PCタンクの耐震計算の一手法

山　本　　　泰*

1. まえがき

我々の取扱う円形構造物は，その閉鎖断面の力学的特性を生かした貯槽（タンク），容器（ベッセル），管（パイプ），井筒（ケーソン）等である。

上水道では，機能，目的，管理，経済の面から水の動きに連続性をもたせるのが原則であり，パイプがその役目を主として務める。しかしその途中には水の動きをできる限り円滑化し連続せしめるための緩衝的設備として貯槽（タンク）が必要となってくる。タンクは機能上，内部の水が漏水することがなく，またその構成材料が水に浸されないで反面，水に化学的変化を与えないものでなければならない。その構造は，内圧に耐え外力（地震力，風圧など）に対して十分安全な強度を有するものでなければならない。

一般的に角型のタンクは鉄筋コンクリート構造が多く，円形タンクはプレストレストコンクリート構造が多く用いられている。

プレストレストタンク（以下ＰＣタンクという）の壁体は，円筒シェル構造であるため，均等な内外圧に対しては膜応力が支配応力となり比較的薄い肉厚で壁体を構成すること，設計荷重時に内外圧が釣り合い，コンクリートにひびわれを生じないような安定した状態であること等，その力学的，材料的特性を十分に生かしている点が注目に値する。

2. プレロードタンク

ＰＣタンクは

プレストレッシングの方法により

- 外締方式　①
- 中締方式　②

- 分割プレストレッシング　③
- 連続プレストレッシング　④

側壁と床版の接合により

- 弾性接合　⑤
- 滑動接合　⑥
- ヒンジ接合　⑦
- 固定接合　⑧

のように分けられるが，プレロードタンクは①，④，⑤に相当する。

アメリカにおいて 1934 年に開発されて以来アルジェリア，オーストラリア，カナダ，フランス，イギリス等世界三十数か国に技術輸出されている。

我が国においても 1959 年国際コンクリート（株）によってプレロード工法が技術導入された。

そのプレストレッシングシステム，ジョイントの構造は多くの文献，雑誌に紹介されているのでここでは詳しくは示されないが，最近とみに地震に対する一般の関心が高まっているなかで先日の宮城沖地震にも関連し，耐震構造と耐震計算の一手法について考えてみる。

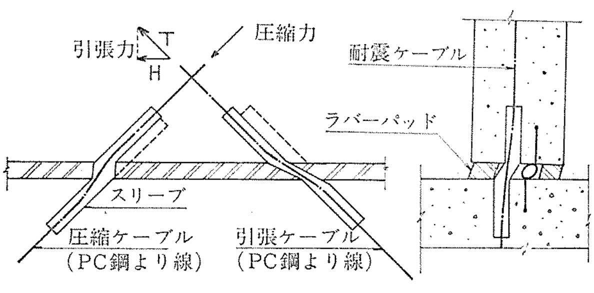
耐震設計の基本の手順は

1) 工学的な地震動強度をきめる。
2) 地盤特性，地震応答を考慮した地震荷重をきめる。
3) 構造物の寸法をきめる。
4) 安全性の検討

となるが，1)，2) については適用される法規，規準等に基づき用途，種別，規模，立地条件等を考慮して値をきめる。3) についてはその構造物の特性が十分に生かされるような耐震構造を採り入れる。

プレロードタンクは，ベースシャーを弾性接合材（ラバーパッド）のせん断力と接合部に挿入してケーブルの引張力に抵抗させる。また構造体のうける入射エネルギーをラバーパッドのせん断歪エネルギーとケーブルの引張，圧縮歪エネルギーにて吸収させ，壁体に発生する応力を軽減するよう考慮している（図―1）。

耐震計算は，20年前から Housner 教授の平均速度ス



図―1　耐震ケーブル

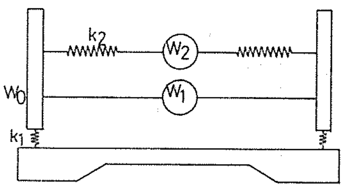
* 国際コンクリート（株）常務取締役

ペクトルを用い，地震時に構造体のうける運動エネルギー，ベースシャーを計算し構造体の吸収し得るエネルギー総量，ベースシャーを比較しその安全性を保たしめるという震度法と応答計算法の中間的な手法を用いてきたが，ここでは①地震時の動水圧を考慮した構造体に発生する応力の計算法，②基礎ぐいの計算法を掲げてみた。

