

VI-3

北海道開発局における強震観測システム

開発土木研究所 正員 山内 敏夫 開発土木研究所 正員 小野 裕二
同 同 佐藤 昌志 同 同 島田 武

1. はじめに

強震計の設置については、昭和28年10月に総理府資源調査会で「今後3年間に必要とする強震計観測網を整備し、併せて機構を整備するよう」内閣総理大臣に勧告し、さらに昭和30年1月には具体的な強震計配置計画について勧告した。

その後、昭和39年の新潟地震の災害に鑑みて、同年11月、日本学術会議は「より高密度な強震計を実施するよう」内閣総理大臣に勧告し、国土を50Kmメッシュにした観測点に配置することを求めている。

これを基に建設省は強震計観測網整備のため強震計設置協力を各機関に依頼した。

北海道開発局（道路部門）でもこの主旨により、昭和41年から道路整備計画の中で、強震の発生確率の高い地域、及び大都市近郊に、順次強震計の設置を行っている。図-1に平成4年度まで28箇所の国道橋に設置された強震計の位置を示した。

また、路線名、橋梁名、設置場所、設置機種、設置年度を表-1に取り纏めている。

しかしながら、これらの強震計は、昭和40年代より約30年近く経過し、老朽化などにより暫時、更新をしなければならない時点となっていること、なおかつ、強震観測の省力化を図る必要があることから統一送信システムを有するデジタル式強震計設置計画を立案するに至ったものである。

本文ではこの計画について報告をする^{1,2)}。

2. 強震計の現状

北海道開発局道路部門の強震計設置は、表-1に示すように昭和41年度に十勝の千代田大橋に機械式であるSMAC-B₂を地表、橋台、橋脚に設置したのが始まりである。

その後SMAC-B₂を含め改良型であるD、E、及びQ型を地震が頻発する地域などに計画的に設置してきた。

これらの機種は、機械本体に振り子作動部、記録部が一体に内蔵されている。そのため地表および構造物の強震記録の観測となる。

そこで地中の強震記録を把握するため、昭和46年に静内橋をはじめとして5橋で電気式であるAJETA

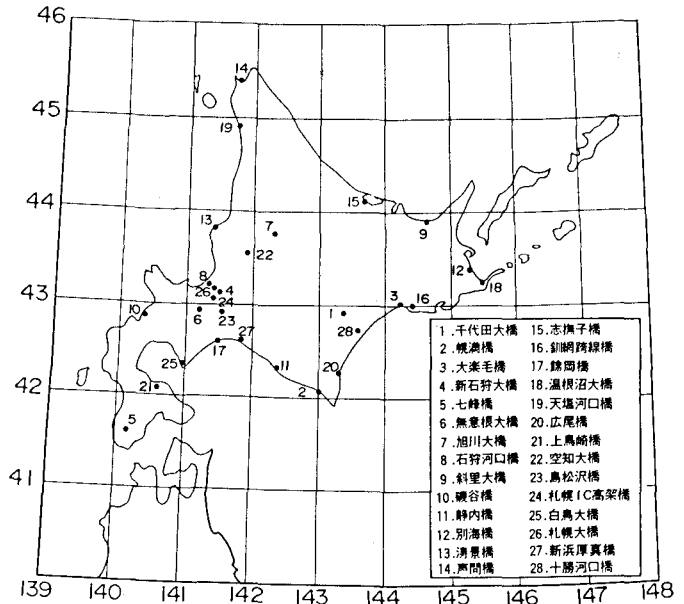


図-1 強震計配置図

タイプの強震計を配置した。電気的にデータを収集しアナログ出力している。その中で白鳥大橋のシステムは地震波形記録とともに風向、風速、風の仰角等をも取り込めるようにしている他、プロッターによるアナログ出力と、併せてMTにデジタル記録もされている。

