

土木研究所資料

平成4年10月エジプト地震による被害報告

平成4年12月

建設省土木研究所
地震防災部耐震研究室

Copyright © (1993) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

平成4年10月エジプト地震による被害報告

耐震研究室 室長 川島 一彦

要 旨

平成4年10月12日15時9分（現地時間）にエジプト国の首都カイロ市の南西35kmを震源とするマグニチュード5.4の地震が発生し、死者561名、負傷者12,192名という甚大な被害を生じた。本報告は、今回の調査から明らかとなったカイロ地震の概要を報告するものである。

キーワード：地震，カイロ，地震被害

目 次

1	まえがき	1
2	地震の概要	2
3	地震動及び地盤条件	4
	（1）地震動強度	4
	（2）地盤条件	4
	（3）液状化	5
4	耐震規定	6
5	建築物の被害	9
6	道路・橋梁の被害	11
7	ライフラインの被害	13
8	アスワン・ダム	15
9	住民の避難と地震教育	16
10	まとめ	17

わが国政府はエジプト政府の要請により、地震の評価、建物の被災状況、地震対策等幅広い分野に関する協力を行うため、9名の専門家からなる国際緊急援助隊（専門家チーム）を派遣した。援助隊の構成は、東京大学生産技術研究所の岡田恒男教授を団長に、科学技術庁防災科学技術研究所地圏地球科学技術研究部の石田瑞穂地震活動研究室長、国土庁防災局の藤井友竝震災対策課長、通産省工業技術院地質調査所環境地質部の衣笠善博地震地質課長、気象庁地震火山部の栗原隆治地震予知情報課長、建設省住宅局建築指導課の大屋道夫国際基準調査官、建設省建築研究所第三研究部の平石久廣構造研究室長、それに筆者と国際協力事業団国際緊急援助隊事務局の木村 聡氏の9名である。

[illegible][illegible]

図 1 日本における半導体製造の状況 (2000年) (注: 2000年10月現在)

2 地震の概要

エジプトは、正式にはエジプト・アラブ共和国といい、立憲共和制を取っている。アフリカ大陸の北東部に位置し、北は地中海、東は紅海、西はリビア、南はスーダンに接するほぼ正方形の部分とシナイ半島より成っており、国土面積は100万 km^2 で、わが国の2.7倍である。北部の海岸地帯では、温暖な地中海性気候であるが、カイロをはじめとする内陸部は砂漠性気候であり、カイロでの年間降雨量は25mmに過ぎない。このため、農耕と定住が可能なのはナイル川の沿線とカイロから北のデルタ地帯だけで、総面積のわずか5%といわれている。総人口は、1990年現在で5210万人で、その98.5%をアラブ系エジプト人が占めている。このうち、首都カイロには、全体の約1/3に相当する約1,500万人が集まっている。

エジプト科学技術省の国立宇宙・地球物理学研究所によれば、今回の地震が発生したのは、北緯29.775度、東経31.082度で、図-1に示すように首都カイロの南西約35kmに相当する。写真-1~3は、震源域付近にみられたクラックである。ほんの一部しか見ていないが、地震の振動によって副次的に生じたクラックと見られている。クラックが見られたのは、写真-4に示すように上部と下部の勾配が異なることから有名なDahshurのピラミッドの近くである。ピラミッドの下部では、写真-5に示すように多数の巨石が転落しているのが認められた。ただし、これが今回の地震によるものかどうかははっきりわからない。

地震のマグニチュードは、国立宇宙・地球物理学研究所が定めた表面波マグニチュードでは5.3、米国地質調査所が定めた実体波マグニチュードでは5.9、表面波マグニチュードでは5.4である。国立宇宙・地球物理学研究所のマグニチュードは継続時間から間接的に定められたものであり、精度にやや問題があるため、ここでは米国地質調査所が定めた表面波マグニチュード（これを、 M_s と呼ぶ）を基本値に採用することにする。なお、米国地質調査所が定めた実体波マグニチュード M_B とわが国の気象庁マグニチュード（ M_{JHA} と呼ぶ）の間には、マグニチュードが4.5~6.25の範囲で次の関係があるといわれている¹⁾²⁾。

$$M_B = (0.5 \pm 0.14) + (0.85 \pm 0.03) M_{JHA} \quad (1)$$

いま、式(1)の中心値を用いれば、 $M_B = 5.9$ は、 $M_{JHA} = 5.5$ に相当することになり、上記の $M_s = 5.4$ と近い値となる。

マグニチュード5.4というのは、日本ではかなりの頻度で起こる地震で、日本ではまず被害は起こらない。エジプトでは、ナイル文明が栄えたせいで、古くからの地震記録があり、記録に残る最も古い地震は紀元前2800年にまでさかのぼることができる³⁾。図-2は、このような歴史的な記述から定めた地震も含めてエジプトに起こった地震の分布を示したものである⁴⁾。これらによれば、BC2800年にカイロの北のSharquia地方で地震が発生し、地盤に多数のクラックを生じたのが、最初の地震に関する記述である。その後、図-2のもっと南になるが、BC1210年にスーダンとの国境に近い現在のアブ・シンベル付近で地震が発生し、有名なモーゼの出エジプトの時代といわれているラムセス2世の教会に被害を生じた。1847年8月7日には今回の地震に近いFaiyum地方で地震が発生し、カイロも含めて約185人の死者を出している。この時のカイロの震度は、修正メルカリ震度でⅧ程度（わが国の気象庁震度でいえば、Ⅴ程度）と考えられている³⁾。

図-3は、カイロの北部を中心とする半径300kmの範囲に1952年から1985年の34年間に発生したマグニチュード3以上の地震の累積発生回数を示したものである⁵⁾。これによれば、平均すると、 $M 6$ 以上の地震が発生する回数は0.05回/年程度（平均して20年に1回生じ

3) 地震動及び地盤条件

(1) 地震動強度

図-5は、震源域とカイロ市及びギザ市等から成るグレーター・カイロ圏、低地のファユム(Paiyum)地方を示したものである。エジプトでは、アスワン・ハイ・ダムに6台、そこから約60km離れた地盤上に1台の強震計が設置されているだけで、カイロ市周辺には1台の強震計も設置されていなかった。このため、今回の地震では強震記録が全く得られなかったため、どの程度の地震動が生じたかを推定する手がかりがない。したがって、わが国で得られた394成分の強震記録の統計解析結果から地震動の最大加速度を推定してみよう。地震動の最大加速度は、地震のマグニチュードと震央距離に応じて次のように変化することが知られている⁷⁾。

$$a_{max} = 232.5 \times 10^{0.313M} \times (\Delta + 30)^{-1.218} \quad (2)$$

ここで、

a_{max} : 地震動の最大加速度(gal)

M : 地震のマグニチュード

Δ : 震央距離(km)

今回の地震のマグニチュードは5.4程度であるから、式(2)より加速度の距離減衰を計算すると図-6のようになる。後述するように今回の地震では主としてギザ市やカイロ市で被害が生じたが、これらの震央距離は約30km~45kmとなる。したがって、図-6からギザ市やカイロ市の地震動の強度を推定すると、約60gal程度となる。

一方、建設業に従事するエジプト在住の日本人の協力を得て、どの程度の揺れを感じたかをまとめた結果が表-1である。これによれば、カイロ市内ではエジプト人がパニックを起こし興奮のあまり泣き出す人間もいた。物の振動の様子を見ると、天井から照明のカバーがずれ落ちた例もあるが、落下や転倒等はほとんど生じていない。ただし、鍵のかかっている机の引出しが開く程度の振動はあったようである。

過去に日本で同程度の地震を経験したことがあるかとの問いに、地震と経験した場所と特定して答えたC氏とD氏の回答がカイロ市内の地震動強度を推定する上で興味深い。これによれば、C氏は、昭和53年の宮城県沖地震(M=7.4)の際に福島県富岡町(震央距離は約140kmで体験した振動に、また、D氏は、昭和62年12月17日の千葉県東方沖地震(M=6.7)の際に千葉県我孫子市で体験した振動に、それぞれ、近いという。宮城県沖地震の際には、富岡町と非常に近いいわき市において強震記録が2箇所得られており、水平方向の最大加速度は、50gal~88galである⁸⁾。また、千葉県東方沖地震による我孫子市の最大加速度は、100gal程度と考えられる。

こうした点からC氏及びD氏の体験やその他の体験者の証言からみて、式(2)による上記の推定はおおむね妥当なものではないかと考えられる。

表-1でもう1点興味深いのは、震源から140kmも離れたスエズ市でも振動を感じ、かなりのエジプト人が部分的なパニックを起こしたという点である。式(2)によれば、スエズ市の最大加速度は25gal程度と推定される。

(2) 地盤条件

カイロ市は、ナイル川の河岸段丘の縁からナイル川にかけての軟弱な沖積低地に位置している。ナイル川の中州に相当するゲジラ島で行われたボーリング柱状図を示すと、図

ー7の通りである。地表面から13.7mまでは粘土、シルト質の地盤が堆積し、その下は、地表面下43.9mまでは非常に締まった砂、43.9mから54.4mまでは非常にしまった粘土～シルト、さらにその下は非常にしまった砂と、砂と粘土、シルトが互層になった構成となっている。地表面下13.7m以下の層は非常にしまっており、地震動の増幅に寄与するのは、地表面下13.7mまでの層と考えられる。次に、図-8は、ゲジラ島からナイル川をはさんで対岸のターリア地区までの地盤条件である。図-7とはおおよその構成に矛盾はなく、この付近では、地表面下10m～15m以深ではよくしまった砂質地盤となっていることがわかる。

(3) 液状化

図-5に示したように、震源から19km程度離れたナイル川沿いのBarnashtからEl Aiyatにかけての地域で確認された。この他にも地盤条件からみてファユーム地区等ではかなり広範囲に液状化が生じたのではないかと考えられるが、地震発生から約1ヶ月後の調査であったため、液状化の痕跡を確認することはできなかった。Barnashtでは、写真-6～9に示すように、畑の中に直径3～4mの大きな噴砂孔が6個見られた。穴の深さは、1～2m程度で、表面は粘性土が1m近く堆積し、その下に砂質土が堆積している。この付近の3箇所から採取した砂の粒径加積曲線を示すと、図-9のようになる。平均粒径 D_{50} は、表-2に示すように0.17～0.25mmで、よく粒の揃った細～中砂である。

信頼性が問題であるが付近の住人の話を総合すると、砂と水が地表から3m近く吹き上げ、これが約45分程度続いたという。このような大きな噴砂は、わが国でも写真10、11に示すように昭和58年の日本海中部地震の際に秋田県の車力村で見られている⁹⁾。この際も、地表付近に粘性土があり、このため過剰間隙水圧によって被圧された水が砂とともに吹き上げた。

わが国過去の地震で液状化が生じた範囲を調べると、以下のようなになるといわれている¹⁰⁾。

$$\log R = 0.77M + 3.6 \quad (3)$$

ここで、 R ：液状化が発生する範囲(km)、 M ：地震のマグニチュードである。図-10は、この関係をプロットしたものである。今回の地震では $M=5.4$ であるから、式(3)から液状化の発生する範囲 R を求めるとわずかに4kmとなる。これに対して、Barnashtまでの震央距離は19kmであり、式(3)で予測されるよりも少し大きな範囲まで液状化が生じていることになる。もちろん、式(3)はおおよその範囲を与えるものであるから、その影響が大きいと考えられるが、Barnasht付近の砂層が非常に緩いことも原因の一つかもしれない。

4. 耐震規定

エジプトにおける各種構造物、施設の規定としては、開発省 (Ministry of Development, New Communities, Housing and Utilities) が定めた施工令がある。これには、以下の4種類がある¹¹⁾。

- 1) 鋼構造物及び橋梁 (施工令、No. 451-1989)
- 2) しっくい仕上げ (施工令、No. 454-1991)
- 3) 鉄筋コンクリート構造物 (施工令、No. 464-1989)
- 4) 土質及び基礎

- ① 現地調査 (施工令、No. 444-1991)
- ② 室内試験 (施工令、No. 445-1991)
- ③ 浅い基礎 (施工令、No. 446-1991)
- ④ 深い基礎 (施工令、No. 447-1991)
- ⑤ 土の性質 (施工令、No. 448-1991)
- ⑥ 振動及び動的な荷重を受ける基礎 (施工令、No. 449-1991)
- ⑦ 擁壁 (施工令、No. 450-1991)
- ⑧ 斜面の安定 (施工令、No. 451-1991)
- ⑨ 土止め、アースアンカー (施工令、No. 452-1991)

ここで、「鋼構造物及び橋梁」の中の鋼構造物とは、主として橋梁の上部構造を表している。現在は、橋梁の上部構造としては、プレストレストコンクリートをはじめとして大部分がコンクリート製になっているが、従来は橋梁上部構造としては鋼構造物が多かったためである。したがって、「鋼構造物及び橋梁」は、主として橋梁上部構造を対象としたものと考えてよい。内容としては、設計と施工に分かれるが、設計では、荷重、許容応力度、疲労、座屈、検査、品質管理、許容誤差等を含んだしっかりしたものとなっている。ただし、耐震設計に関する規定は含まれていない。

「鉄筋コンクリート構造物」では、RC造の建物に対する設計法を規定している。この中では、エジプトをゾーン1とゾーン2の2地域に分け、ゾーン1では比較的小さな地震を、また、ゾーン2では中程度の地震を考慮するとしている。ここで、ゾーン2とは、紅海沿岸、シナイ半島の南部、アスワン地方であり、ゾーン1はこれら以外の地域である。問題は、設計地震力が非常に小さいことで、ゾーン1では、設計地震力は構造物自重の1%以下、ゾーン2では2%以下と規定されている。例えば、ゾーン2における設計地震力は、次式のように与えられる。

$$V = 0.3 K C I W \quad (4)$$

ここで、

V : 設計水平力

K : 構造部材のじん性率による係数で、十分なじん性を持ったラーメン構造では2/3、全地震力を受け持つように設計されたRCボックスでは4/3、全地震力を受け持つように設計されたじん性とRC耐震壁を持つラーメンでは1.0

C : 固有周期Tに応じて、次式により算出する。

$$C = 1 / (15 \sqrt{T}) \quad (5)$$

I : 重要度別補正係数で、病院、警察署、緊急施設等のように重要性の高い施

設では1.5, その他の施設では1.0

W: 構造物の重量

式(4)によれば、係数Kとして最大の4/3をとっても、 $I = 1.0$ とすれば、設計水平震度は固有周期が1.78秒以下では0.02にしかない。

また、「土質及び基礎」の中には、10種類の施工令が含まれている。アラビア語で書かれているため、十分内容を理解したわけではないが、なかなかしっかりした構成で、例えば、「擁壁」の中には土圧が規定されており、また、「振動及び動的な荷重を受ける基礎」の中には応答スペクトル、液状化、起振機を用いた振動実験、地盤バネ定数、減衰定数、固有周期といった基本的な項目が規定されている。ただし、後者の規定については、耐震工学の紹介的な内容で、実際にどうすればよいかといった内容にはなっていないようである。

このように、かなりしっかりした規定はあるが、耐震設計に関する規定は定められていない中で、エジプトにおける耐震設計法を提案したものとして、エジプト地震工学会が1988年に提案したエジプト耐震規定がある¹²⁾。これは、実際の設計に際してはほとんど使用されていないようであるが、どのような形の耐震規定が専門家の間では提案されていたかを知る上では興味深いので、これについて紹介しよう。この規定は、許容応力度設計法を基本としたもので、死荷重に対する許容応力度をコンクリートに対しては設計強度の1/3、鋼材に対しては降伏強度の0.6倍としたうえで、次の荷重組合せを考慮することとしている。

$$1) \quad D + L_R + E$$

$$2) \quad 0.85D + E$$

(6)

ここで、D: 主荷重、 L_R : 活荷重、E: 地震荷重である。地震荷重を算出する際の設計水平震度は、次式で与えられる。

$$C_s = Z I S M R Q$$

(7)

ここで、

C_s : 設計水平震度

Z: 地域別補正係数で、次式で算出する。

$$Z = A C F$$

(8)

A: 地盤加速度の基準値で、表-3による。

C: 標準加速度応答スペクトルで、図-11による。

F: 地盤別補正係数で、表-4による。

I: 重要度別補正係数 (1.0~1.5)

S: 構造タイプ補正係数 (0.67~1.6)

M: 材料別補正係数 (0.8~1.2)

R: 危険度補正係数 (1.0~3.0)

Q: 施工精度補正係数 (1.0、1.2)

各補正係数については細かく規定されているので、少し説明すると、重要度別補正係数Iは構造物の重要性に応じた補正係数で、病院のように地震後に非常に重要な構造物では1.5、よく使用される構造物では1.3、一般の住居では1.0となっている。構造タイプ別補正係数Sは、どのような機構で地震力に耐えるかによって異なる係数で、モーメント・レジスティング・フレームでは1.0、ダクタイル・モーメント・レジスティング・フレームでは0.67といったぐあいである。材料別補正係数Mは、RCでは1.0、PCでは1.2、鋼材では0.8である。危険度別補正係数Rは、内容物の危険性に応じた補正係数で、毒ガス等の危険