3. タンクの耐震設計法（プレロード工法の場合）

3.1 振動系

タンクおよびその内容水の振動モデルとして 図—2 を考える。



図—2 振動系

バネ　k_1：耐震ケーブル，ラバーパッド，高架水槽の脚壁，脚柱等の剛性

バネ　k_2：運動水のバネ常数

質量 W_0/g：壁体，ドーム等

質量 W_1/g：拘束水の質量

質量 W_2/g：運動水の質量

地震時の計算にあたっては，G.W. Housner の提案による方法に従って拘束水（W_1/g）と運動水（W_2/g）とに分けて考える。拘束水（W_1/g）は壁体に剛結されていると考えられるもので

$$W_1/g=\frac{\pi r h^2}{\sqrt{3}}\tanh\left(\frac{\sqrt{3}\,r}{h}\right)\quad(h\leqq 1.5\,r)$$

また運動水 W_2/g はバネ k_2 を介して壁体に連結されていると考えられるもので

$$W_2/g=0.318\,\pi r^3\ \tanh\left(\frac{1.84\,h}{r}\right)\quad(h\leqq 1.5\,r)$$

ただし $\begin{cases} r：円筒容器の半径 \\ h：水　深 \end{cases}$

3.2 地震荷重

高架タンク等特殊な場合を除けば通常

$$T=2\pi\sqrt{\frac{W_1+W_0}{k_1 g}}\quad<0.3\ \text{sec}$$

であるので，躯体 W_0/g（壁，ドーム）および拘束水 W_1/g に対しては震度法を用いる。

設計震度 K_h は，地質，地盤の状態，タンクの重要度等から決定される[1]。したがって拘束力 W_1/g による動水圧 P_1(t/m²) および水平力 Q_1 は[2]

$$P_1=\gamma K_h\sqrt{3}\,h\left\{\frac{x}{h}-\frac{1}{2}\left(\frac{x}{h}\right)^2\right\}\tanh\left(\frac{\sqrt{3}\,r}{h}\right)\cos\theta$$

ただし $\begin{cases} \gamma：流体密度\quad \text{t/m}^3 \\ x：考えている点の液面からの深さ \\ \qquad (0\leqq x\leqq h)\qquad \text{m} \\ \theta：地動の方向からの角度 \end{cases}$

$$Q_1=K_h\frac{W_1}{g}=\iint P_1\cos\theta r d\theta dx$$

また躯体（壁体，ドーム等）W_0/g による水平力 Q_0 は

$$Q_0=K_h\frac{W_0}{g}$$

となる。

運動水 W_1/g は，通常その固有周期が数秒という長周期であるので G.W. Housner の方法によって固有振動周期を求め応答スペクトルから地震荷重を求めるという方法を採っている。

$$T=\frac{2\pi}{\sqrt{\dfrac{1.84\,g}{r}\tanh\left(\dfrac{1.84\,h}{r}\right)}}$$

ただし，$g=9.8\,\text{m/sec}^2$ 重力加速度

$T\rightarrow S_V$　スペクトルは Housner の平均速度応答スペクトルを用いる。

$$S_d=\frac{T}{2\pi}\cdot S_V\ （応答変位スペクトル）$$

運動水 W_2/g による動水圧 P_2(t/m²) および水平力 Q_2 は

$$P_2=\frac{75}{128}\sqrt{\frac{27}{8}}\,\gamma\,\frac{\sinh\left(\sqrt{\frac{27}{8}}\,\frac{r}{h}\right)}{\cosh^2\left(\sqrt{\frac{27}{8}}\,\frac{r}{h}\right)}\cdot S_d\ \cosh\left(\sqrt{\frac{27}{8}}\cdot\frac{x}{r}\right)\cos\theta$$

$$Q_2=\iint P_2\cos\theta r d\theta dx=1.84\frac{A}{r}\times\tanh\left(\frac{1.84\,h}{r}\right)\cdot W_2/g$$

