

幕張テクノガーデン建設工事で用いたアンカーの設計・施工

北 村 俊 男*
多 賀 雅 泰**

1. はじめに

当建物は、最近のウォーターフロント計画として注目を集めている千葉県千葉市幕張新都心計画の一街区に位置する。この東京湾北東部にあたる幕張地区は、昭和40年代から埋め立てられたもので、地下水位が高く、敷地内にある地域冷暖房施設に対する浮上がり防止対策が必要となった。ここでは、現在建設中の「幕張テクノガーデン」で用いられたSTK 永久アンカーの設計・施工および引抜き試験の概要を紹介する。

2. 建築概要

建物名称：幕張テクノガーデン
建設地：千葉県千葉市中瀬1丁目3番
主要用途：事務所、R & D（研究開発）・研修・教育・飲食・体育施設、地域冷暖房施設、駐車場
敷地面積：45 581 m²
建築面積：27 080 m²
延床面積：216 195 m²
建物規模：高層棟；地下1階，地上25階，塔屋1階
低層棟；地下1階，地上7階 他
構造種別：高層棟；鉄骨造
低層棟；鉄骨鉄筋コンクリート造 他
建築主：(株) 幕張テクノガーデン
設計監理：共同企業体（清水建設，新日本製鐵，日本電信電話）



* Toshio KITAMURA
清水建設（株）
構造設計第一部部长



** Masayasu TAGA
清水建設（株）
構造設計第一部

施工：共同企業体（清水建設，新日本製鐵，川崎製鐵，日本電信電話）

工期：昭和62年12月～平成2年3月

アンカー施工：構造工事

3. 敷地地盤概要

建設地は、図-1の案内図に示すように東京湾北東部の幕張A地区と呼ばれる埋立地の一画である。この埋立地の造成事業は、千葉県企業庁により、稲毛～検見川の地区を含めて昭和44年10月から昭和53年3月までの約

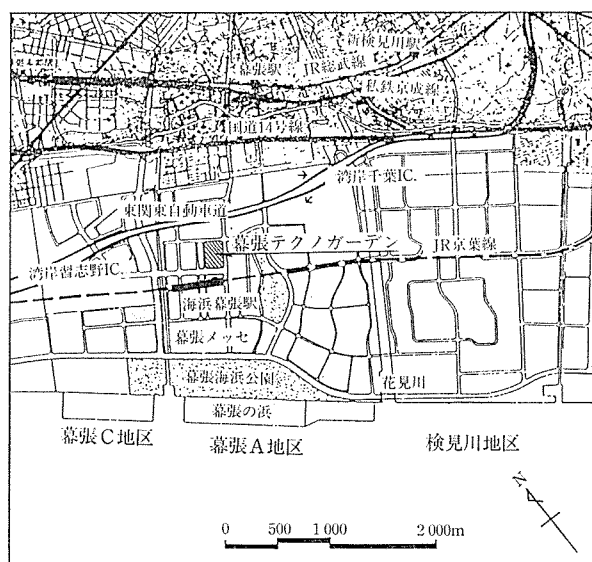


図-1 案内図



写真-1 模型写真

9年の歳月をかけて、海岸沿いに約6.5km、沖に向かって約2.5kmに及ぶ海域を浚渫埋立したものであり、幕張地区ではほぼ昭和52年ごろに埋立が完了している。

本敷地内で行った21本のボーリング調査および土質試験結果の中で、本工法施工位置（敷地北角）に最も近いボーリングによれば、図-2に示す地質の構成となっている。

すなわち、地表面（GL=AP+4.7m）よりGL-4.8m程度までは埋土（ N 値1~12）、GL-4.8m~25.6m程度までは沖積層砂層（ N 値3~25）、GL-25.6m~30.6m程度までは沖積層粘性土層（ N 値0~2, $q_u=1.21\sim1.77\text{ kg/cm}^2$, $C_u=0.51\sim0.88\text{ kg/cm}^2$, $P_c=2.49\sim3.05\text{ kg/cm}^2$ ）、GL-30.6m~31.5m程度までは成田層上部粘性土層（ N 値8, $q_u=1.56\text{ kg/cm}^2$, $C_u=0.77\text{ kg/cm}^2$, $P_c=2.94\text{ kg/cm}^2$ ）、GL-31.5m~34.0m程度までは成田層上部砂層（ N 値33~41）、GL-34.0m~34.8m程度までは成田層下部粘性土層（ N 値27）、GL-34.8mより下層は N 値50以上のよく締まった成田層下部砂層が続く。地表面および地層は若干の不陸があるが概ね水平であり、支持層の深さはほぼ同じである。