5 建築物の被害

今回の地震で最も多くの被災者を出したのが、建物の被害である。建物の被害は、主として、以下の4種類の構造物で生じている。

1) アドベ

アドベとは、日干しれんがを用いた1～2階の建物である。エジプトに限らず、中近東、南米等、発展途上国で広く採用されている建築様式であるが、強度が弱く、過去の地震でも必ずといってよいほど被害を受けてきた。今回の地震でもカイロの周辺地域、特にファyum地方で多数アドベ造が被害を受けた。一例を示すと写真-12の通りである。写真-13が、日干しれんがで、土をこねて型枠にいれ、脱枠した後天日乾燥させる。日干しれんがにもいろいろの種類があり、ここでは砂糖きびの茎や葉を細かく刻んだ繊維が混ぜられていた。したがって、土だけをこねて作った日干しれんがよりも軽くなっている。

日干しれんがはもともと強度が弱く、耐震性の向上のためにはこうした建築様式の採用に根本的な問題があるが、今回調査した中では、天井と壁との取り付け方法に基本的な問題があるように思われた。すなわち、写真-14に示すように、壁自体は辛うじて持っているが、屋根を支える梁が壁からはずれ、これが天井全体の落下を招いているものが多数見られた。例えば、写真-15は、梁と壁の固定部分を示したものであるが、いかにも簡単に梁が壁からかけ落ちそうな取り付け方である。したがって、梁を壁を突き抜けて長くし、橋梁の耐震設計でいうところの桁のかけ違い長（桁端から下部構造頂部縁端までの桁の長さ¹³⁾）を確保するだけでも、かなり効果的ではないかと考えられる。

また、この他に、写真-16、17に示すように日干しれんがの代わりに土をモルタル代わりにしてブロック状の石を積み上げて作った建物の崩壊も見られた。石と石の接触部の強度が非常に弱いため、アドベと同じようにもろく破壊しているが、日干しれんがよりもはるかに重いため、破壊した場合の殺傷力が大きいと考えられる。

2) 古い石造建物

カイロ市内には、写真-18～20に示すような建設後100年とも200年とも言われる古い石造建物が密集し、スラム化したような地区が多数ある。多くは、無秩序に建増しされたもので、カイロ市の住宅局をして、首都圏の建物の60%は崩壊にひんしており、また、70%はでたらめに作られていると言われている¹⁴⁾。カイロ市内の旧中心部の多くは、このような古い石造建築物である。表面は、時々いれで化粧されているが、内部は写真-21に示すように、ぼろぼろに風化した砂岩でできている。これは、砂岩といっても、砂漠の砂が堆積してできた若年の未固結のもので、非常にもろく、また、地下水の浸透の影響である。

こうした、無補強の石造建物の他に、写真-22に示すように柱と梁は鉄筋コンクリートでつくり、壁としてこうした砂岩もしくはれんがを用いた4～6階建てのビルの倒壊も見られた。柱や梁の断面は、写真-23に示すように、丸鋼を4隅に配しただけで帯鉄筋がほとんど入っていない非常に貧弱な構造である。

3) モスク

イスラム文化を支える歴史的建造物としてのモスクが多数被害を受けた。倒壊したモスクは211棟、修理を擁するモスクは544棟といわれている。写真-24に示すように多くは、尖塔部の崩落である。

4) 違法建築物

今回の地震で、1箇所被害としては最大の約70名の犠牲者を出した14階建てのビルの

倒壊が写真-25~27である。このビルは、当初は7階もしくは8階建のビルとして建設されたが、その後、屋上を継ぎ足し、最終的には14階建てのアパートとして使用されていたものである。被害原因の詳細は、今後の調査を待たなければならないが、12階に住んでいた主婦が地震後に子供とともに無事避難できたと言われていることから、地震とともにすぐ崩壊したのではなく、地震後少なくとも1~2分経ってから崩壊したのではないかとされている。

写真-28は、建物本体を撤去した後の基礎を示したものである。基礎自体にははっきりした損傷は認められず、基礎の破壊もしくは支持地盤の支持力不足で建物が崩壊したとは考えられない。当初建築された7ないし8階建てビルの中では、当然ながら最上階の柱、梁の強度が最も低いわけであるから、この部分がその上に継ぎ足された7ないし8階分の重みと慣性力を支持できず、最初に崩壊し、これが建物全体の崩壊につながったのではないかと考えられている。

なお、このような違法建築物は、カイロ周辺には多数見られる。というよりも、大部分の家屋は、将来の増設に備えて天井に鉄筋を付きたままにしてある。このような違法建築は、当然ながらエジプトでは大きな社会問題になっていたようである。例えば、写真-25に示した14階建ての倒壊した建物については、このビルのオーナーであった女性と行政側との長年にわたる違法階の撤去に関するやり取りが大々的に新聞に報道されている¹⁵⁾。これによれば、このオーナーは、これまでもしばしば罰金刑を申し渡されていたが、これに従わずに3年間経てば罰金が無効になるといった法政上のからくりから、実効的な対策が打てないままに地震を迎えてしまったといわれている。

この背景には、こうした行政上の指導を受けたビルのオーナーは、一般に違法階の撤去よりもむしろビルの撤去と新設を望むのに対して、新築後のテナント料のアップを嫌うテナント側は問題の先送りを望むという実態があるようである¹⁴⁾。

5) 学校建築物

比較的最近きちんと設計されて建設されているながら多数の被害を生じた唯一の建物が学校建築物である。エジプト政府の発表によれば、大規模な補修が必要な学校は2,301校、小規模な補修が必要な学校は3,569校、まだ、判断がつかない学校は1,087校と言われている。ただし、震源からかなり離れた地方でも被害が報告されていたり、また、ある地域で以上に被害が多く報告されていたり、やや不自然と思われるものもあるため、報告された全てが地震による被害かどうかは、さらに調査を必要とする。

写真-29、30は、ファユーム地区の学校の被害を示したものである。鉄筋コンクリートの柱梁構造で、壁をれんが造としたものである。建物本体と階段部分の取り付け部に損傷が生じるとともに、れんが壁にも大きなせん断破壊が生じた。ただし、このれんが壁は耐震壁として設計されたものではないので、構造的な耐力に対しては見かけほど重大な影響があるわけではない。こうした点がエジプト側の調査でどの様に判定されているかによって、建て替えの必要な棟数が大きく変わってくる可能性がある。

学校建物が多数被災したため、地震後10月12日から10月30日までカイロ首都圏では学校が閉鎖され、教育に大きな支障を与えた。11月1日からは学校は再開されたが、多数の校舎が使用不能となったため、被害の少ない学校に生徒を振り分けたり、従来からも生徒数の増加に追いつかず2部式だった授業をさらに3部式にするなど、児童の教育に大きな影響を与えている。

6 道路・橋梁の被害

今回の地震では、道路の陥没が1箇所が生じた以外は、幸いにして道路及び橋梁には被害を受けなかった。運輸省の道路橋梁機関 (General Authority for Roads and Bridges, Ministry of Transport) の協力を得て、カイロ周辺の4橋を中心に視察することができたので、この結果を紹介する。

1) ザマレク (Zamalek) 高架橋

カイロ市内のゲジーラ島にあり、ザマレク地区の繁華街7月26日通りを高架で横断するPC連続箱桁橋である。竣工は、1986年4月である。非常に多径間を連続にしているのが特徴で、途中で1径間だけいれて、21径間連続 ($20 \times 25\text{m} + 23.5\text{m} = 523.5\text{m}$) と12径間連続 ($11 \times 25\text{m} + 23.5\text{m} = 298.5\text{m}$) からなっている。断面構成は図-12に示すように、1ボックスで、ゴム支承を採用している。ただし、21径間部、12径間部ともに、それぞれ1箇所では固定支承を用いている。橋脚は、中を抜いた逆台形状であり、景観に配慮した形状となっている。地震力を考慮していないため、固定橋脚の断面は他の橋脚と変えていない。写真-31、32は、高架橋の様子を示したものである。

建物に被害が多数生じたカイロ市内にあるが、上述したように被害を受けた建物とは明らかに安定感が異なる。

2) ファラスコル (Faraskour) 橋

カイロから北のナイルデルタ地帯に入ると、ナイル川はロゼッタ (西側) とダミエッタ (東側) の2つに分かれる。ダミエッタ側のほぼ河口に近いファラスコル (カイロの北150km、震源から180km) に建設中の18スパンPC橋である。写真-33~35に示すように、橋長は720m ($40\text{m} \times 7 + 50\text{m} + 60\text{m} + 50\text{m} + 40\text{m} \times 8$) である。水深は4~6mで、地盤条件は、河底面から29m程度までは柔らかい粘土、その下にはさらに30m程度の厚さの砂層があり、さらにその下は岩盤となっている。基礎としては、径1.08mと0.88mの2種類のベント杭を用いている。いずれも側面の摩擦は無視し、支持杭として設計されている。

興味深いのは、ある程度以上の規模の橋では、くい基礎の施工に際して1橋当たり少なくとも2本の杭の載荷試験を行うことである。一般に、摩擦杭に対しては設計支持力の3倍まで、支持杭に対しては設計支持力の2倍までの荷重を作用させて、耐力を確認する。写真-36は、この橋のために行なわれた試験杭 (径1.08m) を示したものである。ここでは、設計支持力240tfの2倍の480tfまで鉛直荷重を作用させ、杭の降伏耐力を確認したという。この杭では、鉛直方向の先端支持応力度を 28kgf/cm^2 としている。これは、降伏応力度に対して、2~2.5の安全率を見込んだ値である。

また、杭の設計で興味深いのは、洗掘に対する配慮として、河底面から8mの範囲では地盤の鉛直支持力を無視することである。地震力は考慮されていないが、こうした配慮は河中にあるくい基礎に対してある程度の水平方向の剛性を確保する上で有効に機能していると考えられる。

3) マンスーラ (Mansula) 橋

カイロから140kmに位置するマンスーラ市において、ダミエッタ側のナイル河を横断する位置に架設中の24径間連続橋である。橋長は、約984mである。24径間連続というのはわが国でもなく、大胆な設計のように思われるが、この国では地震力を考慮しないため、連続にする方が上部構造が経済的となり、また、走行性や維持の観点からジョイントは少ない方がよいから、このような超多径間連続にしている。基礎は杭基礎で、径1.08mのベント

7 ライフラインの被害

ライフライン施設としては、上水、下水、ガス、電気、通信・電話等多数のものがある。今回は、調査期間が限られていたため、これら全てについて調査することはできなかったが、調査の範囲で明かとなったのは、以下の通りである。

(1) 上水

首都圏の上水は、住宅省の管轄にあるグレーターカイロ上水道庁によって運営されている。グレーターカイロ上水道庁の組織は、図-13に示す通りである¹⁶⁾。カイロ首都圏の上水は、11の浄水場と5箇所の井戸水から供給されている。図-14は、浄水場の配置を示したものである。

現在の供給人口は2千万人、供給能力は約400万 m^3 /日である。この90%がナイル川からの取水で、残りの10%が井戸水である¹⁷⁾。後述する漏水を考えなければ、1人当たり200リットルということになり、これはかなり良好な数字である。上水道庁の説明では、市の中心部では、300 l /人、郊外では150 l /人程度であるという。

現在の問題は老朽管が多く、漏水率が高いことである。行き止まり配管が多く、配管網としての形態を形成していないと言われている¹⁶⁾。新しいシステムでは漏水率は15%程度以下であるが、古いシステムでは漏水率が30~40%に達するといわれている。この理由は、現在日本では健康上に理由から使用されなくなっているアスベスト管が多く用いられていること、また硬質塩化ビニール管も混用されており、その際に接続部がしっかりしていないことによる。

カイロ市内でも地区によっては、戸別に給水されていない地区があり、写真-57に示すように共同で給水を受けているところが多い。写真-58は、ファyum地区の共同上水を示したものである。地方ではこのような共同使用が多い。また、井戸も利用されている。

今回の地震では、軽微な損傷はあるが、供給を中断するような大きな影響は受けなかった。

カイロ市内では、ほぼ戸別に給水されているというが、写真-59は、Rod El Farag浄水場である¹⁷⁾。ここでは、新旧2種類の施設があり、合計75万 m^3 /日の給水をしている。ここでは、写真-60に示すような沈砂池の排水ダクトからの漏水が地震後の増加したり、写真-61及び写真-62に示すような貯水槽の目地ズレ、写真-61に示すポンプ室の非構造のれんが壁のクラック等が生じた。

また、写真-64は、カイロ市東部に建設中のDerasa貯水槽である。鉄筋コンクリート製で、直径80m、高さ7mで、容量は3万 m^3 である。写真-65は、ここから配水するための径1.2mmのダクティル管である。貯水池との取り付けは、写真-66に示すように剛結となっている。日本では、地盤が軟弱な場合には、地震時に管路が貯水池と異なった振動をすることで被害を生じやすい箇所であるため、可とう性継手を設ける場合が多い。ただし、構造はしっかりしており、例えば貯水池の中も設けられた柱と天井の固定部では、写真-67に示すように柱からの鉄筋を折り曲げ、十分な帯鉄筋が入れられている。

(2) 下水

下水道については直接調査することができなかったが、聞き取りや文献¹⁶⁾で調査できた範囲を示すと以下の通りである。

カイロ首都圏の下水道は、上水と同様に住宅省に属するグレーターカイロ下水道庁が担

[illegible][illegible][illegible]

9 住民の避難と地震教育

今回の地震により多数の住民が家屋を失い、路頭に迷うこととなった。エジプト政府は、被災者の救援に全力を挙げ、応急的に写真-79、80に示すような軍が管理するキャンプ村を各地に設けている。こうしたテントでは、ベッドやマットレス、給水タンク、風呂等が支給されている⁽⁹⁾。しかし、ファユーム地区等ではまだ政府の支援が届かず、写真-81、82に示すような被災者が自分達で応急的にテントを張っている状況である。

さらに、今回の地震で家屋をなくしたカイロ地区の住民の一部は、死者の町と呼ばれるナイル川右岸の河岸段丘の上に作られた墓地の中にも避難したといわれている。写真-83は、死者の町と呼ばれる墓場である。一見、町並みのように見えるが、これはイスラム式の庭と墓地が一体となった立派な墓所の集合である。ここの墓所の中は、写真-84のようになっており、これに写真-85のような家屋がついている。家屋があるのは、イスラムの習慣である期間は親族が墓地に集まる際の居住用として使うためである。家屋を無くした住民が墓地の所有者と交渉し、場合によっては使用料を払って住み着いている。ただし、地震の前からも多数の人間が住み着いていた。

このように被災者の本格的な救援はこれからの段階にあるが、今回の地震が与えた最も深刻な影響は、カイロ首都圏の広範囲な地域に住むエジプト人が蒙った精神的なダメージではなかったかと考えられる。前述したように、B.C.2800年から地震の記録があるとはいえ、エジプトでは普段は地震は全く起こらず、このため大部分のエジプト人はエジプトには地震は起こらないものと考えてきた。このため、耐震設計から始まって被災者の救助等必要な対策が法的措置を含めてほとんど取られていなかった。このような中でカイロ首都圏を中心に地震が起こったわけであるから、エジプト人が受けた驚きはまさに驚天動地であったといえる。

例えば、表-1に示した現地の日本人がみた地震中のエジプト人の反応を見ると、驚きのあまり泣き叫ぶ者がいたり、一斉に屋外に避難しようとうろたえる様子がよくわかる。561名の死亡者のうち、校舎から避難しようとした生徒が踏みつぶされたりして圧死した児童数が約200人にものぼる点からもその狼狽ぶりが伺える。地震があればまず様子を見る、机の下に隠れるといったわが国では普段からの経験で何気なく身につけている地震に対する初歩的な知識が無かったことがエジプト人にある種のパニックをもたらしたものと考えられる。

さらに、地震後には、今回の地震を契機にさらに大きな地震が起こるとか、火山が噴火する（エジプトには火山はない）、はてはこれは地震ではなくて原爆によって引き起こされたものではないかといった各種の流言がひろまったという。特に、余震が起こる度にこうした不安感が高まり、マスメディアもこうした騒ぎの増幅に大きな役割を果たした。

こうした点から指摘されることは、地震に関する十分な科学的知識の啓蒙、教育の重要性である。今回の調査では、異常と思えるほどの地元マスコミの取材を受けたが、日本人専門家からみれば全く話にならないと思えることを、日本の経験として一つ一つ打ち消していったことが住民の不安感の解消に大きく役立ったと考えられる。写真-86、87は、専門家チームの調査結果を科学技術大臣に報告した後の記者発表の様子である。80人近いマスコミ関係者集まり、地震に対してきわめて高い関心のあることを示した。

普段全く地震が発生せず、住民も政府も地震の発生を全く予想していないところに地震が発生したという点が、今回のエジプト地震の特徴である。。もちろん、記録を調べれば、過去にも繰り返し地震が発生しているが、カイロ首都圏に住民が密集して住み始めたのは、たかだか20世紀になってからである。145年前にもカイロ地区に影響を与えた地震が発生しているが、この当時と今ではカイロ首都圏の生活様式は一変してしまっている。145年というのは、その経験を継承し続けるにはあまりに長すぎる期間である。

地震対策では、どの程度の規模の地震までが発生するかという点とどの程度の頻度で地震が発生するかが重要である。いま、両者をそれぞれ2種類に分類すると、表-7に示すように4つのカテゴリーに分けることができる。エジプトは、頻度も低いし、小規模の地震しか発生しない国の代表である。一方、わが国は、大規模な地震が発生し、また、地震発生頻度のきわめて高い国の代表である。どちらも地震防災にはそれぞれ固有の困難さがあるが、わが国からみれば、エジプトではほんの少し耐震設計に地震力を見込めば根本的に地震災害を防止できるように思える。もともと発生する地震が最大でもマグニチュード7を越すことはないのであるから、0.1程度の設計水平震度を見込んでおけば全く被害を生じないであろう。この程度ならば、耐震設計しても耐震設計しない場合に比較して、それほど構造が変わることはない。

