

# 阪神・淡路大震災地盤改良調査報告書

(追補版)

社団法人 セメント協会



## 序に変えて

兵庫県南部地震は、大都市近辺で発生した活断層に関連したいわゆる直下型の地震であり、各地で最大規模の地震記録が計測されている。したがって、この地震による被害もきわめて著しく、高架の高速道路の倒壊に象徴されるように各種の構造物が壊滅的な被害を受けた。また、液状化現象や地滑り・斜面崩壊などの地盤災害も各地で発生している。

被害状況の調査は学術団体、個別企業や業界団体でも精力的に進められている。土木学会、建築学会、地盤工学会でも委員会を設置し、分野別のワーキンググループを作つて情報収集や現象の解析を進めている。

今般、(社)セメント協会ではセメント系固化材推進専門委員会のもとに阪神・淡路大震災地盤改良調査WGを組織し、被災地域においてセメント系固化材を用いて施工されていた改良地盤の被害状況調査を実施した。セメント系固化材を用いた地盤改良は、地盤改良の分類では化学的安定処理の中の固結工法にあたるが、効果が早期に得られることや高い強度に改良できるなどの特性から広く用いられつつあり、軟弱地盤の面的な表層・浅層改良や深さ方向への深層改良などに適用が盛んである。また、最近では建設発生土や建設汚泥の有効利用の観点からもセメント系固化材は注目されている。このように多くの使用実績があることから、兵庫県南部地震におけるセメント系固化材処理地盤上の建築物等の地震被害調査が計画されたものである。

今回、目視による外観調査が中心ではあるが93件の調査結果がまとめられた。調査対象は主として建築物であり、対象構造物が建設後10年以内のものがほとんどとなっている。埋立て地でも地盤改良を実施した駐車場では隣接する地盤と比較して被害が軽微であることが確認されている。また、改良地盤上の建築物などの上部構造物については、被害が認められないか、軽微なものが多く、不等沈下も認められていないことから改良地盤の大きな変状は生じていないものと考えられている。液状化防止工法としても深層混合処理工法による格子状改良の有効性が確認されている。

このような調査結果は、今後セメント系固化材による地盤改良を計画する上で貴重な資料となると考えられる。さらに、機会があれば改良地盤そのものに関する調査も実施されることを期待する。

セメント系固化材を用いた地盤改良工法は、軟弱地盤の支持力の増強や変形の防止のみではなく、液状化抑止を図る上でも有望な手法である。材料の改良と共に経済的に施工できる工法の検討も期待したい。

平成7年9月

監修 京都大学防災研究所  
教授 嘉門雅史

## はじめに

平成7年1月17日、淡路島北部、兵庫県南部において未曾有の被害を及ぼしたこの度の地震は、神戸市の一部で震度階7を記録し、多数の死者、負傷者を出した。また、今まで安全だと言われ続けてきた構造物が破壊するなど、大都市域を襲った地震としては前例にない規模のものであった。

今回、発生した地震の震源は淡路島北東沖で大都市に近く、直下型地震であったことが、壊滅的被害を及ぼした一因であると考えられるが、耐震設計の面でわが国は世界的にも優位に立つといわれてきただけに、関係者に衝撃を与えたのは言うまでもない。今回の地震では、個人住宅などの建築物をはじめ高速道路、鉄道網および港湾施設が壊滅的な被害を受け、地中埋設構造物のガス管、水道管などのライフライン施設にも被害があった。また埋立て地などでは基礎地盤に亀裂が発生したり、地下水面上の緩い砂質土に発生するとされてきた液状化現象が、今回まさ土による埋立て土層でも確認されたことが特徴的であった。

セメント系固化材による地盤改良が適用され始めてから20年近く経過し、適用範囲も拡大しており、震災地域における適用例も数多くあると考えられたため、セメント系固化材推進専門委員会では阪神・淡路大震災地盤改良調査WGを設け、改良地盤の地震による被害状況を調査することとした。

この調査報告が、セメント系固化材による改良地盤の地震に対する妥当な評価と、今後の震害対策に資することが出来れば幸いである。

最後に被災地の速やかなる復旧をお祈り申し上げます。

平成7年9月

セメント系固化材推進専門委員会  
阪神・淡路大震災地盤改良調査WG

## 目 次

1. 地震の概要	1
2. 対象地域の地盤特性	6
3. 地震による地盤災害	8
1) 液状化現象	8
2) 堤防の崩壊	10
3) 地すべり、斜面崩壊	11
4) 埋立て地の被害状況	13
4. セメント系固化材による改良地盤の地震被害調査の方法	15
5. 調査結果	18
1) 調査対象の特徴	18
a) 調査地域と件数	18
b) 施設、構造物別件数	20
c) 改良目的・用途	21
d) 施工時期	21
e) 地盤改良工法	22
f) 対象土	23
g) 目標強度	24
h) 深層改良長	25
i) 表層改良厚	25
j) 固化材の添加量	26
2) 被害状況	27
3) 周辺との比較による改良効果	28
6. 地震災害対策におけるセメント系固化材による地盤改良の現状と課題	31
1) 地盤強度の增加工法	31
2) 液状化抑止工法	32
3) 今後の課題	38
7. まとめ	39
資料-1 調査結果一覧表	41
資料-2 事例集	45
資料-3 関連新聞記事	57
資料-4 兵庫県南部地震被害状況報告（土木学会誌編集委員会作成）	63
8. 追 補	68



## 1. 地震の概要

日本で観測される地震の多くは、地殻プレートの境界でそれが発生し、その放出エネルギーに伴うものが大半を占めている。世界には10幾個ほどのプレートがあるといわれ、そのうち日本は4つの地殻プレートの境界上（太平洋、ユーラシア、フィリピン海、北米プレート）にあることからもプレート境界型地震が発生する可能性が高い。今回の地震は過去に地震の履歴のあるプレート内部の欠陥部（活断層）で生じたものであるといえる。活断層の分布の多さは、地域的に差があり、中部から近畿北部にかけて分布密度が大きい。全国には活断層がおよそ約2000余り存在しているといわれ、そのうち有名なものでは糸魚川～静岡構造線、中央構造線があり、中央構造線などは500kmにわたる規模で日本最大である。また近畿地域では六甲断層系、生駒断層系、有馬～高槻構造線、山崎断層系、花折断層系などがある。図1に過去に観測された地震と活断層を示すが、これより歴史的に近畿地方周辺でも直下型の地震が数多く観測されていることがわかる。

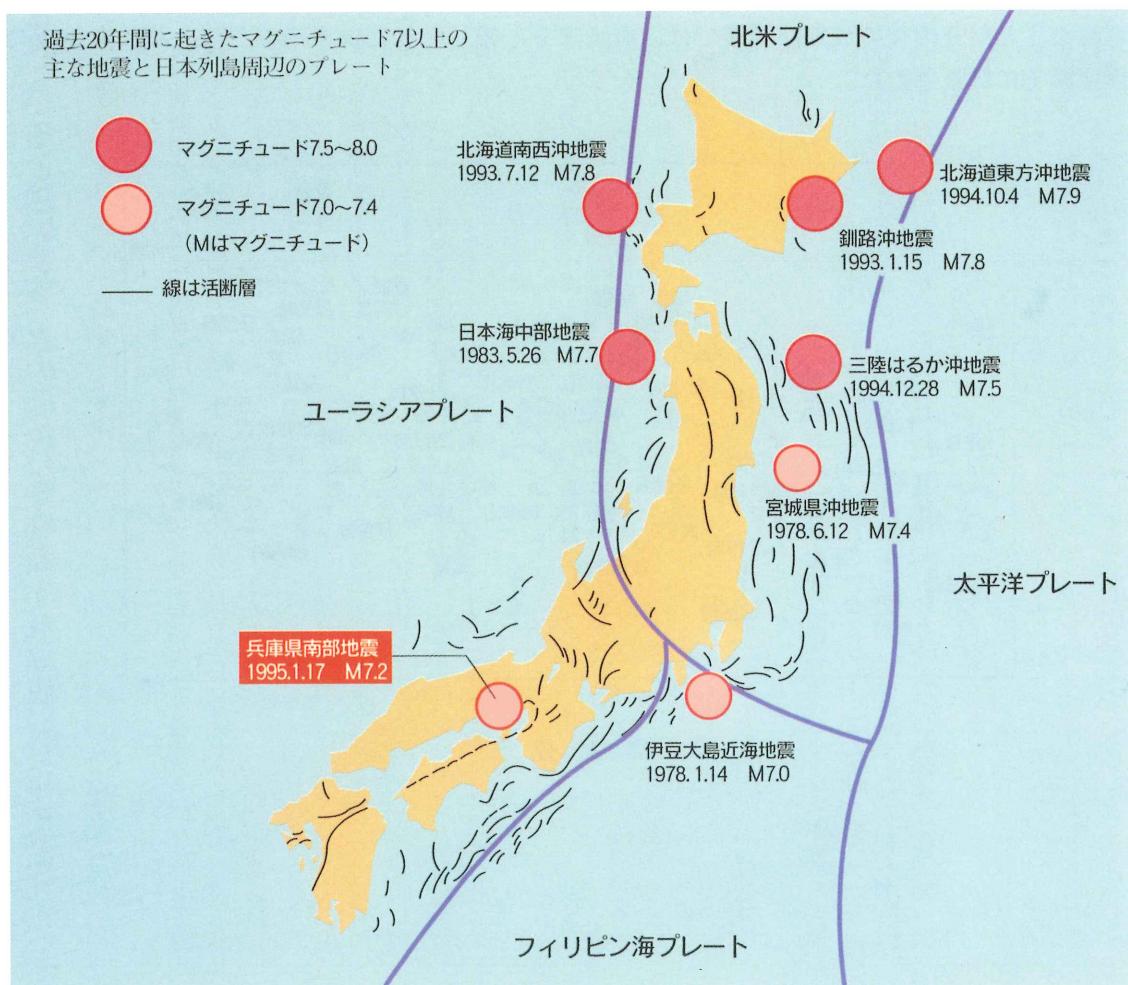


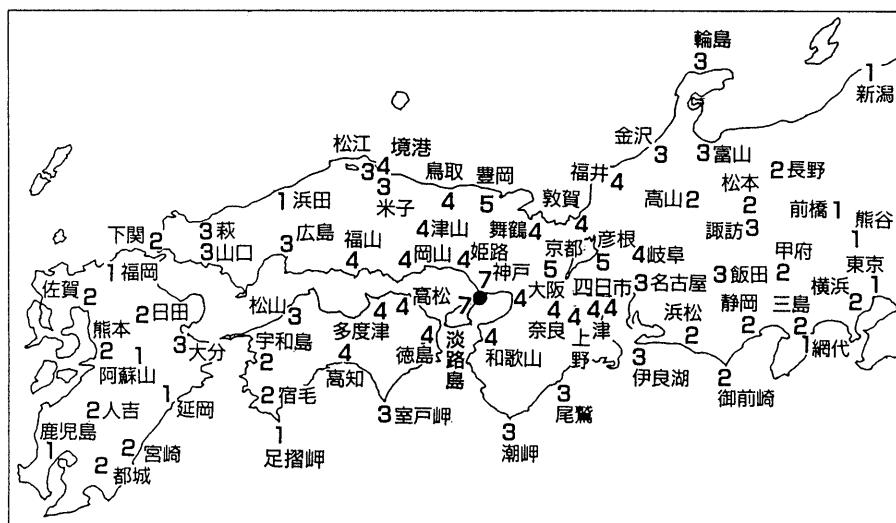
図1 過去20年間に起きたマグニチュード7以上の主な地震と日本列島周辺のプレート<sup>1)</sup>

今回の地震の諸元を表1に示す。震源は、明石海峡付近で深さ20kmと活断層の破壊に伴う地震の特徴で比較的、浅く直下型地震と言われている。

表1 地震の諸元

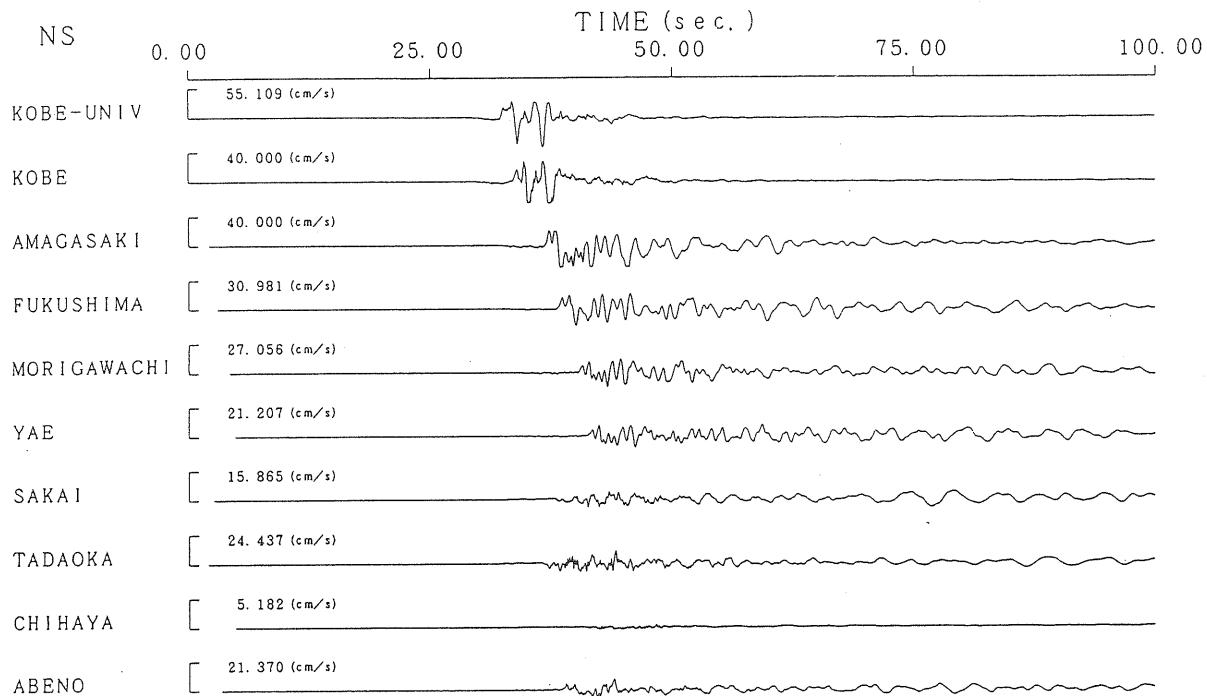
項目	諸元
発生日時	平成7年1月17日午前5時46分
震央	北緯36.6°、東経135.0°
震源	深さ20km
マグニチュード	7.2
最大水平加速度	833gal
最大鉛直加速度	507gal

図2に今回の地震で観測された震度分布図を示す。これより新潟から鹿児島にわたる広域で観測されたことがわかる。震源に近い各地の震度は、神戸市、淡路島で震度階6、京都と豊岡で震度階5と観測された。ただその後の気象庁発表では、震度階6と報じられた神戸市の一部と淡路島北西部の一部で震度階7に訂正された。



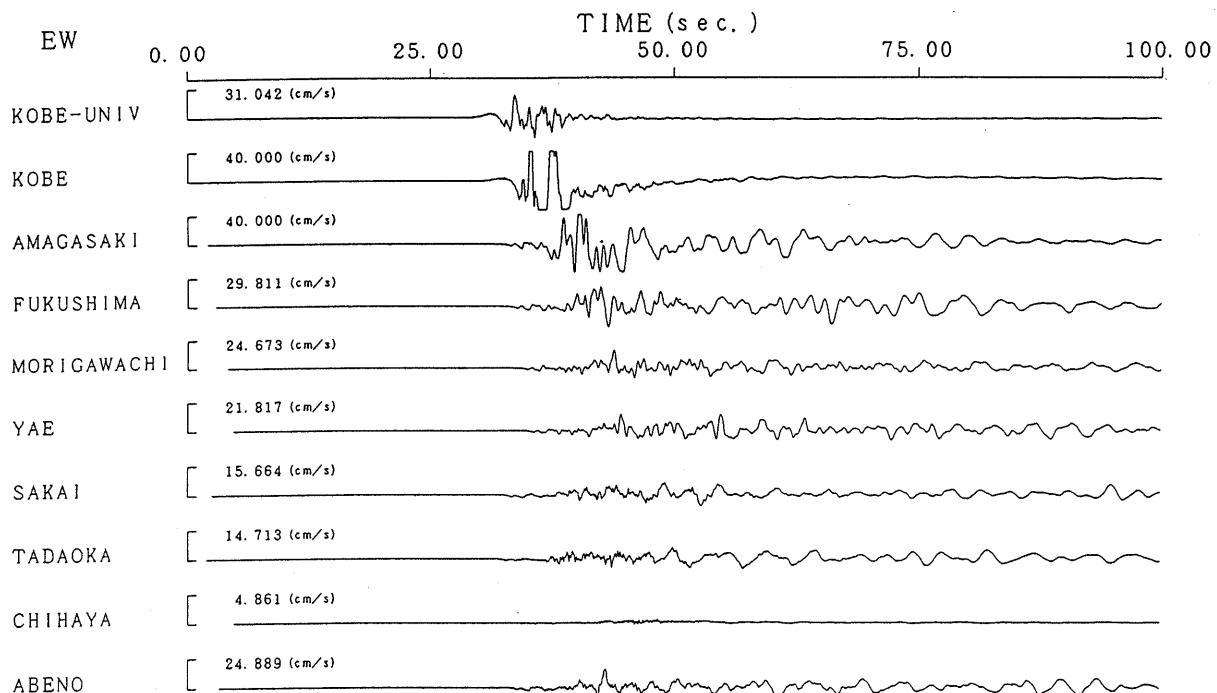
## 図2 震度分布<sup>2)</sup>

地震では上述したように震度階という目安の他に、的確に地震の規模の強弱を判定するために、加速度が用いられる。加速度は、図3～5に示している速度波形を微分して得られる。図6に近畿地域の速度波形より求めた最大加速度の分布図を示す。今回、観測されたもので最大のものは、神戸市中央区の葺合で水平加速度が、833 gal（大阪ガスによる観測）で重力加速度が980 galであるから0.8gという力が計測されているが、さらに注目すべきは六甲アイランドでは鉛直加速度が507 gal（竹中工務店の地震計より観測）とこのような驚異的な鉛直加速度が実測されたことは前例がない。



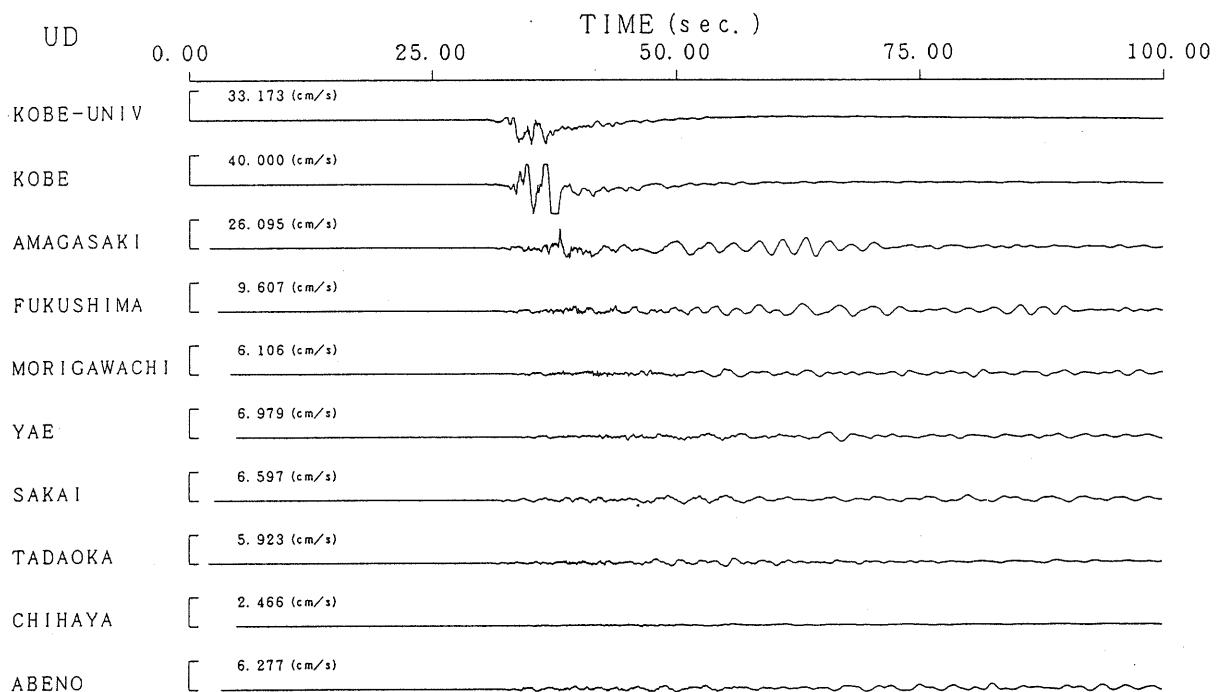
ORIGIN TIME 1995-01-17 05:46:27.78 DT=0.010 (s)

図3 関西地震動観測協議会によって観測された速度波形（NS成分）<sup>3)</sup>  
横軸が時間（秒）、縦軸が速度（cm/s）、測定位置の横に示している値は最大測定値



ORIGIN TIME 1995-01-17 05:46:27. 78 DT=0. 010 (s)

図4 関西地震動観測協議会によって観測された速度波形（E W成分）<sup>3)</sup>  
横軸が時間（秒）、縦軸が速度（cm/s）、測定位置の横に示している値は最大測定値



