

## 第1章 調査の概要

### 1.1 調査の内容および流れ

兵庫県南部地震発生後、神戸市およびその周辺地域においては、国の機関や大学、兵庫県などにおいて各種地盤調査が行われてきたが、これらは主として活断層の存在確認や挙動確認などを目的としたものが多かった。このため、調査の内容も地下の深部構造を対象とする地震探査や深層ボーリング調査が中心となっていた。

一方、神戸市においては、過去に実施された各種地盤調査データのうち、ボーリング柱状図を簡略化したものを対象とし、データの蓄積ならびに管理が行われてきた。1980年には、これらのデータをもとにして「神戸の地盤」<sup>1)</sup>が作成され、発刊されるに至っている。神戸地域の地盤は、山地と海とが近接した細長い扇状地よりなっており、地盤構成は非常に複雑である。近年、大阪地域における「新編大阪地盤図」<sup>2)</sup>をはじめ、各都市域において過去に実施された地盤データを集積し、それらをもとに地域の地盤図が作成されてきた。集積された地盤データは、一般向けの図書として発刊されるだけでなく、最近データ集積が実施された地域においては、電子情報化され、データベースとして利用されている。

神戸地域においては、「神戸の地盤」発刊以来、19年が経過しているが、地盤の複雑さと相伴って、未だに地盤図としてのデータ集積ならびに地盤評価の詳細がなされていない状況下であった。近年の地盤調査技術ならびに年代判定も含めた地盤評価手法の進歩は目ざましいものがあり、これらを駆使しての地盤評価やデータベースの構築は、各地域において必要欠かさざる情報となりつつある。地盤データのデータベース化は、新規に計画する事業だけでなく、既往施設の安定度評価や施設改良などにあたって有効に活用でき、さらに各種自然現象の原因究明や予測など、その利用範囲は図り知れないものがある。社会財産としての地盤データの集積は、近年叫ばれているコスト縮減の観点からも必要なものとなっている。

このようなことより、神戸市においては、阪神・淡路大震災の原因究明を行うため、各機関で行なわれている調査と連携しながら、平成7年度より各種地盤・地形情報ならびに被害データのデータベース構築を進めてきた。平成7年度は予備調査として、平成5年度までの神戸市保管調査報告書の収集・整理と神戸市総務局行政管理課保管のボーリングデータを使って、概略地盤図の作成と地盤構造の問題点の抽出を行った。この結果を受けて平成8年度からは本調査として、より広範な地盤データの収集・整理・吟味、基準ボーリングの実施、地層の層序区分、地質図の作成、各種地形・被害データの収集・分析、被害と地形・地盤との関係分析、データベースシステムの構築などを行ってきた。これら作業の流れについては、図-1.1.1に示す通りである。

データベース構築にあたっては、各種データを収集・整理するだけでなく、GISを取り入れた新しいシステムを開発し、利用にあたっての用途範囲を広げるため、種々の機能を合わせ持つものを開発することとした。システム構築にあたって、従来のシステムでは鉛直方向に広がりを見せる地盤情報データベースと、平面的な広がりを見せる地形ならびに被害データを一元管理することができなかつたために、これらの機能を合わせ持つシステムを開発することが必要となった。今回開発したシステムは、GISと地盤情報データベースの専門ソフトを組合わせたものであり、これにより上記のような各種データが一元管理されることになった。このシステムでは、各データ相互の関係が種々検討できるだけでなく、これに各種施設のデータを加えると、施設の管理ならびに災害発生時のリアルタイム被害予測が可能なものとなる。デー

タについては、地盤データだけではなく、建物、下水道管、上水道管などの被害データならびに地形データも含むものを構築する方針とした。データ収集にあたっては、神戸市所有のデータだけではなく、関西地盤情報活用協議会はじめ多機関の方々に御協力を仰ぎ、幅広いデータの収集を目ざした。

対象とした地域は、震災被害が激しかった神戸市東灘区～須磨区にかけての神戸市街地である。収集したデータは大きく分けると①地盤データ、②地形データ、③構造物被害・変位データである。それぞれのデータ内容については表-1.1.1に示す通りであるが、GISの基本となる地図は神戸市都市計画局作成の1/2,500地形図を用いた。この地図はデジタル化されており、各地点は座標表示が可能なものである。ただ、この地図は標高データがデジタル化されていなかったために、地表面標高については国土地理院の50mメッシュデータ<sup>3)</sup>、神戸市建設局下水道河川部が測量した約16万点のマンホール天端標高データ、海上部は海図から得られた標高値等より、神戸市街地全域にわたって、20mメッシュの標高データを新たに作成した。この標高データを用いて、任意測線の地質断面図作成時に、その測線とメッシュとの交点標高をメッシュ標高の比例配分によって求め、その測線に沿った地表線作成ができるものとした。

