

あと施工アンカーの原位置せん断試験装置の開発
その1 試験装置設計の基本的考え方

正会員 ○小林 克巳*1 谷口 博司*2
河辺 弘三*3 正会員 寺崎 慎一*4

あと施工アンカー せん断剛性 せん断試験装置
原位置試験 品質管理 施工管理

1. はじめに

既存建物に補強部材を取り付けて、せん断力を伝達する手段としてあと施工アンカーが多用される。設計には変形の適合条件を考慮した伝達せん断力の評価が必要であり、施工管理には原位置せん断試験が必要となる。しかし、補強対象建物ごとにあと施工アンカーのせん断試験が行われることは殆どないし、施工管理上もせん断試験が行われることは殆どない。本研究では、原位置で簡便に使用できるせん断試験装置を開発し、設計および施工管理に利用できるようにすることを目的とする。

2. 試験装置設計の基本的考え方

コンクリート境界面のアンカー筋が、せん断力(Q)を受けて図-1のような変形をする状態を再現できる装置を目指す。図-1の上部コンクリートを試験装置で置き換える。せん断力(Q)を加えるためには反力をとるものが必要で、図2の様にアンカー筋を2本施工して互いに反力を取れば、同時に2本のアンカー筋の試験を行うこともできる。油圧ジャッキでせん断力(Q)を加えると、 $Q(H+h)$ のモーメントによってアンカー筋は図-2の上図のように変形してしまう。これを図-1のような変形状態に戻すためには、アンカー筋に図-2のような凸部品および凹部品を取り付け、 P_1 および P_2 ($P_1=P_2$)の力で曲げ戻せばよい。凸部品と凹部品を組み合わせるとスライドするようにし、凸部品と凹部品の P_1 (および P_2)が互いに作用・反作用となるようにすれば、曲げ戻す力を確保できる。通常表面に不陸がある原位置で使用することを考えると、試験装置を図-2の下図のように浮かせるのは好都合で、これによって図-1のアンカー筋の変形状態により近づくと考える。

3. 試験装置の試作

凸部品および凹部品を切り出し、溶接構造にて図-3の装置を試作した。機械加工していないので、凸部品および凹部品を組み合わせると、スライドのための隙間ができるため相互に僅か回転する。また、スライドする時の

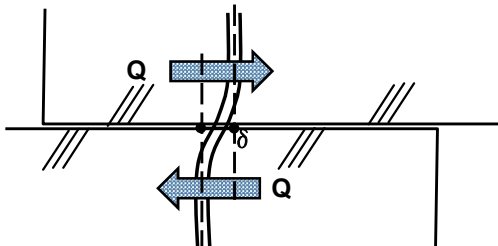


図-1 コンクリート間に施工されたアンカー筋の変形

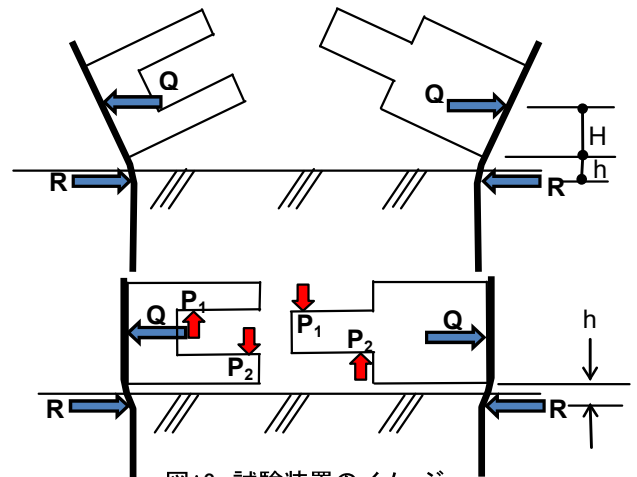


図-2 試験装置のイメージ

摩擦力を小さくする処理はしていないので、ジャッキで加えた力よりもアンカー筋に作用する力は小さくなる。装置としての精度は低いですが、これによって基本的考え方の確認を行った。アンカー筋間隔は300mmとした。

4. 動作確認実験

アンカー筋としてSD295AのD13を使用した。図-4のように、300mm間隔のアンカーの中央点を不動点として、アンカー筋取り付け用プレートの上下の水平変位を測定し、その平均を水平変位 δ 、その差を上下の変位計間隔で除して装置側のアンカー筋定着部回転変位 θ とした。また、凸部品の凸部付け根の上部縁歪を測定した。