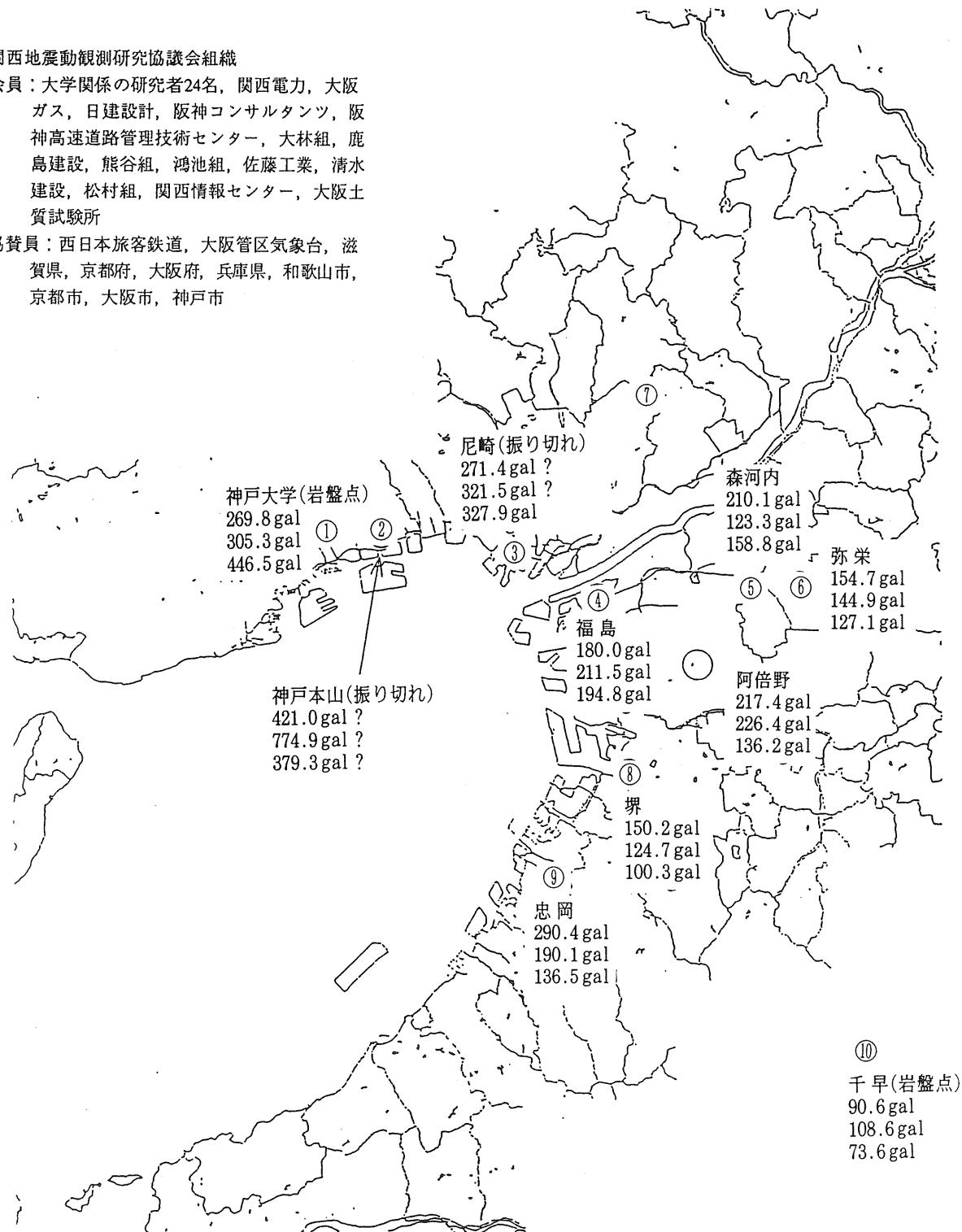
ORIGIN TIME 1995-01-17 05:46:27. 78 DT=0. 010 (s)

図5 関西地震動観測協議会によって観測された速度波形（U D成分）<sup>3)</sup>  
横軸が時間（秒）、縦軸が速度（cm/s）、測定位置の横に示している値は最大測定値

### 関西地震動観測研究協議会組織

会員：大学関係の研究者24名、関西電力、大阪ガス、日建設計、阪神コンサルタンツ、阪神高速道路管理技術センター、大林組、鹿島建設、熊谷組、鴻池組、佐藤工業、清水建設、松村組、関西情報センター、大阪土質試験所

協賛員：西日本旅客鉄道、大阪管区気象台、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、和歌山市、京都市、大阪市、神戸市



各数値は、NS成分  
EW成分  
UD成分の順。

図6 関西地震動観測協議会の速度波形より求めた最大加速度分布状況<sup>4)</sup>

## 2. 対象地域の地盤特性

今回の地震で被害を受けた地域の地形や地層には次のような特色がみられる。

地形的な特色として神戸市の北側には六甲山系が東西に広がっており、六甲山地の南側と北側では高度にかなりの差がある。海岸線からわずか数 km 北側のところに六甲山地を形成している基盤岩の花崗岩が露出しているために平野部は大阪湾沿いの帶状に分布しているわずかな地域に限られている。またそのわずかな平野部には六甲山地からの河川が流れ込んでいるためにいわゆる扇状地が形成されている。そのため地盤はほとんどが砂礫か砂地盤である。<sup>5)</sup>

また地形の急激な傾斜に加え神戸市域の南北方向においては急激な地層特性の変化がみられる。例えば北側の六甲山地から南側の神戸市灘区のポートアイランドの臨海地区にかけて横断している地層断面図（図 7 参照）より沖積層、洪積層の層厚の変化が見受けられる。洪積層とは今から 1 万年前までの洪積世に堆積した地層で、強度特性は支持機能を充分満足し安定しており、設計の際にも一般的には沈下を考慮する必要がない地層である。1 万年くらい前から現在までの沖積世に堆積し今もなお堆積し続けている地層を沖積層といい、いわゆる軟弱地盤と呼ばれる地層で埋土や上載構造物の自重でかなりの長期にわたり圧密に伴う沈下が予測されるので、いろいろな対策を講じて沈下を早期に収束させる必要のある地層で支持力も洪積層に比べかなり低い。従って沖積層の存在や層厚の度合により地盤の軟弱度が判定される。この図 7 より JR 三宮を南に少しすぎたあたりから沖積層が存在しはじめポートアイランドでは埋立て地盤を含めて 40 m にも達している。また図 8（六甲アイランドを通る南北地層断面図）にもほぼ同様の地層構成であることがいえる。

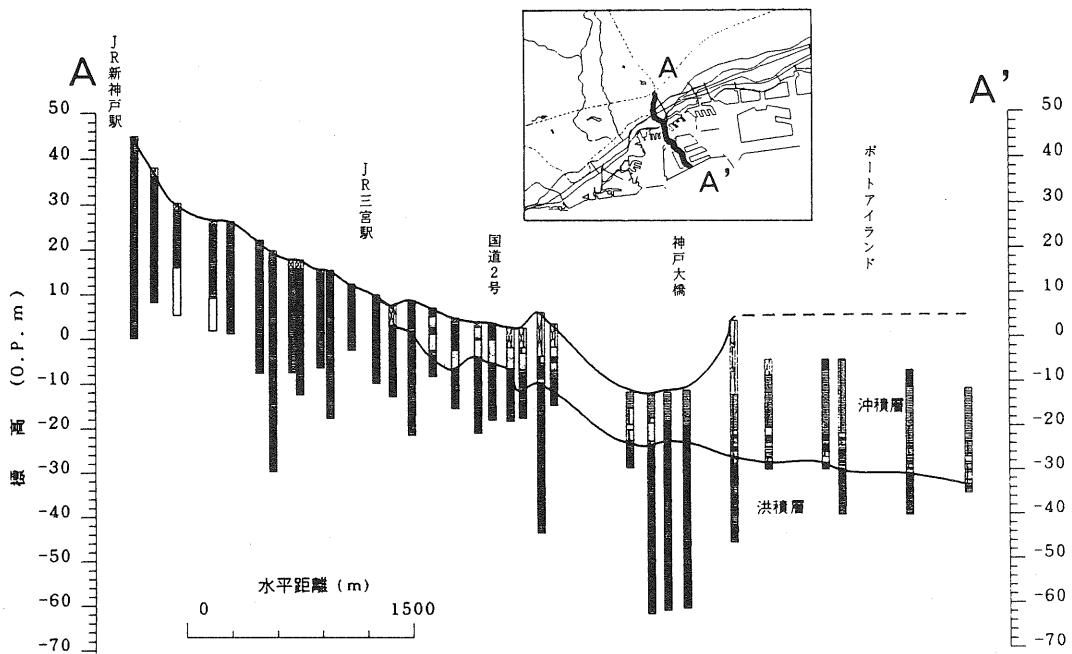


図 7 ポートアイランドを通る南北地層断面図<sup>6)</sup>

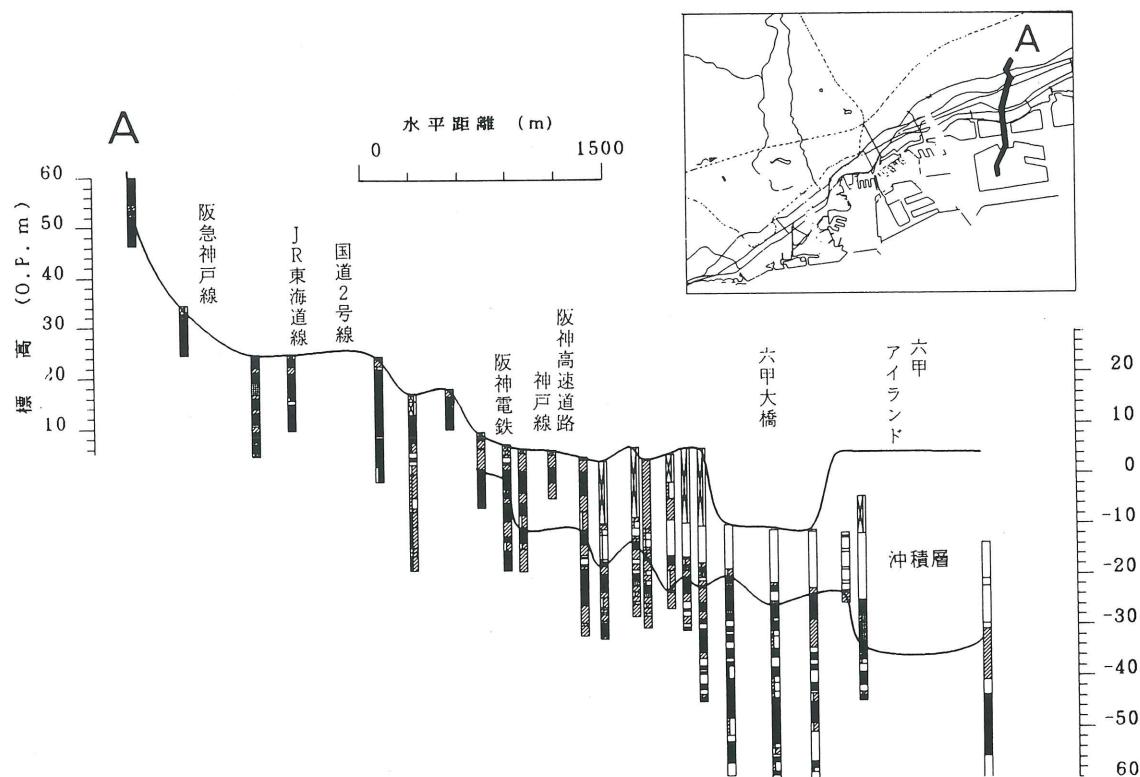


図8 六甲アイランドを通る南北地層断面図<sup>6)</sup>

注目されることは、この地震で被害を受けた地域が山地側の硬い地盤（洪積層）と平地側（沖積層）との境界部で著しく多く、震度階7が観測された地域（図9参照）がちょうどその境界付近で、この地点を含め東西方向に細長い帯状で分布していることが判明している。このことは関東大震災の記録にも示されており、地盤の不整形性が震害を大きくしたものと考えられる。



図9 震度階7が観測された地域分布図<sup>7)</sup>

### 3. 地震による地盤災害

地震に伴う被害は、地震動の最大加速度以外にも地震動継続時間、周期性の影響も受ける。また必ずしも地震動のような発生源である主働体だけに起因するものでなく、地盤の持っている諸特性に依存するところが大きい。例えば他要素から伝わる周期と共振し地震動が増幅されるような卓越周期は、地盤の硬軟によって長短の差がある。地盤の振動を増幅させる要因として軟弱地盤の場合、卓越周期が長いので周期の長い地震動がかなり増幅され、さらに構造物が破損した場合、周期が長くなるので一段と被害が進行する。一方、硬い地盤の場合、周期の短い地震では増幅されるが、被害は一過性で連続的に拡大していく可能性は少ない。地盤と上部構造との共振という関係では、軟弱地盤の場合、柔構造の構造物と共振しやすい。また剛性の高い硬い地盤の場合、固有周期の短い剛構造と共振しやすい<sup>8)</sup>。

次に各地盤災害について列挙する。

#### 1) 液状化現象

この現象は実際、かなり以前から起こっている現象であるが、認識されるようになったのは、1964年の新潟地震で確認されてからである。この現象は、地下水位以下の緩い砂質土によくみられる。このような地盤に瞬間に地震力のような急激で大きな力が作用した場合、この地震力が加わるまでに保っていた土粒子と間隙水の応力分担のバランスが過剰間隙水圧が発生することで崩れ、土粒子の有効応力が減少する。その結果、地盤のせん断抵抗力が失われ、地盤や構造物の沈下や水平移動、地中の中空構造物の隆起などの被害や噴砂などの現象が起こる。

液状化対策工法としては、緩い砂地盤を締め固めるサンドコンパクションパイル工法や過剰間隙水圧を消散させるグラベルドレーン工法などが知られており、釧路沖地震などでその効果が実証されている。阪神地区の埋立地では液状化の可能性は指摘されてはいたものの、まさ土では液状化の可能性は小さいとの考えから液状化対策が採用された例はほとんどない。従来液状化の可能性が小さいと考えられていたまさ土で埋立てられたポートアイランドでも液状化が発生していたことや液状化対策として施工されたものではなかったが、サンドドレーンを施工した地盤でケーシング圧入による砂地盤部の締め固め効果が得られ液状化現象が防止できた例<sup>9)</sup>も報告されている。

図10に今回、液状化現象が確認された分布図を示す。神戸から大阪にかけての広い範囲の埋立地盤で発生しており、図中には示されていないが、大阪南部の忠岡などでも発生が確認されている。ポートアイランドではほぼ全域で液状化が発生しているのに対し、六甲アイランドでは北部のみで液状化が発生しているなど埋め立て地盤でも液状化が発生している所と発生していない所があり地震力の大きさと埋め立てられたまさ土の粒度構成の影響など今後解明する必要がある問題も残された。写真1、2にポートアイランドでの液状化の被害状況を示す。

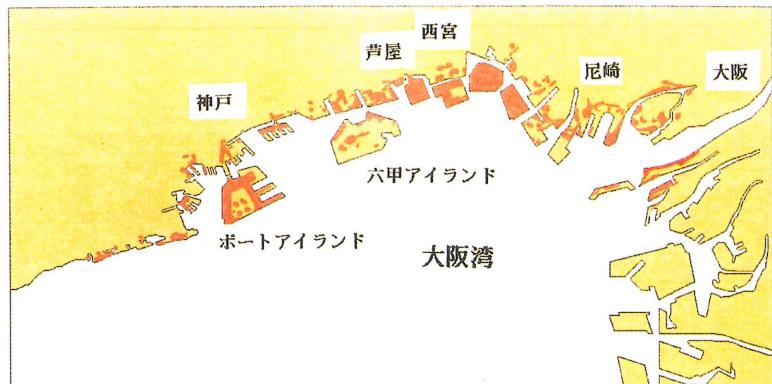


図10 液状化現象が確認された地域分布図<sup>9)</sup>

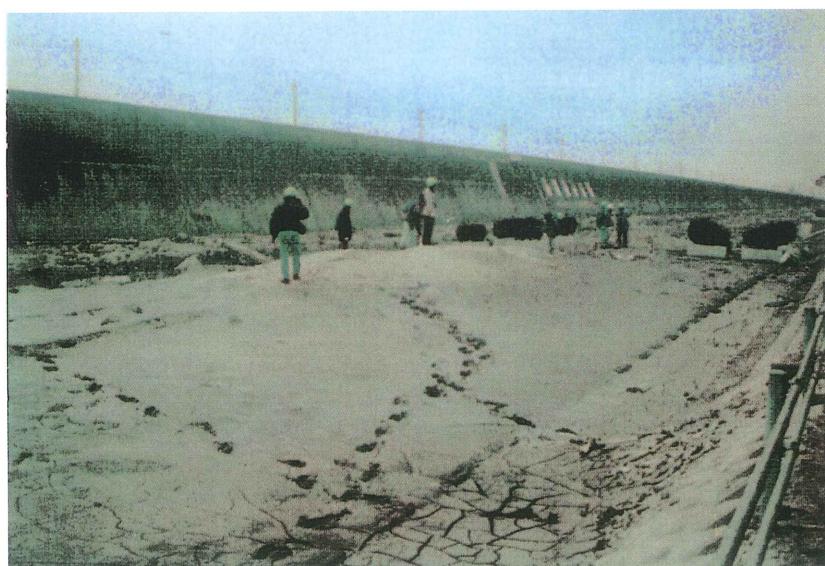


写真1 液状化現象の実際例1（神戸市灘区 ポートアイランド駐車場）



写真2 液状化現象の実際例2（神戸市灘区 ポートアイランド駐車場）

## 2) 堤防の崩壊

堤防の崩壊は、かなり広範囲に被害を及ぼし堤内地の住民の生命を脅かす可能性が高いことからかなり重大な災害である。特に降雨時期には特別な注意が必要である。このため、堤防の耐久性、安全性は特に重要である。

この度の地震では、液状化や側方流動に伴う堤体の破壊、沈下などの被害が確認された。これら被害を受けた堤防のほとんどは基礎地盤が沖積層上に存在しており、そのことが被害を助長したものと考えられる。

堤防災害の代表例として淀川左岸西島地区の被害状況を写真3、4に示す。この写真より液状化と堤体内土砂の側方流動で堤体がすべり破壊していることがわかる。



写真3 堤防災害例1（淀川左岸西島地区）<sup>⑨)</sup>



写真4 堤防災害例2（淀川左岸西島地区）<sup>⑨)</sup>

### 3) 地すべり、斜面崩壊

地すべりとは地質構造的要因によって広い範囲にわたって、自然斜面が滑動する現象である。斜面崩壊とは急傾斜部分に主として急速なすべりとして発生する現象で、崖崩れや盛土、切土の人工斜面の崩壊もこれに属している。以下に地滑り、斜面崩壊の被害を受けた地域の分布を図に示す。

この地域の地質は花崗岩で一般に花崗岩は斜面崩壊を起こしやすいと言われている。このように地震からくる誘因と対象地域の土質、地質、地形からくる素因の両方が関係して地滑り、斜面崩壊が発生する。<sup>9)</sup>

今回の地震で確認された被害の事例を写真に示す。最も被害がひどかったのは、西宮市仁川百合野町で発生した地すべり（写真5参照）で34名の死者を出した。この地域の斜面の勾配は15～20度程度で緩斜面である。通常ではこのような勾配のある斜面は斜面崩壊の危険性は指摘されないが、斜面の崩壊方向が断層の変位方向とほぼ一致しており、すべり土塊に急激な加速度が加わったものと考えられる。写真6に示しているのは神戸市東灘区西岡本での被害で、道路を施工するための盛土部分が主に崩落しており、崩落土量自体こそ多くはないが、山手の方の宅地にもかなりの亀裂が生じていた。丘陵地では人工的に造成した斜面の多くで崩壊が起こった。<sup>10)</sup>

以下に地滑り、斜面崩壊の被害を受けた地域の分布図を示す。

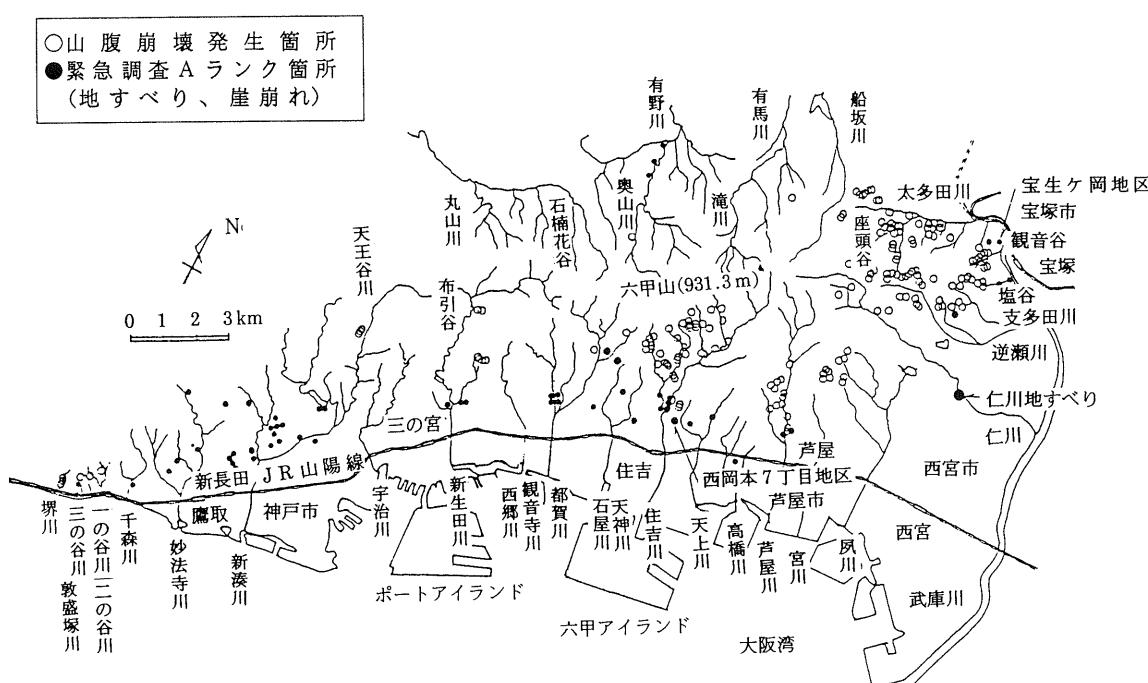


図 11 六甲山系における山腹崩壊、斜面崩壊発生箇所  
(建設省土木研究所作成)

