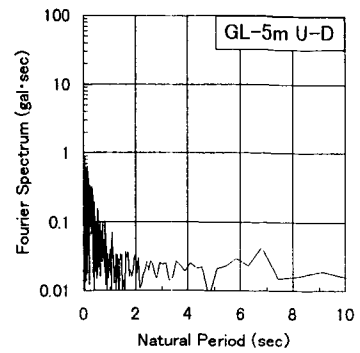
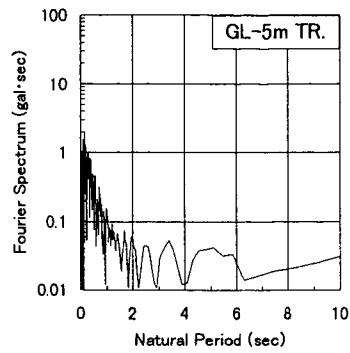
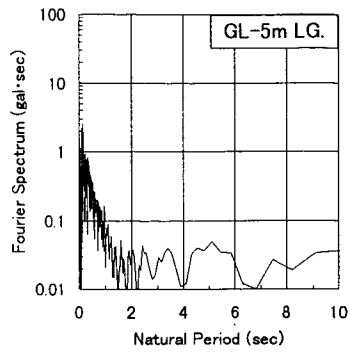


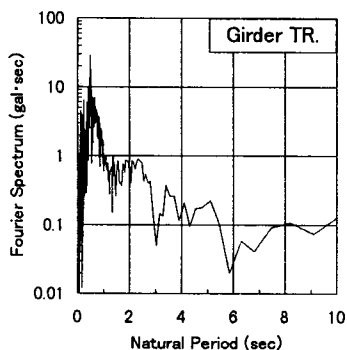
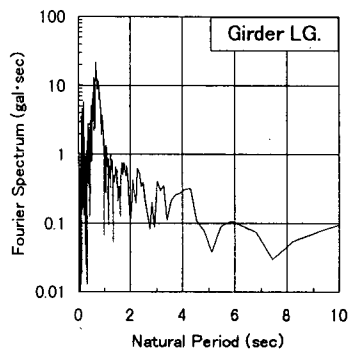
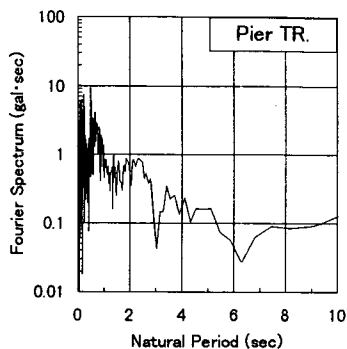
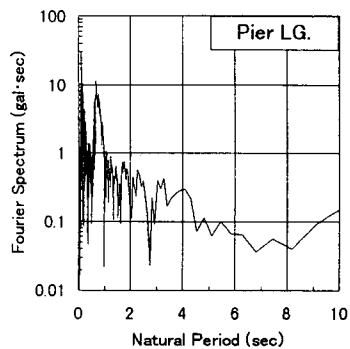
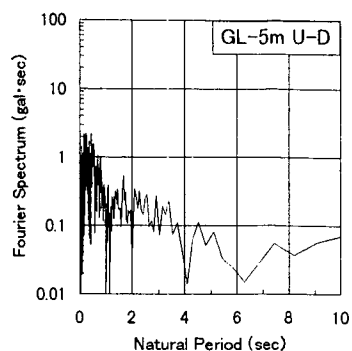
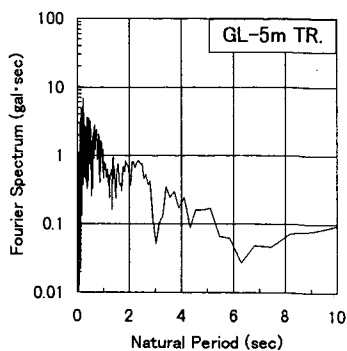
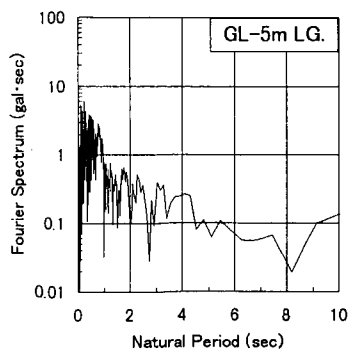


山-8 1996.10.07









4. 宮川橋

4.1 宮川橋の概要

宮川橋は、図-4.1 に示す静岡県周智郡春野町の一般国道 362 号の改良区間において、一級河川気田川に架設された橋長 105.8m、幅員 10.5m の 3 径間連続非合成鈑桁橋であり、⁸⁾、わが国最初の免震橋として平成 3 年 3 月に竣工した。