これに対して、わが国では、マグニチュード8クラスの大規模地震が過去に繰り返し生じている。M8クラスの巨大地震は、M6クラスの小規模地震とは比べものにならない破壊力を持っている。わが国においては、戦後の復興にともない形成された大都市圏が、本格的なM8クラスの大規模地震に襲われた経験はないのである。

地震経験のなさがもたらした今回のエジプト地震であるが、震災に対する基本的な心構えについてはわが国も学ぶべき点が多いと考えられる。普段からの震災に対する備えが重要である。

045 016

[illegible]

参考文献

- 1) 勝又 護：日本列島及びその周辺におけるサイスミシティとそれに関連する諸問題、
 験震時報、第35巻、第3、4号、1970
- 2) 岩崎敏男、川島一彦、相沢 興、高橋和之：既往地震活動に基づく地震動強度の期待
 値推定法、土木研究所資料、第1696号、昭和56年
- 3) R.M. Kebeasy : Seismicity of Egypt, Proc. of Workshop on the Broad-band Sei
 smic Network for the Medieterranean, CCSEM, September 1990
- 4) E.M. Ibrahim : Seismic Activity in the Different Tectonic Provinces of Egypt
 , 4th Egyptian Training Course on Earthquake Engineering, Egyptian Society for E
 arthquake Engineering, Nobember 1990
- 5) R.N.H. Albert : Seismicity and Earthquake Hazard at the Proiposed Site for
 a Nuclear Power Plant in the Anshars Area, Nile Delta, Egypt, Acta Geophysica Po
 lonia, Vol. 35, No. 4, 1987
- 6) 岩崎敏男、川島一彦、相沢 興：地震動強度期待値に及ぼす地域区分の影響、土木技
 術資料、Vol. 24-2、昭和57年2月
- 7) 川島一彦、相沢 興、高橋和之：最大地震動及び地震応答スペクトルの距離減衰式、
 土木研究所報告、第166号、昭和60年
- 8) 岩崎敏男、川島一彦、高木義和：1978年宮城県沖地震による地域別地震動強度の分布に
 関する調査報告、土木研究所資料、第1512号、昭和54年
- 9) 九州工業大学安田 進教授による
- 10) 栗林栄一、龍岡文夫、吉田精一：明治以降の本邦の地盤液状化履歴、土木研究所彙
 報、第30号、昭和49年12月
- 11) Ministry of Development, new Communities, Housing and Utilities : Egyptian
 Code of Practice for Steel Constrections and Bridges (ministrial Decree No. 451-
 1989), Egyptian Code of Practice for Plastering (Ministrial Decree No. 454-1991)
 , Egyptian Code of Practicefor Reinforced Concrete (Ministrial Decree, No. 464-1
 989), Egyptian Code of Practice for Soil Mechanics and Foundations. なお、Egypti
 an Code of Practice for Reinforced Concreteに関しては、El-Behairy, S. : Reinforc
 ed Concrete Design Handbook, Vol. 2, Applications to the New Egyptian Code for D
 esign and Construction of Reinforced Concrete Structures, Ain Shams University,
 1990によった。
- 12) Egyptian Society for Earthquake Engineering : Regulations for Earthquake R
 esistant Design of Buildings in Egypt, January 1988
- 13) 日本道路協会：道路橋示方書、V耐震設計編、平成2年
- 14) The Egyptian Gazette: Death knell sounds for Cairo's Dilapidated buildings
 , Tuesday, November 3, 119
- 15) The Egiptian Gazette : Kamila - A Drama of Woman vs. Law, November 3, 1992
- 16) 国際協力事業団：ギザ州ギザ市西オムラニア地区上下水道整備計画基本設計調査報
 告書、昭和63年8月
- 17) General Organization for Greater Cairo Water Supply : Rod El Farag Water S
 upply, and El Marc Wells Plant

19) El Ahram : Quake victims seek new homes, October 22-28, 1992

-20-

表-1 建設業に従事する日本人がカイロ市及びスエズ市で感じた地震時の振動の様子（1）

体験者	地震時にいた場所		振動の様子	今度の地震と同程度の揺れを日本で経験したことがあるか	気象庁 震度	エジプト人の地震時の反応
	位置	建物等				
A氏	カイロ市内 (ロードス島)	カイロ大学の キャンパス道 路上	○初期微動（縦揺れ、1～2秒程度）は、5m程度の距離を大型トラックまたはトレーラーが走行している感じ ○主要動（5～7秒程度）は、それ程大きくは感じなかった。多少足を開いて普通に立っているのに不自由は感じなかった	東京都内で震度Ⅲ程度の地震を経験したときと同程度	Ⅲ	付近の大学付属病院（4階建）から、全体の3割程度と思われる人間が建物の外に出てきた。数人の女性は恐怖のあまり泣きだし、ほとんどが興奮状態であった
B氏	カイロ市内 (ザマレック地区)	R.C.4階建ての自宅	特に縦揺れは感じなかった	日本では1～2年に一度程度経験する程度の地震	Ⅲ～Ⅳ	打ち合せのエジプト人スタッフは驚いてエレベータに飛び乗ろうとした。
C氏	カイロ市内 (ヘルワ地区)	3階建ビルの3階のオフィス	天井のライトカバーがずれ落ちた。振動は一分弱続いた。	昭和53年6月の宮城県沖地震を福島県双葉郡富岡町の原子力発電所建設現場で体験した時とほぼ同じ程度の地震。	Ⅲ～Ⅳ	事務所のスタッフのうち一人は外に飛び出し、二人は机の下にもぐった。大勢のエジプト人が道路に避難していた。
D氏	カイロ市内 (ヘルワ地区)	2・6階建ビルの8階のオフィス	最初はロケット弾でも落ちたかと思った。地震と分かり、日本では感じる以上に恐かった。	平成2年千葉県東方沖地震を千葉県我孫子市で体験した際の振動に近い	Ⅲ上～Ⅳ	パニック。廊下に飛び出した者や顔面蒼白となって震えているもの多数。

表-1 建設業に従事する日本人がカイロ市及びスエズ市で感じた地震時の振動の様子 (2)

E氏	カイロ市内	10階建ビルの2階のアパート	ビルあるいはその周りに大きな物を落としたような感じ。	12～15年前に和歌山県竜神村で経験した程度の振動。	IV	天を見上げてお祈りを始めたり、裸足で外へ走り出す等、大騒ぎでパニック状態
F氏	カイロ市内 (モハデス シーン)	25階建ビルの23階	鍵のかかっていない机の引出しが開いた。ブラインドが窓をたたいた。	感じたことはない。	分からない	地震が始まるとすぐに階段に殺到し、足を踏み外して転倒したものもいる。興奮のあまり泣き出す者がいた。
G氏	スエズ市	6階建ビルの6階オフィス	軽い横揺れが次第に大きくなり、食卓上のコップが音を立てて振動した。約20秒間振動が続いた。	7～8年前に鹿児島県で就寝中に生じた地震と同程度。この時は思わず外に飛び出した。	III	子供達の悲鳴が聞こえ、一時パニック状態となり、一時間程度ざわついていた
H氏	スエズ市	〃	約1分程振動が続いた。事務所内では物の破壊や落下は生じていない。	東京で2回(ともに震度V)を経験した際と同程度の振動。	III～III+(3.5)	比較的落ち着いていた。
I氏	スエズ市		隣の庭で作業していた大工が、窓から飛びのいた。	愛知県宇和島市と東京都で1回ずつ経験したことがある。	II	事務所のスタッフは初めての経験で興奮していた。その日の作業ははかどらなかった。

表-2 液状化した噴砂の土質特性 (3箇所の噴砂から採取した試料)

特 性	資料-1	資料-2	資料-3
最大粒径 (mm)	0.85	2.0	2.0
土粒子の密度 (gf/cm ³)	2.76	2.72	2.71
50%粒径 D ₅₀ (mm)	0.174	0.245	0.184

表-3 地盤加速度の標準値

地 域	M M 震 度	地盤加速度 A
0	≤ V	0
1	VI	0.02 g
2	VII	0.04 g
3	VIII	0.08 g

表-4 地盤別補正係数

地盤種別	定 義	地盤別補正係数
1	岩盤、しまっているか非常に粒径の粗い土、非常に固いか固い粒径の粗い土、よくしまった厚さが15m未満の粒径の小さい土	1.0
2	ある程度しまった粒径の粗い土、厚さが15m以上のよくしまった粒径の小さい土、厚さが15m未満の非常にゆるいかゆるい粒径の粗い土、非常に軟らかいか軟らかい粒径の小さい土	1.3
3	非常にゆるいかゆるい粒径の大きな土、厚さが15m以上の非常に軟らかいか軟らかい粒径の小さい土	1.5

表-5 橋に対する設計水平震度の試算

長さ		3 8 3 0 m
高さ		1 1 1 m
幅	天 端	4 0 m
	底 面	9 8 0 m
カーテンウォールの深さ		1 7 0 m
流 水 量	冬 期	9 0 ~ 1 0 0 万 m ³ / 日
	夏 期	2 4 0 万 m ³ / 日
ナヤハ湖	貯 水 量	1 6 2 0 億 m ³
	貯 水 面 積	6 0 0 0 k m ²
	長 さ	約 5 0 0 k m

表-6 アスワン・ハイ・ダムの主要諸元

(a) 地域区分が3の場合 ($A = 0.08g$)

固 有 周 期	1 種	2 種	3 種
0.4 秒	0.10	0.14	0.16
1 秒	0.05	0.07	0.08

(b) 地域区分が2の場合 ($A = 0.04g$)

固 有 周 期	1 種	2 種	3 種
0.4 秒	0.05	0.07	0.08
1 秒	0.03	0.03	0.04

表-7 地震の規模と頻度からみた分類

		起こり得る地震の最大規模 (マグニチュード)		
		小さい $M=7$	中程度 ($7 < M < 8$)	大きい $M > 8$
地震の頻度	低 い	エジプト、スエズ	カナダ、フィリピン、インドネシア	米国中南部
	中程度	アルメニア、トルコ	—	米国西部、ニュージーランド、中国
	高 い	—	—	日本、チリ、ペル

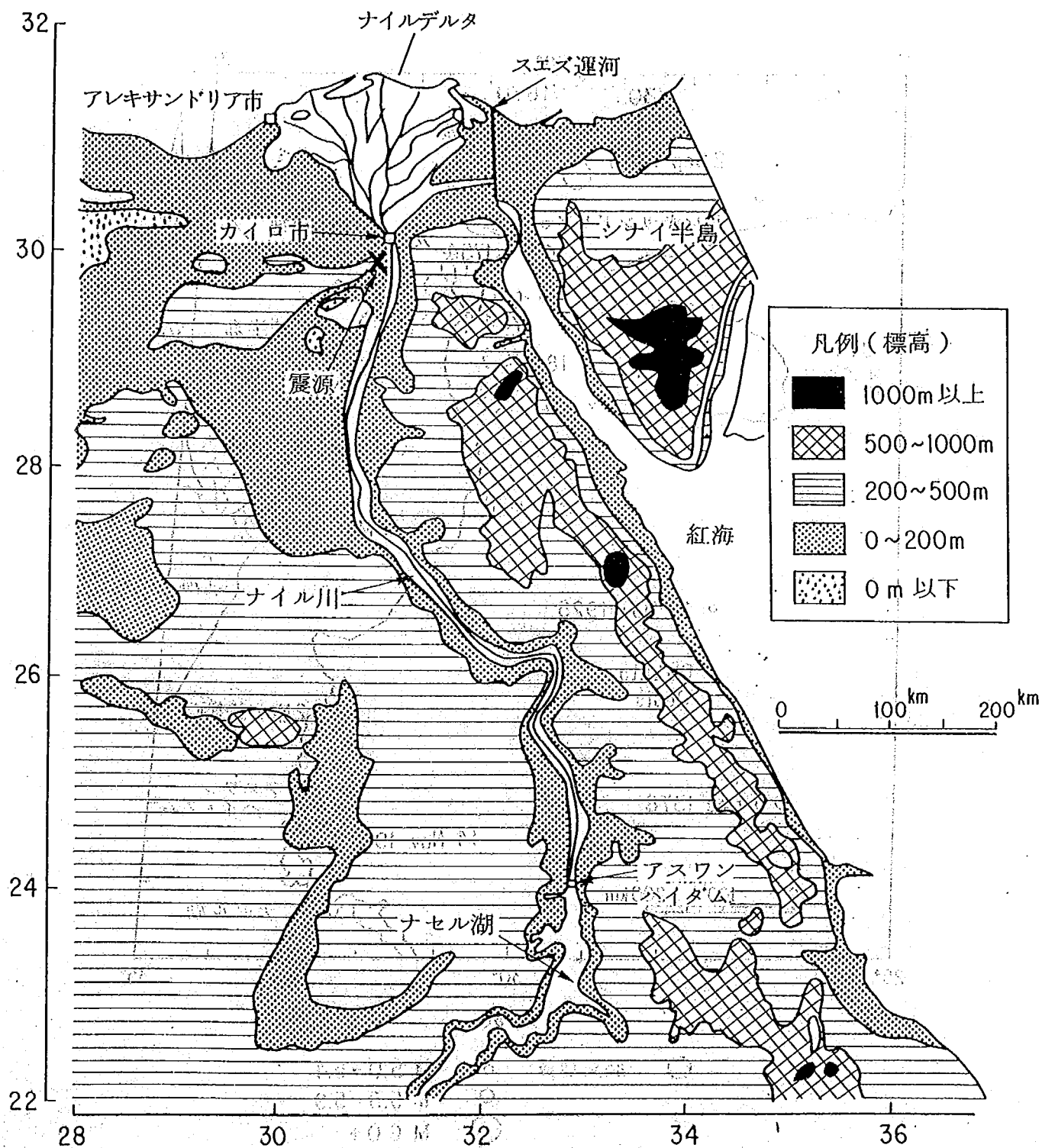


図-1 カイロ首都圏を中心とする被災域と震源域

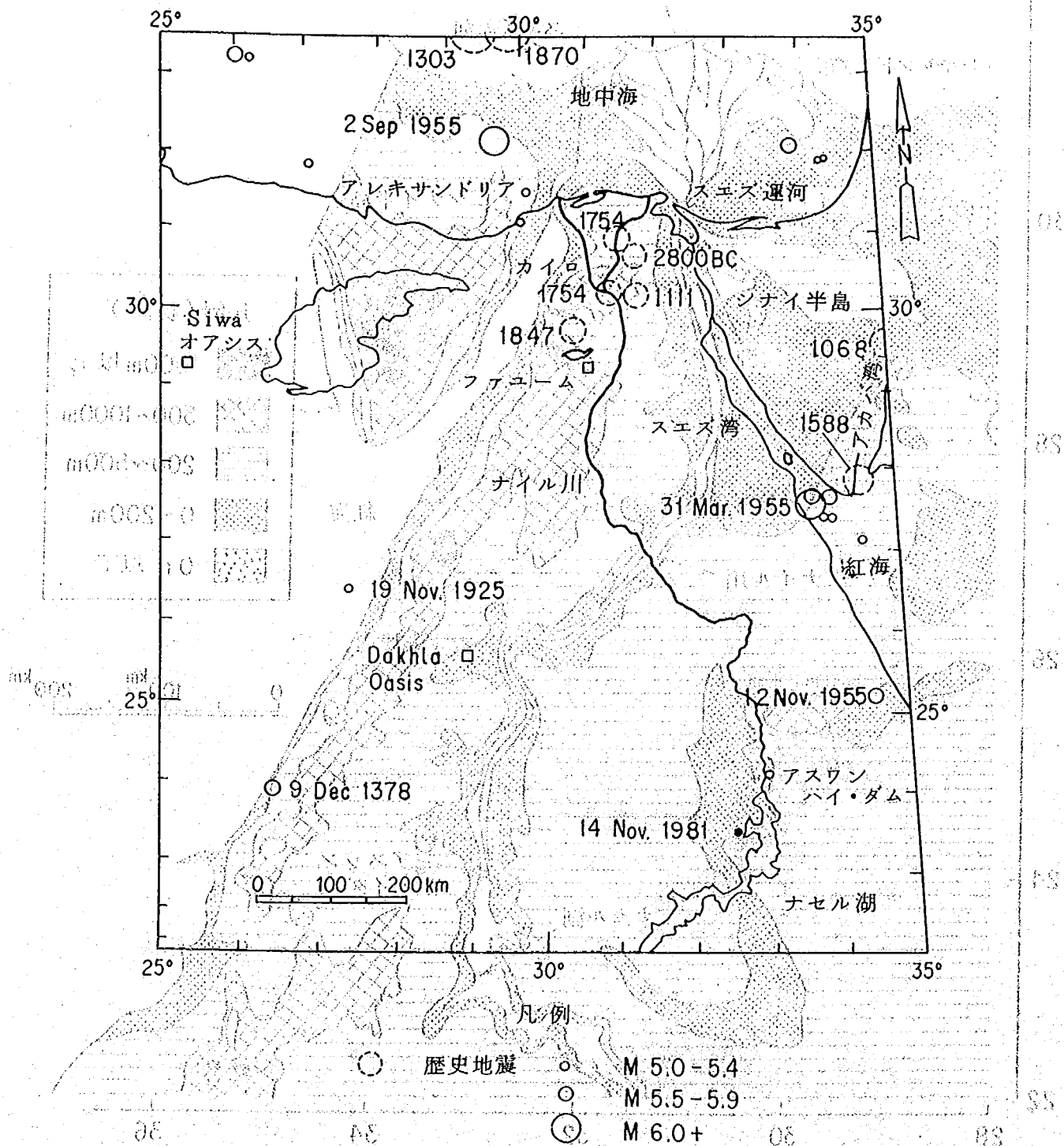


図-2 エジプトの既往の地震

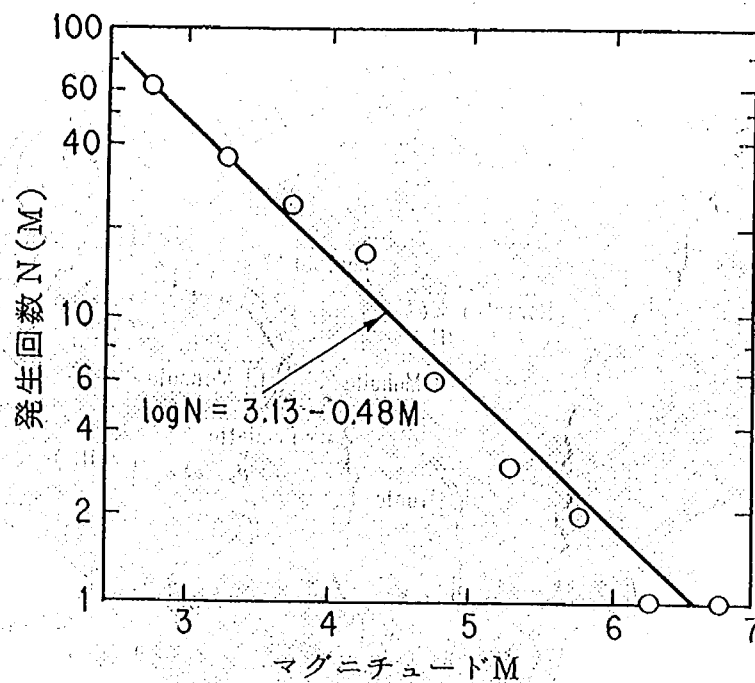


図-3 カイロ北部を中心とする半径300kmの範囲に生じた地震の累積発生回数
(1952年から1985年までの34年間)