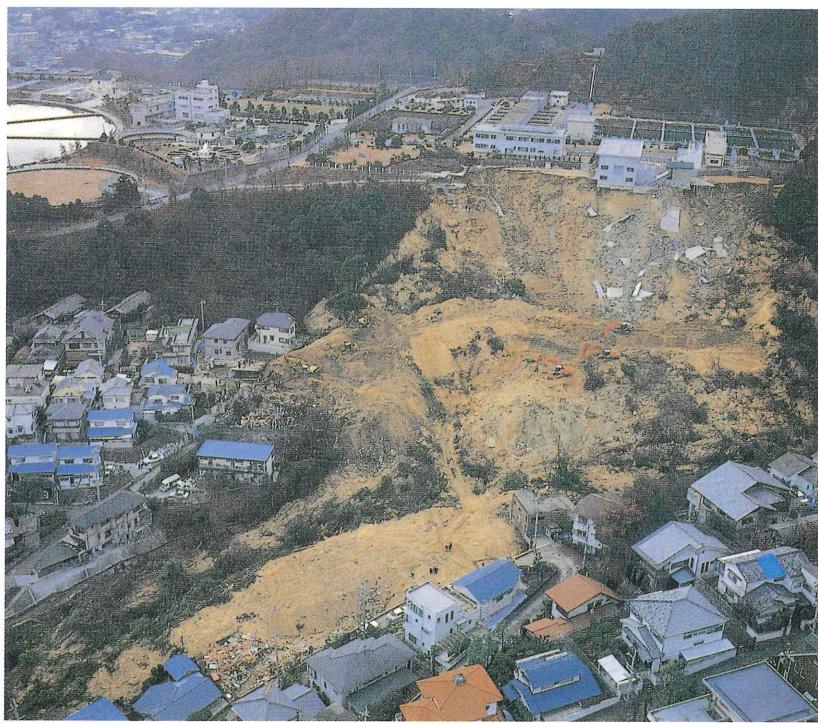


写真5 地すべり災害の例(西宮市仁川百合野町)<sup>10)</sup>

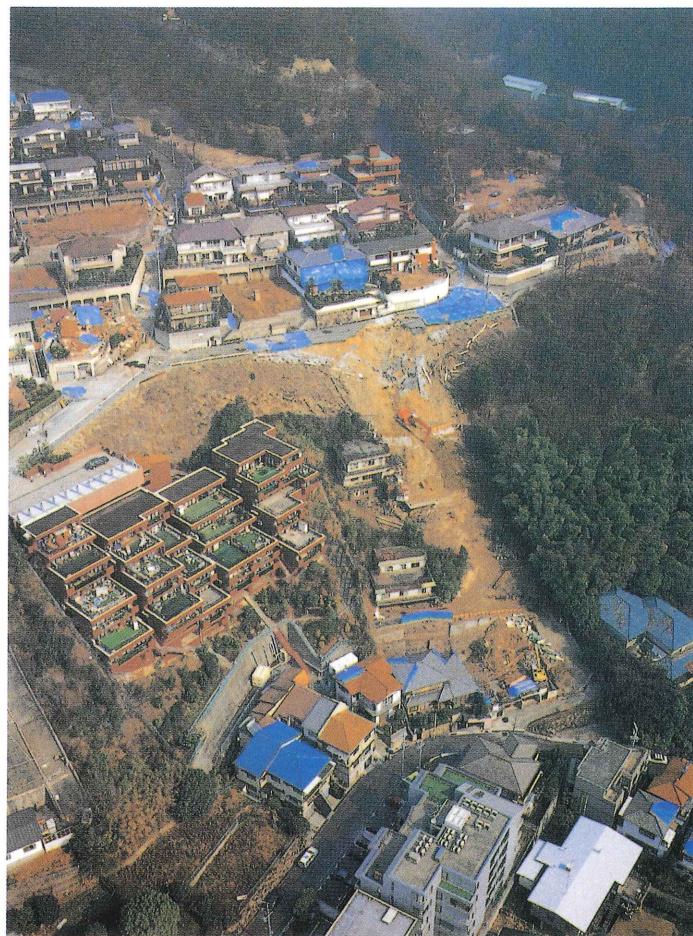


写真6 地すべり災害の例（神戸市東灘区西岡本町）<sup>10)</sup>

#### 4) 埋立て地の被害状況

神戸市には、二つの巨大な人工埋立地がある。ポートアイランドと六甲アイランドである。これらの埋立には「まさ土」が用いられている。まさ土は、広範で良好な粒度分布を持ち液状化抵抗が大きいと考えられていた材料ではあったが液状化現象が広い範囲で確認されたほか、ポートアイランドでは広い範囲で地盤の沈下が生じ、基礎が地表上に突出する現象も確認された（写真7参照）。

港湾構造物にもかなりの被害が確認され、例えば岸壁の護岸が地震動で海側へ滑動したため、背後の地盤が支持力を失い陥没したり、また神戸港のコンテナ岸壁などではガントリークレーンの脚が曲がるなど港湾の流通機能にかなりの打撃を与えた。（写真8、9、10参照）



写真7 埋立て地域の災害例（周辺地盤の沈下による基礎の被害）<sup>11)</sup>

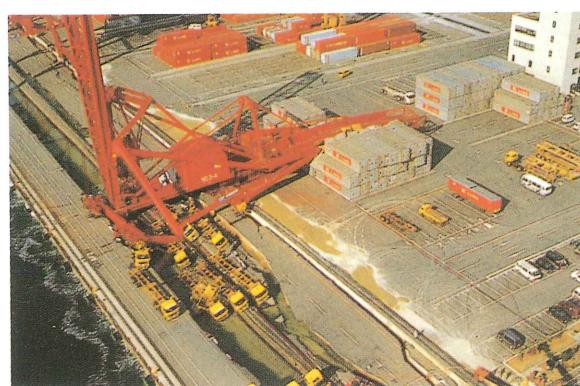


写真8 埋立て地域の災害例（港湾構造物の被害）<sup>12)</sup>



写真9 埋立て地域の災害例（港湾構造物の被害）<sup>12)</sup>



写真10 埋立て地域の災害例（港湾構造物の被害）<sup>12)</sup>

#### 4. セメント系固化材による改良地盤の地震被害調査の方法

調査対象は会員会社の固化材の販売実績および施工実績から対象地区の事例を抽出し、適用構造物を選定した。調査方法は目視調査とし、調査結果の集計を簡便化するために調査シート（図12参照）を作成し、地盤改良仕様等、事前に記入可能な事項を整理した後、現地での地盤、上部構造物の変状や周辺状況を調査した。

調査地域を図13に示す。範囲は被害が甚大であった神戸市の臨海地域の各区、西宮市、尼崎市を中心とし、さらにその周辺地域も対象とした。

調査項目はまず改良工法として表層<sup>a)</sup>と中深層<sup>b)</sup>で分け、改良目的およびそれぞれの工法の改良手段、対象土の種類、目標強度、改良規模、固化材の種類および添加量、施工時期の項目を設けた。

被害状況は建築物などの上部構造物の被害および地盤の被害状況、さらに液状化現象の有無も調査することとした。

また、改良対象外の周辺隣接地との比較も項目に含めた。

調査はそれぞれの地盤改良に係わったメーカーの担当者が実施した。

##### 脚注

a) 表層改良は地盤の表層部に固化材を添加混合して改良層を造成する工法の総称であるが、本設の土構造物造成のほかに浚渫ヘドロや廃棄物の有害臭の抑制、重金属類の溶出を固化することで抑えるなどの環境保全を目的とした改良、および資材、機械搬入、重機通行などの一時的な通行機能を可能にするための仮設的な改良など多岐にわたっている。

b) 中深層改良は鉛直方向に設置された攪拌機械を使用しセメント系固化材を原位置の土に添加し、柱状に改良土を形成していく工法である。<sup>13)</sup>

**阪神大震災調査表**

セメント系固化材推進専門委員会  
阪神大震災地盤改良調査WG

調査日 月 日  
(※必ずご記入下さい)

社名		担当者	
所属		TEL	

件名・施主・施工業者					
場所	市 区 町				
改良内容	1. 表層改良 2. 中深層改良 3. その他( )				
改良目的					
工 法	表 層	1. バックホウ 2. スタビライザー 3. 処理船 4. その他( )			
	中深層	1. 機械攪拌系 (a. 粉体系 b. スラリー系) 2. 高圧噴射系 3. SMW系	工法( )	4. その他( )	
対象土	1. 砂質土 2. シルト質土 3. 粘性土 4. 腐植土 5. ヘドロ 6. その他( )				
目標強度	kgf/cm <sup>2</sup>		改良規模	面積 m <sup>2</sup>	深度 m
固化材の種類および添加量※			kg/m <sup>3</sup>	施工時期	

【被害状況】(複数回答可)

上部構造物	1. 被害無 2. 变形 3. 亀裂 4. 一部破壊 5. 全破壊 6. その他( )
地盤	1. 被害無 2. 变形 3. 亀裂 4. 一部崩壊 5. 全崩壊 6. その他( )
液状化現象	1. 有り 2. 無し
現場概略図	○施工地点・付近の柱状図があれば添付して下さい。 ○改良範囲を明記してください。 ○被害状況・範囲を明記してください。

隣接地(未改良地)と比較した改良の効果	
1. 顯著である 2. ややみられる 3. あまりみられない 4. みられない	
【詳細な状況】	
備考	

※セメント系固化材以外でも可

○被害状況の写真撮影をお願い致します(施工直後の写真もあれば添付してください)

○添付資料の有無について(有無)

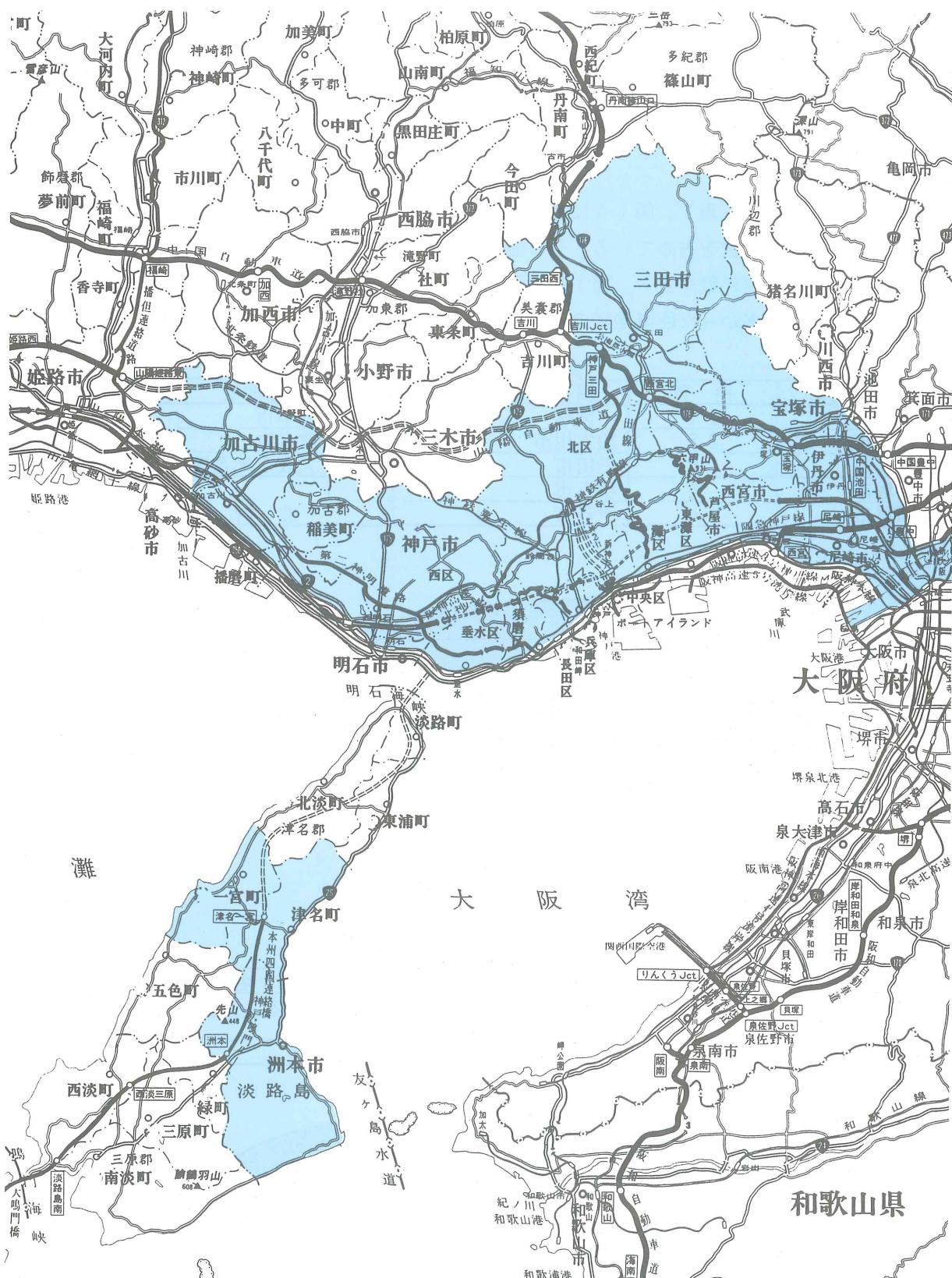


図13 調査対象区域及び周辺概要図

## 5. 調査結果

調査シートは、段階的に収集され93件揃った。調査シートから地域別、対象構造物件数、地盤改良の仕様、工法などの特徴を整理するとともに被害状況や改良効果が認められる事例などについてとりまとめた。

### 1) 調査対象の特徴

#### a) 調査地域と件数

市町村の調査件数を表2、図14に示す。地域別では最も被害を受けたとされる神戸市、西宮市で全体の7割の件数を占めている。その他の市では尼崎市を除いて一桁台の件数と少なかった。

また神戸市の区別件数を表3、図15に示す。神戸市の中でも東灘区、灘区、兵庫区、中央区という順に被害の多かった臨海地区の調査件数が多かった。

表2 地域別件数

調査地域	件 数	調査地域	件 数	調査地域	件 数
神戸市	41	一宮町	2	洲本市	1
西宮市	25	加古川市	1	津名町	1
尼崎市	10	三田市	1	大阪市此花区	1
宝塚市	4	明石市	1		
芦屋市	4	伊丹市	1		
				合 計	93

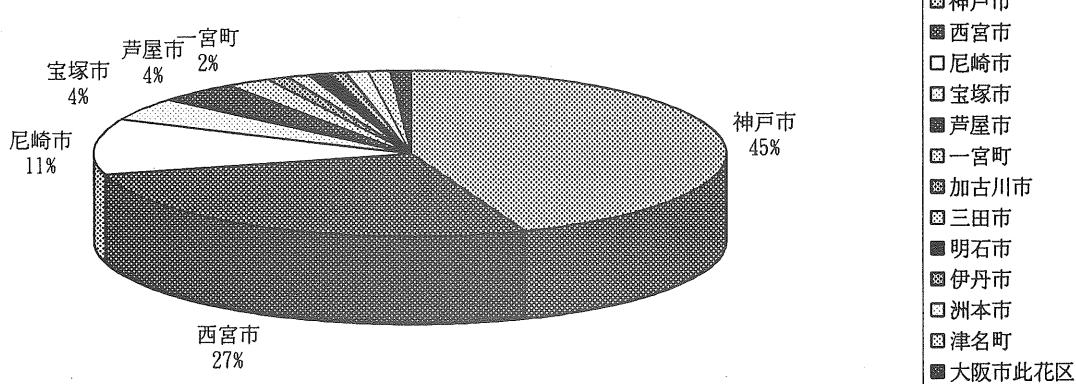


図14 地域別件数

表3 神戸市内区域別件数

区名	件 数	区名	件 数	区名	件 数
東灘区	17	兵庫区	4	垂水区	2
灘区	8	長田区	1	西区	1
中央区	3	須磨区	2	北区	3

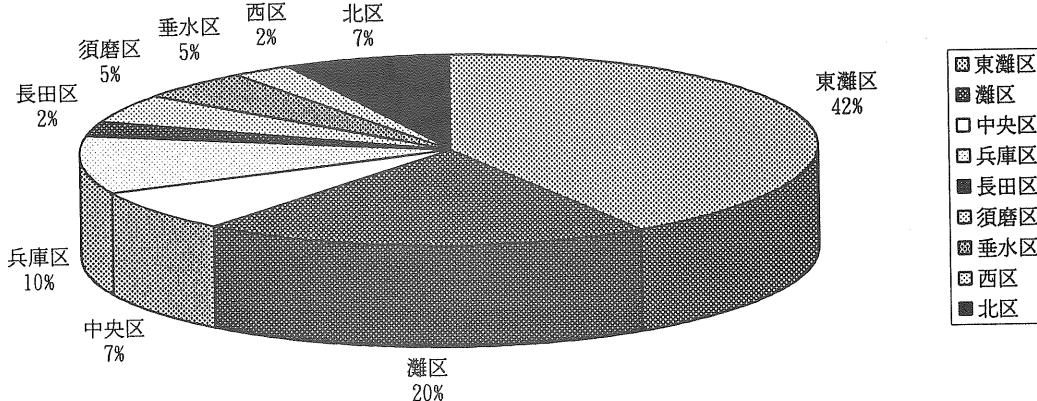


図15 神戸市内区域別件数

また、主な調査物件の位置を図16に示す。図中には震度7の激震地域も示したが、この地域にある調査地点も14件ある。

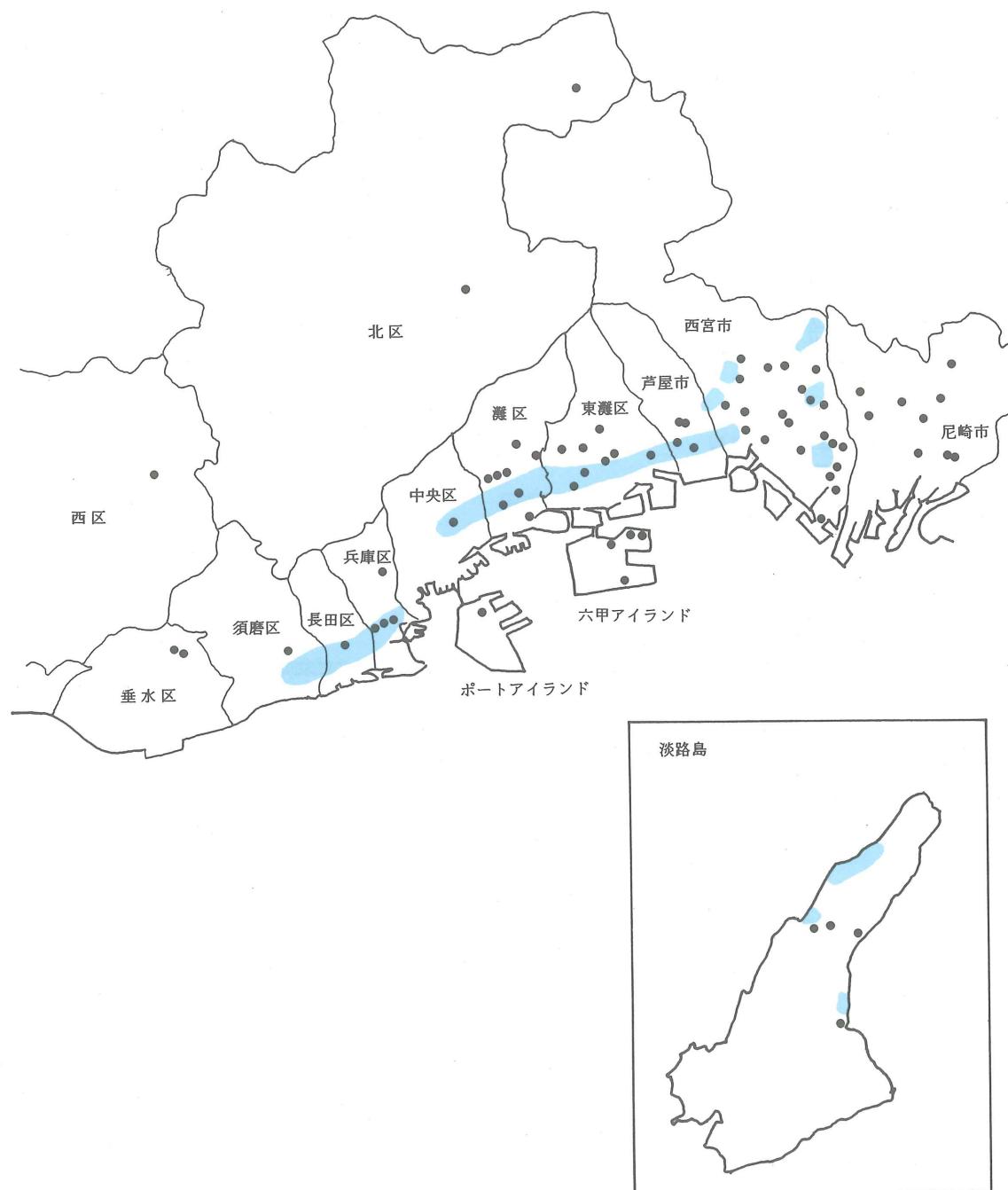


図16 調査物件の位置と震度7の分布

### b) 施設、構造物別件数

地盤改良が用いられた施設、構造物別件数を表4、図17に示す。施設様式別では、集合住宅（マンション）、戸建て住宅などの建築物が多く、全体の5割を占めているが、道路、トンネルなど土木関連の構造物も13件と幅広い範囲にわたっていることがわかる。

また、マンション、ビルにおいて階高別に分類してみると、4～6階までが多く、高層階のものは少ないが、11階建ての集合住宅基礎に用いられた事例もある。

表4 施設様式別件数

施設・構造物名	件数	施設・構造物名	件数
マンション	23	教育施設	1
ビル	5	工場	1
ホテル	1	公共住宅	3
個人住宅、寮	26	道路、トンネル	13
倉庫	7	商用施設	5
公共施設	3	駐車場	5
		合計	93

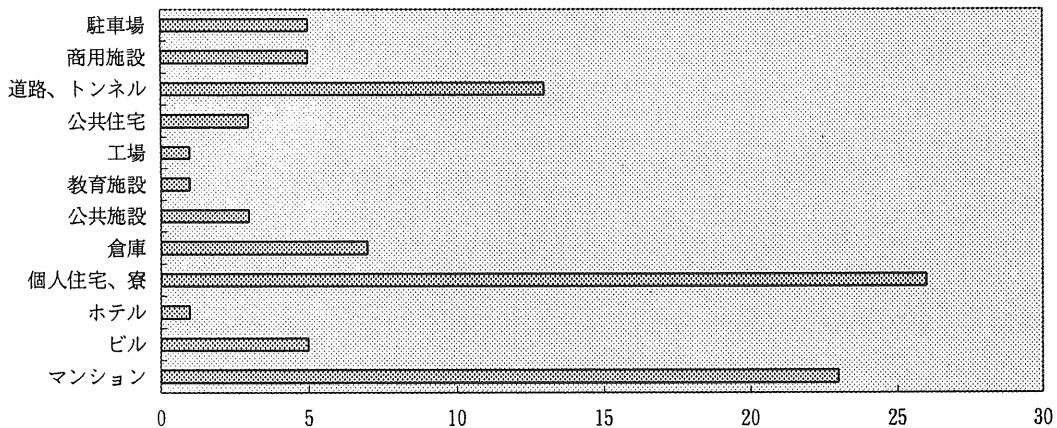


図17 施設様式別件数

表5 マンション（集合住宅）、ビル、ホテル階高別件数

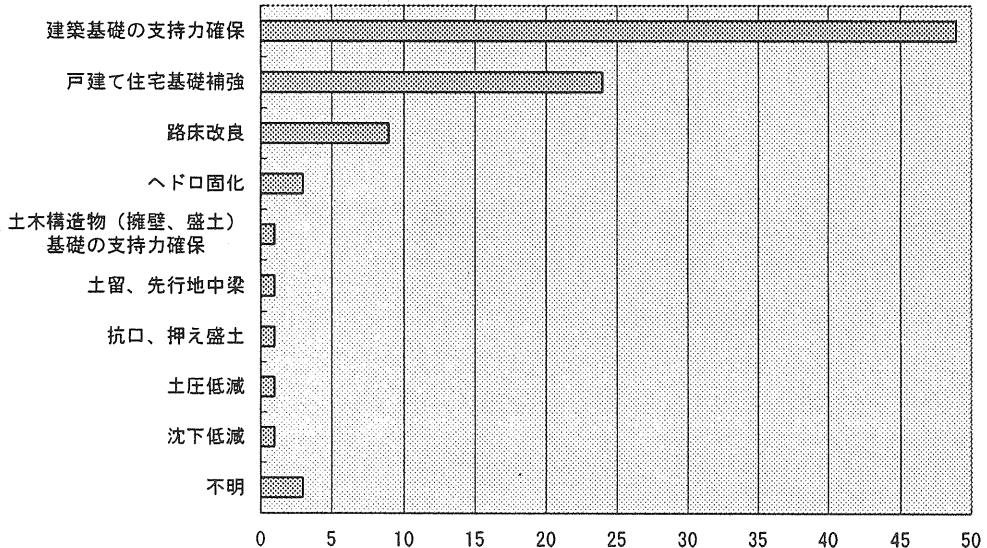
階高	件数
2階	2
3階	4
4階	6
5階	8
6階	6
8階	2
11階	1
不明	5

c) 改良目的・用途

改良目的・用途別件数を表6、図18に示す。今回の調査では建物基礎の支持力確保が最も多いことがわかる。

表6 改良目的別件数

改良目的・用途	件数
建築基礎の支持力確保	49
戸建て住宅基礎補強	24
路床改良	9
ヘドロ固化	3
土木構造物（擁壁、盛土等）基礎の支持力確保	1
土留、先行地中梁	1
坑口押え盛土	1
土圧低減	1
沈下低減	1
不明	3



d) 施工時期

施工時期を表7、図19に示す。平成2年～5年あたりに集中しており、比較的最近に施工されたものが多い。セメント系固化材の販売量が急増し始めた時期と一致している。経過年数が多い例としては14年経過した件が2件あった。

