

土木研究所資料

C A B の耐震性に関する一次検討結果 ——様地盤部における標準断面(タイプA)の検討——

昭和59年7月

建設省土木研究所
地震防災部耐震研究室

Copyright © 1984 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、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

C A Bの耐震性に関する一次検討結果 ——様地盤部における標準断面(タイプA)の検討——

耐震研究室	室長	川島	一彦
	研究員	大日方	尚巳
		後藤	勝志
		加納	尚史

要旨

本報告は、一様地盤部に設置されたタイプAのC A B (Cable Box) の耐震性を類似した線状地中構造物である共同溝、および下水道管路の耐震設計計算法に準拠して一次的に検討した結果をとりまとめたものである。その結果、i) C A B本体の強度には特に問題はない、ii) 液状化が生じなければ継手変位に問題はない、こと等が判った。

キーワード： C A B、耐震性、地中構造物、耐震設計

目 次

1. 検討方針	1
2. 共同溝方式によるCAB本体（タイプA）の強度の検討	2
2-1 地盤条件および地盤振動の波長	2
2-2 軸 力	4
2-3 曲げモーメント	6
3. 共同溝方式による継目に生じる拔出量および応力度の検討	8
3-1 継目に生じる応力度の検討	8
3-2 継目に生じる拔出量の検討	8
4. 下水道管路方式によるCAB本体（タイプA）の強度の検討	10
5. 液状化に対する検討	12
5-1 液状化に伴なう類似構造物の被害	12
5-2 液状化が生じた場合の検討	12
6. ま と め	14
参考文献	15
付属資料-1 CAB（タイプA）の断面諸元	17
付属資料-2 既往地震による液状化に起因した地中構造物および電柱の被害	21

1. 検討方針

以下の方針に従って、C A Bの耐震性を検討することとする。

1) C A Bに対する耐震設計計算法は現在の所規定されていないため、類似した線状地中構造物である共同溝の耐震設計法を基本とし、これに関連する石油パイプライン、沈埋トンネル等の耐震設計法を参考にしてC A Bの耐震性を検討する。準拠した基準類は以下の通りである。

- a) 共同溝耐震設計要領(案)，国土開発技術研究センター，昭和59年3月
- b) 石油パイプライン地震対策要綱，日本道路協会，昭和49年3月
- c) 建設省新耐震設計法(案)，建設省，昭和52年3月
- d) トンネル耐震継手技術基準(案)，国土開発技術研究センター，昭和54年3月

2) 上記1)以外に、現在、土研で検討中の下水道管路耐震化対策(案)に準拠した検討も加える。

3) 液状化が広範囲に生じた場合がC A Bの耐震性を確保する上で最も影響が大きいと考えられるため、既往の上・下水道管、樋門樋管等、類似の地中構造物の液状化による被害例を参考に、液状化時のC A Bの耐震性を検討する。

具体的な検討項目は以下の通りとする。

- a) C A B本体の強度の検討
- b) 継目部の強度および拔出し量の検討
- c) 液状化時の検討

なお、検討対象は、関東地建東京国道工事事務所が国道6号沿いに試験施工中のタイプA(標準断面)とする。タイプAの主要な断面諸元は付属資料-1に示す通りである。

2. 共同溝方式によるCAB本体（タイプA）の強度の検討

2-1 地盤条件および地盤振動の波長

検討対象とする地盤は、図2-1に示すように基盤上にせん断弾性波の速度 $V_{DS}=120\text{ m/sec}$ 程度を持つ沖～洪積地盤が厚さ 50 m 程度に一樣に堆積した地盤とする。せん断弾性波速度 V_{DS} と N 値の関係は道路橋示方書耐震設計編によれば、

$$V_{DS} = \begin{cases} 0.8 \times 100 N^{1/3} & (\text{粘性土の場合}) \\ 0.8 \times 80 N^{1/3} & (\text{砂質土の場合}) \end{cases} \dots\dots\dots (2-1)$$

と与えられるので、 $V_{DS}=120\text{ m/sec}$ と見込むことは、粘性土の場合には $N \approx 5$ 、砂質土の場合には $N \approx 7$ 程度の地盤を見込むことに、それぞれ、相当しており、CABの耐震性を検討する上ではきびしい条件を設定していると考えることができる。

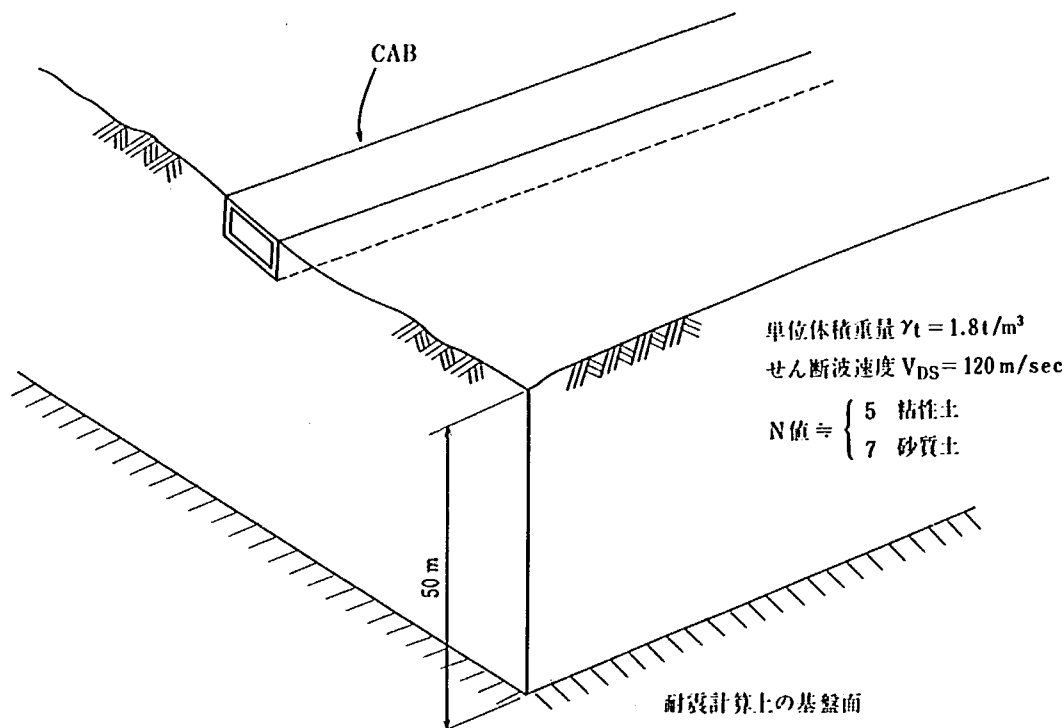


図2-1 検討対象とする地盤条件（一樣地盤部）

表層地盤の固有周期 T_s は、

$$T_s = \frac{4H}{V_{DS}} = \frac{4 \times 50\text{ m}}{120\text{ m/sec}} = 1.67\text{ 秒} \dots\dots\dots (2-2)$$

となるため、図2-2に示す地盤振動の波長 L は共同溝耐震設計要領(案)より次のようになる。

$$L = \frac{2L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2} \dots\dots\dots (2-3)$$

ここで、

$$L_1 = V_{DS} \times T_s = 120 \times 1.67 = 200 \text{ m}$$

$$L_2 = V_{BS} \times T_s = 300 \times 1.67 = 500 \text{ m}$$

これらを式(2-3)に代入すると地盤振動の波長 L は次のようになる。

$$\therefore L = \frac{2 \times 200 \times 500}{200 + 500} = 286 \text{ m} \quad \dots\dots (2-4)$$

また、地盤振動の変位振幅 U_h は次式で与えられる。

$$U_h = \frac{2}{\pi^2} S_v T_s k_h \quad \dots\dots (2-5)$$

ここで、

S_v : 単位震度当りの応答速度 [cm/sec] (図2-3参照)

T_s : 表層地盤の固有周期 (秒)

k_h : 耐震計算上の基盤面における設計水平震度であり、次式によって算出する。

$$k_h = \frac{3}{4} \nu_1 k_0 \quad \dots\dots (2-6)$$

ここで ν_1 および k_0 は、それぞれ地域別補正係数および地表面での設計水平震度(=0.2)である。

関東地方では $\nu_1 = 1.0$ となる。

図2-3、式(2-2)、式(2-6)を代入すると地盤振動の変位振幅 U_h は次のように求められる。

$$\begin{aligned} U_h &= \frac{2}{\pi^2} \times 80 \times 1.67 \times 0.15 \\ &= 4.06 \text{ cm} \quad \dots\dots (2-7) \end{aligned}$$