3.3 地震時の安全性の検討

上部構造の地震時の安全性の検討は大別すると，

（1）ベースシャーに対する検討

（2）壁体の曲げ応力の検討

である。

（1）ベースシャーの検討

地震時のベースシャー $Q=Q_0+Q_1+Q_2$ に抵抗するものは耐震ケーブル（ＰＣ鋼より線）の引張抵抗およびラバーパッドのせん断抵抗である。

耐震ケーブルの引張力の許容値 T_a としては

$$T_a=\text{min. of}\ (0.8\,T_y,\ 0.9\,T_u)$$

の値を採用している。これはプレストレッシング中のＰＣ鋼材の許容引張力であり，地震荷重が短期荷重であることを考え合わせれば妥当な値であろうと思われる。

安全性の検討式は

$$T=\frac{2Q}{n\cos\alpha}\leqq T_a$$

ただし
- T：地震時に発生するケーブルの最大引張力
- n：引張ケーブルの本数
- α：ケーブルが水平面となす角

（2）　壁の曲げ応力度の検討

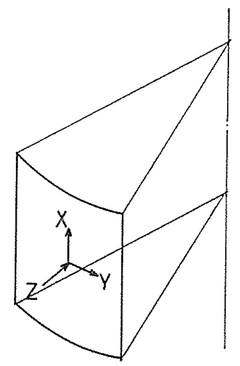
地震時の壁の応力度は

軸対称
- a．常時のフーププレストレッシングによる曲げおよび圧縮応力度
- b．常時の静水圧による曲げおよび圧縮応力度
- c．常時の躯体自重による圧縮応力度

非対称
- d．地震時の動水圧による曲げおよび圧縮応力度
- e．地震時の躯体自重の慣性力による圧縮応力度

を重ね合わせることにより得られる。

軸対称の場合は[4] その法線方向の荷重強度を $Z(x)$ とすると（図—3）壁体の法線方向の変位 w に関して



図—3　座 標 系

$$\frac{d^4}{dx^4}w+4\beta^4w=Z(x)$$

$$\beta=\left[\frac{3(1-\nu^2)}{r^2\ t^2}\right]^{1/4}$$

ただし
- ν：ポアソン比
- r：半径
- t：壁厚

なる基礎方程式が得られる。特解を w^P とすれば，一般解は

$$w=e^{\beta x}(C_1\cos\beta x+C_2\sin\beta x)+e^{-\beta x}(C_3\cos\beta x+C_4\sin\beta x)+w^P$$

となる。ただし $C_1\sim C_4$ は積分常数である。壁体の上下端の境界条件を用いて積分常数 $C_1\sim C_4$ を定めれば次なる関係より断面力が定まる。

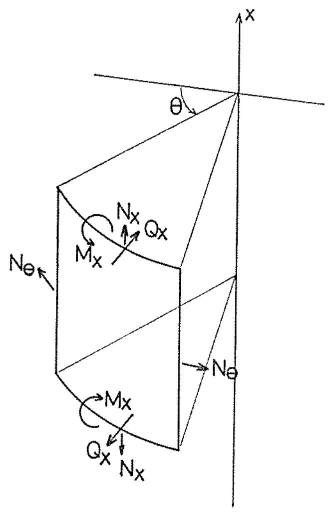
$$N_\theta=-\frac{Et}{r}w \qquad (\text{図—4})$$

$$M_x=-D\frac{d^2}{dx^2}w$$

$$M_\theta=\nu\cdot M_x$$

$$Q_x=-D\frac{d^3}{dx^3}w$$

ただし
- E：壁体コンクリートのヤング率
- $D=\dfrac{Et^3}{12(1-\nu^2)}$：壁体の板剛度



図—4　力　系

cについては鉛直方向の一様な圧縮であるから問題はない。

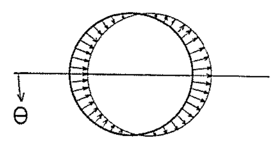
非対称の場合は[4]，その荷重を X, Y, Z とすると（図—3）動水圧の場合（d）