表7 施工時期別件数

施工時期	件数
昭和56年	2
昭和62年	2
平成元年	5
平成2年	14
平成3年	10
平成4年	13
平成5年	18
平成6年	11
平成7年	1
建設中	1
不明	16

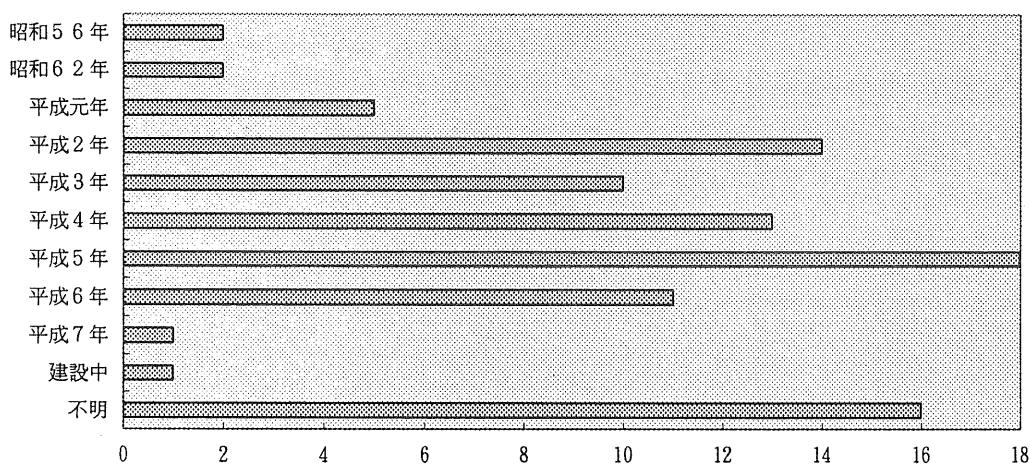


図19 施工时期別件数

## e) 地盤改良工法

改良工法、混合形態別の件数を表8、図20、21に示す。表層改良と中深層改良では柱状・ブロック状に改良する中深層改良の方が多い。

混合形態別では、表層改良では一例がスタビライザであるのを除いて他はバックホウであった。調査地域でバックホウによる混合が多いのは対象土が砂質土系であるためバックホウでも比較的、良好な混合が可能であるためと考えられる。また中深層では機械攪拌系のスラリー攪拌が27件、粉体攪拌が23件、高圧噴射が3件であった。ここでいう粉体攪拌は直径400～500mmのオーナーを用いて混合、逆転により転圧する工法でいわゆるD JM工法ではない。

表8 改良工法別件数

改良工法	件数	混合形態		件数
		バックホウ	ロータリースタビライザー	
表層改良	37	不明	1	1
		スラリー攪拌	27	
		粉体攪拌	23	
中深層改良	54	高圧噴射	3	
		不明	1	
不明	2			

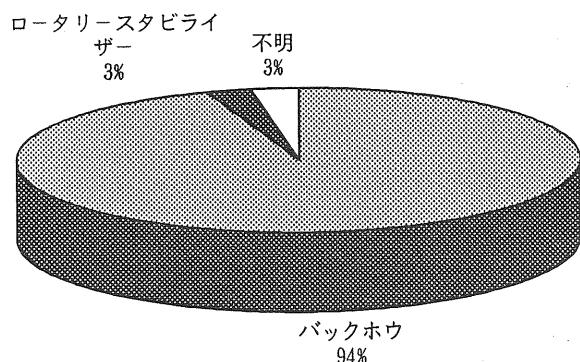


図20 表層改良工法における混合機械

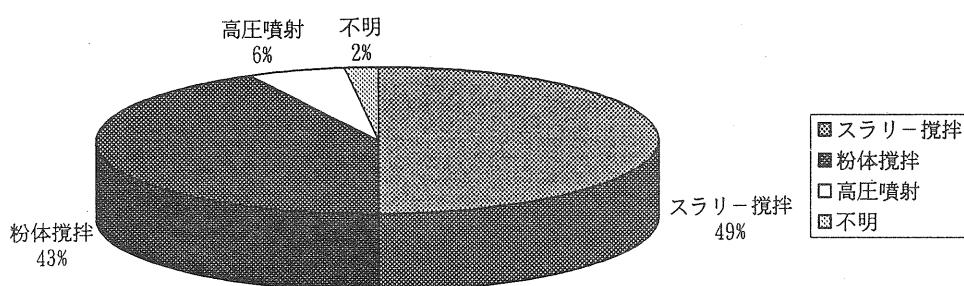


図21 中深層改良工法における混合形態

#### f) 対象土

改良対象土別の件数を表9、図22に示す。判明しているもののうち砂質土、シルト質土で7割強を占めていることがわかる。調査地域の地盤が主に砂、砂礫地盤で構成されていること考慮すれば、当然の結果であると言える。

表9 対象土別件数

改良対象土	件数
砂質土	23
シルト質土	27
粘性土	8
腐食土	0
ヘドロ	3
その他(シルト質+砂質)	1
その他(砂、礫)	1
その他(埋土)	6
不明	24

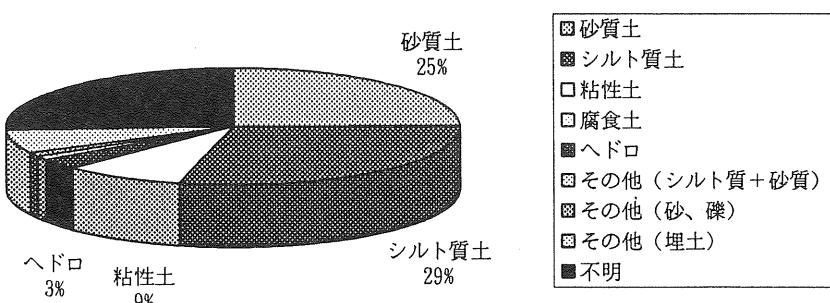


図22 対象土別件数

### g) 目標強度

改良目標強度別の件数を表10、図23、24に示す。表層改良では一般に地盤の延長として設計されることや戸建住宅などの比較的軽微な構造物が多いことと接地面積の大きい基礎形式が多いことなどのために、目標強度は低強度で $3 \text{ kgf/cm}^2$ 以下が最も多かった。中深層改良は建築基礎に用いられたものが多くいため地中構造物的に設計され十分な安全率が考慮されているため、目標強度は比較的大きく $9 \sim 12 \text{ kgf/cm}^2$ が最も多かった。

表10 目標強度別件数

目標強度	件数	
	表層改良	中深層改良
$3 (\text{kgf/cm}^2)$ 以下	17	4
$3 \sim 6 (\text{kgf/cm}^2)$	4	7
$6 \sim 9 (\text{kgf/cm}^2)$	3	6
$9 \sim 12 (\text{kgf/cm}^2)$	0	14
$12 \sim 15 (\text{kgf/cm}^2)$	0	3
$15 \sim (\text{kgf/cm}^2)$	2	4
C B R (%)	6	—
不明	5	16

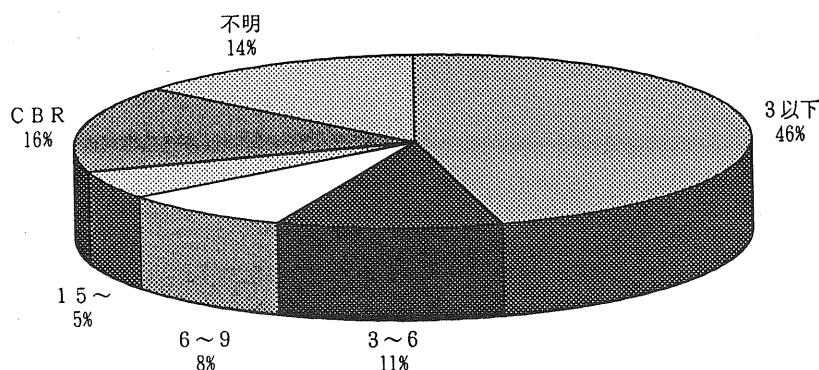


図23 表層改良における目標強度別件数

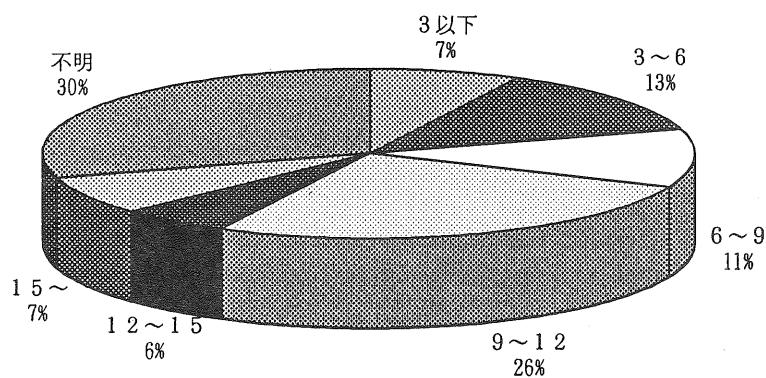


図24 中深層改良における目標強度別件数

### h) 深層改良長

中深層改良における改良長別件数を表11、図25に示す。調査地域では比較的浅い部分に支持層が現れるため改良長は比較的短く、2~6mが最も多い。10m以上の2件はいずれも高圧噴射搅拌工法で軟弱層の深い沿岸部で地盤の強化や沈下低減の目的で施工されたものである

表11 改良長別件数

改良長(m)	件数
2 以下	6
2 ~ 4	18
4 ~ 6	10
6 ~ 8	2
8 ~ 10	0
10 ~ 12	1
12m以上	1
不明	16

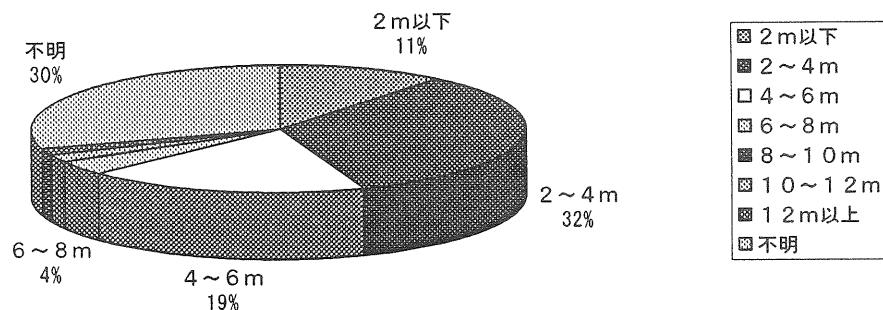


図25 深層改良長別件数

### i) 表層改良厚

表層改良における改良厚さ別件数を表12、図26に示す。改良厚さは1~2mが最も多い。

表12 改良厚さ別件数

改良厚さ(m)	件数
1 以下	8
1 ~ 2	20
2 ~ 3	1
3 ~ 4	2
不 明	6

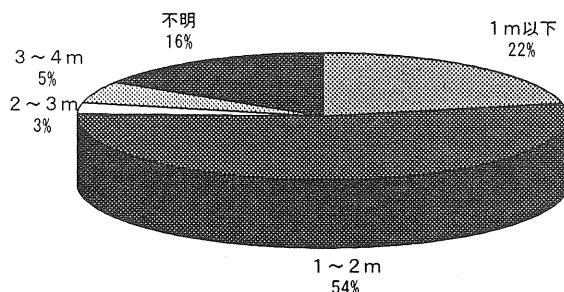


図26 改良厚別件数

### j) 固化材の添加量

改良形式別の固化材添加量の範囲と件数を表13、図27、28に示す。表層改良は目標強度が低いことから80～110kg/m<sup>3</sup>が最も多く、中深層改良は目標強度が高く添加量も250～350kg/m<sup>3</sup>と高配合のところに多く分布している。

これらの結果は表層改良の場合粉体で添加することが多く、中深層改良の場合スラリー状で添加する場合も多いことも影響していると考えられる。

表13 添加量別件数

表層改良(kg/m <sup>3</sup> )	件数	中深層改良(kg/m <sup>3</sup> )	件数
50～80	3	150～200	2
80～110	20	200～250	6
110～140	2	250～300	18
140～170	2	300～350	12
170～200	0	350～400	1
200～	3	400～450	1
不明	7	不明	14

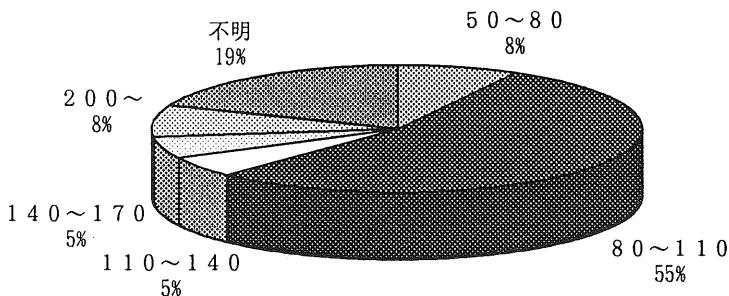


図27 表層改良における添加量別件数

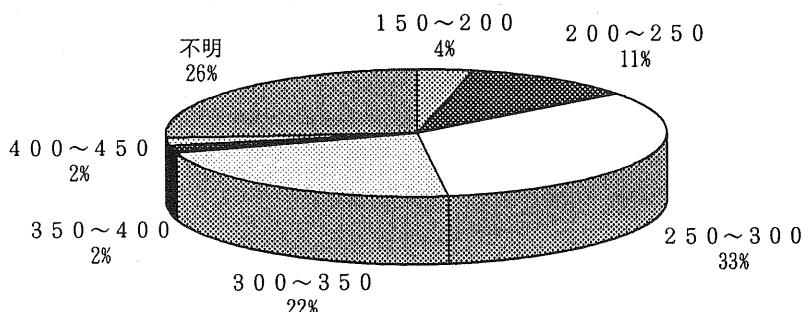


図28 中深層改良における添加量別件数

このようにセメント系固化材を用いた地盤改良は、固化材が開発、販売された初期からの用途であるヘドロ固化、路床改良の他、地盤の強化、各種の構造物基礎、戸建住宅の基礎および中高層建築物などの基礎地盤の改良にも多く用いられており調査の中では最大11階建ての集合住宅に用いられた例もあり、広範囲に適用されていることがわかる。

調査事例の内、柱状図や改良平面、断面などの資料の得られた例を巻末の事例集に示した。

## 2) 被害状況

調査シートに記入された上部構造と地盤の被害件数を表14、15に示す。改良地盤上に構築された構造物の被害は東灘区で1件、一宮町で1件、柱や壁に亀裂がみられるなどがあったが、使用不能までに至るような被害は全くなくこれらの2件も被害は極めて軽微であった。

地盤被害は表層改良の場合、一宮町でヘドロ固化の表層改良で地盤に亀裂、六甲アイランドで2件亀裂がみられるなど合計7件確認されたが、大きな地盤変状に至るような被害は皆無であった。中深層改良の場合は、今回の調査では地上部からの目視調査であったため、変状の有無は確認できなかつたが上部構造物の大きな不等沈下は認められず、大きな損傷を受けていないことが推定される。

液状化現象は他の機関の調査においてポートアイランドや六甲アイランドなどで確認されているが本調査物件の改良地盤において液状化が確認されたものはなかった。

改良地盤周辺の液状化調査事例としては、六甲アイランド内の倉庫の基礎地盤改良の例（東灘区向洋東4丁目）において、岸壁近傍で液状化による変状が確認されたが、道路をはさんだ当該地盤では被害は全くなかったことが確認されている。

表14 上部構造の被害状況

被害状況	件数
被害なし	84
亀裂、一部破壊	2
破壊	0
構造物無し	7

表15 地盤の被害状況

被害状況	件数
被害なし	86
亀裂、沈下	7
破壊	0

### 3) 周辺との比較による改良効果

対象物件と周辺との被害状況比較による効果の有無の判断結果を表16に示す。改良効果が顕著に認められたのが29件、少しみられたというのが32件と改良効果がみられたのが全体の6割強占めていることがわかる。一方、周辺地盤と比較上、改良効果に差が見られないというのが32件あった。これらの評価には、例えば周辺の被害が軽微であったため比較して評価することができなかった例や、対象物件の施工時期が平成に入ってからの場合がほとんどなことから、特にR.C.、S.R.C構造物の設計基準の違いによる影響、比較対象構造物の構造様式の差異や、被害調査が主に目視に頼るところからくる主観的な判断であったことなど、やや普遍性に欠ける場合も含まれていると考えられる。

しかし、震度階が6、7と烈震、激震地域で周辺がかなりの被害を受けているに関わらず調査対象構造物がほとんど被害なしという事例も多い。六甲アイランド内の駐車場（東灘区）において向かい合って隣接していた未改良の駐車場にはかなりの亀裂が発生したが、該当場所の駐車場はほぼ被害がなかった場合（写真11、12参照）や、周辺の建物はほぼ全壊という被害の大きな地区で当該のマンションには、被害がなかった場合などの例が数多くみられた（写真13、14参照）。

以上の調査の結果より固化材で改良された地盤においては、被害がなかったものも多く、一部被害が見受けられても被害の程度が軽微で地盤の破壊により上部構造物が傾斜した例はなかった。このことから、建築基礎の調査例が多かったが、従来から対象地域で採用されてきた杭基礎、ラップルコンクリート基礎などと比較してセメント系固化材による地盤改良による基礎工法が劣るものではないことを示していると言えそうである。

表16 周辺との比較による効果

効果の程度	件数
改良効果が顕著にみられる	29
改良効果が幾分、みられる	32
周辺との差がみられない*	32

\*集計票で記載されている、「あまりみられない」、「無し」を合計した件数

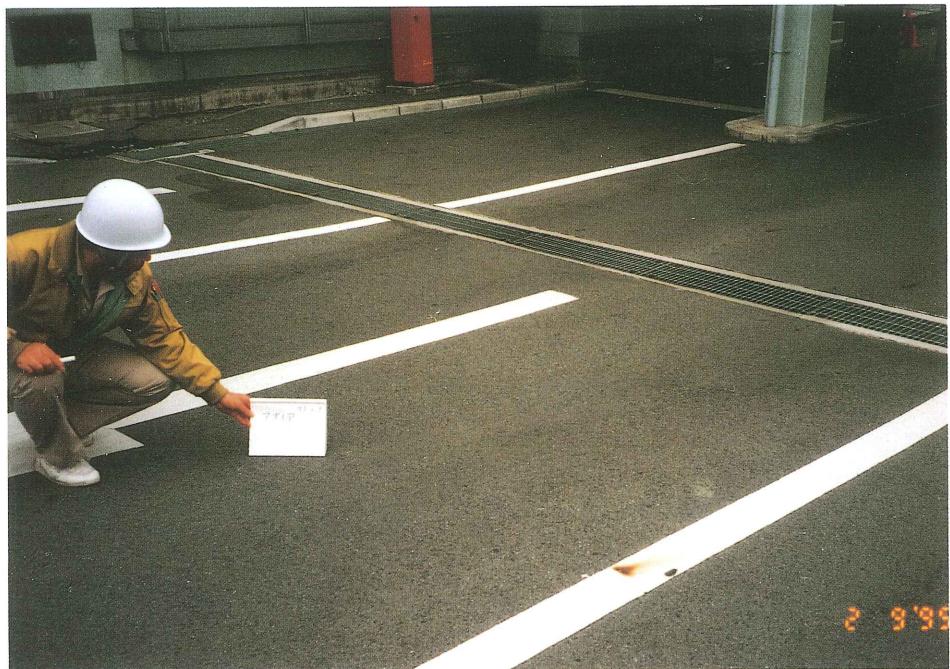


写真1 1 調査No.2 1 駐車場（神戸市東灘区 六甲アイランド内）



写真1 2 調査No.2 1（写真1 1の調査該当箇所の隣接地）  
かなりの亀裂が確認される。



写真13 調査No.33 マンション（神戸市東灘区田中）



写真14 調査No.33 [右奥が調査該当箇所、左手前の木造住宅の一階部分が損壊している。またその右側（写真では中央）のマンションも傾斜している。かなりの被害を受けた地域である。]

## 6. 地震災害対策におけるセメント系固化材による地盤改良の現状と課題

3章で地盤変状の主なものとして液状化現象、堤防の崩壊、地すべり・斜面崩壊、埋立て地の被害などを列挙した。これらの被害は、地震による水平力作用、土圧、水圧の変化に対して地盤や構造物が安定を保つことができなかったり、いわゆる液状化現象の発生により地盤の抵抗力が極端に低下したことによるものであると考えられる。

ここでは、セメント系固化材による地盤改良工法の地盤強度増強のための一般的な安定処理工法と地震時特有の液状化現象の防止対策工法について、今回の調査事例およびその他の公表された対策事例に基づき現状と今後の課題を示す。

### 1) 地盤強度の增加工法

地震時の地盤や構造物の安定性は、地震による水平力、土圧、水圧の作用を考慮し通常は静的問題として検討される。このような際に地盤強度が不足する場合はその部分の地盤強度を増加させる方法が採られる。

セメント系地盤改良を適用する場合は、対象地盤全体や地盤の一部にセメント系固化材を混合し必要な強度を有する改良地盤を造成する方法が採られる。改良する範囲や深さにより表層混合処理工法、深層混合処理工法（機械攪拌工法・高圧噴射攪拌工法）を使い分けることになる。また、施工条件により泥上や水上での施工機械なども用意されている。

最近では、固化材を予め混合プラントにより混合した砂質土を水中に埋め立てたり、固化材を混合した泥状の土砂を埋め戻し部にポンプ等で打設する工法も実用化されてきている。

このように、セメント系固化材を使用する地盤改良工法は多様性を有しており、現場の条件に合わせた材料・工法の選定が可能な工法である。一般土工事としては割高に見えるが、工期・効果の発現時間、残土の発生量の減少や有効利用のメリットも合わせて考えると有利になる場合も多いと考えられる。環境問題とも合わせて他工法とも比較しながら適切な工法を選定することが重要である。

本調査の対象物件の多くは、特に震災対策として計画されたものではなく、地盤の支持力増強や構造物の安定のために採用されていたものである。調査の範囲内ではあるが目立った被害もないようであるため従来の設計法に従いセメント系固化材による地盤改良工法を用いることにより、地震時の安定性も確保できると考えられる。

## 2) 液状化抑止工法

液状化現象の防止については、そのメカニズムはほぼ解明されており、その対策工法としては液状化そのものを防止する工法と液状化は発生しても施設への被害が軽減される工法があり、以下に示すようなものがある。