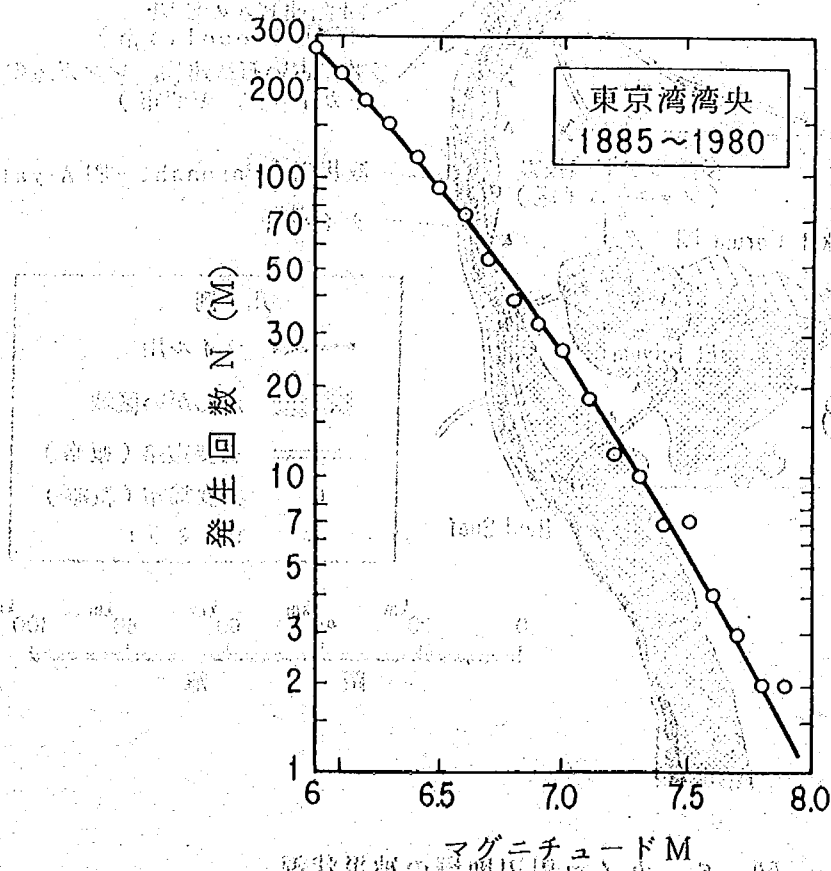


図-4 東京湾中央を中心とする半径300kmの範囲に生じた地震の累積発生回数
(1885年から1979年までの95年間)

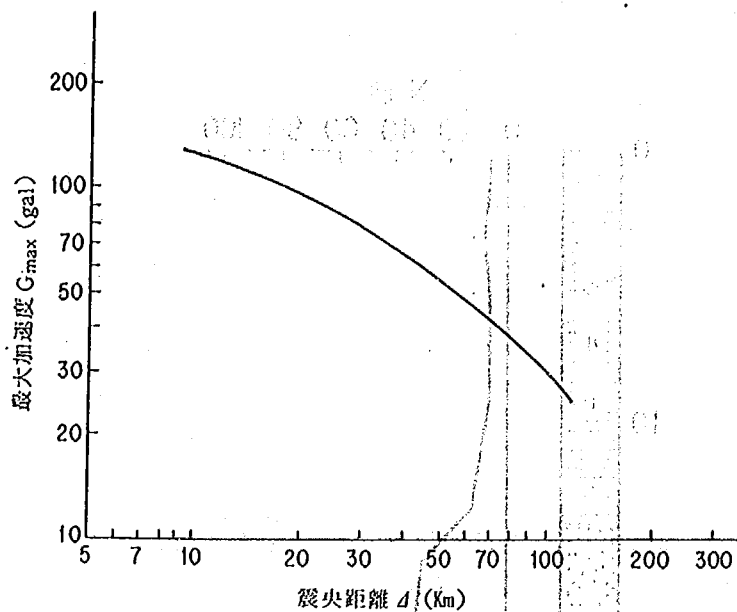


図-6 最大加速度の距離減衰

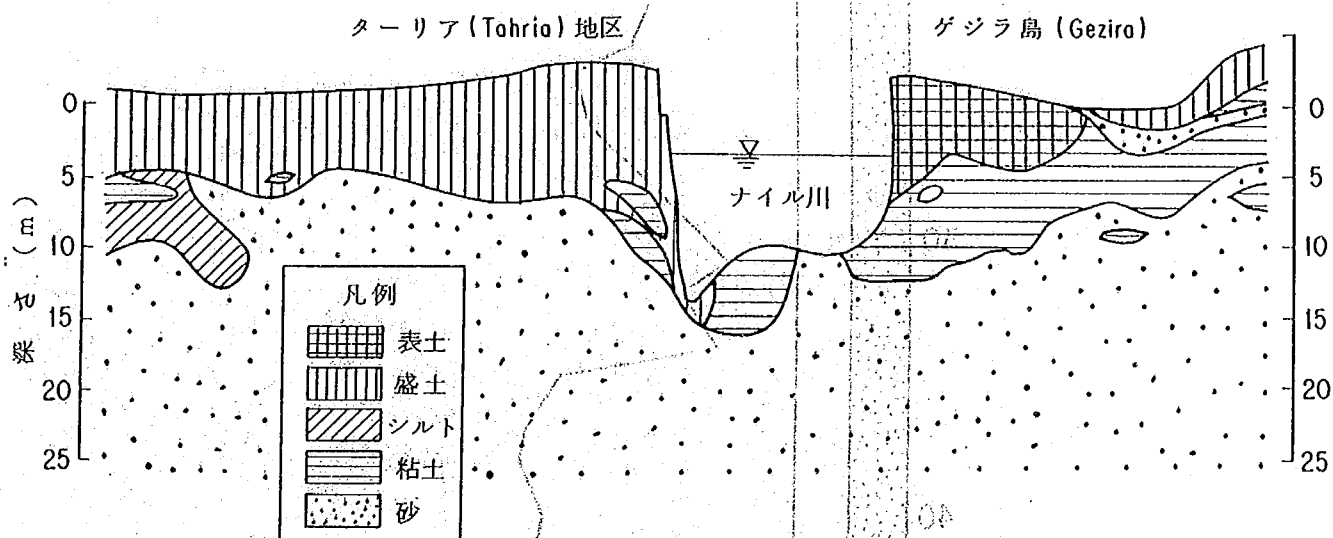


図-8 ゲジラ島からターリア地区までの地盤縦断

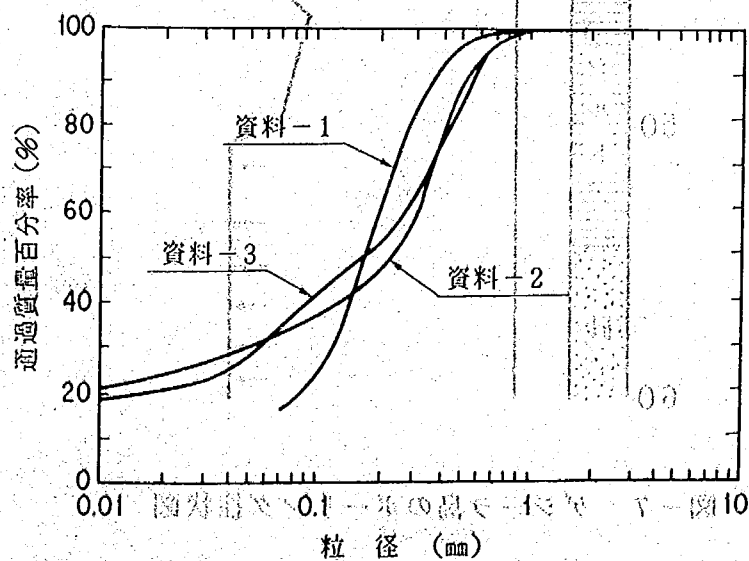


図-9 液状化した砂の粒径加積曲線 (3箇所の噴砂から採取した試料)

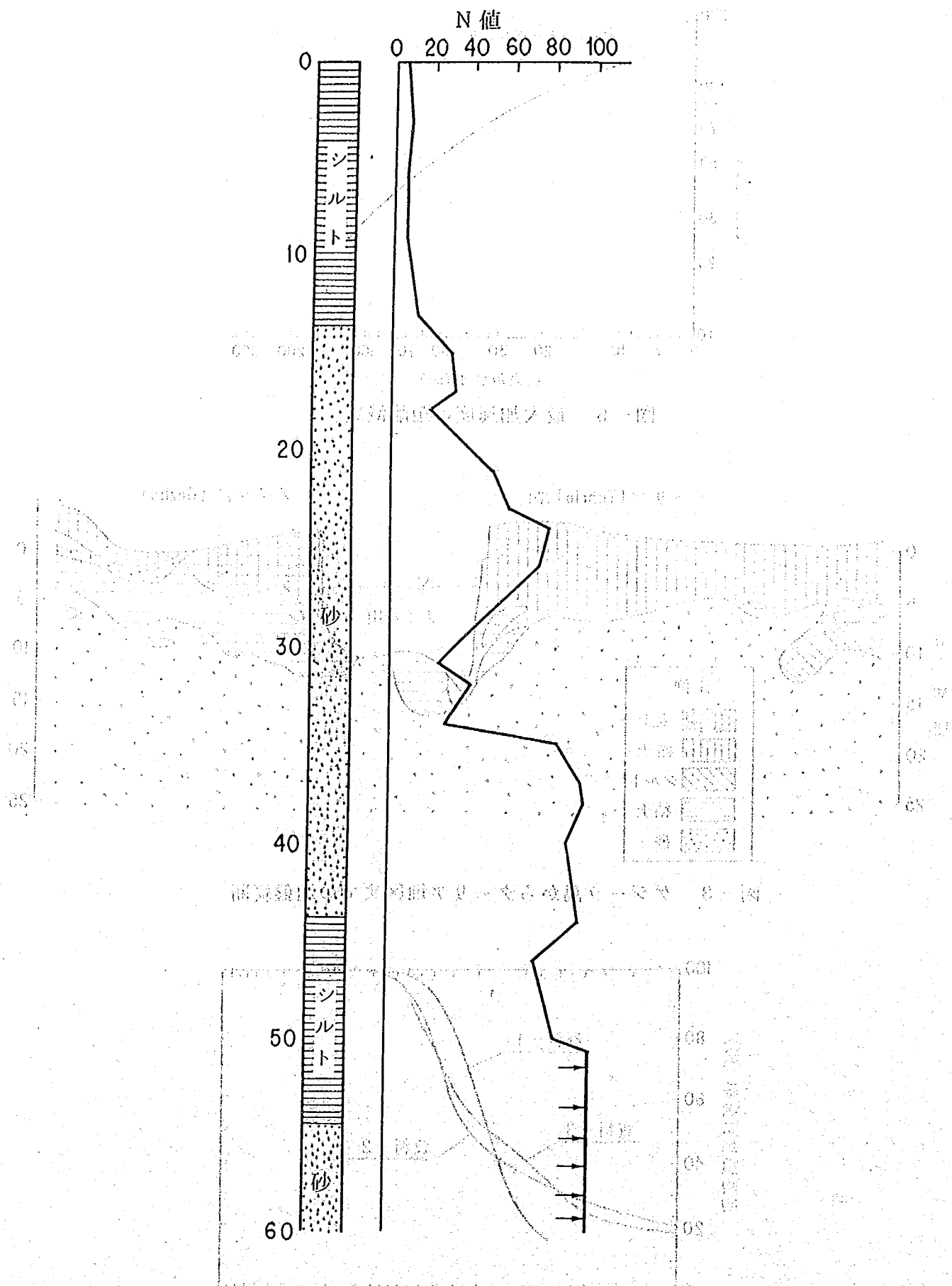


図-7 ゲジーラ島のボーリング柱状図

(備考) 土質調査の結果、調査深度30m付近に砂層が認められる。図-8

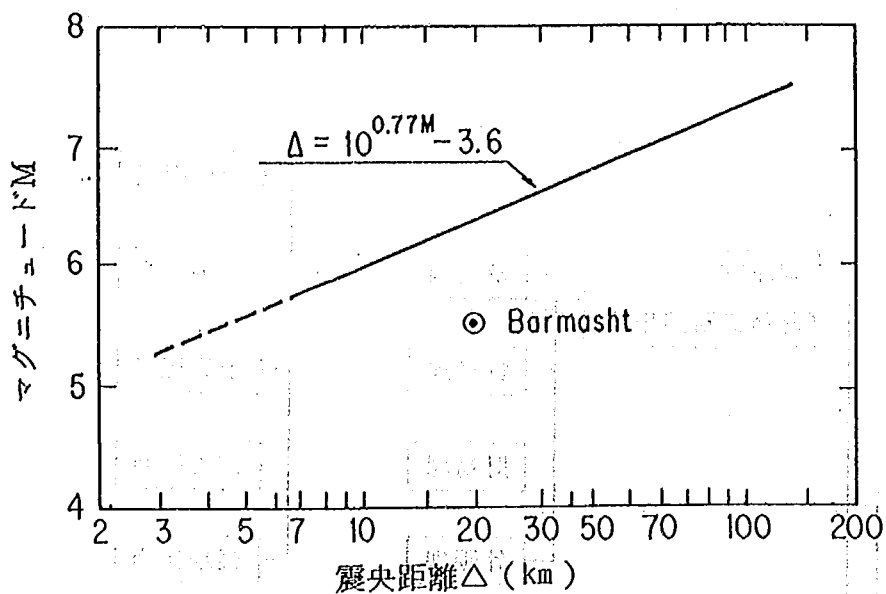


図-1-0 液状化が発生する範囲

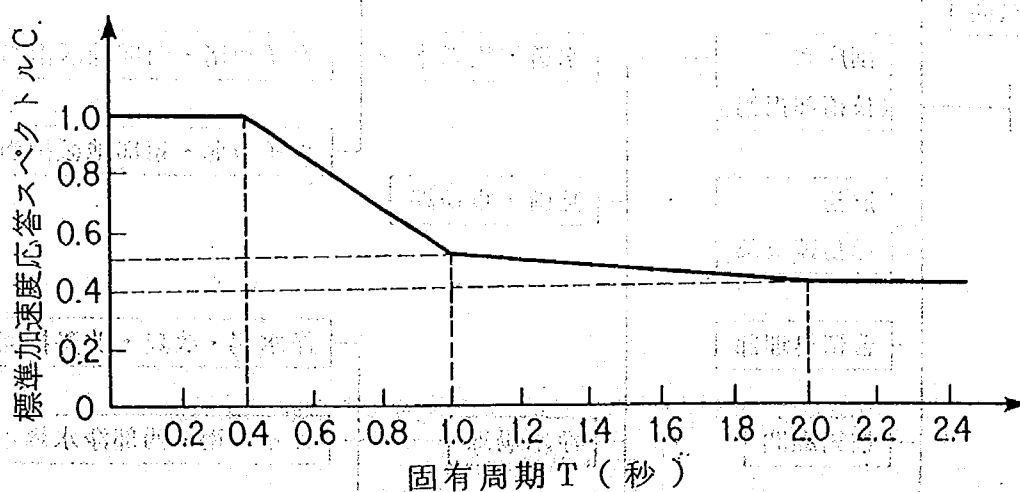


図-1-1 標準加速度応答スペクトル (減衰定数5%)