また、釧網跨線橋、札幌大橋、十勝河口橋は通信可能な強震計であるが記録の収集が異なる手法を用いたデジタル式強震計を導入をしている。

このように、現在は、観測システムとして、大きく3種類が稼働しているが、機械式の老朽化、データ処理の複雑性、電気式の出力方式の不統一等が問題点となっている。

3. 強震計の維持管理の問題点

3. 1 SMAC-B₂、D、E、Q型

この機種は昭和41年千代田大橋を初年度に昭和56年札幌IC高架橋まで22橋43台が設置されている。写真-1にSMAC-B₂の外観を示した。

これらの機種は新規の需要がなくなったこと（使用者側の管理要員の減少）等からより生産体制より除外されており、故障部品は在庫部品で補給することとなるため今後部品の入手が困難となってくる。

また強震計管理についても以前は長期的に専従者がいたが、現在の管理体制は短期従事者が大半となり不慣れで管理に不都合な状態が生じている。

次にデータ処理では、現地では記録紙の回収、郵送、研究所においては記録紙の焼き付け、地震波のイメージスキャナーによる自動読みとり、読みとりと同時に計器補正されたデジタル値を得るが、記録紙の不鮮明さによる読みとり波形の修正作業などで約1か月以上の期間が必要としている³⁾。

表-1 強震計設置一覧表

	路線名	橋梁名	設置場所 ^{*1}	設置機種	設置年度
1	212	千代田大橋	GL、A、P	SMAC-B ₂ 、SMAC-B ₂ 、SMAC-B ₂	昭和41年度
2	336	幌藻橋	GL、P	SMAC-B ₂ 、SMAC-B ₂	42
3	38	大栗毛橋	GL、P	"	42
4	275	新石狩大橋	GL、P	"	42
5	238	七峰橋	GL、P	"	43
6	230	無意根大橋	GL、P (BOX)	SMAC-D、SMAC-D	44
7	12	旭川大橋	GL、P	SMAC-B ₂ 、SMAC-B ₂	44
8	231	石狩河川橋	GL、P	SMAC-B ₂ 、SMAC-B ₂	45
9	244	斜里大橋	GL、A	SMAC-D SMAC-E ₂	45
10	229	磯谷橋	GL、A	SMAC-D、SMAC-D	45
11	235	静内橋	地中・2m、-40m、P	AJE301A、AJE306、AJE306	46
12	244	別海橋	地中・2m、-40m	AJE301	46
13	231	湯泉橋	GL、P	SMAC-E ₂ 、SMAC-E ₂	46
14	238	声間橋	GL、A	SMAC-B ₂ 、SMAC-B ₂	47
15	238	志撫子橋	GL、A	"	47
16	44	釧網跨線橋	地中0m、-50m、P	SA-175CT、170CT、355CT	48
17	36	錦岡橋	GL、A	SMA-2、SMA-2	48
18	44	温根沼大橋	GL、A、P	SMAC-Q、SMAC-Q、SMAC-Q	49
19	稚内天塩線	天塩河口橋	GL、P	SMAC-Q、SMAC-Q	50
	"	豊泉橋	GL、P	SMAC-Q、SMAC-Q	51
20	336	広尾橋	GL、A	"	51
21	5	上島崎橋	GL、P	"	52
22	12	室知大橋	GL、A	SMAC-Q "	52
23	36	島松沢橋	地中0m、-40m、P	SMAC-Q、AJE305、AJE305	54
24	274	札幌IC高架橋	GL、P	SMAC-Q、SMAC-Q	56
25	37	白鳥大橋	地中・2m、-13m、-25m、-35m	AJE306	57
26	337	札幌大橋	地中・8m、-49m、P ₂ 、P ₁	SA-355CT、SANTAC-17	62
27	235	新浜厚岸橋	地中・3m、-48m、P、A	AJE-306	平成元年度
28	336	十勝河口橋	地中・50m、-5m、A、P ₁ 、P ₂ 、P ₃ 、P ₄ 、P ₅	SN-12	平成4年度

*1 GL：地表，A：橋台，P：橋脚，BOX：箱桁



写真-1 SMAC-B₂外観

3. 2 A J Eタイプ強震計

A J Eタイプの機種についてもS M A C型と同様に記録紙の回収、A D変換作業後デジタル値を得るまでは同様な処理行程があるため作業時間同程度の期間がかかる。