表-1.1.1 収集データ一覧表

種 別	デ ー タ
地盤データ	ボーリング柱状図, 原位置試験結果, 土質試験結果, 地下水位
	地質平面図
地形データ	1/2,500の地形図
	旧海岸線, 旧河道, 旧ため池, 谷埋め盛土域
	20mメッシュの標高データ, 地表面の傾斜区分図
	地震防災土地条件図(微地形) <sup>4)</sup>
震災被害・ 変位データ	建物被害データ
	下水道管被害データ
	水道管被害データ
	市営地下鉄路線沿いの被害ランク区分データ
	宅地擁壁の被害データ
	ガス管被害データ
	噴砂分布図 <sup>5)</sup>
地盤変位データ <sup>6),7)</sup>	

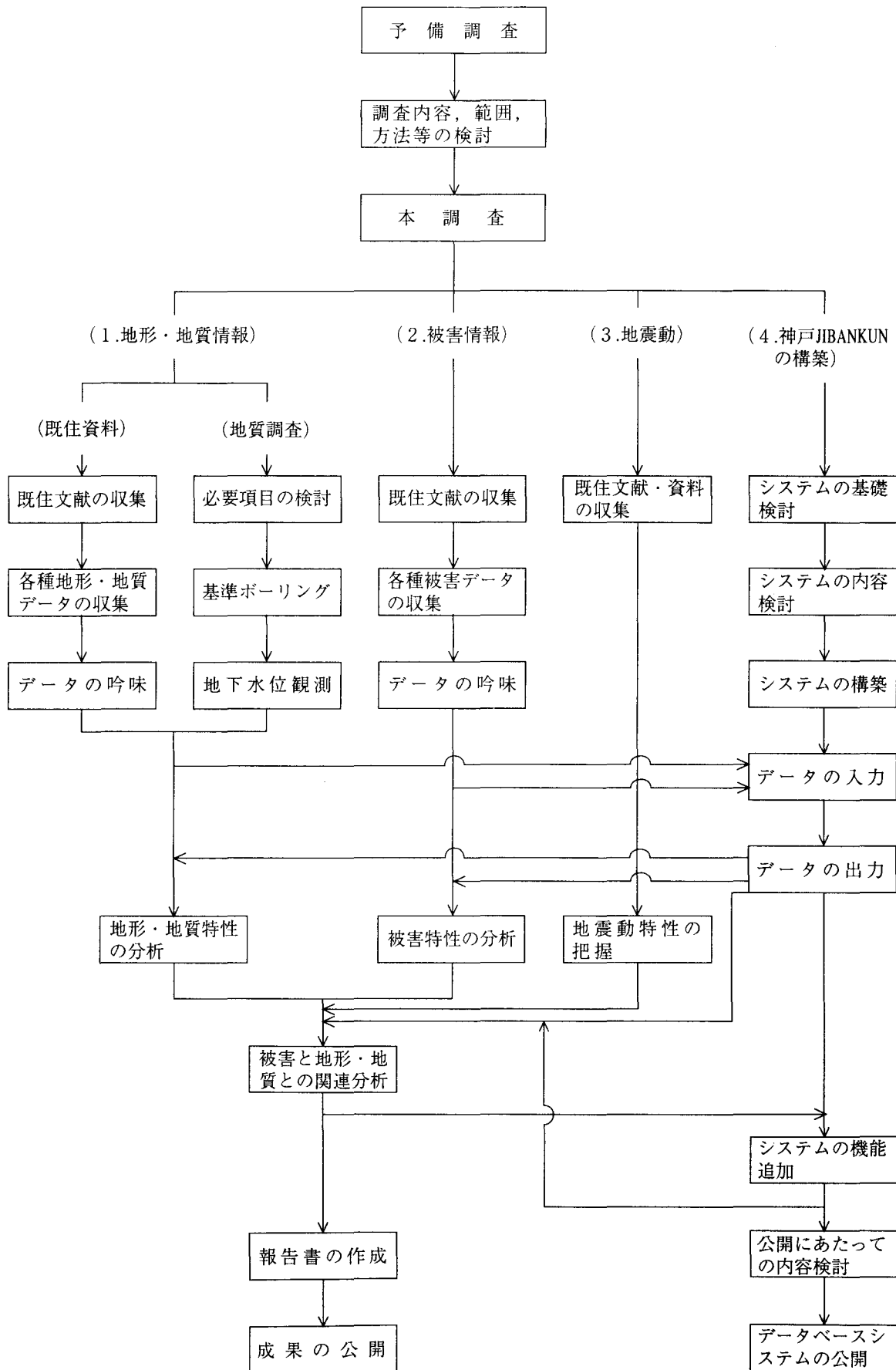


図-1.1.1 調査の流れ図

## 1.2 「神戸 JIBANKUN」の構築

### 1.2.1 システムの内容

GIS と地盤情報データベースとを組み合わせ、新しく構築したシステムを「神戸 JIBANKUN」という名称で呼ぶこととした。この「神戸 JIBANKUN」は、図-1.2.1に示したように地理情報システム (GIS) と地盤情報データベースとの特徴を利用して、地盤情報解析システム、各種震災被害解析システム、液状化解析システムなどの各専門アプリケーションが連動できるものとした。また、各種解析システムが独立しているため、今後新たに解析システムの追加が必要になっても、随時追加組み込みが可能な状態である。基礎となる GIS 上のすべての専門アプリケーションが相互に共用可能であるため、将来的に、多くの領域に渡ってデータ、システムが追加されても、それらすべてを「神戸 JIBANKUN」という土台の上で一元管理することが可能である。この「神戸 JIBANKUN」は、OS が Windows 95/NT 4.0以上、CPU が Pentium-166MHz 以上、RAM が64MB 以上のパソコンで操作が可能であり、機能としては以下のものを有している。