- ・置換工法：液状化しやすい土を掘削し、高密度の材料で置換する。
- ・締め固め工法：外力を加え砂地盤の密度を増加させる。
- ・支持杭工法：杭を用い液状化しない層に支持させるとともに杭間地盤を締め固める。
- ・盛土・地下水位低下工法：有効上載荷重を増加させるために、盛土または地下水位を下げる。
- ・排水工法：発生する過剰間隙水圧を排水により消散させる。
- ・せん断変形抑制工法：地盤中に壁状構造物を設け、地盤せん断変形を防止する。
- ・固結工法：緩い砂層を固結させる。

わが国では実用的には、サンドコンパクション工法に代表される地盤の締め固め工法、グラベルドレーン工法などに代表される間隙水圧の消散工法が採用されてきており、対策工法全体の90%あまりを占めている。残りが固結工法などである<sup>14)</sup>。

セメント系固化材を用いた対策工法としては、護岸の安定のために護岸前面の液状化対象層を固結させる工法として柱状改良体を接円状に配置する深層混合処理工法と高圧噴射搅拌工法が採用された例がある<sup>15)</sup>。また、既設の構造物では注入工法が採用されることもある。

建設省土木研究所と民間数社で耐震地盤改良に関する共同研究も実施され、締め固め・排水工法、固化工法、排水補強杭工法が取り上げられている。設計法に関する成果は共同研究報告書（その6）としてまとめられている<sup>16)</sup>。この中で、固化工法を用いる場合の設計の考え方は、対象構造物周辺の液状化地盤を固化することにより構造物の浮き上がり、沈下、側方流動を抑止し、その機能を保持しようとするものである。具体的には、盛土構造物の安定および掘削構造物の安定化対策の検討事例が示されている。

また、地盤中に壁状構造物を設け、地盤せん断変形を防止する方法はアイデアとしては以前からあり、室内実験、模型実験などではその効果が確認されていたが、実工事への応用は始まった段階である。建築基礎に於いては、鹿児島の2次沖積シラス地盤で液状化の可能性のある土層の下部まで固化工法を用いた格子状地盤改良を施工した事例<sup>16)</sup>や東京都江戸川区内の建築物の下部の砂地盤の周囲を深層混合処理工法による改良体を接円状態で配置し周辺地盤と縁を切るとともに内部にも壁状に配置した格子状改良が施工された事例が報告されている<sup>17)</sup>。しかしながら、この工法の有効性が実際の地震で確認された例はなかった。図29は改良体の配置図である。

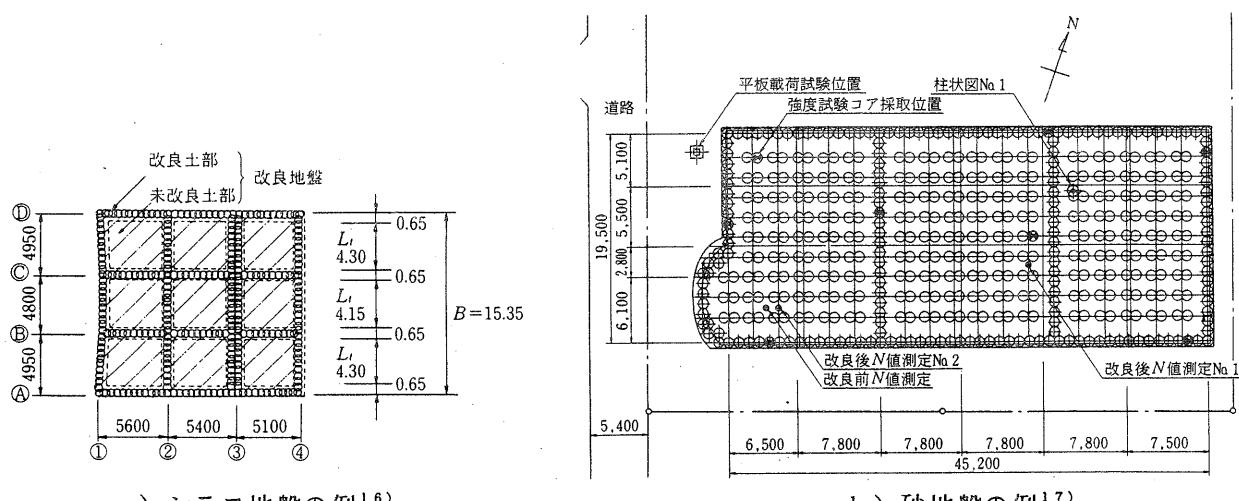


図29 液状化対策としての深層混合工法配置図

今回の地震でまさにこの格子状深層地盤改良工法が適用され、その効果が調査された事例が報告されている<sup>18)</sup>。ここに引用して示す。

神戸市中央区の神戸港中突堤に建設中のホテルの新築工事において液状化対策として支持杭のまわりにセメントスラリーと原地盤で混合したコラムをラップさせて造成し改良土の地中壁を格子状に構築する工法が採用され施工されていた。この工法に期待される効果は、格子内地盤の地震時のせん断変形を抑えることで過剰間隙水圧の発生を抑止し、液状化現象を防止することで杭の水平支持力を確保できることである。図30と図31は杭基礎および格子状改良地盤の長辺方向と短辺方向からみた断面図である。

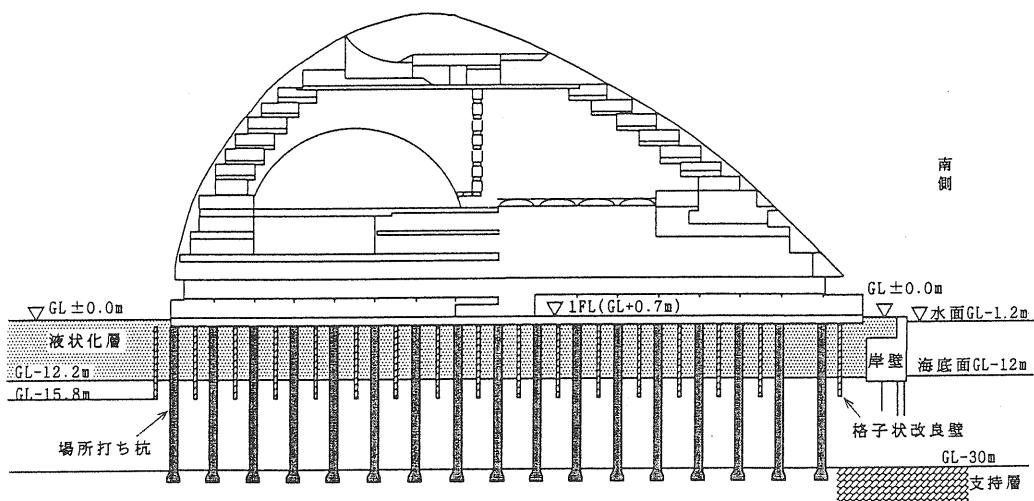


図30 長辺方向からの断面図

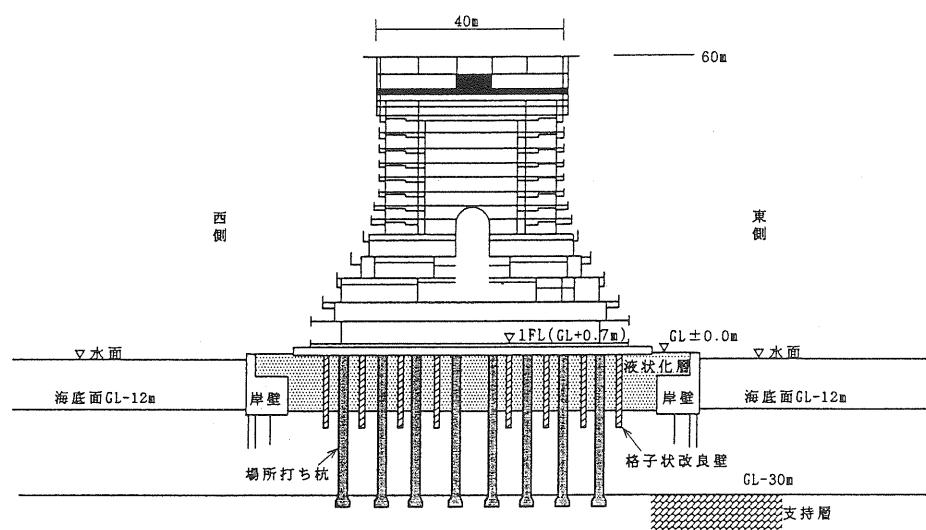


図31 短辺方向からの断面図

図31は突堤内のボーリングの結果から得られた地盤概要であるが、海底面付近の深さ12mまでの層がN値分布から軟弱であることがわかる。また、図32は液状化検討結果を示したものであるが、深さ12mまでの層でFL（液状化安全率）が1を下回っており、液状化の危険性があると考えられた。

標高 GL- (m)	地質区分	土層区分	土層記号	深度 GL- (m)	層厚 (m)	柱状図	N値分布	N値			
								0	20	40	60
0.0	沖積層	埋土	F		12.2		0~22				
20.0	洪積層	砂質土 礫質土 粘性土	Dsc1		10.9		8~60				
30.0	洪積層	粘性土	Dcl		6.8		3~34				
40.0	洪積層	砂質土 礫質土 粘性土	Dsc2		24.0		5~12				
50.0											

図32 突堤内のボーリング結果から得られた地盤概要

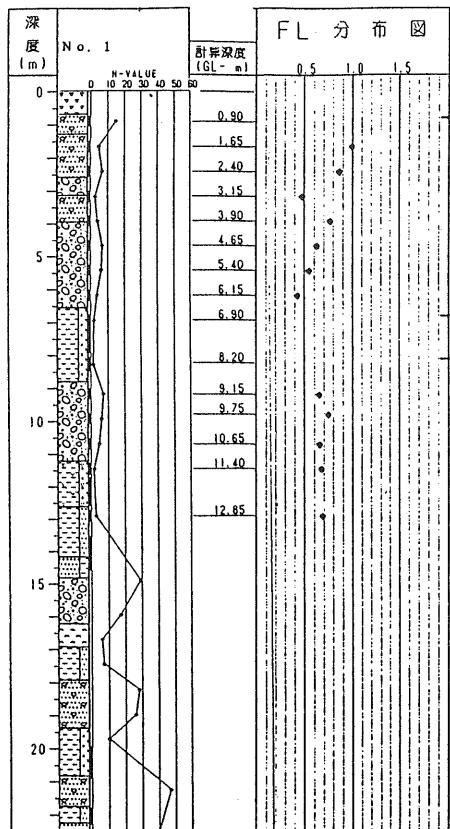


図33 液状化検討結果 地盤のマグニチュード : M = 7.5  
地表面最大水平加速度 :  $\alpha_{max} = 200$  (gal)

液状化対策としては、既存突堤部での工事であるため振動など周辺への影響の少ない工法が要求されたため深層混合処理工法による格子状改良工法が選定された。図3-4は改良体の配置図である。

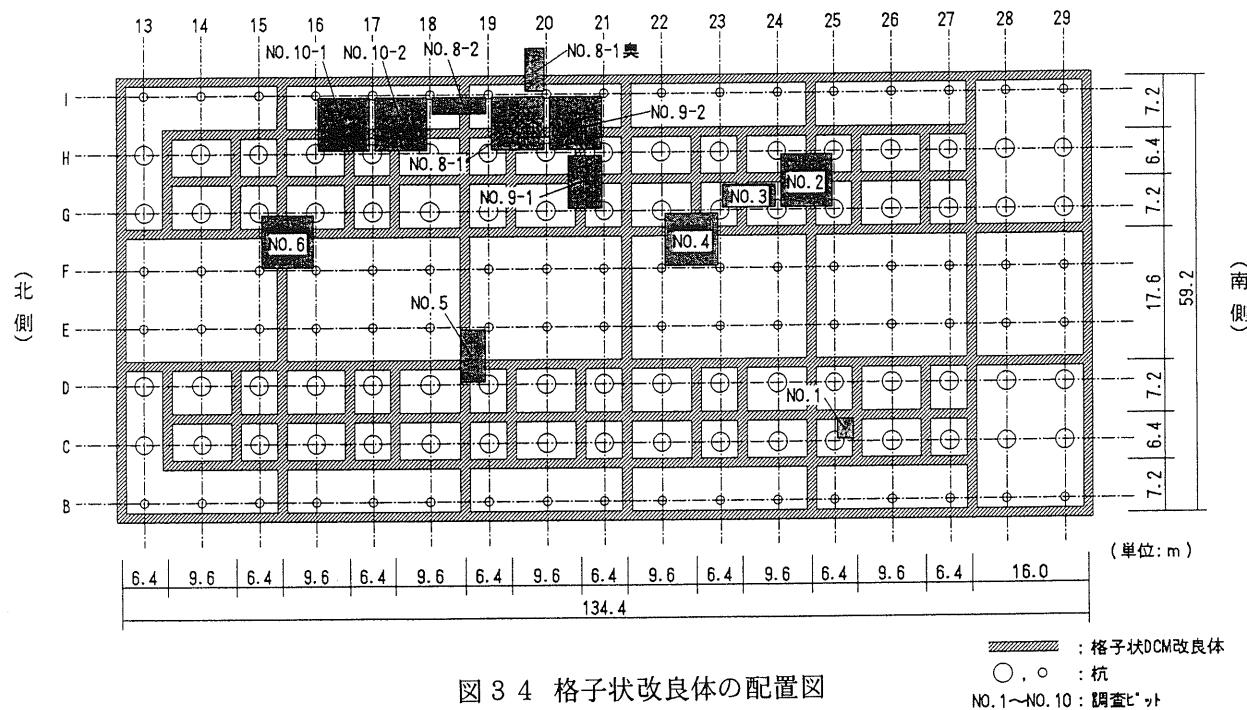


図3-4 格子状改良体の配置図

■ : 格子状DCM改良体  
○, □ : 杭  
NO. 1~NO. 10 : 調査ピット

地震後に液状化抑制効果の調査が実施された。調査は、格子状改良壁で囲まれた地盤の目視観察によって行い、特に基礎梁際の噴砂の有無がポイントとされた。また改良壁の健全度については、掘削して露出させた頭部等で目視観察した。改良体の掘り出し調査の断面図および平面図を図3-5に、また状況写真を写真1-5～1-8に示す。

この結果、突堤の岸壁は大きな被害を受けてかなりの変位を生じたが、格子内の地盤の液状化現象は認められず、格子状地中壁改良工法を適用した建物基礎は被害を受けていないことが確認された。また、改良体の破壊も認められなかったことが報告されており、深層混合処理工法による液状化抑制対策は充分に機能したことが確認されている。

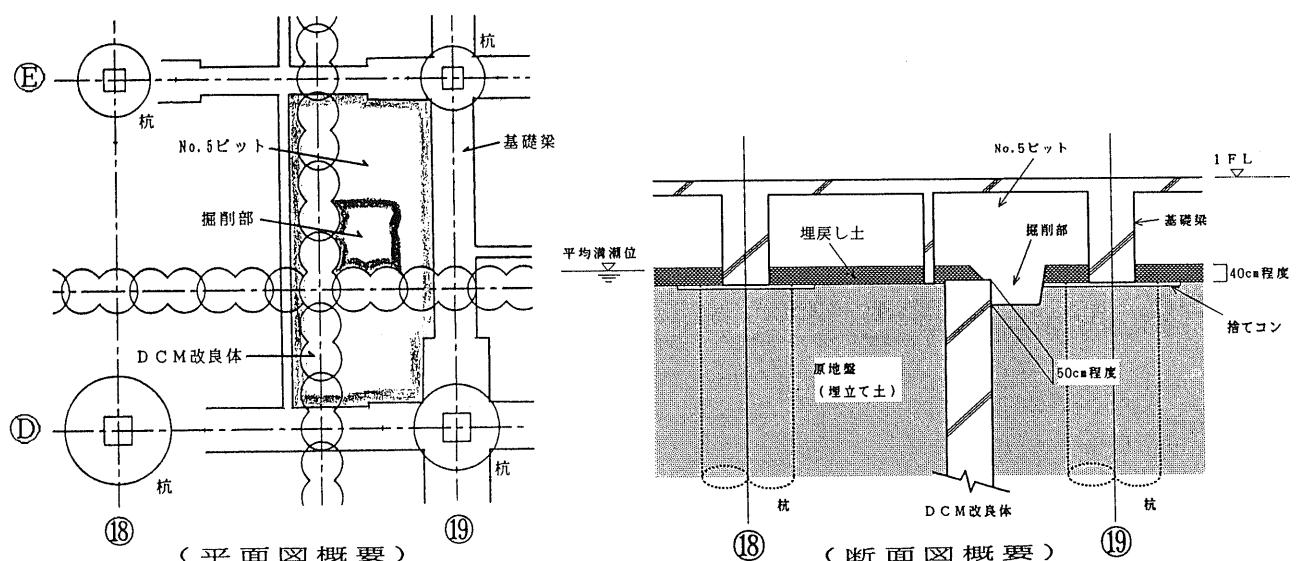


図3-5 No. 5ピットでの改良体の掘り出し調査の断面図および平面図

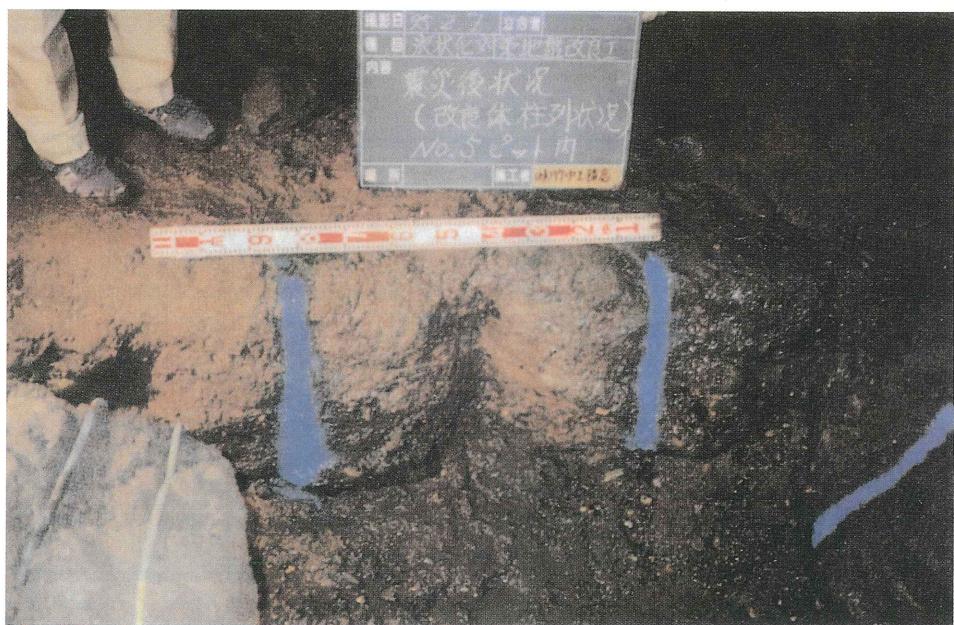


写真15 DCM改良体頭部（2月7日撮影）  
ブルーラインは改良体のセンターを表している。



写真16 改良体交差部  
(手前は原地盤、濁水がみられる)

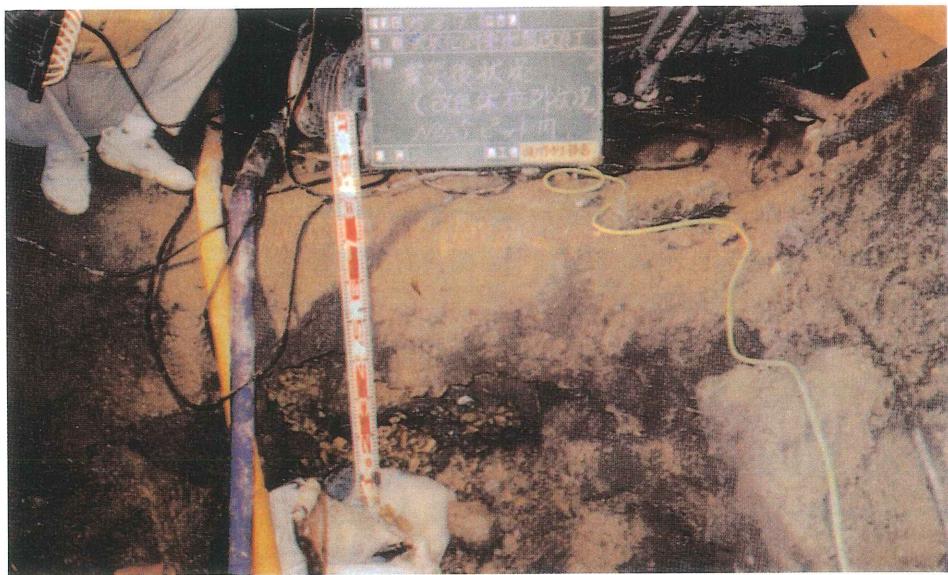


写真17 原地盤～埋戻し土断面

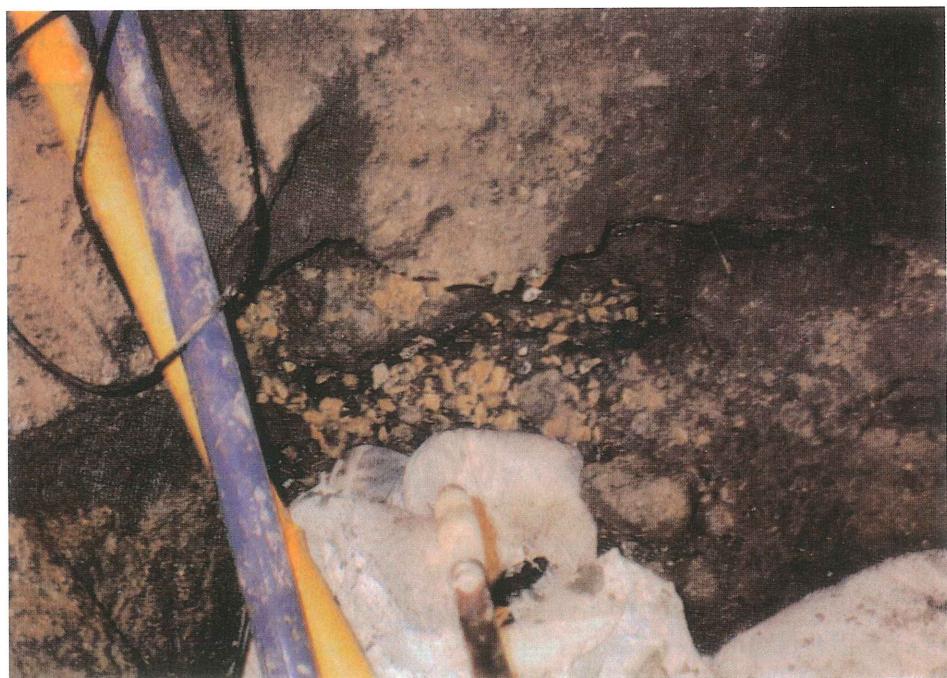


写真18 原地盤～埋戻し土断面（写真17を拡大）

### 3) 今後の課題

セメント系固化材による地盤改良工法は、従来のセメントに加え広範な土質に適用できるセメント系固化材が開発・市販されて以来、着実にその用途を拡大してきた。工法的にも混合精度の向上の工夫や施工管理機器の開発導入により品質の向上が図られてきた。また、超軟弱地盤上など特殊環境での施工の可能な機械の開発が進められることも用途拡大の一因である。最近では建設工事に伴う発生土も有効に利用する際にもセメント系固化材による各種の安定処理工法の有効性が示されつつある。