橋梁の諸元は表-4.1 に示すとおりで直線橋であり、図-4.2 に示されるように基礎支持地盤が浅く、耐震設計上の地盤種別がⅠ種地盤であり免震設計には有利な条件といえる。

免震支承としては、図-4.3 に示すように鉛プラグ入り積層ゴム支承を採用し、地震時保有水平耐力法による変形に対して橋全体系として 0.12 の減衰定数を確保している。固有周期は、震度法レベルでは 0.76 秒、地震時保有水平耐力法レベルでは 1.0 秒を想定している⁹⁾。

4.2 宮川橋と強震観測

宮川橋では、免震橋の動的特性を検討するために地震計が取り付けられ、強震観測が行われている。平成 3 年 4 月 25 日に静岡県中部を震源とするマグニチュード 4.9 の地震が発生し、最初の強震記録が得られた。

強震計は、図-4.2 に示すように、P1 橋脚上において桁と橋脚天端に各 1 箇所、A1 橋台から 10m 離れた地点の地下 10m で 1 箇所、計 3 箇所に設置されている。1 箇所あたり、橋軸方向、橋軸直角方向、上下方向の 3 成分を観測している。観測には、アナログ式の強震計を用いている。

記録が得られたのは、平成 3 年 4 月 25 日に静岡県中部（北緯 35 度 3 分，東経 138 度 12 分）を震源として発生したマグニチュード 4.9 の地震である。気象庁震度は、網代でⅣ、静岡、浜松等でⅡである。震源は、宮川橋の東北東約 30km にあたり、震央距離は約 30km である。宮川橋付近での震度はⅡと推定される。

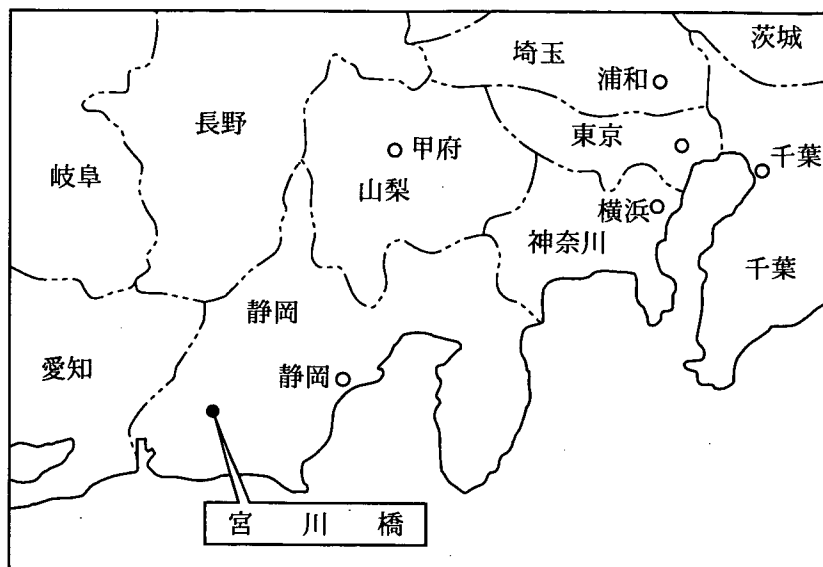
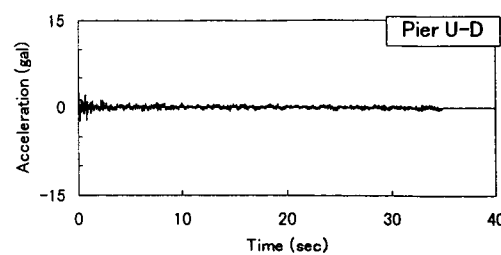
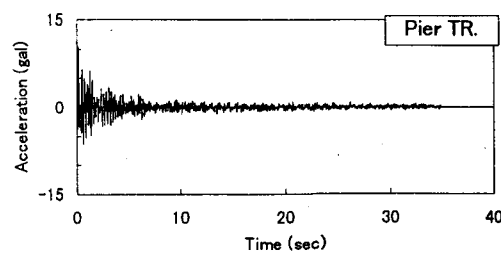
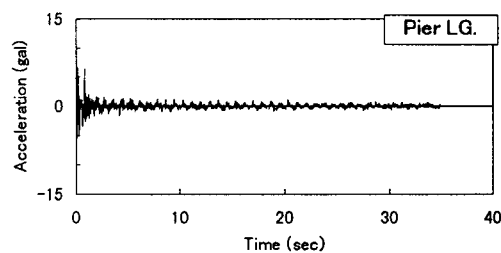
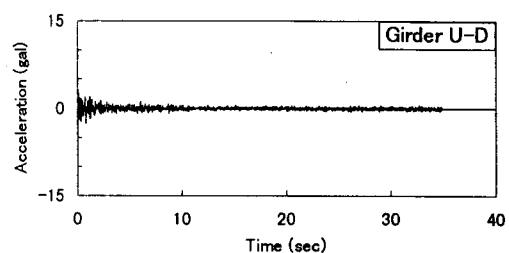
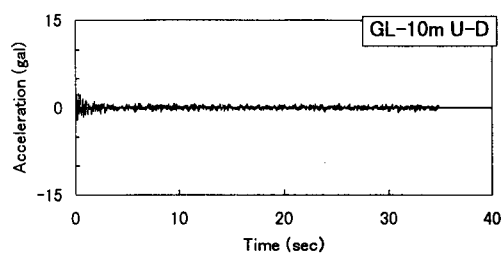
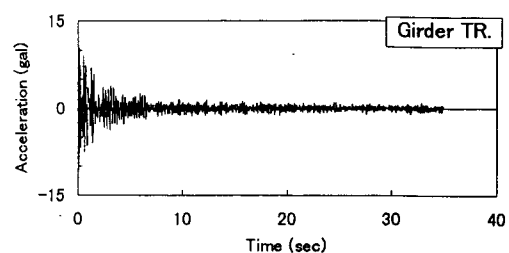
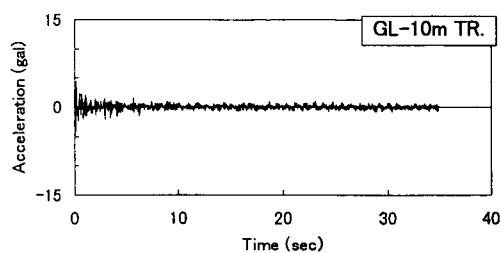
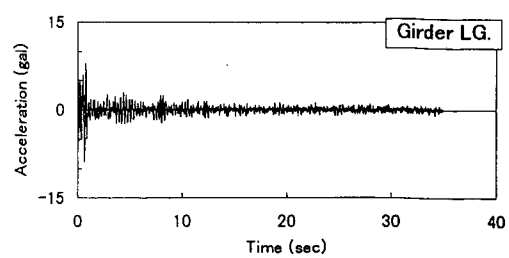
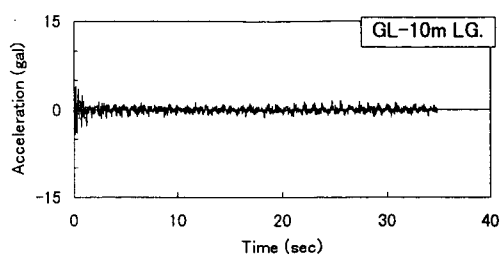