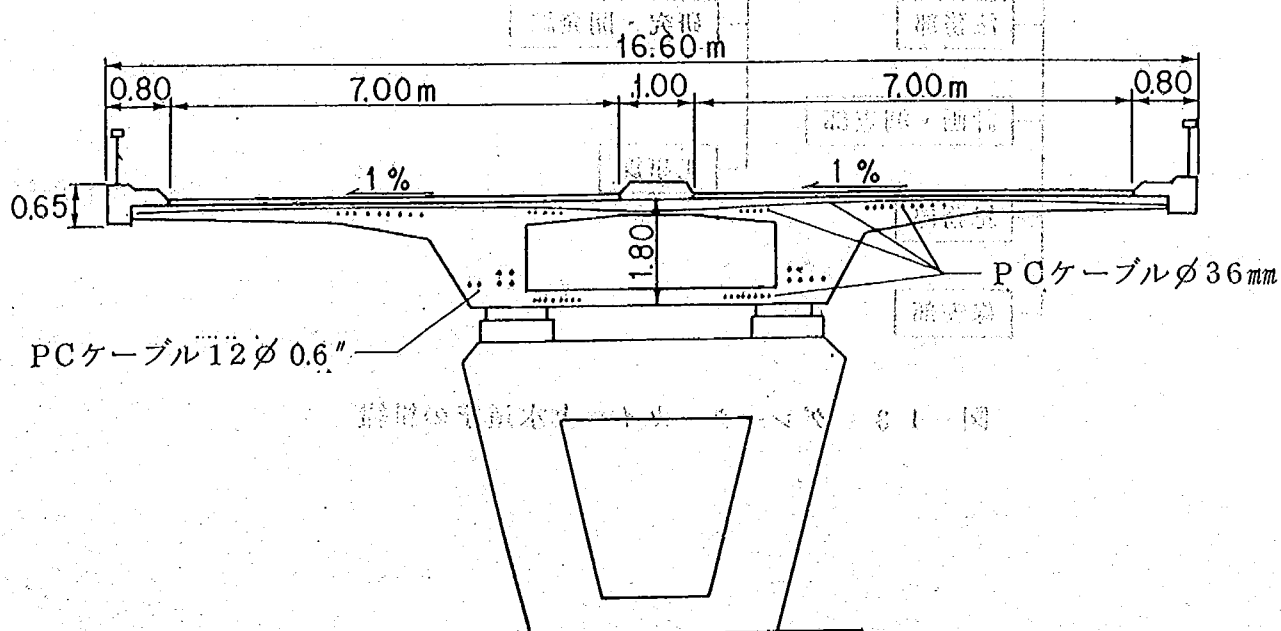


図-1-2 ザマレク高架橋の断面

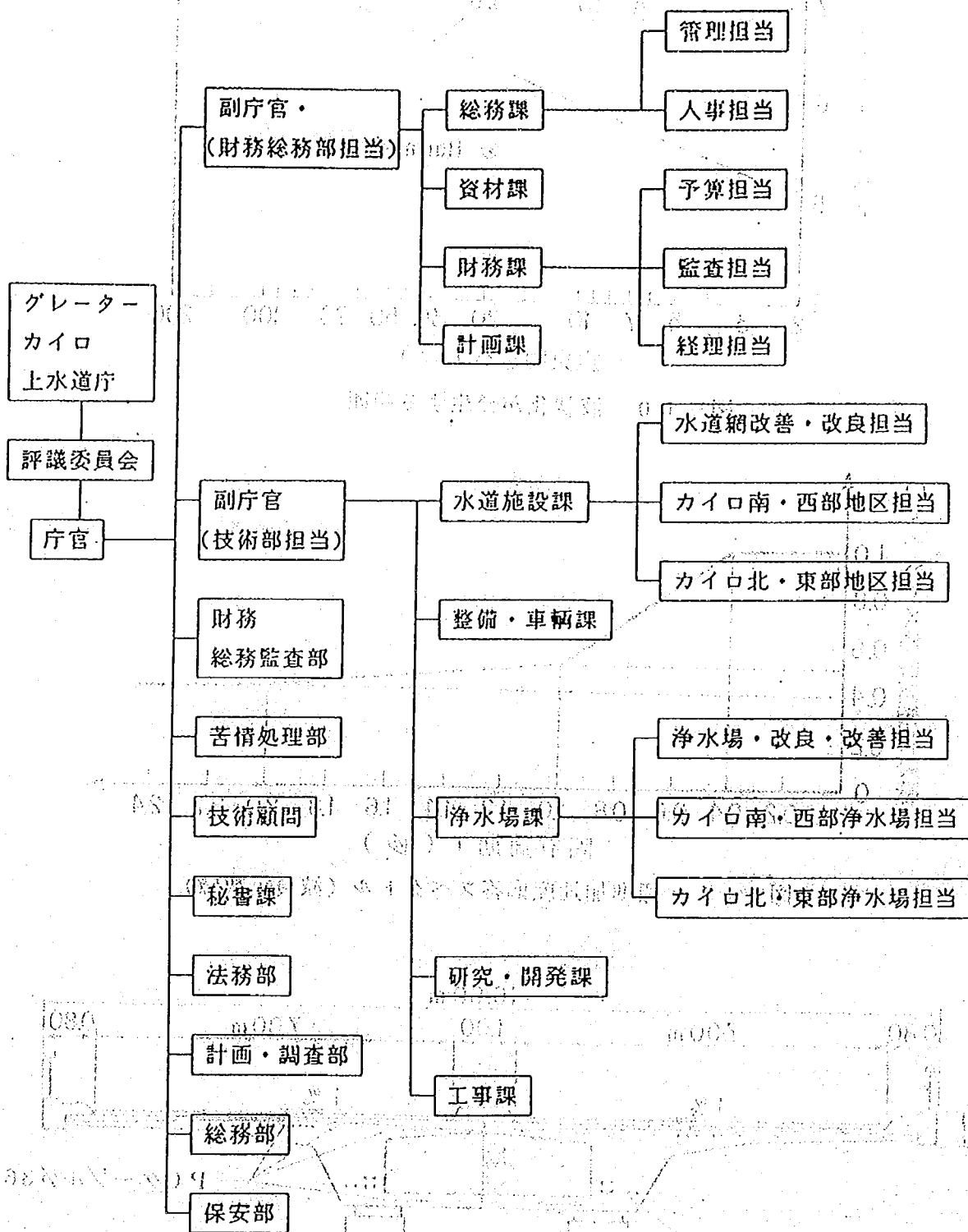


図-13 グレーターカイロ上水道庁の組織

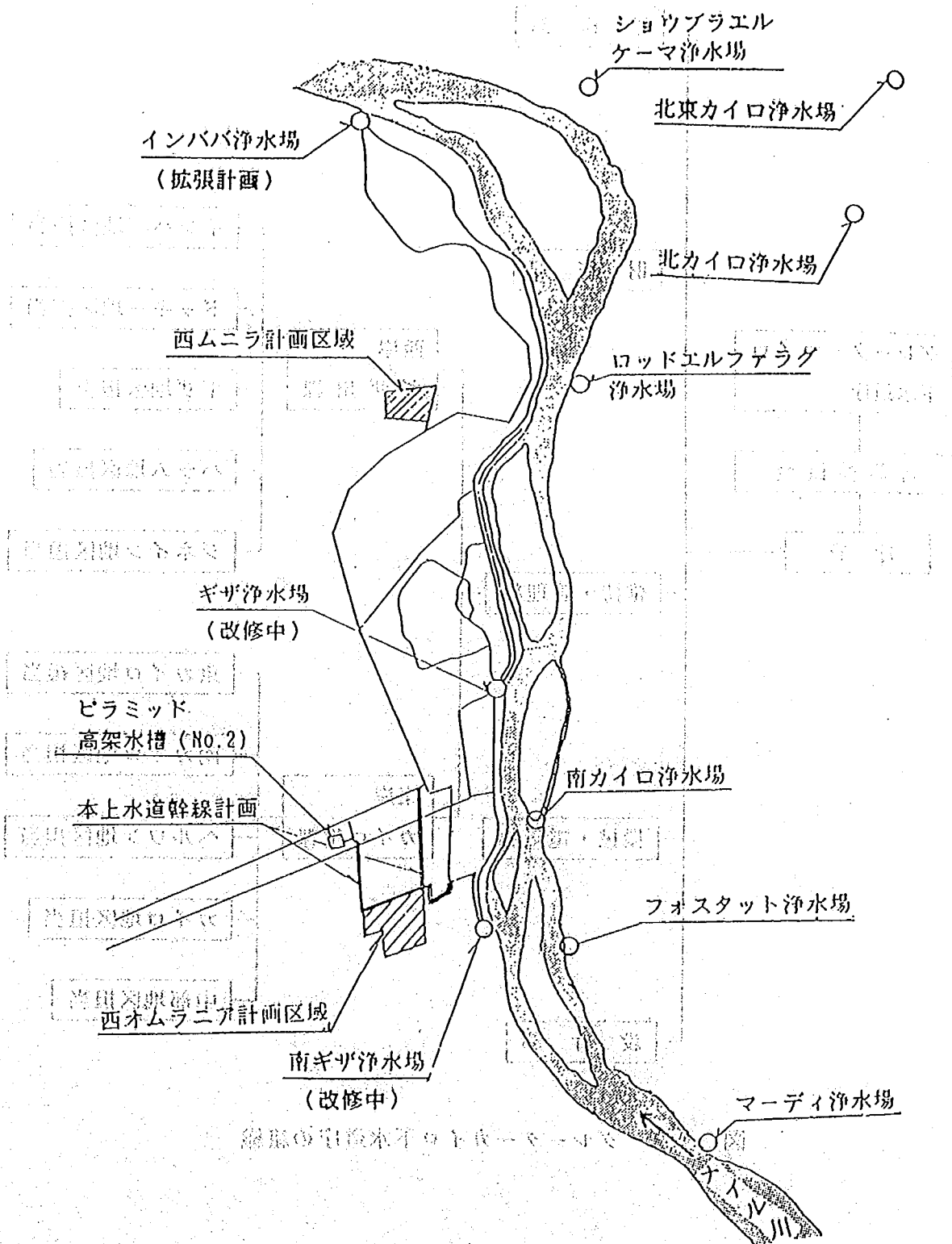


図-14 浄水場の構成（グーターカイロ上水道庁）

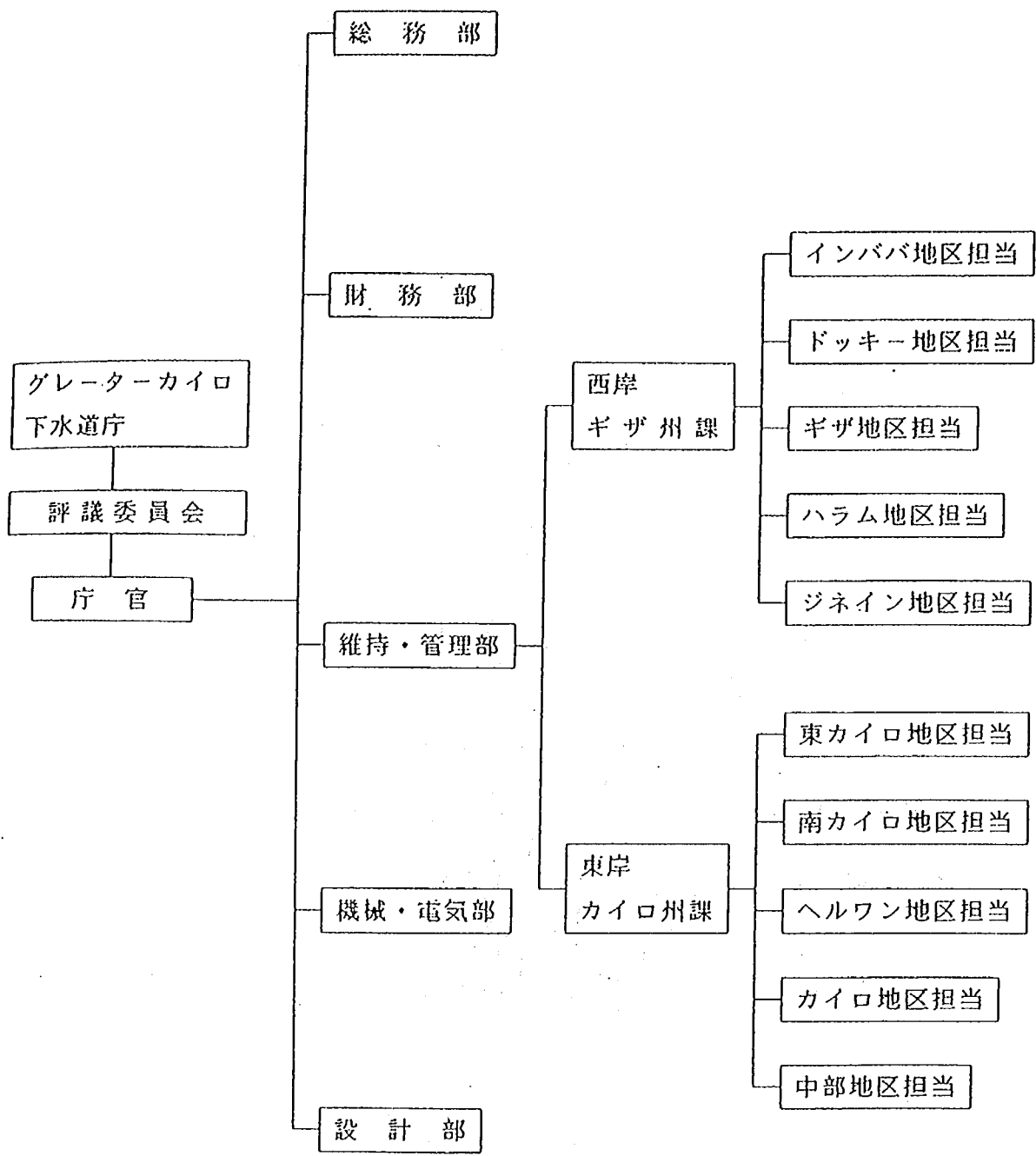


図-15 グレーターカイロ下水道庁の組織



写真-1 震源地付近に生じた地面のクラック(一部区間しか見ていないが、少なくとも200m程度にわたって点々と連続的にトレースできる)



写真-2 クラックの詳細(単純に左右に引っ張られたようで、横ずれらしきものは見られない。幅約10cm)

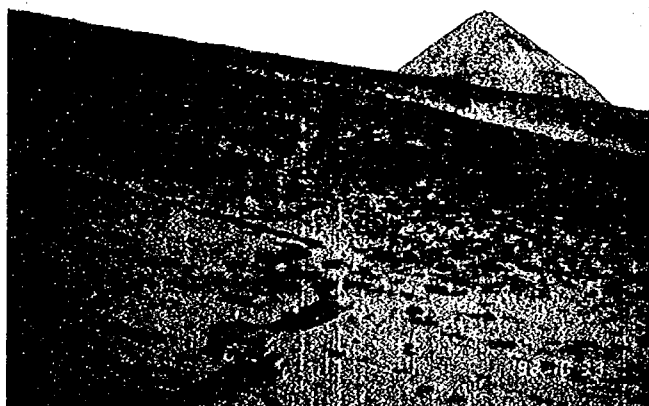


写真-3 Dahshurピラミッドの方向に延びているクラック

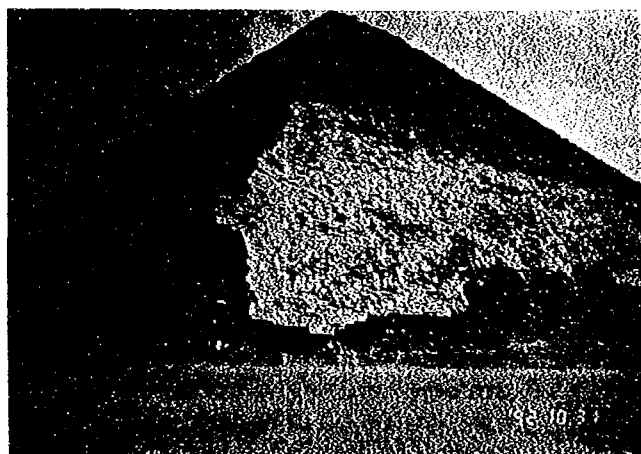


写真-4 Dahshurピラミッド(上部と下部の勾配が異なるので有名、軍の管理地域にあるため、一般には見ることはいかない)

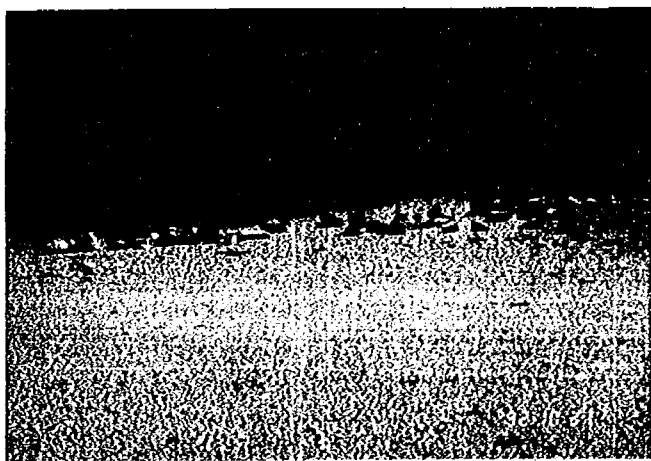


写真-5 Dahshurピラミッドから落下した巨石(今回の地震によるものかどうかはわからない)