$X=0\quad Y=0\quad Z=P_1+P_2=Z_1\cos\theta$（図—5）

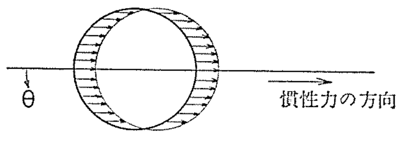
慣性力の場合（e）

$X=0\quad Y=K_h\gamma\sin\theta\quad Z=K_h\gamma\cos\theta$（図—6）

γ：壁体の単位面積当りの重量



図—5　動水圧の分布



図—6　慣性力の分布

非対称荷重を受ける円筒シェルの釣合方程式は

$$\begin{cases} N_x^{\cdot}+N_{\theta x}'+rX=0 \\ N_{x\theta}^{\cdot}+N_\theta'-Q_\theta+rY=0 \\ Q_x^{\cdot}+Q_\theta'+N_\theta+rZ=0 \\ M_{x\theta}^{\cdot}+M_\theta'-rQ_\theta=0 \\ M_x^{\cdot}+M_{\theta x}'-rQ_x=0 \end{cases}$$

$$\text{ただし}\left(\begin{array}{ll} \cdot=\dfrac{\partial}{\partial\xi} & '=\dfrac{\partial}{\partial\theta}\\ x=r\xi & \end{array}\right)$$

また適合条件式は

$$\frac{1}{Et}\Delta\Delta\phi+\frac{1}{r}\ddot{w}=0 \qquad \text{ただし}\ \Delta\equiv\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}+\frac{\partial^2}{\partial\theta^2}$$

ここに　w：法線方向（Z 方向）の変位

ϕ は応力関数で

$$\phi''=N_x,\ \ddot{\phi}=N_\theta,\ -\dot{\phi}'=N_{x\theta}=N_{\theta x}$$

この釣合方程式と適合条件式を積分することにより特解として

$$N_\theta=-Zr$$

$$N_{x\theta}=N_{\theta x}=r\{\dot{Z}'-\dot{Y}\}+K_9f_1(\theta)$$

$$N_x=-r\{\ddot{Z}''-\ddot{Y}'+X\}-K_9\xi f_1'(\theta)+K_{10}f_2(\theta)$$

$$\begin{aligned} w=\frac{r^2}{Et}\Big[&\dddot{X}''-\nu\dot{X}-\ddddot{Y}'''-(2+\nu)\ddot{Y}'\\ &+\ddddot{Z}''''+2\ddot{Z}''+Z+\frac{1}{r}\{(2+\nu)K_9\xi f_1'(\theta)\\ &+K_9\frac{\xi^3}{6}f_1'''(\theta)+\nu K_{10}f_2(\theta)-K_{10}\frac{\xi^2}{2}f_2''(\theta)\\ &-K_{11}\xi f_3''(\theta)+K_{12}f_4'(\theta)\Big] \end{aligned}$$

ただし $K_9\sim K_{12}$ $f_1(\theta)\sim f_4(\theta)$ は積分常数である。

余解として

$$\begin{aligned} w=\frac{r^2}{D}\sum_m\Big[&e^{-\beta\xi}(C_5{}^m\cos\beta\xi-C_6{}^m\sin\beta\xi)\\ &+e^{\beta\xi}(C_7{}^m\cos\beta\xi+C_8{}^m\sin\beta\xi)\Big]\cos m\theta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi=\frac{2\beta^2}{r}\sum_m\Big[&e^{-\beta\xi}(C_6{}^m\cos\beta\xi+C_5{}^m\sin\beta\xi)\\ &+e^{\beta\xi}(C_8{}^m\cos\beta\xi-C_7{}^m\sin\beta\xi)\Big]\cos m\theta \end{aligned}$$

$$N_x=\phi''$$

$$N_\theta=\ddot{\phi}$$

$$N_{\theta x}=N_{x\theta}=-\dot{\phi}'$$

$$M_x=-\frac{D}{r^2}(\ddot{w}+\nu w'')\cong-\frac{D}{r_2}\ddot{w}$$

$$M_\theta=\nu M_x$$

$$M_{\theta x}=M_{x\theta}=-\frac{D}{r^2}(1-\nu)\dot{w}'$$

$$Q_x=-\frac{D}{r^3}(\dddot{w}+\dot{w}'')$$

$$Q_\theta=-\frac{D}{r^3}(\ddot{w}'+w''')$$

ただし $C_5{}^m\sim C_8{}^m$ は積分常数である。

$$\beta=\left[3(1-\nu^2)\frac{r^2}{t^2}\right]^{1/4}$$

各々の m に関して境界条件より任意常数 $K_9\sim K_{12}$, $f_1(\theta)\sim f_4(\theta)$, $C_5{}^m\sim C_8{}^m$ を定めた後，すべての m について重ね合わせれば完全解が得られる。