3. 3 デジタル式強震計

開発局では釧網跨線橋など3橋にデジタル式強震計を稼働させており、M T、I Cカードで郵送されたものを、デジタル読みとり装置に介してデジタル値を得ているが、メーカ毎に読みとり機器が異なるため作業を複雑にしている。またローパスフィルターをかけていることもあり最大加速度値がサンプリングされないことが予想され正確さに疑問がある⁴⁾。

4. 強震観測オンライン化の概要

前項3で述べたように、S M A C型、A J E型の強震計については老朽化及び、データ処理の複雑性の問題があり、また現行のデジタル式強震計は製造メーカ毎に送信システムに相違がある。このようなことから、今後オンラインによるデジタル強震観測施設の整備をするため、北海道開発局独自の強震観測システムを導入した^{5), 6)}。

その機構は、中央局(開発土木研究所)より遠隔操作によって、同一ソフトを用いてデジタル強震記録の収集が可能となるシステムとしており以下の3点を特徴としている。

- 1、測定周波数は、1 0 0 H z以上のデータを収録可能とした。
- 2、パーソナルコンピュータを用いて相互通信が可能なシステムとした
- 3、通信規格は、通信時間短縮のためI N S ネット6 4 (I S D Nサービス)を採用した⁷⁾。

システム概要図を図-2に示した。

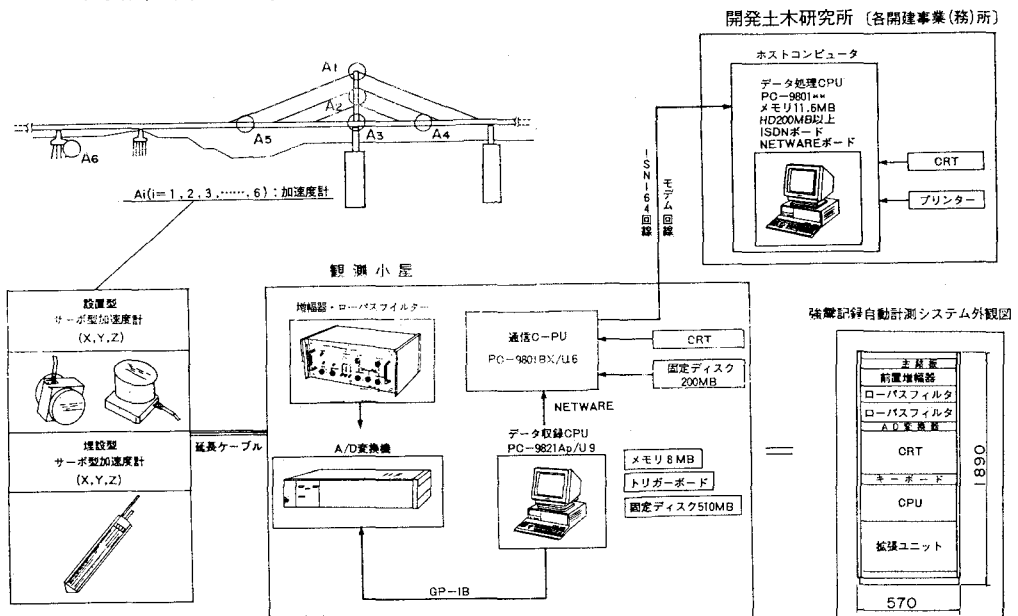


図-2 北海道開発局タイプオンライン強震計観測システム

更新または新設箇所については表－２に示す８箇所を今年度（平成５年度）に実施し、次年度以降、暫時オンライン化を進めていくことになっている。

本システムの機構を述べる。

表－２ 開発局タイプオンライン強震計観測システム

１）検出器

強震計観測地点の構造物、地表、地中等に設置したサーボ型加速度計により強震記録を観測される。

現行の多くの機種は、約３０Ｈｚの周波数特性であるが本システムでは１００Ｈｚ以上と規定した。

このことにより桁の衝突等で発生する３０Ｈｚ以上の構造物の地震時の動的挙動をより適確に把握することが可能となる。

２）増幅器及びローパスフィルター

本器の特徴として、増幅器がアナログ式となっていることから、実体波を収集することができ、なおかつ、必要により中央局より遠隔操作によって、ローパスフィルター経由することにより５０Ｈｚ、１００Ｈｚのフィルターをかけることが出来る。