また先に示したように、この度の地震でも調査範囲に関する限りセメント系固化材による地盤改良を実施した地盤や構造物の被害は軽微であり、深層混合処理工法による格子状改良の液状化対策の有効性も確認される結果となった。

しかしながら、構造物下部の改良地盤そのものの調査は実施できておらず、健全度は確認できていない。また、全層改良や格子状改良のような改良部は周辺地盤と比べて剛性が高くなり、周辺地盤と不連続となることや地震波の伝搬特性や振動特性が上部構造物に与える影響など不明な点も多い。

設計に関しては、先に示した土木構造物に関する考え方があるが今回の震災の分析を等してさらに改良が進められるものと考えられる。また、建築基礎への適用については、各行政で考え方方が異なっているのが現状である。現在、建設省の総合技術開発プロジェクト「大都市地域における地震防災技術の開発」の中でもセメント系固化材を用いた地盤改良の品質の考え方や設計法が検討されている。今後、適用範囲や設計法が統一され地盤改良による基礎工法が受け入れやすくなるものと考えられる。

地震と関連して有識者の見解も示されており、セメント系固化材による地盤改良に関しては以下のように述べられている。

- ・セメント系固化材は、固結工法やせん断変形抑制型の対策工法に中心的に用いられる材料である。今後より広い分野での適用が予想され原位置でのより簡単で確実な改良手法の確立が望まれる<sup>14)</sup>。
- ・建築基礎に於いても地震対策として杭基礎により安定な層に支持させるだけでなく周辺地盤の改良の重要性が認識された<sup>19)</sup>。
- ・液状化対策としてCDM工法が利用されるケースも近ごろ多く、耐震固化壁工法の一種として注目を集めている<sup>20)</sup>。

このように、セメント系固化材を用いた地盤改良は一般用途の他に液状化防止工法としても期待される工法ではあるが、今後解明すべき課題としては以下の項目があげられる。

- ・繰り返し荷重に対する改良土の物性・挙動の解明
- ・地震時の地盤－改良地盤－構造物系の挙動の解明
- ・地震動を受けた改良地盤の詳細調査
- ・施工実績と改良効果に関する資料の収集・蓄積
- ・設計法の確立
- ・地盤改良の施工技術の精度向上
- ・改良地盤の品質確認方法の改良・開発
- ・用途に合わせた固化材の改良・開発

セメント系固化材を用いた地盤改良は、早期に効果が得られること、改良強度の調整が容易である、騒音振動がほとんどないなどの利点を有する一方、場合によっては高価である、pHの影響を考慮する必要があるなどの問題点もある。上記課題の解明とこれらの点を踏まえて、有効に適用されることが望まれる。

## 7.まとめ

セメント系固化材を用いた地盤改良は、改良効果の発現が早いことや残土の発生が抑制される事などの特徴から広い範囲で使われてきた。

今回、阪神大震災被災地域内のヘドロ等の軟弱地盤の固化、路床改良、地盤の強化、構造物基礎地盤改良、戸建住宅・集合住宅や事務所ビル等の建築基礎などセメント系固化材による地盤改良施工物件93件について、工事概要・被害状況の調査シートの集計を行い取りまとめた。

今回の調査では、大部分の物件が震度階6の激震地域にあり、震度階7の烈震地帯の物件が14件あったにも関わらず構造物をも含めて被害が認められなかつたものが大多数で、被害が報告された8件についても軽微な被害であった。また調査物件の周辺状況報告では隣接する地盤や構造物の方が被害が大きい例も多かった。

これらのことよりセメント系固化材による改良地盤は従来の設計の考え方に基づいて設計されたものであるが、わが国でも最大級の地震時にも地震被害を助長した形跡は皆無であり、被害を軽減する方向に機能した例が多かったと考えられる。

改良地盤そのものの被害や挙動については、地盤条件（土質、地下水 etc）や構築物の条件および周辺地盤の挙動等、詳細な調査が必要であり、特に今回の調査では地上部からの目視、観察に限られたため、地中部分の状態が把握できておらず、今後、地中の改良層の性状を確認することも必要である。

また文献に示された情報であるが、対象地域内で液状化対策の目的で深層混合処理工法による格子状改良を実施した工事現場の調査の結果、十分な効果があったことも確認された。

このように、セメント系固化材を用いた地盤改良は従来からの用途とともに液状化対策としての地盤改良工法としてもその効果の実証例ができたことになる。残された問題点への配慮や合理的な設計、入念な施工に留意すれば、セメント系固化材による地盤改良は耐震面でも充分にその任に耐えうるものであると考えられる。

以上

## [参考文献、資料]

- 1) ウベハウス(株)「わが家」臨時増刊号 平成7年3月1日
- 2) 毎日新聞社；阪神大震災全記録 p160
- 3) 関西地震動観測研究協議会；関西地震動観測研究協議会によって観測された速度波形
- 4) 関西地震動観測研究協議会；関西地震動観測研究協議会の速度波形より求めた最大加速度分布状況
- 5) 神戸市；神戸の地盤
- 6) 土質工学会関西支部；関西地盤
- 7) 土木学会；阪神大震災震災調査 第二次報告会資料、p113
- 8) 大崎 順彦；地震と建築、岩波書店
- 9) 土木学会；阪神大震災震災調査 第二次報告会資料、p41、47、118
- 10) 日経B P社；土木が遭遇した阪神大震災、p63
- 11) 土木学会；阪神大震災震災調査 第二次報告会資料、p38
- 12) 日経B P社；土木が遭遇した阪神大震災、p51、56
- 13) 社団法人 セメント協会；「セメント系固化材による地盤改良マニュアル」
- 14) 嘉門雅史；阪神・淡路大震災による液状化災害と地盤改良
- 15) 建設省土木研究所他；耐震地盤改良工法に関する共同研究報告書（その6）、平成4年3月
- 16) 鈴木 他；固化工法による耐液状化基礎地盤改良工事例、基礎工、p87－95、1989.6
- 17) 日比野信一、片岡 智；テノコラム工法による基礎地盤改良工事例、基礎工、p122－127、1991.6
- 18) (株)竹中工務店；阪神大震災調査報告 第2報
- 19) 坂口 理；セメント新聞、平成7年3月20日
- 20) 新 諭吉；CDM工法、建設工業新聞、平成7年5月17日

資料 - 1

## 調査結果一覧表



No	件名	場所	所改良内容	改良目的	工法	対象土質	改良深度(m)	固化材の種類添付量(kg/m <sup>3</sup> )	施工時期	地盤状況の変化状況	改良効果	比較		
												改良(%)	未改良地(%)	
1	社員寮(8階)	戸屋市東平町	中差層	支持力	粉体搅拌	シルト	12φ500 802本	延長202.4.8	一般軟弱土用	300	被害無し	無し	被害無し	無し
2	店舗(S造2階)	戸屋市東平町	中差層	支持力	粉体搅拌	砂質土	3φ500 247本	2.7	一般軟弱土用	H4.1.0	被害無し	無し	被害無し	無し
3	戸建て住宅	戸屋市川西町	差層	支持力	バックホウ	シルト質	1	80	一般軟弱土用	100 H6.1.1	被害無し	無し	被害無し	無し
4	(5階)マンション	戸屋市竹園町	中差層	支持力	粉体搅拌	20	φ600 117本	1.9	一般軟弱土用	H3.1.0	被害無し	無し	被害無し	無し
5	リバウンド	伊丹市西桑津町	中差層	基礎	スラリー一慣性	砂質土	φ800 146本	1.9	一般軟弱土用	200 H1.9	被害無し	無し	やや有り	周辺家庭に多数の倒壁がある。
6	戸建住宅(5階)	加古川市新野町	中差層	支持力	スラリー一慣性	シルト質	10	104	一般軟弱土用	300 H5.5	被害無し	無し	被害無し	無し
7	マンション	洲本市宇山	中差層	基礎	スラリー一慣性	シルト質	9φ500 52本	5~5.5	一般軟弱土用	250 H2.10	被害無し	無し	被害無し	無し
8	ビル(RC造6階)	神戸市須磨区太田町	中差層	支持力	スラリー一慣性	埋土	23φ800 253本	1.0~5.0	一般軟弱土用	H3.1.0	被害無し	無し	被害無し	無し
9	神戸市須磨区太田町	中差層	支持力	土留め先行	バックホウ	シルト質	2	5720.7.1.2	一般軟弱土用	90 H3.3	被害無し	無し	被害無し	無し
10	物流センター	神戸市垂水区東京	差層	支持力	高圧噴射(CJG)	粘性土			普通ボルトランジメント	H5.3	被害無し	無し	被害無し	無し
11	トンネル工事	神戸市垂水区小東山	中差層	支持力	バックホウ	粘性土	1.0.2.0		一般軟弱土用	H4.1.0	被害無し	無し	被害無し	無し
12	トンネル工事	神戸市垂水区神谷木見地内	差層	支持力	バックホウ	粘性土	5	1.5	一般軟弱土用	100 H3.1.1	被害無し	無し	近隣木造家屋の瓦が落下、若干有り	
13	ハイバス	神戸市垂水区神谷木見地内	差層	支持力	バックホウ	シルト質	約10000φ10000	1.5	一般軟弱土用	80~1 0.0	S56.1	1	被害無し	無し
14	ハイバスコンテナ	神戸市中央区	差層	支持力	スラリー一慣性	シルト質	18本	1.65~3.8	一般軟弱土用	325	被害無し	無し	やや有り	周辺木造家屋の瓦が落下、若干有り
15	ホテル(5階)	神戸市中央区旗塚通	中差層	支持力	スラリー一慣性	シルト質	φ1000 194	0.5	一般軟弱土用	80~1 0.0	被害無し	無し	やや有り	周辺木造家屋の瓦が落下、若干有り
16	駐車場	神戸市中央区港島中	差層	支持力	バックホウ	砂質土	CBR20%	5000	一般軟弱土用	80 S56.1	被害無し	無し	やや有り	周辺木造家屋の瓦が落下、若干有り
17	長田区総合庁舎	神戸市長田区北町	差層	支持力	バックホウ	シルト質	2	4500	一般軟弱土用	100 H3..10	一	亀裂	無し	やや有り
18	ストックヤード	神戸市東灘区	差層	支持力	バックホウ	シルト質			一般軟弱土用	沈下	被害無し	無し	被害無し	無し
19	港運六甲倉	神戸市東灘区	差層	支持力	バックホウ	シルト質	CBR10%	9000.5	一般軟弱土用	80 H5.9	被害無し	無し	あまり	周辺木造家屋の瓦が落下、若干有り
20	倉庫	神戸市東灘区	差層	支持力	バックホウ	シルト質			一般軟弱土用	沈下	被害無し	無し	被害無し	無し
21	駐車場(ブルール施設)	神戸市東灘区	差層	路床改良	バックホウ	シルト質			一般軟弱土用	沈下	被害無し	無し	被害無し	無し
22	ドフ2.3番	神戸市東灘区御影町	差層	支持力	バックホウ	シルト質	CBR20%	約3000φ3500	一般軟弱土用	80~1 0.0	被害無し	無し	被害無し	無し
23	店舗(1階)	神戸市東灘区向洋中	差層	支持力	バックホウ	シルト質	2.3φ500 247本	2.3	一般軟弱土用	H4.3	被害無し	無し	被害無し	無し
24	幼稚園	神戸市東灘区向洋東	差層	支持力	バックホウ	砂質土	1.5	1115	一般軟弱土用	150 H4.9	被害無し	無し	被害無し	無し
25	六甲アライアンス	神戸市東灘区向洋東	差層	改良立上げ	バックホウ	砂質土	CBR20%	7000	一般軟弱土用	50 H5..6	一	亀裂	無し	あまり
26	六甲アライアンス	神戸市東灘区向洋東	差層	支持力	粉体搅拌	砂質土	60	1300	一般軟弱土用	H4.6	被害無し	無し	被害無し	無し
27	倉庫	神戸市東灘区向洋東	差層	改良立上げ	バックホウ	砂質土	5	1	一般軟弱土用	80 H6.1.0	被害無し	無し	被害無し	無し
28	(6階)マンション	神戸市東灘区吉宮	中差層	支持力	粉体搅拌	砂質土	φ500 0	2	一般軟弱土用	H5.6	被害無し	無し	被害無し	無し
29	戸建て住宅	神戸市東灘区住吉東	中差層	支持力	粉体搅拌	砂質土	φ400 0	1.8	一般軟弱土用	延長51.1.0	被害無し	無し	被害無し	無し
30	(5階)マンション	神戸市東灘区西岡本	中差層	支持力	粉体搅拌	砂質土	1.05~2.6	512.5	一般軟弱土用	H1.9	被害無し	無し	被害無し	無し
31	戸建て住宅	神戸市東灘区西岡本	中差層	基礎	粉体搅拌	砂質土	7.5	1	一般軟弱土用	200 H5..3	亀裂	無し	被害無し	無し
32	(2階)マンション	神戸市東灘区田中3丁目	差層	支持力	バックホウ	シルト質	1	40	一般軟弱土用	300 H2..5	被害無し	無し	被害無し	無し
33	(4階)マンション	神戸市東灘区本庄2	中差層	支持力	バックホウ	シルト質	1.8	1.8	一般軟弱土用	100 H6..1.2	被害無し	無し	被害無し	無し
34	戸建て住宅	神戸市東灘区五毛通町	中差層	支持力	粉体搅拌	砂質土	φ500 4.5本	3.0~4.0	一般軟弱土用	110 H5..9	被害無し	無し	被害無し	無し
35	戸建て住宅	神戸市東灘区五毛通町	中差層	支持力	粉体搅拌	砂質土	φ400 0	2.50	一般軟弱土用	H1.9	被害無し	無し	被害無し	無し
36	戸建て住宅	神戸市東灘区五毛通町	中差層	支持力	バックホウ	シルト質	延長76.0	2.51	一般軟弱土用	100 H5..2.8	被害無し	無し	被害無し	無し
37	戸建て住宅	神戸市東灘区五毛通町	中差層	支持力	粉体搅拌	砂質土	φ400 0	397.2.0	一般軟弱土用	295 H6..1.2	被害無し	無し	被害無し	無し
38	景観住宅	神戸市東灘区高津町	差層	支持力	バックホウ	砂質土	3	500	一般軟弱土用	100 H4..3	被害無し	無し	被害無し	無し







No	件名	所改良内容	改良目的	工法	対象土質	目標強度( $\text{kgf/cm}^2$ )	改良深さ(m)	コラム改良深さ(m)	施工時期	地盤の被覆状況	被覆状況の有無	比較
85	マンション 尼崎市武庫之荘 （6階）	表層 基礎	バックホウ シルト質	バックホウ シルト質	スラリー搅拌 支持力	3	6	6	H4. 8	被覆無し	被覆無し	やや有り
86	マンション 尼崎市武庫之荘 1丁目 （3階）	中深層 基礎	バックホウ シルト質	バックホウ シルト質	スラリー搅拌 支持力	3	6	5. 5	H5. 1. 2	被覆無し	被覆無し	やや有り
87	戸建て住宅 （RC造3階）	表層 基礎	バックホウ シルト質	バックホウ シルト質	スラリー搅拌 支持力	1	112	1. 1	H5. 1. 2	被覆無し	被覆無し	あまり
88	尼崎市立花2丁目 （8階）	中深層 基礎	シルト質	シルト質	スラリー搅拌 支持力	9 000～10 000 φ36本	9 36本	5	H5. 1. 1	被覆無し	被覆無し	やや有り
89	マンション 宝塚市 酒造倉庫（S5階3階）	中深層 基礎	シルト質	シルト質	スラリー搅拌 支持力	10	567	6	H3. 4	被覆無し	被覆無し	頗著
90	県営住宅（5階）	中深層 基礎	シルト質	シルト質	スラリー搅拌 支持力	10	140	2. 5～3. 0	H2. 6	被覆無し	被覆無し	頗著
91	宝塚市安倉2丁目 （5階）	中深層 基礎	シルト質	シルト質	スラリー搅拌 支持力	10	292	5	H5. 5	被覆無し	被覆無し	頗著
92	マンション 宝塚市光明町 （4階）	中深層 基礎	砂質土	砂質土	スラリー搅拌 支持力	9 φ500 50本	4. 8	4. 8	H1. 5	被覆無し	被覆無し	やや有り
93	明石市櫛江越前 （11階）	表層 基礎	バックホウ シルト質	バックホウ シルト質	バックホウ シルト質	3. 5	946. 0	9. 5～2. 3	H5. 9	被覆無し	被覆無し	やや有り



## 資料 - 2

### 事例集

No	事例名	所在地	構造物等概要	改良工法
1	建築基礎地盤改良	神戸市東灘区西岡本	5階建て集合住宅	表層改良
2	建築基礎	芦屋市業平町	8階建て社員寮	中深層改良(粉体混合)
3	建築基礎	西宮市甲風園	3階建て集合住宅	中深層改良(粉体混合)
4	建築基礎	西宮市若草町	2階建て戸建住宅	中深層改良(粉体混合)
5	建築基礎	西宮市能登町	2階建て戸建住宅	中深層改良(粉体混合)
6	橋脚基礎地盤補強	西宮市鳴尾浜	橋脚	中深層改良(高圧噴射)

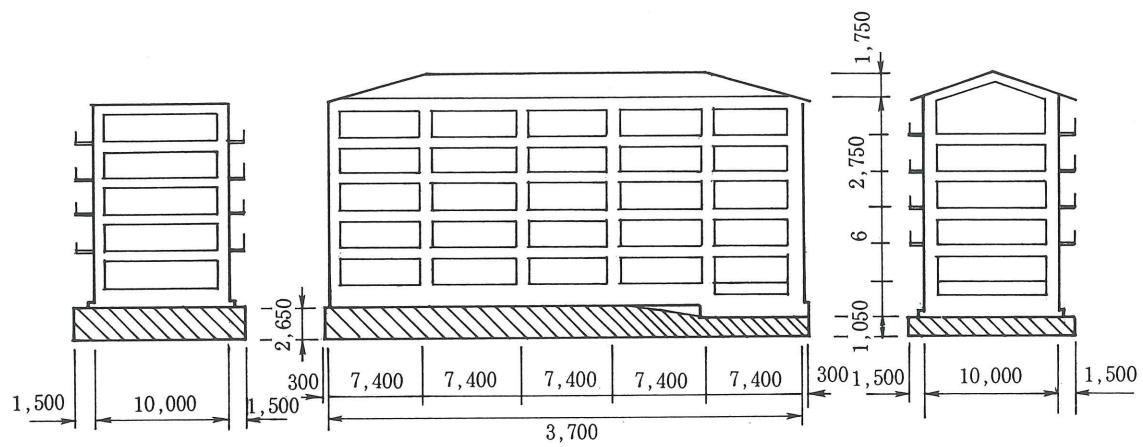


## 調査事例 1

N o .	3 0	事例の概要	鉄筋コンクリート 5 階建て集合住宅基礎地盤改良
地盤条件と地盤改良深さ			
深度 (m)	土質 記号	N 値	地盤改良の深度・形式
		10 20 30 40	
1		●	
2		●	
3		●	
4		●	
5		●	
6		●	
7		●	
8		●	
9		●	
10		●	
11		●	
12		●	
13		●	
14		●	
15		●	

地盤伏せ・改良平面・改良体配置





表層改良地盤



北側建屋全景

建屋外面は被害ごく軽微

(西端部分にクラック)

建屋の偏心なし

建屋外構は一部被害





南側木造家屋倒壊状況



東側木造家屋倒壊状況



## 調査事例 2

N o. 31	事例の概要	鉄筋コンクリート8階建て集合住宅(社員寮)基礎地盤改良	
地盤条件と地盤改良深さ			
深度 (m)	土質 記号	N 値 10 20 30 40	
1	1	10 20 30 40	地盤改良の深度・形式
2	2		
3	3		
4	4		
5	5		
6	6		
7	7		
8	8		
9	9		
10	10		
11	11		
12	12		
13	13		
14	14		
15	15		

地盤改良の深度・形式

The diagram shows soil profiles from 1m to 15m depth. N values are plotted against depth for various soil layers. Foundation treatment depths are indicated by arrows pointing downwards from the surface. At 1m depth, N values are 10, 20, 30, 40. At 3.5m depth, N values are 10, 20, 30, 40. At 8m depth, N values are 10, 20, 30, 40. At 10m depth, N values are 10, 20, 30, 40.

基础伏せ・改良平面・改良体配置

The left part is a foundation plan showing a 2D layout of columns labeled F2, F4, F9, F13, and F6. Column F9 is highlighted. Column dimensions are given as 3,500, 6,000, 6,000, 3,500, 6,000. The right part is a cross-section of column F9 showing reinforcement bars LD16, LD13, and LD10. The section is labeled "DSP地盤改良 (幅500mm ピッチ500mm)".

