

2003  
No. 51

# 土と岩

特集 「地震防災」

# 目次

1	巻頭言	中部地質調査業協会 理事長 加藤 辰昭	1
2	特集 地震防災		
	●都市高速道路の耐震設計	名古屋高速道路公社 工務部設計課 課長 大内 博男他	2
	●建築物の耐震設計と活断層	名古屋大学 福和 伸夫	14
	●東海三県の活断層	名城大学理工学部環境創造学科 牧野内 猛	27
3	第2回地質調査に対する意見交換会内容	国土交通省中部地方整備局 (社)全国地質調査業協会連合会 中部地質調査業協会	37
4	技術論文		
	●岩石の変質と強度・物理特性	赤嶺辰之介	40
	●岩盤の透水性評価—ダムサイト地質調査の例—	高取 亮一他	46
	●“改良型 真空圧密工法”の技術紹介	橋本 雅宏	50
	●廃棄物地盤の環境改善を目的としたガス抜き工法とその適用	福原 誠	55
	●海峡横断プロジェクトの地盤調査	宮島 圭司	59
5	散文 ざる碁党の囲碁雑感	明治コンサルタント株式会社名古屋支店 片平 宏	66
6	平成14年度現場研修会参加報告		
	●現場研修会に参加して(1日目)	株式会社 キンキ地質センター名古屋支店 栗本 貴生	70
	●現場研修会に参加して(2日目)	株式会社応用地学研究所 名古屋支店 添田 三博	72
7	中部地方整備局防災訓練参加報告		74
8	常設委員会報告		75
9	ホームページ・トピックス		83
10	「土と岩」50号 読者アンケート結果		84
11	会員名簿		87
12	編集後記	広報委員会	89

<広告>



# 巻頭言

中部地質調査業協会

理事長 加藤 辰昭



我が国の経済は依然として先行き不透明の状況下であり、景気回復の兆しが全く感じられず、経済再生を目指して政府が推進する聖域なき構造改革は、今後とも厳しい痛みを強いるものと予想されます。皆様にはこの厳しい環境を克服して、今年を「どん底からの脱出の年」と捉えて、明るい未来への期待を胸にしつかりと刻み、お互いに助け合つて着実にこの難局を乗り越えて行きたいと存じます。

地質調査業界では多くの課題を抱えるなか、地質調査業を取り巻く社会、経済環境変化を的確にとらえ、効率的な業務の推進、技術力の向上、経営の充実、国際化、建設CALS/ECの推進他、新しい技術を活用した新たな事業展開等の経営戦略に今まで以上に積極的取り組み、地質調査技術をさらに向上させ、質の高い成果品を提供するとともに、地質調査に有する技術体系をベースに、環境アセスメント、災害予測調査、構造物のメンテナンスのための調査等多様な分野への展開を図って行くことが重要であります。このような状況を踏まえ、「地質調査技士登録」を発注者が求める技術者資格、市場にマッチした技術者資格制度（部門登録制）に下記のように改正いたしました。

1. 「地質調査技士」(現場調査部門) 2. 「地質調査技士」(現場技術・管理部門) 3. 「地質調査技士」(土壌・地下水汚染部門) 4. 「地質調査技士」(宅地基盤調査部門) の4部門であります。このうち(土壌・地下水汚染部門)及び(宅地基盤調査部門)は新設されたものです。なお、平成14年度から「地質調査技士」資格の一部門として(土壌・地下水汚染部門)を設け、この部門の「地質調査技士」には、従来の地質調査技士としての資格に加え、「土壌・地下水汚染部門」に関する知識を認定講習会および効果測定により習得させました。

当協会は、さまざまな分野で新しい局面を向かえた今、産業としての地位をより確かなものとして行くために、従来の発想にとらわれない、新たな視点で問題に対処する必要性を認識し、地域のジオドクターとしての役割を果たしてまいりたいと思いますので、なお一層のご支援とご鞭撻を賜りますよう宜しくお願いいたします。



## 都市高速道路の耐震設計

名古屋高速道路公社

工務部設計課 課長 大内 博男  
課長補佐 森 成顕

### 1. はじめに

日本は世界有数の地震国で、古くからたび重なる地震による被害に遭い、そのたびに耐震設計技術も進歩してきている。1,923年（大正12年）の関東地震を契機に「橋台橋脚等の耐震化の方法」（大正13年）の内務省通達を皮切りとして「鋼道路橋設計示方書（案）」（昭和31年）制定に至る間に、地震荷重が順次示され、わが国のプレート境界型地震の基本形となっている設計水平震度0.1～0.35が示された。

その後、昭和39年の新潟地震の経験によって液状化、流動化に対する地盤における安定及び落橋防止装置等を大きく改定された「道路橋耐震設計指針」（昭和46年）、昭和53年の宮城県沖地震後に橋脚高さが15mを越える橋脚に地震応答を考慮した修正震度法の適用、橋の固有周期による設計水平震度の補正係数等を示した「道路橋示方書V耐震設計編」（昭和55年）、さらに昭和58年の日本海沖地震後に3区分の地盤種別への改定、地震時保有水平耐力法の導入（鉄筋コンクリート段落とし部の安全性照査等）、動的解析に用いる入力地震動による安全性照査方法が「道路橋示方書V耐震設計編」（平成2年）によって示されている。

こうした状況の中、平成7年1月17日の兵庫県南部地震は、阪神高速道路の橋脚の倒壊、桁の落橋等、大地震への備えの重要性と都市全体の防災性強化の必要性を改めて示した災害であった。

名古屋高速道路公社においても、この教訓を契機に防災対策などのソフト面と地震計、自家発電設備、防災通信、非常階段などの防災関連

施設の拡充増設と高速道路構造物の耐震設計の見直しによる既設構造物の耐震補強、新設構造物の新耐震基準導入などのハード面の両面についてその整備方針を定め順次実施してきている。

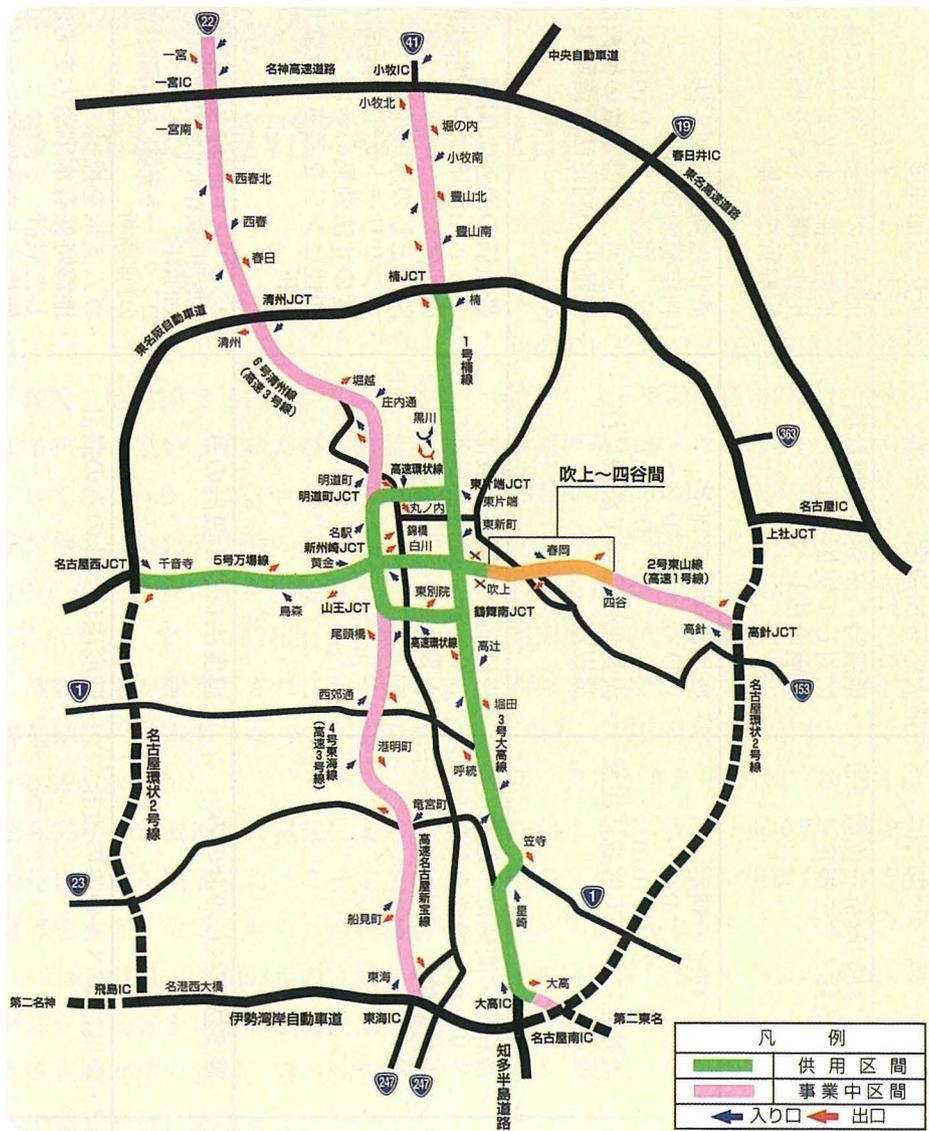
この兵庫県南部地震の経験により、橋脚の変形性能を考慮した耐震設計、動的解析に用いる兵庫県南部地震の地震記録の使用など「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係わる仕様」（以下、「復旧仕様」と示す）の準用通知（平成7年5月）がされその後、「復旧仕様」の部分修正を踏まえて、プレート境界型地震と内陸直下型地震の2タイプの設計地震力による耐震設計手法が確立化されるとともに、鉄筋コンクリート以外にも地震時保有水平耐力法の適用、非線形動的解析法の導入等が示された「道路橋示方書V耐震設計編」（平成8年）の全面改定、仕様規定から性能照査型設計法の移行等が示された「道路橋示方書V耐震設計編」（平成14年）までが現在の経緯となっている。

これまでの名古屋高速道路の耐震設計は、道路橋示方書（以下、「道示」と示す）の変遷に基づき公社設計基準の制定・改定を順次定め行ってきた。その「道示」の主な耐震基準の変遷を表1-1、平成14年末時点の整備計画路線における当初設計適用耐震基準延長を図1-1に示す。

本稿は、名古屋高速道路における橋脚耐震補強、上部工耐震補強及び新設区間の耐震設計の概要について紹介する。

表1-1 道路橋の主な耐震設計基準の変遷

項目	S46道示	S55道示	H2道示	H8道示
設計震度 地震時保有水平 耐力の照査	標準0.2g	標準0.2g	標準0.2g 最大応答加速度 0.7~1g	標準0.2g 最大応答加速度 1.5~2g
動的解析	—	新たに動的解析を位置づけ 設計地震入力を規定	地震時の挙動が複雑な橋 に対して実施を推奨 (震度法レベル)	地震時の挙動が複雑な橋、 地震時保有水平耐力法の適 用性が限定される場合に動 的解析を実施
液化・流動化	耐震設計上で支持力を無視 する規定を設定	液化判定の判定 ( $D_{50}$ : 0.02~ 2.0mm) 流動化について解説に注意 規定	液化判定の判定 ( $D_{50}$ : 0.02~ 2.0mm) 流動化について解説に注 意規定	液化判定の判定法 (判定範囲 $D_{50}$ : 0.02~2.0mm) 地震力、地盤定数の低減法 流動化の判定法と流動力の 設定
鉄筋コンクリート橋脚	帯鉄筋の間隔は30cm	帯鉄筋の間隔は一般部 30cm、段落とし部 15cm	帯鉄筋の間隔は一般部 30cm、段落とし部 15cm	帯鉄筋の増強(間隔 15cm以下、中間帯鉄筋 の配置) 段落としの原則廃止 コンクリートのせん断応力 度の寸法効果の考慮 塑性ヒンジを考慮した変形 解析
鋼製橋脚	震度法レベル設計のみ	震度法レベル設計のみ	震度法レベル設計のみ	コンクリートを充填した鋼製橋脚 の地震時保有水平耐力の照査法十 動的解析 コンクリート充填しない鋼製橋脚 の動的解析
支承構造	震度法レベルのみの設計	震度法レベルのみの設計	震度法レベルのみの設計	ゴム支承を推奨 地震時保有水平耐力を考慮 した設計 使用する支承形式に応じて 設計許容値を設定
落橋防止構造	落橋防止装置と $S_E$ のい れかを設置	落橋防止装置と $S_E$ のい れかを設置	落橋防止装置の強度を強化、 複数設置 大きい方の支間長の $S_E$	落橋防止システムとして規 定( $S_E$ 、落橋防止構造、 段差防止構造、ジョイント プロテクター)



単位：Km

路線名	整備計画延長	46道示	55道示	H2道示	H8道示	H14道示
高速都心環状線	10.3	1.0	7.1	2.2	0	0
高速1号楠線	5.6	0.5	5.1	0	0	0
高速11号小牧線	8.2	0	0	0	8.2	0
高速2号東山線	10.3	0	3.2	6.3	0.8	0
高速3号大高線	12.1	12.0	0	0	0.1	0
高速4号新宝線	12.0	0	0	0	0	3.8
高速5号万場線	6.8	2.7	4.1	0	0	0
高速6号清洲線	7.0	0	0	0	0	7.0
高速16号一宮線	8.9	0	0	0	8.9	0
合計	81.2 (89%)	16.2 (20%)	19.5 (24%)	8.5 (10%)	18.0 (22%)	10.8 (13%)

図1-1 整備計画路線の適用耐震基準道路延長

※ ( ) 内は整備計画延長に対する設計進捗率

## 2. 既設高速道路構造物の耐震補強設計

橋脚耐震補強は、耐力とねばりの向上を目的としてコンクリート橋脚については鋼板巻立て工法、鋼製橋脚については矩形断面柱をリブ補強、円形断面柱をコンクリート充填増設による補強方法を標準として実施した。また、上部工耐震補強は、桁の落橋を確実に防止するため、単純桁の連続化、支承・落橋防止構造の改良を順次実施している。

耐震補強の順序としては、平成7～9年度に橋脚耐震補強を実施し（表2-1参照）、平成10年度以降から上部工耐震を耐震設計年次の古い路線から実施してきている。

### 2-1. コンクリート橋脚の耐震補強設計

名古屋高速道路のコンクリート橋脚は、ほとんどが市街地上に設置されており、建築限界に余裕がないことから、耐震補強は鋼板接着工法を標準としている。（図2-1参照）

耐震安全度の照査は、配筋上の照査位置を柱主鉄筋段落し位置、帯鉄筋間隔の変化位置として、照査用震度を以下のとおりとした。

(1) 地震時保有水平耐力の照査に用いる照査用震度は次式により算出した。

$$K_{hc} = C_z \cdot K_{hc0}$$

$K_{hc}$  : 地震時保有水平耐力の照査に用いる照査用震度

$C_z$  : 道示に規定される地域別補正係数

$K_{hc0}$  : 地震時保有水平耐力の照査に用いる照査用震度の標準値

I種地盤  $K_{hc0} = 2.0$

II・III種地盤  $K_{hc0} = 1.75$

(2) 上記設定断面において兵庫県南部地震で観測された地震波を地震入力波（I種地盤は神戸海洋気象台、II・III種地盤はJR西日本鷹取駅）として、非線形の効果を考慮した時刻歴応答解析を用いて動的解析により照査を行った。

なお、照査用震度の設定理由は、既設構造物の洪積層の評価がII種地盤とIII種地盤の線引きが困難であったこと、橋脚の等価重量及び橋脚剛性が類似し、固有周期が0.5～1秒の間に集中していたことによる。

表2-1 既設橋脚耐震補強結果

(上段：橋脚基数 下段：無補強数)

項目	年次	RC	SRC	Me	合計
適用基準	S46道示	402	39	135	576
		16	0	12	28
	S55道示	247	6	208	461
		39	0	74	113
	H2道示	1	0	37	38
		1	0	37	38
合計	650	45	380	1,075	
実施年度	H7年度	290	0	0	290
		2	0	0	2
	H8年度	295	41	0	336
		44	0	0	44
	H9年度	65	4	380	449
		10	0	123	133
	合計	650	45	380	1,075
		56	0	123	179

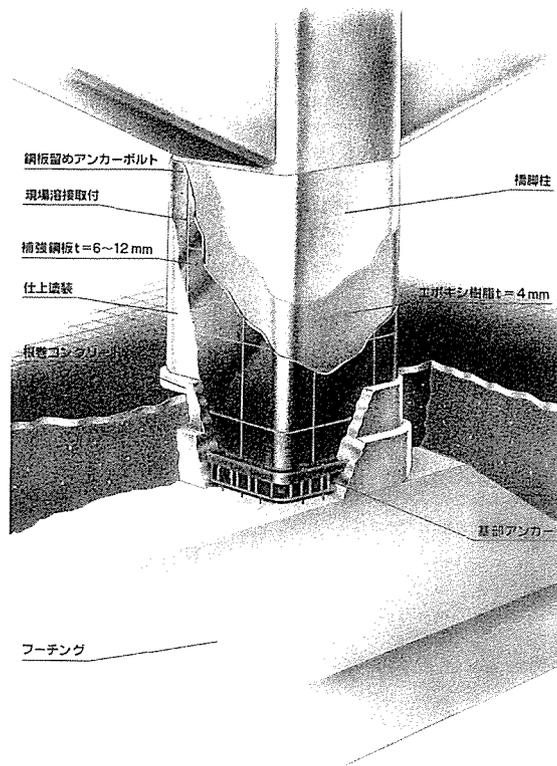


図2-1 コンクリート橋脚鋼板巻立耐震補強概要図

## 2-2. 鋼製橋脚の耐震補強設計

名古屋高速道路の既設鋼製橋脚は、街路面から高さ2 mまで衝突荷重を考慮して中詰めコンクリートが充填されていること。昭和55年「道示」以降適用が64%と大半を占めていること。約70%が矩形断面となっていることを考慮し、以下に示す概要としている。

### (1) 耐震補強の基本的な考え方

- ①平成8年「道示」のタイプⅡ地震動を考慮し、限定された損傷にとどめ耐力を保持することを目標とした。また、地震後に緊急車両が通行できるように残留変位は小さくした。
- ②耐震照査は地震時保有水平耐力法によって行い、その方法は土木学会・新技術小委員会の提案法を採用した。塑性ヒンジが複数生ずる立体構造物は動的解析による照査を行っている。
- ③補強方法は、本体構造のフランジ・ウェブへの溶接を極力避ける方法とし、矩形断面柱は既設リブへボルト締めによるリブ増設と中詰めコンクリートのマンホール下端までの追加

充填とした。円形断面柱は梁下の補強範囲までの中詰めコンクリート充填とした。(図2-2 矩形断面柱鋼製橋脚、円形断面柱鋼製橋脚の補強概要図参照)

### ④門型柱は左右対称による柱の補強方法とした。

### (2) 耐震補強設計の概要

- ①地震時保有水平耐力法による等価水平震度は、エネルギー一定則により、橋脚の許容塑性率に応じて求める。

$$K_{he} = K_{hc} / \sqrt{2\mu_a - 1} \geq 0.4$$

$K_{he}$ ：道示タイプⅡに示す地震動

$\mu_a$ ：橋脚の許容塑性率

- ②地震時に降伏することを許す箇所の座屈パラメーターの範囲は次のとおりとした。

矩形断面の場合： $R_R \leq 0.7$

$$\gamma / \gamma^* \geq 1.0$$

円形断面の場合： $R_t < 0.2$

$R_t$ ：鋼管の径厚比パラメーター

- ③許容塑性率の算定方法は、新技術委員会の提案と同じとした。(この方法の特徴はコンクリート充填断面及び鋼中空断面の両方に対し

てひずみによる破壊条件が示されていることからコンクリートが部分充填され、充填率が変化しても算定可能)

- ④補強単位は横補剛材（ダイヤフラム、横リブ）間とした。（縦補剛材補強の場合は横補剛材で囲まれた補剛板に対する補強であること。中詰めコンクリートの追加充填の場合は横補剛材にずれを拘束する効果を期待）

なお、既設中詰めコンクリートの強度はコア採取とシュミットハンマー調査により実測値強度を評価した。

### 2-3. 上部工耐震補強設計

上部工耐震補強は、桁の落橋を確実に防止するため以下に示す考え方とした。

#### ①上部工耐震の考え方

桁かかり長について地震時の橋脚変形に伴う照査をした結果、落橋に至る箇所は存在していなかった。しかし、大地震後の緊急輸送道路として位置づけられていることを考慮し既設鋼製支承損壊による走行性の困難さが想定されることや緊急走行確保のための補修工事規模の低減を考え、平成8年「道示」に示す落橋防止システムの設計を適用し改良する方針としている。

#### ②単純桁の連続化

単純桁が多く存在する供用年次の古い大高線と万場線一部区間について、主桁が一致する直線桁を対象に主桁連結工法による2～6径間の桁連続化とした。既設鋼製支承をゴム支承使用

による反力分散弾性固定方式に改良し、主桁をモーメントプレートとシャーププレートによる連結化とした。（図2-3参照）

今後は、耐震性向上と共にノージョイント化することにより、ジョイント部からの振動・騒音低減効果も期待でき道路環境改善が図られるものと考えている。

#### ③ジョイントプロテクター

「道示」タイプⅠ地震時に伸縮装置を保護するため既設の落橋防止連結板はジョイントプロテクターとして利用し、撤去しないこととした。

#### ④変位制限構造

「道示」タイプⅡ地震時に既設鋼製支承が計算上破壊する場合は、図2-4に示すように橋軸方向、橋軸直角方向に変位制限構造を増設することとするが既設BP杓、ピボット杓の耐力確認実験を踏まえて、合理的な補強手法を検討している。

#### ⑤落橋防止構造

大規模地震時に確実な落橋を防止するため、落橋防止構造を増設することとした。基本的な構造は、図2-5に示すようなPCケーブルとし、一部の単純桁はゴム被覆チェーンも使用している。

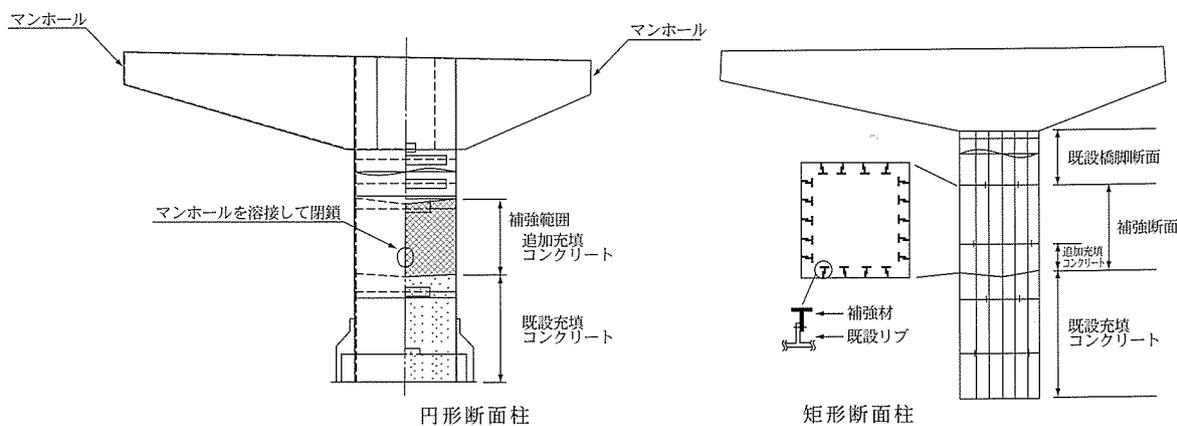


図2-2 鋼製橋脚補強概要図

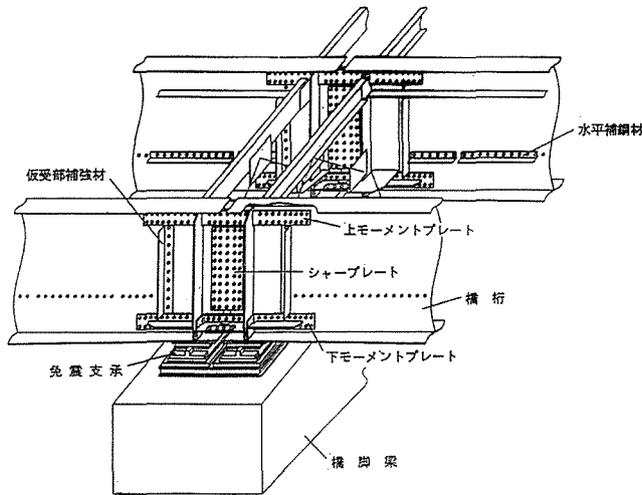


図2-3 上部工耐震概要図（単純桁の連続化）

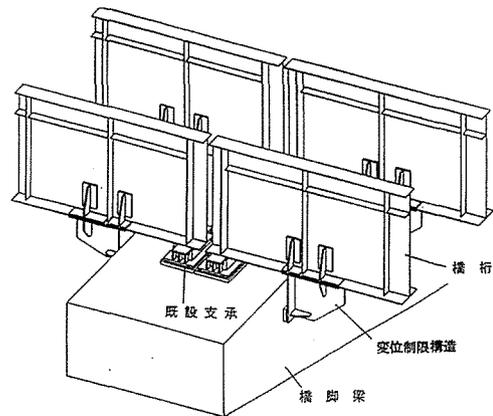


図2-4 上部工耐震概要図（変位制限構造）

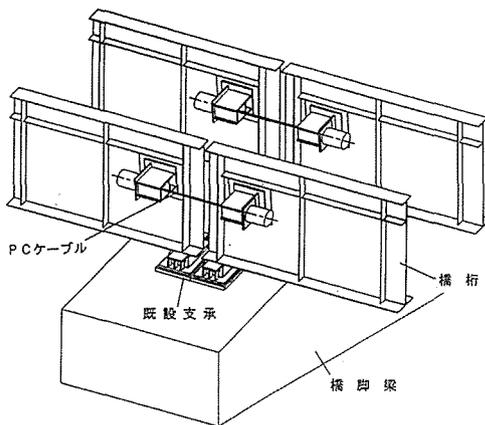


図2-5 上部工耐震概要図（落橋防止構造）

#### 2-4. 地下式・半地下構造物の耐震照査

平成14年度末供用予定区間の東山トンネル（山岳工法延長約2.6 km）は、これまでトンネル構造は地震の影響が少ないと報告されていることを考慮し、照査はしていない。

東山トンネルに接続されている高速東山線吹上～四谷約3.5 km（平成12年供用）は図2-6に示す半地下構造形式を採用し兵庫県南部地震以前の設計されたものであることから、二次元動的解析により耐震照査を実施した。以下にその照査例の概要を示す。

##### ①解析手法の概要（図2-7 解析検討断面参照）

通常の設計手法である応答変位法ではストラット部の断面力を過小に評価する可能性も考えられることから、解析手法は、ステップ1とし

て静的非線形骨組解析に用いるため、地盤と構造物の連性動的解析を実施し相対変位量を算出した。入力地震波はI種地盤波最大加速度765～812gal波形を使用した。ステップ2として静的非線形骨組解析により、ステップ1で求めた相対変位を強制変位として载荷し、部材の持つ変形性能と断面力から安全性の確認を行った。

##### ②解析結果

上床版、下床版、側壁、中柱の一部で降伏曲げモーメントを超えている部材があったが、中柱以外の部材は変形性能照査から発生曲率 $\phi d$ は最大曲率 $\phi m$ 以下であった。中柱については鉄筋の抜け出しを照査した結果発生曲率 $\phi d$ は最大曲率 $\phi m$ 以下であった。また、せん断耐力については全部材で耐震性能が確保されていた。

よって、タイプII地震時に中柱にわずかにひびわれが想定されるが、本構造物の両側には連続地中壁が残地されており、これらを考慮した解析を今後行えば、さらに安全性向上が図られるものと判断している。

##### ③液状化の照査

当区間の掘割構造物付近には液状化層が存在していることから照査した結果、コンクリート構造物施工目地で2～3 cm程度の段差が発生することが判明した。しかし、この程度であれば舗装すりつけ補修で走行が可能なこと。また、

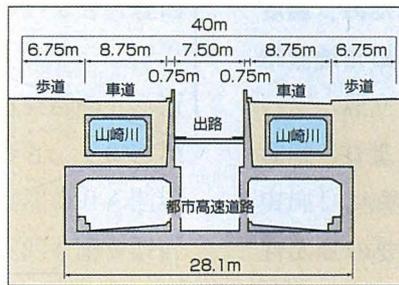
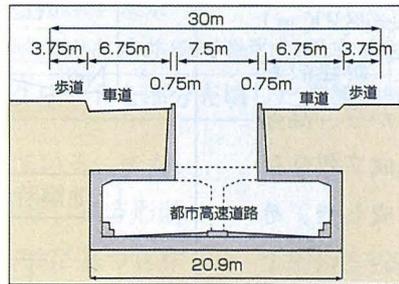
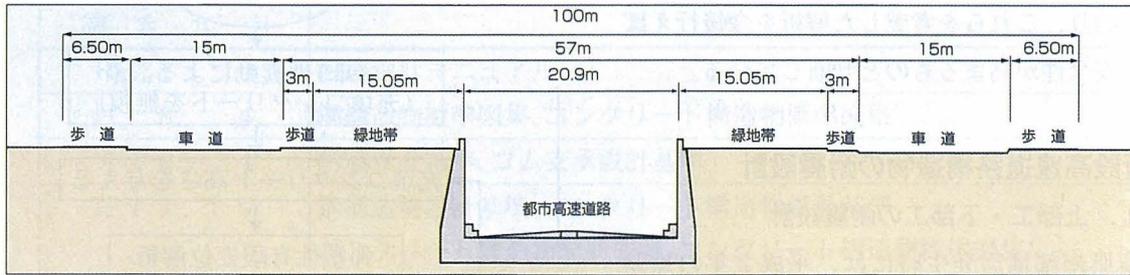


図2-6 高速2号東山線吹上～四谷（半地下式構造区間）

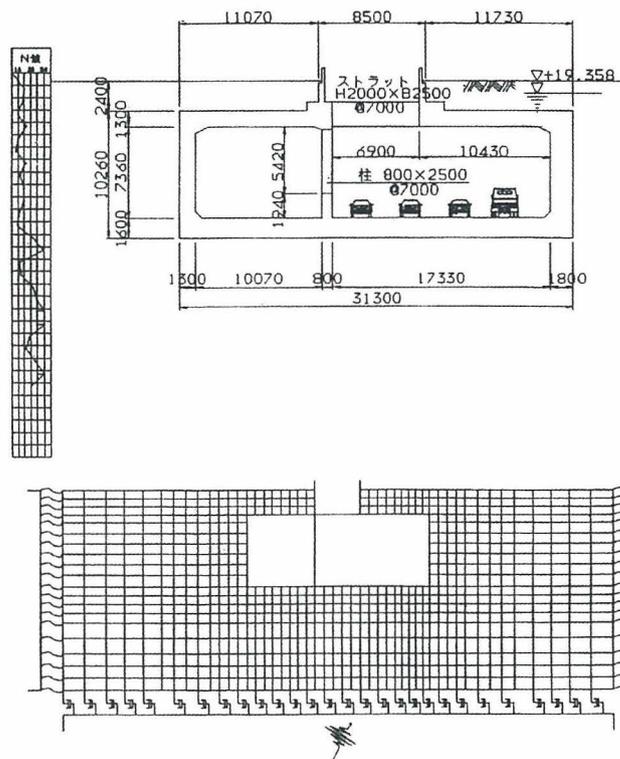


図2-7 半地下式構造区間解析検討断面図

当該構造物両側にSMW工法による地中壁が残置されており、これらを考慮した解析を今後行えばさらに安全性が高まるものと判断している。

### 3. 新設高速道路構造物の耐震設計

#### 3-1. 上部工・下部工の耐震設計

兵庫県南部地震発生時には、平成2年の道路橋示方書に基づいて高速小牧線(延長約8.2Km)の設計を行っていたが、「復旧仕様」が建設省から平成7年5月に通達されたことから、高速小牧線の修正設計に適用するため平成7年9月に公社「耐震設計マニュアル」を作成した。その具体的な項目は以下のとおりである。

- ①橋全体系の変形性能の向上を図るため、震度法による設計に加えて、基礎も含めた地震時保有水平耐力法による照査。
- ②ゴム支承を用いた弾性固定方式により、地震力を分散させる反力分散構造系を基本。
- ③鉄筋コンクリート橋脚では、所要のじん性を確保するために十分な帯鉄筋を配置し、かつ軸方向鉄筋の段落としは行わないことを基本。
- ④鋼製橋脚では、これまでの名古屋大学との共同研究・実験の成果を反映させて、次の構造詳細により終局耐力と変形性能の向上を図る。(図3-1 耐震性能照査フロー参照)
  - (ア)脚内の充填コンクリートに着目し、鋼とコンクリートの合成作用を考慮した設計。
  - (イ)座屈パラメーターや縦リブの剛性に制限値を設けて、座屈耐力の向上を図る。
  - (ウ)柱角溶接は、コンクリート充填部分を完全溶け込み溶接、一般部を完全溶け込み溶接相当とし、溶接強度の向上を図る。
- ⑤橋脚基礎は、橋脚本体と同等若しくはそれ以上の耐力と十分な変形性能。
- ⑥兵庫県南部地震に余裕をもって耐えられる構造であることを動的解析により照査。
- ⑦落橋防止装置については、衝撃力の緩和、連結部材の強度の増大、変形性能の向上を図る

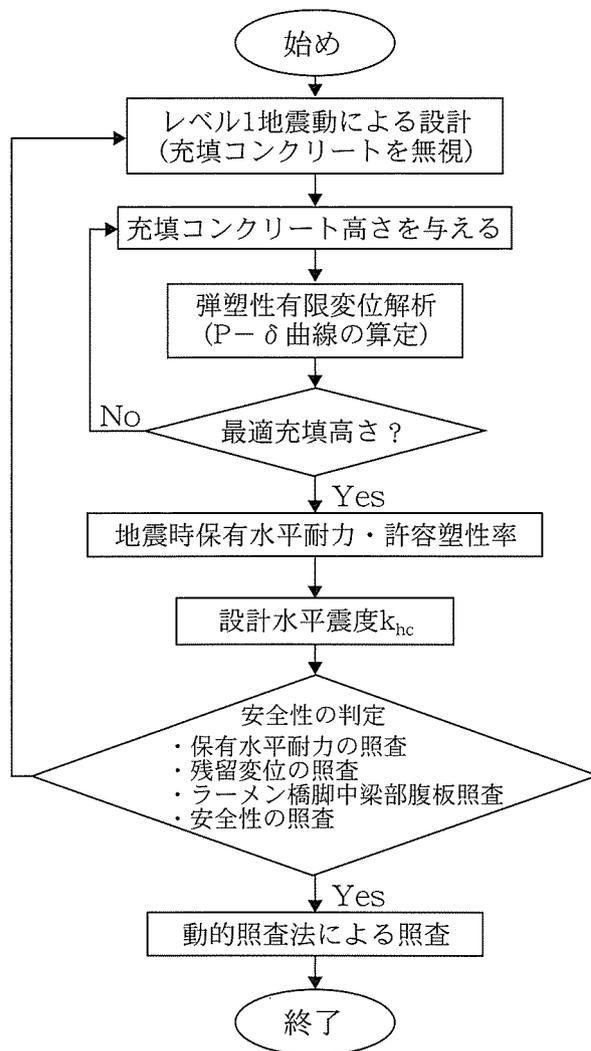


図3-1 鋼製橋脚耐震性能照査フロー

ことにより、橋脚や橋台から桁の落下を防止できるPCケーブル方式を標準構造。

- ⑧桁かかり長の確保により、落橋に対するフェールセーフ機構を設ける。
- ⑨地盤の液状化による地盤の流動が予想される地点においては、この影響を考慮する設計。

上記内容を今後の新設路線への適用やその後の実験結果等に基づき表3-1示すとおり順次公社基準要領を制定、改定をしている。

なお、これら耐震設計手法の中で、公社の独自性のある主な事項について示すと以下のとおりである。

- ①鋼製橋脚については、コンクリート部分充填鋼製橋脚として設計している。コンクリート充填部及び鋼断面部の破壊を適正に評価する基準を設定することにより、耐震照査精度を

表3-1 公社耐震基準等の変遷（H7以降）

制 定 年 月	基 準 等
H 7. 9	耐震設計マニュアル
H 8. 4	鋼構造物標準図集、コンクリート構造物標準図集
H 10. 4	耐震設計基準、ゴム支承設計基準
H 11. 10	鋼構造物設計基準、コンクリート構造物設計基準 コンクリート構造物配筋要領、コンクリート構造物標準図集
H 13. 4	鋼構造物標準図集
H 13. 5	名古屋高速道路非線形動的解析実施要領(案)
H 14. 6	コンクリートを部分充填した鋼製橋脚の耐震性能照査要領(案)

向上させ、合理的な設計を行っている。また、土木学会の提案をさらに進歩させ、長方形断面形状を考慮した破壊基準を実験に基づき作成し、長方形断面鋼製橋脚についても合理的な設計を行っている。

- ② 鋼製ラーメン橋脚については、梁部のせん断特性の実験及び解析結果に基づき、その破壊基準を設定することにより、梁部のせん断座屈、せん断変形を考慮した合理的な耐震設計手法を行っている。
- ③ ゴム支承については、繰返しせん断特性、破断特性を実物を用いた実験により、その変形履歴を確認し、非線形動的解析に用いるゴム支承のハードニング効果を考慮した履歴モデル（トリリニアモデル）を作成している。これにより、ゴム支承のコンパクト化をしている。
- ④ すべての高架橋に全体系（一連の橋梁）の非線形動的解析を実施し、地震時特性を照査することを原則としている。そのための非線形動的解析マニュアルを整備している。
- ⑤ 落橋防止装置（PCケーブルタイプ）の動的破壊実験を実施し、落橋防止構造定着部の合理的な設計を行っている。

### 3-2. 埋立地域の詳細な地盤調査に基づく液状化の評価とその設計

県道高速名古屋新宝線は、高速都心環状線山王JCTから第2東名（現在は伊勢湾岸道）東海JCTに接続する延長約12kmの計画路線である。この路線の内の南部区間は、名古屋港沿

いの埋立地域を通過し、液状化の発生が懸念されている。「道示」では、沖積砂質土層と礫質土層のものだけの繰返し三軸強度比のN値からの推定式が示されているが、埋立土層のものは示されていないことから、当路線天白川付近において、埋立土層とその下位に存在する沖積砂質土層の特性を把握するため凍結サンプリングを実施し、液状化強度の確認を行い繰返し三軸強度比推定式を設定している。

#### ① 繰返し三軸強度比推定式の設定

「道示」に用いられている全国各地の液状化試験結果などの既往のデータを取りまとめ、砂質土層の設定式を参考に埋立て土層の推定式を設定した。図3-2に試験結果に用い得られた推定式及び砂質土層と埋立土層の繰返し三軸強度比と換算せん断剛性の関係を示す。

#### ② 基礎工への影響概略検討結果

幅員20m、支間約70m、4径間連続桁の中間支点の基礎の例を用いて検討した結果、表3-2に示すように道示に準拠する場合に比べ杭本数が2本減の結果となった。この理由としては、「道示」を用いた場合も当該調査で得られた設定式も、埋立土層は土質定数の低減係数 $D_E=0$ となったが、沖積砂質土層については、今回の推定式を用いた方が1ランク上の $D_E$ となった（ $D_E=1/3$ が $2/3$ ）ことによる。

今後、当該調査で得られた新たな推定式を使用し、当該区間の今後の詳細設計へ反映する予定である。

【沖積砂質土の $R_L$ 】

$$R_L = \frac{(0.06 + 2.72 \times 10^{-4} \times (G_1/98) + 3.3 \times 10^{-25} \times (G_1/98)^8)}{\sqrt{(\sigma_v'/98)}} \dots (1)$$

【埋立土の $R_L$ 】

$$R_L = \frac{(3.058 \times 10^{-4} \times (G_1/98) + 3.3 \times 10^{-25} \times (G_1/98)^8)}{\sqrt{(\sigma_v'/98)}} \dots (2)$$