このことにより地震波のフェリー変換作業などにおいて実体波を解析することになるので、精度の良い解析を行うことができる。

現行の強震計に使用されている増幅器は、デジタル式となっていてメーカ毎のサンプリング周波数の違いがあるとともに、検出器の測定周波数と、増幅器及びローパスフィルターでの処理周波数が、相互の組み合わせにより、各メーカとも約３０Ｈｚ程度の波形収集となっている。

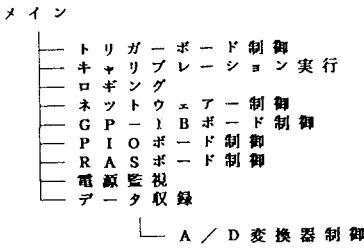
３）ＣＰＵ（中央処理装置）

収集された地震波は３つの部分のＣＰＵで処理されている。

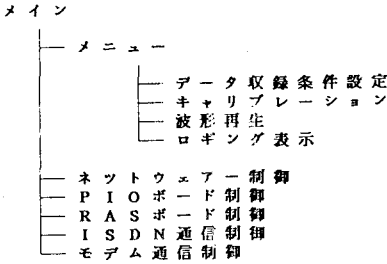
メニュー・ツリーは、図－３、４に示した。

路線名	橋梁名	感振器設置箇所
一般国道２３１号	石狩河口橋	地表、Ｐ３橋脚上、 Ｐ２橋脚桁上
一般国道２７５号	新石狩大橋	地表、Ｐ２橋脚 Ａ１橋台桁上
一般国道２７４号	札幌ＩＣ高架橋	地表、ＬＰ１３橋脚、 ＬＰ１４橋脚桁上
開発土木研究所構内		地表、地中深度１０ｍ
一般国道２２８号	七峰橋	地表、Ｐ３橋脚、 Ａ２橋台桁上
一般国道３６号	錦岡橋	地表、Ｐ２橋脚、 Ａ２橋台桁上
一般国道４４２号	千代田大橋	地表、Ａ２橋台、Ｐ９橋脚 Ｐ１０橋脚桁上
一般国道３８号	大森毛橋	地表、Ｐ１橋脚、 Ｐ２橋脚桁上

（イ） データ収録ＣＰＵ



（ロ） 通信ＣＰＵ



図－３ メニュー・ツリー

イ、データ収録ＣＰＵ

地震発生時に検出器よりの振動データを自動収録し、ミラーリングタイプハードディスク（２００ＭＢ）に保存され同時にバックアップされている。その能力は、１６チャンネル、測定時間１２０秒サンプリング周波数２ＫＨｚとして２５回分収録することができる。

ロ、通信CPU

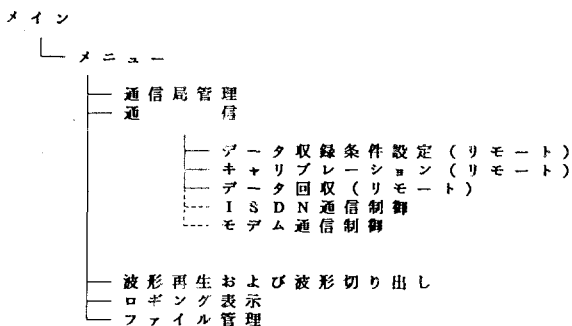
データ処理CPUの要求の応じてハードデスクに保存された観測データをISDN回線（あるいはモデム）を通じて送信したり収録条件などの設定を行う。

ハ、データ処理CPU

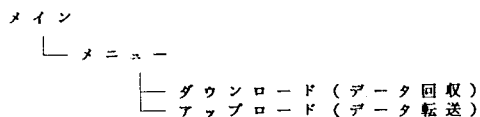
開発土木研究所あるいは管理事務所に設置している。

NTT通信回線を介して通信CPUに対してISDN（あるいはモデム）を利用して収録条件の設定を変更したり、収録データファイルをアップロードすることが出来る。またアップロードした収録データファイルに関して波形の表示や波形切りだし処理などを行うことができる。