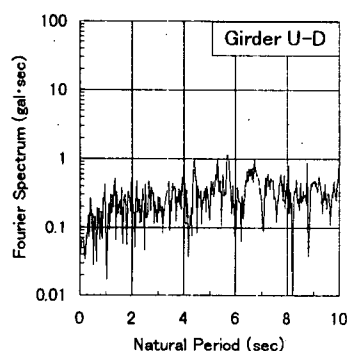
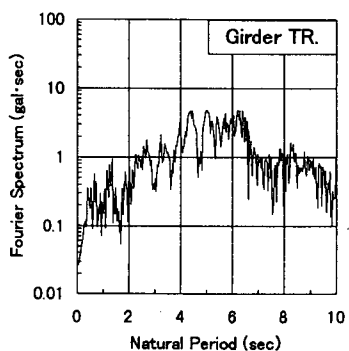
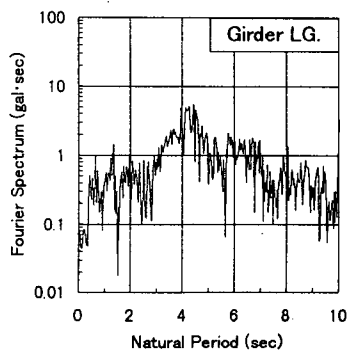
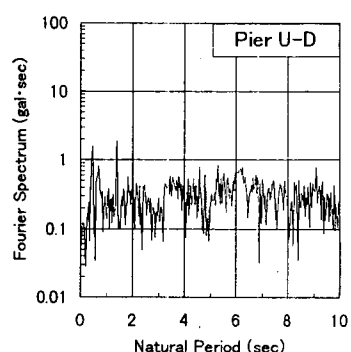
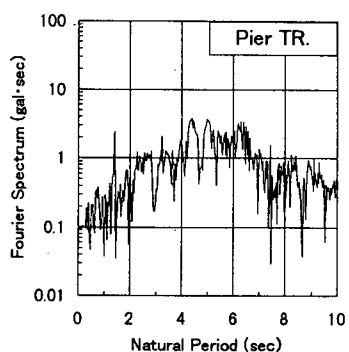
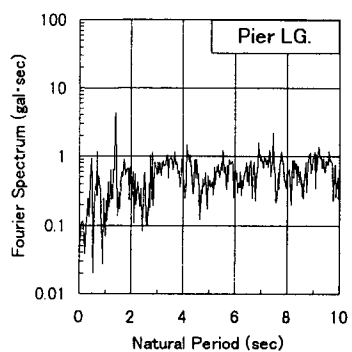
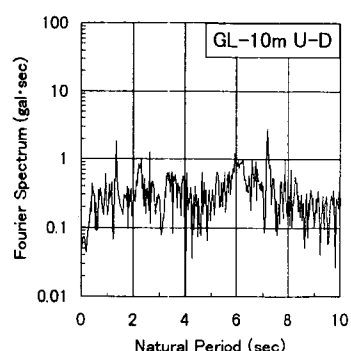
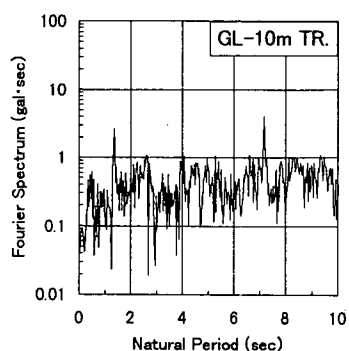
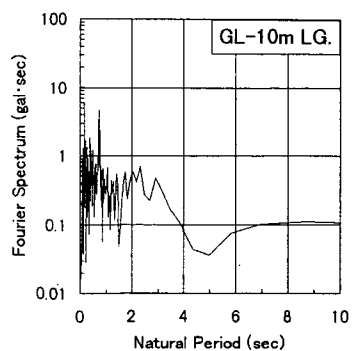
図-4.1 宮川橋の位置