ここに、

$$G_1 = G_0 + \Delta G_1$$

$$G_0 = \frac{(\gamma_t/9.8)}{98} \cdot V_s^2 \cdot \frac{1}{\sqrt{(\sigma_v'/98)}} \times 98$$

$$\Delta G_1 = \begin{cases} (-50 + 10 \cdot FC) \times 98 & \dots\dots\dots 0\% \leq FC \leq 25\% \\ 19,600 & \dots\dots\dots 25\% \leq FC \end{cases}$$

$R_L$ ：繰返し三軸強度比

$V_s$ ：PS検層により得られるS波速度 (m/s)

$G_0$ ：有効上載圧98kN/m<sup>2</sup>相当に換算した換算せん断剛性 (kN/m<sup>2</sup>)

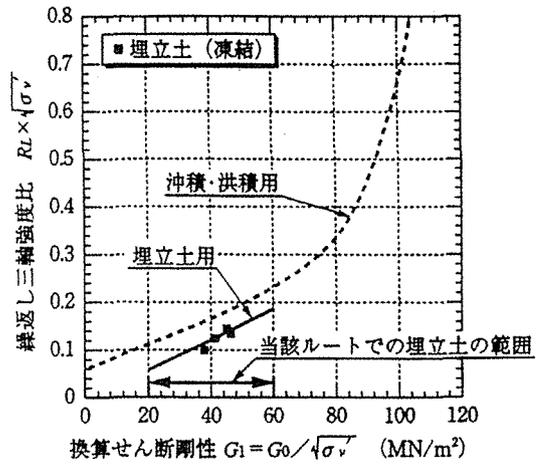
$\Delta G_1$ ：細粒分の影響を考慮した換算せん断剛性の補正值 (kN/m<sup>2</sup>)

$G_1$ ：細粒分の影響を考慮した換算せん断剛性 (kN/m<sup>2</sup>)

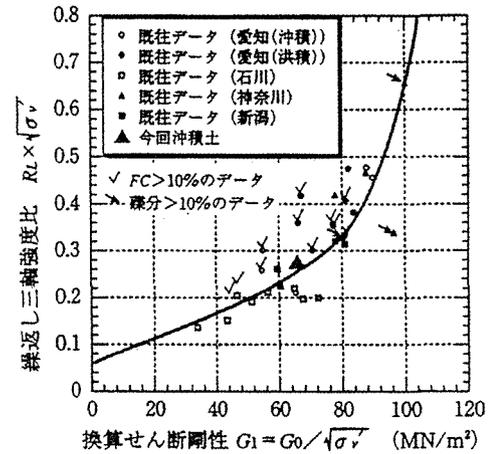
$FC$ ：細粒分含有率 (%)

$\gamma_t$ ：単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

$\sigma_v'$ ：有効上載圧 (kN/m<sup>2</sup>)



(a)埋立土層



(b)砂質土層

図3-2 繰返し三軸強度比推定式、埋立土層と砂質土層の繰返し三軸強度比、換算せん断剛性

表3-2 基礎工への影響検討結果

		設定式	「道示」
土質定数の低減係数 $D_E$	埋立土層	0	0
	砂質土層	2/3	1/3
フーチング寸法		11.4m × 8.4m × 3.5m	14.4m × 8.4m × 3.5m
杭本数 (場所打ち杭 $\phi 1,200, L=38m$ )		4列 × 3列 計12本	5列 × 3列 (千鳥配置) 計14本
杭配置図 (単位：m)			

4. おわりに

最近では、東海地震・東南海地震・南海地震の3つの地震が個別発生、同時発生のいずれかが東海地方直撃を予想されている。これらの地

震による当地域に想定される地震波を設定し、さらなる耐震性の確保に努めて行きたいと考えている。

## [参考文献]

- 1) 道路橋示方書 (S46年, S55年, H2年, H8年, H14年)
- 2) 兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係わる仕様」(H7年5月)
- 3) 大内, 森, 夏目, 坂本: 非線形動的解析によるストラット構造物の耐震検討に関する考察, 土木学会第57回年次学術講演会概要集 I - 698pp1395~1396(2002.9)
- 4) 沖森, 森下, 鶴野, 森重, 播金, 吉光: 機能分離型支承用ダンパーの特性試験, 土木学会第57回年次学術講演会概要集 I - 464pp927~928(2002.9)
- 5) 森下, 前野, 中村, 高野, 宇佐美: 鋼製ラーメン橋脚の梁部せん断座屈を考慮した終局判定, 土木学会第57回年次学術講演会概要集 I - 661pp1321~1322(2002.9)
- 6) 前野, 森下, 葛, 青木, 高野, 吉光: コンクリートを柱基部に部分充填した長方形断面鋼製橋脚の耐震照査法: 土木学会構造工学論文集Vol,48A,pp667~674(2002.3)
- 7) 森下, 森, 前野, 大内: 都市内高架橋に用いる支承の動的特性実験とその応用: 橋梁と基礎pp39~46(2002.3)
- 8) 木納, 森下, 前野, 野中, 折野: ゴム支承およびPCケーブルの非線形特性を考慮した連続高架橋の動的解析: 土木学会「第4回鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集」pp69~74(2001.1)
- 9) 森下, 前野, 岡本, 中村, 青木, 宇佐美: 鋼製箱形断面はりのせん断耐力実験: 土木学会「第4回鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集」pp171~176(2001.1)
- 10) 葛, 宇佐美, 森下, 青木: 鋼製箱形断面はりの繰返しせん断特性に関する非線形数値解析: 土木学会「第4回鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集」pp177~184(2001.1)
- 11) 森, 岡本, 織田: 名古屋高速道路における鋼製橋脚の補強事例, 土木学会「第2回耐震補強・補修技術, 耐震診断技術に関するシンポジウム」講演論文集pp13~20(1998.7)
- 12) 森, 稲垣: 鋼製橋脚の耐震補強, 基礎工 Vol,27No.4pp40~42(1999.4)
- 13) 前野, 森, 真鍋, 佐伯: 詳細な地質調査に基づく液状化と道路基礎の設計例, 基礎工 Vol,29No.4pp75~79(2001.8)
- 14) 宇佐美, 前野, 織田: 鋼製橋脚の耐震診断法とその力学的背景, 土木学会「第2回耐震補強・補修技術, 耐震診断技術に関するシンポジウム」講演論文集pp109~116(1998.7)

## 建築物の耐震設計と活断層

名古屋大学  
福和 伸夫

### 1. はじめに

一昨年来、国の地震調査研究の成果が相次いで公表され、中京圏の地震防災を取り巻く環境が大きく変化してきた。これらの調査結果によれば、今世紀前半には東海地震・東南海地震・南海地震の3地震が独立もしくは連動して発生し、東京以西の地域が高い確率で強い揺れに遭遇する。南海トラフでの地震は震源域が広く震源からの距離が離れているため、長周期成分が卓越した長時間の揺れが予想される。さらに、南海トラフでの巨大地震の発生の前後には、内陸での活断層による地震も頻発することが指摘されており、兵庫県南部地震の時のような震度7の強い揺れを局所的に蒙る地点が何箇所か発生することが懸念される。

本論では、このような周辺環境の中で、人命と財産を守る建築物の耐震設計について考えてみる。最初に、最近の地震に係る調査動向を簡単にレビューし、その後、兵庫県南部地震における被害から得られた建築耐震設計上の課題、観測記録に基づく建築物の地震応答特性の特徴について述べた後、建築技術者を中心に進めている濃尾平野の地下構造モデルの作成と強震動予測の試みについて紹介する。

### 2. 中京圏を取り巻く最近の地震調査研究

一昨年来の国における地震調査研究の推移は、表1に示すようにまとめることができる。21世紀を迎え中央省庁の再編が行われると同時に、大きなうねりが始まった。中央防災会議の所管が国土庁から内閣府に移管され、1月に開催された第1回中央防災会議で、小泉首相から、「東海地震については、大規模地震対策特別措

置法の成立以来四半世紀が経過しており、その間の観測体制の高密度化・高精度化や観測データの蓄積、新たな学術的知見等を踏まえて地震対策の充実強化について検討すること」と言った指示事項が出された。

これに基づいて、東海地震に関する専門調査会が設置され、その後、想定震源域の見直し、予測震度分布の公表へと続き、東海地震対策専門調査会の審議を経て地震防災対策強化地域の見直しが行われた。震源域が西に50kmほど移動したことにより、静岡から東三河地区での震度が6強以上になり、名古屋市内にも一部震度6弱の地域が広がった(図1)<sup>1)</sup>。このため、強化地域は従前の6県167市町村から8都県263市町村に拡大された(図2)<sup>1)</sup>。大都市名古屋を含む広域が強化地域に指定されたこともあり、警戒宣言発令時の帰宅困難者の問題など、大都市特有の問題が指摘されている。

東南海地震・南海地震については、文部科学省が所管する地震調査研究推進本部から、長期評価が示され、東南海地震については今後30年間の発生確率は50%、50年間の発生確率は90%と言う結果が示された。また、東海地震に関する専門調査会において、東南海・南海地震の検討の必要性について強い指摘があったことから、中央防災会議の下にも、東南海・南海地震等に関する専門調査会が設置され、震度予測、被害予測などが実施されつつある。また、2002年7月には、東南海地震・南海地震に係る地震防災の推進に関する特別措置法が公布された。

このような動きを受けて、中京圏での地震に対する関心も急速に高まってきた。愛知県は、2002年1月に東海地震・東南海地震等被害予測

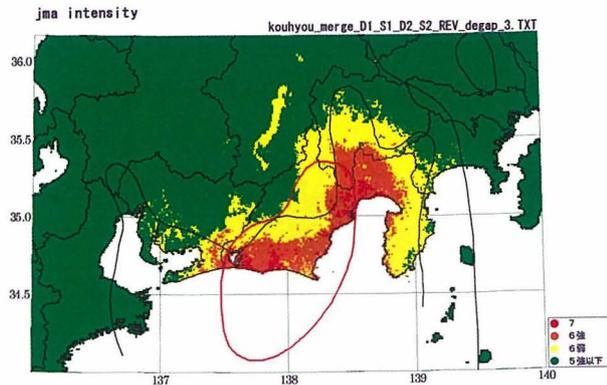


図1 東海地震の想定震度<sup>1)</sup>

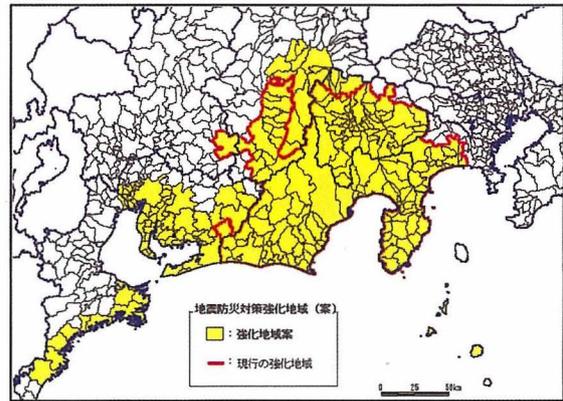


図2 地震防災対策強化地域<sup>1)</sup>

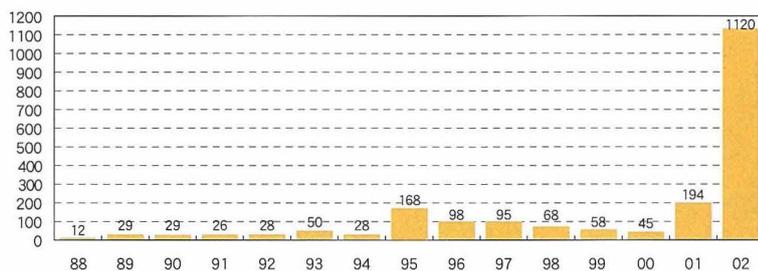


図3 中日新聞の「東海地震」記事数

表1 過去2年の当地の地震に係る国の動向

H13/1/10	岐阜—宮断層帯の評価(推本)
H13/1/26	小泉首相の指示(第1回中央防災会議)
H13/3/14	第1回東海地震に関する専門調査会
H13/6/28	東海地震の想定震源域見直し(第2回中防)
H13/9/27	東南海地震・南海地震の長期評価 (地震調査研究推進本部)
H13/10/3	第1回東南海地震・南海地震に関する専門調査会
H13/11/14	養老—桑名—四日市断層帯の評価(推本)
H13/12/18	東海地震の震度分布公表(第3回中防)
H13/12/7	東南海地震・南海地震の震度予測公表(推本)
H14/3/4	第1回東海地震対策専門調査会
H14/4/23	東海地震の強化地域の修正(第4回中防)
H14/5/8	伊勢湾断層帯の評価(推本)
H14/7/10	伊那谷断層帯の評価(推本)
H14/7/26	東南海地震・南海地震に係る地震防災対策の推進 に関する特別措置法公布
H14/8/29	東海地震の被害予測結果(揺れによる建物被害等) の中間発表

調査検討委員会を設置し、2003年には被害予測結果を公表する予定になっている。図3は中日新聞の「東海地震」に係る報道数の変化を示したものであり、社会の関心の変化を反映した結果を示している。

東海地震を始めとする南海トラフでの地震への関心が高くなったため、活断層の議論がかす

みがちであるが、地震調査研究推進本部から、継続的に主要活断層の長期評価が示されている。中京圏周辺の活断層の評価結果は、要約すると下記の通りである<sup>2)</sup>。

#### 鈴鹿東縁断層帯

Mが最大7.5程度。発生時期については、最新の活動時期が十分特定できないため判断できない。

#### 岐阜—宮断層帯

活断層ではないと判断される。

#### 養老—桑名—四日市断層帯

M8程度の地震が発生すると推定される。本評価で得られた地震発生長期確率には幅があるが(30年確率: ほぼ0%—0.6%)、その最大値をとると、本断層帯は、今後30年の間に地震が発生する可能性が、我が国の主な活断層の中ではやや高いグループに属することになる。

#### 伊勢湾断層帯

断層帯主部: 断層帯主部北部では、M7.2程度の地震が発生すると推定される(30年確率: ほぼ0%)。断層帯主部南部では、M6.8程度の地震が発生すると推定される(30年確率: ほぼ0%—0.002%)。また、北部、南部が同時に活動する場合はM7.5程度の地震が発生する可能性もある。

白子—野間断層: M7.0程度の地震が発生すると推定される。将来このような地震が発生する長期確率には幅があるが(30年確率: ほぼ0%—0.002%)、その最大値をとると、本断層帯は今後

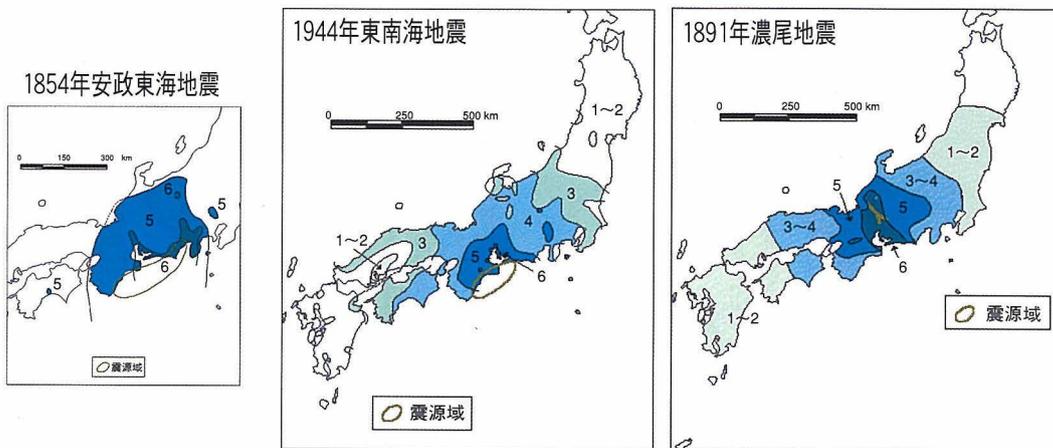


図3 安政東海地震、南海地震、濃尾地震の震度分布<sup>3)</sup>

30年の間に地震が発生する可能性が、我が国の活断層の中ではやや高いグループに属することになる。

#### 伊那谷断層帯

境界断層が単独で活動すると、マグニチュード7.7程度の地震が発生すると推定される(30年確率：ほぼ0%—6%)。前縁

断層が単独で活動する場合は、マグニチュード7.8程度の地震が発生すると推定される(30年確率：ほぼ0%—7%)。境界断層と前縁断層が一つの断層帯として同時に活動すると、マグニチュード8.0程度の地震が発生すると推定される。境界断層と前縁断層が同時に活動する場合の長期確率は、それぞれが単独で活動する場合の長期確率を超えることはないと考えられる。本評価で得られた地震発生長期確率にはいずれも幅があるが、その最大値をとると、境界断層及び前縁断層ともに、今後30年の間に地震が発生する可能性が、我が国の活断層の中では高いグループに属することになる。

このように、伊那谷断層を除くと、その発生確率は必ずしも高いものではない。ちなみに兵庫県南部地震が発生した時点での30年発生確率は0.4—8%であるとされている。

しかし、中京圏では、過去にM8クラスの1891年濃尾地震や1586年天正地震などの大規模活断

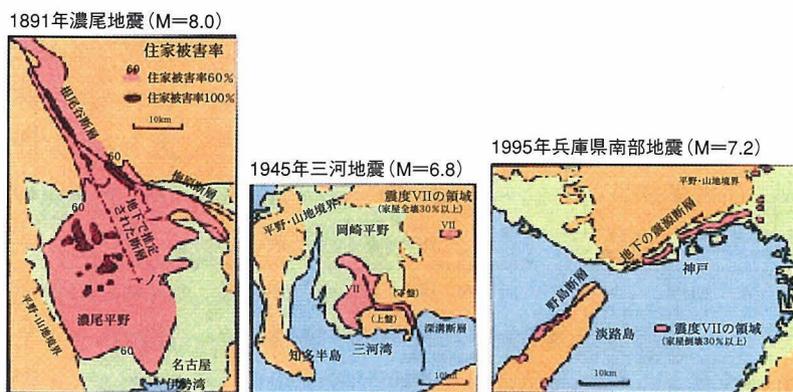


図4 濃尾地震、三河地震、兵庫県南部地震の震度7地域<sup>4)</sup>

層による地震に加え、1945年三河地震のように、活動前には断層の存在が知られていなかった「予め震源を特定できない地震」が発生している。また、厚く堆積平野に覆われている平野では、活断層の有無を特定することも困難であることが予想される。

このような地震環境の中で、建築物の耐震設計で想定すべき地震像をどのように考えるべきかは、耐震設計の性能設計化や、建築主への説明責任が尊ばれる現況では、極めて重要となる。ちなみに、活断層の活動による断層近傍の揺れの強さは震源域が比較的離れている南海トラフでの巨大地震の揺れの強さに比べ遙かに大きい。図3のように南海トラフの巨大地震での揺れは広域に広がるが、震源からの距離があるため揺れの強さは内陸の活断層の方が優る。図4に示すように、濃尾地震・三河地震の震度7のエリアは、兵庫県南部地震の震度7のエリアよりも広域であったことは覚えておきたい。

### 3. 兵庫県南部地震における建築物被害の特徴

1995年兵庫県南部地震における建物被害から建築物の耐震性の現状を考えてみる。

#### (1) 戸建て住宅の被害

図5に兵庫県南部地震における戸建て住宅の被害状況の建築年による差を示す<sup>5)</sup>。耐震性の低い建物には共通点がある。まず、古い家屋の耐震性の低さである。この原因としては、①古い耐震基準による耐震性能の低さ（耐震部材の不足）に加え、②家屋の老朽化による腐朽や蟻害による耐震性能の低下が考えられる。これに加えて、③重い屋根、④上下階の壁量バランスの悪さ、⑤平面的な壁の配置の悪さ、⑥柱・梁接合部などの接合金物の不足、⑦軟弱地盤・液状化地盤などでの基礎の剛性・強度不足、⑧揺れの強さ、などが被害発生要因として考えられる。図6に示すように、建物に作用する力は建物質量と揺れの強さの積（ $f = m\alpha$ 、 $f$ ：慣性力、 $m$ ：質量、 $\alpha$ ：加速度）であり、揺れの強い地盤上の重い屋根の建物では柱・壁に大きな力が作用する。このため、耐震部材が不足すると被害が増大する。また、上下階で壁量の差が大きいと、上下の剛性バランスが崩れ、剛性の小さな階に変形が集中し、さらに、変形が集中した層の変形性能や接合部強度が不十分だと、崩落しやすくなる。平面的にも壁が偏在すると、剛性の中心が偏るため、建物全体が揺れやすくなり、端部の柱の変形が大きくなる。

#### (2) 鉄筋コンクリート造と鉄骨造の被害

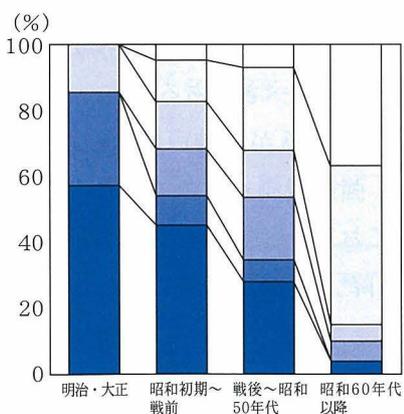


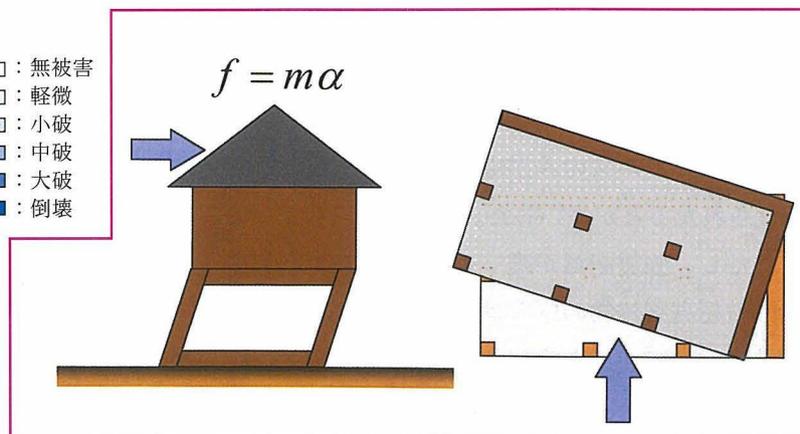
図5 兵庫県南部地震における戸建て住宅の年代別被害率<sup>5)</sup>

RC（鉄筋コンクリート）造建物やS（鉄骨）造建物も戸建住宅と共通の問題点を抱えている。1階が駐車場や商店街で2階以上が住戸の共同住宅となるピロティ的な建物では、1階と上階との剛性のバランスが悪くなり、1階に変形が集中する。1階の柱のせん断補強筋（帯筋）が不足して変形能力（靱性＝粘り）が不十分だと1階が崩落することになる。

一方、鉄骨造建物では接合部の被害が目立った。本来鉄骨部材は粘り強く抵抗する性質を持っているが、柱と梁や、柱と基礎との間の接合部に十分な強度がないと、肝心の鉄骨の良さが失われてしまう。神戸における低層鉄骨建物の多くが、接合部破断で崩壊していたことは、施工管理の重要性を感じさせる。

10階建程度の中層の事務所ビルでは、中間階の1層が崩落するという、破壊形式が注目された。その典型が、神戸市役所旧庁舎である。新耐震設計法が導入された1981年より前の建物では、上階の建物応答が大きくなるという、建物内の応答増幅効果の考慮が不十分だった。このため、柱の断面寸法を変化させた特定の階などで耐力が不足し中間階に損傷が集中した。

次に、RC建物の建築年や建物高さによる被害率の差異を見てみる。図7は震災の帯の中（震度7地域に相当）に存在したRC建物の構造的な被害率を示したものである<sup>6)</sup>。わが国では、1950年の建築基準法制定以降、1971年と1981年の2度、耐震基準が大きく改訂されている。このた



(a) 重い屋根と上下階剛性バランス (b) 壁の偏在による揺れ  
図6 被害の出やすい建物

め、2つの年代での被害率の差異が顕著である。ただし、建築年による耐震性の差異よりも、建物階数による耐震性の差の方が大きい。

図7の結果は技術的な矛盾を示している。現行の耐震基準は、300~400ガル程度の地表の揺れに対して終局強度設計（ある程度の構造的損傷を許容し人命を守る設計）するという最低基準であるにも拘らず、低層建物の被害は震度7の1000ガルを超える揺れを経験しても数%以下に留まっている。これは、設計時に考慮していなかった種々の余力が被害を軽減したと理解できる。図から判断すると、大企業や防災拠点に多い10階建て程度の建物の実力は低層建物のそれに比べ相当低い可能性がある。

建物階数による被害率の違いの原因としては、神戸の地震動が10階建程度の建物にとって厳しい1秒付近の周期成分を多く含んでいたことに加え、低層建物の方が設計時に考慮しない雑壁の量が多いこと、低層建物の場合には地盤に比べて建物の剛性が相対的に堅いので、地盤が変形し建物変形が抑制されることなどが考えられる。後者は建物と地盤との動的相互作用と呼ばれる効果<sup>7)</sup>の一つである。

### (3) 長周期建物の被害

長周期の建物の代表は高層建物と免震建物である。高層ビルに関しては、芦屋浜の高層住宅でメガフレームの柱に脆性破壊による亀裂が発生したとの報告がある。厚肉断面の鉄骨部材に脆性的破断が生じたことは、同時期に建設された他地域の高層建物の安全性を考えるとショッキングである。しかし、他には高層ビルの大きな被害の報告は無い。神戸地区では周期1秒程度の数波のパルスのみが卓越したため、共振が避けられたことが幸いした。

ただし、強震記録が唯一公表されている大阪市内の超高層建物の応答は高層ビルの安全性の検討に対して注意を喚起している<sup>8)</sup>。図8に示すように、震源から離れた大阪では継続時間が伸び、大阪平野のやや長周期卓越周期を含んでく

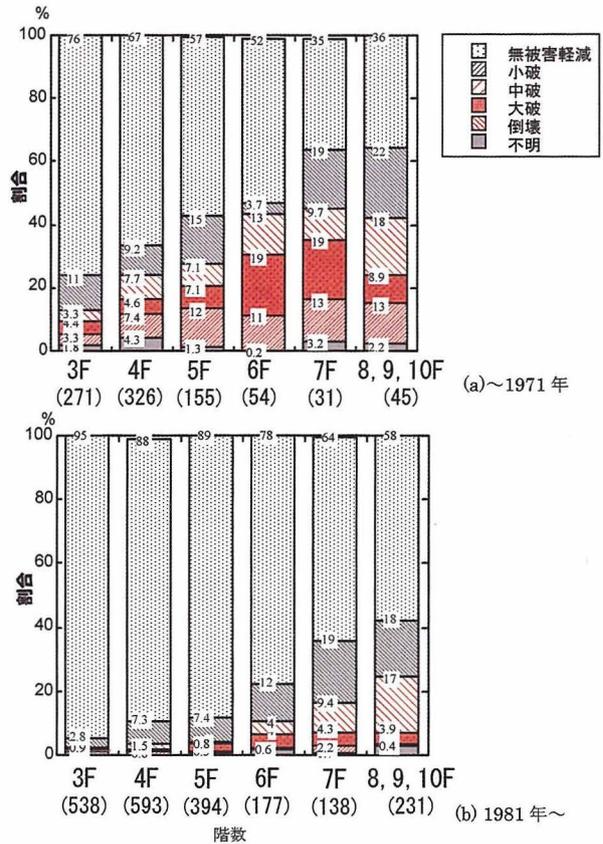


図7 震災の帯でのRC建物の被害率<sup>6)</sup>

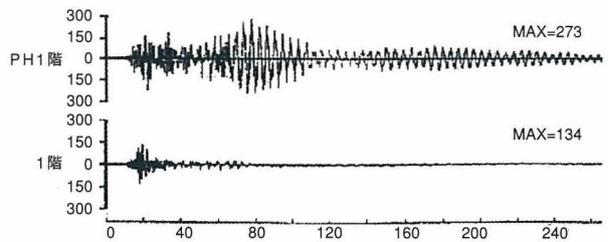


図8 大阪の高層ビルの強震記録<sup>8)</sup>

る。この例では、地盤の卓越周期と建物の固有周期とが同調して、主要動終了後に揺れが増幅し長時間揺れ続けた。このように、地盤震動と建物とが選択的に共振すると、減衰の小さな高層建物の場合、予期せぬ応答を示す恐れがあるので、耐震設計上留意すべきである。

震災の帯の外ではあるが、神戸には2棟の免震建物があった。強震観測もされており、その結果が報告されており、免震の有効性が示された<sup>9)</sup>。このとき以降、免震建物が急増し、最近では免震戸建住宅も増えてきた。

#### 4. 建築物の地震時応答

筆者らは、中低層建物の振動挙動を理解することを目的に、名古屋大学東山キャンパス内の建物を中心に強震観測や常時微動計測を実施してきた。一例として、図9に10階建SRC造建物の建物-地盤系の観測記録を示す（1997年愛知県東部地震、M5.8）。図のように、地盤の中で揺れが増幅しながら地表に達し、建物に入力する際に、揺れが小さくなった後、建物内で再び揺れが増幅する。このことから、地盤の増幅効果と建物の応答特性の重要性が理解できる。

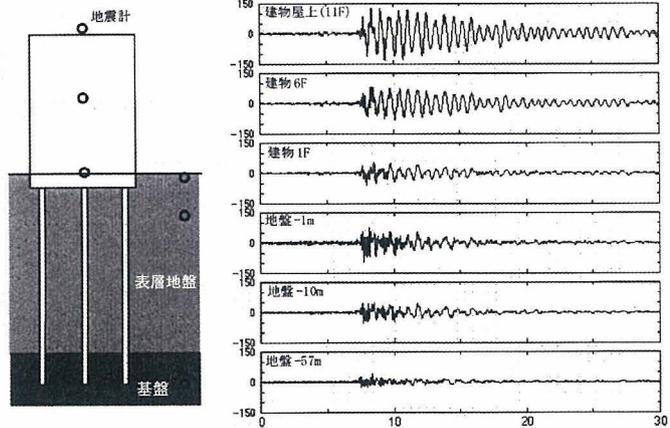


図9 名古屋大学内の建物・地盤系の地震時応答

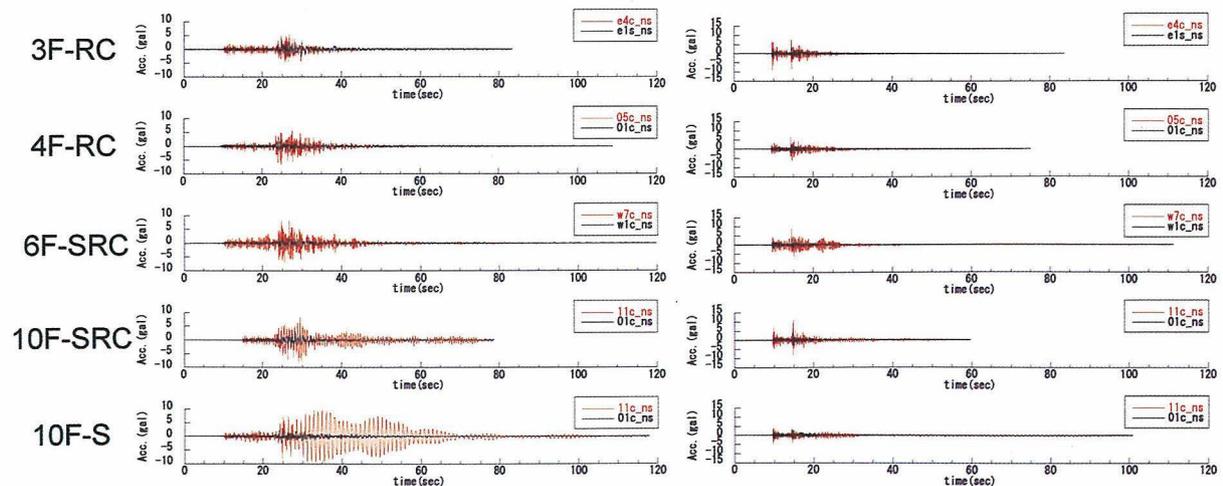
図10に、震源が比較的離れた地震（2001年静岡県中部地震、M4.8）と、近い地震（2001年愛知県西部地震、M4.1）について、10階建SRC造建物、10階建S造建物、6階建SRC造建物、4階建RC造建物、3階建RC造建物の建物屋階と基礎の建物短辺方向の加速度応答を比較する。これらの建物は名大内に立地し、地盤条件は概ね等しい。各図から以下のような知見が得られる。

- ① RC系の建物応答を比較すると、建物階数による振動特性の差が明瞭に見られる。建物高さが低いと固有振動数が高くなり、地盤と建物との相互作用の影響（振動数低下と逸散減衰増大）が大きくなって、応答が減じられる。
- ② 同一高さの建物でも構造種別（10階建のS造

とSRC造）による応答特性の差から、構造による建物剛性（固有振動数）の違い（RC造の2次部材の寄与の大きさなどが原因）、相互作用の影響度合いの違いが与えるS造の減衰の小ささ（1%以下）などが指摘できる。

- ③ 入力と建物の振動数が近接すると顕著な応答増幅が認められる。特に、低減衰の建物の場合には、継続時間の長い地震動に対して、共振による応答増幅が顕著である。

これらの結果は、兵庫県南部地震における中低層RC造建物の被害が微小にとどまったことと関連する。すなわち、低層であれば、建物が地盤に比べて相対的に堅くなり、地盤の変形が卓越し、建物が剛体的に挙動するため、動的相互作用効果が顕著になり上部構造の応答が抑制さ



(a)2001年静岡県中部地震 (M4.8)

(c)2001年愛知県西部地震 (M4.1)

図10 名大内の5つの建物の地震応答（黒：基礎、赤：屋上階）

れる<sup>7)</sup>。さらに、一般に低層の建物ほど構造的に耐力を見込まない2次部材の寄与が大きくなる。このため、耐力的な余力が増す。図11に筆者が簡単に試算した典型的学校校舎建物の応答（ベースシア係数＝建物の平均的な水平応答震度に相当）を示す。図中には、相互作用の考慮の有無による応答の差を示している（兵庫県南部地震では、建物短辺方向の地震動が卓越したので、黒実線と青点線を比較すればよい）。図から、動的相互作用の考慮により、応答が大きく減じられることが分かる。従前の一般的な耐震設計では相互作用効果は考慮されていなかったもので、設計時の余力の一つであったと考えられる。

図12は鉄骨建物を対象に、建物高さとの固有周期・減衰定数との間を実測結果に基づいてまとめたものである<sup>10)</sup>。低層になると等価的な建物剛性が増大して建物が短周期化し、地下逸散減衰による減衰増大効果が認められる。

建物の固有周期と入力地震動の卓越周期の

近接による共振現象は、建物の応答を大きく増幅させる。建物の地震時応答性状は、建物と地震動の周期の近接度合い、減衰の大小や、入力地震動の継続時間により大きく影響を受ける。簡単な例として、Sin波を地震動として入力した時の1質点1自由度系の応答を、Sin波の繰返し数（ $n$ ）、建物周期（ $T$ ）と入力周期（ $T_0$ ）の比（ $T/T_0$ ）、減衰定数（ $h$ ）をパラメータとして求める。応答波形を図13に、最大応答値を図14に示す。図から、共振時の応答性状が、減衰定数と波の繰返し数に大きく依存することが分かる。 $n\pi h$ の値が十分に小さい時の共振時応答増幅度は、

$$\frac{1}{2h} \left( 1 - \frac{\exp(2n\pi h)}{\sqrt{1-h^2}} \cos 2n\pi \sqrt{1-h^2} \right) \approx \frac{1}{2h} (1 - \exp(2n\pi h)) \approx n\pi (1 - n\pi h)$$

で与えられるので、半波パルスの場合には減衰定数によらず1.57倍となる。これに対して繰返し数が増加すると1/2h倍に増幅され増幅度は減

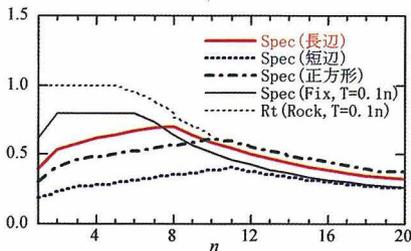
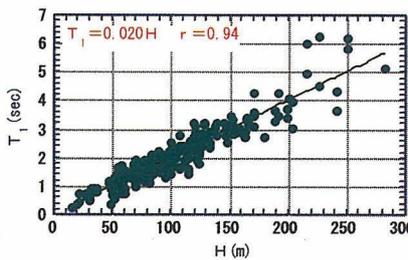
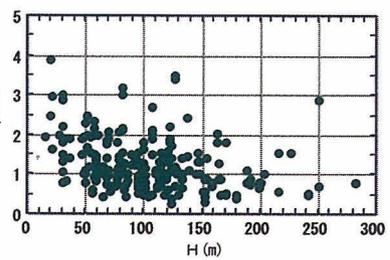


図11 建物ベースシア係数に及ぼす相互作用効果  
(横軸：階数、縦軸：ベースシア係数)



(a) 固有周期



(b) 減衰定数

図12 鉄骨建物の建物高さとの固有周期・減衰定数との関係

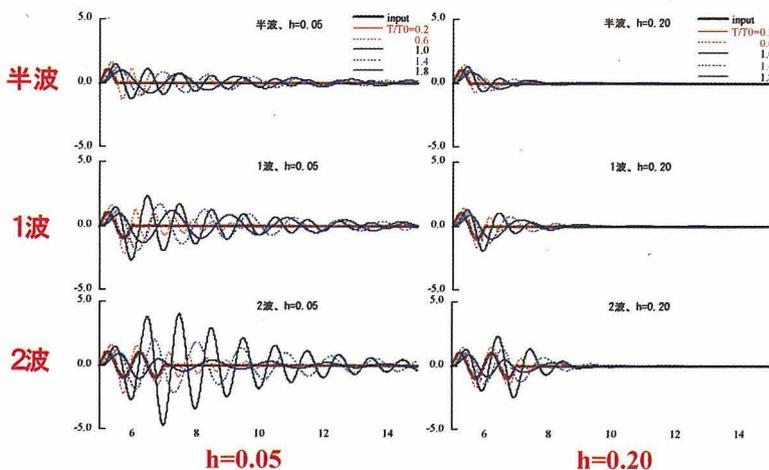


図13 入力サイン波の周期比、波の数と応答との関係

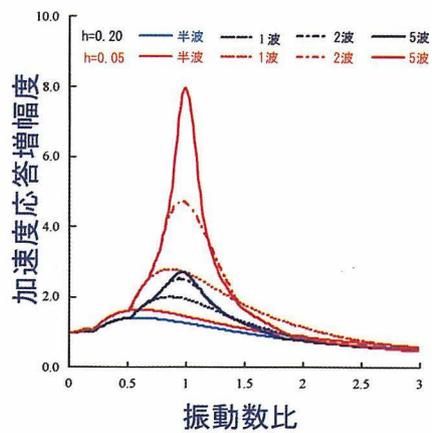


図14 Sin波入力時の波の数と減衰定数による応答増幅度の違い  
(横軸は建物振動数に対する入力振動数比)

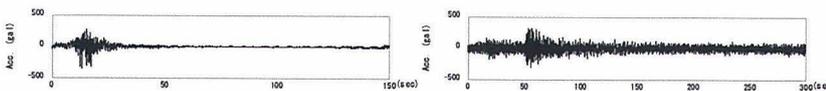
衰定数に支配される。例えば、定常状態に達するのに要する波の数の目安として、90%に増幅(0.9/2h)するのに必要な波の数を求めると0.37/hとなる。このことから、減衰の大きい免震建物の場合には共振周期よりやや周期の短いパルス的な入力に対する応答が、減衰の小さい高層建物の場合には継続時間の長い波に対する共振応答の問題が重要になることが分かる。例えば、減衰定数が1%で周期5秒の建物の場合、共振振幅の9割に育つのに185秒も要する。すなわち、同じ最大地震動を与える入力波でも、減衰の大きい免震建物では活断層近傍のパルス的な波が、減衰の小さい超高層建物では巨大地震による継続時間の長い波がクリティカルとなる。