#### ①地理情報システム (GIS) の機能

通常の GIS の機能に加えて、本システムで採用した GIS は、高速スクロール機能を有しており、場所の検索が容易である。また、他のデータベースソフトで作成したデータも組み込み可能である。

#### ②地盤情報データベースの機能

図-1.2.2に示したように、ユーザーが指定した任意のボーリングデータを元に、任意の断面線上に投影断面図を作成することが可能である。また、指定したボーリングデータを順に直結した断面図の設定も可能である。地下水位コンター図、液状化評価のための PL 値コンター図、各種試験結果の相関図等の作成も可能であり、各地層毎の粒径加積曲線、圧密曲線等の集積図も作成することができる。このデータベース構築にあたっては、収集したボーリングデータに対して地層の層序区分を行い、地層毎の土性検討も可能なものとした。

本システムでは、地盤、地形、被害データがそれぞれ1つのレイヤーとして収録されており、重ね書きが可能である。地盤に関して、このデータベースで取り扱っている範囲は、GL-30m 位までの表層地盤が主体であるが、震災後に実施された他機関のボーリングデータを中心に、長尺ボーリングの結果も含んでいる。

このデータベースを用いると、各種事業を進める時に必要な地盤情報等を即座に出力することができ、効率的な事業推進を図ることができる。具体的には、計画、調査、設計、施工と事業を進める時に既往の地盤情報を有効に活用できるため、各段階でのコスト縮減を図れるとともに、より信頼度の高い施設を築造できる等の利点がある。一方、神戸市～尼崎市街地にかけては、震災後兵庫県が実施された「阪神・淡路地域活断層調査」により地盤の深部構造も把握できているため、それらのデータと当データベースとを用いると震災の媒体となった地震動の解析も可能である。さらにこれを進めていくと、面的に分布する被害データならびに変位データも整備されているため、兵庫県南部地震による被害原因の究明も可能となる。

本システムは最新の GIS 技術と地盤解析システムを結合させた新しい試みであり、その用途はますます拡大されていくことが考えられる。また、このシステムは神戸市以外でもデジタル地図さえあれば、すぐに他への展開も可能なものである。