上記の手順で求めた断面力から地震時の壁体の応力度が得られ，それによって応力チェックを行う。圧縮縁の許容値は地震時のコンクリート許容圧縮応力度とし，また引張縁の許容値はフルプレストレッシングもしくはパーシャルプレストレッシングの設計方針に沿った許容値を用いる。

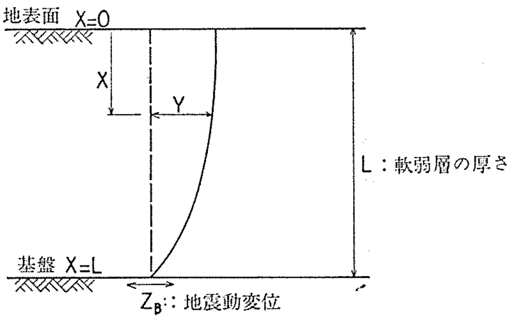
3.4　軟弱地盤に対する考慮

構造物の基礎の設計において，その地耐力が不足する場合，杭基礎，ケーソン基礎，土質改良等種々の対策が講じられるが，プレロードタンクの場合は主として杭基礎を用いている。

杭の支持力について常時の安全性を検討した後，地震時における安全性を検討するわけであるが，その過程において杭頭せん断力によって生ずる杭の曲げを求めることが必要となる。

この場合通常は杭を弾性体で連続的に支えられた梁と見なし，その撓み曲線から杭の曲げを求めるが（いわゆる Chang の式である），地盤が軟弱地盤である場合（例えば国鉄の構造物設計事務所の見解によれば杭の剛性との関連もあるがN値 15 以下の場合等）は，地震時における その軟弱層の変位を考慮する必要が生ずる。

地盤の振動モデルは[6]『支持層を基盤と考え，その基盤によって強制振動（地震動変位）を受け，軟弱層のせん断応力をその復元力とする連続体の振動』である（図—7）。



図—7

その運動方程式は

$$\frac{r}{g}\cdot\frac{\partial^2y}{\partial t^2}+C\cdot\frac{\partial y}{\partial t}-\frac{\partial}{\partial x}\left(G\cdot\frac{\partial y}{\partial x}\right)=\frac{r}{g}\cdot\frac{\partial^2Z_B}{\partial t^2}$$

$$\text{ただし}\begin{cases} y：\text{深さ}\,x\,\text{における地盤変位}\\ r：\quad〃\quad\text{土の単位体積重量}\\ C：\text{深さ}\,x\,\text{におけるせん断弾性係数}\\ Z_B：\text{基盤における地震動変位}\\ l：\text{軟弱層の厚さ} \end{cases}$$

変位関数 y を振動モードで展開して

$$y=\sum_{r=1}^{\infty}X_r q_r$$

ここに$\begin{cases} X_r：r\text{次の振動モード} \\ q_r=\cos(\omega_r \cdot t)：r\text{次の時間関数}\end{cases}$

今もし r, G, C が地表面から基盤面まで一定であれば，地盤の r 次の固有円振動数 ω_r および固有振動周期 T_r は

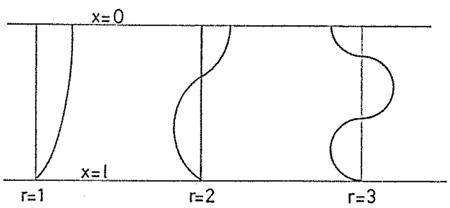
$$\begin{cases}\omega_r=\dfrac{V_S}{l}\cdot\dfrac{(2r-1)}{2}\cdot\pi \\ T_r=\dfrac{4l}{V_S}\cdot\dfrac{1}{2r-1}\end{cases}$$