図15に、国土交通省告示で定められた解放工学的基盤での地震動加速度応答スペクトルをターゲットスペクトルとして、兵庫県南部地震・神戸海洋気象台のNS方向の位相特性と、鳥取県西部地震での海部郡飛島村の応答波形の位相特性を用いて作成した加速度波形を示す。図16に

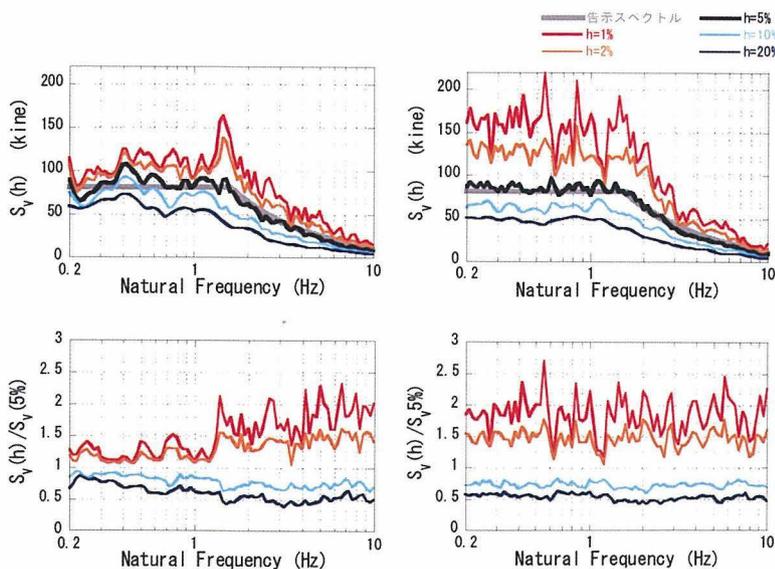
2つの波形に対する相対速度応答スペクトルと、5%速度応答スペクトルに対する減衰定数hの速度応答スペクトルの比を示す。図から、継続時間の長短によって、建物応答の減衰依存性が大きく異なることが分かる。

最近では、建物の振動特性を制御した制震構造や免震構造が増えてきた。制震構造は、建物に減衰を付与する装置を付加したものであり、高層建物の応答抑制のために用いられる場合が多い。これに対して、免震構造は、比較的剛な建物の下に免震装置を設置し、長周期化と減衰付与を与えるものである。何れも建物の振動特性を人為的に設定するものであり、地震動の3要素である強さ、周期特性、継続時間の適切な把握が必要である。

堆積平野の震動特性の一例として、図17に2000年鳥取県西部地震による強震記録のH/Vスペクトルから求めた名古屋市域の卓越周期分布を、図18に2000年三重県南部地震時の震源から名古屋に至る速度波形の走時を示す。図より、



(a)兵庫県南部地震・JMA神戸 (b)鳥取県西部地震・飛島村  
図15 2種類の位相特性を有する告示スペクトル適合波



(a)兵庫県南部地震・JMA神戸 (b)鳥取県西部地震・飛島村  
図16 2種類の位相特性を有する告示スペクトル適合波の  
相対速度応答スペクトル(上)と  
5%速度応答スペクトルに対する減衰定数hの  
速度応答スペクトル比(下)

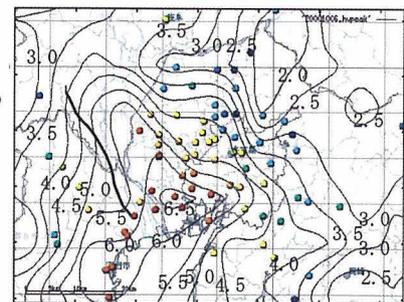


図17 鳥取県西部地震の強震記録  
H/Vスペクトルから求めた  
濃尾平野の卓越周期

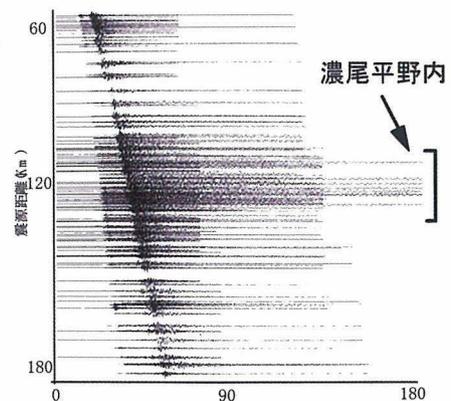


図18 三重県中部地震時の  
速度応答波形の走時

濃尾平野の基盤の傾動による地盤周期の変化と、堆積平野内に波動がトラップされることによる継続時間の伸長が明瞭に認められ、長周期構造物の応答性状への影響の大きさが分かる。

## 5. 濃尾平野の3次元地下構造モデルの作成と主要な活断層に対する強震動予測

兵庫県南部地震以降、濃尾平野周辺では、活断層調査や堆積平野地下構造調査が精力的に行われてきた。現在、愛知県では濃尾平野地下構造調査の総合解析の一環として、3次元地下構造モデルの策定と強震動評価を行っている。また、東海地震・東南海地震・養老-桑名-四日市断層などに対する地震被害予測調査の一環としての強震動評価も行いつつある。

一方、1998年の建築基準法改正により、性能規定型の耐震設計法が導入され、建築界において、地域共通の地震動策定に対する要望が高まった。このため1999年に建築技術者が出資して愛知県設計用入力地震動研究協議会を設立し、名古屋市内の強震動評価を行ってきた<sup>11-12)</sup>。

本節では、愛知県設計用入力地震動研究協議会において実施した活動の中から、濃尾平野周辺の主要活断層の断層モデルの策定、濃尾平野の3次元地下構造モデルの策定、並びに、3次元差分法と統計的グリーン関数法とのハイブリッド法による強震動評価結果についてその概要を紹介する。詳細は文献<sup>11-14)</sup>を参照されたい。

まず、想定地震の選定に当たっては、名古屋市周辺において過去に発生した主な被害地震と活断層をリストアップし、名古屋市周辺の地震活動の特徴を下記のように大別した。

- A：1944年東南海地震（M7.9）などフィリピン海プレートの沈込み帯で発生する巨大地震
- B：1891年濃尾地震（M8.0）など内陸活断層の活動による大規模な地震
- C：1945年三河地震（M6.8）のような内陸の浅い所で発生する中規模地震
- D：フィリピン海プレートの上面もしくはその内部で発生する中規模地震や詳細不明の地震

次に、確率論的想定地震<sup>15)</sup>の考え方に基づいて名古屋地区に影響の大きい想定地震を複数選定した。西暦2000年から100年間の地震ハザードへの寄与度を指標として、個々の活断層や地震活動度の順位付けをして想定地震を選定した。その結果、名古屋地域への影響の大きさも考慮して、

- (1) フィリピン海プレートの沈込み帯で発生する巨大地震として東海・東南海連動型の地震
- (2) 特定の活断層の活動に起因する地震として、養老-桑名断層系、伊勢湾断層（内海断層も含む）、猿投山北断層に起因する3地震（図19）
- (3) 活断層の存在が知られていないところでも発生する可能性のある地殻内地震を想定した。本特集は、活断層を主題としているので、(2)についてのみ紹介する。

強震動評価に当たっては、断層破壊の非一様性を考慮するため、断層パラメータとして、巨視的パラメータと微視的パラメータを設定した。表2に代表的な巨視的断層パラメータを、図19内に対象断層のアスペリティ配置と破壊開始点を示す。詳細は文献<sup>11-12)</sup>を参照されたい。

強震動予測にはハイブリッド合成法を用い、長周期地震動は3次元有限差分法<sup>16)</sup>で、短周期地震動は統計的グリーン関数法<sup>17)</sup>で工学的基盤面での波形を求め、両者を2.5秒の接続周期で重ね合わせた。その上で表層の1次元増幅特性を考慮した。計算フローを図20に示す。

地震動の計算地点は図21に示す9地点であり、震動性状の異なる7ブロックに分散配置した。ブロックAnとAsは新第三紀層が露頭している名古屋市東部の丘陵地、ブロックBは名古屋市中央部の洪積台地、ブロックC、Dは沖積層で覆われた三角州、ブロックE、Fは名古屋市西部から南部にかけての干拓地、埋立地である。

地盤モデルの策定に当たっては、濃尾平野で実施されている反射法探査・屈折法探査・微動アレイ調査・深層ボーリング・重力探査・浅層ボーリング・強震記録・単点微動記録などの各

種データを図22のように適切に組み合わせて<sup>13)</sup>、図23に示す基盤形状を有する3次元地下構造モデルを作成した。

得られた地表応答波形の一例を図24に、解放工学的基盤面における周期2.5秒以上の長周期成分の波動伝播のスナップショットを図25に示す<sup>14)</sup>。図から断層破壊の初期の段階では、ディレクティビティ効果を持ちながら同心円上に波動が伝播し、その後、堆積平野の構造の影響を受けて伝播性状が変化し、平野内に波動がトラップされて行く様子が分かる。CHC地点の応答波形を見ると、同一地点であっても、断層位置や破壊性状によって経時特性に大きな差異が認められる。図26~27には猿投山北断層に対応する平野内の応答波形と水平面内の粒子軌跡を示す(解放工学的基盤の2.5秒以上の長周期成分)<sup>14)</sup>。堆積層の厚い地点での波動トラップによる継続時間の伸長や、基盤形状変化に伴う波動伝播方向の変化などが読みとれ、堆積地盤の3次元的構造モデルの重要性が分かる。

## 6. まとめ

拙稿では、最初に、名古屋圏を取り巻く最近の地震調査に関わる動向をまとめ、社会の地震防災に対する関心の高まりと、強震動予測に対する期待について紹介した。次に、兵庫県南部地震における建築物被害から明らかになった我々の耐震性能の把握度について分析し、残された課題が多々あることを指摘した。さらに、強震観測や簡単な応答解析から得られる建築物の応答性状の特徴について分析し、建築物の特性(周期と減衰)に応じた強震動特性(強さ・周期・継続時間)の評価の必要性について指摘した。その上で、名古屋圏の強震動予測の試みの一つとして、愛知県設計用入力地震動研究協議会において実施した強震動評価について、3つの活断層に対する強震動評価結果を紹介した。

近年、南海トラフでの巨大地震や活断層の長期評価が公表され、地震に対する関心が高まっている。兵庫県南部地震を契機として強震動予測の知見は著しく向上したが、その予測精度は、

表2 想定地震の主要パラメータ

	想定濃尾平野西緑地震		想定伊勢湾地震		想定猿投山北地震
モーメントマグニチュード $M_w$	7.2		7.1		6.7
気象庁マグニチュード $M_j$	7.7		7.5		7.0
地震モーメント $M_0$ [dyne-cm]	$8.1 \times 10^{26}$		$4.7 \times 10^{26}$		$1.2 \times 10^{26}$
短周期レベル $A$ [dyne-cm/s <sup>2</sup> ]	$2.3 \times 10^{26}$		$1.9 \times 10^{26}$		$1.2 \times 10^{26}$
	北断層	南断層	北断層	南断層	
断層長さ $L$ [km]	28	20	25	14	21
断層幅 $W$ [km]	16	16	16	16	14
平均すべり量 $D$ [m]	3.2	2.7	2.4	1.8	1.2
滑り方向 $\lambda$ [deg]	270 (逆断層) 同左		270 (逆断層) 同左		350 (右横ずれ断層)

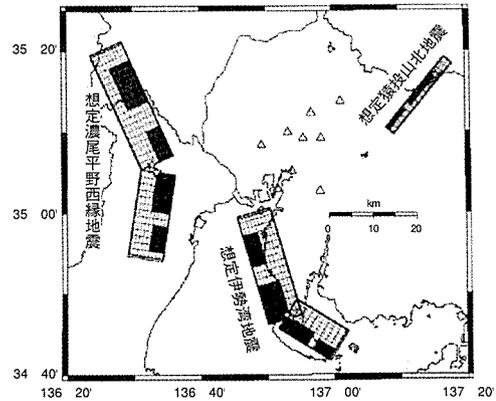


図19 活断層による想定地震

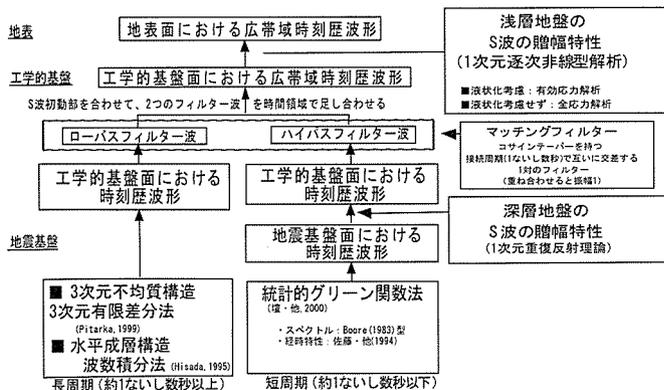


図20 広帯域ハイブリッド法による強震動計算のフロー

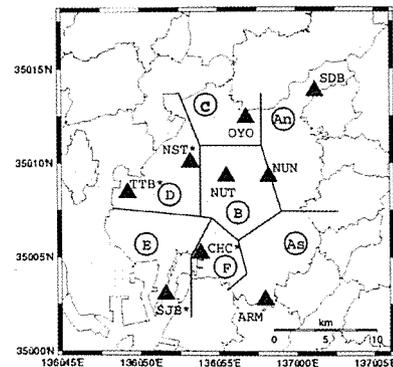


図21 地域のブロック化と地震動の算定地点



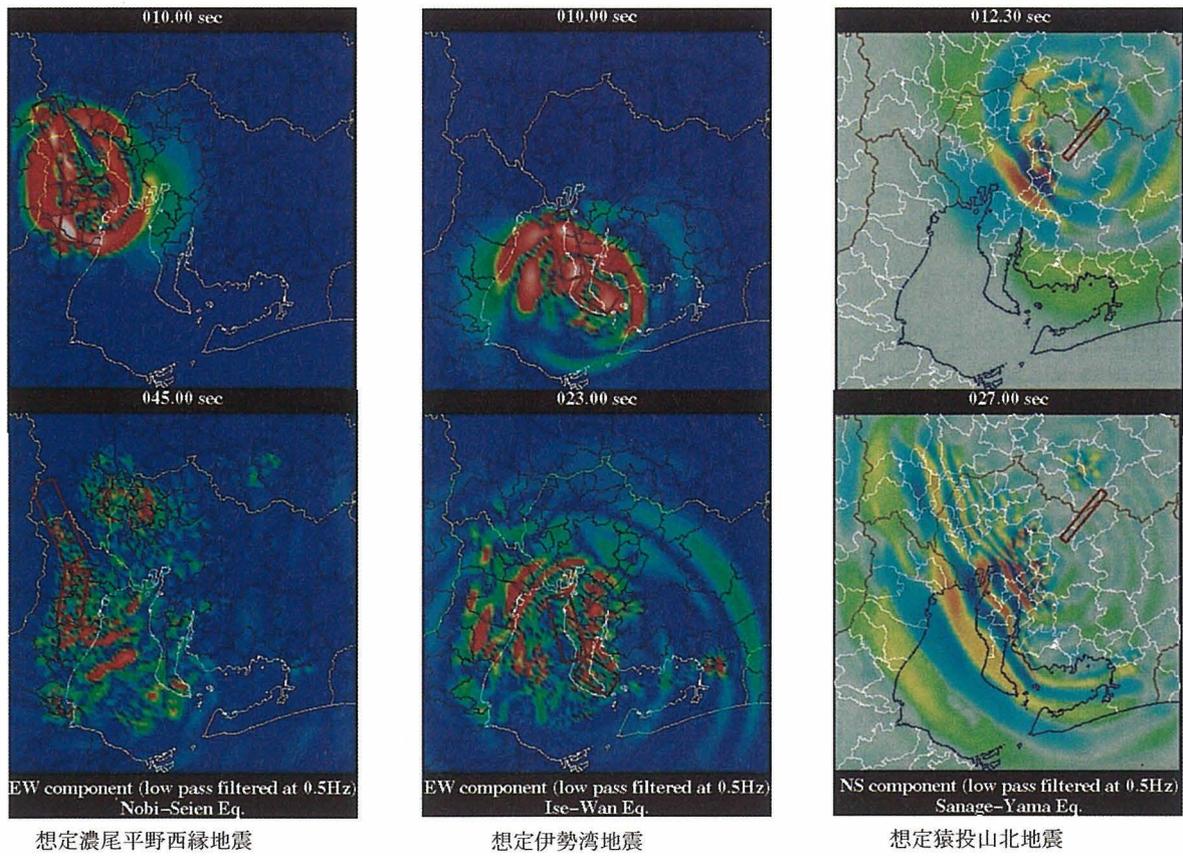


図25 代表時刻での工学的基盤面応答のスナップショット (2.5秒以上の長周期成分)

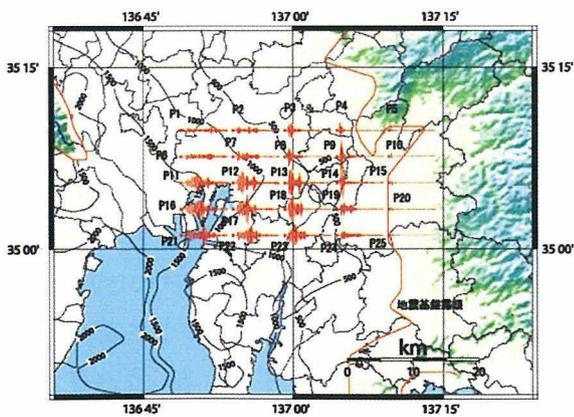


図26 想定猿投山北地震の速度波形NS成分

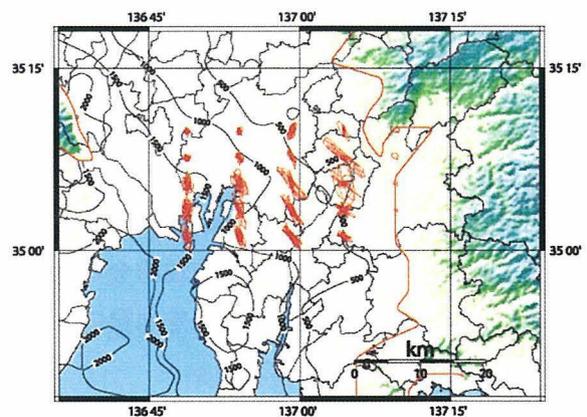


図27 想定猿投山北地震の水平面の粒子軌跡

## 参考文献

- 1) 内閣府の防災情報のホームページより引用、  
<http://www.bousai.go.jp/>
- 2) 地震調査研究推進本部のホームページより引用、<http://www.jishin.go.jp/main/index.html>
- 3) 地震調査研究推進本部：日本の地震活動－被害地震から見た地域別の特徴－〈追補版〉  
<http://www.hp1039.jishin.go.jp/eqchr/eqchrfrm.htm>
- 4) 武村雅之：震度7の揺れは地盤で決まる－明治以降の地震被害から－、サイスモ、pp.5-7、2002
- 5) 鹿島都市防災研究会編：建築防災シリーズ 2 建築物の地震被害、鹿島出版会、1996
- 6) 日本建築学会：阪神・淡路大震災調査報告、建築編1 鉄筋コンクリート建築物、1997
- 7) 日本建築学会編：入門建物と地盤との動的相互作用、1996
- 8) 斎藤知生、横田治彦、辻英一、浮田高志：地震応答記録からの建物振動特性の評価、日本建築学会大会学術講演会梗概集B-2、pp.721-722、1997
- 9) 伊澤清治、中澤俊幸：大震災と免震建築、MENSIN、pp.18-24、1955
- 10) 日本建築学会編：建築物の減衰、2000
- 11) 福和伸夫、久保哲夫、飯吉勝巳、大西稔、佐藤俊明他：愛知県名古屋市を対象とした設計用地震動の策定 その1～7、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-2、pp.81-94、2001
- 12) 愛知県設計用入力地震動研究協議会：愛知県設計用入力地震動の作成－想定地震による強震動予測－報告書、2002
- 13) 福和伸夫、佐藤俊明、早川崇、池田善考、野崎京三：濃尾平野の地盤調査とそのモデル化、月刊地球号外37号、pp.108-118、海洋出版、2002
- 14) 早川崇：名古屋市における強震動予測事例－濃尾平野の3次元堆積盆地モデルの作成と適用 一、第29回地盤震動シンポジウム、日本建築学会、pp.69-80、2002
- 15) 亀田弘行、石川裕、奥村俊彦、中島正人：確率論的想定地震の概念と応用、土木学会論文集、第577号、I-41、pp.75-87、1997
- 16) A. Pitarka：3D Elastic Finite-Difference Modeling of Seismic Motion Using Staggered Grids with Nonuniform Spacing, Bull. Seism. Soc. Am., 89, pp.54-68, 1999
- 17) 壇一男、渡辺基史、佐藤俊明、宮腰淳一、佐藤智美：統計的グリーン関数法による1923年関東地震（MJMA7.9）の広域強震動評価、日本建築学会構造系論文報告集、第530号、pp.53-62、2002

## 東海三県の活断層

名城大学理工学部環境創造学科  
牧野内 猛

### 1. はじめに

兵庫県南部地震（1995）の原因が、野島断層という活断層の活動であったことから、「活断層」についての社会的関心が高まった。そのような状況のなかで、全国の主要な活断層を総合的に調べるという国家的プロジェクトが進展し、多くの成果が得られている。

この地方の活断層についても、三県一市の調査委員会のもとで、地質調査業協会加盟各社の多大なご努力によって、大きな成果が上がっている。本稿ではそれらの成果を中心に紹介する。すでに明らかになっている点は、既往の文献を参照していただきたい。

### 2. 活断層とは

まず活断層について、基本的事項を押えておく。「活断層」とは、最近の数10万年の間に繰り返し活動したことがあり、将来も活動する可能性の高い断層である。「活動した」とは「地震を起こした」とほとんど同義であるので、繰り返し地震を起こし、将来も地震を起こす可能性の高い断層ということになる。

断層は上下方向にも水平方向にもずれる。上下方向については、断層面上側のブロックがずり落ちるのが正断層、ずり上がるのは逆断層である。また水平方向には、断層の向こう側のブロックが右にずれるのが右ずれ、左にずれるのは左ずれである。

さて、活断層は普段は動かないが、ストレスが蓄積してきて耐えられなくなった時に動く（地震を起こす）。したがって、活動は間欠的であり、その平均的な間隔が活動間隔あるいは活動周期とよばれる。そして、ほとんどの場合、

同じ向きにずれるので、ずれの量は地震のたびごとに累積していくことになる。つまりずれの累積性がある。累積されたずれの量を経過時間で割ったものが、平均変位速度である。

活断層には活動的なものとそうでないものがある。活動性の程度は活動度とよばれ、千年あたりの平均変位速度で表わす。すなわち、AA級は10m/千年の桁、A級は1m、B級は10cm、そしてC級は1cm/千年の桁である。

また、活断層の長さ $L$  (km) と、1回の地震でずれる量 $D$  (m、単位変位量) と規模 $M$  (マグニチュード) との間には相関関係があり、経験的に以下のような式で表わされる<sup>1) 2)</sup>。

$$\log L = 0.6M - 2.9$$

$$\log D = 0.6M - 4.0 \quad (\text{松田の式}^{1)})$$

つまり活断層が長いと、起こる地震の規模、単位変位量、いずれも大きくなる。

なお、活断層が実際にあるのかどうか、現在も活動しているのかどうか、議論になることもある。その程度が確実度で、確実度Ⅰは活断層であることが確実なもの、Ⅱは推定されるもの、そしてⅢは可能性があるものである。

### 3. 中部地方西部の活断層

図1は、中部地方西部の活断層を、活断層研究会<sup>3)</sup>、愛知県防災会議地震部会<sup>4)</sup> などから編集したものである<sup>5)</sup>。最近の調査の結果、確実度、長さや活動度が変わったものもあるが、基本的な変更はないので、これをもとに活断層の特徴をみしてみる。

まず分布密度が高い。この地方は活断層が集中する区域で、地震の“巣”といってもよい。

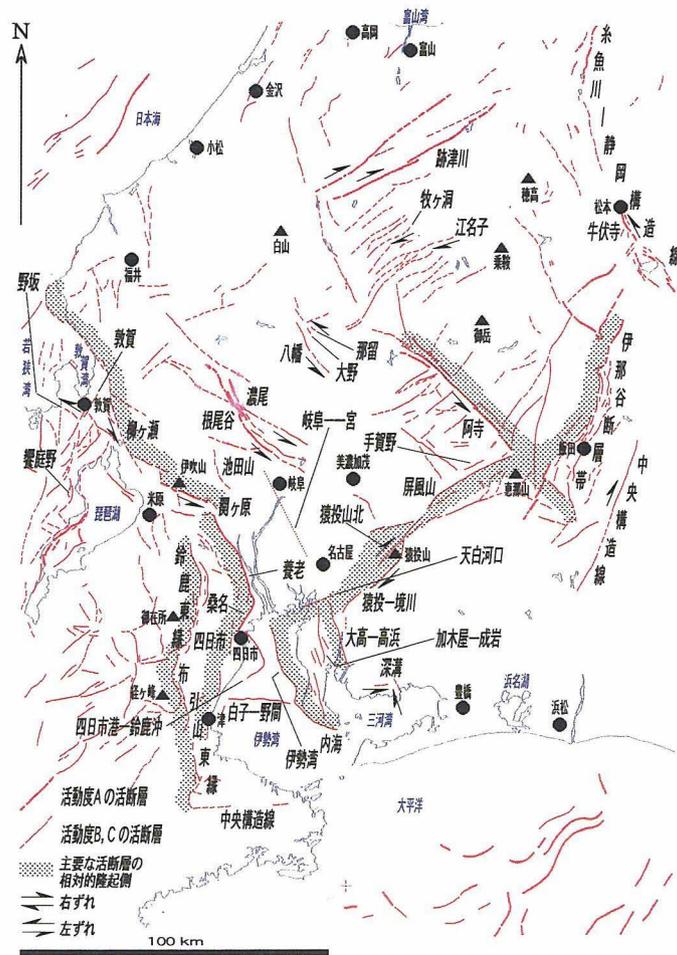


図1. 中央日本西部の活断層<sup>5)</sup>  
活断層研究会<sup>3)</sup>  
愛知県防災会議地震部会<sup>4)</sup>などから編集。

次に分布に規則性がある。北西-南東系と北東-南西系とで格子状を呈し、北西-南東系は左ずれ、北東-南西系は右ずれである。また南北系は逆断層が多い。これらの分布パターンから東西方向の圧縮が類推される(図2<sup>6)</sup>)。さらに、濃尾平野と養老山地は活断層で分けられるように、大規模な活断層は地形の境界を画している。つまり、上記の両者を例にとれば、地震のたびごとに、濃尾平野は沈降し、養老山地は隆起する。このようなことが何回も繰り返されることによって起伏が大きくなり、現在の地形配置が決定されたのである。その意味で最近の数10万年は、活断層の活動システムが機能している「活断層時代」<sup>5)</sup>ともいえる。

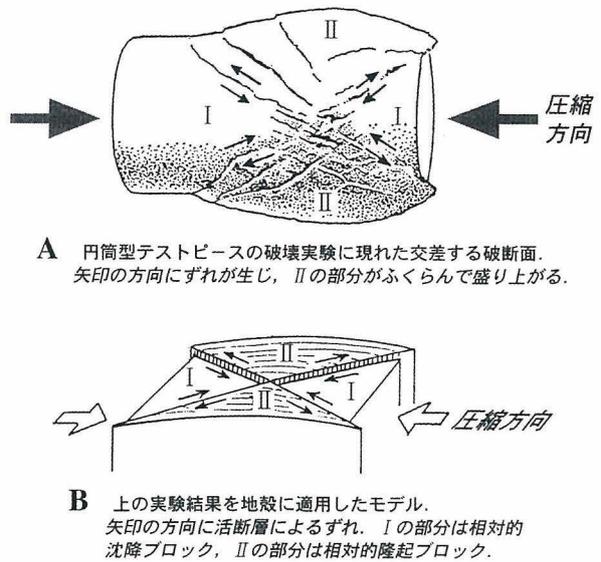


図2. 横ずれ断層のメカニズム<sup>6)</sup>

表1. 東海三県の活断層の諸性質  
太字は最近の成果

節 番号	断層	活動度	長さ (km)	走向 (一般的)	断層変位		平均変位 速度 m/千年	地震との関係, 最近の成果, ほか
					上下成分 隆起側 (m, 変位基準)	横ずれ成分 R: 右, L: 左 (m, 変位基準)		
4.1	関ヶ原	A~B	17	WNW	N	L 100~4000		地表の掘み: 1.2万年以降の地震、開口亀裂: 16C以降の近傍地震。 1.6~1.7万年前以降の地層に変位・変形なし。
4.2	池田山	B	16		W (逆) <10 (段丘面)			単位変位量: 2~3m.
4.3	濃尾	A~B	80	NW	NE, SW	L, <5000	2	1891 (濃尾地震, M=8.0) 単位変位量: 4~7 (<7.4) m, 活動間隔: 2.7~4.7千年.
4.4	八幡	B	24	NNW	W	L, 50~30		第四紀層を切っている。
4.4	那留	B~C	8	NW	W, 10	L, 120~450		4~0.2万年前に1回活動。
4.5	牧ヶ洞	A~B	20	NE	SE, <50	R, 100~600		変位地形は認められたが、第四紀層の変位は確認できず。
4.5	江名子	B	11	E NE	SE, 300	R, 500	0.3	変位地形は認められたが、第四紀層の変位は確認できず。
4.6	阿寺	A	80	NW	NE 600~1200	L, <7000	3~5	1586 (天正地震). 活動間隔: 1.8千年.
4.7	屏風山	B	32	NE	SE 200~700			DNP (大山生竹テフラ, 約8万年前) をはさむ段丘層に変位・変形なし。
4.7	手賀野	B	7.5	NE	SE, 段丘面に累 積的变化		0.02~0.12	高位段丘面: 26m, 中位段丘面: 12~11m, M2面: 9~7m, M3面: 5~4m. 南部の高位段丘面: 7~6m, それぞれ変位。
5.1	猿投山北	B	21	NE	NW	R, 50~250	0.5	最近の2万年間に4回のイベント。 活動間隔: 5千年, 最新活動: 1.8~3.2千年前.
5.2	猿投一境川	B	34	NE	NW 2.5~6.5 (中位段丘)		0.1	最新活動: 1.18万年前, 活動間隔: 1.4~3.4万年.
5.3	深溝	C	17	EW, NS	SW2 (田の面)	L, 1.3 (田の 面), R, 0.5 (地表面)	0.05 ~ 0.08	1945年 (三河地震, M=6.8). 活動間隔: 2~3万年.
5.3	横須賀	C	9		SW	L, 0.2~0.6 (地 表面)		1945年 (三河地震, M=6.8)
5.4	大高一高浜	B	21	NNW	W, 7.5 (碧海層)		0.1~0.15	2.5千年前の沖積層も変位。 最新活動: 2~3千年前, 活動間隔: 1.1~1.7万年, 単位変位量: 1.5m.
5.5	加木屋 一成岩	B	30	NNW	W, 20 (加木屋層)		0.12	活動間隔: 2万年.
5.6	天白河口		7.5+	E NE	S, 30~160 (東海層群)			熱田層の基底面 (15~16万年前) は切れていない。
5.7	岐阜一宮		17	NNW	NE, 5~20		0.1	反射法地震探査断面では反射面の不連続は認められないが、断層がないと明確には言えない。
6.1	養老一桑名一 四日市	A	55	NS	W, 50 (2.5万年前)		2	745年 (天平地震). 1586年 (天正地震). 単位変位量: 5~6m, 活動間隔: 1.5千年.
6.2	鈴鹿東縁	B	33~34	NS	W		0.1~0.4	活動間隔: 4~6千年, 最新活動: 1~1.4千年前.
6.3	布引山東縁	B	27	NS	W		<0.15	株本断層: 最新の5万年間に3回のイベント, 活動間隔: 2.5万年以下, 最新活動: 1.8~3.2千 年前, 鳥戸断層: 1.2万年前の地層を切るが, 0.8千年前の地層は切っていない。山口断層: 最 新活動: 1万年前, 片野断層: 2万年前の地層を切るが, 9.6千年前の地層は切っていない。
7.1	伊勢湾 一内海	B	42	NNW	E (逆) 35~50 (海部累層 相当層)		0.23~0.45	伊勢湾断層: 活動間隔: 1~1.5万年, 最新活動: 1~0.5千年前. 内海断層: 活動間隔: 0.5~1万年, 最新活動: 2~1.5千年前.
7.2	四日市港 一鈴鹿沖	B	20	NS, NE	W, 40 (熱田層下部 相当層)			最新活動: 4千年前以降.
7.3	白子一野間	B	16	EW	N, 25~30 (熱田 層下部相当層)		0.17~0.3	活動間隔: 8千年, 最新活動: 6.5~5千年前.

#### 4. 岐阜県の活断層

岐阜県には、根尾谷断層や阿寺断層など大規模な活断層があり、すでに多くの研究成果がある。岐阜県活断層調査委員会は、ほかの活断層について調査を行なっている。以下それぞれの成果について時計回りにみていく(表1)。

##### 4.1. 関ヶ原断層

岐阜県南西部の関ヶ原町周辺には、地形的にも明瞭な関ヶ原断層が西北西-東南東に延びている(図1)。調査の結果、地形のずれから第四紀に活動したことは確認されたが、トレンチ調査では、1.6~1.7万年前以降の地層に変位・変形が認められなかった<sup>7)</sup>。

##### 4.2. 池田山断層

濃尾平野の北西縁は、西の山地と明瞭な地形的境界をもって接し、この境界に池田山断層が走っている(図1)。反射法地震探査などの結果<sup>8)</sup>、長さは16km、東落ちの逆断層で、段丘面や扇状地面の上下変位は最大10m、単位変位量は最大2~3mと見積もられる。

##### 4.3. 濃尾断層系

根尾谷断層とこれに付随する活断層群が濃尾断層系である(図1)。とくに根尾谷断層は、有史以来最大の内陸地震である濃尾地震(M=8.0、1891)の際に現われ、世界で最初に報告された地震断層として有名である。この断層系は、LANDSATの映像でも直線的なリニアメントとして現われており、総延長は約80kmである。左ずれ(最大約5km)で、南西側隆起と北東側隆起の区域とがある。主要部の活動間隔は2.7~4.7千年と推定される<sup>9)</sup>。

##### 4.4. 長良川上流断層帯

長良川上流の白鳥町周辺には、北西-南東系の活断層がいくつかある(図1)。調査の結果、第四紀層を切るのは八幡断層と那留(なる)断層で、大野断層は活断層ではないことが確認された。那留断層は断層露頭の解析から、4~0.2万年前に1回活動しており、南部区間の活動度はB~C級と評価された<sup>10)</sup>。

##### 4.5. 高山・大原断層帯

岐阜県北部の高山周辺には、北北東-南南西方向の活断層が数多くある(図1)。そのうち牧ヶ洞、江名子両断層は、調査の結果<sup>11)</sup>、変位地形は認められたが、第四系の変位は確認されなかった。しかし、基盤岩中には断層破碎帯が確認されている。

##### 4.6. 阿寺断層系

阿寺断層系は、阿寺山地と美濃・飛騨高原との間を約80kmにわたって北西-南東に走る(図1)。LANDSATの映像でも、リニアメントと断層を横切る河川の屈曲とが明瞭である。また坂下町の河岸段丘が、切られてずれていることでも有名である。左ずれ(最大約7km)で、北東側の阿寺山地が相対的に隆起している。活動度は3~5m/千年である。最新の活動は1586年の天正地震で、活動間隔は約1.8千年と推定されている<sup>12)</sup>。

##### 4.7. 屏風山・恵那山断層帯

岐阜県南東部の東濃丘陵と恵那山地との間には、屏風山断層が延びて明瞭な地形的境界(屏風山断層崖)をつくり、さらに北西側には、並行して手賀野断層などがある(図1)。トレンチ調査などの結果<sup>13) 14)</sup>、屏風山断層については、広域テフラのDNP(大山生竹テフラ、約8万年前)をはさむ可能性が高い段丘層は変位・変形しておらず、約8万年前以降は活動していないと判断された。

いっぽう手賀野断層は、段丘面に累積的な上下変位が認められ、広域テフラや<sup>14</sup>C年代値などから、変位速度が見積もられた(図3)。

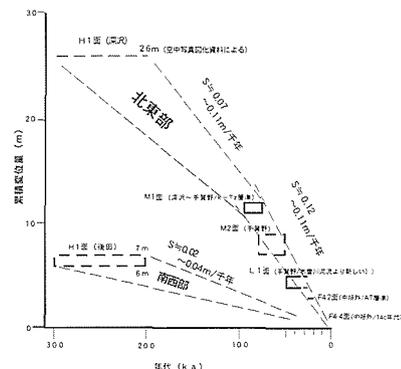


図3. 手賀野断層の平均変位速度<sup>14)</sup>

## 5. 愛知県の活断層

愛知県には人口集中地域も多く、地震の際、都市型の震災が危惧される。愛知県には活断層調査委員会、名古屋市には断層調査委員会が設置され、主要な活断層が調査された。それぞれの成果について、時計回りにみていく(表1)。

### 5.1. 猿投山北断層

愛知県の北縁に位置する山塊のうち、猿投山と北の三国山との間には、北東-南西に延びる直線的な谷があり、ここに猿投山北断層が走っている(図1)。北東延長は屏風山断層に続き、南西延長は2005年の愛知万博会場予定地に達している。高密度電気探査、ボーリング調査、トレンチ調査などの結果<sup>15) 16) 17)</sup>、長さは約21kmで右ずれ、平均変位速度は0.5m/千年、4回のイベントが識別された(図4)。活動間隔は約5千年で、最新活動時期が1.8~3.2千年前、起こる地震は断層全体が動けばM=7.0~7.3と見積もられた。

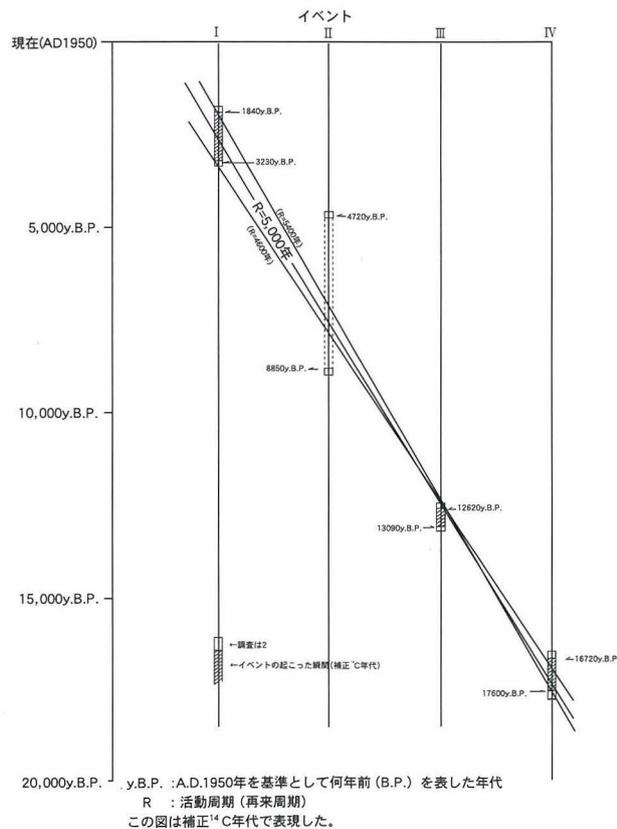


図4. 猿投山北断層の活動履歴<sup>16)</sup>

### 5.2. 猿投一境川断層

猿投山南西麓から知多半島にかけては丘陵地帯(猿投-知多隆起帯)が続き、南東側には西三河の平野が広がる。両者の間を明瞭な地形的境界をもって北東-南西に延びるのが猿投一境川断層である(図1)。浅層・極浅層反射法地震探査、トレンチ調査(図5)などの結果、長さは約34km、平均変位速度は0.1m/千年、最新活動は約1.18万年前で、長さから見積もられる活動間隔は1.4~3.4万年である<sup>18) 19)</sup>。