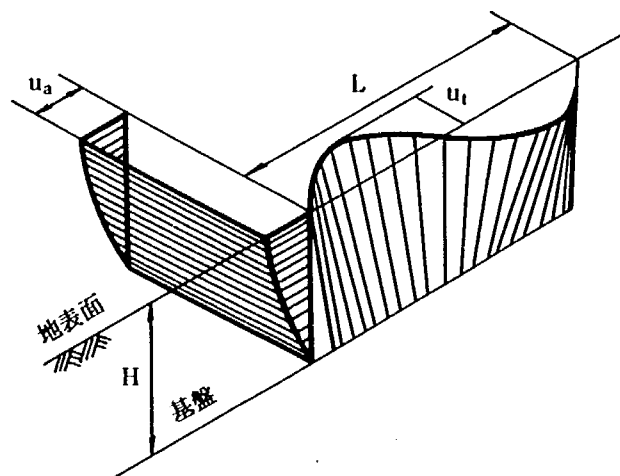


図2-2 耐震設計に仮定する表層地盤の変形

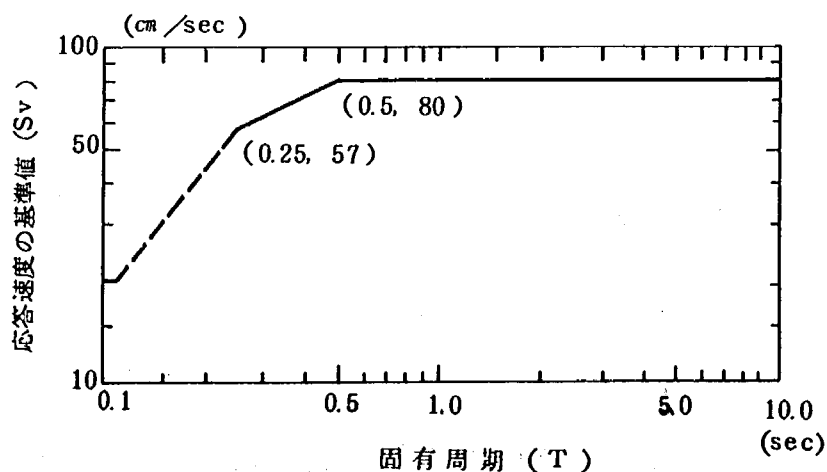


図2-3 応答速度の基準値

2-2 CABに生じる軸力

1) 継目がない場合

管軸方向のばね係数 K_1 は次式で与えられる。

$$K_1 = C_1 \cdot G_s = C_1 \cdot \frac{r_t}{g} V_{DS}^2 \quad \dots\dots\dots (2-8)$$

ここで、

C_1 : 地盤の剛性係数に対する定数 (一般には 1.0 としてよい)

G_s : 地盤のせん断剛性 [t/m^2]

r_t : 地盤の単位体積重量 [t/m^3]

g : 重力の加速度 $= 9.8 \text{ m/sec}^2$

V_{DS} : せん断波速度 [m/sec]

いま $r_t = 1.8 \text{ t/m}^3$ 程度と見込み、式 (2-1) を代入すると管軸方向のばね係数 K_1 は次のようになる。

$$\begin{aligned} K_1 &= 1.0 \times \frac{1.8}{9.8} \times 120^2 \\ &= 2,640 \text{ t/m}^2 \quad \dots\dots\dots (2-9) \end{aligned}$$

図 2-4 に示すような地盤変形が与えられた場合に、地盤が管軸方向に 1.0 変位した場合に生じる管の変位 (伝達率) α_1 は次式で与えられる。

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2\pi}{\lambda_1 L'} \right)^2} \quad \dots\dots\dots (2-10)$$

ここで、

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{K_1}{EA}} = \sqrt{\frac{2,640}{6.24 \times 10^6}} = 0.065 \text{ 1/m}$$

E : コンクリートの弾性係数 ($3.0 \times 10^6 \text{ t/m}^2$)

A : CAB の断面積 (0.208 m^2) (付属資料-1 参照)

$$L' = \sqrt{2} L = 1.414 \times 286 \text{ m} = 404 \text{ m}$$

$$\lambda_1 L' = 0.065 \text{ 1/m} \times 404 \text{ m} = 26.3$$

$$\left. \begin{array}{l} E : \text{コンクリートの弾性係数} (3.0 \times 10^6 \text{ t/m}^2) \\ A : \text{CAB の断面積} (0.208 \text{ m}^2) \text{ (付属資料-1 参照)} \\ L' = \sqrt{2} L = 1.414 \times 286 \text{ m} = 404 \text{ m} \\ \lambda_1 L' = 0.065 \text{ 1/m} \times 404 \text{ m} = 26.3 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (2-11)$$

式 (2-11) を式 (2-10) に代入すると、

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2\pi}{26.3} \right)^2} = 0.946 \quad \dots\dots\dots (2-12)$$

よって、継目がない場合に CAB に生じる軸力 P_h は次のようになる。

$$\begin{aligned} P_h &= \alpha_1 \frac{\pi EA}{L} U_h \\ &= 0.946 \times \frac{\pi \times 6.24 \times 10^6}{286} \times 4.06 \times 10^{-2} \\ &= 263 \text{ t} \quad \dots\dots\dots (2-13) \end{aligned}$$

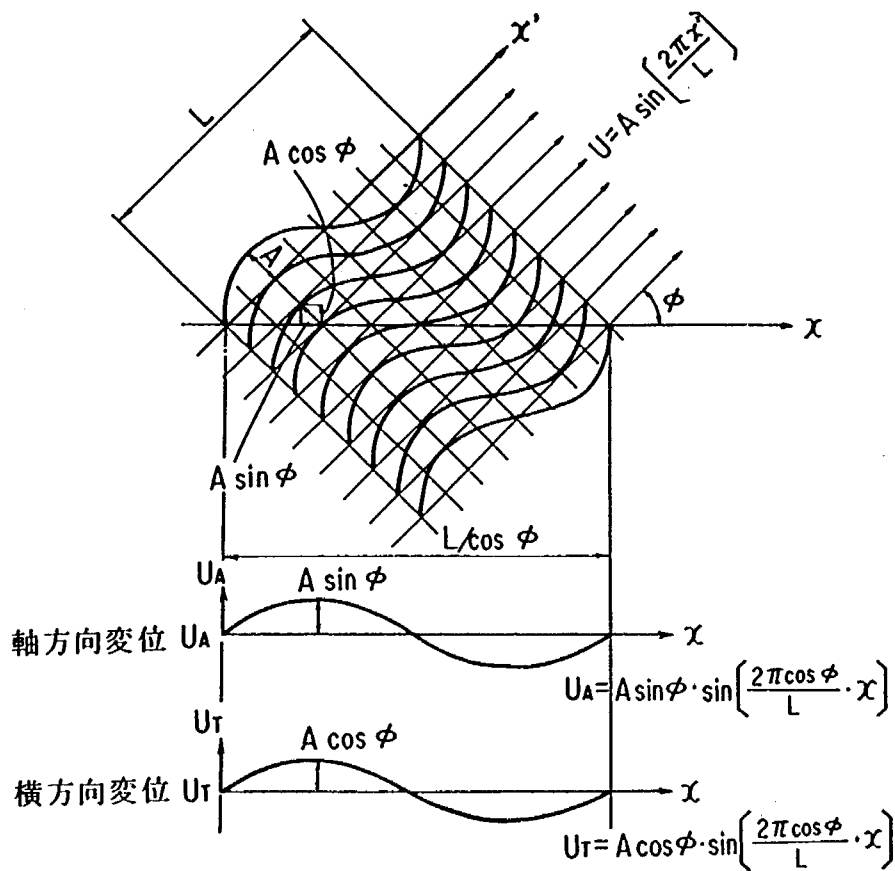


図 2-4 共同溝の縦断方向の応答変位法に適用する
表層地盤の地震時地盤振動の変位振幅分布

2) 継目がある場合

CAB には 1.5 m 間隔で継目が入っている。いま、継目においては軸方向応力が完全に解放されと考えると、補正係数 $\xi_1(x)$ は次のようになる。

$$\xi_1(x) = \sqrt{\phi_b(x)^2 + \phi_\theta(x)^2} / [\exp(\nu' \lambda_1 L') - \exp(-\nu' \lambda_1 L')] \quad \dots\dots\dots (2-14)$$

ここで、

$$\left. \begin{aligned} \phi_b(x) &= [\exp(-\nu' \lambda_1 L') - \cos(2\pi \nu')] \exp(\mu' \lambda_1 L') \\ &\quad - [\exp(\nu' \lambda_1 L') - \cos(2\pi \nu')] \exp(-\mu' \lambda_1 L') \\ &\quad + 2 \sinh(\nu' \lambda_1 L') \cos(2\pi \mu') \\ \phi_\theta(x) &= 2 \sin(2\pi \nu') \sinh(\mu' \lambda_1 L') \\ &\quad - 2 \sin(2\pi \mu') \sinh(\nu' \lambda_1 L') \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2-15)$$

$$\nu' = \frac{\ell}{L}$$

$$\mu' = \frac{x}{L}$$

ℓ : CAB の 1 エレメント長さ (1.5 m)

x : CAB の一方の継目を原点として管軸方向に測った長さ ($0 \leq x \leq l$)

いま, CAB の中央 ($x = \frac{l}{2}$) で補正係数 $\xi_1(x)$ は最大となるため, この値を求めると,

$$\xi_1\left(x = \frac{l}{2}\right) = 1.05 \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (2-16)$$

となる。 ξ_1 があまり小さな値をとる場合には, 値の信頼性が低下する。このため, 共同溝耐震設計要領(案)では ξ_1 が 0.1 を下まわる場合には 0.1 を用いるものとしている。よって, 継目がある場合に CAB の 1 エレメントに生じる軸力の最大値 (CAB 中央に生じる軸力) P'_h は以下ようになる。

$$\begin{aligned} P'_h &= P_h \times \xi_1 \\ &= 263 \text{ t} \times 0.1 \\ &= 26,300 \text{ kg} \quad \dots\dots\dots (2-17) \end{aligned}$$