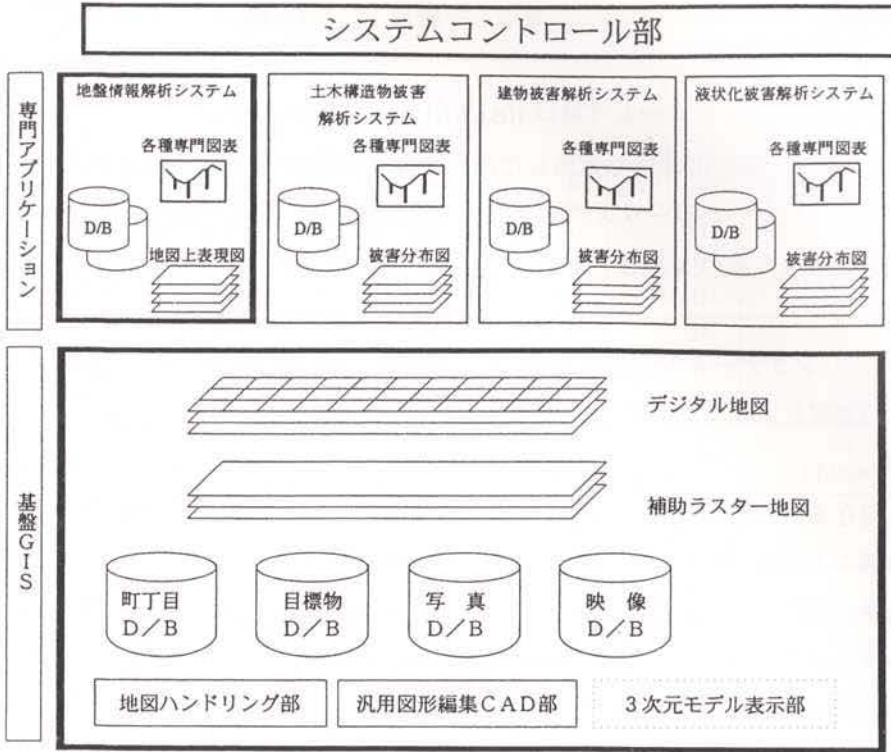


図-1.2.1 神戸 JIBANKUN システム構成

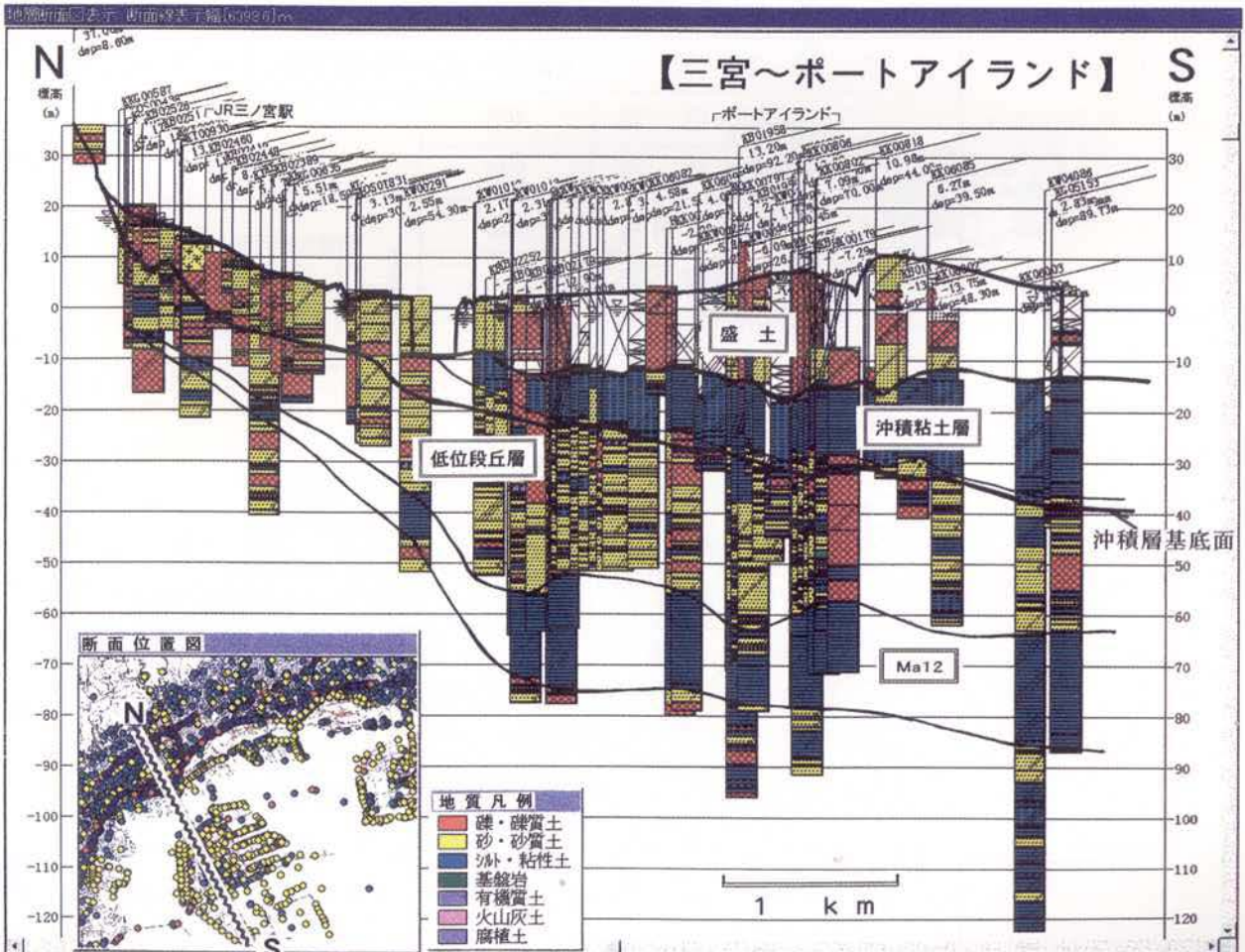


図-1.2.2 地質断面図（三宮地域）

1.2.2 データの構成

(1)地盤データ

神戸地盤情報データベースシステム「神戸 JIBANKUN」に登録済みボーリングデータの一覧表を表-1.2.1に示す。この表は、神戸市各局で実施した地質調査報告書より抽出したボーリングデータをはじめ、各機関より提供していただいたボーリングデータの一覧表である。電子情報化された地盤情報の位置座標については、19座標系第5系の X 座標・Y 座標で示し、標高については、T.P.標高（東京湾中等潮位）で表示している。