ただし $V_S=\sqrt{gG/r}$：せん断弾性波の伝播速度

モード関数 X_r は

$$X_r=\cos\left(\frac{\omega_r}{V_S}x\right)=\cos\left(\frac{2r-1}{2l}\pi x\right)\quad\text{(図—8)}$$

すなわち ∂, G, C が深さ x に関して一定であればその地盤変位 X_r は 図—8 のような余弦曲線となる。



図—8　振動モード

モード関係の直交性を利用して任意の基準座標 q_r に関する微分方程式を得るが

$$\ddot{q}_r+Zh_r\omega_r\dot{q}_r+\omega_r^2 q_r=-\phi_r\cdot\ddot{Z}_B$$

$$h_r=\frac{C\cdot q}{2\omega_r r}：\text{減衰定数}$$

$$\phi_r=\frac{\int_0^l\frac{r}{g}\cdot X_r\cdot dx}{\int_0^l\frac{r}{g}\cdot X_r^2\cdot dx}：\text{刺激係数}$$

モード関数 X_r が余弦曲線として即知であることより

$$\phi_r=\frac{4(-1)^{r-1}}{(2r-1)\pi}$$

として刺激係数が定まる。

建設省土木研究所で求めた地震の岩盤上での記録に対する速度応答スペクトル等から

$$|q_r|_{\max}=\phi_r\cdot S_D$$

1次モードに着目すると

$$|q|_{\max}=\frac{4}{\pi}\cdot S_D$$

$$|y|_{\max}=\frac{4}{\pi}\cdot S_D\cos\frac{\pi x}{2l}$$

また地表面の最大変位は

$$a_h=\frac{4}{\pi}\cdot S_D$$

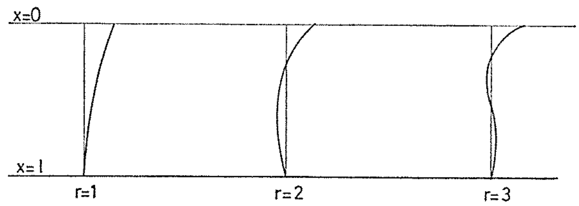
となる。

また，今もし r, C のみが深さ方向に一定で，G（すなわちN値）は深さ方向に1次変化する場合は，モード関数 X_r は0次の第1種ベッセル関数で与えられ

$$X_r=J_0\left(k_r\sqrt{\frac{x}{l}}\right)\quad\text{(図—9)}$$

$k_r=2.4048,\ 5.5201,\ 8.6537,\ \cdots\cdots$

（ベッセル関数の零点）



図—9　振動モード

その固有振動数 ω_r，および固有周期 T_r は

$$\omega_r=k_r\frac{V_S}{2l}(Rr=2.4048,\ 5.5201,\ 8.6537)$$

$$T_r=\frac{1}{k_r}\cdot\frac{4\pi l}{V_3}(R_r=2.4048,\ 5.5201,\ 8.6537)$$

また刺激係数 ϕ_r[7] は

$$\phi_r=\frac{\int_0^l\frac{r}{g}X_r dx}{\int_0^l\frac{r}{g}X_r^2 dx}=\frac{\int_0^l\frac{r}{g}J_0\left(k_r\sqrt{\frac{x}{l}}\right)dx}{\int_0^l\frac{r}{g}\left\{J_0\left(k_r\sqrt{\frac{x}{l}}\right)\right\}^2 dx}$$

1次モードの場合　$\phi_r=1.535$ となる。

したがって

$$|q|_{\max}=1.535\,S_D$$

$$|y|_{\max}=1.535\,S_D.\,J_0\left(2.4048\sqrt{\frac{x}{l}}\right)$$

$$a_h=1.535\cdot S_D=\frac{0.768}{\pi}\cdot T\cdot S_V$$

となる。

さてこの地盤変位 $f(x)$ を考慮した杭の曲げであるが杭の撓み曲線を y とすれば

$$EI\cdot\frac{d^4y}{dx^4}=kD\{f(x)-y\}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(*)$$