写真-6 液状化によって生じた最も直径の大きい噴砂孔(直径約4m、ここから高さ2~3mまで水と砂が噴き上げた、Barnasht地区)



写真-7 写真-6の噴砂孔のクローズアップ(地表付近は粘性土に覆われている。砂層はこのシーンでは見えない)



写真-8 中程度の規模の噴砂孔



写真-9 噴出した砂を集めた後(このような跡が、多数あったことから、この付近ではかなり広範囲に、かつ、大規模に液状化したと考えられる。しかし、大部分はすでにかたづけられており、こののようにはっきり液状化が確認できた地点は他にはなかった)

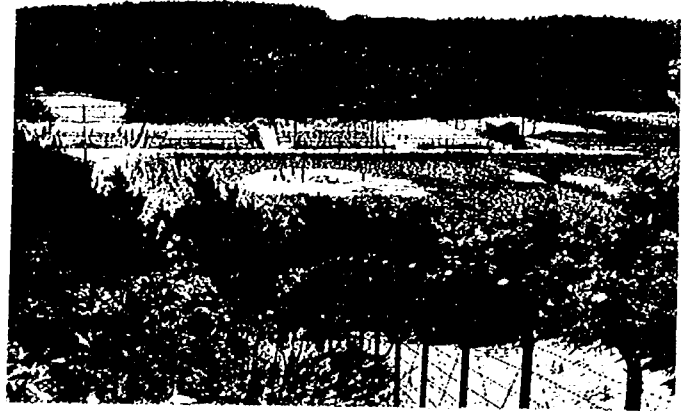


写真-10 日本海中部地震による青森県車力村の噴砂(九州工業大学安田 進教授のご好意による)

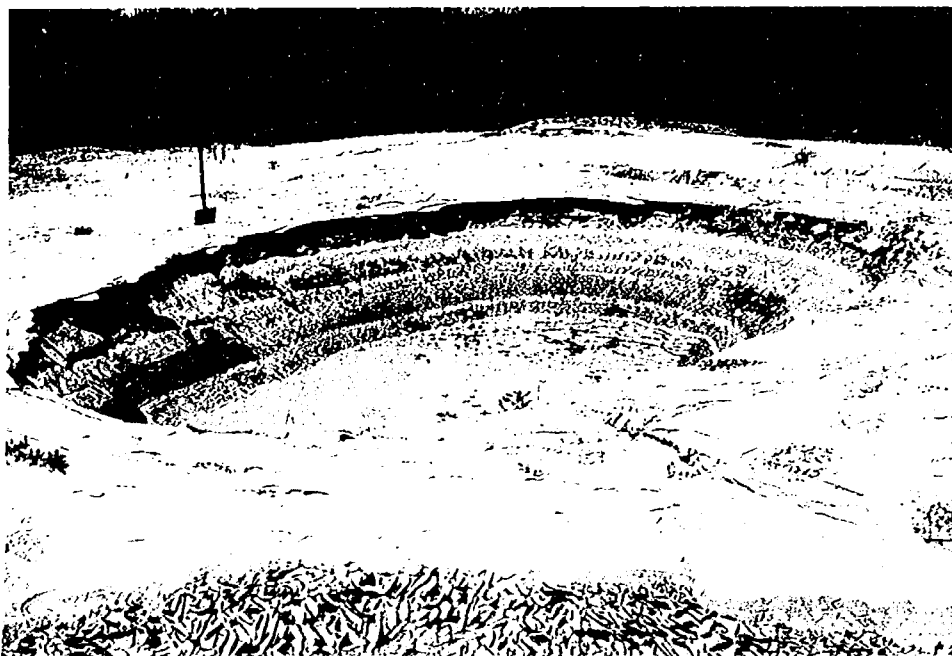


写真-11 日本海中部地震による青森県車力村の噴砂(九州工業大学安田 進教授のご好意による)

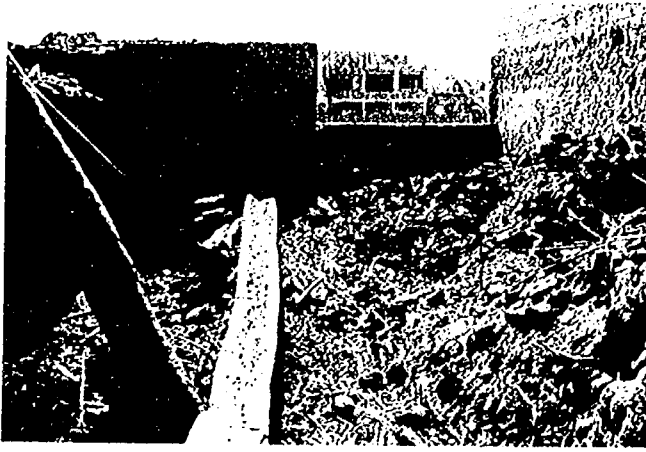


写真-12 典型的なアドベ造の被害(ファニーム地区)



写真-13 日干しれんが(繊維質が混じっているので比較的軽い)



写真-14 辛うじて残った壁(天井を形成していた木製の梁が見える。この部分の梁は輸入した普通の木を用いている)



写真-15 壁と天井を構成する梁の固定部(この部分の梁は、椰子の木を輪切りにしたものである)



写真-16 日干しれんがの代わりに石を用いた建物の倒壊(倒壊すると、非常に危険な建物である)



写真-17 日干しれんがの代わりに用いられた碎石



写真-18 石造建物(3階建て、クラックが多数はいつているが、かなりのものは地震前から入っていたと考えられる、カイロ市内)

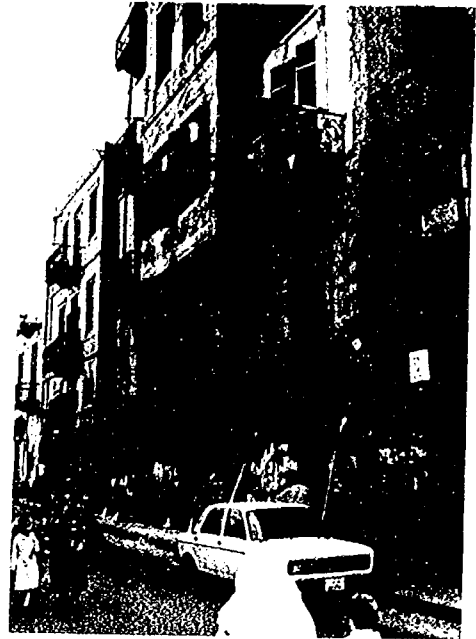


写真-20 石造建物(3~4階建て、地下水が高いせいか、壁の表面がかなり湿っている、応急的な倒壊防止につかえ棒で支持している)



写真-19 石造建物(地震により傾斜したため、倒壊防止につかえ棒で応急的に支持している)



写真-21 風化した内部の石(表面のカバー(しっくい)のなかは、ぼろぼろに風化している、少し、粘土も含む柔らかい砂岩)



写真-22 鉄筋コンクリートで補強したれんが造の倒壊(完全に倒壊し、床や柱の区別がつきにくい)

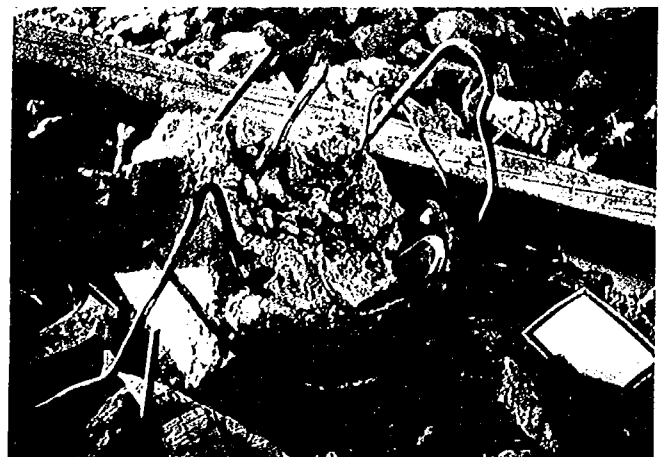


写真-23 写真-20の建物に用いられていた柱の断面(丸鋼(径13mm)が用いられており、帯鉄筋はほとんど入っていない)

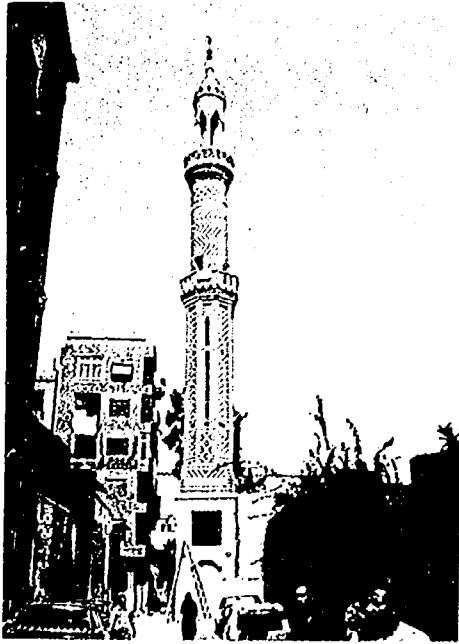


写真-24 モスクの尖塔(これは、被害が軽微な尖塔である。尖塔を支える基部にクラックが入っている)

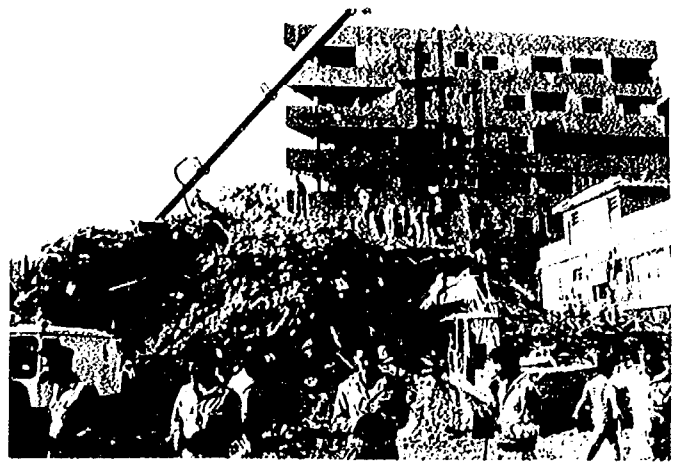


写真-25 完全に倒壊した14階建てビル



写真-27 救助活動(このビルの倒壊で約70名の犠牲者を出した)



写真-26 崩壊部(柱や梁、床の見分けが困難)



写真-28 基礎部(基礎部及び地盤には破壊の痕跡は見られない)

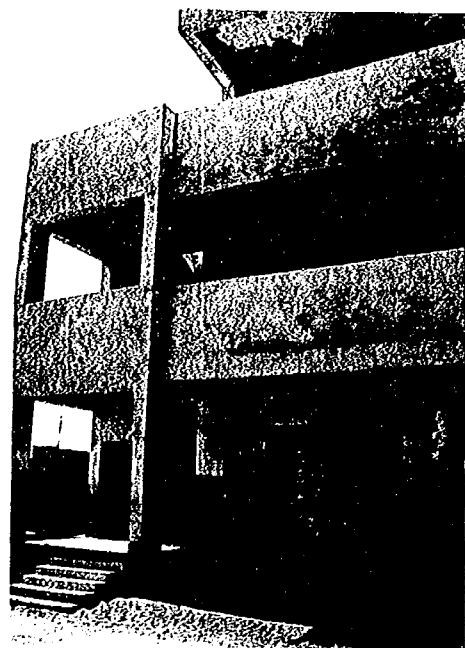


写真-29 建物本体と階段部の柱目部の被害(学校)

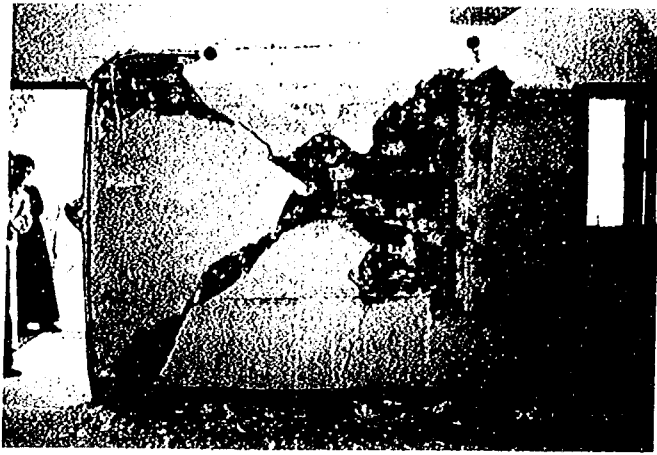


写真-30 れんが壁の被害

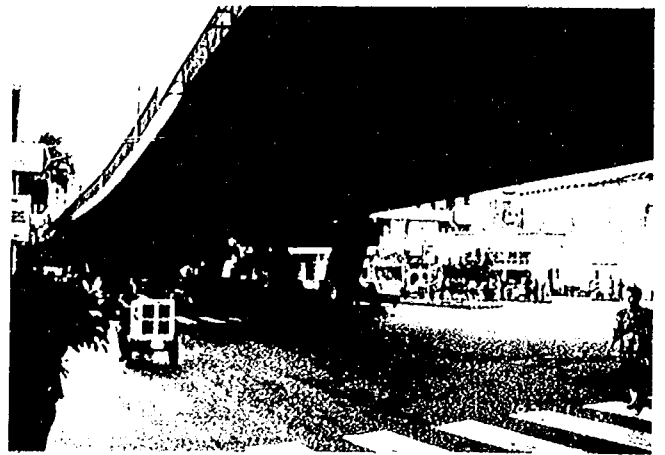


写真-31 ザマレク高架橋



写真-32 支承部

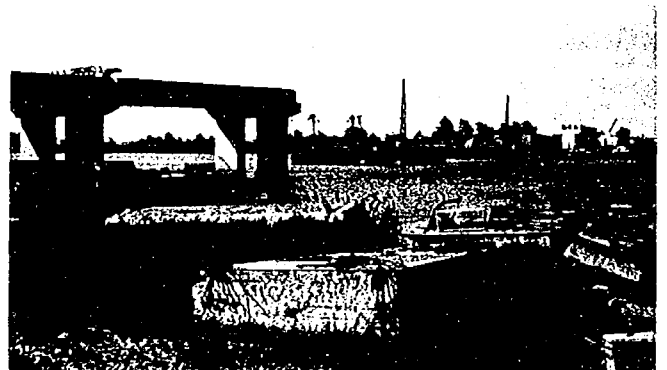


写真-33 Faraskour橋(本川部の建設中)

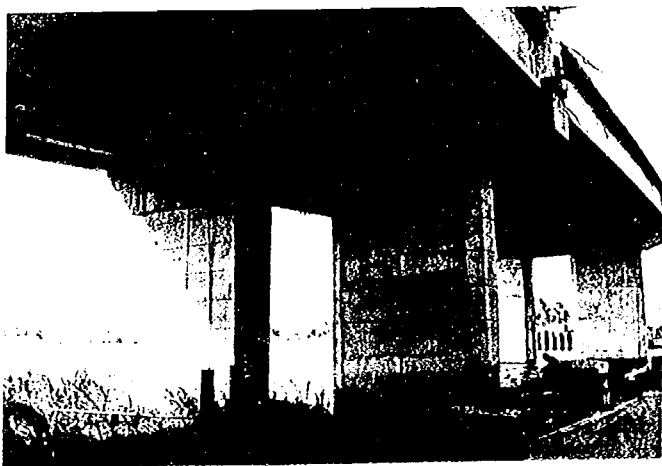


写真-34 橋脚及び桁(上部構造は、P C プレテン桁)

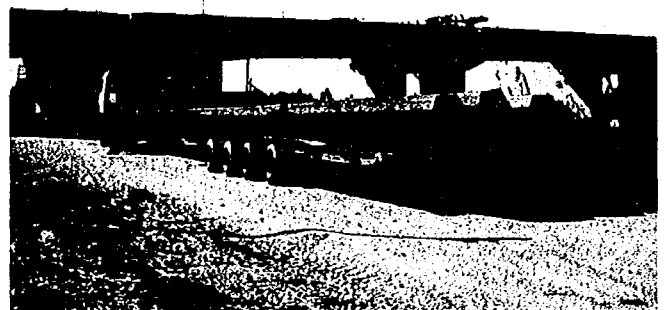


写真-35 架設に用いる鋼矢板(長さ30m位)

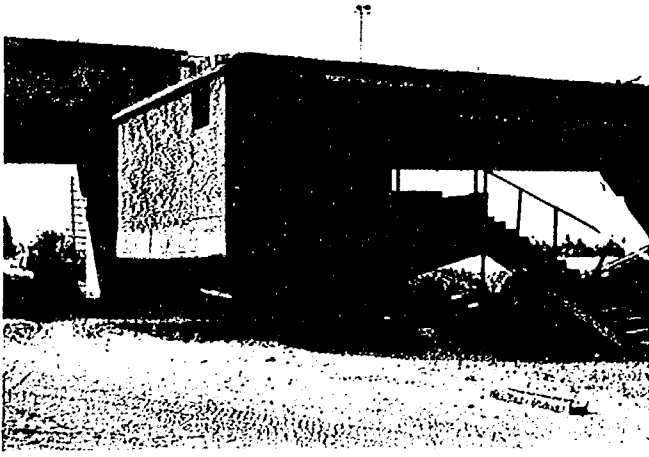


写真-36 載荷試験を行った試験杭(設計荷重240tfの2倍の480tfまでの鉛直荷重を作用させた。試験後は、展望台として利用されている)