図-1.2.3はボーリングデータの位置図であるが、本検討で扱っているデータは図-1.2.4に示すように神戸市東灘区～須磨区にかけての六甲山麓市街地内のものである。その本数は表-1.2.1に示すように約5,000本である。

表-1.2.2は、現在までに地盤情報データベースシステムに登録した土質試験ならびに原位置試験結果の内訳である。各欄の上段はボーリング本数、下段は試験数量を表している。

以上の集計結果から、現在の地盤情報データベース登録済みの試験データは、物理試験が約20,000個でそれを含むボーリングが約1,400本、一軸圧縮試験が約8,300個でそれを含むボーリングが約800本、圧密試験が約2,500個でそれを含むボーリングが約400本、三軸圧縮試験が約450個でそれを含むボーリングが約100本である。

表-1.2.1 ボーリングデータ一覧表

提 供 機 関		登録ボーリング本数 (本)	
神戸市	住 宅 局	473	2,048
	建 設 局	232	
	港湾整備局	656	
	水 道 局	85	
	交 通 局	140	
	都市整備公社	36	
	道 路 公 社	12	
	都市計画局	48	
	埠 頭 公 社	275	
	そ の 他	91	
関西地盤情報活用協議会		892	
行政 管 理 課 デ ー タ		5,780(市街地 1,800)	
阪 神 高 速		89	
建 設 省		28	
基 準 ボ ー リ ン グ 他		26	
J R		41	
合 計		8,904(市街地 4,924)	

表-1.2.2 試験データ登録一覧表

提供機関	土質試験				原位置試験	
	物理試験	一軸圧縮試験	圧密試験	三軸圧縮試験	孔内水平 載荷試験	P S 検層
神戸市各局収集データ	988 (13,479)	471 (3,059)	403 (2,501)	93 (418)	127 (378)	39 (337)
関西地盤情報活用協議会	300 (5,449)	300 (5,244)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
行政管理課データ	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
阪神高速	59 (508)	10 (30)	11 (32)	9 (38)	34 (146)	6 (46)
建設省	20 (650)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	13 (97)
基準	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (10)
J R	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
合計	1,367 (20,086)	781 (8,333)	414 (2,533)	102 (456)	161 (524)	60 (490)