GL-25.6m~30.6mの沖積層粘性土層は、過圧密状態にあることを確認しており、また、地下水位は高

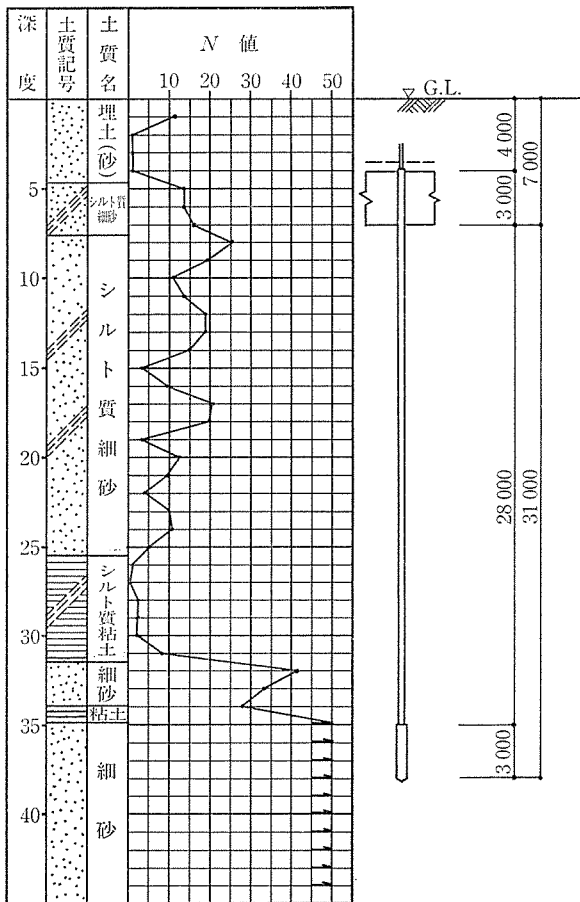


図-2 地質構成

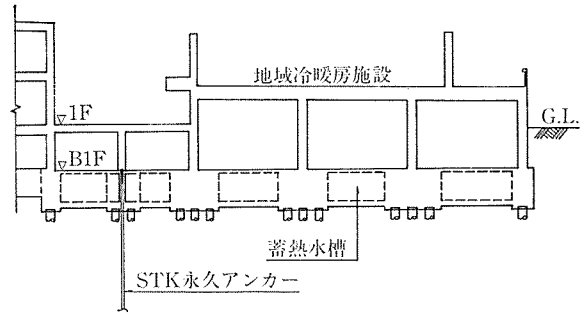


図-3 断面図

く、ほぼGL-1.0mにある。

4. STK 永久アンカー使用建物の概要

図-3に示すように、地下1階・地上1階の地域冷暖房施設は、地下に成3.4mの地中梁を有する二重スラブがあり、蓄熱水槽として利用している。二重スラブ下端はGL-7mであり、常時において 6 t/m^2 の水圧が作用する。地上1階部分は、屋根スラブ厚を600mmとすること等の対策により蓄熱水槽が空になっても浮上りを生じないよう対処できたが、地下階しかない貫通路部分の 2×10 スパン部分については、蓄熱水槽が空になると浮上りを生じる状態となる。そこで、桁行方向10スパンの地中梁の各中央に、STK 永久アンカーを1本ずつ合計10本（STK 100, 間隔6650~7300）設置し、浮上りを防止する計画とした。

これらのSTK 永久アンカーは、地中梁を貫通し、GL-35.0m以深の成田層下部砂層に定着させている。また、STK 永久アンカーの緊張力は、地中梁（コンクリートの設計基準強度 240 kg/cm^2 ）とその両端の各2本組鋼管杭（700φ, 長期許容支持力220t/本）で負担しており、その位置にはスパン方向に地中梁を設けて、地中梁の面外剛性を高めている。

5. STK 永久アンカーの構成および特徴

STK 永久アンカーは、建築物の一部として、地震、風、水圧、土圧等による転倒、浮き上がりまたは滑動を防止し、建築物の安定をはかる目的で開発されたものである。STK 永久アンカーの構成を図-4に示す。