表-4.1 宮川橋の諸元

橋種	非合成鈹桁道路橋	
橋格	1等橋 (TL-20)	
型式	上部構造	3径間連続非合成鈹桁
	橋脚型式	P1, P2:RC 壁式橋脚
	橋台型式	A1, A2:逆T式橋台
	基礎型式	直接基礎
道路規格	第3種第2級	
橋長	105.8m	
支間長	32.85+39.00+32.85m	
有効幅員	車道部 8.00m, 歩道部 2.50m	
平面線形	R=∞	
縦断勾配	I=0.45%	
斜角	$\alpha=90^{\circ} 00' 00''$	
地盤種別	I種地盤	
設計震度	Kh=0.20 橋軸方向、橋軸直角方向	
免震方向	橋軸方向	



宮-1 1991.04.25



デジタル数値の磁気記録化

本資料に掲載した強震加速度記録は、利用者の便を考えて、デジタル数値を磁気媒体に収録した。記録媒体の利用を希望される方は土木研究所耐震技術研究センター防災技術課までお問い合わせいただきたい。

謝辞

本資料に掲載した強震記録の収集にあたっては、北海道開発庁開発土木研究所構造部構造研究室、岩手県土木部道路建設課、栃木県道路建設課、静岡県土木部道路建設課より提供いただき、関係各位のご協力を得ました。ここに記して厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 池田兵十郎、松本直樹、福田耕一：温根沼大橋の設計計画、橋梁と基礎、90-5、pp.23-27
- 2) 佐藤昌志、谷本俊充、西弘明、西村敦史、林亜紀夫：平成6年北海道東方沖地震時の免震橋（温根沼大橋）の挙動、第23回地震工学研究発表会、平成7年、pp.497-500
- 3) 河田周、佐藤照美、田中隆：丸木大橋の設計－我が国初のPC免震橋梁－、橋梁と基礎、92-9、pp9-14
- 4) 建設省土木研究所：免震橋梁の地震時動的特性に関する研究、土木研究所資料第3299号、平成6年8月
- 5) 池田猛、大関克人、熊倉一臣、阿部登：烏丸1号橋（免震橋梁）の設計、橋梁と基礎、91-6、pp5-10
- 6) 川上和彦、阿部登、熊倉一臣、窪田良明、谷英夫：山あげ大橋の振動実験、橋梁と基礎、94-9、pp21-24
- 7) 川上和彦、熊倉一臣、谷英夫：山あげ大橋の設計と振動実験－高減衰ゴム支承を用いた免震橋梁－、土木技術、93-8、pp53-61
- 8) 松尾芳郎、原広司、大石昭雄、山下幹夫：宮川橋の設計と施工、橋梁と基礎、91-2、pp.15-22
- 9) 建設省土木研究所：免震橋の地震応答特性に関する研究、土木研究所報告第188号、平成5年3月