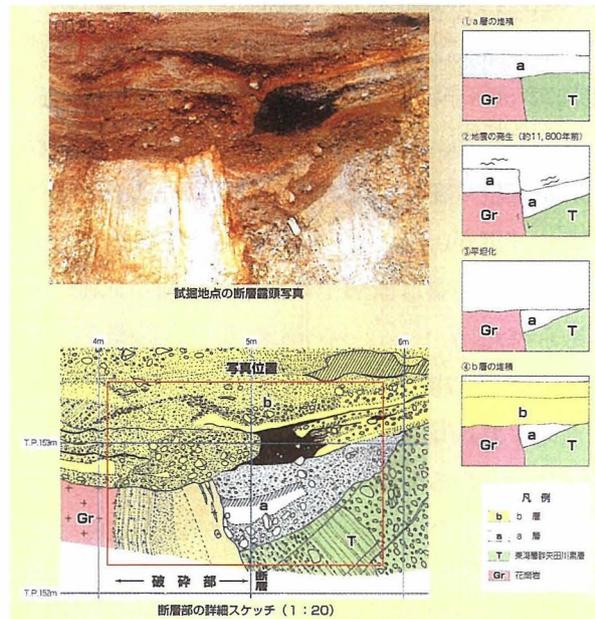


図5. 猿投一境川断層の掘削壁面スケッチ<sup>19)</sup>

### 5.3. 深溝断層・横須賀断層

東南海地震(1944年12月)の約1ヶ月後の1945年1月13日に三河地震が起こった。この時に現われたのが、深溝断層、横須賀断層で、いずれもほぼ直角に屈曲している(図1)。深溝断層のトレンチ調査では、活動間隔が2~3万年と見積もられた<sup>20) 21)</sup>。最新活動はもちろん三河地震である。

### 5.4. 大高一高浜断層

知多半島の付根にあたる名古屋市緑区から大府にかけては、JR東海道線が通るほぼ南北の谷がある。大高一高浜断層はこの谷を南に延び、衣浦湾を越えて高浜市に至り碧南市の油ヶ淵付

近まで達している（図1）。ボーリング調査、浅層反射法地震探査などの結果<sup>18)</sup>、中期更新世の加木屋層や中位段丘の碧海層が変位・変形し、約2.5千年前の沖積層も変位している。長さは約21km、平均変位速度が0.1~0.15m/千年で、最新活動は2~3千年前以降、単位変位量が1.5m、活動間隔は1.1~1.7万年、起こる地震は断層全体が動けばM=7.0と見積もられた。

### 5.5. 加木屋一成岩断層

知多半島北部の東海市から半田市にかけては、名鉄河和線が通るほぼ南北の直線的な谷があり、ここに加木屋一成岩断層が走っている（図1）。ボーリング調査、浅層反射法地震探査などの結果<sup>18)</sup>、中期更新世の加木屋層や高位段丘層が変位・変形している。長さは約30km、平均変位速度が0.12m/千年、平均活動間隔は2万年、起こる地震は断層全体が動けばM=7.3と見積もられた。

### 5.6. 天白河口断層

濃尾平野南縁と知多半島とを分けて東北東一西南西に延びるのが天白河口断層である（図1）。重力異常の解析、天白河口海域の音波探査、浅層反射法探査、ボーリング調査などの結果<sup>22)</sup>、長さ7.5km以上で高角の正断層、第三紀東海層群には累積性の上下変位が認められるが、第四紀の熱田層には上下変位は認められず、熱田層の堆積開始期（15~16万年前）には活動を停止していたことなどが明らかになった。

### 5.7. 岐阜一一宮線

濃尾地震（1891）の際、濃尾平野内に、北西一南東に延びる3条の直線的な地変（震裂波動線<sup>23)</sup>）が現われた。中央のものはJR東海道線に沿って、岐阜から一宮の南まで延びている。ここに伏在するとされたのが岐阜一一宮線である（図1）。ボーリング資料の解析、反射法地震探査などの結果<sup>24)</sup>、推定される位置に地層や反射面の不連続は認められず、上下変位を累積させる断層は存在しないと結論された。ただし、横ずれ断層の場合、あるいは最近になって活動

を始めたとすれば、不連続の検出は困難で、断層はないと明確には言えないとも述べている。この結果を受けて地震調査委員会<sup>25)</sup>は活断層ではないと判断している。

## 6. 三重県の活断層

三重県には、濃尾平野と養老山地、伊勢湾の沖積低地と台地・丘陵地帯、台地・丘陵地帯と鈴鹿山脈など、地形の境界に大規模な活断層が走っている。産総研や三重県活断層調査委員会がこれらを調査した。以下、それぞれの成果について北から南にみていく（表1）。

### 6.1. 養老一桑名一四日市断層帯

濃尾平野と養老山地を画する断層が、岐阜県の南西縁から延びる養老断層、養老山地から南に延びて丘陵地帯と沖積低地とを分けるのが桑名断層、桑名断層南半部の西側をさらに南に延びるのが四日市断層である（図1）。ボーリング調査、浅層反射法地震探査（図6）などの結果<sup>26)</sup>、活動区間の長さは45~55km、最近100万年間で2m/千年という日本の内陸活断層では最大級の上下平均変位速度をもち、単位変位量も5

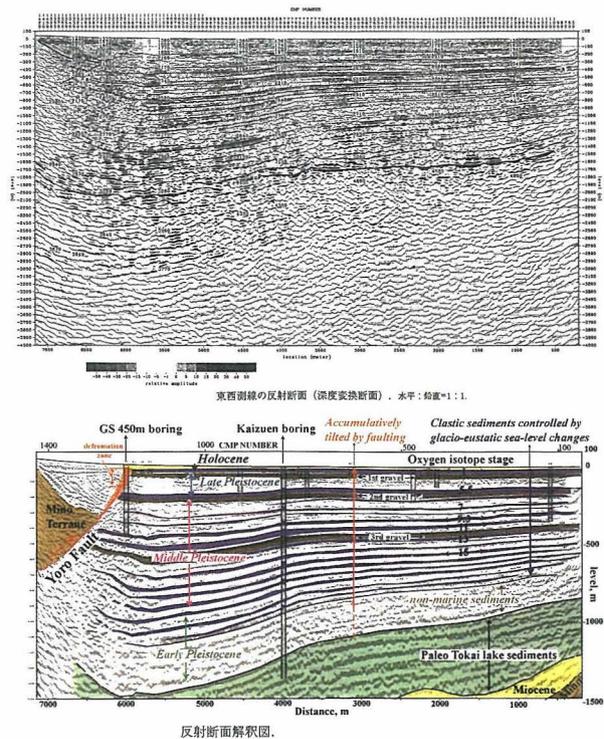


図6. 養老断層の反射法地震探査断面<sup>26)</sup>  
上；東西測線の反射断面（深度変換断面）  
下；反射断面解釈図

～6mと大きく、天平地震（745）と天正地震（1586）を起こした可能性が高い。養老断層の活動間隔は約1.5千年と見積もられることなどが明らかになった。地震調査委員会<sup>28)</sup>も類似の評価をし、活動間隔は1.4～1.9千年、今後30年間に地震が発生する可能性が、主要な活断層ではやや高いグループに属するとしている。

## 6.2. 鈴鹿東縁断層帯

鈴鹿山脈と東側の伊勢丘陵・段丘地帯とを分け、約40kmにわたって延びるのが鈴鹿東縁断層帯である（図1）。山脈の東縁を数条の断層が断続的に走っている。物理探査、ボーリング調査、トレンチ調査などの結果<sup>29)</sup>、山地側の境界断層系は長さ約18km、東側にあって並行する前縁断層系は長さ約17kmである。これらは同時に動く可能性があり、その場合の長さは33～34kmになる。活動間隔は4～6千年、最新活動時期は1～1.4千年前で、起こる地震はM=7程度と推定されている。

地震調査委員会<sup>30)</sup>は、長さ50km弱、北半部では前縁断層、南半部では境界断層が繰返し活動しており、上下方向の平均変位速度は0.1～0.4 m/千年、最新活動は2万年前以降でその際のずれは1.2m以上、規模はM=7.5程度、活動間隔は6千年以上と推定している。また次の地震は、M=7.5程度、ずれは上下方向に3～5mと考えている。

## 6.3. 布引山東縁断層帯

鈴鹿山脈の南には、布引山地が南南西に延びる。鈴鹿と同様に、山地の東縁には断層が断続的に続く。これが布引山地東縁断層帯である

（図1）。反射法地震探査、ボーリング調査、トレンチ調査などの結果<sup>31) 32) 33) 34)</sup>、長さは27kmで、主要部を占める椋本断層は、最近の5万年間に最低3回活動し、活動間隔は2.5万年以下であることが明らかになった。さらに南（南部）には、鳥戸・山口・片野断層などが断続的に南へ延び、中央構造線まで達している。鳥戸断層は約1.2万年前の地層を切るが約800年前の地層には変位が認められない。山口断層も約1万年前の地層に衝上するが、同じく約1万年前の直上の地層には変位が認められず、約1.3千年前以降の地層も変位していない。片野断層は約2万年前の段丘礫層を逆断層で切るが、9.8千年前の地層には変位が認められない。種々の変位基準から見積もられた鉛直平均変位速度をプロットしたものが図7である。

## 7. 伊勢湾内の活断層

伊勢湾内の活断層も、中部国際空港の建設などに伴って調査され、かなり明らかになった。

### 7.1. 伊勢湾断層

木曾三川の河口沖から南南東に知多半島の野間沖まで、伊勢湾主要部と知多側とを分けて延びるのが伊勢湾断層である（図1）。さらに南には知多半島南西岸に沿って内海断層が走っている。音波探査、海底ボーリング調査などの結果<sup>35)</sup>、伊勢湾断層は東側隆起の高角逆断層（図8）で、上下平均変位速度が0.23～0.45m/千年と見積もられた。

地震調査委員会<sup>36)</sup>は、海上保安庁水路部<sup>37)</sup>や中部空港調査会<sup>38)</sup>などの資料も加えて以下のよ

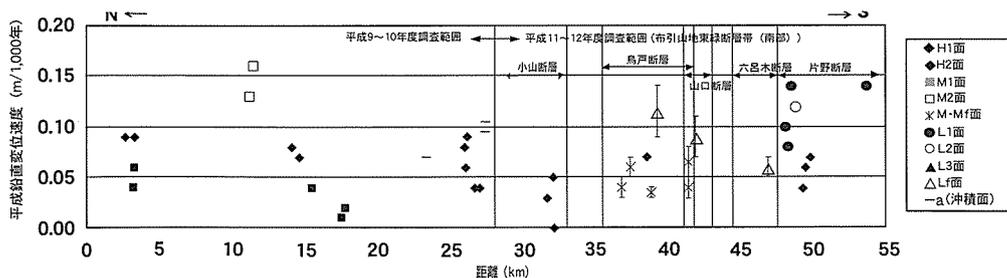


図7. 布引山東縁断層帯の鉛直平均変位速度の分布<sup>33)</sup>  
 横軸の距離は断層北端からの累加距離。  
 鉛直平均変位速度の縦方向のバーは、  
 段丘面の形成年代幅に応じた範囲を示す。

うに評価している。すなわち、長さ約42kmのうち、北半部の伊勢湾断層が約25km、南半部の内海断層が約17kmである。北部の伊勢湾断層は、上下平均変位速度が0.1m/千年程度、活動間隔は1~1.5万年程度、最新活動時期はおおむね1~0.5千年前以前でこの時の上下変位は1~1.5m程度と推定される。また南部の内海断層は、上下平均変位速度が0.2m/千年程度、活動間隔は0.5~1万年程度、最新活動時期はおおむね2~1.5千年前以前でその際の上下変位は1~2m程度と推定される。また今後300年間の地震発生確率を0~0.06%と評価している。

### 7.2. 四日市港—鈴鹿沖断層

四日市港と鈴鹿沖とにそれぞれ推定されていた活断層<sup>39)</sup>(図1)は、音波探査の結果<sup>37)</sup>、東に凸型をしてつながっており、東側の沈降が明らかになった。断層をはさむボーリング調査<sup>40)</sup>などからは、完新統が変形しており、最新活動時

期は4千年前以降の可能性が示された。

### 7.3. 白子—野間断層

伊勢湾西岸の白子から東岸の野間まで、ほぼ東西に伸びる断層が白子—野間断層である(図1)。音波探査の結果<sup>37)</sup>、断層とそれに並走する背斜軸に沿って北側が隆起し、熱田層下部相当層に25~30mの変位、完新統も変位している。平均変位速度は0.17~0.3m/千年と見積もられる<sup>37)</sup>。また、この断層の西南西延長には陸域に撓曲構造が認められ、この構造との関係解明の必要性が指摘されている<sup>41)</sup>。

地震調査委員会<sup>36)</sup>は、最近数10万年間の上下変位速度は0.3m/千年程度、活動間隔が8千年程度、最新活動は6.5~5千年前以前の可能性が高く、その際の上下変位は2.5m程度と推定している。今後30年間に起こる可能性は、幅があるが最大値をとれば、やや高いグループに属する。その際、M=7.0程度で、2.5m程度の北側隆起と評価している。

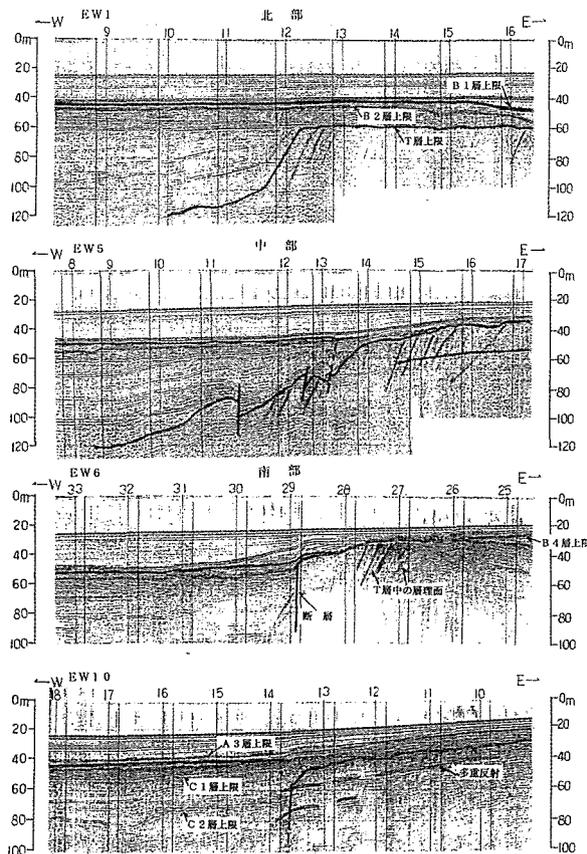


図8. 伊勢湾断層音波探査記録断面図<sup>35)</sup>

## 8. 周辺地域の活断層

周辺の主要な活断層についてみる。

### 8.1. 糸魚川—静岡構造線活断層系

日本列島を東西に分ける糸—静線(図1)については、各種調査結果をもとに、地震調査委員会<sup>42)</sup>が、松本盆地南東縁の牛伏寺断層を含む区間では、今後数百年以内にM=8程度の地震が発生する可能性が高い。しかし、その区間がどこまでかは判断できない、と評価している。

### 8.2. 伊那谷断層帯

長野県南部の伊那谷とその西側の木曾山脈とを画するのが、伊那谷断層帯である(図1)。各種の調査結果をもとに、地震調査委員会<sup>43)</sup>は以下のように評価している。すなわち、山地側の境界断層と盆地側にあつて並行する前縁断層とがあり、いずれも西側隆起の逆断層で、全体の長さは約78kmである。境界断層の上下変位速度は0.5~1.3m/千年程度、最近の1万年間に2回活動し、最新活動は6.5~0.3千年前で、活動間隔は0.3~1.2万年程度であった可能性がある。また、前縁断層の上下変位

速度は0.2~1.0m/千年程度、活動間隔は0.4~2万年程度であった可能性がある。今後30年間の地震発生確率は0~7%で高いグループに属し、その際M=7.7~7.8程度、西側が4m程度隆起すると推定される。

### 8.3. 柳ヶ瀬断層

岐阜県の関ヶ原断層の北西延長が柳ヶ瀬断層である(図1)。調査の結果<sup>4)</sup>、単位変位量は上下方向に0.7~1m、最新活動時期は椿坂南で13C後半~15C初頭と推定され、1325年の地震が該当する。

### 8.4. 敦賀断層

敦賀平野の南東縁を画するのが敦賀断層(図1)である。調査の結果<sup>4)</sup>、上下平均変位速度が0.5~0.6m/千年、単位変位量は1.5~2m、活動間隔がおおよそ3千年と推定される。最新活動時期は6C後半~14C末と推定され、1325年の地震が該当する。

### 8.5. 野坂断層

敦賀平野の南西縁を画するのが野坂断層(図1)である。調査の結果<sup>4)</sup>、上下平均変位速度が0.1~0.3m/千年、単位変位量は0.5m、活動間隔が5~6.5千年、最新活動時期は2千年前以降と推定され、1662年の地震が該当する。

### 8.6. 饗庭野断層

琵琶湖と西側の山地とを画するのが饗庭野(あいば)の断層(図1)である。調査の結果<sup>4)</sup>、上下平均変位速度が1.5m/千年、単位変位量は3.5~6m、活動間隔はトレンチ調査では4~6千年、累積変位量と単位変位量からは2~4千年と見積もられる。また最新活動時期は2.5~2.8千年前と推定される。

## 9. おわりに

東海三県と周辺の主要な活断層について、最近の調査成果の概要を中心に述べてきたが、成果の単なる羅列に終わってしまった感が否めず、残念に思っている。位置、長さ、変位様式、確実度や活動度など、活断層の諸元については、頁数の関係で言及しなかった断層が多いが、既往の文献および表1等で参照していただくと、総合的な理解が可能になると思われる。

## 引用文献

- 1) 松田時彦(1975)活断層から発生する地震の規模と周期について。地震Ⅱ 28, 269-283.
- 2) 松田時彦(1995)活断層。岩波新書, 242p.
- 3) 活断層研究会編(1991)新編日本の活断層。東大出版会, 437p.
- 4) 愛知県防災会議地震部会(1997)愛知県活断層アトラス, 83p.
- 5) 牧野内 猛(1999)伊勢湾・濃尾平野のネオテクトニクス。月刊地球, 21, 623-629
- 6) 藤田和夫(1985)変動する日本列島。岩波新書, 228p.
- 7) 岐阜県(1997a)関ヶ原断層に関する調査。平成7・8年度地震調査研究交付金成果報告会予稿集, 55-58.
- 8) 岐阜県(1998)池田山断層に関する調査。第2回活断層調査成果報告会予稿集, 287-294.
- 9) 岡田篤正(2000a)、IV-1中部日本南部の活断層の概要。愛知県の活断層(その2), 1-20.
- 10) 岐阜県(1997b)長良川上流断層帯に関する調査。平成7・8年度地震調査研究交付金成果報告会予稿集, 59-62.
- 11) 岐阜県(1999)高山・大原断層帯に関する調査。第3回活断層調査成果報告会予稿集, 303-309.
- 12) 遠田晋次・井上大栄・久保内明彦・高瀬信一・二階堂 学(1995)阿寺断層系の活動と1586年天正地震:小郷地区, 青野原地区, 伝田原地区トレンチ掘削調査。地震Ⅱ, 49, 429-440.
- 13) 岐阜県(2000)屏風山・恵那山断層帯に関する調査。第4回活断層調査成果報告会予稿集, 197-206.
- 14) 岐阜県(2001)屏風山・恵那山断層帯に関する調査。2001年活断層調査成果および堆積平野地下構造調査成果報告会予稿集, 227-236.
- 15) 愛知県建築部・玉野総合コンサルタント(株)(1996)平成7年度瀬戸市南東部地区開発事業地質調査報告書, 第2編, 断層調査, 56p.

- 16) 愛知県建築部・玉野総合コンサルタント(株)  
(1997)平成8年度瀬戸市南東部地区整備事業地  
質調査(2)報告書,第2編,断層調査,60p.
- 17) 愛知県(1999b)猿投山断層帯に関する調査.  
第3回活断層調査成果報告会予稿集,129-138.
- 18) 愛知県(1996)知多北部・衣浦東部地域活断  
層調査報告書,34p.
- 19) 愛知県(1999a)尾張北東部西三河北西部地  
域活断層調査報告書,13p.
- 20) 上田圭一・井上大栄・宮腰勝義(1998)深溝  
断層,蒲郡市一色町におけるトレンチ調査.日  
本地震学会講演予稿集,1998秋季大会,c48.
- 21) 土木学会原子力土木委員会(1999)深溝断  
層・横須賀断層の調査結果.原子力発電所の立  
地多様化技術-断層活動性評価技術-(C級活断層  
の分類と電子スピン共鳴法による断層年代測  
定),105-123.
- 22) 名古屋市断層調査委員会(1999)天白河口断  
層に関する調査報告書(概要版),18p.
- 23) 井口龍太郎(1894)大地震後岐阜県東濃ノ地  
ハ殊ニ擾乱セル哉.気象集誌,13,70-74.
- 24) 愛知県(1998)尾張西部地域活断層調査報告  
書,21p.
- 25) 地震調査委員会(2001a)岐阜一宮断層帯  
の評価.地震調査研究推進本部のHP.
- 26) 須貝俊彦・杉山雄一(1998)7.大深度反射  
法地震探査による濃尾平野の活構造調査.平成9  
年度活断層・古地震研究調査報告書,55-65.
- 27) 須貝俊彦・伏島祐一郎・粟田泰夫・吾妻 崇・  
刈谷愛彦・鈴木康弘(1999)10.養老断層の完  
新世後期の活動履歴-1586年天正地震・745年天  
平地震震源断層の可能性.平成10年度活断層・  
古地震研究調査報告書,89-102.
- 28) 地震調査委員会(2001b)養老一桑名一四日  
市断層帯の評価.地震調査研究推進本部のHP.
- 29) 三重県(1997)鈴鹿東縁断層帯に関する調査.  
平成7・8年度地震調査研究交付金成果報告会予  
稿集,78-83.
- 30) 地震調査委員会(2000)鈴鹿東縁断層帯の評  
価.地震調査研究推進本部のHP.
- 31) 三重県(1998)布引山地東縁断層帯に関する  
調査.第2回活断層調査成果報告会予稿集,295-  
304.
- 32) 三重県(1999)布引山地東縁断層帯に関する  
調査.第3回活断層調査成果報告会予稿集,311-  
320.
- 33) 三重県(2000)布引山地東縁断層帯に関する  
調査.第4回活断層調査成果報告会予稿集,207-  
216.
- 34) 三重県(2001)布引山地東縁断層帯に関す  
る調査.2001年活断層調査成果および堆積平野  
地下構造調査成果報告会予稿集,215-225.
- 35) 中部空港調査会(1994)中部新国際空港建設  
予定地における地象調査報告書,88p.
- 36) 地震調査委員会(2002a)伊勢湾断層帯の評  
価.地震調査研究推進本部のHP.
- 37) 海上保安庁水路部(1995)10万分の1海底地  
質構造図「伊勢湾」,437p.
- 38) 中部空港調査会(1996)平成8年度中部新国際  
空港建設予定地周辺土質補足調査報告書,193p.
- 39) 桑原 徹・松井和夫・吉野道彦・高田康秀  
(1972)伊勢湾と周辺地域の埋没地形と第四系一  
“沖積層”細分と伊勢湾の新しい沈降盆地化の問  
題一.地質学論集,7,61-76
- 40) 岩淵 洋・西川 公・野田直樹・川尻智敏・青砥  
澄夫・加藤 勲・安間 恵・長田 智・角谷昌洋  
(2000)伊勢湾における活断層調査.水路部研究  
報告,36,73-96.
- 41) 岡田篤正(2000b)IV-4伊勢湾海底の活断  
層.愛知県の活断層(その2),92-125.
- 42) 地震調査委員会(1996)糸魚川一静岡構造  
線活断層系の調査結果と評価について.地震  
調査委員会報告集,501-510.
- 43) 地震調査委員会(2002b)伊那谷断層帯の  
評価.地震調査研究推進本部のHP.
- 44) 地質調査所(1998)地質調査所の平成9年  
度活断層調査の成果概要.第2回活断層調査  
成果報告会予稿集,9-16.



## 第2回地質調査に対する意見交換会内容

国土交通省中部地方整備局  
(社)全国地質調査業協会連合会  
中部地質調査業協会

### 1. 意見交換会実施概要

- 日時：平成14年9月12日（木）  
14:00～16:00
- 場所：KKRホテル名古屋 3F 欄の間  
(名古屋市中区三の丸1-5-1 TEL:052-201-3326)

### 2. 出席者

(地方整備局側出席者)	(敬称略)	(協会側出席者)	(敬称略)
企画部長	柳川城二	(全地連)	
企画部技術調整管理官	杉山 稔	専務理事	藤城康行
〃 技術管理課長	松本良一	常任理事広報委員長	村上順雄
〃 技術管理課長補佐	川西光照	(中部地質調査業協会)	
建政部建設産業調整官	縄田史朗	理事長	加藤辰昭
〃 建設産業課長	瀬尾真一	副理事長	馬場干児
〃 建設産業課長補佐	石野忠彦	総務委員会委員長	下川裕之
河川部河川工事課長	松岡 博	防災委員会委員長	西田寿郎
道路部特定道路工事対策官	横山竹之	研究委員会委員長	伊藤重和
〃 道路工事課長	林 明	広報委員会委員長	矢野泰孝
港湾空港部港湾事業課長	笹田 彰	登録検定委員会委員長	佐藤安英
		積算委員会委員長	井戸 忍

### 3. 議題及び資料

中部地質調査業協会の要望と提案

- 入札・契約制度について
- 建設CALS/ECについて
- 防災関係について  
(参考資料)
- 社会に貢献する地質調査業  
(案内パンフレット)
- 平成13年度受注動向調査(全地連資料)
- 地質調査業の経営改革シナリオ
- 建設CALS/EC積算に関する資料  
(全地連案)
- 第2回「電子納品に関する実態調査アンケート」結果
- 中部地質調査業協会災害応急対策組織編成  
(平成14年度版)

### 4. 議事内容

前回の議事運営は国土交通省側で実施したが、今回は当方の運営で行った。司会は下川総務委員長が担当した。

#### (1) 加藤理事長の挨拶

- 地質調査業を取り巻く環境変化と業界の経営革新努力について
- 今回の意見交換会の議題内容について
- 2回目の意見交換会を継続して戴いたお礼他

#### (2) 柳川企画部長

- 来年度公共予算の3%削減とコスト縮減に対する構造的改革の必要性
- 国土交通省中部地方整備局としての地方の自主性の推進と重要性
- 入札・契約手続きの一層の透明性と成績評価

の客観性の推進

- ・ 多様な入札形式の推進と委託業務契約の30%を今年度はプロポーザル方式にしたい。
- ・ 評価項目も価格だけではなく種々の観点から技術的な優劣も考慮していくような環境整備を実施したい。

### (3) 意見交換会の概要

全地連の藤城専務理事の社会に貢献する地質調査業のパンフレットを基に、今全地連として取り組んでいる内容ならびに地質調査業の経営改革シナリオの内容について、アピールした。その後、馬場副理事長の方から今回の議題提案を、「中部地質調査業協会の要望と提案」にもとづいて、約20分の趣旨説明を行った。議題の要約は以下のとおりである。

#### 1) 入札・契約制度

- ・ 地質調査業の業務量が年々減少しているが、従来の分離発注は堅持されると考えてよいか。
- ・ 地盤環境や地盤防災分野の新規発注業務の調査・測量・建設コンサルの垣根が低くなっているが、この分野の発注方式をどのように考えているか。
- ・ プロポーザル参加業者や参加技術者の評価結果は今後どの程度まで公表されるのか。
- ・ 発注者の第三者技術パートナー（三者構造方式）としてのCM・PMの導入見通しについて。
- ・ コスト縮減や、地元中小企業の育成において請負業務の一部外部委託ができる契約制度を推進することは考えているか。
- ・ 低価格入札の対応策として、制限価格方式の導入の方針は無いか。

#### 2) 建設CALS/ECについて

- ・ 電子納品に対する積算基準導入のお考えはあるか。
- ・ 電子納品対応のための資金貸与制度等のお考えはあるか。
- ・ 平成15年電子入札本格運用にあたって協会各社が準備しておく内容は。

#### 3) 防災関係について

- ・ 東海地震の見直しによる新たな強化地域指定に伴う中部地方整備局としての地震防災に関する対応策について
- ・ 中部地質調査業協会の中中部地方整備局への災害対応時の協定内容の説明と今回の9月3日の防災訓練時の技術者ならびに試錐機の動員数の説明

#### (中部地方整備局側の答弁)

質問の項目を比較的シャープにしたため、回答もかなり具体的なものであった。回答内容を要約して以下に示す。

#### 1) 入札・契約制度について

- ・ 分離発注方式は、今後も変えるつもりは無い。分離発注されていない事例があれば教えてもらいたい。
- ・ 新規業務については、プロポーザル対応で進めていきたい。協会として技術力を示してもらいたい。
- ・ 今後の垣根の問題については本省総合政策局で建設業の今後のあり方についてホームページで公表しているので、それを参考にしてほしい。
- ・ プロポーザルの公表については特定社には特定理由を公表している。非特定については、個別に希望があれば情報公開制度の中で対応することが出来る。
- ・ 三者構造方式としてのCM等の方式については現在各整備局で試行的に実施しており、今後これらの実績を評価し、方向を出す予定である。また、当面業務量が多い中では、管理業務を第三者に委託することもできる。
- ・ 基本的に外部委託は認められないが、下請け企業を十分に管理監督ができるならば、現行でも許容できる。
- ・ 最低制限価格については会計法の関係で、現状はできない。しかし、自治体は独自の法律があり、実施しようと思えば実施できる。国土交通省としては低価格に関する調査制度を

充実させ、チェックを厳しくしていきたい。

## 2) 建設CALS/ECについて

- ・ 過渡期にあり、大変迷惑をかけているかもしれない。電子納品を進める施策は間違っていない。今後、一層の体制整備に対する努力をしたい。
- ・ 資金の貸与については、国民金融公庫でIT関連に関する貸付制度もある。また、国土交通省関連機関で、企業の経営革新のための補助金としての貸付もある。
- ・ 電子入札は、中部地方整備局として平成15年に完全導入を行う。今年度は260件程度行う予定である。今後、各県ブロック別に説明会を行う予定である。詳しくは、同省や、電子認証局のホームページを参照してほしい。  
(電子入札のパンフレットで内容を細かく説明された。)

## 3) 防災関係について

- ・ 東海地震や東南海地震対応としては、特に情報管理のソフト戦略について見直しを行っている。道路管理者間情報共有や、住民への情報提供等を推進していきたい。また、緊急輸送システムや24時間体制の情報管理センター等を準備しつつある。
- ・ ハード面については兵庫県南部地震以降各施設の耐震補強対応を進めており、8割は終了している。追加的には密集地域の対応や、下流域の海岸・河川堤防の耐震対策も進める予定である。特に、公共の建物や学校等の耐震化が重要である。
- ・ 緊急防災対応での連携については今後中部地方整備局として依頼項目が追加になれば随時お願いしていきたい。

## 5. 意見交換会の総括

今回、営業環境が大変厳しい中での意見交換会であったが、上記3項目に対し、双方ともに大変率直で有意義な議論ができたと思う。

入札・契約制度改革は、今後益々推進され、

特にプロポーザル契約方式は電子入札の導入をきっかけに、益々多くなるような感触を得た。同時に契約方式の公平性や透明性が一段と明確となり、協会としても、このような国の変化に取り残されないような経営改革や新規業務に対する対応力の強化が必要と感じた。

全地連の藤城専務理事や村上広報委員長のご協力を得ての全地連や協会が取り組んでいる経営革新のシナリオについては、今回の意見交換会で当方のステータスをご理解いただく大変良い機会になったと思われる。

建設CALSの問題については過渡期であり大変迷惑をかけているというお言葉を戴いたことは今後の展開の中で種々改善があるのではないかと期待感がある。

最後に防災関係では当方と中部地方整備局の担当部署のみならず、今回参加された官側の幹部にご理解いただいた事は大変良かった。

2時間という短い意見交換会であったが中部地質調査業協会として大変良いアピールができたと思う。

以上



## 1. はじめに

ダム等で基礎岩盤の一部が熱水変質を受けている場合相対的に低い破壊強度を示すことが一般に知られている。このような地域で岩盤分類を行う際、風化変質に加え、熱水変質による劣化の程度も考慮して検討する必要があると考えられる。

本報告では、そのような一環として熱水変質を被った岩石が分布するダムサイト予定地において、岩石の変質と強度・物理特性の関係について検討した結果について報告する。

調査地域には濃飛流紋岩類（流紋岩質溶結凝灰岩）が分布しており、脈状の粘土化した変質帯の周辺部に、その影響を受けて劣化した領域が認められる。

## 2. 調査方法

### 2.1 検討フロー

図-1 に本調査の検討フローを示す。

まず調査地域の変質状況を明らかにするため従来の肉眼観察に加え、薄片観察・X線分析によって鉱物組み合わせに基づく変質区分を検討した。その上で各変質区分に対し簡易反発硬度試験を行った。その結果と一軸圧縮強度（岩石の強度特性）や有効間隙率等（岩石の物理特性）を比較することで、変質区分と岩石の強度・物

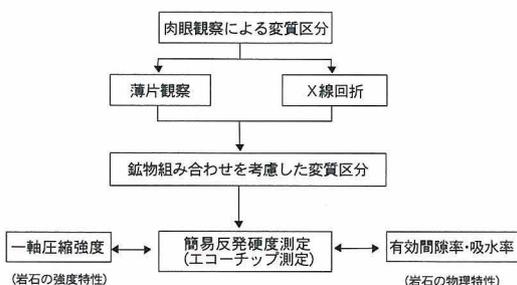


図-1 検討フロー

理特性の関係について検討した。また、熱水変質劣化した岩石に対する簡易反発硬度試験の有効性についても検討した。

### 2.2 仮定した岩級区分の細分化

調査地域の岩石の劣化が主として風化によるものか熱水変質によるものかによって、作業仮説として表-1のような岩級区分の細分化を行った。各種試験に適用した試料の肉眼的分類とその表記は、これに準じて区分した。

表-1 作業仮説として用いた細分化した岩級区分

変質区分	熱水変質区分					
	「1」 (未変質)		「2」 (脱色化)		「3」 (網 状粘土化)	「4」 (粘土化)
風化区分	未変質	炭酸塩化	珪化	弱絹雲母化	中絹雲母化	強絹雲母化
風化区分	未風化	B CH		(C)s	Cmc	Dc
	弱風化	Cmw				
	中風化			Cms		
	強風化	CLw-Dw			CLc-Dc	

### 2.3 薄片観察（モード測定）

薄片観察は20試料程度実施したが、その内強度試験と対応づけることが可能な6試料についてモード測定を実施し、X線回折結果を含め鉱物組成を求めた。測定はポイントカウント法により1000点以上測定した。基質構成鉱物の内、シリカ鉱物が長石か区別できないものを隠微晶珪長質鉱物と一括した。またレンズ状の石英は本質岩片で軽石タイプのガラスであると判定しカウントした。

選別した岩石種及び鉱物種は、岩片、鉱物片、基質及び脈鉱物として区分し、各々の鉱物をカウントした。また鉱物片及び基質の各々に対し、変質鉱物を選別・カウントし、変質鉱物の構成比率を求めた。

### 2.4 X線回折（定方位）

X線回折は、ダムサイトの横坑内や地表露頭か

ら50試料程度採取し、水鏡試料を用いた定方位法で実施した。使用機器を表-2に示す。

表-2 X線回折装置

装置	島津製作所製 XRD6000型
出力	30kV-20mA
スリット	1° -0.3mm-1°
(自動スピード)	スキャンスピード2° /min
フルスケール計数	2000cps

## 2.5 簡易反発硬度試験 (エコーチップ測定)

エコーチップは打撃エネルギーがシュミットロックハンマーの1/200程度の反発硬度試験器である。X線回折試料(物理試験試料と共通)や一軸圧縮試験近傍のボーリングコア等、今回検討に用いた全試料に対して反発硬度(以下L値と記す)を測定した(写真-1)。



写真-1 簡易反発硬度測定状況 (不定形試料)

## 2.6 有効間隙率・吸水率試験

有効間隙率及び吸水率は、見かけ比重試験での測定結果を用いて求めた。

## 3. 調査結果

### 3.1 薄片観察 (モード測定) 結果

図-2, 3にモード測定結果を示す。

図-2から変質帯近傍で変質区分「3」(CLc)程度になると、鉱物片としての長石類が殆ど認められなくなることで、基質の変質鉱物組成が大きくなること、鉱物片としての石英は有意に残存していることが分かる。また、ここでは基質の変質鉱物として隠微晶珪長質鉱物を含めているが、肉眼的に未変質と区分したものについてもこれが50%前後であることが分かる。

図-3から調査地域の粘土化変質の進行は隠微晶珪長質鉱物が絹雲母に置き換わっていく現象

であることが分かる。また、CMcの2試料についてハロイサイトの生成が認められる。

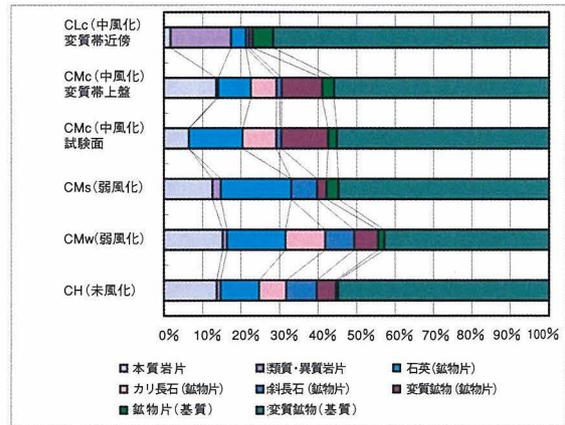


図-2 主要な岩石種及び鉱物種のモード組成

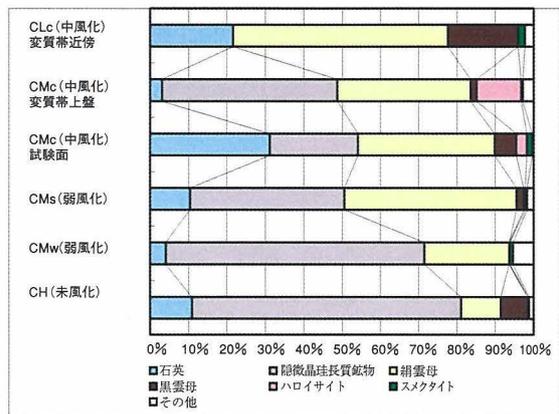


図-3 鉱物片及び基質中の変質鉱物モード組成

## 3.2 X線回折 (定方位) 結果

X線回折(定方位)の結果、変質鉱物の組み合わせにより調査地域は、シリカに富む珪化帯、絹雲母-カオリナイト帯、絹雲母帯、絹雲母-方解石-緑泥石帯、方解石-緑泥石帯の5つの鉱物帯に分帯できる(図-4)。特に変質鉱物のうち絹雲母は、調査地域の広い範囲で認められる。一部、岩石の割れ目沿いにはスメクタイト、地表付近の低地下水水位域においてハロイサイトが確認される。

珪化帯に注目すると、その分布はセリサイト化帯に切られ、FU-1変質帯沿いに分布している。また、方解石-緑泥石帯の一部に絹雲母変質脈が認められる。これらのことからまずF