よって, CAB の軸方向鉄筋に生じる応力度 σ_T は以下ようになる。

$$\sigma_T = \frac{P'_h}{A_s} = \frac{26,300}{13.55} = 1,940 \text{ kg/cm}^2 < 2,700 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots (2-18)$$

ここで A_s は CAB の軸方向鉄筋量である (付属資料-1 参照)。

2-3 CAB に生じる曲げモーメント

管軸直角方向のばね定数 K_2 は次式で与えられる。

$$K_2 = C_2 \cdot G_s = C_2 \frac{r_t}{g} V_{DS}^2 \quad \dots\dots\dots (2-19)$$

ここで,

C_2 : 地盤の剛性係数に対する定数 (一般には 1.0 としてよい)

G_s : 地盤のせん断剛性 [t/m^2]

r_t : 地盤の単位体積重量 [t/m^3]

g : 重力加速度 = 9.8 m/sec^2

V_{DS} : せん断波速度 [m/sec]

いま, 式 (2-9) と同様に, $r_t = 1.8 \text{ t/m}^3$ 程度と見込んで式 (2-1) を代入すると管軸直角方向のばね係数 K_2 は次のようになる。

$$\begin{aligned} K_2 &= 1.0 \times \frac{1.8}{9.8} \times 120^2 \\ &= 2,640 \text{ t/m}^2 \quad \dots\dots\dots (2-20) \end{aligned}$$

図 2-4 に示すように地盤変形が与えられた場合に, 地盤が管軸直角方向に 1.0 変位した場合に, 管軸直角方向に生じる管の変位 (伝達率) α_2 は次式で与えられる。

$$\alpha_2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2\pi}{\lambda_2 L}\right)^4} \quad \dots\dots\dots (2-21)$$

ここで,

$$\lambda_2 = \sqrt[4]{\frac{K_2}{EI}} = \sqrt[4]{\frac{2,640}{1.04 \times 10^6}} = 0.4 \text{ 1/m} \quad \dots\dots\dots (2-22)$$

E : コンクリートの弾性係数 ($3.0 \times 10^6 \text{ t/m}^2$)

I : 水平面内の断面 2 次モーメント (0.03472 m^4) (付属資料-1 参照)

L : 地盤振動の波長 ($=286 \text{ m}$)

$$\lambda_2 L = 0.4 \text{ 1/m} \times 286 \text{ m} = 114$$

式 (2-22) を式 (2-21) に代入すると,

$$\alpha_2 = \frac{1}{1 + \left(\frac{2\pi}{114}\right)^4} \approx 1.0 \quad \dots\dots\dots (2-23)$$

よって, 継目がない場合に CAB に生じる曲げモーメント M_h は次のようになる。

$$\begin{aligned} M_h &= \alpha_2 \frac{4\pi^2 EI}{L^2} U_h \\ &= 1.0 \times \frac{4\pi^2 \times 1.04 \times 10^6}{286^2} \times 4.06 \times 10^{-2} \\ &= 2.04 \text{ t} \cdot \text{m} \quad \dots\dots\dots (2-24) \end{aligned}$$

これにより生じる縁応力度 σ_B は, 以下のようになる。

$$\begin{aligned} \sigma_B &= \frac{M}{I} \times \frac{D}{2} \\ &= \frac{2.04}{0.0347} \times \frac{0.515}{2} \\ &= 15 \text{ t/m}^2 = 1.5 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots (2-25) \end{aligned}$$

本来はこれに, さらに継目があることによる低減率 (1.0 よりも小さい) を乗じなければならないが, 式 (2-25) のように σ_B が非常に小さいため, 曲げ応力度は問題にならない。よって, ここではこれらに対する検討は省略する。

3. 共同溝方式による継目に生じる抜出量および応力度の検討

3-1 継目に生じる応力度の検討

CAB が水平面内で振動し、継目位置で相互にずれようとする力（せん断力）を継目がないと仮定して求める。実際には継目が存在するが、継目がないと仮定することは CAB に生じるせん断力を非常に大きめに評価していることになり、安全側の検討ということができる。図 2-4 に示すような地盤変形が与えられた場合に CAB に生じるせん断応力 Q_h は式 (2-13)、式 (2-24) と同様の考え方により次のようになる。

$$\begin{aligned} Q_h &= \alpha_2 \frac{8\pi^3 EI}{L^3} U_h \\ &= 1.0 \times \frac{8\pi^3 \times 1.04 \times 10^6}{286^3} \times 4.06 \times 10^{-2} \\ &= 0.045 \text{ t} \\ &= 45 \text{ kg} \quad \dots\dots\dots (3-1) \end{aligned}$$

せん断力を受け持つ面積は、図 3-1 から CAB 側面の片側のみを考えると次のようになる。

$$\begin{aligned} A_{\text{shear}} &\approx 4 \text{ cm} \times 63 \text{ cm} = 252 \text{ cm}^2 \\ &\dots\dots\dots (3-2) \end{aligned}$$

よって、CAB 側面に生じるせん断応力 τ は以下のようになる。

$$\tau = \frac{45 \text{ kg}}{252 \text{ cm}^2} = 0.18 \text{ kg/cm}^2 < 5.4 \text{ kg/cm}^2 \quad \dots\dots\dots (3-3)$$

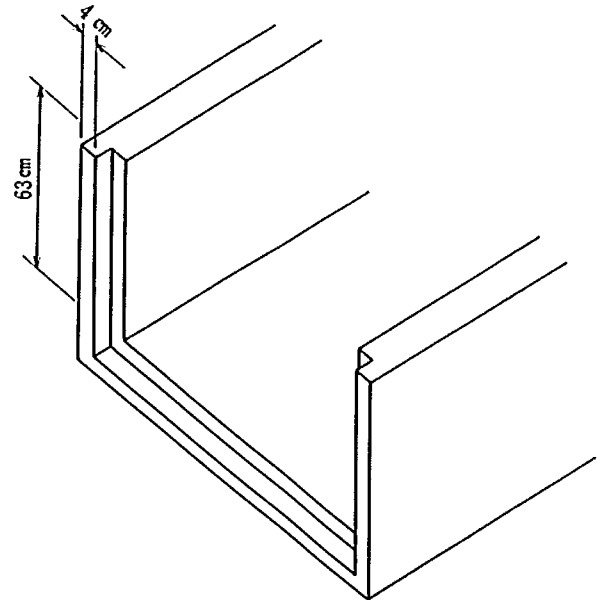


図 3-1 継目の構造

3-2 継目に生じる抜出量の検討

1) 管軸方向の抜け出し量

継目における管軸方向の抜け出し量 U_j は次式で与えられる。

$$U_j = \bar{U}_j \times U_h \quad \dots\dots\dots (3-4)$$

ここで、 U_h ：地盤振動の変位振幅（式 (2-7)）（ $U_h = 4.06 \text{ cm}$ ）

$$\bar{U}_j = \frac{4\pi |\cosh(\mu_1 \nu_1) - \cos(\mu_1 \nu_1)|}{\mu_1 \sinh(\mu_1 \nu_1)} \quad \dots\dots\dots (3-5)$$

一方、

$$\mu_1 = \lambda_1 L' = 0.065 \text{ 1/m} \times 404 \text{ m} = 26.3 \quad \dots\dots\dots (3-6)$$

$$\nu_1 = \frac{\ell}{L'} = \frac{1.5 \text{ m}}{404 \text{ m}} = 3.71 \times 10^{-3}$$

であるから、これより U_j を求めると次のようになる。

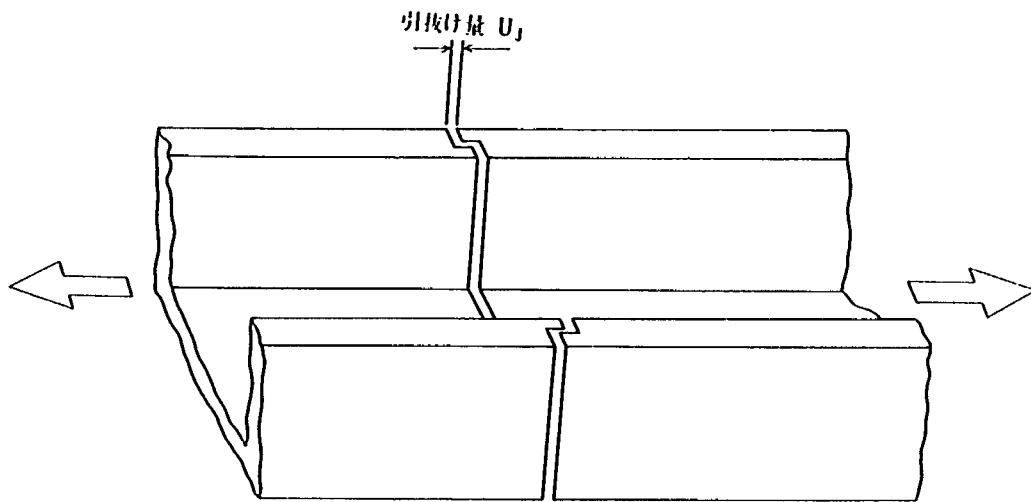


図 3-2 管軸方向の抜け出し量 U_j

$$\bar{U}_j = 0.0489 \quad \dots\dots\dots (3-7)$$

よって、

$$\begin{aligned} U_j &= 0.0489 \times 4.06 \text{ cm} \\ &= 0.2 \text{ cm} < 2 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots (3-8) \end{aligned}$$