図-10 A通り軸組図

DSP改良体の配置(F9の場合)



### 調査事例 3

No. 55		事例の概要		鉄筋コンクリート3階建て集合住宅基礎地盤改良			
		地盤条件と地盤改良深さ					
深度 (m)	土質 記号	N 値				地盤改良の深度・形式	
		10	20	30	40		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

基礎伏せ・改良平面・改良体配置	
(X)	1800 635 1165 200 3000 9000 3000 3000 1000 2100 550 300
(X2)	2400 1400 1000 150 650 650 1300 400 350 350 200 200 1700 1500 4200 8000 15400 7400
(F)	6/16 6/17 6/20 6/21 6/22 6/23 6/24 6/25 6/26 6/27 6/28 6/29 6/30 6/31 6/32 6/33 6/34 6/35 6/36 6/37 6/38 6/39 6/40 6/41 6/42 6/43 6/44 6/45 6/46 6/47 6/48 6/49 6/50 6/51 6/52 6/53 6/54 6/55 6/56 6/57 6/58 6/59 6/60 6/61 6/62 6/63 6/64 6/65 6/66 6/67 6/68 6/69 6/70 6/71 6/72 6/73 6/74 6/75 6/76 6/77 6/78 6/79 6/80 6/81 6/82 6/83 6/84 6/85 6/86 6/87 6/88 6/89 6/90 6/91 6/92 6/93 6/94 6/95 6/96 6/97 6/98 6/99 6/100 6/101 6/102 6/103 6/104 6/105 6/106 6/107 6/108 6/109 6/110 6/111 6/112 6/113 6/114 6/115 6/116 6/117 6/118 6/119 6/120 6/121 6/122 6/123 6/124 6/125 6/126 6/127 6/128 6/129 6/130 6/131 6/132 6/133 6/134 6/135 6/136 6/137 6/138 6/139 6/140 6/141 6/142 6/143 6/144 6/145 6/146 6/147 6/148 6/149 6/150 6/151 6/152 6/153 6/154 6/155 6/156 6/157 6/158 6/159 6/160 6/161 6/162 6/163 6/164 6/165 6/166 6/167 6/168 6/169 6/170 6/171 6/172 6/173 6/174 6/175 6/176 6/177 6/178 6/179 6/180 6/181 6/182 6/183 6/184 6/185 6/186 6/187 6/188 6/189 6/190 6/191 6/192 6/193 6/194 6/195 6/196 6/197 6/198 6/199 6/200 6/201 6/202 6/203 6/204 6/205 6/206 6/207 6/208 6/209 6/210 6/211 6/212 6/213 6/214 6/215 6/216 6/217 6/218 6/219 6/220 6/221 6/222 6/223 6/224 6/225 6/226 6/227 6/228 6/229 6/230 6/231 6/232 6/233 6/234 6/235 6/236 6/237 6/238 6/239 6/240 6/241 6/242 6/243 6/244 6/245 6/246 6/247 6/248 6/249 6/250 6/251 6/252 6/253 6/254 6/255 6/256 6/257 6/258 6/259 6/260 6/261 6/262 6/263 6/264 6/265 6/266 6/267 6/268 6/269 6/270 6/271 6/272 6/273 6/274 6/275 6/276 6/277 6/278 6/279 6/280 6/281 6/282 6/283 6/284 6/285 6/286 6/287 6/288 6/289 6/290 6/291 6/292 6/293 6/294 6/295 6/296 6/297 6/298 6/299 6/300 6/301 6/302 6/303 6/304 6/305 6/306 6/307 6/308 6/309 6/310 6/311 6/312 6/313 6/314 6/315 6/316 6/317 6/318 6/319 6/320 6/321 6/322 6/323 6/324 6/325 6/326 6/327 6/328 6/329 6/330 6/331 6/332 6/333 6/334 6/335 6/336 6/337 6/338 6/339 6/340 6/341 6/342 6/343 6/344 6/345 6/346 6/347 6/348 6/349 6/350 6/351 6/352 6/353 6/354 6/355 6/356 6/357 6/358 6/359 6/360 6/361 6/362 6/363 6/364 6/365 6/366 6/367 6/368 6/369 6/370 6/371 6/372 6/373 6/374 6/375 6/376 6/377 6/378 6/379 6/380 6/381 6/382 6/383 6/384 6/385 6/386 6/387 6/388 6/389 6/390 6/391 6/392 6/393 6/394 6/395 6/396 6/397 6/398 6/399 6/400 6/401 6/402 6/403 6/404 6/405 6/406 6/407 6/408 6/409 6/410 6/411 6/412 6/413 6/414 6/415 6/416 6/417 6/418 6/419 6/420 6/421 6/422 6/423 6/424 6/425 6/426 6/427 6/428 6/429 6/430 6/431 6/432 6/433 6/434 6/435 6/436 6/437 6/438 6/439 6/440 6/441 6/442 6/443 6/444 6/445 6/446 6/447 6/448 6/449 6/450 6/451 6/452 6/453 6/454 6/455 6/456 6/457 6/458 6/459 6/460 6/461 6/462 6/463 6/464 6/465 6/466 6/467 6/468 6/469 6/470 6/471 6/472 6/473 6/474 6/475 6/476 6/477 6/478 6/479 6/480 6/481 6/482 6/483 6/484 6/485 6/486 6/487 6/488 6/489 6/490 6/491 6/492 6/493 6/494 6/495 6/496 6/497 6/498 6/499 6/500 6/501 6/502 6/503 6/504 6/505 6/506 6/507 6/508 6/509 6/510 6/511 6/512 6/513 6/514 6/515 6/516 6/517 6/518 6/519 6/520 6/521 6/522 6/523 6/524 6/525 6/526 6/527 6/528 6/529 6/530 6/531 6/532 6/533 6/534 6/535 6/536 6/537 6/538 6/539 6/540 6/541 6/542 6/543 6/544 6/545 6/546 6/547 6/548 6/549 6/550 6/551 6/552 6/553 6/554 6/555 6/556 6/557 6/558 6/559 6/560 6/561 6/562 6/563 6/564 6/565 6/566 6/567 6/568 6/569 6/570 6/571 6/572 6/573 6/574 6/575 6/576 6/577 6/578 6/579 6/580 6/581 6/582 6/583 6/584 6/585 6/586 6/587 6/588 6/589 6/590 6/591 6/592 6/593 6/594 6/595 6/596 6/597 6/598 6/599 6/600 6/601 6/602 6/603 6/604 6/605 6/606 6/607 6/608 6/609 6/610 6/611 6/612 6/613 6/614 6/615 6/616 6/617 6/618 6/619 6/620 6/621 6/622 6/623 6/624 6/625 6/626 6/627 6/628 6/629 6/630 6/631 6/632 6/633 6/634 6/635 6/636 6/637 6/638 6/639 6/640 6/641 6/642 6/643 6/644 6/645 6/646 6/647 6/648 6/649 6/650 6/651 6/652 6/653 6/654 6/655 6/656 6/657 6/658 6/659 6/660 6/661 6/662 6/663 6/664 6/665 6/666 6/667 6/668 6/669 6/670 6/671 6/672 6/673 6/674 6/675 6/676 6/677 6/678 6/679 6/680 6/681 6/682 6/683 6/684 6/685 6/686 6/687 6/688 6/689 6/690 6/691 6/692 6/693 6/694 6/695 6/696 6/697 6/698 6/699 6/700 6/701 6/702 6/703 6/704 6/705 6/706 6/707 6/708 6/709 6/710 6/711 6/712 6/713 6/714 6/715 6/716 6/717 6/718 6/719 6/720 6/721 6/722 6/723 6/724 6/725 6/726 6/727 6/728 6/729 6/730 6/731 6/732 6/733 6/734 6/735 6/736 6/737 6/738 6/739 6/740 6/741 6/742 6/743 6/744 6/745 6/746 6/747 6/748 6/749 6/750 6/751 6/752 6/753 6/754 6/755 6/756 6/757 6/758 6/759 6/760 6/761 6/762 6/763 6/764 6/765 6/766 6/767 6/768 6/769 6/770 6/771 6/772 6/773 6/774 6/775 6/776 6/777 6/778 6/779 6/780 6/781 6/782 6/783 6/784 6/785 6/786 6/787 6/788 6/789 6/790 6/791 6/792 6/793 6/794 6/795 6/796 6/797 6/798 6/799 6/800 6/801 6/802 6/803 6/804 6/805 6/806 6/807 6/808 6/809 6/810 6/811 6/812 6/813 6/814 6/815 6/816 6/817 6/818 6/819 6/820 6/821 6/822 6/823 6/824 6/825 6/826 6/827 6/828 6/829 6/830 6/831 6/832 6/833 6/834 6/835 6/836 6/837 6/838 6/839 6/840 6/841 6/842 6/843 6/844 6/845 6/846 6/847 6/848 6/849 6/850 6/851 6/852 6/853 6/854 6/855 6/856 6/857 6/858 6/859 6/860 6/861 6/862 6/863 6/864 6/865 6/866 6/867 6/868 6/869 6/870 6/871 6/872 6/873 6/874 6/875 6/876 6/877 6/878 6/879 6/880 6/881 6/882 6/883 6/884 6/885 6/886 6/887 6/888 6/889 6/890 6/891 6/892 6/893 6/894 6/895 6/896 6/897 6/898 6/899 6/900 6/901 6/902 6/903 6/904 6/905 6/906 6/907 6/908 6/909 6/910 6/911 6/912 6/913 6/914 6/915 6/916 6/917 6/918 6/919 6/920 6/921 6/922 6/923 6/924 6/925 6/926 6/927 6/928 6/929 6/930 6/931 6/932 6/933 6/934 6/935 6/936 6/937 6/938 6/939 6/940 6/941 6/942 6/943 6/944 6/945 6/946 6/947 6/948 6/949 6/950 6/951 6/952 6/953 6/954 6/955 6/956 6/957 6/958 6/959 6/960 6/961 6/962 6/963 6/964 6/965 6/966 6/967 6/968 6/969 6/970 6/971 6/972 6/973 6/974 6/975 6/976 6/977 6/978 6/979 6/980 6/981 6/982 6/983 6/984 6/985 6/986 6/987 6/988 6/989 6/990 6/991 6/992 6/993 6/994 6/995 6/996 6/997 6/998 6/999 6/1000 6/1001 6/1002 6/1003 6/1004 6/1005 6/1006 6/1007 6/1008 6/1009 6/1010 6/1011 6/1012 6/1013 6/1014 6/1015 6/1016 6/1017 6/1018 6/1019 6/1020 6/1021 6/1022 6/1023 6/1024 6/1025 6/1026 6/1027 6/1028 6/1029 6/1030 6/1031 6/1032 6/1033 6/1034 6/1035 6/1036 6/1037 6/1038 6/1039 6/1040 6/1041 6/1042 6/1043 6/1044 6/1045 6/1046 6/1047 6/1048 6/1049 6/1050 6/1051 6/1052 6/1053 6/1054 6/1055 6/1056 6/1057 6/1058 6/1059 6/1060 6/1061 6/1062 6/1063 6/1064 6/1065 6/1066 6/1067 6/1068 6/1069 6/1070 6/1071 6/1072 6/1073 6/1074 6/1075 6/1076 6/1077 6/1078 6/1079 6/1080 6/1081 6/1082 6/1083 6/1084 6/1085 6/1086 6/1087 6/1088 6/1089 6/1090 6/1091 6/1092 6/1093 6/1094 6/1095 6/1096 6/1097 6/1098 6/1099 6/1100 6/1101 6/1102 6/1103 6/1104 6/1105 6/1106 6/1107 6/1108 6/1109 6/1110 6/1111 6/1112 6/1113 6/1114 6/1115 6/1116 6/1117 6/1118 6/1119 6/1120 6/1121 6/1122 6/1123 6/1124 6/1125 6/1126 6/1127 6/1128 6/1129 6/1130 6/1131 6/1132 6/1133 6/1134 6/1135 6/1136 6/1137 6/1138 6/1139 6/1140 6/1141 6/1142 6/1143 6/1144 6/1145 6/1146 6/1147 6/1148 6/1149 6/1150 6/1151 6/1152 6/1153 6/1154 6/1155 6/1156 6/1157 6/1158 6/1159 6/1160 6/1161 6/1162 6/1163 6/1164 6/1165 6/1166 6/1167 6/1168 6/1169 6/1170 6/1171 6/1172 6/1173 6/1174 6/1175 6/1176 6/1177 6/1178 6/1179 6/1180 6/1181 6/1182 6/1183 6/1184 6/1185 6/1186 6/1187 6/1188 6/1189 6/1190 6/1191 6/1192 6/1193 6/1194 6/1195 6/1196 6/1197 6/1198 6/1199 6/1200 6/1201 6/1202 6/1203 6/1204 6/1205 6/1206 6/1207 6/1208 6/1209 6/1210 6/1211 6/1212 6/1213 6/1214 6/1215 6/1216 6/1217 6/1218 6/1219 6/1220 6/1221 6/1222 6/1223 6/1224 6/1225 6/1226 6/1227 6/1228 6/1229 6/1230 6/1231 6/1232 6/1233 6/1234 6/1235 6/1236 6/1237 6/1238 6/1239 6/1240 6/1241 6/1242 6/1243 6/1244 6/1245 6/1246 6/1247 6/1248 6/1249 6/1250 6/1251 6/1252 6/1253 6/1254 6/1255 6/1256 6/1257 6/1258 6/1259 6/1260 6/1261 6/1262 6/1263 6/1264 6/1265 6/1266 6/1267 6/1268 6/1269 6/1270 6/1271 6/1272 6/1273 6/1274 6/1275 6/1276 6/1277 6/1278 6/1279 6/1280 6/1281 6/1282 6/1283 6/1284 6/1285 6/1286 6/1287 6/1288 6/1289 6/1290 6/1291 6/1292 6/1293 6/1294 6/1295 6/1296 6/1297 6/1298 6/1299 6/1300 6/1301 6/1302 6/1303 6/1304 6/1305 6/1306 6/1307 6/1308 6/1309 6/1310 6/1311 6/1312 6/1313 6/1314 6/1315 6/1316 6/1317 6/1318 6/1319 6/1320 6/1321 6/1322 6/1323 6/1324 6/1325 6/1326 6/1327 6/1328 6/1329 6/1330 6/1331 6/1332 6/1333 6/1334 6/1335 6/1336 6/1337 6/1338 6/1339 6/1340 6/1341 6/1342 6/1343 6/1344 6/1345 6/1346 6/1347 6/1348 6/1349 6/1350





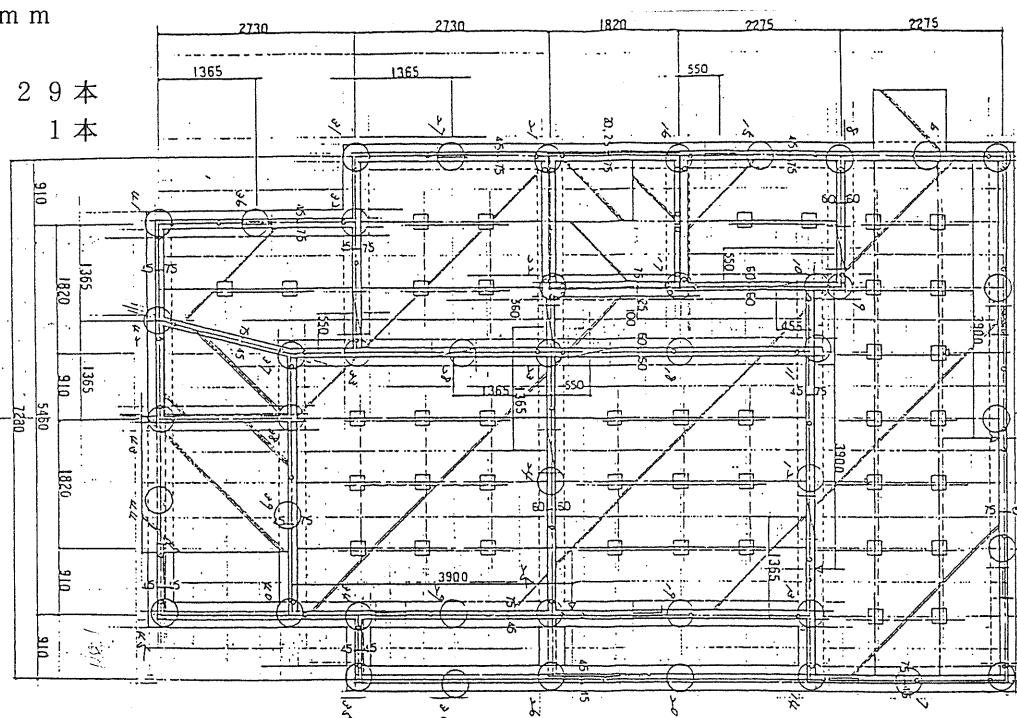
調査対象集合住宅



線路を隔てた倒壊した住宅の状況



## 調査事例 4

No. 60	事例の概要	戸建て住宅基礎地盤改良（平地）
地盤条件と地盤改良深さ		所在地 西宮市若草町
深度 (m)	推定 土質	荷重 $W_{sw}$ kgf 50
		半回転数 / m 50 100 150
1.0		
2.0		
3.0		
4.0		
5.0		
6.0		
7.0		
地盤改良深度		
		-0.3m
		-4.6m
基礎伏せ・改良平面・改良体配置		
$\phi 400 \text{ mm}$ 実長： 4.4 m : 29本 2.8 m : 1本		
		





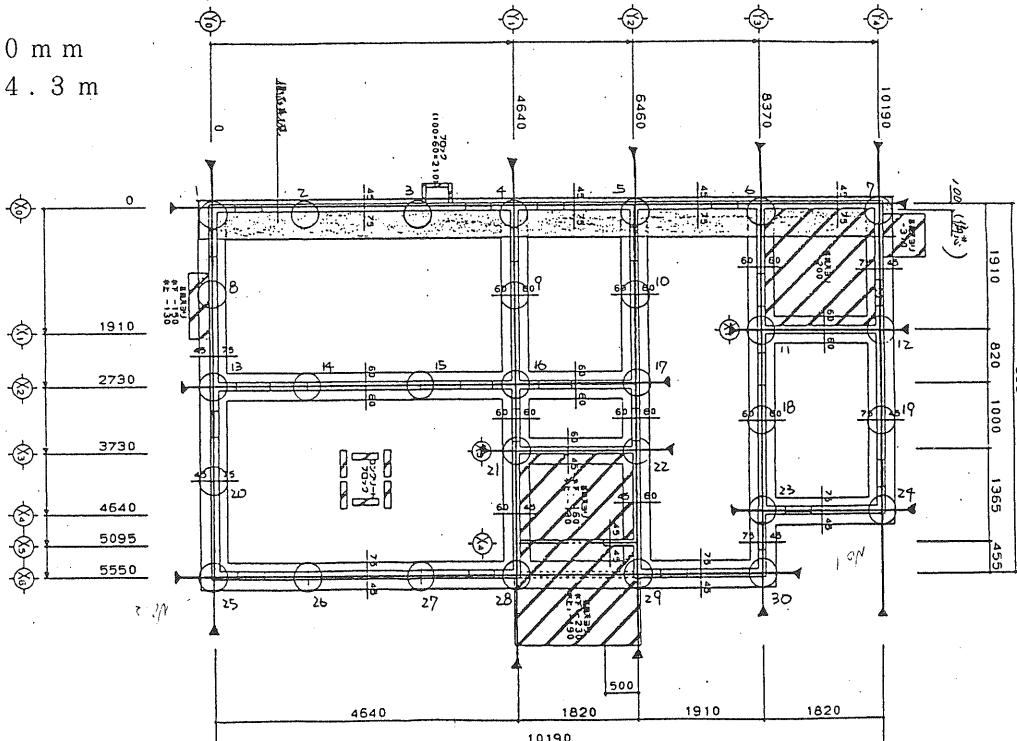
調査 No. 60 戸建て  
西宮市若草町  
正面玄関横より  
建物の変形や外壁のひびわれはみられない。



調査 No. 60 戸建て  
西宮市若草町  
正面玄関横より  
周辺の木造家屋にわずかな損傷がみられる。



## 調査事例 5

No. 71		事例の概要		戸建て住宅基礎地盤改良（平地）																						
地盤条件と地盤改良深さ						所在地		西宮市能登町																		
深度 (m)	推定 土質	荷重 $W_{swkgf}$ 50	半回転数 / m			荷重 $W_{swkgf}$ 50	半回転数 / m			地盤改良深度																
1. 0			50 100 150				50 100 150			- 0.3m																
N o. 1		N o. 2																								
7. 0																										
基礎伏せ・改良平面・改良体配置																										
$\phi 400 \text{ mm}$ 実長 : 4.3 m 45本																										
																										
1972.2.2																										





調査 No. 71 戸建て  
西宮市能登町  
建物横より全景  
周辺家屋のブロック塀の倒壊がみられる。



調査 No. 71 戸建て  
西宮市能登町  
建屋と庭  
建物の変形や外壁のひびわれはみられない。



## 調査事例 6

N o .	7 3	事例の概要	橋脚基礎周辺地盤改良
地盤条件と地盤改良深さ			
深度 (m)	土質 記号	N 値 10 20 30 40	地盤改良の深度・形式
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
基礎伏せ・改良平面・改良体配置			



資料 - 3

## 関 連 新 聞 記 事



# 地盤改良が有効 建築基礎

耐震  
対策  
阪口理教 授が見解



阪神大震災では建築基礎  
に大きな被害が認められてい  
る。建築学会で同委員会を組織し

て本格的な調査研究に入る予定であり、建設省も建築研究所第四研究部住宅建設研究室の二木幹夫室長をリーダーとする調査委員会を現地に派遣。三月十日に大阪市内で第一回委員会を開催し、翌十一～十二日の二日間、神戸市の山側を中心見て回った。

（写真）近畿大学理工学部建築学科教授＝写真＝は「一般地盤の場合、コンクリート杭を数多く打ち込むことによる地盤の強度増加が、周辺地盤との強度差がありすぎたのが原因だ」とし、対策として固化材の使用が有効だと強調する。

阪口教授が住宅・都市整備公団に在職していた昭和三十七年、浜田子園に四～五階建ての団地一〇〇棟（合計四、五〇〇戸）の建設にあたり、不動建設のバ

基础への影響に関するデータをじつているが、今回の損傷被害の程度は宮城県沖地震のものによく似ている。地盤改良をせず、単にコンクリート杭を打ち込んだものは基礎の真（ま）下でせん断破壊を起こしている。周辺地盤との強度差がありすぎたのが原因だ」とし、対策として固化材の使

用が有効だと強調する。阪口教授が住宅・都市整備公団に在職していた昭和三十七年、浜田子園に四～五階建ての団地一〇〇棟（合計四、五〇〇戸）の建設にあたり、不動建設のバ

イプロ・コンポーザで周辺

地盤を締め固めた。現在の

サンドコンパクションに相

当する工法だが、三十年余

りを経過した現在、今回の

大地震でも一帯の団地は無

事に残った。「近くの道路

が液状化するなどかなりの

被害を受けている中で、特

に極立っていた」という。

建築基礎に関する調査、

検討はこれから本格化して

いく。その過程で、地盤改

良の必要性が深く認識され

ると同時に、セメント系固

化材の果たす役割について

も一層、クローズアップさ

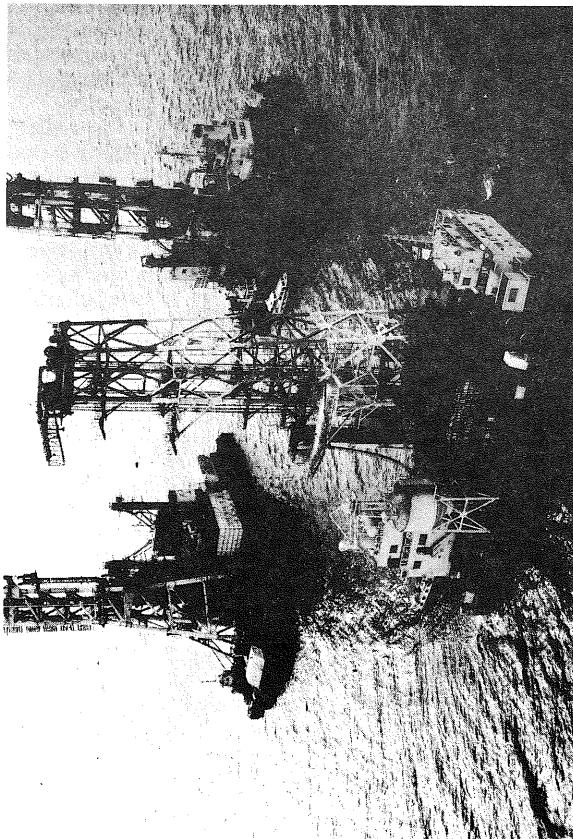
れていく見通しにある。

平成7年3月20日 セメント新聞より抜粋





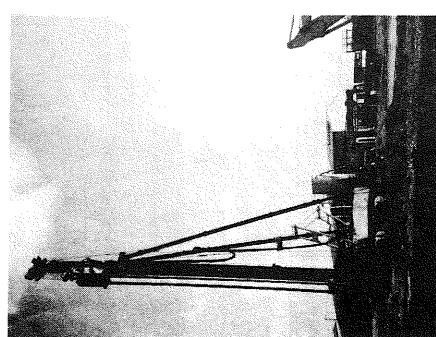
# CDM工法 (セメント系深層混合処理工法)



海上工場

An aerial photograph captures the Costa Concordia cruise ship listing heavily to its starboard side. The ship's white hull and numerous decks are visible, though tilted at an angle. The surrounding water is dark and choppy, with some light reflecting off the surface near the vessel. The horizon is visible in the distance under a dark sky.