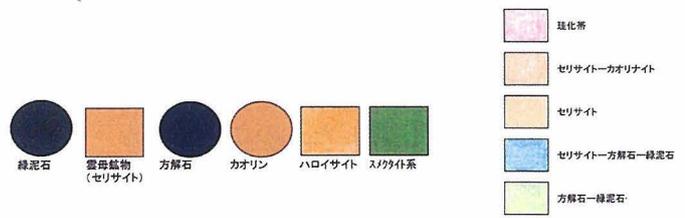
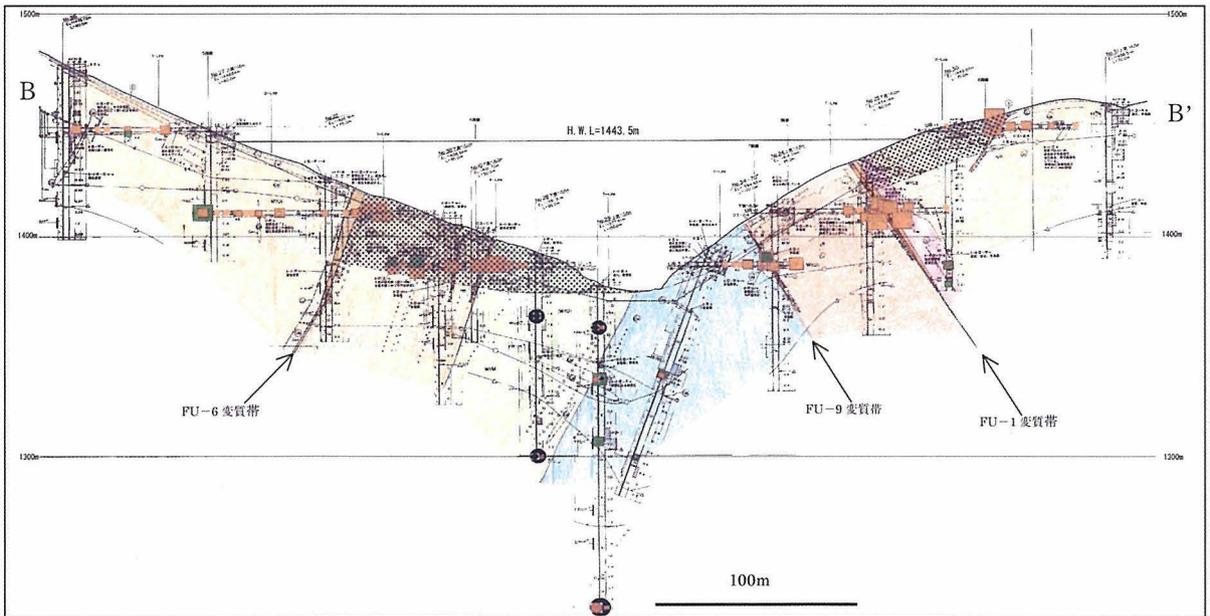
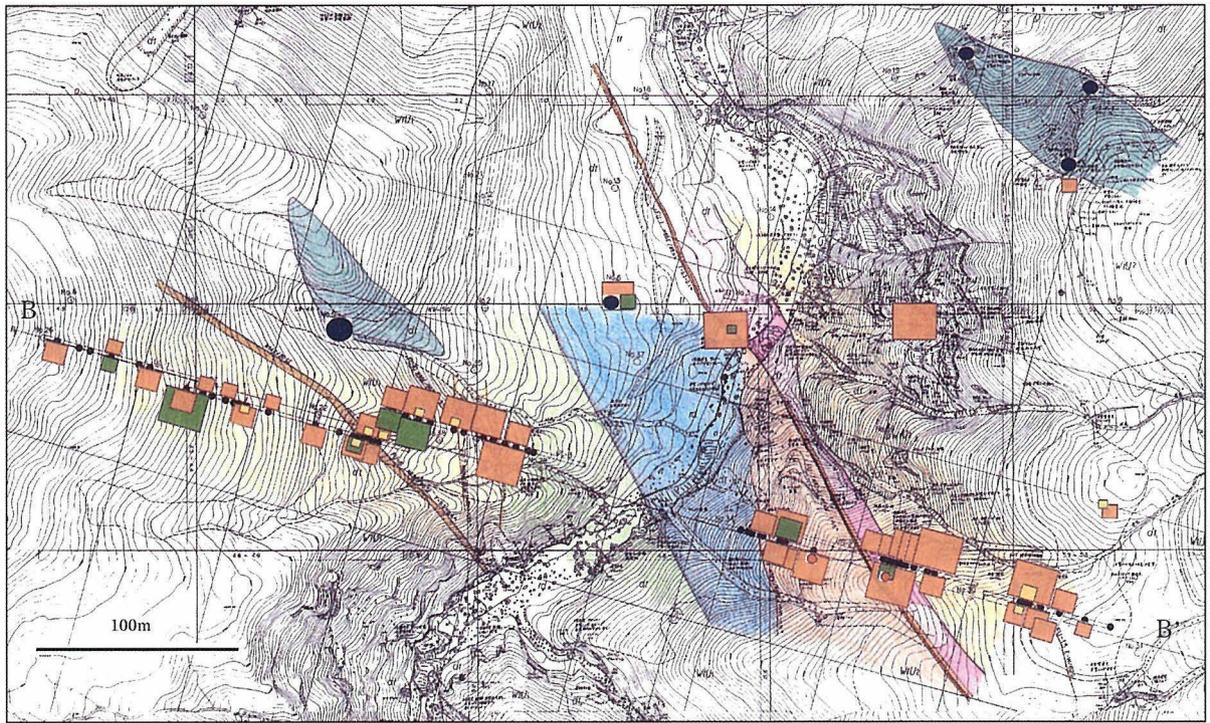


図-4 変質分帯図 (上図: ダム軸周辺の平面 下図: ダム軸断面)

U-1 変質帯に沿って、岩石の硬質化をもたらすような珪化変質及びその周辺の炭酸塩化が生じたと考えられる。その後、再びFU-1 変質帯さらにはFU-9、6 変質帯等も含め、これらに沿って広い範囲で調査地域の主要な絹雲母化変質が生じたと考えられる。スメクタイトはその多くが岩石の割れ目沿いに認められ、岩石内部に存在しないことから絹雲母化変質よりも後の変質作用で生成されたと考えられる。地表付近に認められるハロイサイト帯は、地下水位に規制され分布していることから、風化環境下における変質であると考えられる。このように調査地域の5つの鉱物帯は、少なくとも珪化変質、絹雲母化変質、スメクタイト変質、ハロイサイト変質の順で形成されたと考えられる。

これらの中でも調査地域の主要かつ岩石の強度低下に大きく関与している変質作用は、絹雲母化変質であると考えられるので、この変質作用によって生じた調査地域の変質分帯は、表-3 のようにまとめることができる。

表-3 変質分帯

	未変質岩	絹雲母	強変質岩	備考
鉱物組み 合わせに よる分帯	方解石- 緑泥石	絹雲母- 方解石- 緑泥石	絹雲母- カオリン サイト	
石英				主要構成 鉱物
斜長石				
カリ長石				絹雲母によって交代さ れる
緑泥石				碎屑岩脈に付随
方解石				前ステージの変質鉱物
カオリン				強変質部に脈状分布
絹雲母				肉眼変質区分に相当
	[1]	[2]	[3]	[4]

ハロイサイトは低地下水位域を中心に分布する風化変質鉱物であり、変質分帯の概念からははずれるので、本図から除外した。

### 3.3 簡易反発硬度試験結果

#### ①反発硬度 (L 値) と一軸圧縮強度

図-5 は調査地域のコア試料を対象に行った簡易反発硬度試験と一軸圧縮強度試験の結果を示したグラフである。L値は、ほぼ10~300MPaの岩石の一軸圧縮強度と高い相関が認められる。このことは不定形試料であっても、L値から一軸圧縮強度を高い精度で推定できることを示していると考えられる。また、各変質区分に応じた岩石の強度の分布範囲を表-4のように設定することができる。

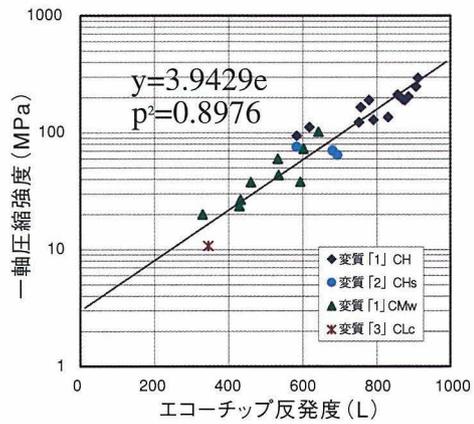


図-5 L値と一軸圧縮強度

表-4 変質区分に対応した一軸圧縮強度とL値の分布範囲

変質区分	岩級区分	値の分布範囲	
		一軸圧縮強度 (Mpa)	L 値
[1]	CH	100-300	600-920
[1]	CMw	20-100	400-600
[2]	CHs (珪化)	65-75	600-700
[3]	CLc (粘土化)	10.8	345

#### ②反発硬度 (L 値) と有効間隙率及び乾燥密度

図-6, 7に示すようにL値と有効間隙率および乾燥密度には特徴的な2つの分化傾向が認められる。一つは有効間隙率の増加(あるいは乾燥密度の低下)といった岩石の構成成分の溶脱や岩石組織の変化に起因する物理特性の劣化に対して、L値に反映される岩石の強度低下がこれに顕著に追随するもの、もう一つは余り影響を受けないものである。図-8は、同じ試料に対する有効間隙率と吸水率の関係を示したグラフである。有効間隙率に対して吸水率が大きい方へ移行しているものが有効間隙率の高い試料において認められる。これが後者の特徴を持つものに相当する。薄片観察とX線回折の結果、これらの試料にはハロイサイトが多く含まれるのが観察された。これらの試料は、前述のように風化環境下でハロイサイト変質を受けたものであると考えられる。これに対して、前者の特徴を持つものは、主として絹雲母化変質を受け、ハロイサイト変質をほとんど受けていないと考えられるものである。図-9に示すように、ハロイサイトは、その構造上8面体層が4面体層

に比べて横方向の長さが短いため（ミスフィット）、長さの違いを補うように層がカーブし、チューブ状になっていることが知られている。ハロイサイトを含んだ岩石の反発硬度L値が物理特性の劣化に比べ余り変化しないのは、エコーチップによる瞬発的な力（速い荷重速度）が作用する際に、恐らくこのチューブ内に水が捕捉されていた状態であったことが要因の一つではないかと思われる。

このようにL値と物理特性の2つの分化傾向は、特にハロイサイトの生成とこれによる岩石組織の変化や吸水による影響を反映したものである可能性が高い。

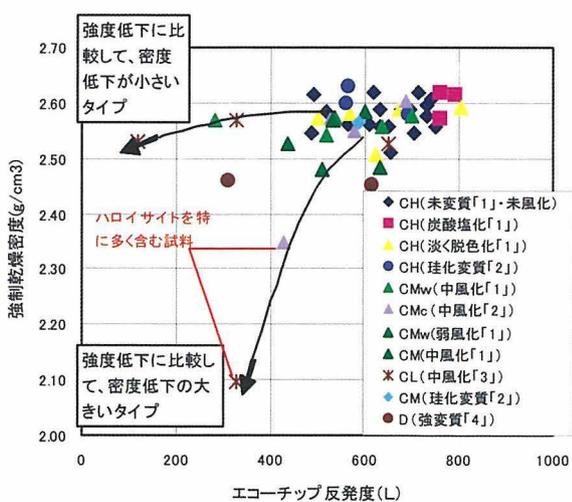


図-6 L値と強制乾燥密度の関係

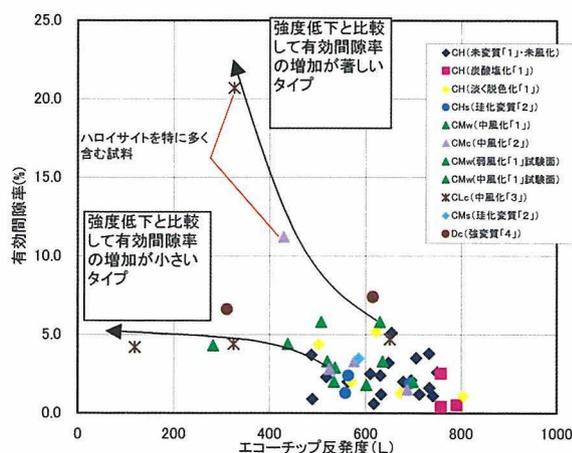


図-7 L値と有効間隙率の関係

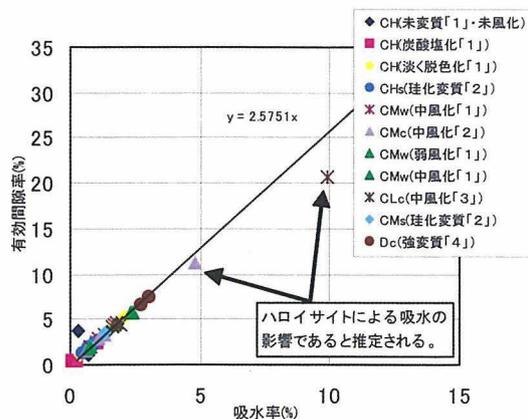


図-8 有効間隙率と吸水率の関係

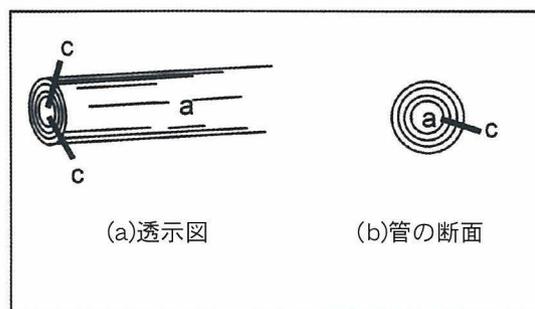


図-9 ハロイサイトの形と結晶軸の関係

### ③反発硬度（L値）とモード組成

L値と薄片観察に基づく絹雲母のモード組成には負の相関が認められる（図-10）。このことは調査地域の熱水変質を受けた岩石の強度に関して、絹雲母組成が最大の支配要因になっていることを示していると考えられる。

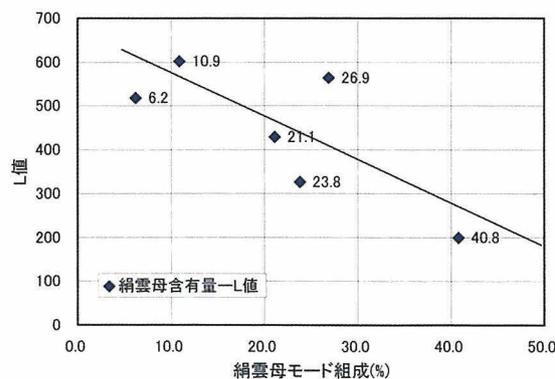


図-10 L値と絹雲母モード組成の関係

#### 4. まとめと今後の課題

鉱物帯を考慮した変質区分、変質分帯によって、ダムサイト対象地域の変質状態を明らかにすることができ、粘土鉱物組成の変化によって、物理特性が変化し、強度が変化することがL値、物理特性及び鉱物組成の比較検討から明らかとなった。変質劣化した岩石の強度指標として、L値は有効であり、簡便性が重要な要件の一つである岩盤分類への適用が可能であると考えられる。今後は比抵抗値、剪断強度等の岩盤の種々の物性値との検討、データの蓄積に取り組んでいきたい。

#### 参考文献

- 1) 市川 慧・平野 勇・神保 悟(1987)：軟岩を対象としたダム基礎の岩盤分類のための調査 その1、簡易試験法(案)、土木研究所試料、第2560号
- 2) 川崎 了・吉田昌登・谷本親伯・榎屋 直(2000)：簡易反発硬度試験による岩質材料の物性評価手法の開発—試験条件の影響と基本物性に関する調査—、応用地質、Vol.41, No.4, pp230~241.
- 3) 吉村尚久編著(2001)：粘土鉱物と変質作用、地学双書32、地学団体研究会。

# 岩盤の透水性評価—ダムサイト地質調査の例—

住鉱コンサルタント(株)名古屋支店  
高取亮一・平野義明

## 1. はじめに

岩盤中の地下水の分布状況や透水性は、トンネル・ダム等の施工に当たり、しばしば重要な問題となる。しかしながら、これらを精度良く推定することは、一般的な土木地質調査の中でも難易度の高いものと考えられる。

今回、ダムサイトの地質調査において、調査ボーリング・ルジオンテスト・ボアホールスキャナを実施する機会を得た。岩盤の透水性を評価した例を以下に報告する。

## 2. 地形・地質

調査地は、勾配約40°の急峻な山地斜面である。日本の地質構造区分上、領家帯の分布域にあたり、中生代ジュラ紀～白亜紀に形成された

と考えられる変成岩類および花崗岩類が分布する(表-1)。

変成岩類は調査地における分布の主体をなし、泥岩および砂岩を起源とする片麻岩からなる。調査範囲内では、片理面はほとんど北に約60°傾斜する単斜構造を示している。

また、片麻岩には花崗閃緑岩を主とする花崗岩類が頻繁に貫入する。この花崗岩類は、上面と下面で走向傾斜が異なり、連続性も悪く、全体に岩株状に分布していると考えられる。

また、新第三紀のものと思われる流紋岩類が、深度75～115m付近の比較的深部に貫入している。この流紋岩類は、片麻岩・花崗岩と比較して著しく軟質である。貫入方向に沿った明瞭な流理構造がみられる。

表-1 地質構成表

地質時代	地質区分	層相・岩相	記号
新生代	第四紀	現河床堆積物	砂・礫 Rd
		崖錐堆積物	砂・礫・玉石混じり砂礫 dt
新第三紀	火成岩類	流紋岩	Ry
中・古生代	ジュラ紀～白亜紀	花崗岩類	花崗岩 Gd 花崗閃緑岩 Gd
	二疊紀	変成岩類	片麻岩 Gn (砂質～泥質) Gn

== 破碎帯

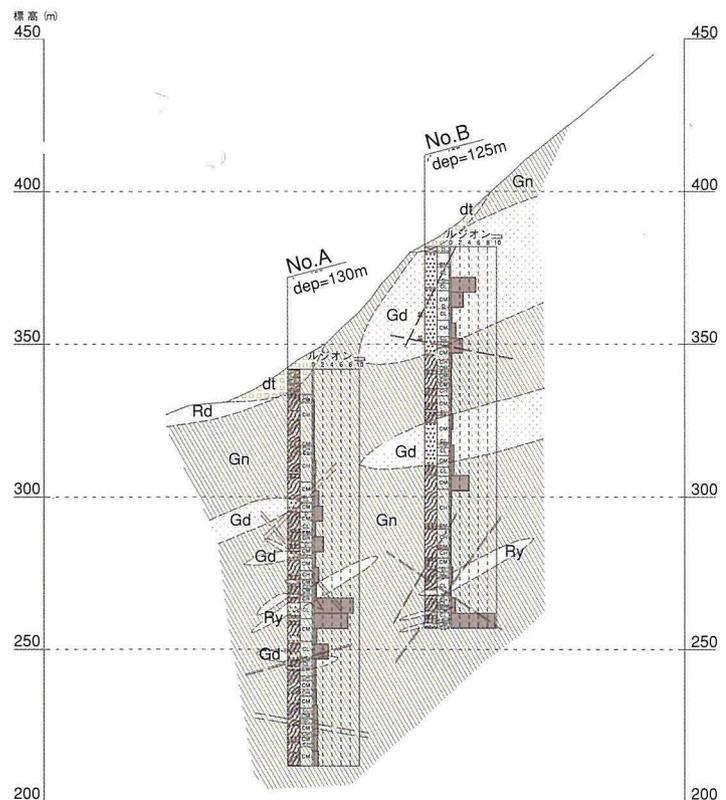


図-1 地質断面図

調査地には規模の大きな断層は認められず、幅数cm～数10cmの小規模かつ連続性の悪い破碎帯が所々に認められる他は、全体に良好な岩盤である。

調査ボーリングおよびボアホールスキャナの結果より、地質断面図を作成した(図-1)。

### 3. 亀裂の分類

ボーリングコア観察により認識される開口亀裂(見かけ上のものを含む)について、本調査では以下の様に区分した。

- ・片理面、流理面
- ・鉱物脈
- ・破碎帯
- ・岩相境界
- ・その他

#### (1) 片理面、流理面

ボーリングコアにみられる片理面は、本調査では概ね密着し、亀裂の中で主要要素ではない。

開口している片理面は平滑なものを主とし、亀裂面沿いの弱変質が見られる程度で、開口の度合いは弱い。

前述の様に、N～NNE方向に60°傾斜する単斜構造を示す(図-2)。

#### (2) 鉱物脈

厚さ数mmの白色～淡褐色鉱物脈に沿い開口したもので、調査地全体に分布し、計測個数は

最も多い。

脈周囲の岩片が緑色を帯びている箇所があるが、開口面は平滑で一般に劣化は少ない。原地盤では密着しているものが多く、透水性への寄与は少ないと考えられる。

走向傾斜はシュミットネットの全域に分布するが、WSW方向に45～50°傾斜するピークが認められる(図-2)。

#### (3) 破碎帯

調査地に分布する破碎帯は、幅数cm～数10cmの小規模なものである。その性状は、岩片～角礫状のものを主とし、礫混じり粘土状のものも認められる。掘進時に細粒分が流出した可能性もあるが、全体に粘土分を含む箇所は少ない。

走向傾斜はバラツキが大きいものの、全体にW方向に傾斜するものが大勢を占める(図-2)。

#### (4) 岩相境界

片麻岩類と花崗岩類および流紋岩の貫入境界面。境界面またはそれに隣接して、しばしば幅数mmの開口が認められ、一部角礫状に劣化している箇所がある。

#### (5) その他

表層付近の風化作用による、酸化汚染の顕著な亀裂を主とする。表層部の緩みにより開口幅数mmを示すことが多く、しばしば角礫～砂状に劣化し、高い透水性を示す箇所が多いと考えられる。

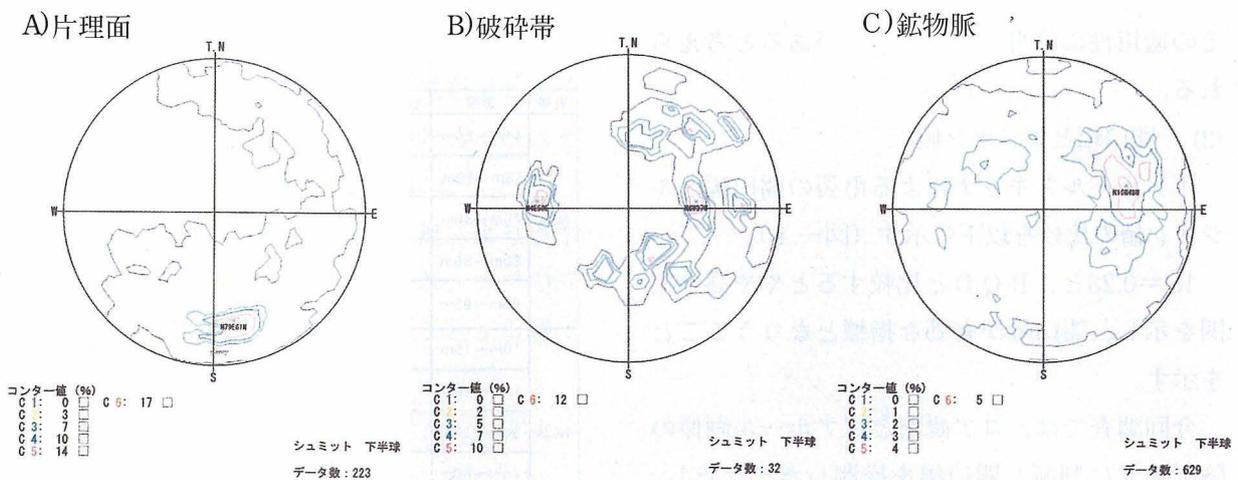


図-2 不連続面コンターマップ

#### 4. 透水性の評価

本章では、ルジオンテストとコア観察・ボアホールスキャナの結果を基に、透水性と地盤の性状および諸量との関連を調べる。

##### (1) R Q Dとルジオン値

R Q Dは岩盤の良好度を判定する上で有効な指標であり、亀裂の多寡をある程度反映していると考えられることから、ルジオン値とR Q Dの相関をみた(図-3)。

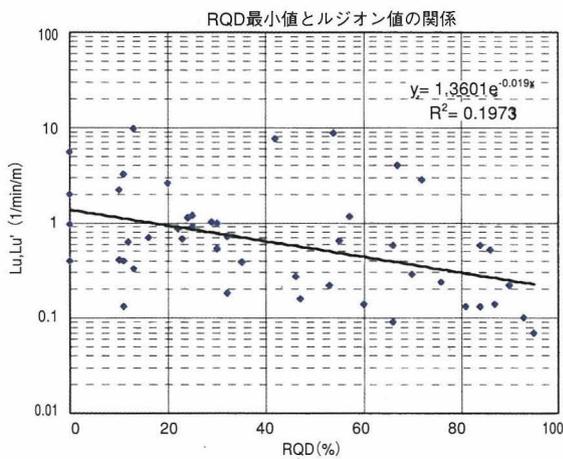


図-3 R Q Dとルジオン値の関係

ルジオンテストは5m毎に連続して実施されており、試験区間の最小R Q Dとルジオン値を比較した。その結果、相関関係は認められるが、決定係数は $R^2=0.20$ と必ずしも高くない。

R Q Dは透水性の概略を求める指標となりえるが、個々の亀裂の性状を反映していないので、その適用性には当然ながら限界があると考えられる。

##### (2) 開口幅とルジオン値

ボアホールスキャナによる亀裂の開口幅とルジオン値の比較を以下に示す(図-4)。

$R^2=0.28$ と、R Q Dと比較するとやや高い相関を示し、開口幅が有効な指標となりうることを示す。

今回調査では、コア観察とボアホール画像の陰影を元に判断し開口幅を推測した。ただし、亀裂の充填物流出などの問題があり、開口幅の

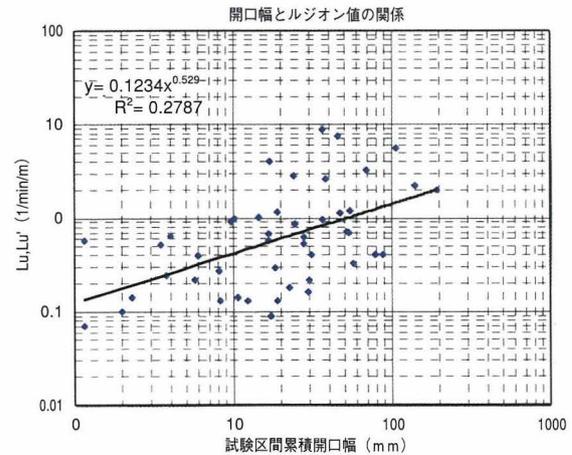


図-4 開口幅とルジオン値の関係

判定をより慎重に実施すれば、透水性の推定精度も向上すると考えられる。

##### (3) 高透水箇所地盤状況

本調査にて、ルジオン値の高かった区間について、その原因となる地盤状況を推定すると、前章の区分によれば以下の様に分類される(表-2)。

- ・ 破碎帯(岩片~角礫状) 6箇所
- ・ 岩相境界(貫入面) 2箇所
- ・ 片理面、流理面 2箇所
- ・ 表層風化による開口亀裂 1箇所

上記より、高いルジオン値を示す原因として、主に岩片~角礫状の小規模破碎帯の影響が大きく、次いで岩相境界(貫入面)と片理面・流面が想定される。

表-2 高ルジオン値を示す箇所の地盤状況

孔番	深度	Lu(Lu')	地盤状況
No.A	45m~50m	2.0	角礫状破碎帯(幅約30cm)
	55m~60m	2.2	岩片~角礫状破碎帯(幅10~20cm)
	75m~80m	(8.7)	流紋岩中の流理面の開口(開口幅1~5mm)
	80m~85m	7.5	流紋岩と片麻岩の境界面開口(開口幅3mm)
	90m~95m	3.2	岩片~角礫状小規模破碎帯(幅10cm) 片麻岩と花崗岩の境界(角礫状劣化)
No.B	10m~15m	(5.5)	酸化汚染の顕著な開口亀裂の発達
	15m~20m	(2.8)	角礫状破碎帯(幅約15cm)
	30m~35m	(2.6)	粘土混じり角礫状破碎帯(幅約30cm)
	75m~80m	4.0	片理面の開口(開口幅3mm)
	120m~125m	9.7	角礫状破碎帯(幅30cm) 角礫~砂状破碎帯(幅約50cm)

このうち片理面は、その頻度から考えれば例外的なものに過ぎない。また、鉱物脈については、ルジオン値の上昇とは全くといってよいほど関わりの無いことが明らかになった。

貫入岩の境界付近で比較的高いルジオン値を示すのは、貫入に伴う変質やセン断の影響により、周囲の岩片が劣化し易いためと考えられる。

更に破碎帯における透水性を検討するため、表-2とは逆に、ルジオン値の低い破碎帯の分布箇所を表-3に示した。

表-3 ルジオン値の低い破碎帯分布箇所

孔番	深度	Lu(Lu')	形状
No.A	96.2m~ 96.35m	(0.57)	灰黒色断層粘土(幅15cm)
	111.5m~ 111.8m	0.87	断層角礫(基質緑色変質、凝固状)
	114.8m~ 115.1m		断層角礫(基質緑色変質、凝固状)
No.B	105.25m~ 105.55m	0.41	粘土混じり角礫状破碎帯(幅10cm)
	108.2m~ 108.6m		岩片~角礫状破碎帯(幅約30cm)

岩片~角礫状の破碎帯は1箇所のみで、ほとんどが粘土を介在しており、透水性に与える影響が大きいものと考えられる。

これらの検討を基に、ルジオンマップを作成した(図-5)。

## 5. まとめ

調査ボーリング・ルジオンテスト・ボアホールスキャナの結果を総合し、岩盤の透水性について検討した。

その結果、岩片~角礫状を呈する破碎帯については、かなりの確率で高い透水性を示し、その他の亀裂については一般に岩盤の透水にはそれ程寄与していないことが明らかになった。

破碎帯についても、細粒分の有無により透水性が大きく変化する様子が認められ、コアの詳細な観察により亀裂の評価を行うことが重要であると考えられる。

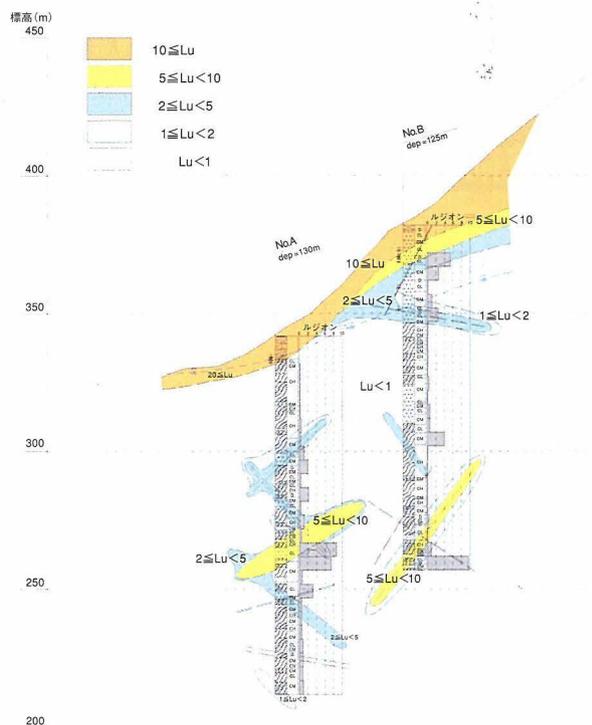


図-5 ルジオンマップ

# “改良型 真空圧密工法”の技術紹介

株式会社ダイヤコンサルタント 中部支社  
橋本 雅宏

## 1. まえがき

軟弱地盤改良工法の工費と工期の関係は、一般的には図-1に示すように、短期間で高品質の改良効果を求めればコストは高く、反対に、低コストの改良工法は工期が長くなる傾向がある。さらに、地盤改良工の施工に伴い、周辺地盤への影響、地下水・土壌環境等への問題が懸念されることがある。

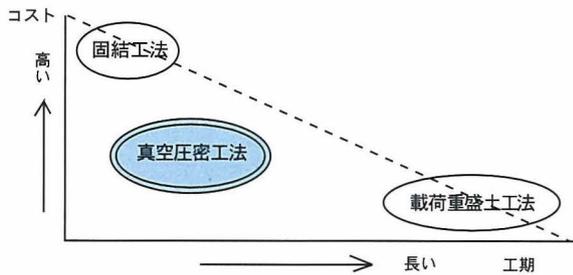


図-1 コストと工期の関係

これらの課題に対して、高品質、低コストでありながら、短工期で、周辺環境への影響も軽減できる軟弱地盤改良工法として、N & H強制圧密脱水工法に代表される“改良型 真空圧密工法”が注目されている。

真空圧密工法とは真空を利用したプレローディング工法で、わが国でも1960年代に導入されたが、技術的な課題が多く実用化には至らなかった。しかし、近年の技術革によって、材料や施工・管理法等が改良・開発されたことで、“改良型 真空圧密工法”として、実用化に至った。

ここでは、“改良型 真空圧密工法”の概要ならびに技術的な特徴について紹介する。

## 2. 工法の概要

### 2.1 工法概念

本工法は、図-2に示すように軟弱地盤の地表面から鉛直ドレーンを多数打設し、その頭部と水平ドレーンさらに有孔集水管を連結して気密シートで覆い、有効集水管と連結した真空駆動装置で改良対象地盤内を減圧するものである。その結果、鉛直ドレーンを介して、改良対象地盤の深部まで真空圧が作用させ、外部との圧力差が荷重として改良地盤全体に働き、軟弱地盤の圧密が促進され、短期間で圧密沈下や強度増加を図ることができる。

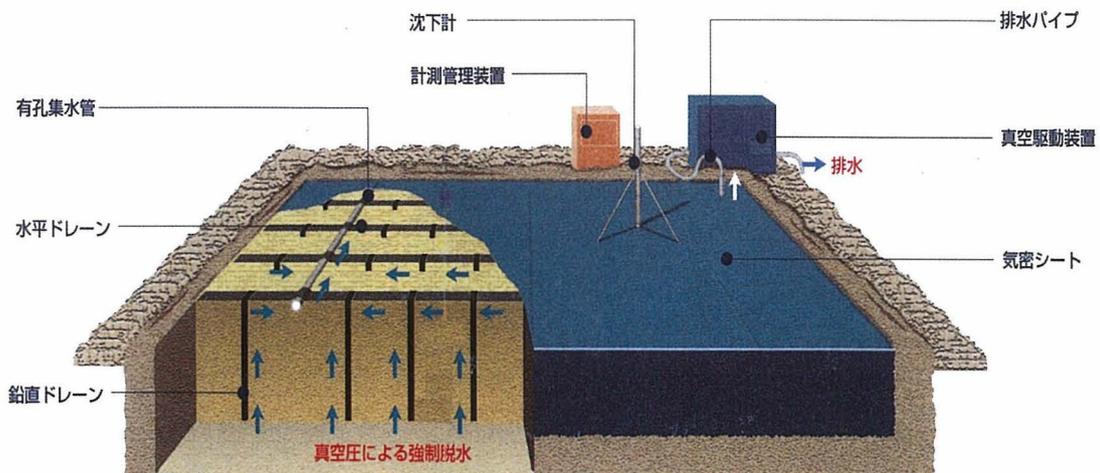


図-2 改良型真空圧密工法の概念

## 2.2 開発の経緯

真空圧密工法は1952年にスウェーデンのW.Kjellmanによって、載荷盛土に代わるプレローディング工法として提唱された軟弱地盤改良工法である。我が国では1960年代に、大気圧工法（真空圧密工法）として導入され、1980年頃まで研究・試験施工などが行われた。しかし、表-1に示すような技術的な課題があって、一

般的な軟弱地盤改良工法として普及するには至らなかった。

これらの課題に対して、鉛直ドレーン・水平ドレーン・気密シートの開発、ならびに調査・設計・施工技術をシステム化することで、高品質・低価格・短工期を実現できる“改良型真空圧密工法”として実用化された。

表-1 当初の課題と改善点

当初の課題	改善点
<p>①シートからの漏気などにより、気密性の保持が困難であった。</p> <p>②改良深さに制限（10m程度まで）があると考えられていた。</p> <p>③中間砂層を挟在する軟弱地盤には適用が困難であった。</p> <p>④圧密に時間がかかり、工期、コスト面でのメリットが少なかった。</p>	<p>①気密性の確保できるシート（積層構造とした気密シート）の開発、気密シート相互のはり合わせ技術、シート端部の埋設技術などの確立</p> <p>②減圧された地盤で変形された状況でも通水性が確保できる鉛直ドレーンの改良</p> <p>③鉛直ドレーン材から有効に排水を促すための排水システムの開発と水平ドレーン材と有孔集水管の開発</p> <p>④運転監視システム（施工監理技術）の開発および施工方法の改善</p>

## 2.3 工法の特長

### ① 確実な圧密沈下と強度増加

真空圧を作用させることによって、地盤に50～80kN/m<sup>2</sup>の圧密荷重が継続的に載荷され、圧密沈下の促進と残留沈下の低減、地盤の強度増加が図れる。

### ② 工期短縮・工費削減

載荷盛土工法と比べ、盛土材の搬入や撤去がなく、地盤強度に応じた段階施工も必要ないため、工期の短縮・工費の削減が図れる。盛土併用の場合でも、急速盛土が可能となる。

### ③ 周辺地盤の変状軽減

載荷盛土工法のように地盤のすべり破壊の恐れがない。また、盛土を併用する場合にも、真空圧で地盤を拘束するので、盛土施工に伴う周辺への地盤変状を軽減できる。

### ④ 環境にやさしい

固化材を使用しないため、土壌汚染の恐れがない。また、載荷盛土工法のように大量の土砂運搬の必要がないため、ダンプカー等の交通障害や施工中の騒音・振動も少ない。

### ⑤ 載荷盛土との併用が可能

載荷盛土との併用が可能で、真空圧だけでは改良強度が不足する場合、残留沈下を削減したい場合などに、気密シート上に盛土を行い載荷重とすることができる。

### ⑥ 広範囲の地盤改良へ対応

改良深度27mの実績があり、地盤条件によってはさらに深い地盤の改良も可能である。また、浚渫土やヘドロなどの土性改良にも適用でき、余剰土の再利用が図れる。

### 3. 適用地盤と用途

本工法は、以下のような軟弱地盤対策に有効である。泥炭・浚渫土・シルト・沖積粘性土などの軟弱な粘性土地盤全般に適用できるが、透水係数の大きい中間砂層が分布する場合や被圧帯水層がある場合には、設計・施工上の注意を要する。