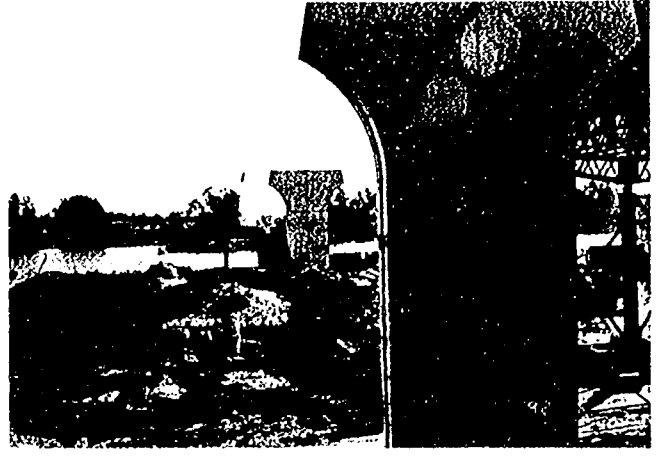


写真-37 Mansula橋(建設中)

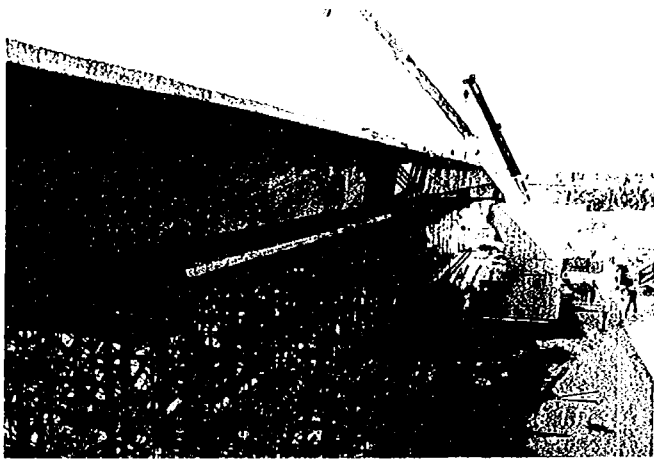


写真-38 Mansula橋(現場打ちのPC)



写真-39 架設中の桁

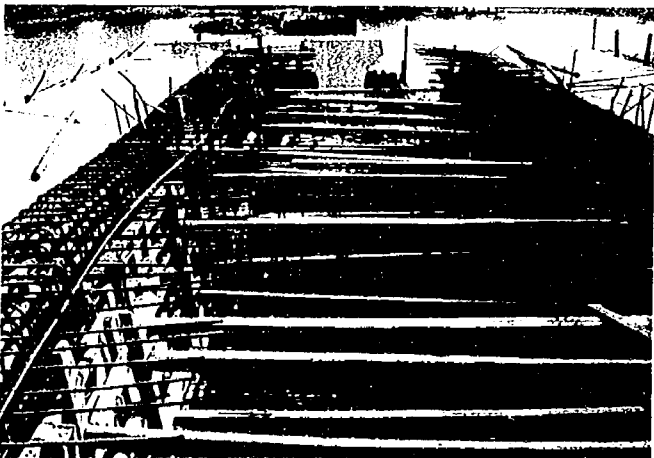


写真-40 桁とPCケーブル

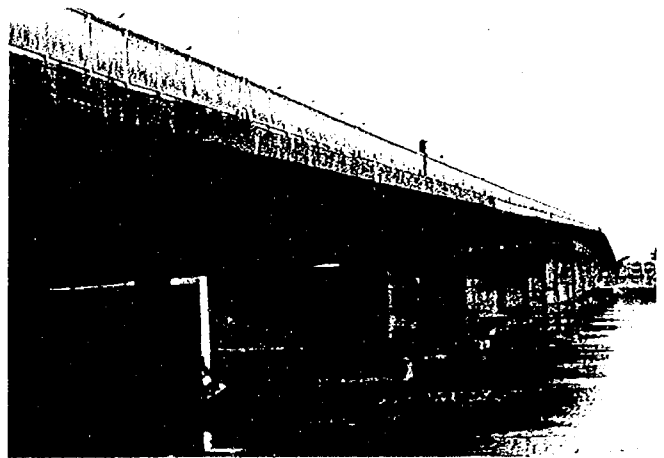


写真-41 Benisuef橋(カイロの南約120kmのBenisuefji)

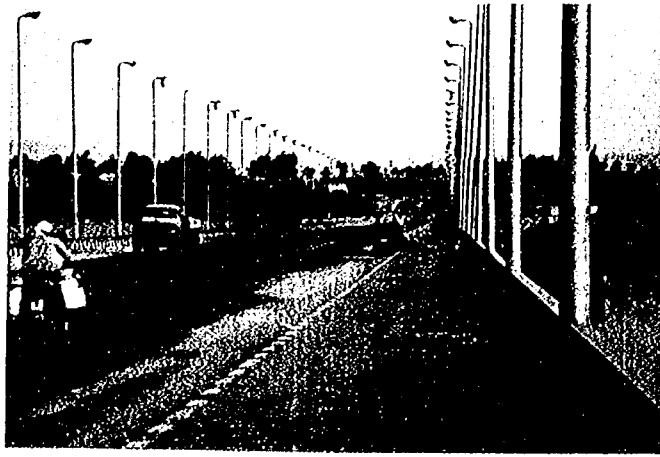


写真-42 Benisuef橋

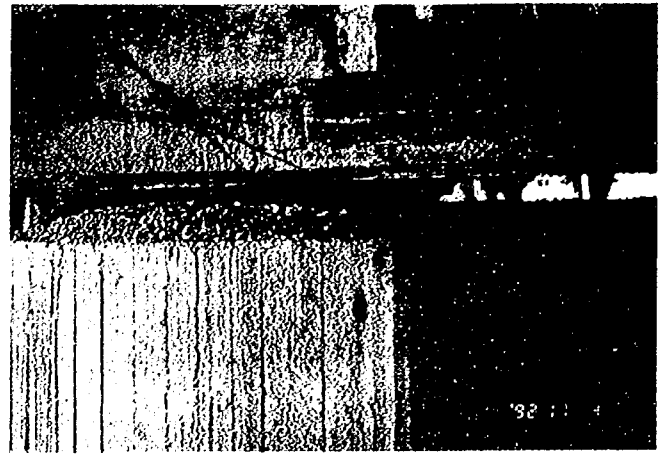


写真-43 支承部

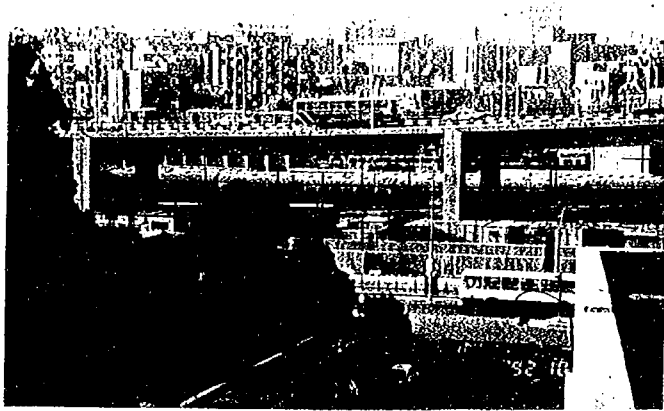


写真-44 カイロ市内の高架橋(ラーメン橋脚)

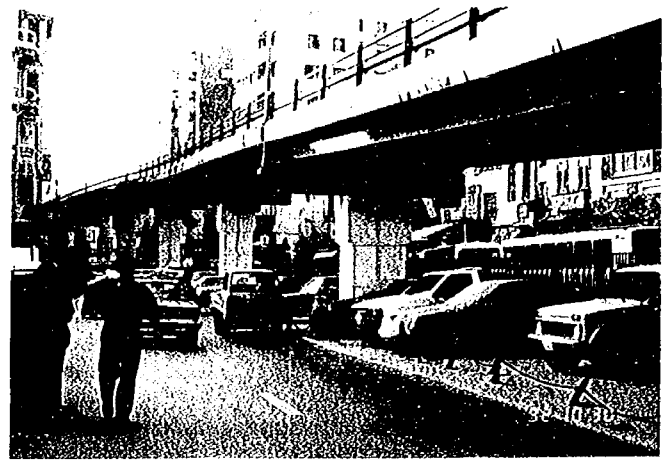


写真-45 カイロ市内の高架橋(横梁はメタルを使用し、橋脚天端で固定されている)



写真-46 カイロ市内の高架橋(鋼製橋脚、固定橋脚部では、斜め部材により橋脚を補剛している)



写真-47 カイロ市内の高架橋



写真-48 掛け違い部

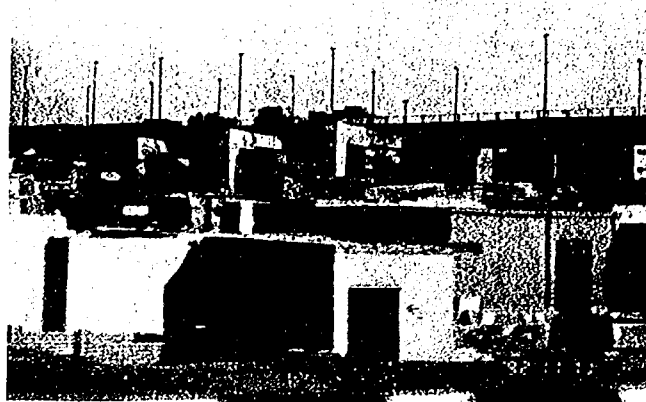


写真-49 カイロ市内の高架橋(RCラーメン橋橋脚。
ただし、横梁がゲルバーヒンジになっている。
この構造は、あまり耐震的ではない)

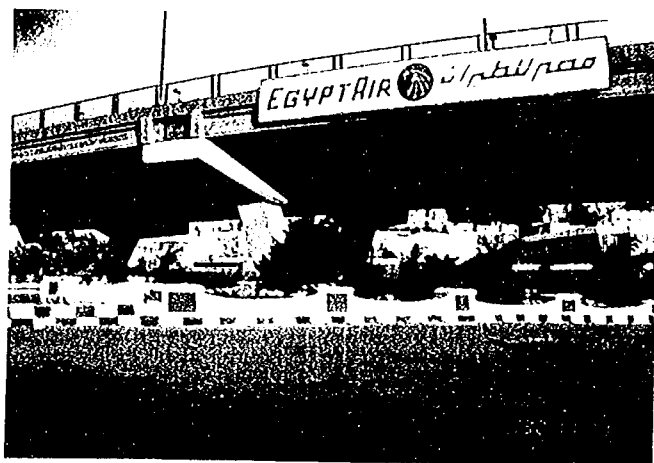


写真-50 カイロ市内の高架橋(すっきりした外観のRC
ラーメン橋脚)

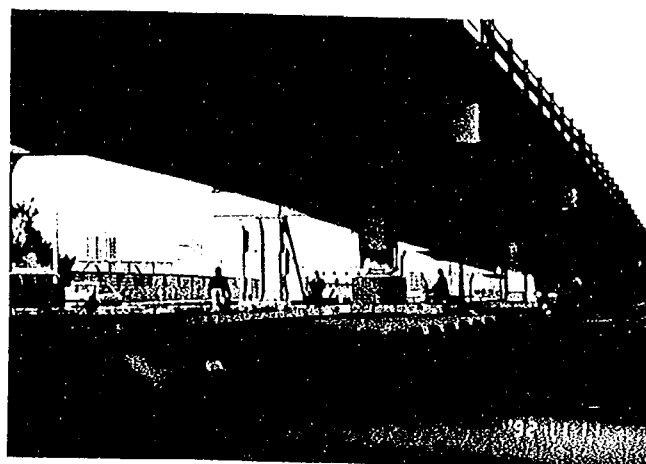


写真-51 カイロ市内の高架橋(鋼製橋脚、固定橋脚と可
動橋脚が区別できる)

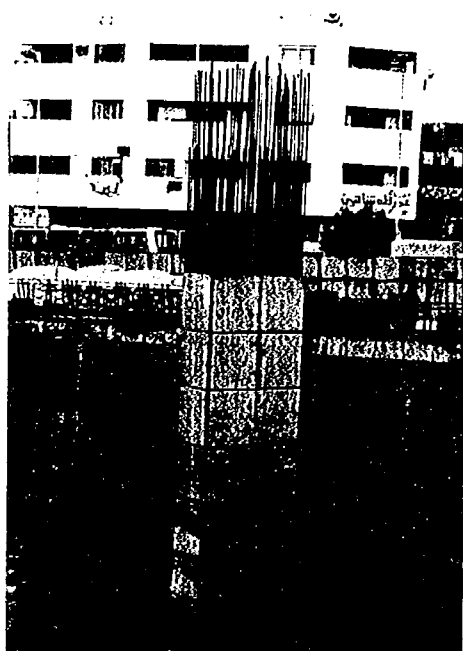


写真-52 建設中の橋脚(カイロ市内、7月26日橋の横)

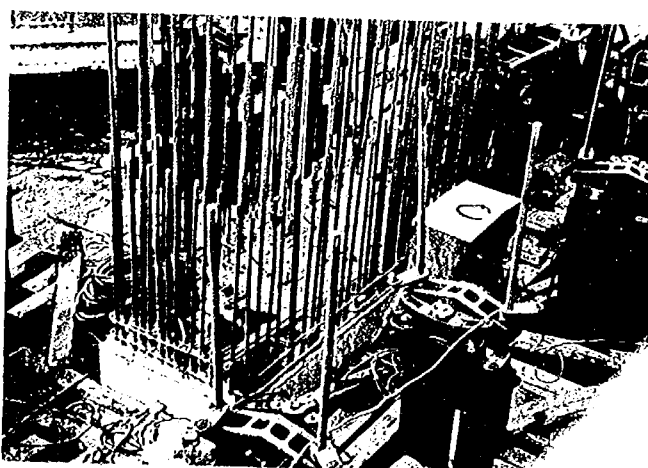


写真-53 配筋(異形鉄筋を用い、帯鉄筋がしっかり曲げ
定着されている)



写真-54 横断歩道橋(鋼製)



写真-55 回転橋(ナイルデルタ、船舶の航行用に回転できるようにになっている。このような橋が多数ある)

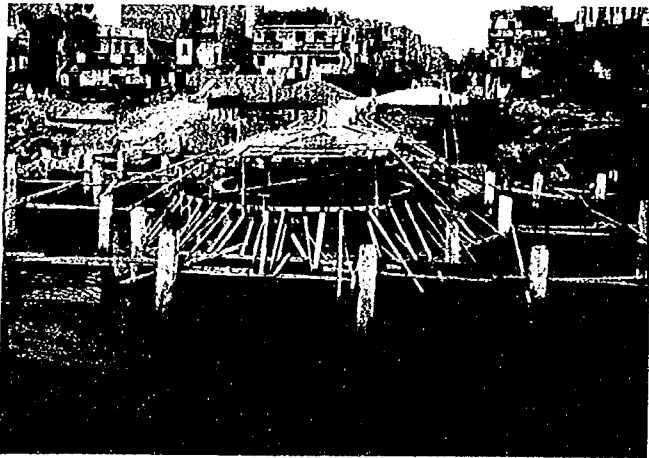


写真-56 建設中の回転橋(回転部の建設中)



写真-57 共同利用の上水(カイロ市内)



写真-58 共同利用の上水(ファユーム地区)