2) 回転角 (水平面内)

継目における水平面内の回転 (屈曲) 角 θ_j は次式で与えられる。

$$\theta_j = \bar{\theta}_j \times \theta_0 \quad \dots\dots\dots (3-9)$$

いま、 $\theta_j < 1$ であるため、 θ_0 のみを求めると次のようになる。

$$\begin{aligned} \theta_0 &= \alpha_2 U_h \times \frac{2\pi}{L} \\ &= 1.0 \times 4.06 \times 10^{-2} \times \frac{2\pi}{286} \\ &= 9 \times 10^{-4} \text{ ラジアン} \\ &= 0.05 \text{ 度} \quad \dots\dots\dots (3-10) \end{aligned}$$

これによる、継目の抜け出し量 Δl は、CAB の幅を $2D$ とすれば次のようになる。

$$\begin{aligned} \Delta l &\approx 2D\Delta\theta \\ &= 1.03 \times 9 \times 10^{-4} \\ &= 10^{-3} \text{ m} \\ &= 0.1 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots (3-11) \end{aligned}$$

よって、上記 1) の抜け出し量と重ね合わせても 0.3 cm で、特に問題とはならない。

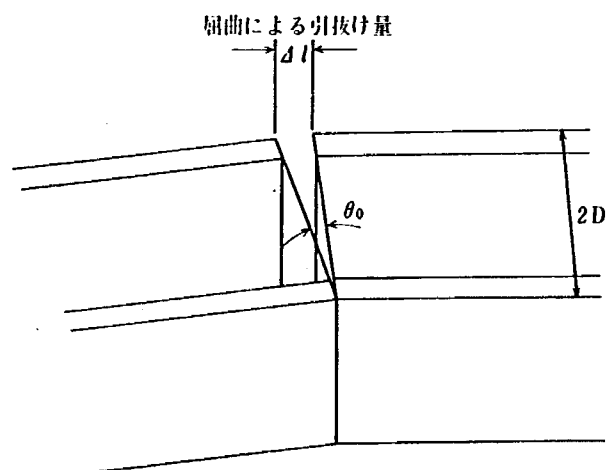


図 3-3 屈曲変形による引抜き量

4. 下水道管路方式によるCAB本体の強度の検討

下水道管路の耐震設計（現在，土研でとりまとめ中）では，地盤と管体の間に生じる摩擦力を地盤から管体に伝わる力の上限と考え，道路橋示方書下部構造編に準拠して，以下のように作用力（管軸方向）を求めるように検討されている（図4-1参照）。

$$\text{作用力 } F = CA + W \tan \phi$$

$$\dots\dots\dots (4-1)$$

ここで，

C ：管路と地盤との間の粘着力 (t/m^2)

ϕ ：管路と地盤との間の摩擦角 (度)

W ：鉛直荷重 (t)

A ：有効接触面積 (m^2)

いま，試算条件として，以下の値を見込むものとする。

$$\left. \begin{array}{ll} \text{砂質土} & C \approx 0, \quad \phi = 35^\circ \\ \text{粘質土} & C \approx 5 \text{ t}/\text{m}^2, \quad \phi = 0^\circ \end{array} \right\} \dots\dots\dots (4-2)$$

ここで，粘性土の場合には $C \approx \frac{q_u}{2}$ であるから，表4-1より $q_u \approx 10 \text{ t}/\text{m}^2$ 程度を想定して， $C \approx 5 \text{ t}/\text{m}^2$ と見込むこととする。

表4-1 粘土の許容支持力案

粘土の コンシステンシー	N	q_u (kg/cm^2)	q_d (t/m^2)	q_{ds} (t/m^2)	q_a (t/m^2)		q_a' (t/m^2)	
					正方形	連続	正方形	連続
きわめて軟弱*	2以下	0.25以下	7.1以下	9.2以下	3.0以下	2.2以下	4.5以下	3.2以下
軟弱	2~4	0.25~0.5	7.1~14.2	9.2~18.5	3.0~6.0	2.2~4.5	4.5~9.0	3.2~6.5
普通	4~8	0.5~1.0	14.2~28.5	18.5~37	6.0~12	4.5~9.0	9.0~18	6.5~13
硬い	8~15	1.0~2.0	28.5~57	37~74	12~24	9.0~18	18~36	13~26
きわめて硬い	15~30	2.0~4.0	57~114	74~148	24~48	18~36	36~72	26~52
固結した	30以上	4.0以上	114以上	148以上	48以上	36以上	72以上	52以上

q_u ：一軸圧縮強さ (kg/cm^2)

q_d ：連続フーチングの極限支持力 (t/m^2)

q_{ds} ：正方形フーチングの極限支持力 (t/m^2)

q_a ：長期許容支持力 (t/m^2 $F=3$)

q_a' ：短期許容支持力 (t/m^2 $F=2$)

* 粘土が正規圧密をうけている時は，許容支持力の最小値を越えない場合でも沈下を無視できない。

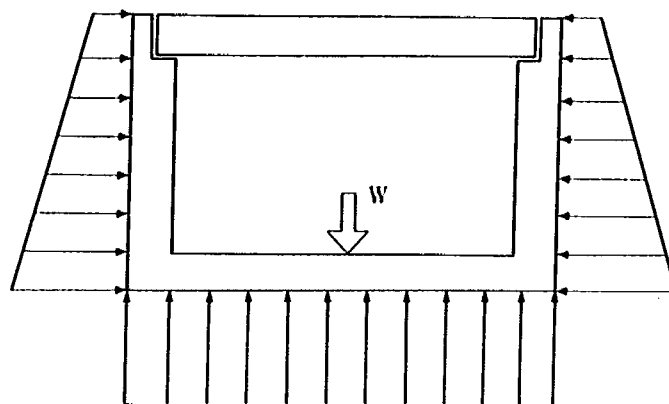


図4-1 下水道管路方式によるCAB作用力

CABの重量より、鉛直荷重 W を求めると、

舗 装	$0.07\text{ m} \times 1.13\text{ m} \times 2.3\text{ t/m}^3 = 0.182\text{ t/m}$
ふ た	$0.1\text{ m} \times 1.05\text{ m} \times 2.5\text{ t/m}^3 = 0.263$
CAB本体	$0.208 \times 2.5\text{ t/m}^3 = 0.52$
捨てコン	$0.103 \times 2.3\text{ t/m}^3 = 0.237$
計	1.2 t/m

よって、 $W = 1.2\text{ t/m} \times 1.5\text{ m} = 1.8\text{ t}$ したがって、底面においてCABに伝わる力 F_{BASE} は、次のようになる。

$$F_{BASE} = \begin{cases} 1.8 \times \tan 35^\circ = 1.26\text{ t} & (\text{砂質土}) \\ 5 \times 1.545 = 7.73\text{ t} & (\text{粘性土}) \end{cases} \dots\dots\dots (4-3)$$

一方、側面における W は、静止土圧係数 $k_0 = 0.5$ とした土圧から求めるものとする。すなわち、

$$\begin{aligned} \text{CAB上端} \quad r_t H_U k_0 &= 1.8 \times 0.3 \times 0.5 = 0.27\text{ t/m}^2 \\ \text{CAB下端} \quad r_t H_L k_0 &= 1.8 \times 1.0 \times 0.5 = 0.90\text{ t/m}^2 \end{aligned} \dots\dots\dots (4-4)$$

よって、側面からCABに伝わる力 F_{SIDE} は、

$$F_{SIDE} = 2 \times \begin{cases} 0.88 \times \tan 35^\circ = 1.23\text{ t} & (\text{砂質土}) \\ 5 \times 1.08 = 10.8\text{ t} & (\text{粘性土}) \end{cases} \dots\dots\dots (4-5)$$

したがって $F = F_{BASE} + F_{SIDE}$

$$= \begin{cases} 2.49\text{ t} & (\text{砂質土}) \\ 18.5\text{ t} & (\text{粘性土}) \end{cases} \dots\dots\dots (4-6)$$

よって、鉄筋の応力度 σ_T は次のようになる。

$$\sigma_T = \begin{cases} \frac{2,490}{13.55} = 184\text{ kg/cm}^2 < 2,700\text{ kg/cm}^2 \\ \frac{18,500}{13.55} = 1,365\text{ kg/cm}^2 < 2,700\text{ kg/cm}^2 \end{cases} \dots\dots\dots (4-7)$$

5. 液状化に対するCABの耐震性

5-1 液状化に伴う類似地中構造物の被害

CABは一般に市街地の平面道路に沿って、地表面からたかだか1m以内に設けられるため、CAB本体は一般に地下水面上に位置すると考えられる。したがって、CAB直近の地盤が液状化することは一般に無いと言えよう。しかしながら、CAB直近の地盤が液状化しないとしても、これよりも下方にゆるい砂質地盤が存在し、地下水面以下においてこれらが大規模に液状化した場合には、当然CABはこの影響を受けると考えられる。

液状化が生じるか否かの判定は道路橋示方書耐震設計編に液状化抵抗係数 F_L に基づく方法が示されているので、具体的な判定は、この方法により個々の設置点ごとに行えばよい。これにより、液状化しないと判定された場合には、本章の検討は不要となる。

液状化による既往の類似地中構造物の被害例を示すと、付属資料-2のようになる。これより、液状化が広範囲に生じた場合に、地中構造物に生じる被害形態をまとめると以下のようなになる。