STK 永久アンカーは、アンボンド加工したアンカー引張り材の先端に圧縮耐力を有する耐荷体を固定し、これを削孔地盤中に注入材によって硬化し定着した後、ストロングホールド工法によって緊張力を与えるものである。アンカーの構成は、構造躯体に緊結するアンカー頭部、アンカー頭部と定着長部間の自由長部、緊張力を地盤へ伝達する定着長部および緊張力を定着長部へ伝達する先端支圧部から成っている。

アンカー引張り材をアンカー頭部から先端支圧部まで

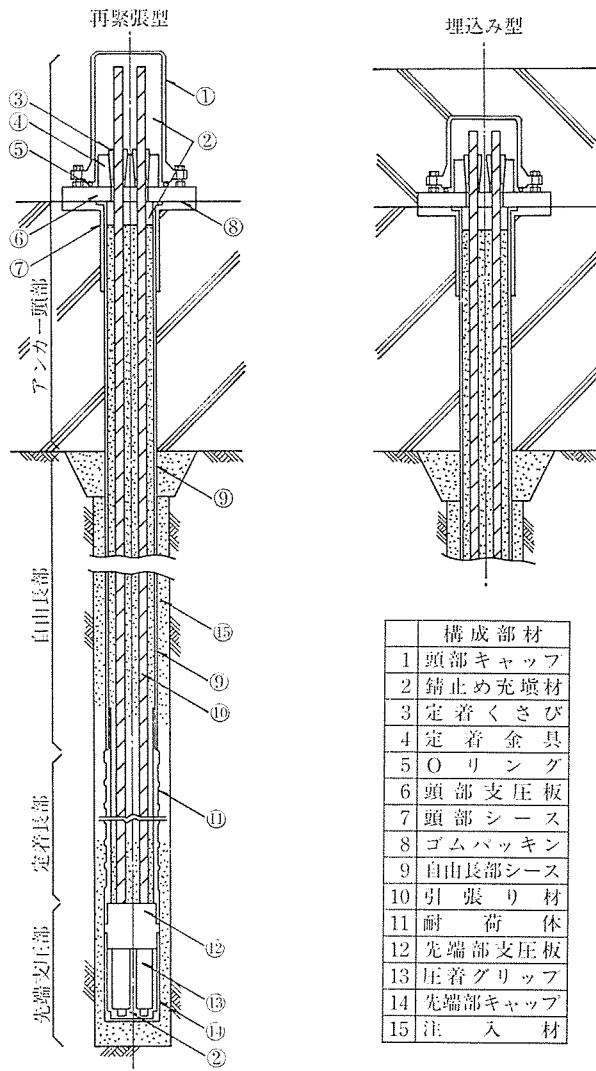


図-4 STK 永久アンカーの構成

表-1 STK 永久アンカーのタイプ

STK アンカー 呼名	許容引張り力 (t)		引張り材 アンボンド PC 鋼より 線	耐荷体 寸法 (外径/内径)	アンカー体 直径 (削孔径)
	初期 導入時	定着 完了時			
STK-100	85	80	3-φ17.8	φ121/φ93	φ170
STK-120	100	94	3-φ19.3		
STK-130	109	103	3-φ20.3		
	114	107	4-φ17.8		
STK-150	128	121	3-φ21.8		
	134	126	4-φ19.3		
STK-170	146	137	4-φ20.3		
STK-200	171	161	4-φ21.8		

注) ・呼名における数字は、PC 鋼より線の規格降伏耐力を示す。
 ・耐荷体外径はリブ加工 2mm, 腐食代 1mm を含んだ値。

アンボンドにして、アンカー体に圧縮力が作用するようにした圧縮型アンカーで、アンカー頭部は再緊張型と埋込み型があり、また、STK 100, 120, 130, 150, 170 および 200 の 6 種類のアンカータイプがある(表-1 参照)。アンカー頭部と定着長部間の自由長部は、削孔径 170

mm の中に径 109 mm のポリエチレン製自由長部シースを設置し、その間に注入材を充填している。引張り材は 19 本よりのアンボンド PC 鋼より線 (JIS 3536) を使用する。定着長部は、削孔径 170 mm の中にリブ加工 2mm・腐食代 1mm を含んだ外径 121 mm および内径 93 mm の耐荷体を設置し、その間に 5 kg/cm² 以上の圧力で設計基準強度 300 kg/cm² 以上のセメントミルクを充填する。