写真-59 Rod El Farag浄水場



写真-60 沈砂池の送水ダクトの漏水

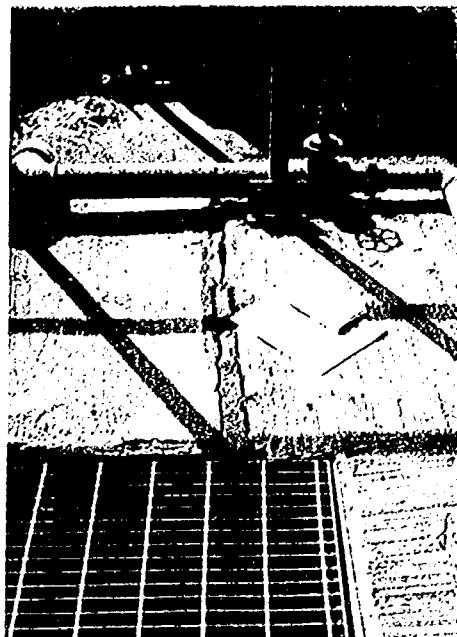


写真-61 貯水槽の目地ズレ

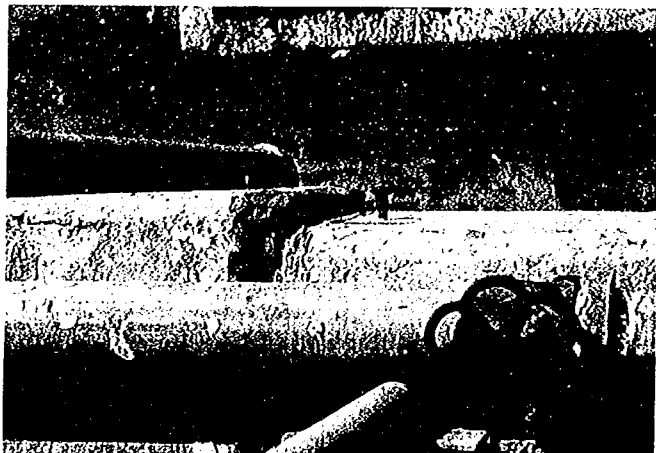


写真-62 貯水槽の目地ズレ

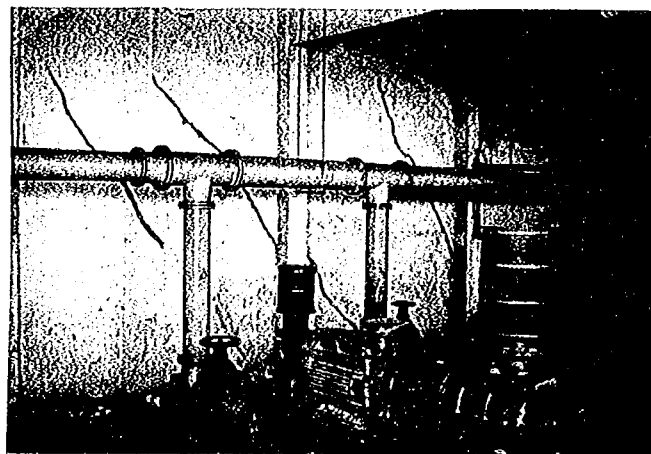


写真-63 非構造れんが壁のクラック(ポンプ室)

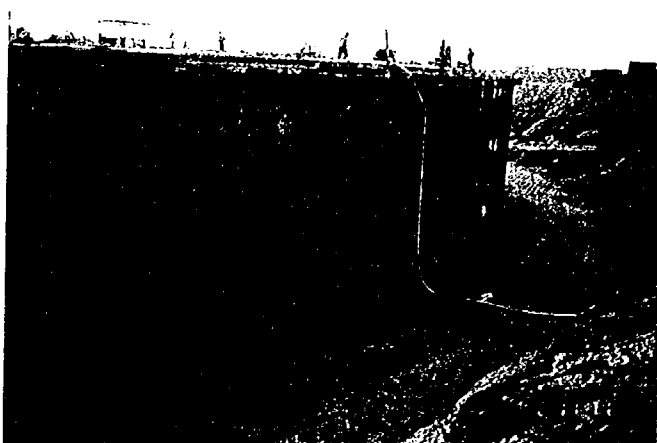


写真-64 Derasa貯水槽(RC製、直径80m、高さ7m、
容量3万 m^3 、ギザ市、建設中)

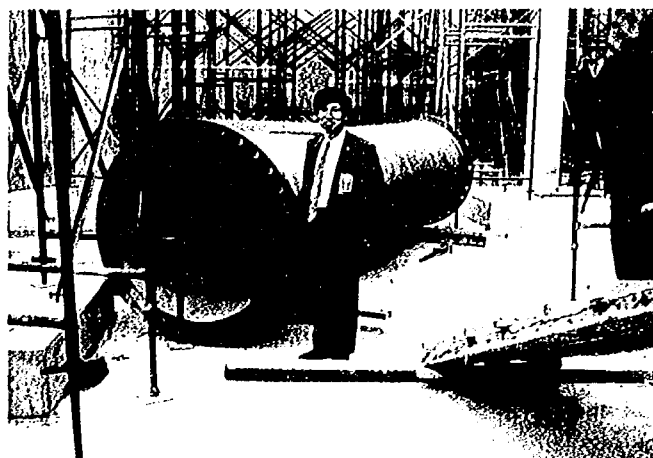


写真-65 配水、注水に用いられるダクティル管(径1.2m)

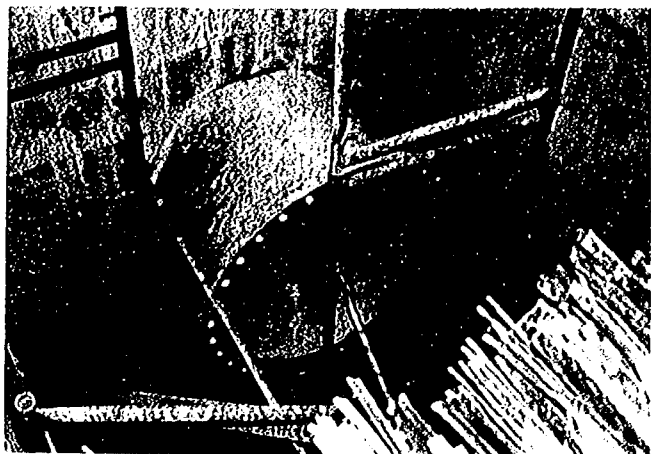


写真-66 構造壁と剛結されている配水用のダクトイル管
(径1.2m)



写真-67 貯水池の中に設けられた柱と天井壁との固定部
(異形鉄筋を使用し、柱からの主鉄筋は天井スラブで折り曲げている。柱にはきちんと帯鉄筋が入っている)

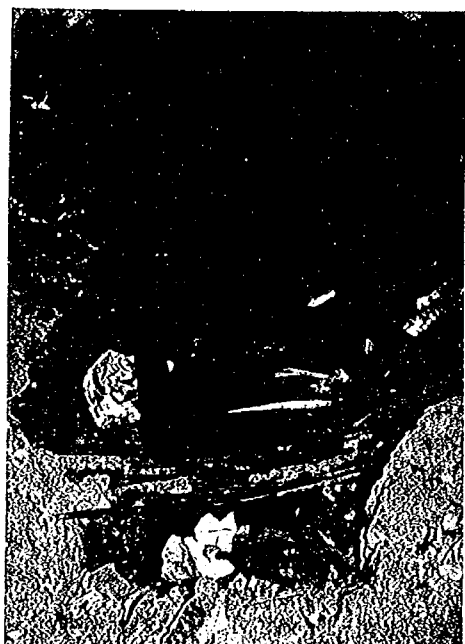


写真-68 歩道部に直埋されているケーブル類



写真-70 アスワン・ハイ・ダム全景(下流側)

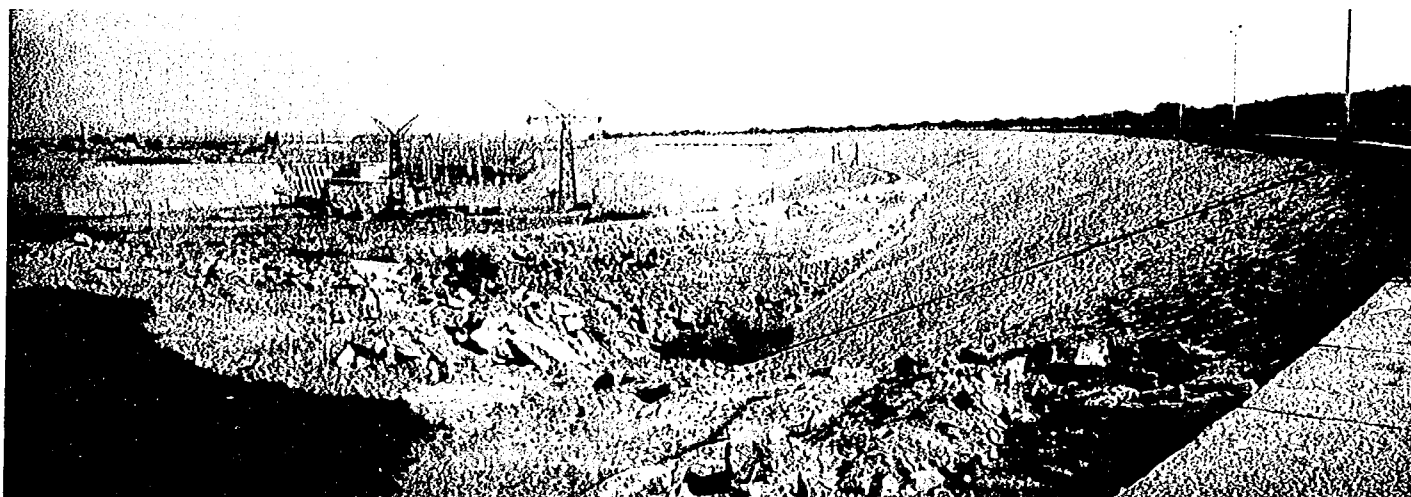


写真-69 アスワン・ハイ・ダム全景(下流側)

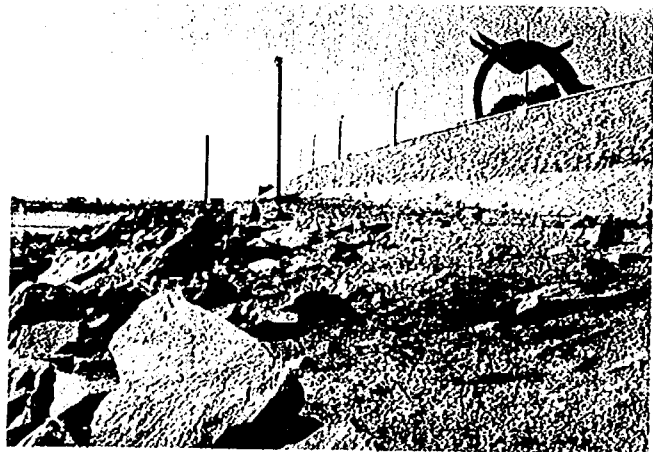


写真-71 上流側



写真-72 巨石が積み上げられたロック部分



写真-73 ロック材の取り出し場の一部(下流左岸)



写真-74 ナセル湖

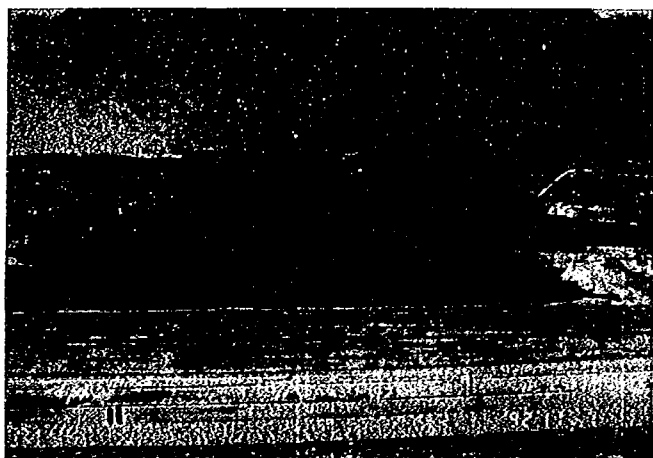


写真-75 下流側の放水



写真-76 発電所(2,100MWの発電能力を持つ)

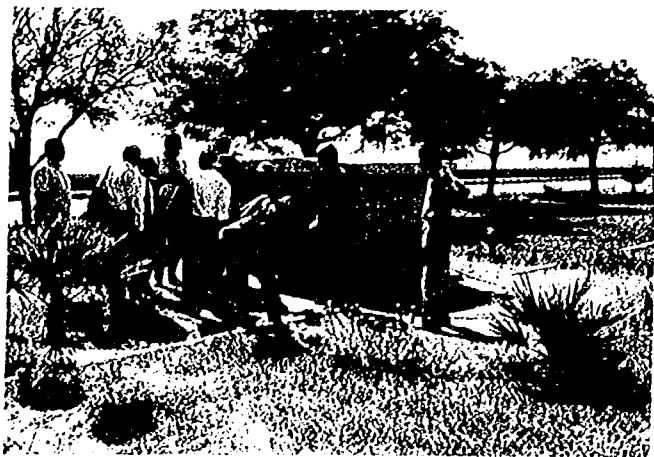


写真-77 堤体中央に設置された強震計の設置用小屋

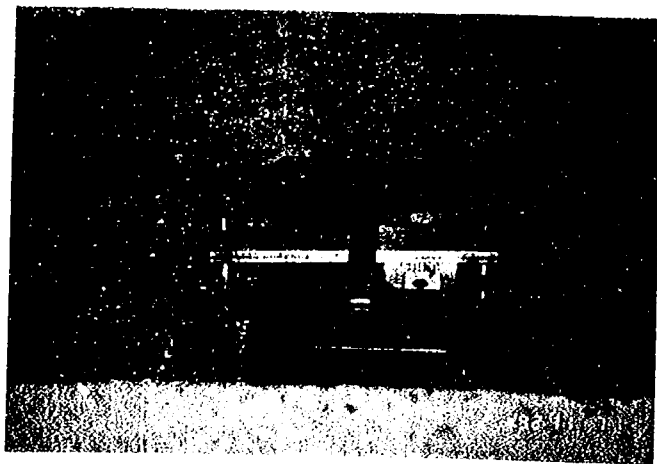


写真-78 強震計(SMA-1)



写真-79 被災者用に設けられたキャンプ
(軍管理、ファユーム地区)



写真-80 被災者用に設けられたキャンプ
(軍管理、ファユーム地区)

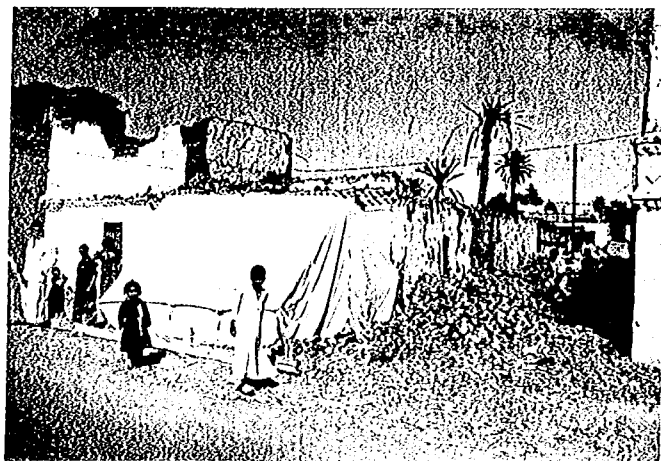


写真-81 壊れた自宅前に設けられたテント
(ファユーム地区)



写真-82 住民達の手で作られたテント(ファユーム地区)



写真-83 死者の町(一見普通の町のように見える)

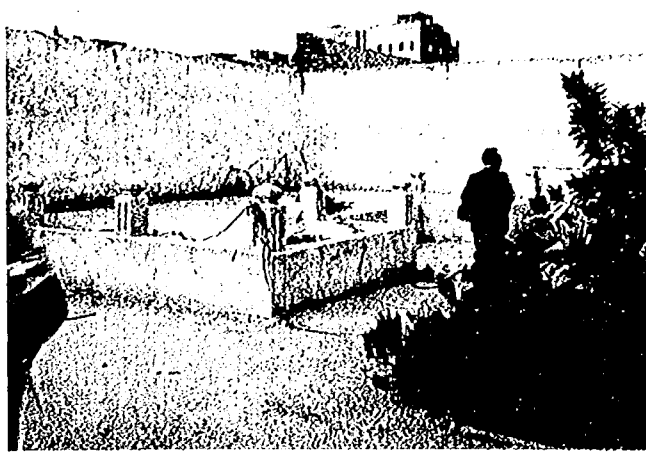


写真-84 イスラム式の墓所

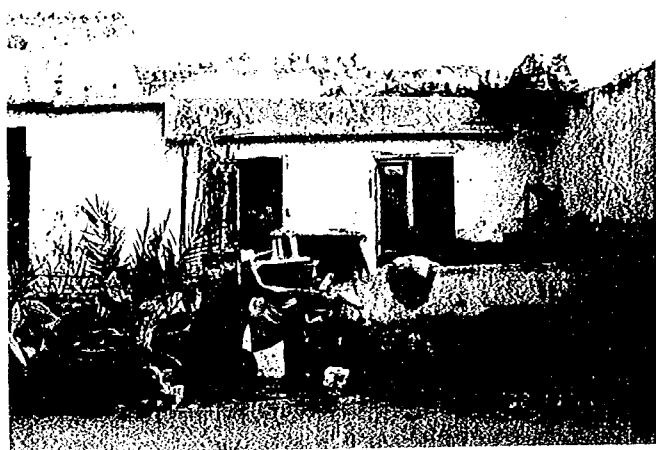


写真-85 墓所と一体となった住居(親族が訪れた場合に、宿泊できるように2部屋設けられている、もっと多くの部屋のある墓所もある)



写真-86 専門家チームの調査結果の記者発表
(80名近くのマスコミ関係者が取材に訪れた)



写真-87 専門家チームの調査結果の記者発表

平成4年10月

エジプト地震による被害報告

ISSN 0386-5878

土木研究所資料第3148号

平成4年12月 (1992年)

耐震研究室長

川島 一彦

要 旨

平成4年10月12日15時9分(現地時間)にエジプト国の首都カイロ市の南西35kmを震源とするマグニチュード5.4の地震が発生し、死者561名、負傷者12,192名という甚大な被害を生じた。本報告は、今回の調査から明らかとなったカイロ地震の概要を報告するものである。

キーワード：地震，カイロ，地震被害

郵便はがき

41円切手
をはって
下さい

305-□□

茨城県つくば市旭一番地

建設省土木研究所

地震防災部耐震研究室

御中

No. 006

No. 006

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第3148号 部

上記のとおり受領しました。

所 属(住所)

氏 名

印

土木研究所資料第3148号