①高含水比の泥炭・浚渫土・シルト・沖積粘性土の改良

②トラフィカビリティーの向上

③土構造物などを支持する軟弱地盤の強化

④掘削の対象となる軟弱地盤の強化

⑤浚渫土や湖沼に堆積したヘドロの土性改良、減量化

⑥軟弱地盤における盛土・切土による周辺地盤変位の低減

図-3に代表的な用途を示す。

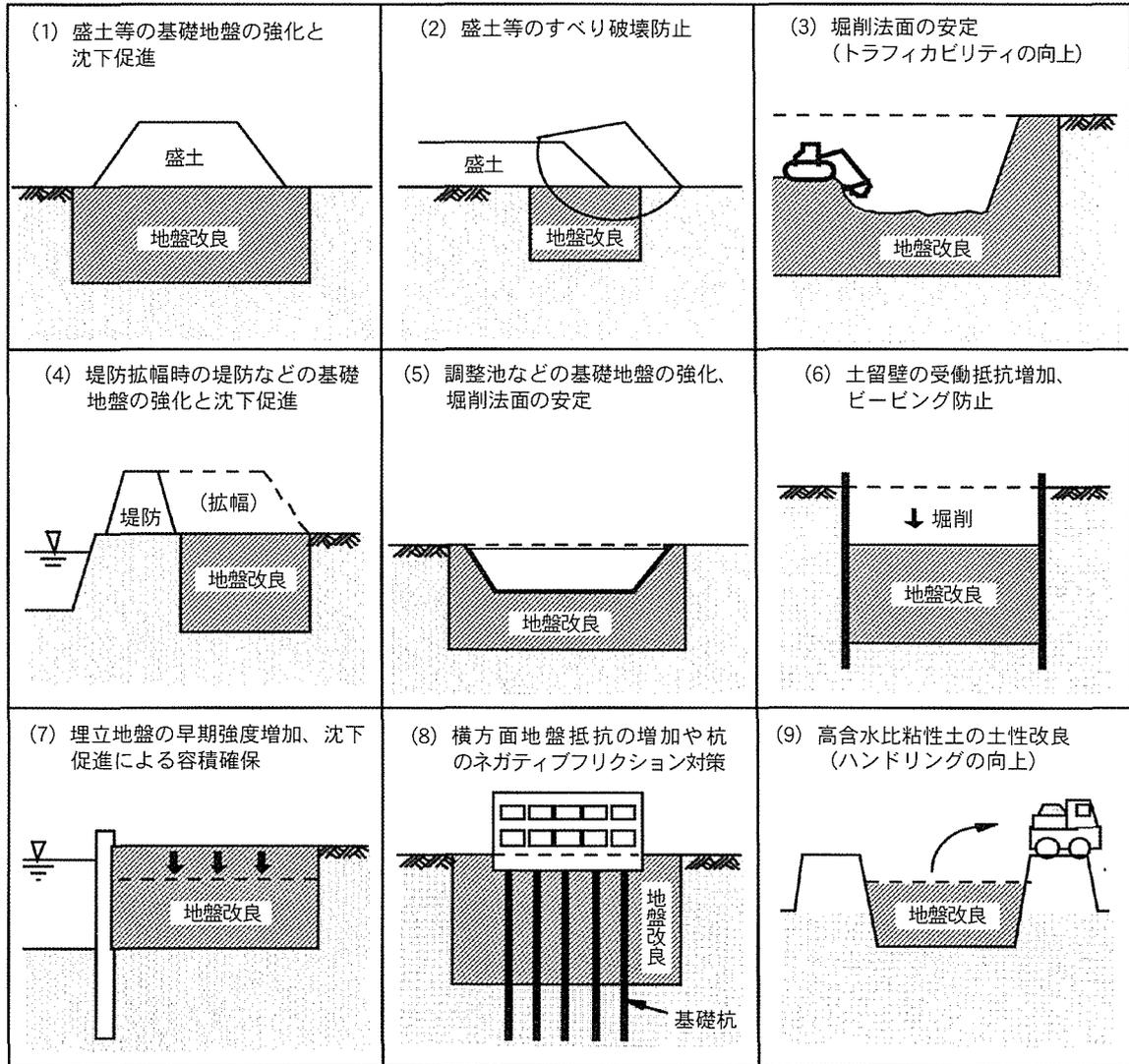


図-3 改良型 真空圧密工法の用途

### 4. 技術的な特徴

#### 4.1 工法全体の流れ

工法全体の流れを図-4に示す。改良型真空圧密工法は軟弱地盤改良工法としては優れた特長があるが、真空圧によって地盤を圧密するため、地盤構成や土質を選ぶデリケートな工法である。

このため、真空圧が地盤深くまで作用して、目的とする改良効果が得られる地盤か否かの判定が、本工法を採用するに当たって重要なポイントである。したがって工法の選定に当たっては、対象とする地盤との適用性の検討が必要となる。

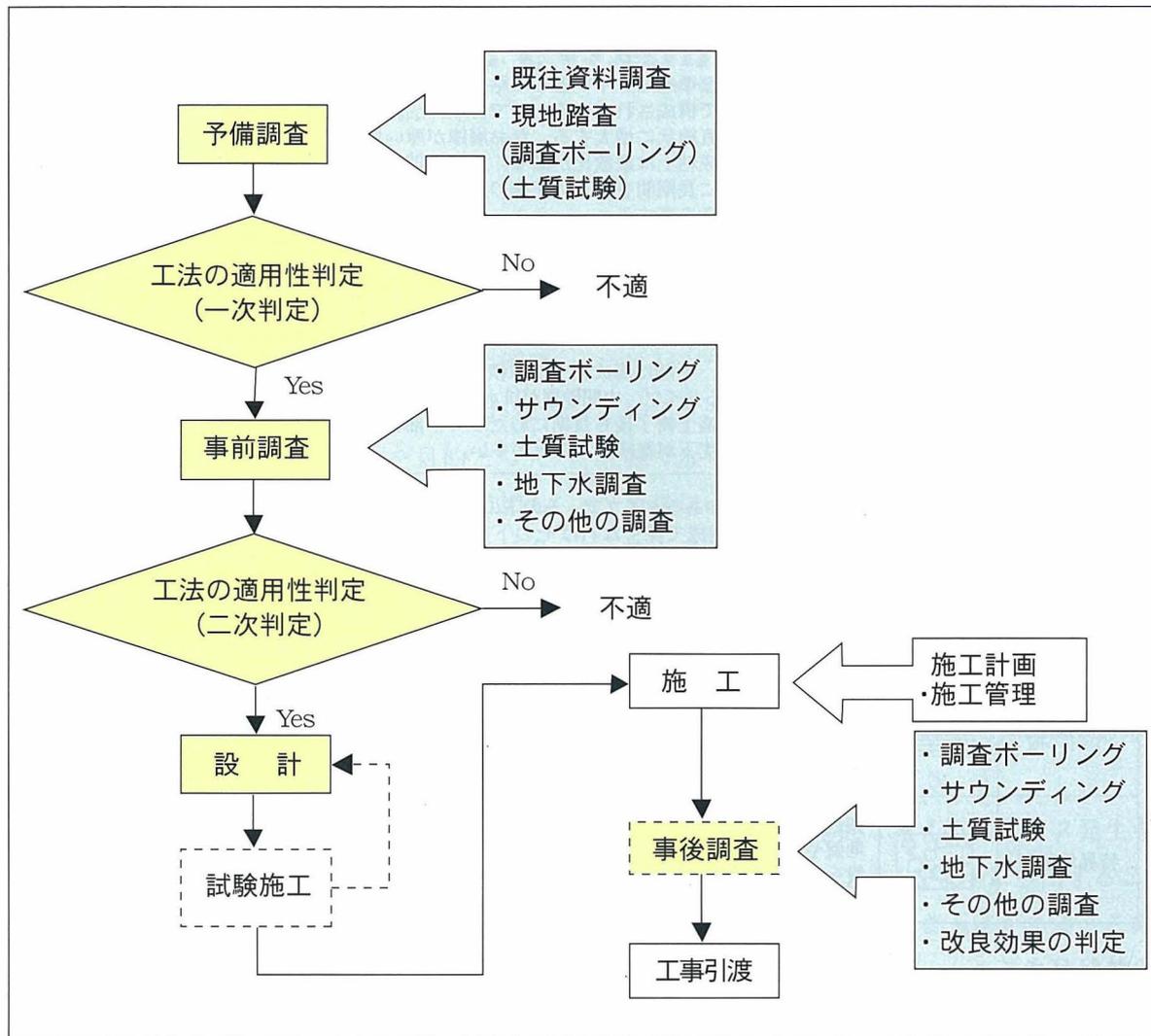


図-4 改良型真空圧密工法の流れ

#### 4.2 工法の適用性

適用性の高い地形状況、土質性状は以下のようにまとめられる。

(1) 適用性の高い地形状況

- ・ 潟湖性湿地
- ・ おぼれ谷
- ・ 埋積谷
- ・ 浚渫地盤

(2) 適用性の高い土質性状

- ・ 圧縮性の高い泥炭
- ・ 泥炭質地盤
- ・ 黒泥
- ・ 水分の多い浚渫土

一方、本工法を用いるに当たって問題のある地盤条件（真空圧が作用しにくい地盤）としては以下のようなことが挙げられる。

- ・ 被圧地下水のある地盤（鉛直ドレーンが井戸の役目をして圧密効果が得られない）
- ・ 狭在砂層の存在（地下水低下による周辺井戸への影響、沈下を起こす可能性がある）
- ・ 上部砂層の存在（砂層からの漏気による真空圧の低下の原因となる）

地盤条件からの適用性は、表-2のようにまとめられる。ここで、評価Aは特に有効で、Bは有効である。Cは適用に当たって問題がある。

表-2 地盤条件からの適用性評価

名称	概略図	軟弱地盤の性質	主な分布地域	評価
粘土層型 (基本型)		軟弱地盤の最も標準的なタイプとして粘土または有機質分を含む粘土のみで構成されているものであり、 $q_u$ 値は深さ方向に地表より直線状に増大する。なお層厚が厚い場合、下位に現れる海成粘土は鋭敏比が高く、地盤処理等で乱すと強度の回復に長期間を要し、圧密の進行が非常に遅いことが多く、注意を要する。	小おぼれ谷 臨海埋立	A
上部砂層型		地表に3~5mの砂層がのっているタイプであり、砂層が排水層となるので安定の問題は少ない。地震時における流動化が問題となることがある。	海岸砂州 自然堤防	B
砂層狭在型		上部に陸成粘土、下部に海成粘土が堆積し、その境界に中間砂層が介在するタイプ。中間砂層が排水層となり安定の問題は少ないが、盛土終了後も長期にわたって下部粘土層の遅れに起因する沈下が継続することが多い。	後背湿気 三角州低地	A
上部泥炭型		地表部に泥炭層があるタイプで、その下の堆積粘土層は、上部10~15mが陸成で深くなればその下に海成の粘土が堆積していることが多い。この型では直下の粘性土は鋭敏比が高く安定に問題が多い。なお粘性土がなくピートだけの場合、初期沈下量は非常に大きい、時間の経過とともに急速に沈下は減少することが多い。	小おぼれ谷 後背湿地	A
泥炭狭在型		地表部に粘性土があり、その下に泥炭層が埋もれた形で堆積しているタイプ。複雑な層構成のため $q_u$ 値の深度分布傾向は判然としにくい。盛土施工の際には、泥炭下の有機質粘土の強度および挙動が重要な要素となる。	後背湿地	A
特異地盤型		突起物・廃棄物・ガラ・異物・地下排水溝などの存在する地盤や漏気性の著しく高い地盤、硬質な中間層を有する地盤をいう。気密性が確保できなかつたり、ガラなどでケーシングの打設が困難になる。	埋立など	C

## 5. あとがき

改良型真空圧密工法は、高品質、低コスト、短工期で、周辺地盤へ影響も軽減できる地盤改良工法として、時代のニーズに合った魅力的な工法といえる。しかし、本工法の特長を活かすには、減圧による大きな圧力を確実に、地盤深くまで負荷することが重要で、そのためには次のような検討および技術判断が必要である。

- ① 予備調査、事前調査などに基づいた適用地盤の判定
- ② 事前調査による土層構成や地下水性状の確認と土質特性の的確な把握
- ③ 調査・試験の結果と経験値に基づく、適切な設計条件の設定および設計
- ④ 改良目的に合った適切な品質管理と改良効果の確認
- ⑤ 品質確認調査による品質評価・解析およびデータの集積

つまり、本工法は“事前調査～設計～施工～品質管理～品質確認調査”まで、一貫したコンサルティングによって“高品質の改良地盤”を提供できるものであり、特に土質の専門的技術が要求される地盤改良工法である。

## 参考文献

- 1) 真空圧密協会：N & H強制圧密脱水工法技術資料（2002年版）
- 2) 石原公明・大野睦雄・島博保・中熊和義：真空圧密工法による地盤改良，建設の機械化 1999.11, pp16-22

# 廃棄物地盤の環境改善を目的とした ガス抜き工法とその適用

技術論文

中央開発株式会社 中部支店

福原 誠

## 1. はじめに

近年、我が国のみならず世界規模において環境破壊が問題となっている。最近では循環型社会の形成やゼロ・エミッションが謳われ、廃棄物の排出自体をなくすことを目的とした動きが活発であるものこれまで年々増加してきた廃棄物を貯蔵する処分場においては含まれる多様な化学物質が周辺に及ぼす影響が懸念されるため用地確保及びその処理・処分方法、設備、管理方法等が重要な課題となっている。一方、国土の狭い我が国にとって既に埋立てが完了したこれらの処分場跡地を安全かつ有効に活用することも国土マネジメントの一環として期待され、その利用方法の確立が望まれる。

廃棄物地盤においては土壌や地下水の水質などと同様に地盤中に発生・滞留するガスも問題となる。日常的な管理の他、処分場跡地の有効利用を目的とした建設工事を行う際にもガス対策は必要不可欠なものであるがその手法が確立されていないのが現状である。

筆者らは、処分場跡地において計画されていた第二名神高速道路湾岸桑名IC橋脚設置工事に際して廃棄物を安全に掘削し施工ができ、かつ周辺住環境に対して悪臭を放たないことを目的とした対策工の検討を行った。その結果、強制的に空気を送り込み滞留するガスを速やかにかつ安全に大気中に放出する「ガス抜き工法」<sup>1)</sup>をガス対策工として採用し、実施した。本文は、当現場において実施したガス抜き工法の試験施工から橋脚工事範囲全体で実施する本施工の計画・設計・施工についてその方法を紹介する。

## 2. 対策工法の検討

埋め立てられた廃棄物に含まれる天然有機物は細菌によって分解され、その過程においてメタンガス、硫化水素、アンモニアなどの様々な可燃性・悪臭ガスを発生する。これらのガスによって建設工事を行う際には以下の危険性が考えられた。

- ・悪臭発生に伴う周辺環境や作業環境への影響
- ・作業員の中毒や酸素欠乏等の健康・生命への影響
- ・可燃性ガスの自然発火や建設機械稼働時の爆発・引火等の可能性 等

ガス対策の基本的な考え方は①ガス発生を制御する、②発生したガスを安全に放出すること、であり工法としてガス抜き工法がある。この工法は地盤中への大気の圧入、あるいは地盤中のガスの吸引・排出を強制的に行うものであり、図-1に示す強制送気・吸引排気併用工法は排気中の動圧力勾配が大きく、より短期に廃棄物地盤中のガスの大気との置換・排出ができる工法である。

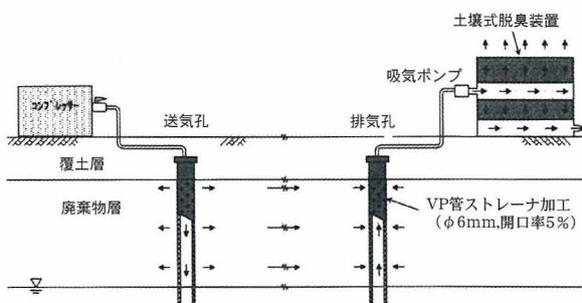


図-1 ガス抜き工法模式図  
(強制送気・吸引併用工法)

本工事では施工時間の制約や周辺環境への影響などを考慮してより短時間に効果が得られるこの工法を用いて対策を行うものとした。なお、排出ガスについては土壌式脱臭装置を介して大

気に放出することによって悪臭ガスの濃度を低下させ、周辺への影響を最小限とすることとした。

なお、今回対策工として採用したガス抜き工は橋脚工事に至るまで図-2の手順のとおり実施した。

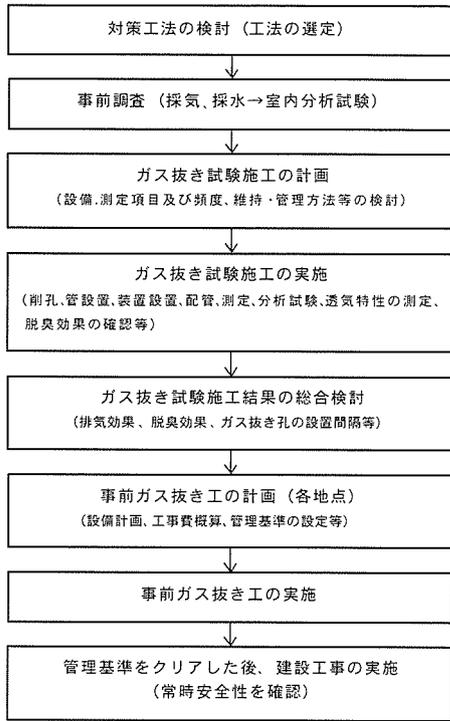


図-2 ガス抜き工の施工手順

### 3. 試験施工

試験施工<sup>2)</sup>は、事前にガス抜き工の効果を確認し、本施工の計画・設計を行うのに必要な基礎データを得るために行ったものである。施工方法は図-3に示すように送気孔からの距離を変えて配置した吸気孔においてガス抜き中に排出さ

れたガスの濃度や温度を測定した。施工中の主なガス濃度の経日変化を図-4に示す。

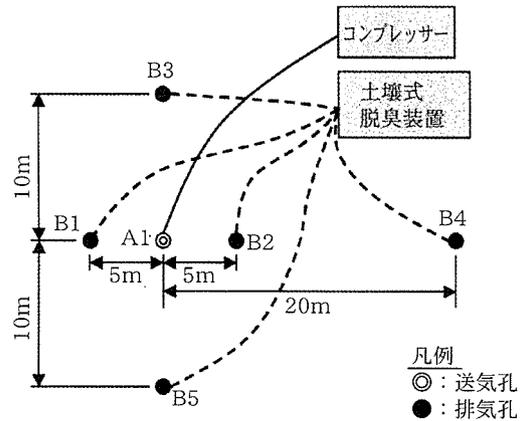


図-3 試験施工配置図

試験施工によって明らかとなった事項を以下にまとめた。

- ・送気孔からの距離は近い方がガス濃度の改善が早く見られ、特に5m排気孔ではガス抜き開始直後から酸素濃度が上昇、メタンガス濃度が低下した。10m排気孔では効果が遅れて発揮され、20m排気孔においては不明確である。
- ・5m排気孔においてメタン濃度を1.5%以下にするのに要する送気量は約6000m<sup>3</sup>でガス抜き対象土量(300m<sup>3</sup>程度)の約20倍、酸素濃度を18%以上とするには約18000m<sup>3</sup>で約60倍、19%以上とするには約25000m<sup>3</sup>で約80倍であった。
- ・ガス抜き開始後にガス温度や孔内水温の上昇が見られ、これは好気性分解の活性化による酸化熱の発生によるものと考えられる。

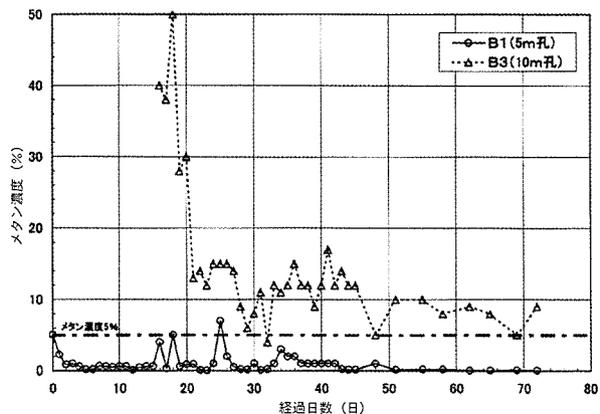
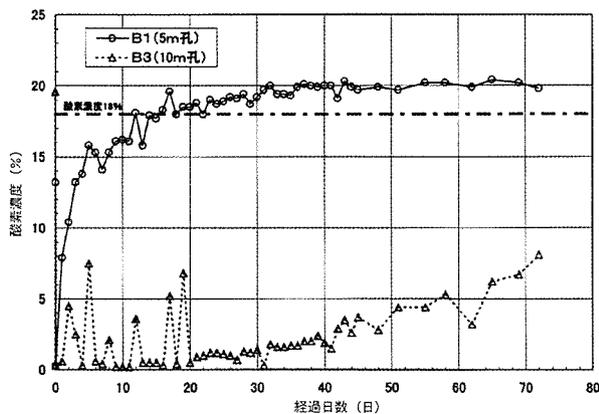


図-4 試験施工中のガス測定結果グラフ

#### 4. 本施工の計画・設計

試験施工の結果を基に以下のとおり本施工の計画・設計を行った。

《ガス抜き対象》対象範囲を廃棄物層内水位以上の不飽和土層とし、水位以下の飽和土層に対しては必要に応じて別途工事により水位低下を図った後にガス抜きを実施する。

《ガス抜き孔の設置》VP50をストレーナー加工したものを用い、削孔にはロータリーパーカッション削孔機を用いる。また配置は試験施工の結果から設置間隔は5mが最適と考えられ、その配置は全体を効率よくガス抜きを行うために図-5に示す「多眼ハニカム型」配置とする。

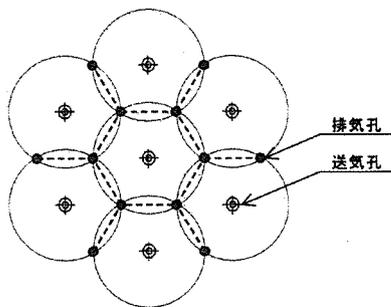


図-5 本施工時のガス抜き孔配置モデル

《ガス濃度管理基準》工種毎の危険度等から施工手順に伴いステップ毎のガス濃度の管理基準を表-1のとおり設定する。また、各ステップ間も他工事に支障が無い限りガス抜きを継続する。

表-1 ステップ毎の管理基準

ステップ	施工時期	管理基準	考え方
一次ガス抜き	全巡回産廃置換工開始前	メタン濃度 1.5%以下	特に爆発・引火の危険性があり、メタン濃度が問題となる
二次ガス抜き	井筒内掘削開始前	酸素濃度 19%以上 メタン濃度 1.5%以下	井筒内での作業のため、特に注意が必要であり、最も厳しい条件で設定

《施工期間及び設備》基準値までガス濃度を改善するのに必要な送気量を試験施工で得られた対象土量に対する所要倍数から表-2のとおり算定し、設定する。また、送気設備は所要送気量並びに施工可能期間から3.7m<sup>3</sup>/minの流量を要する送気・排気設備で24時間連続して運転す

る。なお、排気したガスは全て土壌式脱臭装置を介して大気に放出する。

表-2 A橋脚における施工期間の設定

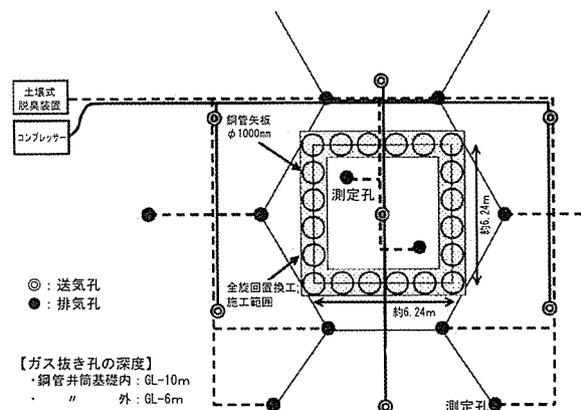
ステップ	対象産廃土量 V (m <sup>3</sup> )	所要送気量(m <sup>3</sup> )		計算所要日数 (日)	計画所要日数 (日)
		一次: V×20	二次: V×80		
一次ガス抜き	1,040	20,800		4	10
二次ガス抜き	180	14,400		3	5

#### 5. 本施工の実施結果

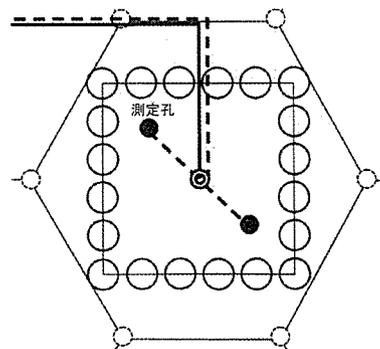
ここではA橋脚における施工結果<sup>3)</sup>を紹介する。この橋脚には図-6のとおりにガス抜き孔を配置した。1次ガス抜きは橋脚の周辺部を含めた広い範囲を対象とし、二次ガス抜きは鋼管矢板打設後の井筒内のみを対象とした。

本施工中のガス測定結果は図-7に示すとおりであり、特徴を以下にまとめた。

- ・全巡回置換工の開始前までの一次ガス抜きでは基準値であるメタン濃度1.5%以下となるのに7日間を要した。これは試験施工からの算定日(4日間)より多いが、地盤のばらつき



a) 一次ガス抜き



b) 二次ガス抜き

図-6 A橋脚における本施工配置図

を考慮して設定した計画日数（10日間）より少なかった。また、鋼管矢板設置前及び継杭の溶接前に鋼管の内外ではメタン濃度はほぼ0%となっており、効果が顕著に出ている。

・酸素濃度の上昇にはばらつきが見られ、井筒内掘削時の基準値である19%を超えたのがガス抜き開始後150日程度と長い期間となった。この要因の一つとして他の工事を行うのに際して接続ホースを外し送気停止状態となったため一旦上昇した酸素濃度が低下したと考えられる。また、井筒外にある測定孔においてもホースを外したために酸素濃度の低下やメタン濃度の上昇する傾向が見られた。

## 6. 効果に影響を与える要因

前述のとおり施工途中でガス抜きを停止してしまうとその効果は低減してしまう。また、試

験施工終了後11日経ってからガス濃度を測定したところ以下のとおりとなった<sup>4)</sup>。

- ・酸素濃度：19.8%→0.4%に低下
- ・メタン濃度：0.05%→92%に上昇
- ・水温、ガス温度：横ばいor緩やかに低下

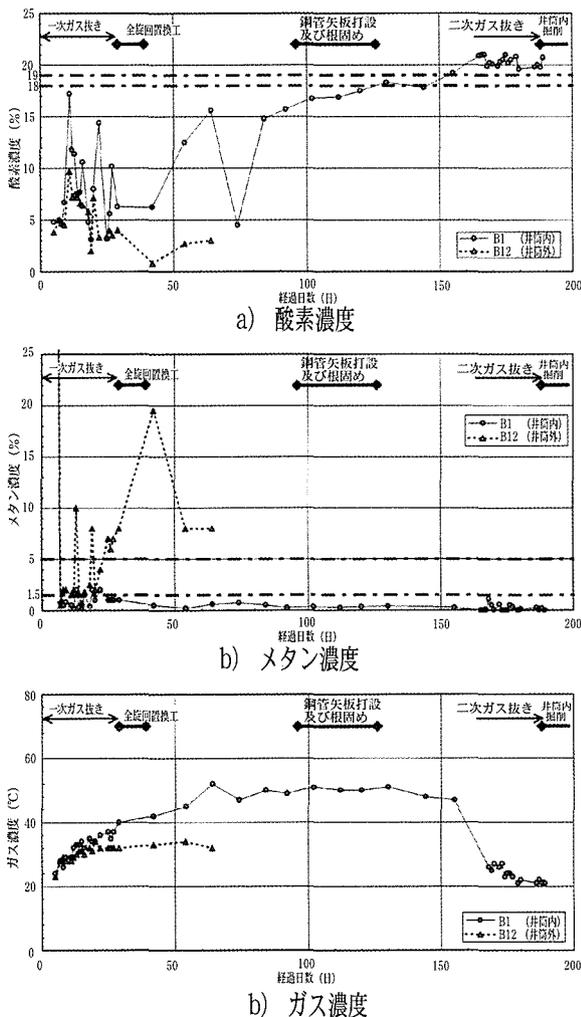
これらは今回の対策工の対象範囲が広い処分場跡地の一部であること、温度の変化はさほど急激ではないこと、などから地盤内の環境が好気性から急激に嫌気性に変化したのではなく、ガス抜きを停止・終了と同時に一時的に周辺からガスの流入が起きたと考えられる。流入後には層内に残留している酸素が徐々に消費されていき、ガス抜きを再開しなければそれともなって好気性から嫌気性環境に変化していくものと推定される。よって、ガス抜きの効果をより確実にし、持続させるためには継続すること、一時的に中断する場合においてもできるだけ早く再開させることが重要であると考えられる。

## 7. おわりに

廃棄物処分場跡地において実施された橋脚工事は7基全て無事に構築が終了し、その上部高速道路は既に供用開始されている。このような可燃性ガスや悪臭ガスの滞留が確認されている廃棄物地盤においては作業の安全性確保・周辺環境保全を第一とした施工計画が必要であり、ガス対策としてガス抜き工を実施することは地盤環境を改善する手段の一つとして有効であると考えられる。

## 【参考資料】

- 1) 福原他, 廃棄物処分場跡地利用のための地盤環境の改善(ガス抜き)工法とその適用, 第35回地盤工学研究発表会, 2000.6,
- 2) 山田他, 廃棄物処分場跡地における工事の環境保全対策について(2), 第35回地盤工学研究発表会,
- 3) 小野他, 廃棄物処分場跡地における道路建設の環境保全について(2), 第11回廃棄物学会研究発表会, 2000.12,
- 4) 福原他, ガス抜き工法の効果に与える影響についての考察, 第37回地盤工学研究発表会, 2002.7



図一七 本施工中のガス濃度変化グラフ

# 海峡横断プロジェクトの地盤調査

技術論文

株式会社中部ウエルボーリング社  
宮島 圭司

## 1. はじめに

わが国は、海に囲まれた島国であるため、幹線交通ネットワークを整備する場合には、本州四国連絡橋のような海峡を横断する長大橋梁が計画されることが多い。長大橋梁を合理的、経済的に設計するための前提として地盤調査が重要な役割を持っている。

ここでは現在、各地で進められている海峡横断プロジェクトの地盤調査について、本州四国連絡橋の事例と比較しながら、若干の考察を述べる。

## 2. 海峡横断プロジェクト

わが国の国土の均衡ある発展を促し、地域の活性化を図るため、高規格幹線道路網の整備とあわせて、新しい交通軸を形成するための取り組みが、国を中心にして進められている。この新交通軸の中核となるのが、海峡横断プロジェクトである。主要なプロジェクトの位置を図-1に、ルート概要を表-1に示す。国土交通省中部地方整備局が、現在、調査を進めている伊勢湾口道路もこのプロジェクトの一環をなすものである。

海峡名	海上距離	最大水深
津軽海峡	東側 約13km 西側 約19km	270m 140m
東京湾口	約15km	80m
伊勢湾口	約20km	100m
紀淡海峡	約11km	120m
豊予海峡	約14km	200m
早崎瀬戸	約 5km	120m
長島海峡	約 2km	70m



図-1 海峡横断プロジェクトの構想位置図

表-1 架橋構想ルートの概要 (海洋架橋調査会、1997)

架橋ルート	架橋計画ルート			海峡の最大潮流速	
	架橋距離	ルート上の最大水深	海中基礎底面の最大水深		
津軽海峡	津軽半島ルート (白神~竜飛)	20.7 <sup>km</sup>	-270 <sup>m</sup>	-150 <sup>m</sup>	5.5 <sup>ノット</sup>
	下北半島ルート (汐首~大間)	19.0	-280	-250	7.0
東京湾口	8.0	-70	-85	2.6	
伊勢湾口	17.5	-100	-65	2.7	
紀淡海峡	12.0	-150	-90	3.6	
豊予海峡	13.5	-190	A -140	5.9	
			B -100		
島原・長門・天草・長島架橋	早崎瀬戸	5.1	-120	-75	6.7
	長島海峡	2.1	-70	-15	5.8
明石海峡大橋	4.0	-110	-60	8.7 <sup>(2P基礎地点)</sup> 6.8	

このプロジェクトを橋梁計画の観点からみると、これまでに経験のない大水深で大型の基礎を必要とするものが多く、上部工についても本州四国連絡橋の実績をこえた長大径間の橋梁となる。したがって、橋梁技術上、検討すべき課題が多く、基礎の計画・設計にあたっては、海底地盤の精度の高い情報が求められる。

## 3. プロジェクト地域の地形、地質

海峡横断プロジェクトが計画されている地域の海上距離と最大水深は、表-1に示すとおりで、本州四国連絡橋が架設された瀬戸内海より水深の大きなどころが多い。とくに津軽海峡と豊予海峡の最大水深は、200mをこえており、橋梁基礎計画上の課題となっている。

海峡横断プロジェクト計画地域の地質については、津軽海峡と東京湾口が第三紀の堆積軟岩を主とする他は、主として中生代の硬質な堆積

岩と変成岩よりなる。とくに、伊勢湾口、紀淡海峡、豊予海峡は、中央構造線に近接しており、地質学ならびに岩盤工学的に慎重な検討を必要とする。一例として伊勢湾口道路計画区間のうち伊良湖水道の概略地質断面図を図-2に示す。これより明かなように、伊勢湾口道路は、

中央構造線の南側に分布する三波川帯と秩父帯にまたがって計画されており、三波川帯の結晶片岩、秩父帯のメランジェ、三波川帯と秩父帯の境界断層や蛇紋岩など岩盤工学上、問題の多い地域である。

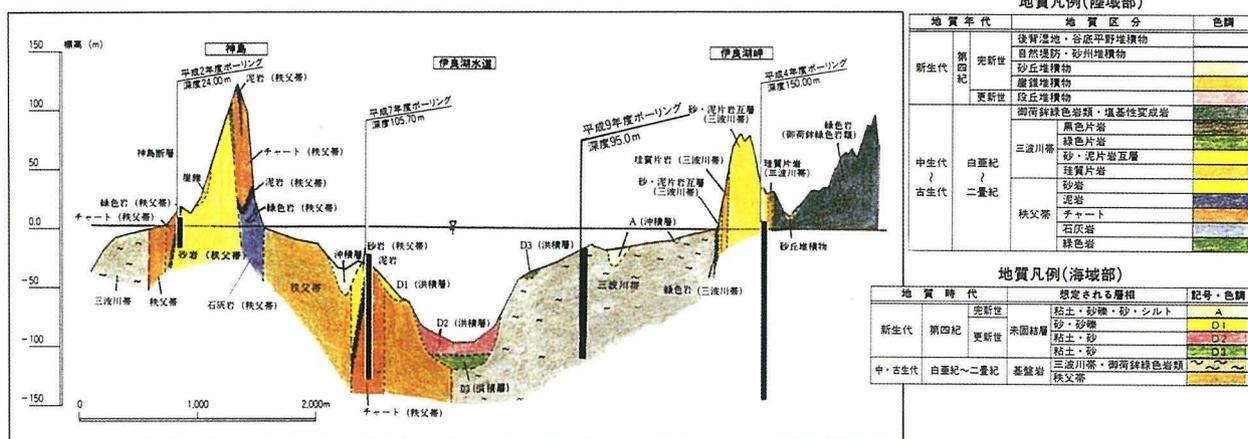


図-2 伊良湖水道の概略地質断面図 (東海幹線道路調査事務所、2000)

#### 4. 本州四国連絡橋における地盤調査システム

海峡横断プロジェクトの地盤調査の参考として、本州四国連絡橋プロジェクトで実施された風化花崗岩の地盤調査の概要を述べる。長大橋梁基礎の地盤調査の目的は、図-3に示すように地盤モデルの作成と設計に用いる地盤定数を合理的に設定することである。海底の地盤調査は、陸上と異なり直接、岩盤を観察、試験することができないので、ボーリング調査とボーリング孔を利用した各種測定による次のような調査が行われた。

- (1) 海底地盤調査の主要な手段は、ボーリングである。ボーリングの採取試料およびボーリング孔を利用した孔内載荷試験、物理検層、湧水圧測定、孔間速度測定を実施して、原位置地盤情報をできるだけ多く取得する。
- (2) 海底地盤の力学特性を把握するのに有効であり、また岩盤分類の指標ともなる孔内載荷試験を積極的に利用し、深度方向に2~3m間隔で測定した。

- (3) 海底地盤で直接、原位置試験を実施することは困難であるため、陸上の類似地盤に試験坑を掘削して岩盤試験を行い、海底地盤の原位置強度、変形特性を推定した。

- (4) 原位置試験を実施した陸上の試験坑の地盤と海底地盤の工学的類似性は、両地点の岩盤分類による判定のほか、孔内載荷試験、物理検層、室内岩石試験などのデータを総合して、判定した。

このような海底地盤調査資料と陸上部調査資料を統合して、地盤モデルと設計地盤定数を設定するまでの地盤調査の流れは、図-4のように体系化されている。

著者らは、風化花崗岩を支持層とする本州四国連絡橋の事前調査による岩盤評価 (岩級評価) と施工実績による評価結果との関係を検討した。その結果、支持地盤に関する事前評価と実績は、ほぼ一致するものが多いが、岩級で半ランク程度ずれる場合も認められた。このことより、図-4に示す地盤調査システムの妥当性が示されたと考える。

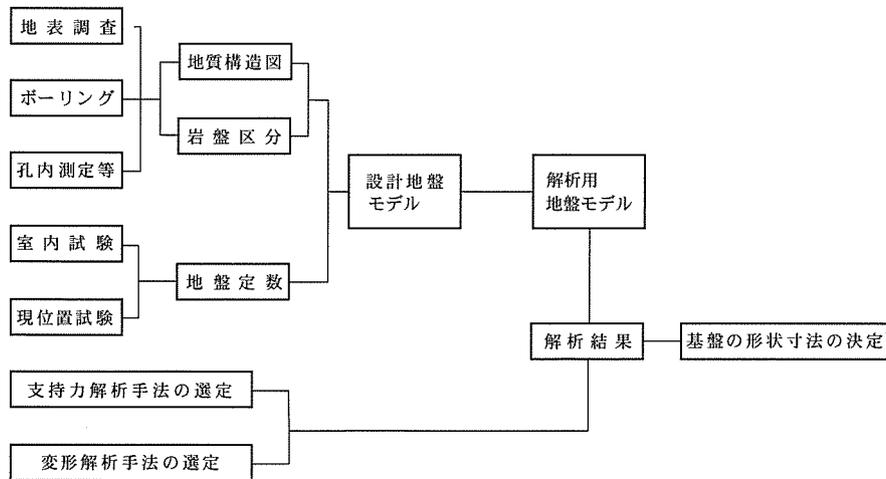


図-3 地盤調査より下部工設計への流れ (本州四国連絡橋公団、1993)

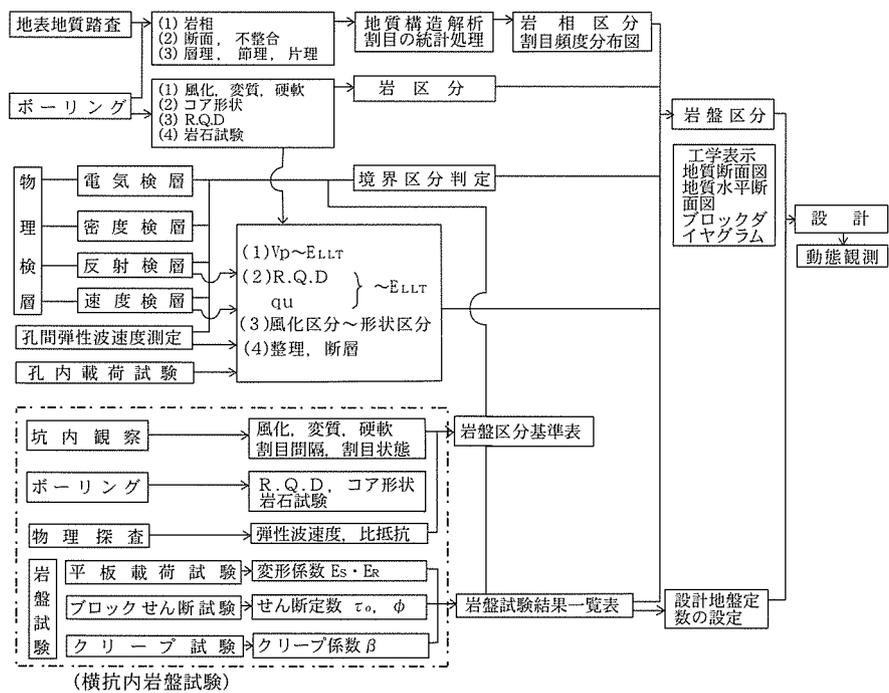


図-4 風化花崗岩の調査、解析体系 (本州四国連絡橋公団、1980)