STK 永久アンカーの主な特徴は、

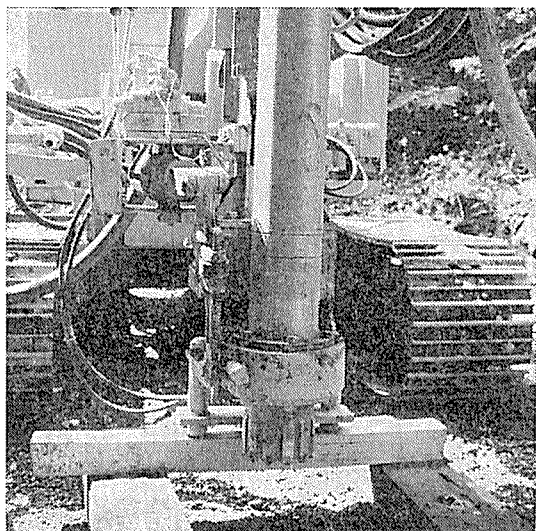
- a) 構成する各部に長期にわたって性能を保持し得るよう工夫され、耐久性に優れた二重防錆システムを採用していること。
- b) アンカー体を圧縮型としているため、引張りによる亀裂を生じる可能性がないこと。
- c) 引張り材がアンボンド加工された PC 鋼より線であるため材料特性が明解で変位特性の管理が容易であること。
- d) ストロングホールド工法による緊張のため、コントロールセッティングが可能であること。
- e) 埋込み型と再緊張型を用途に応じて選択でき、再緊張型アンカーの場合、構造物の耐用期間にわたって引張り力の点検や引張り材の再緊張あるいは緩和が可能であること。

等である。

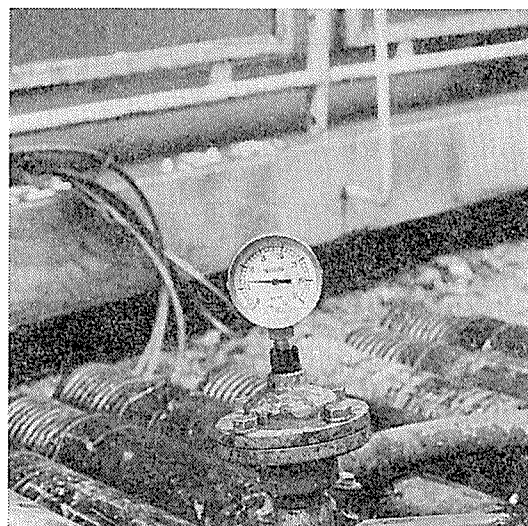
今回は、水圧による浮上がり防止のために埋込み型で STK 100 (アンボンド PC 鋼より線径 17.8 mm 3本) を使用した。

6. STK 永久アンカーの設計および施工

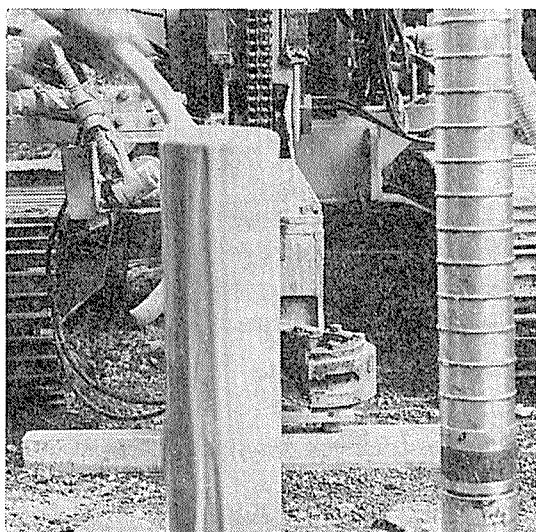
アンカーの設計について、まず注意すべきことは基礎と地盤の離間を許さないことであり、したがって、アンカー緊張後の荷重による弾性沈下量、地盤・杭等のクリープ沈下量、PC 鋼より線のリラクゼーションなどで導入緊張力が低下しても、つねに設計アンカー力を上まわるように考慮する必要がある。本例では、計算上アンカーに作用する力は 49 t であるが、ばらつき等を考慮して設計アンカーを 55 t に設定し、有効率を 0.9 として初期緊張力を 55/0.9=61 t とした。また、支持層が成田層下部砂層ということで求めた極限引抜き力を安全率 3 で除した許容引抜き力 69.3 t (アンカー体と砂層地盤の極限摩擦抵抗 13 kg/cm²)、および滑動傾斜角が定着長部 30°、自由長部 0° とした場合の土塊重量を安全率 1.1 で除した値 152 t が共に定着緊張力 61 t より大きいことを確認している。さらに、永久アンカーの緊張力を負担する地中梁の応力および鋼管杭の支持力は、設計アンカー力に対して安全であるように設計され、水圧によるア