(ハ) データ処理CPU



(ニ) データ回収CPU



ニ、データ回収

通信回線が、断線などで利用できないとき、現地

でノート型コンピュータを用いて、収録データファイルをネットワーク経由で回収することができる。

図-4 メニュー・ツリー

ホ、送信手法

今回のシステムにおける送信手法の特徴は、大量な強震記録データ回収に、高速性に優れたNTTのINSネット64を採用したことである。この送信速度は64Kbit/Secで送信することが出来る回線で、従来の電話回線4,800Kbit/Secの13倍の送信速度があり、それによる作業時間の短縮が計れる⁷⁾。

5. 即時情報の活用

地震の速報として、気象庁は地震発生後約5分程度でラジオ、テレビ等の機関に震度階を公表し、津波を含めて震災の注意及び警報を発している。

これについては、密度が粗く震度階と、構造物の被害との相関は明確ではない。

北海道開発局として、強震観測のオンライン化を完成することにより中央局（開発土木研究所）より即座にデータの収集が可能となり、この即時性を有効に利用することが出来る。

- 1) 中央局で収集したデータは、最高加速度等を検出し、各建設部及び、道路事務所等の災害対策本部に通報、被災地域や被害規模の予測に寄与することができる。
- 2) 地震発生とともに、最大加速度の抽出された結果より、対応橋梁の地震後の被害の推定、交通止めの対策等の基礎データとすることが出来る。

これらのデータを基に、パトロールの優先順位を決定し、要点箇所の設定を行うことが可能となる。

- 3) この他に、長大切土法面及び高盛土体の地震時解析を行っておく中で強震データを活用することにより、土構造物の重点パトロールを可能にすることができる。

6. 強震観測の今後の課題

今年度より、道路関係7橋について、開発局独自システムのオンライン化を実施しているが、未整備のSMA C型、A J E型17橋を年次計画的に整備を進めていくことになる。

また、これまで導入された各強震メーカーデジタル式強震計システムを開発局独自システムに取り込む様に改善を行い、データ収集の統一化を計る必要がある。

各機種の重複期間中は、北海道開発局タイプを含め4種類のシステムが稼働するため、SMA C型のように多くの人員を必要とするデータ処理が継続されることになるが、地震の頻発する地域の強震計より暫時更新を予定としているため処理業務は軽減されてくる。

7. まとめ

- 1) 今回のシステムで、強震記録の内容、通信規格を統一した。
- 2) 今回のシステムで100Hz以上の強震記録が収集可能となった。
- 3) 強震計のオンラインネットワーク化を図ることにより地震後即時情報を伝達することが可能となった。
- 4) 橋梁、土構造物の動的解析を準備をしておくことにより強震時の維持管理、要点パトロール体制を即座に確立することが可能となる。
- 5) データ収集にINSネット64（ISDN）を採用することでモデム回線利用に比べ13倍の速度で収集することが出来る。
- 6) 簡単な点検を中央局より遠隔で行うことで保守の簡便化が図れる。

〈参考文献〉

- 1) 北海道開発局道路建設課、道路維持課、土木試験所構造研究室：強震計設置管理要綱 昭和60年5月
- 2) 開発土木研究所 構造研究室：道路関係強震計の現状の問題点と将来計画（案）、平成4年11月12日
- 3) 開発土木研究所 構造研究室：強震記録管理システムについて、開発土木研究所月報 1992年3月
- 4) 中野修・山内敏夫・金子学・小野裕二：平成5年釧路沖地震の強震記録の解析、土木学会耐震工学委員会第22回地震工学研究発表会
- 5) 開発土木研究所 構造研究室：強震計観測施設設計業務報告書、平成5年8月
- 6) 開発土木研究所 構造研究室：強震計管理用プログラム作成業務、平成5年9月
- 7) 北海道開発局 工事管理課技術調査管理室：環境にやさしい建設技術Ⅲー情報化と防災、平成5年9月