- 1) 周辺地盤の液状化による地中構造物の浮き上り、もしくは沈下
- 2) 地盤の変状、移動に伴う地中構造物の亀裂、特に継目部の抜け出し、屈曲

5-2 液状化が生じた場合の検討

1) 浮上りに対する検討

前述したように、CABは地表面からたかだか1m以内の地盤に設置されるため、一般には地下水位よりも上に存在することになる。従って、地下水位以下の砂質地盤に大規模な液状化を生じた場合を別にすれば、液状化の影響を直接受けて、浮上り、沈下する可能性は少ないと考えられる。

また、CABのみかけ上の単位体積重量 r_{CAB} を求めると、以下のようなになる。

$$r_{CAB} = \frac{W}{V} = \frac{1.8 \text{ t}}{1.03 \text{ m} \times 0.85 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}} \dots\dots\dots (5-1) \\ = 1.37 \text{ t/m}^3$$

ただし、これには収容物件の重量を考慮していないため、これを加えると、 $r_{CAB} = 1.5 \sim 1.6$ 程度になると考えられる。したがって、CABは沈埋トンネルや共同溝（この場合には見かけの単位体積重量は 1.1 t/m^3 程度）よりもやや重く、浮き上りに対する抵抗は相対的に大きいといえることができる。

2) 継目部の抜け出し量に対する検討

日本海中部地震（昭和58年5月）により最も液状化の激しかった秋田市、能代市における下水道管路の継目の抜け出し量は2.5cm程度である（付属資料-2参照）。下水道管（ヒューム管、直径30cm）の長さは2.0mであるから、地盤ひずみにすると、

$$\epsilon = \frac{2.5 \text{ cm}}{200 \text{ cm}} \approx 1.25 \% \dots\dots\dots (5-2)$$

程度の値が生じたことを意味している。また、データは必ずしも多くはないが、広範囲に液状化した場合には平坦な地盤面であっても水平面内で、3～4%の地盤ひずみが生じると言われている。いま、これにより、CABの抜き出し量を求めると、

$$\begin{aligned}\Delta L &= L \times \epsilon \\ &= 150 \text{ cm} \times (0.03 \sim 0.04) \\ &= 4.5 \sim 6 \text{ cm} \dots\dots\dots (5-3)\end{aligned}$$

となる。

したがって、液状化が見込まれる地域においては、

- a) 継目の長さを抜き出し量よりも大きくする。
- b) 過度の抜き出しに抵抗する離脱防止装置を設ける。

の2種類の方策が考えられる。継目の抜き出しを防止できれば、継目におけるエレメント間の大きな相対ずれを防ぐことができると考えられる。

6. ま と め

以上、比較的一様な地盤条件下に設置されたタイプA（標準断面）のCABを対象に、類似構造物の耐震基準に準拠して耐震性を検討した。以上の結果をまとめると一応以下のようなろう。

- (1) CAB 本体の強度には、特に問題はない。
- (2) 液状化が生じなければ、継目の抜け出し量、屈曲角とも小さく問題はない。
- (3) 液状化が大規模に生じた場合には、既往の類似の地中構造物の震害例からみると、継目の抜け出し、エレメント間の不陸（でこぼこ）が生じる可能性がある。ただし、継目の受け口の長さを長くしたり、離脱防止装置を用いることにより、不陸を大幅に減少させることができる。

参 考 文 献

- 1) 国土開発技術研究センター：共同溝耐震設計要領(案)，昭和59年3月
- 2) 日本道路協会：石油パイプライン地震対策要綱，昭和49年3月
- 3) 建設省：建設省新耐震設計法(案)，昭和52年3月
- 4) 国土開発技術研究センター：トンネル耐震継手技術基準(案)，昭和54年3月
- 5) 建設省土木研究所：地下埋設管路の耐震設計と設計地震入力，土木研究資料，第1764号，昭和57年1月
- 6) 土木学会：昭和39年新潟地震震害調査報告，昭和41年5月
- 7) 土木学会東北支部：1978年宮城県沖地震調査報告書，昭和55年4月
- 8) 建設省土木研究所：1978年宮城県沖地震災害調査報告，土木研究所所報，第159号，昭和58年3月
- 9) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅴ耐震設計編，昭和55年5月
- 10) 建設省土木研究所：埋設管の耐震設計法，土木研究所資料，第1037号，昭和50年5月
- 11) 日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説，昭和54年12月

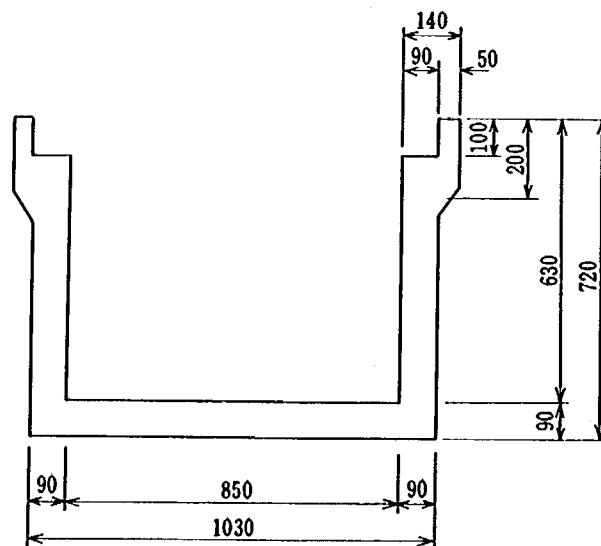
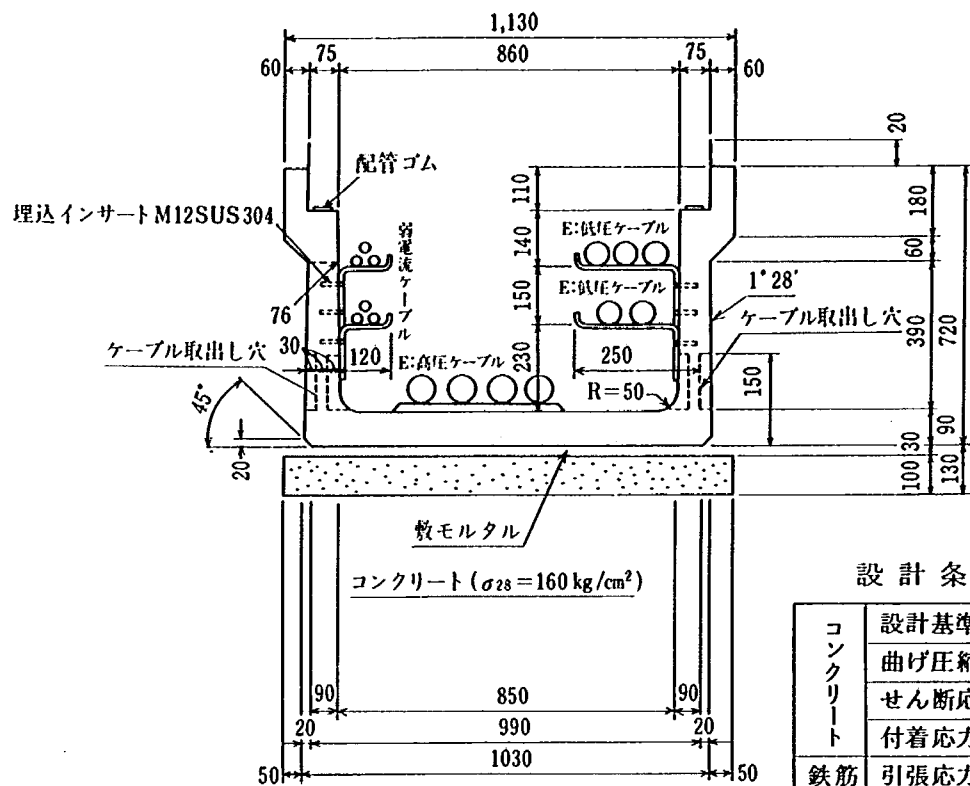
付属資料－1

C A B (タイプ A) の断面諸元

1941

RECEIVED

付属資料－１ CAB (タイプA) の断面諸元



計算用簡略断面

付図 1－1 CAB (タイプA) の断面

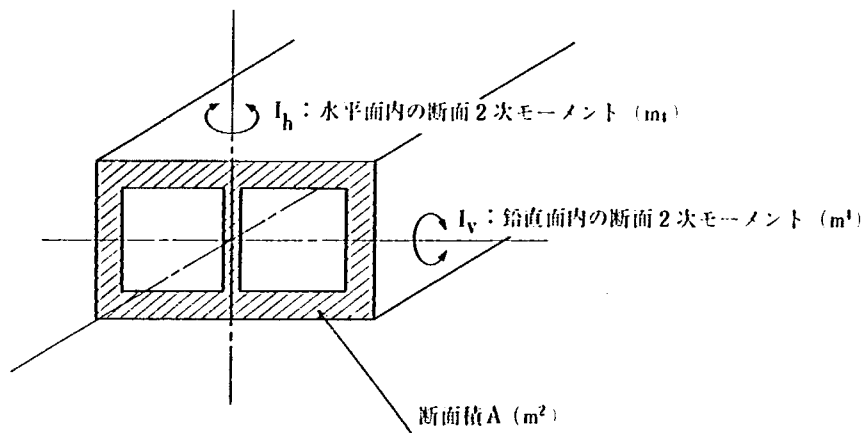
断面積 $A = 72 \times 103 + 2 \times 20 \times 5 - 63 \times 85 - 2 \times 10 \times 9 = 2,081 \text{ cm}^2$