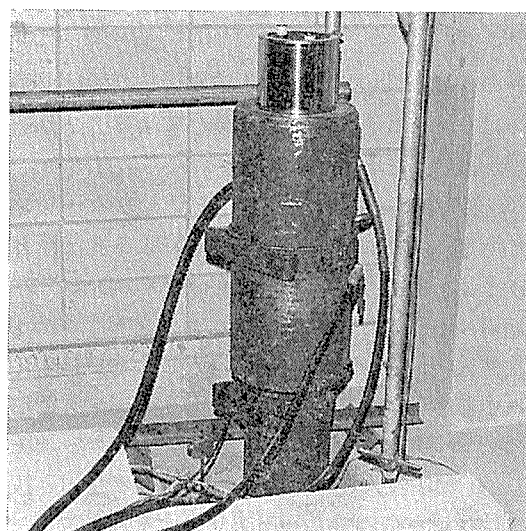
写真—2 削孔機据付け



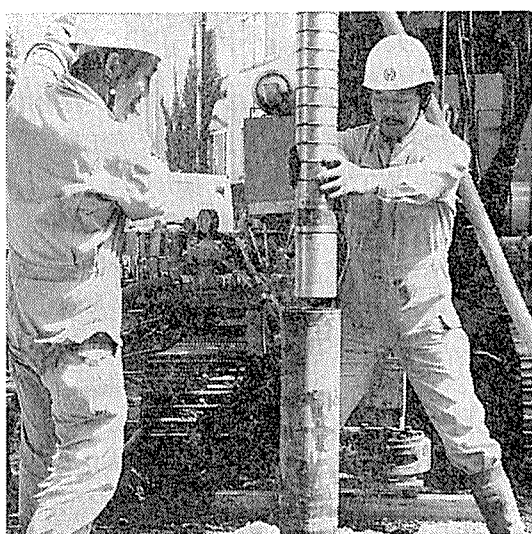
写真—5 セメントミルク加圧注入



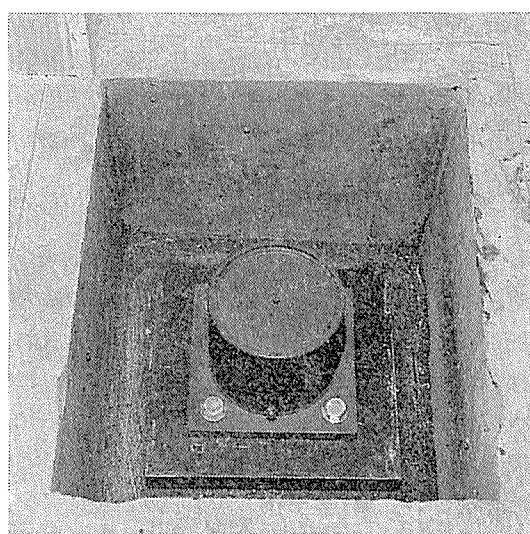
写真—3 孔内にセメントミルク注入



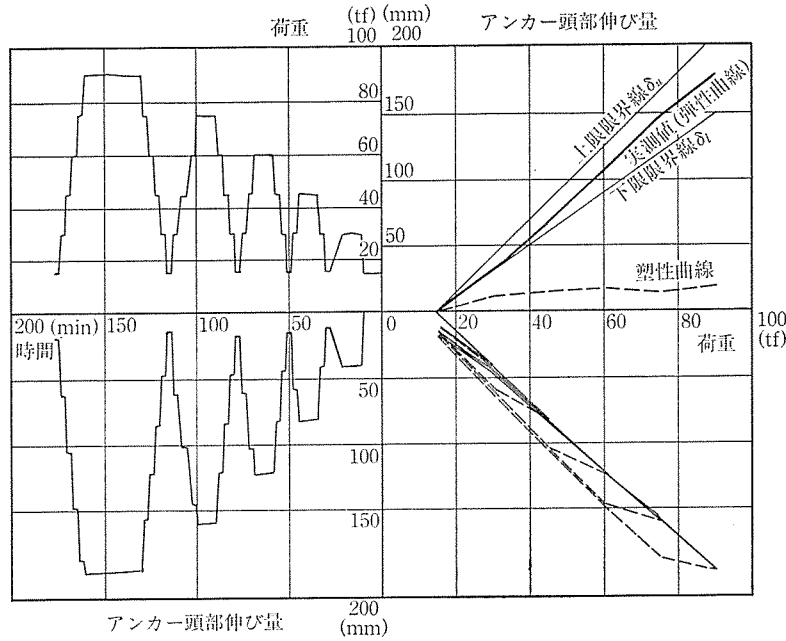
写真—6 ストロングホールドジャッキで緊張



写真—4 アンカー部材挿入



写真—7 頭部キャップ取付け



図—5 多サイクル引張り試験結果

ンカーの伸び（地中梁のたわみと鋼管杭の抜け上がりを含む）は0.62 cm となり、この伸びによるアンカー緊張力の増加は 1 t とわずかである。

STK 永久アンカーの施工は、まず、① ケーシングを用いて所定の深さまで削孔し、清水による孔洗浄を行ってスライムを除去する。② 孔中へセメントミルク（今回普通ポルトランドセメント・水セメント比 50% 以下）を 1 次注入後、アンカー部材を挿入し、さらにアンカー内部へ中詰め注入する。その後 ③ ケーシングを定着長部分の 3 m 引き抜きながらセメントミルクを加圧注入する。④ 加圧注入後、残りのケーシングを引き抜き、アンカー部材を仮固定し、引張り材の緩みを防止して養生する。次に、⑤ 自由長部の継ぎ足しシースを結合し、⑥ 頭部シース・割裂補強筋（スパイラル鉄筋）を設置して、底盤スラブを打設する。⑦ コンクリートの強度発現後、地中梁上でストロングホールド工法により緊張定着したうえで確認試験を実施し、アンカーの適性を確認する。そして ⑧ 防錆材充填後、アンカー頭部に厚さ 40 cm の後打ちコンクリートを打設する。

7. 基本引抜き試験および確認試験