## 5. 海峡横断プロジェクトにおける地盤調査

図-1に示した海峡横断プロジェクト計画地域のなかには、前述のように本州四国連絡橋の地形・地質条件とは異なるところがあるため、地域特性に応じた地盤調査を行わなければならない。

### (1) 大水深海域におけるボーリング調査

海峡横断プロジェクトにおいて計画される海中基礎の最大水深は、津軽海峡や豊予海峡では、100～150mとなる。その他の地域でも、

本州四国連絡橋で最も水深の大きかった明石海峡大橋の水深60mを越えるものが多い。このような水深条件では、明石海峡で用いた大型SEPを使用することができないので、大水深用のボーリング足場を新たに検討する必要がある。海外の事例をみると、水深100m以上の大水深ボーリングは、自動船位保持システム(DPS)を搭載した地質調査船が用いられている。ただ、調査船のチャーター料の高額なことが、大きな問題である。



の確認ができる。海底で発見された蛇紋岩が、秩父帯の黒瀬川構造帯と三波川帯の御荷鉾緑色岩体のいずれに帰属するかは、海底地盤の地質構造を判定するうえで重要である。蛇紋岩の化学分析により、地質学的位置をきめることが可能になる。

#### (4) 海域の活断層調査

海域の活断層は、音波探査によりその存在が明らかにされてきた。本州四国連絡橋のうち明石海峡大橋が架設された明石海峡には、事前調査段階に実施した音波調査により第四紀の大阪層群を変位させる活断層が存在することは判っていた。しかし、その活動履歴を解明することができなかつたため、活断層調査結果を橋梁設計に反映することができず、1995年の兵庫県南部地震を迎えたのである。

海峡横断プロジェクト地域の伊勢湾口、紀淡海峡、豊予海峡の海域には、中央構造線や伊勢湾断層などの活断層が存在することが知られている。断層の活動性調査としては、音波探査により活断層の位置を明らかにしたあと、断層を挟んで実施するピストンサンプリングなどによるコア試料分析を行って地層を対比し、断層活動時期と変位量を解明する。調査結果は、橋梁基礎の耐震設計に用いる入力地震動に用いられる。

#### (5) 大水深地盤の原位置試験

本州四国連絡橋基礎地盤の地盤定数は、陸上部の類似地盤での原位置試験結果より、間接的に推定してきた。瀬戸大橋の取付け高架橋（番ノ州高架橋）は、支持地盤が著しく深いため、大口径場所打ち杭を基礎としている。本州四国連絡橋公団は、杭基礎の先端支持力を原位置で確認するため図-6に示すような深層載荷試験装置を開発した。

この試験装置は、載荷板の直径を25~45cmまで変えることができ、50tの載荷能力をもつもので、ボーリング孔壁に反力を取って、孔底を載荷する機構となっている。実際の載荷試験は、

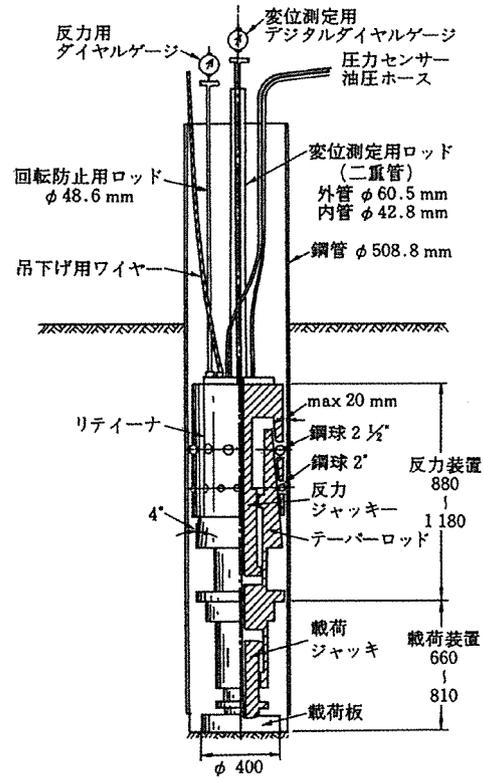


図-6 深層載荷試験装置（本州四国連絡橋公団、1993）

番ノ州高架橋の第四紀層だけでなく、明石海峡の第三紀層、来島海峡の風化花崗岩の一部でも実施され、陸上部類似地盤での原位置試験結果の検証を行っている。

海峡横断プロジェクト地域には、大水深の海底地盤があって、深い基礎が計画されるので、支持力や変形特性を直接、把握できる大型の深層載荷試験装置の開発が望まれる。

## 6. 海峡横断プロジェクトにおける地盤評価

### (1) 地盤モデルの作成

本州四国連絡橋の主要な基礎地盤である花崗岩については、ボーリング調査資料により岩盤の風化性状に着目した岩盤分類を行い、その区分境界を孔間速度測定結果などを利用して深度方向と基礎周辺へ面的に拡張して、工学的に同一とみなせる岩盤分布を示す地盤モデルが作成された。また、岩盤工学的に無視できない断層、シームなどの弱層の分布も示してある。このようにして作成された地盤モデルは、4. で述べたように、その妥当

性が認められた。

海峡横断プロジェクト地域には、付加帯のメランジェのように花崗岩に比べて地質構成が非常に複雑で、岩盤工学的に不均質性の著しい地盤がある。このような地質条件をもつ地域で作成される地盤モデルは、その精度を十分、確保できない可能性がある。不確実性の大きな地質・地盤情報を設計技術者に的確に伝達するためには、一枚の地盤モデル図でなく、複数の地盤モデル図で表現することを考えてもよいと思われる。

土盛りが大きなスイスアルプスのメランジェ地帯に掘削される長大トンネルの地質調査においては、地質的に考え得る最善のケースと最悪のケースを表示したオプティミスティック・マップとペシミスティック・マップの二通りの図面が作成された例がある。このような図面が作成されると、それらを見比べることにより、設計技術者が設計・施工上の問題点を理解しやすくなることが期待される。

## (2) 設計地盤定数

本州四国連絡橋の基礎地盤となる花崗岩の設計地盤定数は、岩盤区別に強度、変形係数を原位置岩盤試験結果をベースに設定している。試験実測値より設計値を設定するときには、試験体と実際の基礎とのスケールの差やその他の要因を考慮した技術的判断が加えられている。

事前調査結果にもとずき設定された設計地盤定数のうち、変形係数については、本州四国連絡橋基礎の施工時に沈下挙動を計測し、基礎地盤の変形係数を逆解析により求めている(図-7)。明石海峡大橋の基礎地盤(第三紀軟岩)や多々羅大橋の基礎地盤(風化花崗岩)での沈下計測資料の解析結果によれば、基礎の沈下に関する地盤の要因としては、寸法効果のほか、ひずみ依存性、拘束圧依存性などがあり、これらを適切に評価して設計値を定める必要がある。強度定数については、実際の基礎を破壊することができないため、変形係数のように構造物の実際の挙動より設計値を検証することはできない。地盤強度に関する要因としては、寸法効果のほか逐次破壊、強度異方性、クリープ破壊などさまざまなものがあり、本州四国連絡橋では粘着力を1/3程度に低減して設計値としている。今後は、これらの要因をできるだけ定量的に評価して、設計値を合理的に設定し、数値解析手法による支持力解析の精度を向上することが望まれる。

本州四国連絡橋の大部分の基礎形式は、重力式直接基礎であったが、海峡横断プロジェクトでは、基礎の設計を合理化してコストを削減することが強く求められている。そのため、トンネル式アンカー基礎が多くなると考えられる。重力式基礎とトンネル式基礎では、基礎の安定解析方法が異

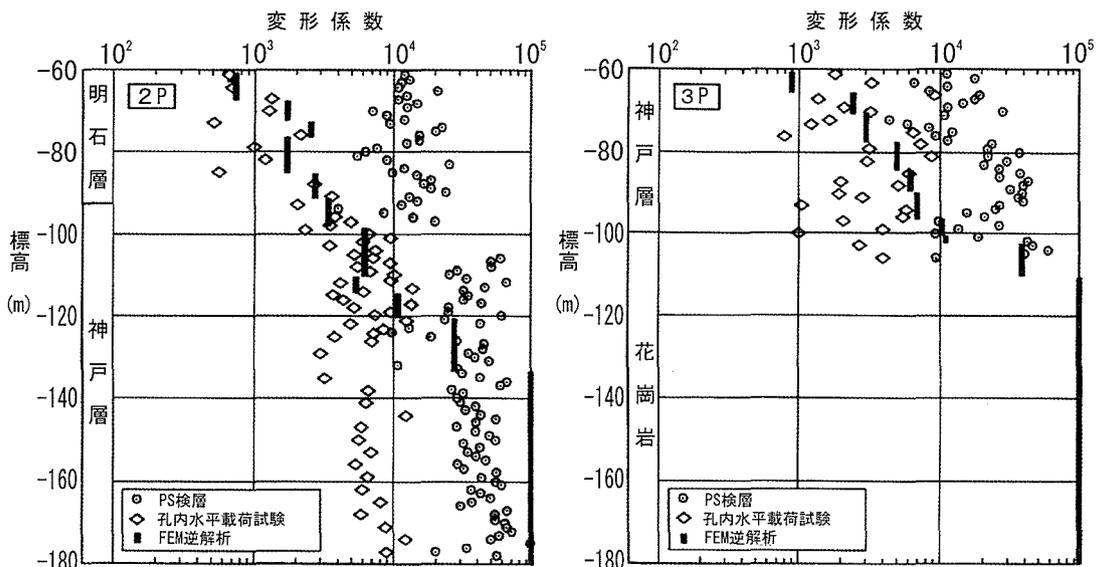


図-7 逆解析と孔内載荷試験、速度検層から求めた変形係数との関係(本州四国連絡橋公団、1993)

なるので、設計地盤定数もそれに応じた数値とするのが適当である。設計地盤定数は、調査精度、設計段階、設計方法とバランスのとれた適切な数値とするようにしなければならない。

## 7. むすび

海峡横断プロジェクトを実現するためには、本州四国連絡橋より設計を合理化し、コストを大幅に削減しなければならない。橋梁基礎の設計を合理化するためには、その基礎資料となる地盤情報の精度を向上させる必要がある。海峡横断プロジェクトが計画されている海底地盤の岩盤工学的性質を、的確に調査・評価するためには、種々の問題を解決しなければならないが、本報文はその一端を述べさせていただいた。

## 参考文献

- 1) 土木学会：岩盤上の大型構造物基礎、1998
- 2) 福永 勸、山田勝彦、宮島圭司：海峡部橋梁支持地盤の事前評価と実績の比較、第27回土質工学研究発表会講演集、1992
- 3) 技術者集団夢環境21：オペティミスティック・マップとペシミスティック・マップ、ニュースレター 地中の虹、No.1, 1994
- 4) 本州四国連絡橋公団：風化花崗岩の支持特性判定要領（案）、1980
- 5) 本州四国連絡橋公団：本州四国連絡橋地質地盤調査誌、1993
- 6) 国土交通省東海幹線道路調査事務所：伊勢湾口道路—伊勢湾口部の地形・地質一、2000
- 7) 海洋架橋調査会：海峡横断道路の架橋計画と自然条件、海峡横断 第11巻、1997
- 8) 宮島圭司：大型構造物基礎調査の最近の傾向について（本四連絡橋の事例）、昭和60年度第3回地盤研究会、土質工学会中部支部、1986
- 9) 宮島圭司、越智啓登：大水深下の海底地盤調査の現況、海峡横断 第6巻、1996



## 囲碁の言葉

囲碁の印象について囲碁を知らない人に聞いてみますと次のような答えが返ってきます。

- ① 囲碁はルールが難解だ。
- ② 古くさい。おじんくさい。
- ③ 何がおもしろいのか。

これらの疑問や質問に対して、ざる碁党の一人として雑感を述べたいと思います。

ざる碁とは、ざるの中に碁石を入れて打った碁でいわゆる庶民の碁を指しますが、現在ではざるから水が漏れるような欠陥だらけの碁を指します。まあ、弱いアマチュアの代名詞でしょうか。

では、手始めに、囲碁に関する用語について話します。囲碁用語は、我々が日常的に使っている言葉にも多くあります。例えば、「ダメ(駄目)」といった言葉は、全く意味のない、あるいは役に立たない時に使いますが、これは囲碁からきた言葉です。囲碁の「ダメ」は、お互いに損も得もない交点のことです。この交点を目(め又はもく)といいます。この他にも囲碁に由来した言葉として、「岡目八目」があります。これは、実際に碁を打っている人よりも、その横で碁を見ている人の方が、客観的に読めることで、日常的には、当事者よりも部外者のほうが冷静で正しい判断ができることを意味します。夢中になっていると大切なことを見逃してしまうといったことに通じます。このように囲碁から転用されて普段に使われている言葉があります。

## 囲碁の用具

話しは変わりますが、囲碁は打つ、将棋は指

すと言います。囲碁のプロは「碁打ち」と言ったりします。打つのは白と黒の石です。今では通常、白石も黒石もガラス製のものが普及していますが、本来は、白石はハマグリの殻から造った石です。黒石は那智グロといって粘板岩をくりぬいて造った石です。特に白石は「本ハマグリ」といって、日向(宮崎県沖)でとられたハマグリで、これは現在ではきわめて貴重で高価なものです。我々庶民には手が届きません。現在では、「メキシコ産のハマグリ」で代用しています。日向産に比べて貝の生長が早く目が粗いことが原因で割れやすい欠点があります。

黒石と白石の単価は、白石が高く黒石が安いのが普通です。強い人と弱い人が囲碁を打つ場合には、単価の高い白石を持つのは上手です。ただし、昔は上手が黒石を持っていたそうです。

石の数はどれぐらいだと思いますか。通常の碁盤には19路×19路=361の交点があります。なぜ361なのでしょう。聞き及んだところでは、中国の囲碁の発祥は、天文(歴、うらない)に関係があるそうです。中国の歴では1年は360日でした。それで碁盤も19路盤になりました。あまった1点は碁盤の中心点で、この点を天元といいます。天元は天体の中心の意です。囲碁はこれらの交点に黒石、白石を置き(打つ)ます。現在では、先手は黒から打ち始めます。従って、石の数は黒石が181、白石が180、合計361個になっています。

碁盤に使われている材木は何の木でしょうか。最も高級な碁盤は、「本榧(ほんかや)」といって、本物の「榧」の木です。外国から輸入した榧に似た木で作った碁盤は、「新榧」といい、カナダ産などが多く使われています。

碁盤にしろ、碁石にしろ、「にせもの」は、本物がとれなくなって苦肉の策で使われるようになったわけです。

碁盤は櫃の他に銀杏や桂などからも作られますが、いずれにしても乾燥させなければ割れたり、反ったりすることがあります。このため碁盤を作るにはきわめて長い期間を必要とします。

## 囲碁のおもしろさ

さて、囲碁のおもしろさは为什么呢。あるプロ棋士の話しですが「囲碁は息の長いことが好きでおもしろい」と言っていました。これは将棋やチェスに比べて、決着がつくまでの手数が多いことです。つまり、小競り合いの回数が多いことです。たとえ1回目の小競り合いで負けても挽回が可能なのも多いのです。

囲碁は局部戦をやりながら最終的に地所を多く囲んだ方が勝ちになります。その意味では囲碁に必要な感覚のうち「大局観」が重要視されます。局部戦をやりながら、盤面全体を考える大局観が必要になります。小を捨て、大につくとか、肉を切らせて骨を切るといった感覚で、武術・武道の世界に通じるところがあります。このあたりに碁のおもしろさがあります。

素人感覚でいえば、囲碁のおもしろさの一つに相手の石を取ることがあります。石を取るには、相手の石を自分の石で囲めばいいのですが、囲むだけでは石を取ることはできません。こちら辺が囲碁の難しいところです。

囲碁のルール自体はきわめて単純ですが、戦いになりますと、戦略や戦術が必要になります。囲碁のルールとは関係のない、「感覚」が必要になります。これは、企業経営にも通じるようなところがあります。局面、局面で最善手を考えるのですが、なかなかうまくいきません。なにせ、相手がいることです。最善手を考えるときに最もおもしろい時間だと思います。相手をぎゃふんと言わせた時は、なんと痛快です。

囲碁のおもしろさを増幅するのに「碁がたき」

の存在があります。碁に負けた時には親のかたきのような、憎らしく思えるものです。5連敗でもすれば、「二度とあいつと打つものか」といった心情になりますが、次の日曜日ともなれば、「碁を打つから来い」などと電話しているのですから、性懲りもないものです。碁がたきと口八丁手八丁で対局(碁の試合)するのもおもしろく、勝てればまさに親のかたきを討った、爽快感があります。

私の上司にも囲碁を打つ人がいます。私よりも格段に強く、アマ6段の力を持っています。その上司の新婚時代の話なのですが、仕事が終われば、毎日・毎晩、碁会所に通っていたそうです。当然とは言え、かみさんは毎夜涙していたそうです。新妻をほったらかしていくほど碁はおもしろいのです。

囲碁のおもしろさや夢中にさせることを象徴的に表現した言葉に「爛柯(らんか)」があります。これは、昔の中国の話ですが、きこりが山奥に入ったところ、碁を打つ音が聞こえてきて、おそろおそろ近づいてみると、仙人が碁を打っていたそうです。囲碁を見ることに夢中になって、気づいてみると、なんと、斧の柄が腐っていたそうです。何百年も経っていたのでしょう。なお、柯は斧の柄、爛は腐るといった意味だそうです。斧の柄が腐るほどおもしろい囲碁とはどんな打碁だったのでしょうか。一度、お目にかかりたいものです。それよりも仙人に会うのがおもしろいといった言葉も聞こえてきそうですが.....

## 囲碁の打ち方

囲碁のルールについて触れておきます。囲碁のルールは知っている人にとってはきわめて単純です。この単純さが囲碁を難しくしている原因の一つかもしれません。囲碁の基本的ルールは、①2人で交互に黒と白の石を碁盤の交点に打つ、②行き場の無い石は盤上から取りのぞかれる、③行き場のなくなるところへは打てない、

④ 同型反復の禁止(コウ)、⑤ 勝敗は地所の多少で決める、の5つです。簡単に以上のルールについて説明します。

ルール①：黒石を持った人から打ち始めます。

打った石は移動させることはできません。将棋との相違点です。

ルール②：行き場の無い石は盤上から取り除かれる。相手の石で囲まれた自分の石は死んでいる(相手に取られる)。

ルール③：行き場のなくなるところへは打てない。打った石に続いてその隣に打つ場所がない時は、打てない。

ルール④：同型反復の禁止(コウ)。同じ形ができた場合にはコウのルールがある。

ルール⑤：勝敗は地所の多少で決める。囲った陣地(交点の数)が多い者が勝つ。

囲碁を覚たい人は、専門書を読んでください。紙面の都合でルールの詳細は省略します。

以上のルールのなかで、どこに打ちなさいあるいはどこからしか打ってはいけないなどのルールは一つもありません。自分の好きな所に打てばいいのです。しかしながら、先ほど、話したように、碁盤の交点は361もあります。筆者も自分の子供に囲碁を教えたのですが、「好きな所から打て」と言ってもなかなか打ってくれませんでした。かの太閤秀吉は碁盤のど真ん中の交点(天元)から打ったとか打たなかったとか。

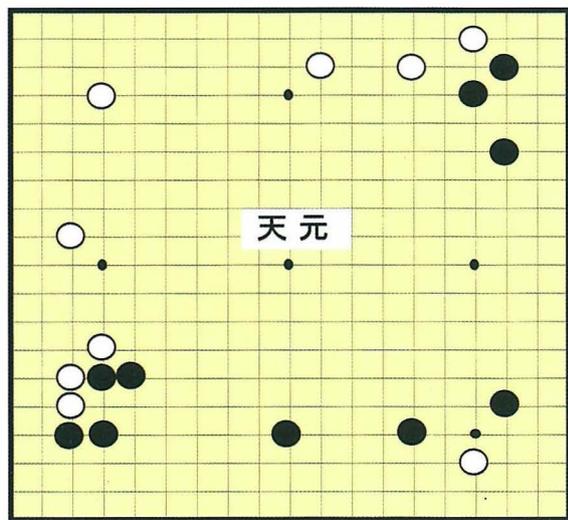


図-1 囲碁対局の開始直後の状況

参考までに囲碁対局の開始直後の状況を図-1に示します。

囲碁の本質に石の効率と言った概念があります。囲碁は最終的に囲った地所の大小で勝ち負けが決まりますから、少ない石数で効率良く囲ったほうがいいのです。このため、碁盤の4隅から打ち始めるのが一般的であるといえば一般的です。しかしながら、天元から打ち始めても悪くはありません。現に、筆者の碁がたきは白を持ちますが、必ず白の一着目は天元に打ちます。彼の棋風に合っていて、なかなか手強いのです。この辺が囲碁の持つ難しさでもあり、無限性なのかもしれません。

天元から打ち始めるのもその人の棋風です。棋風というのは、いわばその人の性格なり信条です。棋風というのはおこがましいのですが、あえて言わせてもらえば、筆者の棋風は、先行逃げ切り型です。地をほしがるのが欠点です。先に地所をとり、あとはなんとかするといったタイプです。このため、天元から打ち始めることはしません。やはり隅から打ち始めます。碁がたきが天元から打つのは、地をほしがらないタイプで、あとから地がついてくる打ち方をします。

### 囲碁のハンデ

囲碁は文化だ、芸術だ、ゲームだ、頭のスポーツだ、色々の考え方があるようですが、やはり勝ち負けがついてきます。従って、先手が有利なことは否めません。そこでプロの対局(勝負)では黒を持った先手の方は、白を持った後手の方に比べて6目半(現在は5目半ですが近々6目半になる予定)のハンデキャップが課せられます。ゴルフのハンデを考えれば理解しやすいでしょう。先手は7目よけいに地所を多く作ると勝ちますが、6目だと0.5目(半目)負けです。引き分けを防ぐために、半目をつけているのです。このハンデを「コミ」といいます。

強い人と弱い人の対局はどうしているのです

ようか。同じようにハンデがあります。置き碁  
 といって、弱い人は、最初から盤上にハンデに  
 応じた複数の石を置くことができます。碁盤上  
 の9つの交点には丸印がついていて、これを  
 「星」といいます。その星に黒石を最初から置  
 けるので、有利になるわけです。例えば、四段  
 の人と二段の人の対局では、二段の人は最初か  
 ら2つの石を星に置きます。私も囲碁を始めた  
 時には、すべての星に黒石を置かされて打ちま  
 した。合計9つの石を置いたのですが、これを  
 星目といいます。碁が強くなるにつれて、段々  
 と置く石の数が減っていきます。

最近の碁会所では、○段といったやり方では  
 なく、点数制をとっている碁会所が多いようで  
 す。例えば、75点の人と68点の人が対局す  
 る場合には、68点の人が2つの石を最初に置  
 いて打ちます。その上で、68点の人は75点  
 の人に比べて3目の「コミ」が課せられるとい  
 った細かなハンデが設定されています。合理的  
 といえます。

### 囲碁の未来

チェスでは、人間とコンピューターの対戦が報  
 じられています。チェス専用のコンピューターが  
 チェスの世界チャンピオンを負かすまでになっ  
 てきました。

チェス、将棋、囲碁などのゲームでは、自分  
 の手番、それに対する相手の応手、相手の応手  
 に対する自分の応手というぐあいに先読みをし  
 ていきます。この場合、先読みの手数は一段階  
 毎に、指して可能な手の二乗倍で増えていきま  
 す。チェスの場合、ある局面で可能な指し手(分  
 岐因子)が35に対し、将棋では80、囲碁では最大  
 361(平均250)になります。チェスではゲーム全  
 体での可能な指し手(分岐因子)が35の80乗(80は  
 1局の平均手数)、将棋では80の115乗、囲碁は  
 250の220乗くらいになります。チェスではコン  
 ピューターで可能な手をしらみつぶしに「力任せ」  
 で先読みする方法を採っています。この方式で

将棋でも名人クラス的能力を持たすことが可能  
 といわれていますが、それには今後15年ないし  
 20年位かかることが予想されています。囲碁に  
 ついては、分岐因子が膨大すぎて現在のスーパ  
 ーコンピューターでも「力任せ方式」では読み切  
 れず、読み落としも生じて、強いソフトを作る  
 のはなかなか大変ということのようです。「力  
 任せ」ではない何らかの手法の変革が必要であ  
 るといわれています。最近では、パソコンの  
 将棋の実力はアマチュアの3、4段程度、囲碁  
 は4、5級程度です。将棋は強いが、囲碁はま  
 だまだといったところで、筆者を負かすコンピ  
 ューターの出現は数年先までなさそうです。

### 囲碁の芸術性

最近、テレビで囲碁のアニメが放映されてい  
 ます。囲碁人口が増えてきていることも確かで  
 す。幼稚園や小学生から囲碁を始めると、将来  
 はプロ棋士になることも夢ではないと思いま  
 す。大半のプロ棋士は、幼い時から囲碁を打っ  
 ていわば碁のエリートの教育を受けた人です。  
 囲碁を打つことはプロ棋士にとっては、生活の  
 糧となるから大変らしいですが、対局中に生活  
 感が全面に出る人は少ないようです。テレビで  
 プロ棋士の対局を見ていると、制限時間がある  
 ため、苦痛に耐えているような光景も見られ  
 ますが、いい碁を打ちたいといった雰囲気を感じ  
 ます。勝てば何らかの賞金ももらえて懐も豊  
 かになりますが、それ以上に、いい碁を打つこ  
 とに固執しているみたいです。先ほども囲碁は  
 芸術だとも書きましたが、いい碁を見るとまる  
 で、いい絵画やいい彫刻を見たような感動を受  
 けます。

この辺が、囲碁の持つ芸術性なのでしょう。  
 ざる碁党が利いた風なことを書きました。ざる  
 から石が落ちそうなので、これで終局といたし  
 ます。

以上



# 平成14年度中部地質調査業協会 現場研修会に参加して(1日目)

株式会社キンキ地質センター名古屋支店

栗本 貴生

## ○はじめに

去る平成14年5月16～17日に、中部地質調査業協会主催の現場研修会が催され参加する機会に恵まれた。ここでは主に1日目の巡検箇所となったフォッサマグナ地域に分布する断層露頭、崩壊地形などについて、各観察箇所毎の説明や感想を当日配布された資料に基づいて記す。

## ○糸魚川・静岡構造線の大露頭

糸魚川・静岡構造線はフォッサマグナ地域の西縁とされており、新潟県糸魚川市から、長野県松本市までは南北方向に、松本盆地南部付近から諏訪盆地～山梨県韮崎付近までは北西～南東方向に、そして韮崎より再び早川町奈良田、西山温泉、静岡市まで南北方向にゆるいS字カーブを描いて分布すると考えられている。総延長は約250km程度である。

このうち、山梨県早川町奈良田南方の西山温泉以南では本断層が当地を南方へ流下する早川の流域とほぼ一致して分布しており、断層露頭が河川沿いの数カ所で認められる。

なかでも今回巡検で観察した新倉北方の内河内川と早川との合流点付近の大露頭では断層面が明瞭に観察された。この露頭は最近、天然記念物に指定された(写真-1)。

写真中央付近の右上から左下にかけて分布する線が断層面であり、走向・傾斜はN26°W46°Sを示す。断層上盤にあたる西側(写真左側)では古第三紀瀬戸層群の黒色粘板岩～頁岩が、断層下盤にあたる東側(写真右側)では前期中新世巨摩層群の緑色凝灰岩～火山礫凝灰岩類がそれぞれ分布しており、これより、本断層が逆断

層であることが分かる。

小山(1984)によるとこの付近の糸魚川・静岡構造線は新第三系で3m程度、先新第三系で数m程度の破碎帯を伴っており、一般に固結しているということである。

この付近のルートマップ(小山(1984))が配付資料に添付されており(図-1)、現地では参加者がこのマップを頼りに周辺を散策することができた。私もマップ片手にあちこち歩くこと

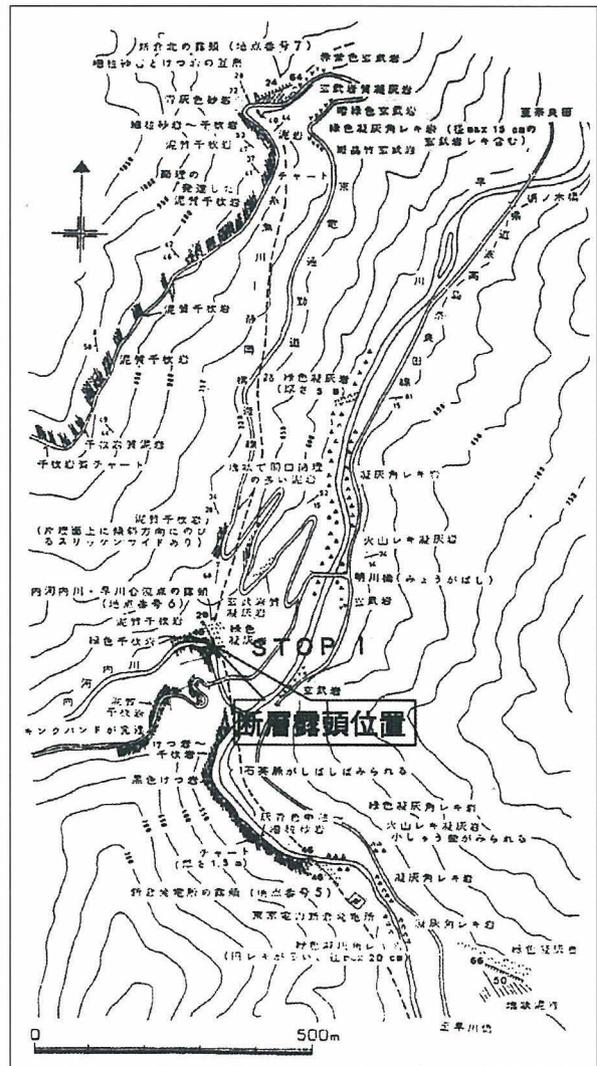


図-1 早川町新倉周辺のルートマップ(小山1984)

ができ、またキンクバンドの説明等色々な解説をスタッフの方々より授ることができたので、非常に有益な時間を過ごすことができた。



写真-1 糸魚川・静岡構造線大露頭

### ○富士川中流部の白鳥山大崩壊地

白鳥山大崩壊地は、1707年10月28日に発生した宝永大地震の際に生じたものであり、白鳥山の北東斜面が大崩壊し崩積土砂が富士川を一時的に堰き止め、その後、破堤して氾濫し下流の集落に大きな被害を与えたことが記録に残されている。

現在は、崩壊地对岸の八幡神社境内の裏山に当時の崩壊土砂と思われる丘があるのみで、白鳥山山腹の崩壊地跡以外では当時の面影は残されていない。

今回巡検では対岸より崩壊地を望むに留まったが、資料に添付されている地形図と比較しながら、崩壊形態や不安定土塊の存在等、参加者同士で自由な討論をすることができた。



写真-2 白鳥山大崩壊地遠景

### ○由比地区地すべり防止区域

由比地区地すべりは、駿河湾の一番奥まった西岸部にあり、安政5年から昭和49年に至る117年間に15回の地すべり災害が発生している地域である。

1日目最後の巡検地であったが、残念ながら現地到着時には日没が近く、遠望でのみの観察となったが、今回参加者の中に当地区の調査、対策工を担当された方がおられたので、現在行っている調査範囲や現状等を詳しく知ることができ、有益な情報を得ることができた。

### ○最後に

この研修会に参加するのはこれで4回目となるが、参加した中では今回が一番の遠方への巡検となった。見学箇所数そのものは移動時間の関係上少なくなったが、非常にためになる研修会であった。

このような見応えのある巡検地をセッティングしていただいたスタッフの方々に心からのお礼を申し上げたい。

# 平成14年度中部地質調査業協会 現場研修会に参加して（2日目）

株式会社応用地学研究所 名古屋支店

添田 三博

## 1. はじめに

中部地質調査業協会主催の技術研修会が平成14年5月16,17日の2日間に静岡県を中心として実施された。研修2日目は、静岡県地震防災センターの見学、富士常葉大学 井野教授による「東海地震発生のメカニズムと地震予知」についての講演が行われた。以下に、地震防災センター、講演内容について要約する。



写真-1 津波の実験コーナー

## 2. 静岡県地震防災センター

静岡県地震防災センターは、県民の皆様幅広く利用していただき、東海地震に立ち向かうための知識及び技術の普及向上、防災意識の高揚をはかるとともに自主防災意識の活性化を図ることを目的に開館された。建物の1階は、図-1に示す体験コーナー、展示コーナーが設けられている。

また、これ以外にも、S波、P波の説明、地震と建物等の説明や模型が展示してあり、大変勉強になる施設であると思いました。

津波コーナーでは、縦30m、横10m、水深1mの水槽で、実際に津波を発生させて波の伝わり方や、津波の高さなどがモニターなどで見学できるようになっている（写真-1）。

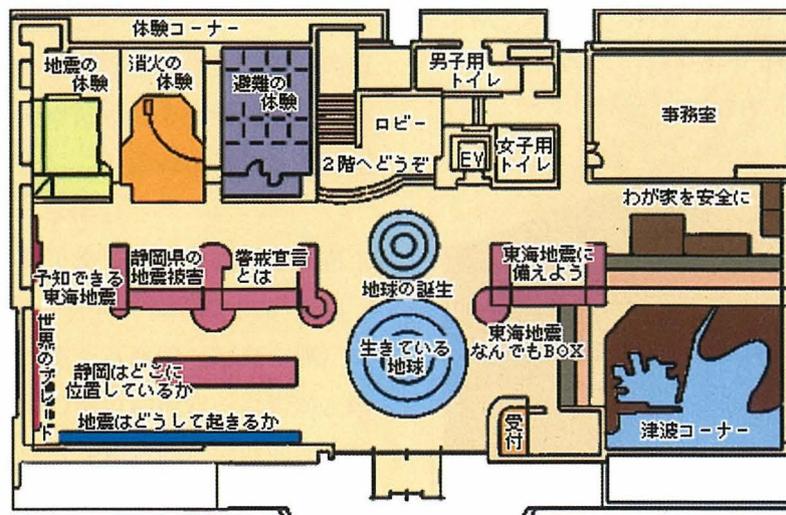


図-1 1階体験施設の案内図

### 3. 東海地震発生のメカニズムと地震予知

富士常葉大学 井野教授に講演をしていただいた。講演内容は、基本的なプレートの話に始まり、断層の種類、東海地震の発生のメカニズム、地震防災対策強化地域、地震予知に関連する事項などである。ここでは、私個人が興味を持った事項について簡単に述べる。

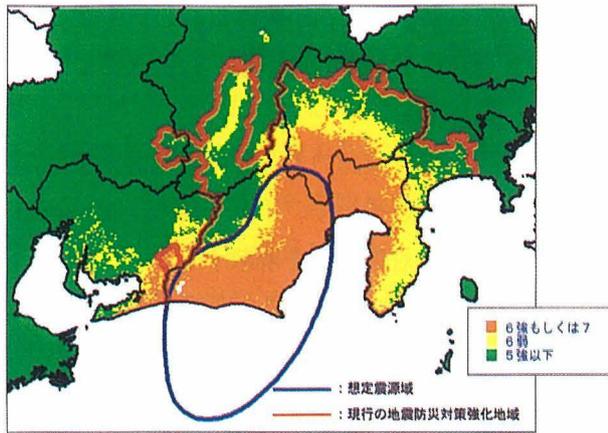


図-2 最新の想定震源域

東海地震の震源の見直しについては3度行われ、石橋モデル(1976)では、静岡検討会地震被害想定1次,2次を提唱し、中央防災会議モデル(1978)では、地震防災対策強化地域が指定され、「東海地震に関する専門調査会」モデル(2001)では、地震防災対策強化地域指定の拡大が行われた。

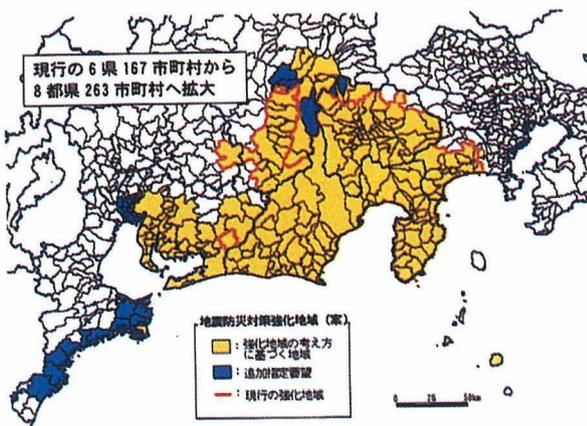


図-3 地震防災対策強化指定地域

最新の想定震源域を図-2に示すが、静岡県中部の清水市付近から西部の浜名湖付近まで震源域が拡大された。それに伴い、図-3に示すように、平成14年4月に地震防災対策強化地域が大幅に見直され、名古屋市を含む愛知県西部地域が指定された。

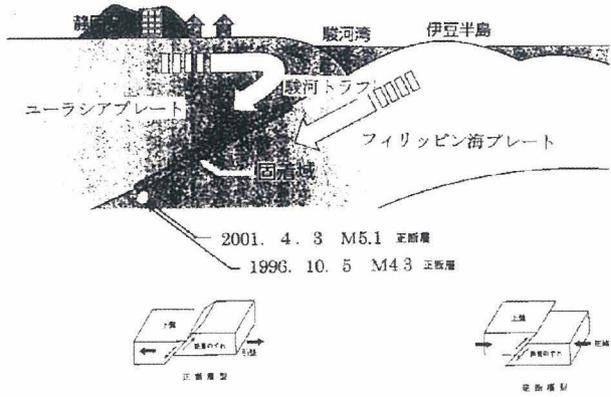


図-4 震源付近の固着域と地震断層

東海地震は図-4に示すようにフィリピン海プレートがユーラシアプレートに潜り込む形態のいわゆるプレート境界型の地震である。また、最近では2度比較的大きな正断層系の地震が発生している。この正断層系の地震は巨大地震の前触れであると考えている研究者もいる。

### 4. おわりに

今回の中部地質調査業協会の研修会では、糸魚川-静岡構造線の断層露頭、由比の地すべり地形、静岡県地震防災センターの見学、井野教授による「東海地震発生のメカニズムと地震予知」の講演などを経験させていただき、私自身の知見を広げることができたと思います。

今回、このような経験をさせていただいた、井野教授及び研修委員会の皆様に感謝の意を表します。また、他の研修に参加された方々といろいろな議論をさせていただいたことにも感謝します。

今回の経験をもとにさらに知識を習得し、今後の業務に活かしていきたいと思っています。



# 中部地方整備局防災訓練参加報告

防災委員会 西田 寿郎

第5回防災訓練は、国土交通省中部地方整備局企画部のご指導の元に、平成14年9月3日(火)に実施した。

## <訓練内容および経過>

- 8:00 防災委員 集合 協会会議室
- 8:30 本部長、副本部長、各幹事、集合 協会会議室
- 8:45 地震警戒宣言発令
- 9:15 地震発生

当日は上記の予定で進む筈で会ったが、整備局側の都合でおくれる。

- 10:15 整備局地震対策本部より電話にて、当協会防災対策本部に「本部設立確認」の連絡があり、設立終了の返事をすると同時に、静岡県中部を震源地とする震度7の地震が発生した旨を伝える。
- 当対策本部は、その要旨を受け各ブロック班長へ、機械、技術者動員表を作成、提出依頼する。

10:25 各ブロック班長より、対策本部に動員表のFAXが入り集計した上で、「整備局地震対策本部」にFAXにて連絡する。

11:00 終了確認の為「整備局地震対策本部」に連絡して、了解を得た上で、当協会対策本部を解散する。

14:00 中部地方整備局企画部企画課の事務方より当協会に御礼の電話がはいる。

平成14年 9月 4日

平成14年9月3日10時25分発信

中部地質調査業協会 災害応急対策本部 御中      中部地質調査業協会 災害応急対策本部

災害応急対策派遣動員表

会社名	地質技術者	土質技術者	地滑り技術者	ボーリング機械
愛知Aブロック	19名	20名	6名	23台
愛知Bブロック	36	53	14	45
愛知Cブロック	51	47	31	74
三脚県ブロック	11	24	2	26
岐阜県ブロック	11	12	2	12
長野県ブロック	10	8	10	10
静岡県ブロック	42	35	28	48
総計	180	199	93	238