中立軸 $x = \frac{1}{2,081} \times \left(103 \times 9 \times 4.5 + 53 \times 9 \times \left(\frac{53}{2} + 9 \right) \times 2 + 20 \times 5 \times 62 \times 2 \right)$
 $= 24.23 \text{ cm} \approx 24.2 \text{ cm}$

断面二次モーメント I_v

$$\begin{aligned}
 I_v &= \left\{ \frac{103 \times 9^3}{12} + 103 \times 9 \times (24.2 - 4.5)^2 \right\} + \left\{ \frac{9 \times 53^3}{12} + 9 \times 53 \right. \\
 &\quad \times (26.5 + 9 - 24.2)^2 \left. \right\} \times 2 + \left\{ \frac{5 \times 20^3}{12} + 20 \times 5 \times (62 - 24.2)^2 \right\} \times 2 \\
 &= 366,012 + 345,132 + 292,435 = 1,003,579 \\
 &\approx 1,003,600 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_h &= \frac{72 \times 103^3}{12} + \left\{ \frac{20 \times 5^3}{12} + 20 \times 5 \times (51.5 + 2.5)^2 \right\} \times 2 - \frac{63 \times 85^3}{12} \\
 &\quad - \left\{ \frac{10 \times 10^3}{12} + 10 \times 10 \times (51.5 - 4)^2 \right\} \\
 &= 6,556,362 + 583,617 - 3,224,156 - 443,467 = 3,472,356 \\
 &\approx 3,472,400 \text{ cm}^4 \\
 &= 0.03472 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$



付図 1 - 2 記号の定義

軸方向の鉄筋量 $D10 \times 19$ 本

$$A_s = 0.7133 \times 19 = 13.55 \text{ cm}^2$$

付属資料一2

既往地震による液状化に起因した
地中構造物および電柱の被害例

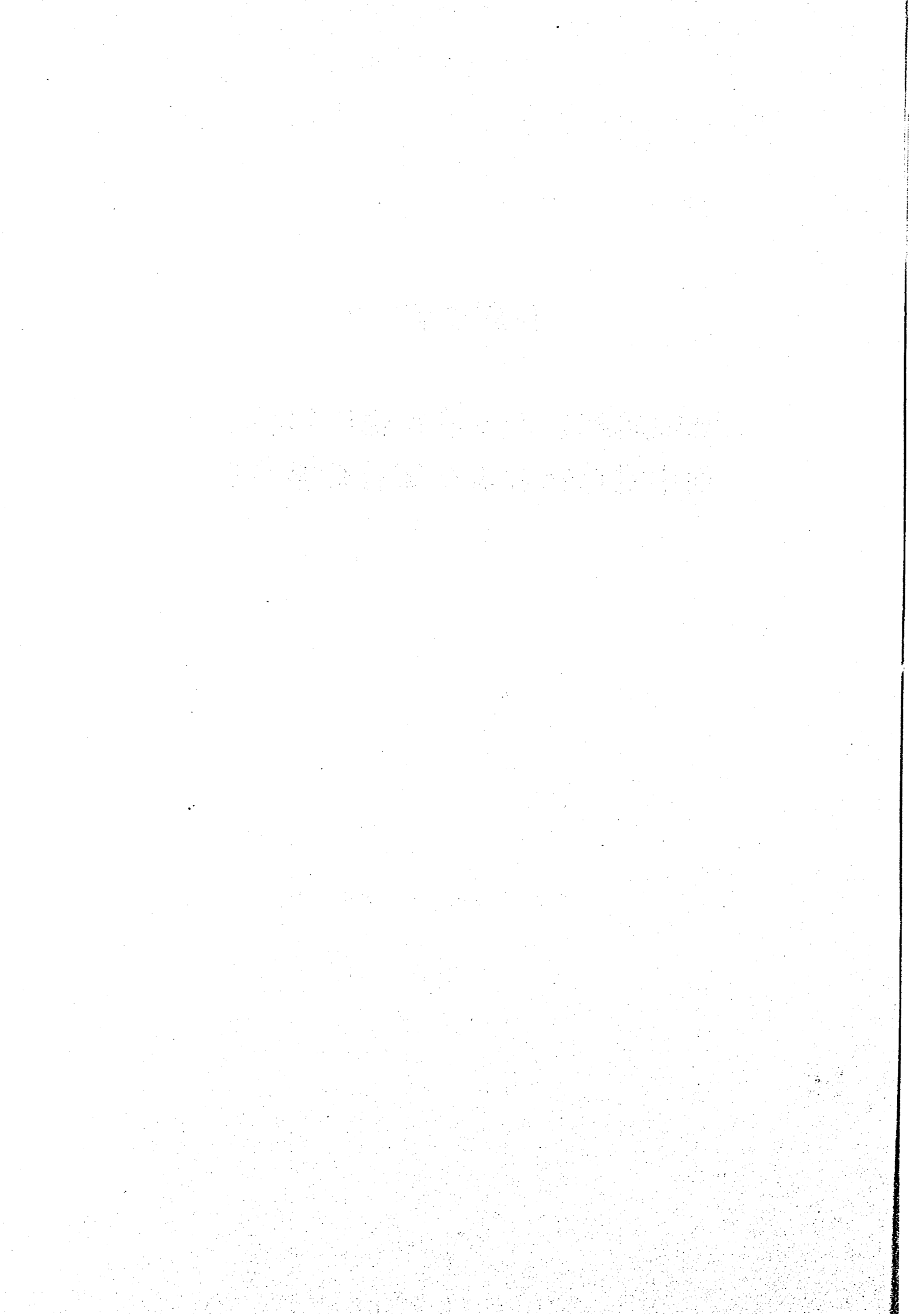




写真-1 樋門の目地開き
(日本海中部地震)

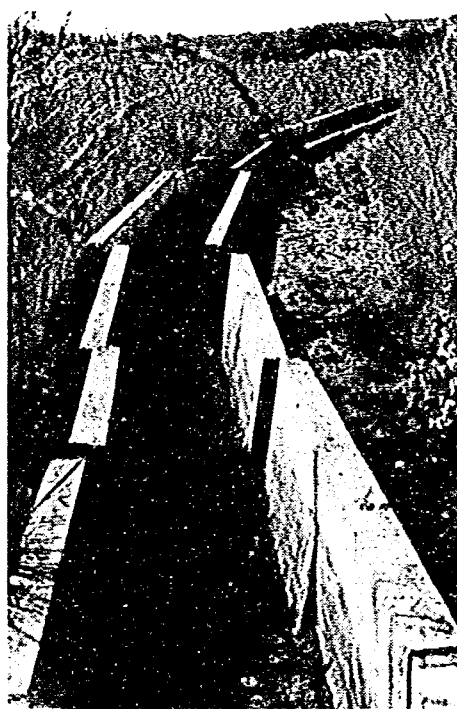


写真-3 液状化による側溝
の被害(日本海中部地震)

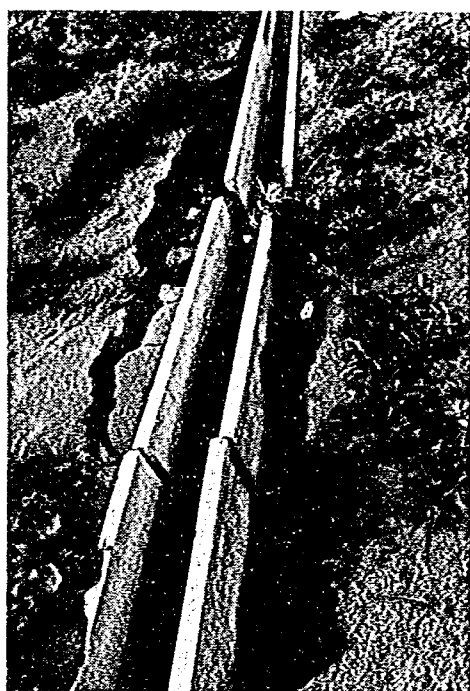


写真-2 液状化による側溝
の被害(日本海中部地震)



写真-4 水道管の抜け、下水道管のズレ・土砂埋没状況(新潟地震)

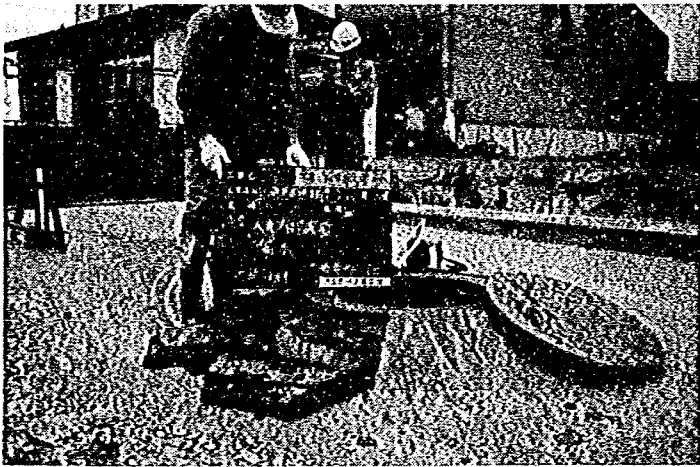


写真-5 液状化によるマンホールの浮上
(日本海中部地震)



写真-8 下水道管路軸線のズレ
(日本海中部地震)