( ) 内は試験数量を表わす

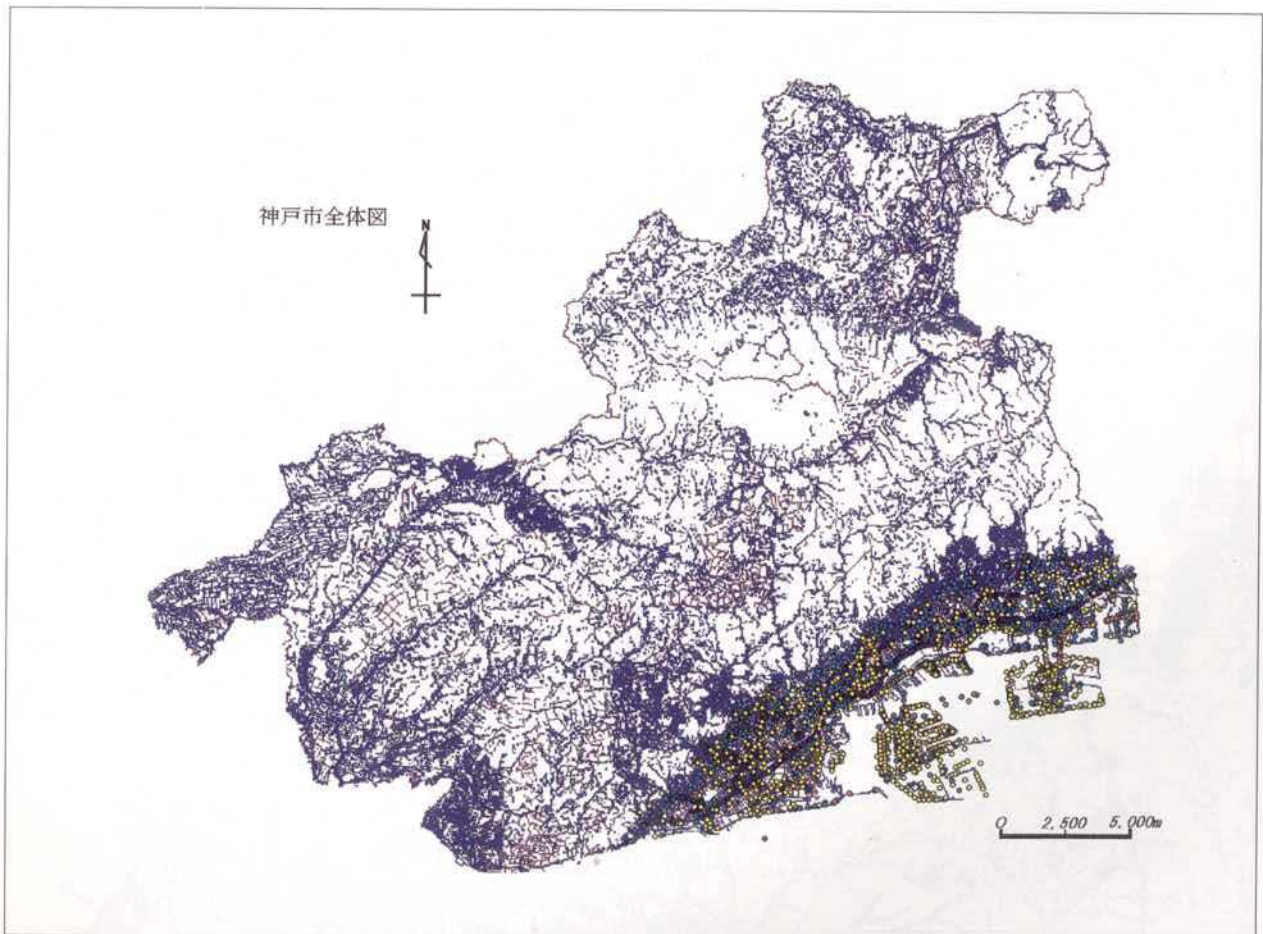


図-1.2.3 ボーリングデータ分布状況 (全体)



図-1.2.4 ボーリングデータ分布状況 (東灘区～須磨区)



## (2)地形データ

GISの基本となる地図は、神戸市都市計画局で作成した1/2,500地形図を用いている。この地図はデジタル化されており、各地点は座標表示が可能なものである。図-1.2.5は建物を表示した画面であり、図-1.2.6は建物を非表示として等高線を表示した画面である。図-1.2.7は町丁目検索により検索位置へ画面が移動する機能を示す。任意測線の地質断面図作成時に、その測線とメッシュとの交点標高をメッシュ標高の比例配分によって求め、その測線に沿った地表線作成ができるものとした。

地形データについては、地形図以外に田中眞吾神戸大学名誉教授ならびに国土地理院より提供していただいた1/10,000地震防災土地条件図（微地形<sup>4)</sup>）を収録するとともに、明治前期に作成された古地形図<sup>8)</sup>と現在の地形図を対比することによって「旧海岸線、旧河道、旧ため池、谷埋め盛土域図」を新たに作成した。さらに、20mメッシュ標高データより「地表面傾斜区分図」を新たに作成した。