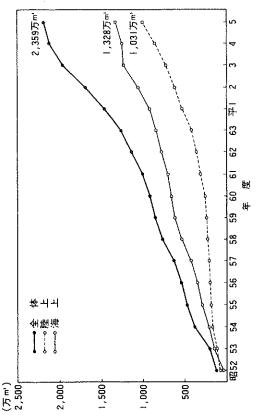
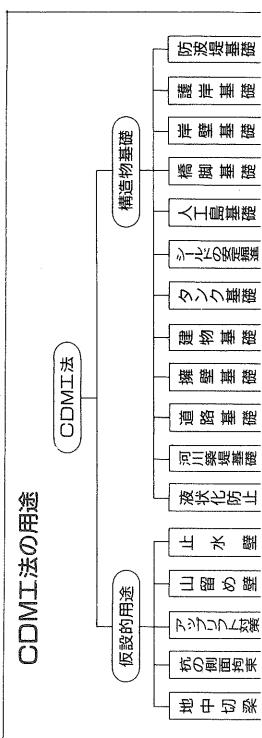
A composite image consisting of two photographs. The larger left photograph shows a large white satellite dish antenna mounted on a steep, rocky cliff face. The smaller right photograph is a close-up view of a mechanical arm or tool, possibly used for maintenance or installation work.



六甲アイランドの試験工事

液状化対策で注目

三三〇万







# 兵庫県南部地震被害状況報告

土木学会誌編集委員会作成



速報

# 兵庫県南部地震被害状況報告

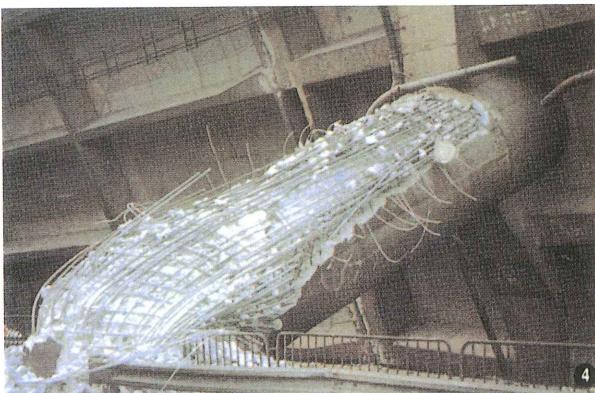
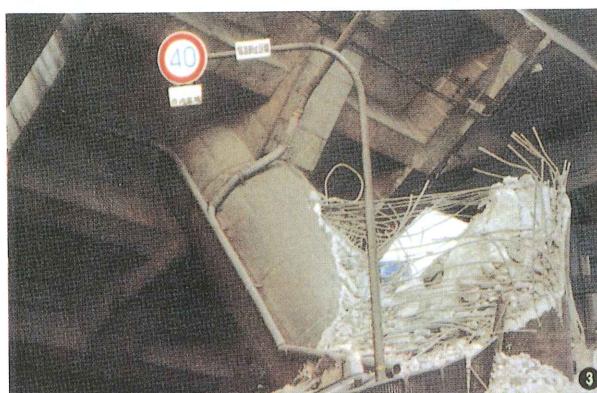
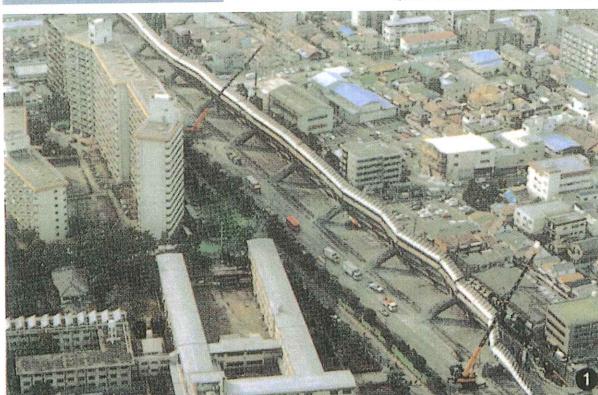
平成7年1月17日午前5時46分ごろ、淡路島北部（北緯34.6度、東経135.0度）を震央（震源の深さ約20km）とするマグニチュード7.2の直下型地震が近畿地方を襲い、多くの死傷者を出すなど、各地に甚大な被害をもたらしました。

ここでは速報として、土木構造物を中心とした主な被害状況について写真でご報告します。

土木学会誌編集委員会

## 高速道路

〈阪神高速道路3号神戸線・神戸市東灘区〉



〈阪神高速道路3号神戸線・西宮市西宮インター附近〉



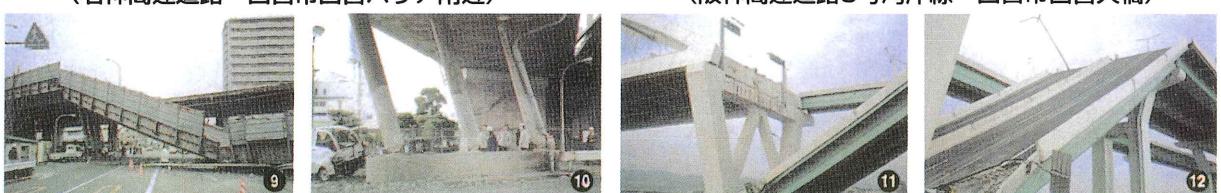
兵庫県南部地震の被災地の皆様に心からお見舞申し上げます。一日も早く復旧されますようお祈り申し上げます。

平成7年1月 社団法人 土木学会

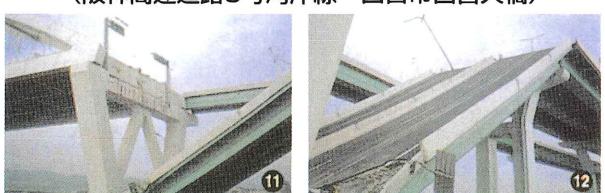
〈阪神高速道路3号神戸線・西宮市西宮戒神社附近〉



〈名神高速道路・西宮市西宮バリア附近〉

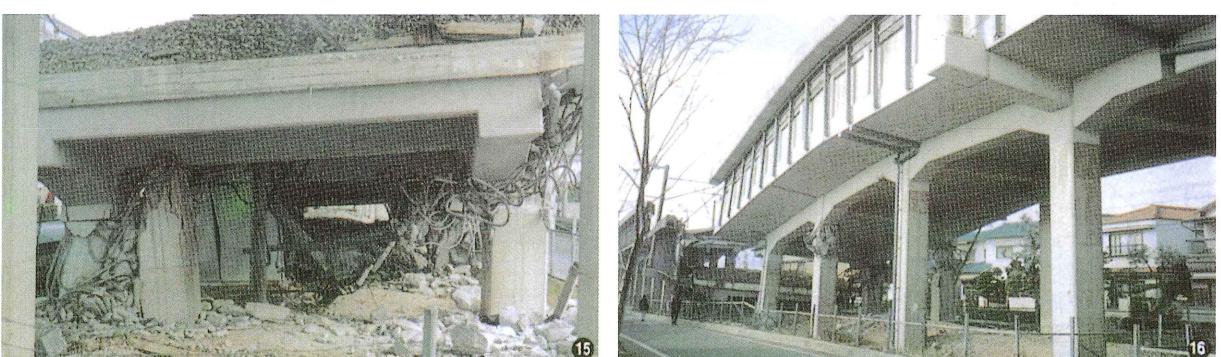
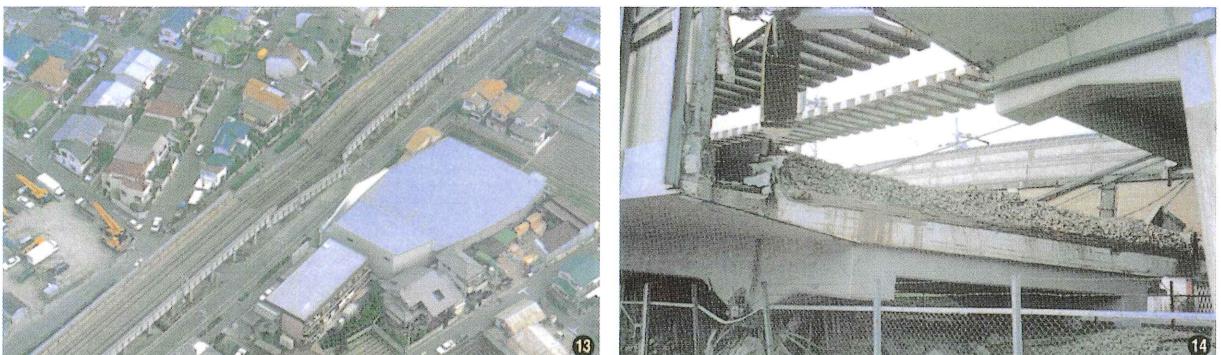


〈阪神高速道路5号湾岸線・西宮市西宮大橋〉



## 新幹線

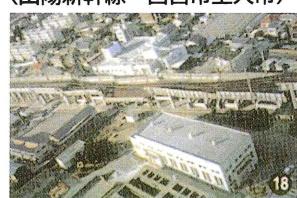
〈山陽新幹線・伊丹市野間〉



〈山陽新幹線・尼崎市下食満〉



〈山陽新幹線・西宮市上大市〉



## 在来線

〈東海道線・神戸市六甲道～灘間〉



〈東海道線・神戸市住吉～六甲道間〉



〈阪神電鉄・神戸市東灘区石屋川車庫〉



〈阪神電鉄・神戸市東灘区御影留置線〉



阪神電鉄・神戸市新在家～石屋川間



〈阪神電鉄・神戸市灘区大石～新在家間〉



〈阪急電鉄・伊丹市伊丹駅〉



## 港ほか

〈コンテナバース・神戸市六甲アイランド〉



〈コンテナバース・神戸市ポートアイランド〉



〈神戸大橋ポートターミナル取付部・神戸市〉



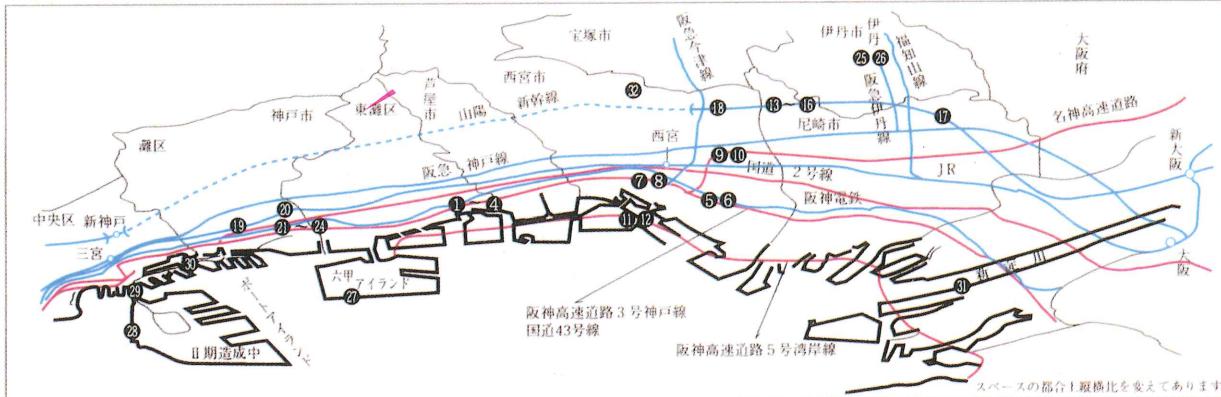
〈摩耶大橋・神戸市〉



〈新淀川河口附近・大阪市此花区西島〉



〈地すべり・西宮市仁川〉



写真提供 No.1.13.25 アジア航測(株), No.21.22.23.24 運輸省・阪神電気鉄道(株), No.17.18.19.20 運輸省・西日本旅客鉄道(株), No.28 運輸省, No.29 國土庁  
※「速報」掲載のため、2月号の発行が遅れましたことをお詫びいたします。

# 追補



阪神・淡路大震災では、各種の土木、建築構造物が壊滅的な被害を受けた。このことは、基礎構造に関わる研究者、技術者にとって大きな衝撃と多くの課題を与え、公的な設計・施工指針類の見直しの契機となった。特に、セメント系固化材による地盤改良工法は、軟弱地盤の支持力の増強や変形の防止、圧密対策のみでなく、液状化防止を図る上でも有効な基礎工法の一つとして「地盤改良の効果」を認知させた。

### 1. セメント系固化材に関わる地盤改良と液状化などをキーワードとした研究発表の動向

セメント協会ジオセメント研究グループでは、これまでに1986年から1998年までの13年間における「地盤工学研究発表会発表講演集」、雑誌「基礎工」、雑誌「土と基礎」、雑誌「土木技術」などの文献から「セメント系固化材を用いた液状化」に関する文献を調査した。その中で、キーワードを地盤改良、液状化、セメント安定処理、深層混合処理などとした場合、128件の文献が抽出され、セメント系固化材を用いた液状化に関する研究・開発が盛んに行われていることの知見を得た。

また、建築分野での基礎構造における最近10年間の日本建築学会大会学術講演での発表件数ならびに研究項目の推移を調査した（表－1、図－1）。その結果、阪神・淡路大震災を契機に発表件数が増加し、建築基礎に関わる研究・開発が盛んに行われていた。特に、研究項目の地盤改良、液状化については、セメント系固化材による地盤改良工法に関連した研究・開発が目立っていることの知見も得られた。

表－1 日本建築学会大会における研究発表の動向

研究項目	1993年度		1994年度		1995年度		1996年度		1997年度	
	地盤調査	10	杭(鉛直)	19	地盤改良、地盤調査	30	杭の鉛直、支持力特性	20	杭の水平抵抗	22
地盤改良	9	杭(水平)	14	杭(鉛直)、杭(引抜き)	20	沈下	11	杭の鉛直支持力	17	
動的問題	16	液状化	13	連続地中壁、沈下	20	土の性質	7	山留め、掘削	8	
アンカー	14	動的問題	14	アンカー・山留め	30	動的問題	13	沈下	3	
山留め	5	沈下	9	杭(水平)、地震応答、	29	阪神・淡路大震災	32	地盤アンカー	4	
連壁	13	地盤改良	28	液状化	10	地盤改良	20	土の性質調査、地盤の支持力、地下外壁、地盤改良	45	
杭(鉛直)	19	山留め	8	阪神・淡路大震災	16	杭の水平抵抗	30	阪神・淡路大震災、液状化、動的問題	41	
杭(水平)	10	アンカー	2			地下外壁	20			
沈下	6	地下外壁	18			液状化	18			
変形	12	土の性質	11			アンカー	5			
		杭頭接合	8			山留め	4			
発表件数	114		144		155		180		140	
<hr/>										
研究項目	1998年度		1999年度		2000年度		2001年度		2002年度	
	動的問題	30	杭の水平抵抗	43	沈下	12	杭(水平)	53	地盤改良	19
液状化	22	揚所打ち杭の品質管理	8	土の性質・調査、地盤アンカー他	10	土の性質・調査、沈下、その他	35	液状化	11	
土の性質・調査	9	土の性質・山留め、連続地下壁、地盤アンカー、地下工事	42	地盤の支持力、地盤改良	15	連続地中壁、山留め、地盤環境問題	31	動的問題	20	
地盤の支持力	5	地盤の支持力、載荷試験、杭の支持力特性、沈下	46	山留め	15	杭(鉛直)	20	杭(鉛直)	17	
地下外壁	7	液状化、応答変位法、地盤改良	40	連続地中壁、杭の鉛直支持力	51	液状化	12	杭(水平)	45	
杭(水平)	40			杭の水平抵抗	55	地盤改良	21	土の性質、地盤の支持力	12	
地盤アンカー	5			液状化、動的問題	30			山留め	12	
杭(鉛直)	18							併用基礎	12	
沈下	12							沈下	15	
山留め	7									
その他	16									
発表件数	171		179		188		172		163	

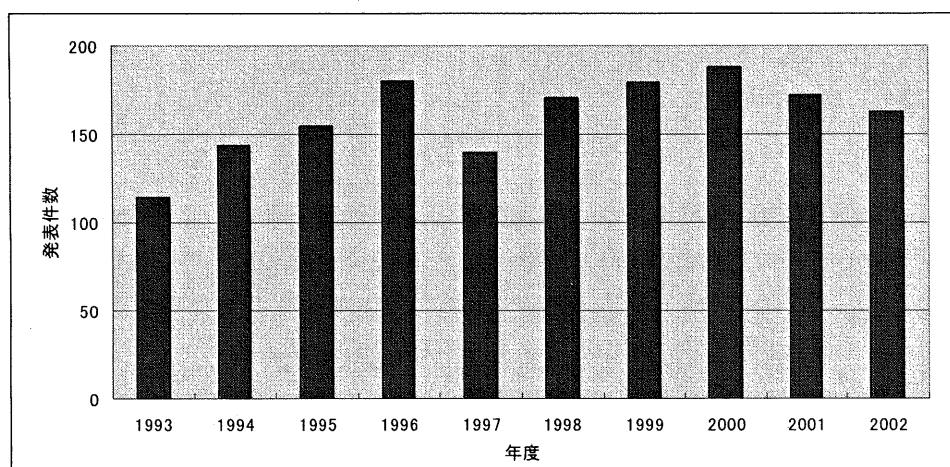


図-1 日本建築学会大会における発表件数の推移

## 2. 建築物とセメント系固化材による地盤改良

前述の研究発表の動向にも見られるように、化学的固化作用を利用したセメント系固化材による地盤改良の利用が多くなっている。また、従来行われてきた仕様設計から性能設計への移行に伴い、設計者が種々の要求性能を設定し、具体的な検討を行うようになってきた。

これまで、セメント系固化材による建築物の地盤改良では、例えば、改良地盤の強度などにバラツキがあること、改良地盤の評価が必ずしも確立されていないことなどを理由に、建築確認などの行政面において解釈の相違が見られていたが、旧建設省が中心となって行ってきた建設省総合技術開発プロジェクト「大都市地域における地震防災技術の開発」（セメント協会も共同研究者として参画）における成果を踏まえ、1997年に日本建築センターより「建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」が出され、セメント系固化材により地盤改良された改良体の要求性能ならびに品質管理手法などが示された。その後、2002年に同センターより改訂版が出され、国土交通省告示第1113号\*に整合した改良体の許容応力度や改良地盤の許容支持力などの内容の修正、設計基準強度の確認方法、さらには改良体から溶出する恐れのある六価クロムに対し、現時点における通達の規定やこれに関連する様々な知見が盛り込まれた。

また、日本建築学会「建築基礎構造設計指針」においては、2001年に改訂版が出され、基礎構造種別ごとに各限界状態の要求性能の設定、具体的な検討項目そして確認方法が明示された。

その中で、「建築における地盤改良の適用」では、阪神・淡路大震災において各種の締固め工法や固化工法（深層混合改良体の格子状配置など）の効果が述べられている。

\* 国土交通省告示第1113号

建築基準法の改正により、「構造関係基準の性能規定化」という新たな検証ルートがスタートし、地盤・基礎に関する検証として、短期許容応力度が定められ、中地震動時の検証が義務付けられた。改正以前までは法律的にその扱いが不明確であったため、一般的な設計が困難であったセメント系地盤改良体の許容応力度が、平成13年7月2日付国土交通省告示第1113号（地盤の許容応力度及び基礎ぐいの許容支持力を定める方法）に示された。

- ・第1の規定では、地盤調査の方法を明記している。引抜き試験(杭及びアンカー)、載荷試験(コラムなど)、静的貫入試験(含スウェーデン式サウンディング)など。
- ・第2の規定では、地盤の許容応力度式の変更を明記している。
- ・第3の規定では、セメント系固化材を用いて改良された地盤の改良体の許容応力度を求める方法を明記している。
- ・第4の規定では、改良された地盤の許容応力度を求める方法中、実況に応じた試験として平板載荷試験または載荷試験を明記している。
- ・第5～第8 略

### 3. セメント系固化材の需要動向

セメント系固化材は1970年代から使用されはじめ、その後、各種の地盤改良工法が開発されるに伴って、その需要量が増大し、社会資本整備の一助として地盤改良工事などに多用されている(図-2)。中でも、従来からの地盤改良工事である「浅層改良」、「深層改良」、「路床・路盤の安定処理」以外に、最近ではセメント系固化材が「建築基礎」、「環境保全のための固化処理」として積極的に使われている。

セメント系固化材はポルトランドセメントを主成分として、スラグ、フライアッシュなどのポジラン材、アルミナセメント、超速硬セメント、石こうなどの強度増進材などを添加、または成分を調整し製造されたものである。その特徴は、従来の石灰やセメントなどでは固化させにくい土質や現場の条件に対応した固化性能を有することが特徴である(表-2)。

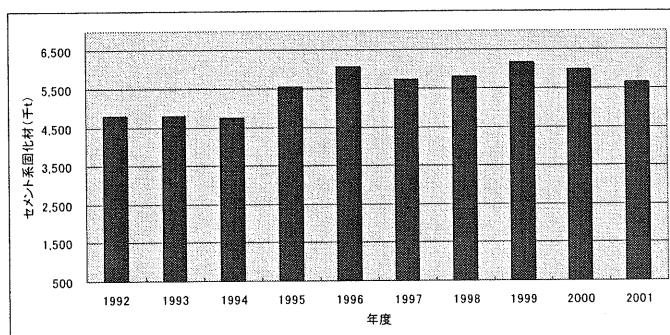


図-2 過去10年間のセメント系固化材の需要動向  
(1992年度～2001年度)

表2 セメント系固化材の種類

種類	適用
一般軟弱土用	軟弱地盤、汎用品
高有機質土用	腐植土を含む土
発塵抑制型	散布、施工時の発塵抑制
特殊土用	Cr(VI)溶出量抑制

#### 【参考図書】

- ◇ 日本建築センター、「建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」  
—セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法—、1997年
- ◇ 建築技術1998年2月号、特集「建築と地盤改良」、pp. 83～pp. 157
- ◇ 日本建築学会、建築基礎構造設計指針、2001.
- ◇ 日本建築センター、改訂版「建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」  
—セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法—、2002年
- ◇ 基礎工2002年2月号、特集「建築基礎構造設計指針-改訂のポイント-」、pp. 1～73
- ◇ 建築技術2002年3月号、特集「新基準法に基く基礎設計の検討例」、pp. 87～pp. 183
- ◇ 基礎工2002年10月号、特集「基礎工における最近の話題と工夫」、pp. 6～9



ISBN4-88175-058-5 C3358 ¥952E

---

阪神・淡路大震災地盤改良調査報告書（追補版）

定価1,000円(本体952円) 送料実費

1995年11月 発刊

1997年8月 2版

2000年2月 3版

2003年9月 4版(追補) 編集 社団法人 セメント協会

監修 京都大学防災研究所

教授 嘉門雅史

印刷所 有限会社 プリントニューライフ

発行所 社団法人 セメント協会

〒104-0032 東京都中央区八丁堀4-5-4

TEL 03-3523-2701

FAX 03-3523-2700

---