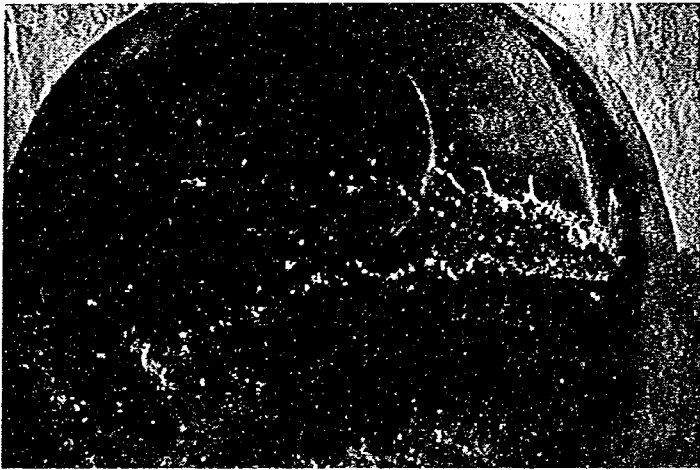


写真-6 下水道管路の目地開きに伴う地下水
流入状況(日本海中部地震)

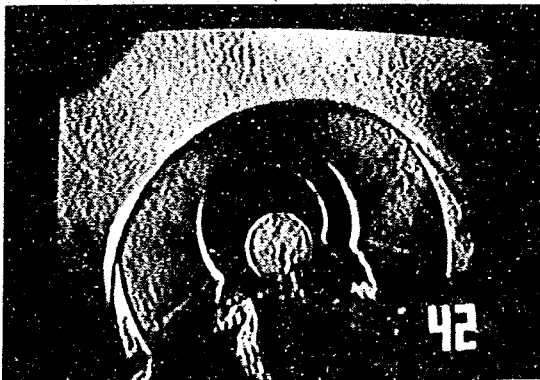


写真-7 下水道管路目地ズレの
状況(日本海中部地震)

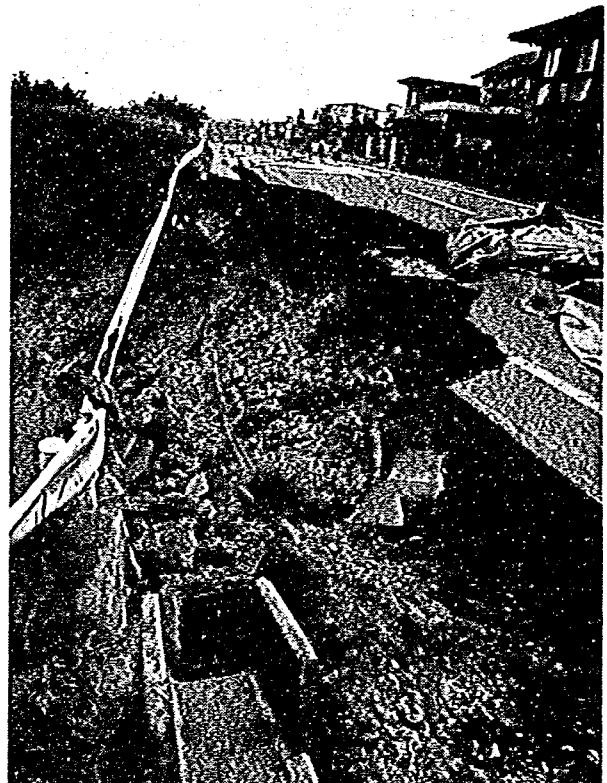


写真-9 道路盛土の崩壊による排水工の
被害状況(日本海中部地震)

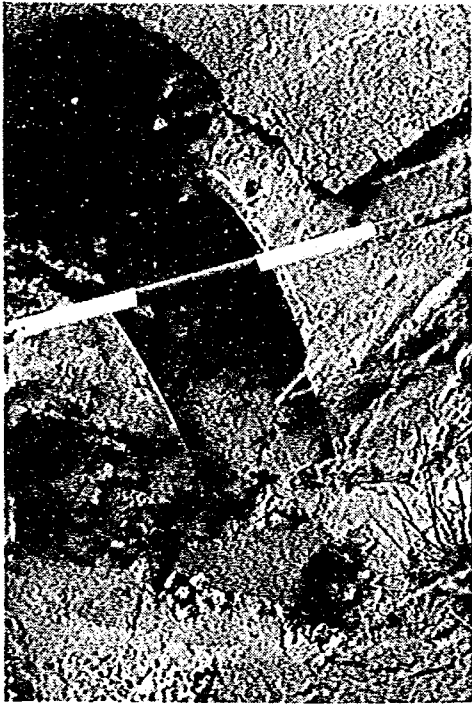


写真-10 下水道管路の目地開き
(日本海中部地震)



写真-12 排水側溝の破損（構造部
接続部，日本海中部地震）

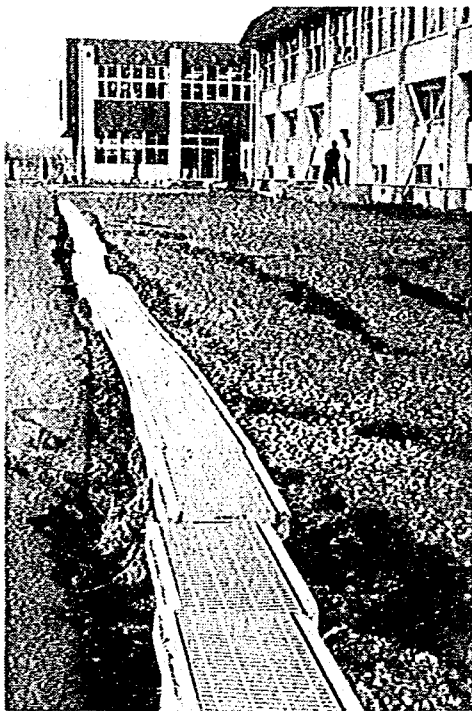


写真-11 排水測溝のズレ変形
(日本海中部地震)



写真-13 電柱の傾斜（日本海
中部地震）



写真-15 街路灯の傾斜（日本
海中部地震）



写真-14 電柱の傾斜（日本海
中部地震）

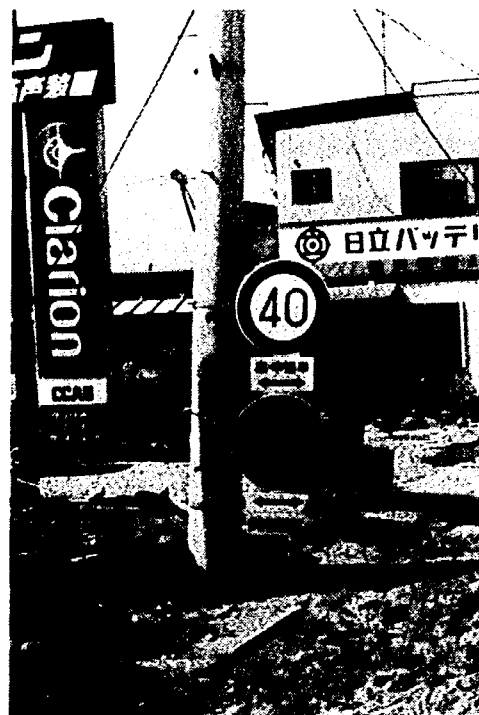
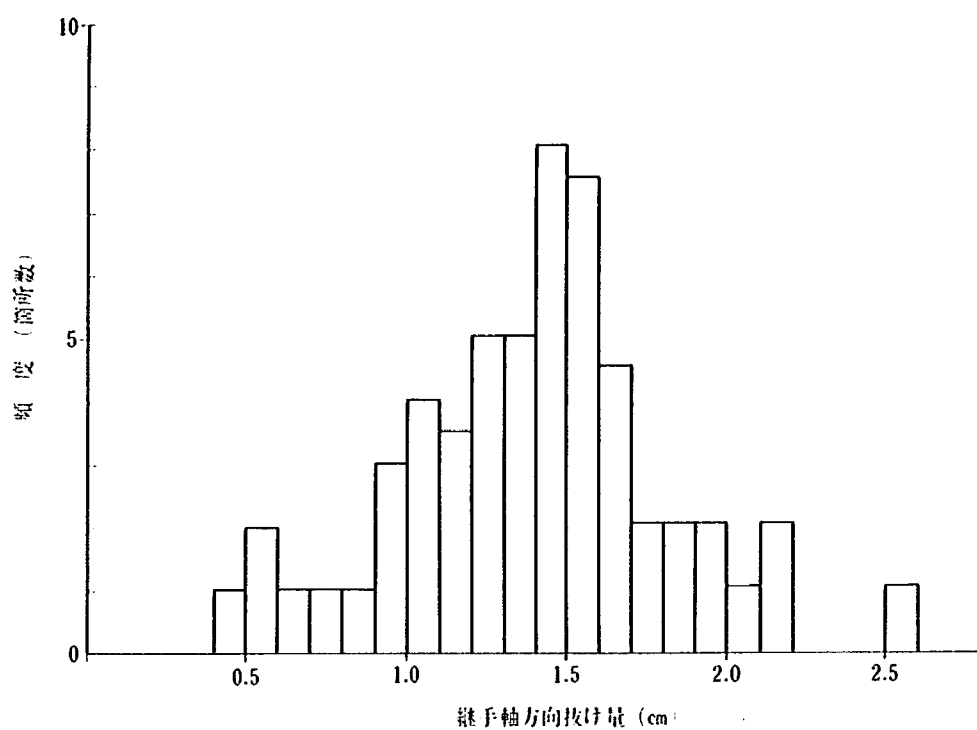
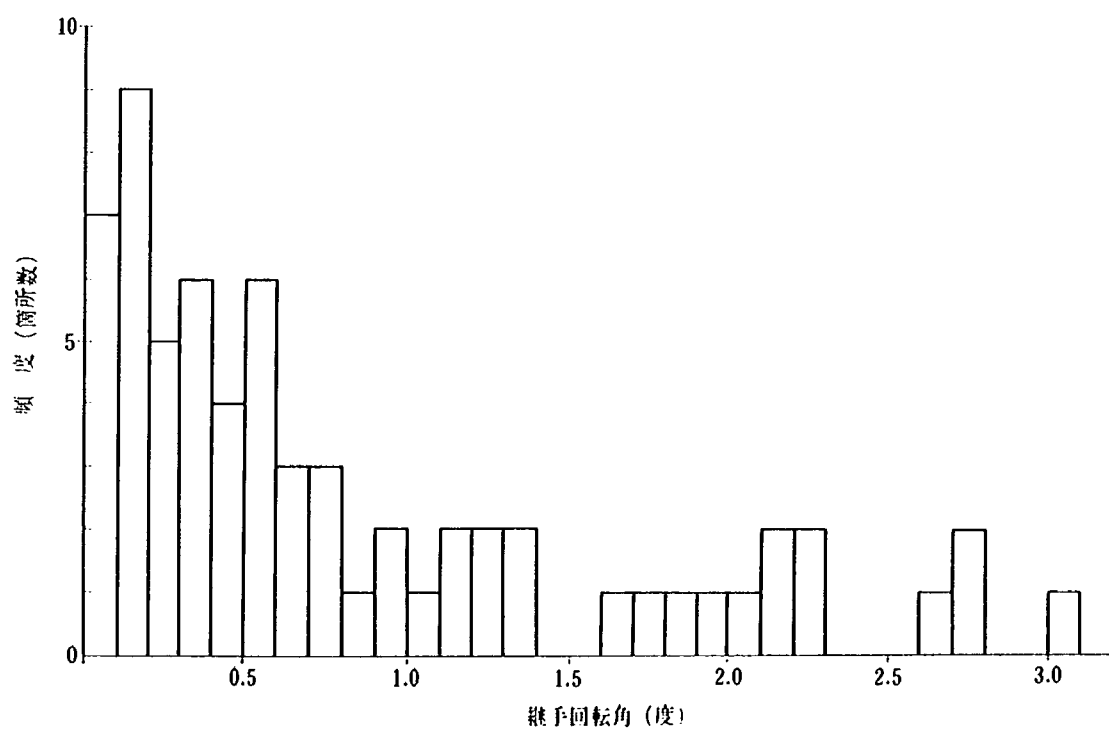