図-1.2.5 「建物表示画面」

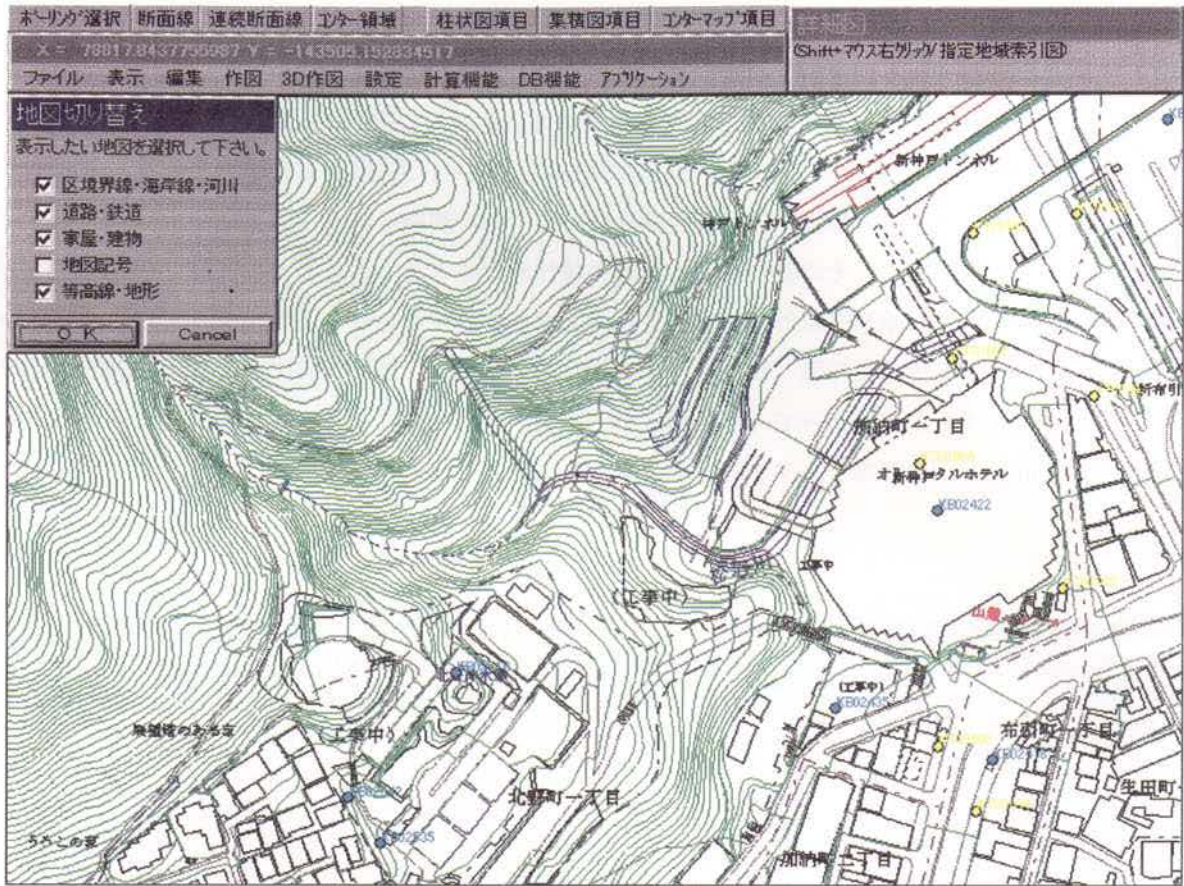


図-1.2.6 「等高線表示画面」



図-1.2.7 「町丁目検索画面」

### (3)被害データ

#### a. 入手データ

入手した建物および土木構造物被害データ、地盤変位データの一覧表は表-1.1.1に示した通りである。同表に示したデータのうち、建設局の下水道管被害データ、水道管被害データについては、デジタルデータで入力することができた。建物被害のデータについては、町丁目毎に整理、集計した形で入力し、地下鉄山手線の被害についてはランク区分平面図を作成し、それを1つのレイヤーとして打ち込んだ。宅地擁壁被害データについては、被害位置図からデジタイザーにより座標値を読み取った。大阪ガス株式会社から提供していただいたガス管被害位置図については、本管、支管別に図面からデジタイザーにより座標値を読み取った。

(財)地震予知総合研究振興会による地盤変位データ<sup>6)</sup>は、地震前と地震後の航空写真測量結果を比較することによって求められた地盤変位データである。同機関により作成された変位ベクトル図をデジタイザーにより読み取った。このデータは海岸地域と人工島部分が主体である。

防災科学技術研究所による地盤変位データ<sup>7)</sup>は、地震前と地震後の航空写真測量結果の比較により求められた地盤変位データである。基準点のチェックにはGPSが用いられている。同機関からはテキストデータを提供して頂いた。

#### b. データの出力形式

##### ○建物被害データ

町丁目毎に整理、集計されたデータであり、建物の構造（木造系、RC系、鉄骨系）より、あらかじめ設定した年代別被災状況の巨視的な表示が可能である。

##### ○下水道管被害データ、水道管被害データ

下水道管被害データと水道管被害データは「神戸 JIBANKUN」上でデータベース化されており、被害を受けた管の種類や大きさ、被害の程度等の項目で検索した上で、ベースマップ上にプロットできるようになっている。材質、管径、継手、形式、被害状況、復旧日などをユーザーが任意に選択して、被害の位置を画面で表示させることが可能である。