ただし$\begin{cases}EI：\text{杭の曲げ剛性}\\ k：\text{土のバネ定数}\\ D：\text{杭径}\end{cases}$

地盤変位 $f(x)$ の項として前述の結果を用いる。

すなわち

$$f(x)=a_h\cos\left(\frac{\pi x}{2l}\right)$$

Gが深さ方向に一定

$$f(x)=a_h J_0\left(2.4048\sqrt{\frac{x}{l}}\right)$$

Gが深さ方向に1次変化

これに杭頭および杭先端の境界条件を用いて解くことにより，杭の撓み曲線が得られ曲げモーメントは

$$M=EI\frac{d^2}{dx^2}\cdot y$$

より求まる。

上記のyに関する微分方程式 (*) を解くにあたって，Gが深さ方向に一定である場合（すなわち土のバネ定数kが一定の場合）は未知関数yに関して定数係数の線形微分方程式となるから，容易に求まる。またGが深さ方向に1次変化である場合（すなわち土のバネ定数kが深さxの1次式である場合）は未知関数yの係数に独立変数xが含まれるので，yをxのべき級数で近似する手法を用いる。詳細は文献 6) を参照されたい。

さて (*) 式の余解（地盤の変位 $f(x)=0$ としたもの）は，従来の Chang の式に一致し，杭頭せん断力による杭の撓みを表わす。また特解は地盤の変位による杭の撓みを表わす。一般解はこの両者を重ね合わせたものであるから，地盤が軟弱である場合は，その地盤変位を考慮した上で，杭頭変位や杭の曲げモーメントを計算し，くいの径・種別の適性を検討しなければならない。

4. むすび

最近の宮城沖地震でも一部のタンクに震害があり，その地域社会に人的，物的な影響があったことが新聞でも報ぜられている。震害は地震-地盤-構造物が相関連して現われるので，技術者は構造物の特性・用途・種別・規模・立地条件にあった合理的にして実用的な耐震設計をしなければならない。

地震時のタンクの挙動についてはいろいろのケースについて多くの実験，研究，報告がなされているが未だ不明の点も多い。特に震度法，修正震度法，応答変位法，動的設計を目指す動的解析法，さらにはそれらの特徴を折衷しようとする実用的耐震設計がさらに進み現場の技術者に実際面に本格的に適用できるような計算法の開発が望まれる。

参考文献

1) 道路橋耐震設計指針，同解説，日本道路協会，S. 47. 4
2) 土木技術者の為の振動便覧，土木学会編，p. 163～164
3) Dynamic pressures on accelerated fluid containers, Bull seism soc. Am. 47 (1957)
4) Timoshenko Krieger : Theory of Plates & Shells, McGRAW-HILL
5) Tsuboi Akino : Theories & Applications of anti-symmetrical bending state for Spherical shell & Cylidrical shell
6) 大橋，西村：地盤の変位を考慮した基礎の耐震設計，構造物設計資料 No. 50～52，日本国有鉄道
7) 小西，高岡：構造動力学，丸善

1978 年版 FIP Notes 購読予約受付について

1977 年版は入手部数の関係上，折角のお申込みに対し一部会員の方々にはお断り申し上げ大変失礼いたしました。1978 年版につきましては FIP 本部から若干の増量発送が認められましたので，この機会にお早目に下記要領にてお申し込み下さい。予約価格は前年度と変りません。

1) 内　　容：ロンドンに事務局を置く FIP (Féderation Internationale de Précontrainte の略) は，ＰＣ技術普及発展のため国際交流機関で，その組織下にある各種委員会の活動状況や世界各国の技術水準を知るにふさわしい工事写真，報告，論文等が掲載されている。
2) 発　　行：隔月刊（年6回）
3) 体　　裁：Ａ4判の英文，頁数 12～16（不含表紙）
4) 価　　格：年間（6冊分）**3 600 円**（送料手数料共）
5) 申　　込：希望者は「ハガキ」に必要部数，送付先（〒），氏名，所属会社名記入のうえ協会事務局（電 03-261-9151）へ，送金は三井銀行銀座支店（普通預金）920-790。なお，部数に制限がありますのでお早目にどうぞ。