写真-16 液状化に伴う電柱の
沈化（日本海中部地震）

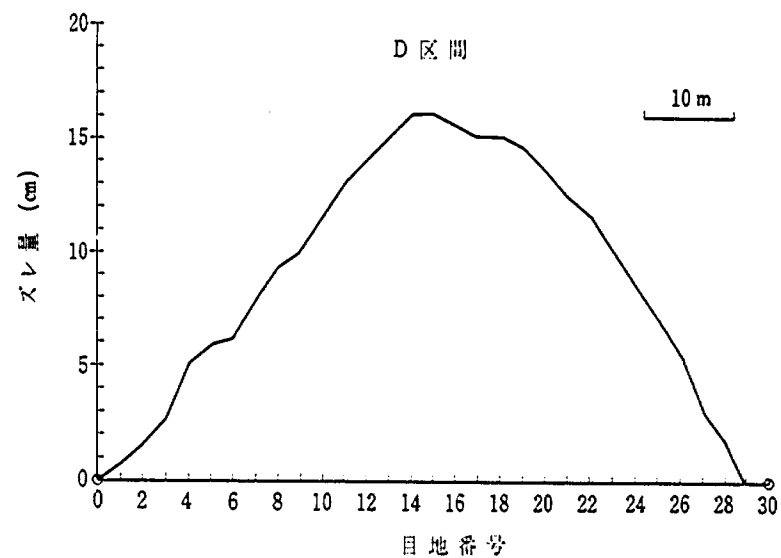
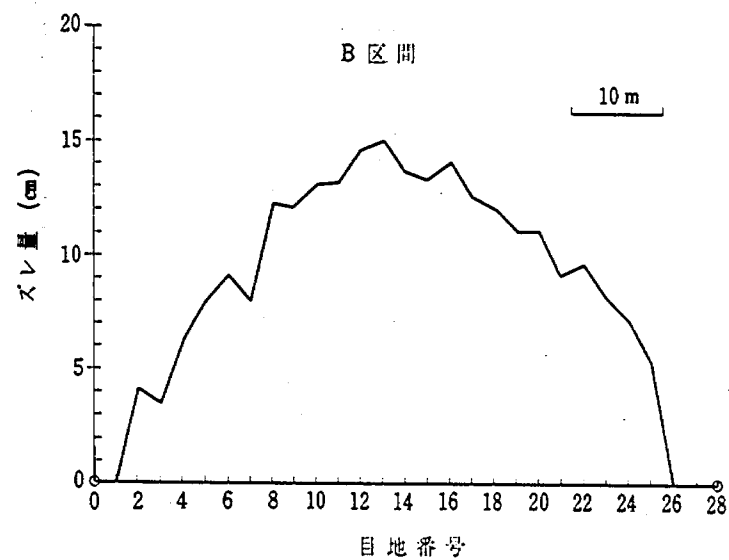
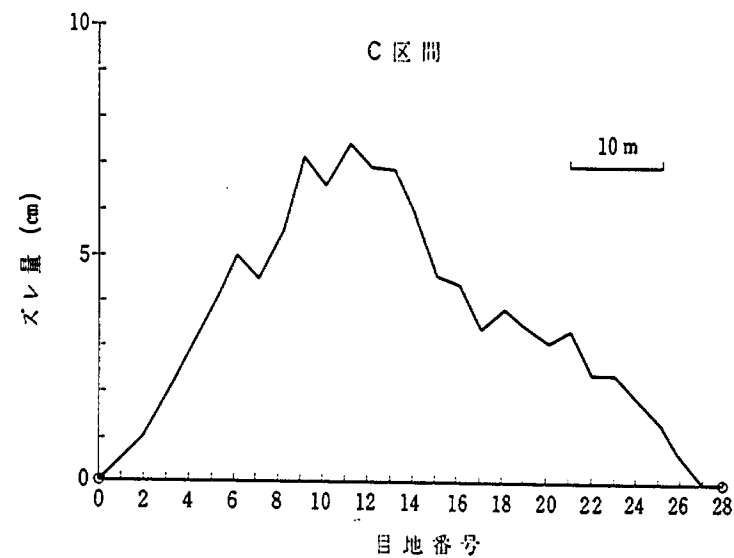
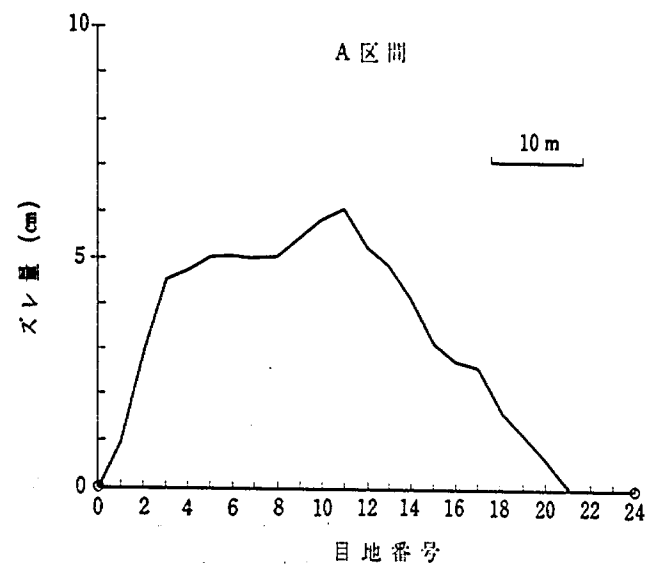


(a) 下水道管の継手軸方向抜け量の分布



(b) 下水道管の継手回転角の分布

付図 2 - 1 下水道管路の継手抜け量および回転角の分布図 (宮城県沖地震)



付図 2-2 日本海中部地震における下水道管路軸線の水平移動量(能代市の例)

CABの耐震性に関する
一次検討結果

ISSN 0386-5878
土研資料第2138号
昭和59年7月(1984年)

耐震研究室 室長 川島一彦
研究員 大日方尚巳
後藤勝志
加納尚史

要 旨

本報告は、一様地盤部に設置されたタイプAのCAB(Cable Box)の耐震性を類似した線状地中構造物である共同溝および下水道管路の耐震設計算法に準拠して一次的に検討した結果をとりまとめたものである。その結果1)CAB本体の強度には特に問題はない、2)液状化が生じなければ継手変位に問題はない、こと等が判った。

キーワード：CAB，耐震性，地中構造物，耐震設計

郵便はがき

四十円切手
をはって下
さい。

305-□□

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

耐震研究室 御中

No. 136

No. 136

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第 2138 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印