##### ○宅地擁壁被害データ

宅地擁壁の被害データについては、ベースマップ上に位置が表示できるようになっているが、データとしては位置情報だけである。

##### ○地下鉄山手線被害状況

地下鉄経路と被害の程度を色分けした被害分布平面図が出力できる。図-1.2.8は地下鉄被害のうち、三宮周辺を表示させた画面である。場所による検索が可能である。

##### ○ガス管被害位置

被害のあった管の位置を本管、支管に分けて、ベースマップ上に表示できるようになっているが、データとしては位置情報だけである。

##### ○地盤変位データ

データを提供していただいた(財)地震予知総合研究振興会、防災科学技術研究所のデータ毎に、以下の形式で出力できる。

- ・各地点の鉛直変位量。
- ・各地点の鉛直変位量＋変位ベクトル図。

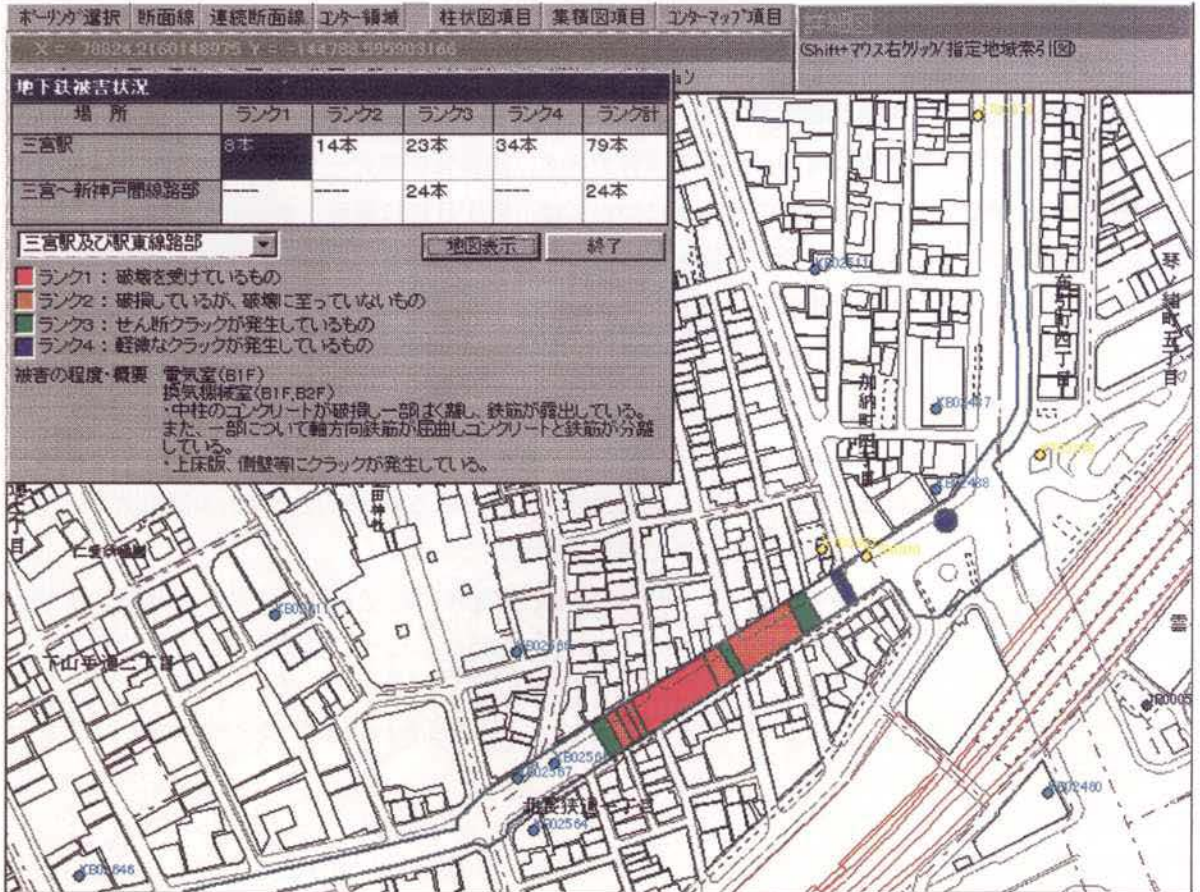


図-1.2.8 「地下鉄被害の一例」

(参考文献)

- 1) 神戸市都市整備公社：神戸の地盤，神戸市企画局経済調査課，254p，1980.
- 2) 土質工学会関西支部，関西地質調査業協会：新編 大阪地盤図，コロナ社，1987.
- 3) 建設省国土地理院：数値地図50m メッシュ（標高），日本-Ⅲ，建設省国土地理院，1997.
- 4) 建設省国土地理院：1/10,000地震防災土地条件図（微地形）芦屋，六甲アイランド，三宮，長田，建設省国土地理院，1996.
- 5) 財地震予知総合研究振興会：1995年兵庫県南部地震 液状化，地盤変位及び地盤条件，pp.16-113，1995.
- 6) 財地震予知総合研究振興会：1995年兵庫県南部地震 液状化，地盤変位及び地盤条件，pp.114-173，1995.
- 7) 防災科学技術研究所，田中耕平：1995年兵庫県南部地震による地表面変位量図，防災科学技術研究所，1996.
- 8) 清水靖夫編：明治前期・昭和前期 神戸都市地図，柏書房，1995.