写真-1



## 広報委員会報告

委員 平野 義明

昨年度より従来の「広報宣伝委員会」とホームページ作成WG（ワーキンググループ以下WG）と合体し、名称変更し広報委員会となり、広報委員8名、HP作成WG6名、副理事長の計15名の大所帯で活動しております。

今年度3年目になるHP作成WGは協会のホームページ維持・更新を実施しております。今後、ホームページに資格コーナー・協会の会社紹介コーナー・ソフトの裏技紹介の新設や、「濃尾地盤」の内容他新着情報の充実を勢力的に実施しております。また、講習会予定をはじめ各種イベントの紹介、研修報告の掲載や土壌汚染対策法案等地質調査に関連した情報を掲載していく予定です。ホームページを通して協会の活動をより多くの人に親しんで理解して頂けるように頑張っております。

広報委員会はもう一つの重要な活動である「土と岩」の編集発行の活動を行っております。2002年に発行致しました50号からビジュアルな表紙に変わり、より見やすい紙面になったと思われま。50号では「自然災害」を特集記事とし「東海豪雨から一年を経過して」、「土砂災害防止法の施行にあたって」、「プレートの沈み込みと東海地方の地殻変動異常」の興味ある論文が掲載されました。また、51号の発行に向けて7月から順次広報委員会を開き編集・発刊スケジュールを決定して活動してまいりました。51号では特集として「地震防災」を特集記事とし「都市高速道路の耐震設計」、「建築物の耐震設計と活断層」、「東海三県の活断層」を掲載し、技術論文、研修報告、常設委員会報告、トピックス他、盛りだくさんの内容となっております。また、いやしの効果で好評頂いているエッセイも、今回はタイトルを「ざる碁党の囲碁雑感」

とし他に、恒例となりました“読者アンケート結果”を掲載し、読者皆様のご意見をお伝え致しました。配布先は協会会員以外に、東海3県の自治体・公社、中部地区の一次官庁・公団・事業団と大学関係者、全地連・各地域の地質調査業協会、各県立図書館等に約700部を5～6月を目処に発送致します。

広報誌は、協会員のみならず読者の皆様のご協力に支えられております。今後とも皆様方のご意見を反映し、より開かれた協会をめざして広報活動をおこなって行きたいと思っております。皆様方のより一層のご支援、ご指導を賜りますようお願いいたします。

## 研修委員会報告

委員長 伊藤 重和

研修委員会は昨年度に引き続き協会の技術力向上のための技術研修会や安全衛生教育を目的として積極的に活動しております。また今年度はより一層、協会各位のニーズに応えるために研修会・講習会につきましてアンケートを実施し、皆様のご意見を委員会活動に反映させるよう努力しております。

そのアンケート結果に少し触れさせていただきますと、例年一泊二日で実施している現場研修会での内容についての希望は多い順に（括弧内は回答社数）、1.地すべり(20)、2.廃棄物処理場(15)、3.大深度地下開発(15)、4.活断層(13)、5.崩壊・土石流(12)となっております。

また机上での講習会の希望といたしましては同じく多い順に1.土壌・地下水汚染等に関する調査・解析(21)、2.のり面・地すべりに関する調査・解析(14)、3.CALS/EC関連(13)、4.耐震に関する調査・解析(12)、5.物理探査技術の講習会(11)となっており、概して防災や環境関連に関心が高い傾向が見られました。

また安全衛生教育に関しましては自社での教育には限界があるとの意見が多く、ボーリングマシンの特別教育講習会は是非協会で開催してほしいとの要望が高いことがわかりました。

これらの結果も踏まえながら今年度は当初計画として4つの計画を立て事業を進めてきました。まず4月には全地連が前年度末に各地で実施されました「地質調査業者のための経営革新講習会」を開催しました。これは業界を取り巻く大変厳しい環境の中で、新市場開拓や企業連携の方策に関する講習会で、新しい市場として土壌・地下水汚染問題への取り組みや宅地地盤調査分野への取り組みについて勉強しました。

二つ目として5月に静岡方面への現場研修会

を実施しました。サブタイトルは「東海地震発生のメカニズムと予知の現状並びにフォッサマグナ周辺の断層及び崩壊地見学」とし二日間にわたり有益な現場研修が実施できたと思っております。現場研修会の詳細につきましては、別途参加者による2編の報告がありますので、そちらを参照していただきたいと思っております。

次に三つ目としてボーリングマシン特別教育講習会を9月に実施し74名の参加者をもって無事終えることができました。

そして四つ目として、年が明け1月の新春技術者懇談会ですが、今年は今古屋大学より福和先生をお迎えし「巨大地震を前にして建築の備えは十分か?」と題しての講演会と恒例の懇親会を開催しました。懇親会は、福和先生を交え各協会の経営者層や技術責任者の方々との活発な意見交換の場となりました。

なお研修委員会の当初の計画外ではありましたが、全地連が各地区協会にCALS/ECキーマンを育成し、そのキーマンを講師とした講習会を地区毎に実施するとの計画に沿い、新春技術者懇談会と同日で「CALS/ECに関する実習・講習会」を開催しました。国土交通省や都道府県等がCALS/ECへの早急な対応を求めている状況下、協会員からも希望が多いこの講習会がタイムリーに開催でき良かったと思っております。この場をお借りし全地連のリーダーシップと厳しいキーマン教育を受け、汗を流していただいた講師陣に感謝申し上げます。

最後になりますが、このような委員会活動の趣旨を常にご理解いただきご尽力いただいております委員及び関係者各位に心から感謝いたしますとともに、引き続き皆様の強力なご支援とご協力を賜りますよう心からお願い申し上げます、委員会報告とさせていただきます。

## 総務委員会活動報告

委員長 下川 裕之

任期2年の総務委員会活動は、この3月で後半年度が終了しました。ここ2年間の活動で特筆すべきは、全地連所属の各地区協会の先頭を切って、「中部地方整備局との意見交換会」を連続して実施したことでしょう。これは偏に同局のご理解とご指導を賜ったことが有意義な意見交換会を実現させたもので、企画部長を始めご出席各位、並びに開催に向けてご指導を頂いた企画部技術管理課長、同課の皆様には厚く御礼申し上げます。

議事の内容は、会員各社へ送付されており、本号で馬場副理事長の報告が掲載されていますので重複を避けます。

次に、親睦を目的とした行事について少し言及しておきます。残念ながら本年度も参加人数の減少が見られました。ここ数年のこの減少傾向に歯止めがかからないのは、やはり厳しい受注環境に原因があると思われます。曰く、「景気が悪いのに、こんなことに参加している場合か」ということでしょうか。行事の果そうとする役割を考えると、開催の是非とともに、現行の開催方法の改善を図る必要があるかも知れません。参考までに過去3年間の行事への参加実績を表.1～.3にまとめておきました。これについては年度末までの議論をまとめ、来年度の新総務委員会に申し送ります。

表一1 ボウリング大会

	参加者数	参加会社数
平成12年度	117	30
平成13年度	114	30
平成14年度	72	21

表一1 ゴルフ大会

	参加者数	参加会社数
平成12年度	27	27
平成13年度	28	28
平成14年度	23	23

表一1 麻雀大会

	参加者数	参加会社数
平成11年度	44	23
平成12年度	40	25
平成13年度	38	28

最後に、総務委員会として協会活動について触れておきます。平成13年度に常設委員会の組織改変が行なわれ、その意図に沿って各委員会が活動を行なってきました。これらの活動の過程で、新たな市場対応の処理など個々の委員会活動だけでは有機的な展開が図れないことの問題点も見えてきました。例えば、「土壌汚染対策法」施行（平成15年2月）を直前にして、まずは「指定調査機関」となるための申請、地質調査技士における「土壌・地下水汚染部門」認定講習が慌しく行なわれました（全地連も業界の市場確保に全力をあげています）。しかし、一方でこの市場について地区協会として何処まで情報を得られたか、その情報を何処まで提供できたかとなると甚だ心許無いものでした。これらの反省に立って総務委員会は、その果すべき役割の再点検、さらには結果的に一部の委員会に偏った作業負担の是正、そして安全作業への取り組みの始動などの議論を行なっていきます。

末尾ながら、この2年間の委員会活動に対して頂いた会員各位のご支援に、心より感謝申し上げます。

## 登録検定委員会報告

委員長 佐藤 安英

登録検定委員会は、地質調査技士資格に係る講習会及び検定試験の企画運営を任されています。

委員は、昨年度と同じメンバーによる8名でしたが、うち1社が任期半ばにして協会を脱会されたことにより、7名により運営を余儀なくされました。しかし全委員が一丸となり、多忙の中にあっても時間を割き、粉骨砕身して頂くなどして、事無く本年度の仕事を完遂できたものと深く感謝いたしているところであります。

地質調査技士資格は、平成12年度末を以って建設大臣認定を取り消され、民間資格になりました。

これを受け、全地連の技術委員会を中心として、資格の内容の見直しと新たな調査分野に対応できる資格を検討した結果、本来の地質調査技士資格は、平成15年度の試験より「現場調査部門」と「現場管理部門」の2つに分類され、新たに『土壌・地下水汚染部門』を新設する方針が8月の全地連の役員会で決定され、「地質調査技士資格検定試験規定」の改定に至りました。

このため、本委員会の業務は、「地質調査技士資格検定試験受験者講習会」、「地質調査技士資格検定試験」及び「地質調査技士登録更新講習会」に加え、「地質調査技士、土壌・地下水汚染部門」の認定講習会の開催準備と運営という新たな仕事が発生いたしました。

認定講習会は全地連の技術委員会及び検定委員会主導で実施されるもので、地区協会側としては日程と会場の決定と、ごく限られた手伝い程の作業ではありましたが、他の地区協会における講習会との重複や講師陣のスケジュールなどとの調整から、急遽11月19日～20日の2日間、愛知県産業貿易館西館9階の大会議室において

開催する運びとなりました。受講者は受講希望者431名に対して185名でした。多くの希望者に対して未受講者がでことは、全地連において認定講習受講希望者の数の把握がまるっきりできず、見込み違いによるものでありますが、受講ができなかった方々には、此处で深くお詫びするものです。未受講者は、来年5月13・14日に予定している平成15年度の認定講習会に、優先的に受講できるよう配慮する所存でありますのでご了承ください。

さて、7月6日に実施された平成14年度の中中部地区の「地質調査技士資格検定試験」は、受験応募者161名に対し、試験完了者が156名で、合格点は134点以上の55名(合格率約35%)でした。因みに全国における合格点の偏差値は53.86、合格率は37.1%でした。合格者は受験完了者全1,791名に対し、664名でした。受験者はここ3年間ほぼ250名前後で減少して推移しており、当業界が若干縮小傾向にあることを物語っているように感じられます。

この傾向は、11月14・15日に開催した「地質調査技士登録更新講習会」が、更新対象者が199名に対し、申込者が172名であることから感じ取られます。この更新講習会は、6月末に開催した「地質調査技士資格検定試験受験者講習会」と同じ熱田区六番町に所在する〈名古屋市工業研究所〉の1階ホールにて開催いたしました。

来年度は、改選に当たり、新しい委員長のもと新委員で運営されます。

現場調査或いは事務所でレポートをまとめられている地質調査技士の方々の益々のご活躍を祈念して筆をおくこととします。

## 積算委員会報告

委員長 井戸 忍

### 1. 『陳情書』から『要望書』へ

平成14年度の発注機関に対する陳情活動は、平成14年5月から6月の間に実施しました。

陳情の際には、その時々のお願い事を文書にして持参しますが、文書の表題は永年『陳情書』と書かれておりました。この表題を、平成14年度から『要望書』に変更しました。

『国語大辞典』（小学館発行）によれば、「陳情」とは、【①上位の者の好意を期待して、心情を述べたり、事の次第を訴えたりすること。】とあり、「要望」とは、【物事の実現をもとめ、強く期待すること。】とあります。

「陳情書か要望書か」の議論は積算委員会や役員会で何度も行い、いろいろな意見が出ましたが、より柔軟い表現にして受け取っていただきやすくすべきであること、『要望書』とする団体が多いこと、等の結論から今回の変更となりました。

何れの表題であっても、「地質調査を的確な計画で、妥当な数量を、経験豊富な専門業者にお任せいただく事が、建設事業のトータルコスト縮減への近道です。地質調査業界をよろしく御願い申し上げます。」と言う趣旨に変わりはありませんので、今回の表題変更で担当者が提出しやすくなったのではないかと思います。

### 2. 積算資料の改訂

平成14年度は、『全国標準積算資料』（工事編）の改訂版が発行されました。

この本は、ボーリング関連業界において『青本』と呼ばれている資料集で、昭和47年の初版以来、改訂を重ねてきたものです。今回の改訂版は平成9年度版に続くもので、今回の改訂版から「工程のフローチャート・作業手順・機器

の配置図・標準積算方法」を内容とする「資料編」をCD-ROMにして添付しております。

『青本』の内容をその目次から拾うと、

- 第1章 総則編
- 第2章 共通仮設編
- 第3章 グラウト工事編
- 第4章 大口径工事編
- 第5章 アンカー工事編
- 第6章 集水井工事編

の6章から出来ており、それぞれに説明図や積算例を掲げております。

専門工事業の各協会も積算資料を発行するようになり、また『国土交通省土木工事積算基準』が発行されるに及んで、『青本』の利用価値も低下しましたが、ボーリング機械を使用する工事について『青本』ほどきちんとまとめられている本はありませんので、捨てがたい資料です。

地質調査専門の会員の中には「青本を見たことがない」という声も聞かれますが、調査結果から施工方法を検討する場合や、施工方法を顧客に説明する場合などにお役に立てるのではないかと思います。

見たことのない方は、協会の事務局で是非一度ご覧になって下さい。

なお、販売価格は、1部4,200円(税込み)です。平成15年には『全国標準積算資料（土質調査・地質調査）』の改訂版が発行されます。

通称『赤本』と呼ばれるこの資料は、『青本』よりももっと以前の昭和40年から発行されているもので、地質調査のほとんどすべてについて積算が出来るようになっています。

今回の改訂では、報告書作成の項で『電子納品』が追加され、別冊であった『海上調査編』が合本されます。また、この『赤本』にもCD-ROMが添付されることになっております。

この『積算委員会報告』をご覧になる頃には、すでに改訂された『赤本』による積算作業が行われていることと思います。

ご活用いただけることを期待しております。

## 防災委員会報告

委員 西田 寿郎

平素は、協会の推進業務に格別なご協力を賜り厚く御礼申し上げます。

去る、9月3日(火)におこなわれました。平成14年度防災訓練におかれましては、会員皆様の御参加をいただき無事終了しました事を御報告し御礼申しあげます。

防災訓練対策本部 出席者

本部長	加藤 辰昭		
副本部長	馬場 干児		
幹事	伊熊 俊幸	杉森 亮二	
	井戸 忍	佐藤 安英	
防災委員	西田 寿郎	野口 敦庸	
	鈴木 脩司		

以上9名

経過報告

1.訓練日 平成14年9月3日(火) A.M～

2.訓練内容

8:00	防災委員 集合 協会会議室
8:30	本部長 副本部長 各幹事 集合 協会会議室
8:45	地震警戒宣言発令
9:15	地震発生

当日、上記の予定で進む筈であったが、整備局側の都合によりおくれる。

10:15 整備局地震対策本部より電話にて、当協会防災対策本部に「本部設立確認」の連絡があり、設立終了の返事をすると同時に静岡県中部を震源地とする震度7の地震が発生した旨を伝えられる。当対策本部はその要旨を受け、各ブロック班長へ機械、技術動員を作成、提出を依頼する。

10:25 各ブロック班長より対策本部に動員表

のFAXが入り集計した上で、「整備局地震対策本部」にFAXにて連絡する。

11:00 終了確認の為「整備局地震対策本部」に連絡し了解を得た上で当協会対策本部を解散する。

14:00 中部地方整備局企画部企画課の事務方より当協会に御礼の電話が入る。

過日(9月9日(月))整備局企画部企画課へ御礼挨拶。

藤田防災環境専門官 当日不在

山下防災対策官「今後、局内で防災の件に関し当協会にお知恵拝借するかもしれないが、その時はよろしく頼みたい」との言葉があった。

3.反省点

- ①.局側の都合とはいえ、緊張感の持続が難しかった。
- ②.連絡の取れない会員への対策。
- ③.協会専用の保安帽の必要性。

平成14年9月10日

## 技術研究委員会報告

委員長 伊熊 俊幸

平成13年度に組織が改訂され、新たに技術研究委員会としてスタートを切って2年目を迎えました。本委員会は以下のメンバーで構成されております。

委員長： 伊熊俊幸

(株式会社 ダイヤコンサルタント)

副委員長： 宮下高昭

(株式会社 帝国建設コンサルタント)

委員： 石川彰 (興亜開発株式会社)

委員： 梅村逸雄

(株式会社 キンキ地質センター)

技術研究委員会が担当している主な内容としては以下の4項目です。

- ①会員各社の技術力のレベルアップを目的とした技術研究の促進
- ②地盤工学会中部支部および日本応用地質学会中部支部の諸行事への共催
- ③(社)全国地質調査業協会連合会「地質と調査」の拡大編集委員会への参画
- ④地質調査技士関連講習会への講師派遣  
今年度における具体的な活動状況について順を追って紹介します。

毎年6月に開催されていますが、地盤工学会中部支部、建設コンサルタンツ協会中部支部および当協会で開催する「調査・設計・施工技術報告会」も本年で第11回を迎えました。今回も協会会員会社から3編の論文を投稿しました。本論文集は査読者によるチェックもきちんと行われており、年を追うごとに論文の質も高まっています。また、今年度は(株)東海東京調査センター顧問の今枝真人さんに「中部経済の展望」と題して特別講演をお願いしました。

今年度からは会員各社の技術力向上を図る目的として、地盤防災に関連したGIS技術を勉強していくこととしました。そこで、地盤工学会中部支部の若手技術者の会とも連携をとりながら、地盤防災GIS研究発表会を開催することを決め、平成14年10月18日に中部大学技術文化専門学校の大ホールをお借りして、第1回目の研究発表会を行いました。40名の参加者があり、基調講演を始め、学会、協会それぞれから論文を発表頂き、若手技術者の活発な討論もあり、GISに対する関心の高さが伺え盛会でした。また、研究発表会に先立ちWGのミーティングも開催しました。WGを設立した趣旨としては、①WGメンバーのGISに関する知識の向上と、②協会員、学会員へのGISに関する技術の普及ならびに広報により、全体の底上げを目的としています。とりあえず、世話人メンバーでWGをスタートさせましたが、現在、会員会社から広くWGメンバーを公募しておりますので、GISに取り組んでみたいと思っている若手技術者の参加を大いに歓迎します。なお、第2回目の地盤防災GIS研究発表会は平成15年2月～3月に開催を予定しており、現在その準備を進めております。話題をお持ちの方の発表を期待しています。

11月14日～15日には地質調査技士登録更新講習会が開催され、技術研究委員会担当の副理事長による「中部(濃尾地域)のジオハザードとジオドクターとしての役割」と題した講義と技術研究委員長による「土質ボーリングに係わる基礎技術のレビュー」の講習を担当しました。

11月22日には日本応用地質学会中部支部の研究発表会・講演会が開催され、協会も共催という形で参画しました。この研究発表会では連名分も含め、協会メンバーから3編の論文が発表されました。なお、特別講演では名城大学教授の牧野内先生に「中部国際空港海域の地質と東海層群」と題して、現在建設が急ピッチで進んでいる中部国際空港の基礎地盤、海域での伊勢

湾断層などタイムリーな話しを聞くことができました。翌日は知多半島で空港島の基盤となっている常滑層を見学後、PR館（セントレア館）で空港建設状況の説明を受け、専用バスにて空港島へ上陸し、建設状況を見学しました。

全地連拡大編集委員会は11月22日に開催されましたが、技術研究委員長が出席し、「地質と調査」に取り上げるテーマ、40周年記念特集号に対する提案などについて中部協会としての意見を述べました。

12月に入り、愛知県の新城・設楽建設事務所、西三河建設事務所から中部協会あて要望がありました、県の土木職員を対象とした地質、土質に関する技術研修会について、内容、日程などを検討しました。本研修会は、性質上、愛知県協会技術委員メンバーが中心となって対応していくこととなり、技術研究委員会としては、この活動を側面から応援していくことにしました。

当委員会としては、各委員のノウハウを出し合って、他の委員会（特に研修委員会）とも密接に連携しながら、協会としての技術力向上や中部地区での各発注機関の方々への高度なかつ高品質の調査技術を提供し、さらに研究活動を通じて新技術の普及にも寄与していきたいと考えています。





## ホームページ・トピックス

広報委員会・ホームページWG 渡辺 博文

### 協会の概要

協会組織・名簿  
中部協会の案内図  
中部協会の仕事

### 地質調査業とは？

地質調査の目的・役割  
中部地方プロジェクト

### 技術資料

濃尾の地盤  
フォーラム優秀賞の紹介  
地質・防災・環境Q&A

### 出版物の紹介

「土と岩」目次  
40周年記念誌

### リンク集

新着サイト情報紹介

### 会員のみなさまへ

講習会・研修会のご案内  
協会・各委員会ニュース  
年間行事予定

県支部情報  
資格取得コーナー  
地質見学スポット  
協会員の紹介

### お問い合わせ

FAQ

HOME

## 中部地質調査業協会



●当協会のホームページの作成・更新作業は下記の委員の方が中心になって定期的に行っております。今まで、協会員の皆様に協会行事や各委員会活動状況をお知らせするとともに、時節の話題を取上げたり、一般の皆様にも地質調査業に対する理解を深めて頂き、業界のイメージアップを図って参りました。また、新たに「県支部情報」「資格取得」「協会員の紹介」コーナーを設け、情報提供のより充実を図っています。技術士や地質調査技士の資格取得、あるいは協会員の紹介コーナーへの皆様からの情報提供をお待ちしております。

一般の皆様からの問い合わせは、土地の取得や建物の新築に際して該当する地域の土地条件図を調べたいとの内容が多くあり、名古屋地域の土地条件図が閲覧できるように対応致しました。また、土壤汚染対策法に関したのも幾つかあり、災害関連と併せて最新の情報提供に対応していきたいと考えております。さらに、来年度からは建設CALIS/ECもいよいよ本格化してまいります。今後は、中部におけるこれらの動向にも注目していくとともに、話題性のある特集企画等も検討していく予定です。

一般および協会員の皆様方に親しまれて、お役に立てるような内容にしていきたいと思っておりますので、是非ご意見をお寄せ下さい。今後は、広報委員会を始めとして各委員会の窓口としての活用も期待しております。

協会HomePage URL <http://www.i-chubu.ne.jp/cb-gsea/>

Emailアドレス [cb-gsea@mb.i-chubu.ne.jp](mailto:cb-gsea@mb.i-chubu.ne.jp)

### 【ホームページWGの委員構成】

リーダー 渡辺 博文 (株)東京ソイルリサーチ

サブリーダー 矢野 泰孝 (株)アオイテック

委員 内山 博賀 川崎地質(株) 佐藤一二美 応用地質(株)

委員 瀬古 卓弘 東邦地水(株) 新実 智嗣 (株)応用地学研究所

委員 松井 有子 朝日土質(株) 若宮ひとみ 富士開発(株)

# 「土と岩」50号

## 読者アンケート結果

### 広報宣伝委員会

#### 1. はじめに

アンケート調査は、「土と岩」の掲載内容や編集方針について、読者各位のご意見やご希望をお聞きし、本誌をより充実した「会誌」にすることを目的として、No.45より開始され今回で6回目となります。

今回の発送数は587であり、前回よりも少なくさせていただきました。

表-1に示すように、発送数が少なくなったこともあり回答数は前回より減少しました。回答率は11.0%から13.1%へと2.1ポイント上がりましたが、低い回答率となっています。

表-1 経年アンケート回答数

	発送数	回答数	回答率(%)
No.45	754	50	6.6
No.46	651	73	11.2
No.47	635	77	12.1
No.48	615	101	16.4
No.49	754	83	11.0
No.50	587	77	13.1

表-2 機関別アンケート発送数および回答数

	発送数	回答数	回答率(%)
国官公署・公団・学校関係	152	25	16.4
愛知県・同縣市町村等	144	9	6.3
岐阜県・同縣市町村等	80	8	10.0
三重県・同縣市町村等	82	3	3.7
地区協会・試験組合等	20	7	35.0
中部地質調査業协会会员等	94	17	18.1
関連学会関連協会図書館等	15	8	53.3
合計	587	77	13.1

発送数 587  
回答あり 77  
回答なし 511

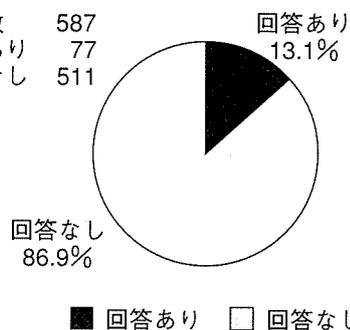


図-1 アンケート回答率

#### 2. アンケート発送先と回答数・回答率について

機関別の発送先、回答数、回答率は表-2に示すとおりです。

回答数は、減少した機関が多い中、「地区協会・試験組合等」が前回の5通から7通へとわずかですが増えました。

回答率は、発送数が少なくなったこともあり、概ね前回と同程度でした。

なお、「関連学会・関連協会・図書館等」は、建設コンサルタント協会、東海三県の各測量設計業協会、地盤工学会などの学会、東海三県の県図書館などの機関で、今回新たに発送させていただきました。この「関連学会・関連協会・図書館等」の回答率は53.3%と高い状況にあり、大きな関心をいただいたものと考えております。

### 3. アンケート調査集計結果について

アンケート調査は、No.50「土と岩」の読者アンケートとして、はがきにて回答を求めたもので、設問の内容は以下の4点です。

設問1. 「土と岩」50号について、特に印象に残った記事・論文。

設問2. 「土と岩」50号について、技術的に参考となった記事・論文。

設問3. 今後の発刊に対するご意見。

設問4. その他

回答数における設問別の回答数は下表のとおりです。

表-3 アンケート回答数における設問別回答数

回答数	設問1	設問2	
	77	52 (67.5%)	44 (57.1%)
		設問3	設問4
		24 (31.2%)	17 (22.1%)

設問別のアンケート結果の内容は以下にまとめます。

#### ■設問1. (特に印象に残った記事・論文)

特集記事の回答が34 (回答率は65.3%) と多く、自然災害への関心が高いことを表しています。

この回答の内訳は「プレートの沈み込みと東海地方の地殻変動異常」が16、「東海豪雨から一年を経過して」が13、「土砂災害防止法の施行にあたって」が5となっています。

技術論文は「大規模第三紀層地すべりにおける機構解析」が2、「樋門、樋管周辺の点検について」が2、「地下レーダーの探査条件拡大の可能性」が1、また、特別寄稿「中部地質調査業協会の思い出」が2、覆面座談会「現状認識と愛着」が8、散文「濃尾平野周辺の温泉事情」への回答が10ありました。

#### ■設問2. (技術的に参考となった記事・論文)

5編の技術論文が掲載され、全般に興味が表示されているようです。また、特集記事の3編への回答がありました。これらのうち、技術論文「樋門、樋管周辺の点検について」と特集「プ

レートの沈み込みと東海地方の地殻変動異常」への回答が多くありました。

#### ■設問3. (今後の発刊に対する意見)

「今後の発刊に対する意見」として多くのご要望をいただきました。これらを整理すると次のようになります。代表的なご意見もあわせてご紹介します。

##### ①新しい技術, 工法について

- ・新しい工法・事業の記事
- ・新技術に関して大いにPRして欲しい
- ・現場技術・工法等の進展

##### ②災害, 防災に関すること

- ・災害事例と災害要因についての記事
- ・地震の液状化についての特集
- ・東海地方の地質の特徴と土砂災害の事例
- ・我が国の歴史的災害や世界の歴史的災害を取り上げた特集
- ・東海地震について

##### ③中部地域に関すること

- ・愛知万博に関する記事
- ・伊勢湾の地盤に関する記事・論文
- ・東濃地域の活断層の記事

##### ④技術論文の充実

- ・技術論文のみは、年2回発刊して欲しい
  - ・業界外の研究者等による投稿が増えるとよい
- なお、中部地域の防災災害についてなど重複したご意見もみられます。

この他に、

- ・業務を少し離れて広い視点で楽しい散文を今後も期待
- ・覆面座談会のように業界の問題点を提起して討論する試みは新鮮
- ・若手技術者や営業マンの思いの記事
- ・常設委員会報告は協会の動きがわかり続けて欲しい

など様々なご意見・ご要望をいただきました。

#### ■設問4. (その他)

- ・地盤調査に関する入門講座の様な連載
- ・各県（愛知岐阜三重その他）の特徴的な地形と産業、地質と生活について
- ・技術士試験に役立つ用語の解説および話題

などの今後の発刊に対する要望がありました。

また、50号15ページの図4で縦軸の標尺数値が消えているとのご指摘がありました。

広報委員会一同、この場をお借りして、読者ならびに著者に対し深くお詫び申し上げます。今後このようなことのない様、十分注意して編集作業に取り組む次第です。

#### ■最後に

読者の多くは中部地域で業務を携わっている方のように、この地域に関する記事や論文に関心が高いことがわかりました。また、災害や防災に関することへも関心が高く、今後も重要な業務の一つとなることが感じとれます。

アンケート結果は、読者の方々からの貴重な資料であり、今後もさらに「土と岩」が充実した内容となるよう、努力していきたいと考えています。

最後に、アンケート調査にご協力していただいた各位に対し、深く感謝いたします。

(広報委員・森下康之)



## 中部地質調査業協会会員名簿

会社名	代表者	住所	電話番号
(株)アオイテック	小川 博之	名古屋市北区上飯田南町2-45-1	052-917-1821
青葉工業(株)名古屋支店	井戸 忍	名古屋市北区黒川本通4-32-1	052-915-5331
朝日土質(株)	大橋 英二	岐阜市須賀4-17-16	058-275-1061
(株)飯沼コンサルタント	飯沼 忠道	名古屋市中村区長戸井町4-38	052-451-3371
(株)応用地学研究所名古屋支店	小野田義輝	名古屋市東区相生町30	052-934-2321
応用地質(株)中部支社	渋谷 雅良	名古屋市守山区瀬古東2丁目907	052-793-8321
川崎地質(株)中部支店	浅田 延正	名古屋市名東区高社1-266 ラウンドスポット一社ビル	052-775-6411
(株)キンキ地質センター名古屋支店	梅村 逸雄	名古屋市昭和区雪見町1-14	052-741-3393
基礎地盤コンサルタンツ(株)中部支社	西垣 好彦	名古屋市西区菊井2-14-24	052-589-1051
(株)岐阜ソイルコンサルタント	佐藤 一彦	岐阜市下奈良2-5-1	058-277-6813
協和地研(株)	駒田 貞夫	松阪市郷津町166-8	0598-51-5061
計測地質(株)	北川 満	津市美川町3-6	059-227-9005
興亜開発(株)中部支店	石川 彰	名古屋市天白区原2-2010	052-802-3121
(株)興栄コンサルタント	小野 優	岐阜市中鷯4-11	058-274-2332
国土防災技術(株)名古屋支店	伊藤 英男	名古屋市千種区今池5-1-5 今池ビル	052-732-3375
サンコーコンサルタント(株)名古屋支店	水藤 政勝	名古屋市中村区椿町21-2 第2太閤ビル	052-452-1651
(株)栄基礎調査	鈴木 修司	名古屋市守山区本地が丘1702	052-779-0606
三 祐 (株)	石黒 亢郎	名古屋市中村区名駅南1-1-12	052-563-5541
(株)シマダ技術コンサルタント名古屋営業所	妹尾 俊美	名古屋市名東区つつじが丘609	052-773-9281
(株)新東海コンサルタント	二夕月清文	津市江戸橋1-92	059-232-2503
住鉱コンサルタント(株)名古屋支店	平野 義明	名古屋市中区千代田5-8-30 第一三英ビル	052-243-6750
西濃建設(株)	宗宮 正和	岐阜県揖斐郡揖斐川町三輪1159-8	0585-22-1221
(株)ダイム技術サービス	磯貝 洋尚	名古屋市昭和区向山町2-58-2	052-763-8400
(株)ダイヤコンサルタント中部支社	豊蔵 勇	名古屋市熱田区金山町1-6-12	052-681-6711
大成基礎設計(株)名古屋支社	田上 博彰	名古屋市中区伊勢山1-1-1	052-323-3611
(株)大星測量設計	朝倉 邦明	名古屋市緑区大高町字東正地69-1	052-623-1287
(株)大和地質	大久保 卓	名古屋市中川区八剣町4-28-1	052-354-5700
玉野総合コンサルタント(株)	前田 晋	名古屋市中村区竹橋町4-5	052-452-1301
地質工学(株)名古屋営業所	尾尻 敏彦	名古屋市北区御成通1-4	052-981-2131
中央開発(株)中部支店	酒川 和男	名古屋市中村区牛田通2-16	052-481-6261
(株)中部ウエルボーリング社	佐藤 安英	名古屋市千種区東山通5-3	052-781-4131
(株)帝国建設コンサルタント	篠田 徹	岐阜市青柳町2-10	058-251-2176

会 社 名	代 表 者	住 所	電 話 番 号
(株) ト ー エ ネ ッ ク	山田 久雄	名古屋市港区千年3-1-32	052-659-1205
東 海 ジ オ テ ッ ク (株)	杉浦 市男	豊橋市明海町33-9	0532-25-7766
(株) 東 海 環 境 エ ン ジ ニ ア	鈴木 誠	名古屋市中川区尾頭橋3-3-14	052-331-8121
東海地質工学(株)名古屋支社	森下 康之	名古屋市中村区剣町243	052-413-6231
(株)東京ソイルリサーチ名古屋支店	市川 巧	名古屋市中村区名駅3-9-13 MKビル	052-571-6431
(株)東建ジオテック名古屋支店	都留陽次郎	名古屋市南区笠寺町字迫間9-2	052-824-1531
東 邦 地 水 (株)	伊藤 重和	四日市市東新町2-23	0593-31-7315
南 海 カ ツ マ (株)	勝真 浩一	熊野市井戸町4935	05978-9-1433
(株)日さく名古屋支店	村澤 利秋	名古屋市中川区富田町大字千音寺東尼ヶ塚117-2	052-432-0211
日 特 建 設 (株) 名 古 屋 支 店	城戸 尚登	名古屋市中村区名駅3-21-4 名銀駅前ビル	052-571-2316
日本基礎技術(株)名古屋支店	大江 信夫	名古屋市中村区亀島2-14-10 フジ・オフィスビル	052-451-1680
日本地質コンサルタント(株)	伊藤 邦昭	岐阜市日光町7-27	058-297-1200
日本物理探鑛(株)中部支店	下川 裕之	名古屋市中村区並木2-245	052-414-2260
富 士 開 発 (株)	加藤 辰昭	名古屋市千種区唐山町3-30	052-781-5871
復建調査設計(株)名古屋支店	曾我 祐人	名古屋市東区葵1-26-12 一光新栄ビル	052-931-5222
松 阪 鑿 泉 (株)	岩本 倣和	松阪市五反田町1-1221-5	0598-21-4837
(株)松原工事事務所	野口 敦庸	名古屋市天白区植田山3-1806	052-783-7201
松 村 工 業 (株)	松村多美夫	岐阜市藪田東1-6-5	058-271-3912
丸 栄 調 査 設 計 (株)	川口 勝男	松阪市船江町1528-2	0598-51-3786
村 木 鑿 泉 探 鉱 (株)	村木 秀之	名古屋市熱田区西野町1-2	052-671-4126
明治コンサルタント(株)名古屋支店	片平 宏	名古屋市名東区藤森2-273	052-772-9931
名 峰 コ ン サ ル タ ン ト (株)	原 紀男	名古屋市西区市場木町64	052-503-1538
大 和 開 発 (株)	金子 達夫	岐阜県郡上郡大和町剣971-1	0575-88-2199
(株)ヨコタテック名古屋支店	川上 正昭	名古屋市中西区那古野1-15-18	052-565-9252
ライト工業(株)名古屋支店	小林 政二	名古屋市中村区畑江通4-22	052-481-6510



## 賛助会員名簿

会社名	代表者	住所	電話番号
旭ダイヤモンド工業(株)名古屋支店	富塚 俊介	名古屋市守山区鳥森町4-74	052-483-5121
(有)カノ名古屋販売	上形 武志	名古屋市緑区大高町字丸の内73-1	052-621-7059
(株)神谷製作所	神谷 仁	埼玉県新座市馬場2-6-5	0484-81-3337
澤村地下工機(株)	澤村 忠宏	名古屋市東区新出来1-9-22	052-935-5516
田辺産業(株)	田辺 誠	名古屋市守山区小六町9-21	052-793-5161
東邦地下工機(株)名古屋営業所	住友 信二	名古屋市守山区脇田町1513	052-798-6667
名古屋ケース(株)	伊藤 正夫	名古屋市熱田区桜田町5-5	052-881-4020
(株)マスダ商店	増田 幸衛	広島市西区東観音町4-21	082-231-4842
松下鋳産(株)	松下誠一郎	名古屋市昭和区車田町1-38	052-741-1321
(有)ワイビーエム名古屋販売	丸山 敏雄	名古屋市天白区菅田1-1208	052-804-4841

### 編集後記

立春とは名ばかりの、一年で一番寒く感じる季節、如月の名がやはり一番そぐわしい季節の中で編集後記を書いております。

景気の停滞というより経済活動そのものの縮小とも言える時代に歩をあわせるかのように、前号編集時に比べまた2社協会員が減ってしまいました。構造的に建設業及び建設関連業は時代の要請にミスマッチしているのかもしれませんが。それでも「どっこいおいらは生きている」と志を示すのが当機関誌の役割であると自らを叱咤激励し51号を上梓致しました。

ここ数号に亘り継続しております、特集記事をどうするか広報委員が、ない智恵を絞り当51号は愛知県西部地域が東海地震の指定強化地域となったことを踏まえ、「地震防災」の特集記事を3編、官界で直接設計・監理の立場で携わっておられる名古屋高速道路公社の方や学会専門識者をお願いし掲載することができました。

2002年で2回目の開催となりました中部地方整備局との意見交換会の概要報告の中にも地震防災の話題が盛り込まれており、2002年度の若手技術者のための現場研修会でも、東海地震発生メカニズム、地震防災対策強化地域等のお話を学識経験者から聞くことができた旨報告されております。

1秒間に何テラフロップスの計算能力を持つスーパーコンピュータをもってしても確かな地震予知は、まだ無理の様です。リスク低減の様々なシステム、そのシステムを機能させる人間の叡智を組み合わせ地震被害が軽減できれば、すばらしいことです。またそのほんの一助を担うことができれば、私達の業界が標榜するジオコンサルタントとして参画できれば、そのアイデンティティを普段、地質調査業に縁遠い「パブリック」に知って戴けると、その様な思いも少しは込めております。

協会員自由課題による技術論文も5編を収め、社外発表の場として技術力だけでなく、構成する力を磨く機会ともなっているように思われます。

硬い内容の中でひときわ癒しの効果をもつ散文は今、テレビアニメにより小学生にも人気が出ております「囲碁」についてアマ4段の広報委員に書いて戴き、読者のコーヒーブレイクになればと思います。

協会からは、「防災訓練参加報告」(防災委員会)「常設委員会報告」「ホームページトピックス」「読書アンケート結果」の4編を収めております。最後に、ご多忙にも拘わらず、「土と岩」にご寄稿戴きました執筆者の皆様には心より感謝申し上げます。また、読者の皆様をお願いしますアンケートの忌憚のない御意見を基に、更に充実した誌面ができれば誠に幸甚に存じます。

広報委員会