本施工に先立って、設計時に想定したアンカーの極限摩擦抵抗（設計時 13 kg/cm^2 とした）、変位性状および施工性を確認するために、定着長部長さを 1 m にして基本引抜き試験（STK 200 使用）を行った。さらに、本施工後、永久アンカーとしての性能を有していることを実証、評価するため、多サイクル引張り試験（アンカーの引張り抵抗力の確認および荷重-変位性状の確認）を

3 本、また残りの STK 永久アンカーに対して 1 サイクル引張り試験（アンカーの引張り抵抗力の確認）を行った。

引抜き試験においては、引張り荷重 157 t でアンカーが引き抜け、そのときのひずみゲージによるひずみ分布からアンカー体の荷重分布を推定し、周面摩擦力を求めた。その結果、設計値のおよそ 2 倍の極限摩擦力約 26 kg/cm^2 という値が求められ、また、良好な施工性も確認された。

本設アンカーの多サイクル引張り試験においては、図—5 に示すような結果が得られた。任意の試験荷重における変位量（アンカーの弾性変位）が、上限限界線および下限限界線の管理範囲内にあり、アンボンドであることによる明解な変位性状が確認された。

8. おわりに

今回、アンボンド加工された PC 鋼より線を用いた STK 永久アンカーの良好な変位性状や施工性が確認され、その設計・施工方法の概要を説明した。なお、ここでは説明できなかったが、現在、維持管理の一環として、STK 永久アンカー 1 本にロードセルを取り付けて継続的な引張り力の測定を行っており、所定の性能を有していることが実証されている。今後、建物竣工まで測定を続ける予定である。

最後に、設計・施工・確認試験を行うに当たって種々助言および協力をいただいた清水建設・構造工事の皆様にも厚く御礼申し上げます。

【1989 年 4 月 21 日受付】