5. 実験結果

加力後にアンカー筋を取り出して、図-5の変形状態を

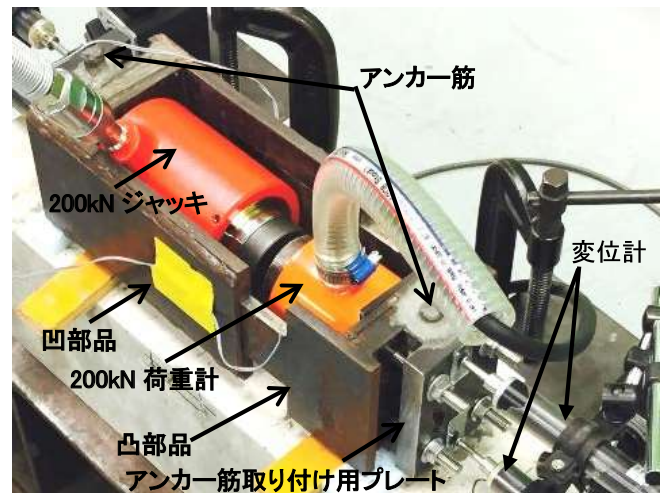


図-3 試験装置の試作品

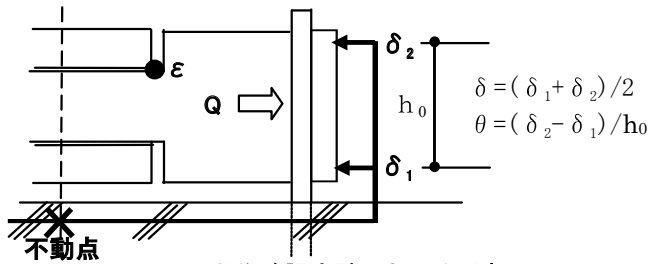


図-4 動作確認実験における測定

確認した。意図した図-1 の変形状態に近くなっていることが分かる。試験装置底面をコンクリート表面からアンカー筋径の1.0倍だけ離すものとした。

せん断力(Q)と回転変位(theta)の関係を図-6に示す。初期に回転変位が大きくなるのは、凸部品と凹部品に隙間があるためである。凸部品と凹部品の加工精度を上げれば、この問題は解決する。荷重約2kN以降は、荷重の増加とともに回転変位が漸増するが、凸部品の凸部の変形とアンカー筋が装置に密着しなかったため、隙間をグラウト材で埋めた影響が現れている。回転変位が漸増するとしても、その量は小さくなく、図-2のイメージ通りアンカー筋の装置側の回転変位は拘束できると判断される。

せん断力(Q)と水平変位(delta)の関係を図-7に示す。初期に水平変位が大きくなる理由は回転変位と同じである。アンカー筋の水平初期剛性は図中の1点鎖線のようになる。これをコンクリート間に施工したアンカー筋の一面せん断実験の結果と比較すれば、せん断試験装置としての有効性を確認できるが、今後の課題としたい。

6. 凸部品と凹部品の組み合わせによる曲げ戻し

せん断力(Q)を加えた時の曲げモーメント図を図-8のように仮定する。アンカー筋が弾性範囲で $M_B = P \cdot a$ と仮定すれば、凸部品の凸部付け根の縁歪(epsilon)は、

$$\epsilon = 3Q(H+h) / (b \cdot D^2 \cdot E) \quad (1)$$



図-5 加力後のアンカー筋の変形 (90°回転して表示)

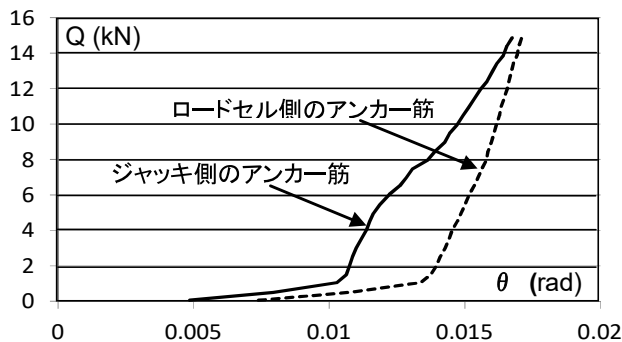


図-6 せん断力(Q)とアンカー筋定着部の回転変位(theta)の関係

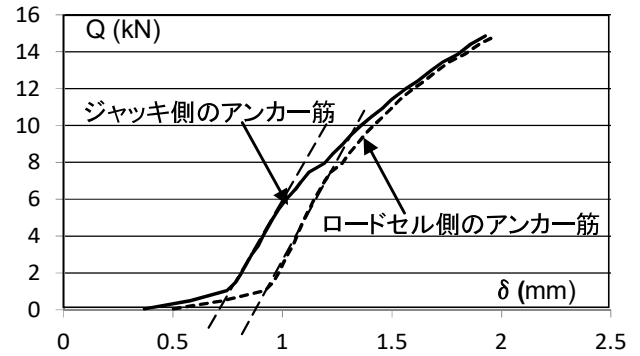


図-7 せん断力(Q)と水平変位(delta)の関係

となる。ここで、bとDは凸部の幅とせい、Eは凸部品のヤング係数である。hをアンカー筋径の2倍とした計算値を図-9に実線で示す。アンカー筋周囲のコンクリートが塑性変形していけばhは徐々に大きくなり、同じQに対して縁歪は大きくなるはずである。初期状態では、測定値は計算値とよく一致し、徐々に測定値が大きくなっていることから、図-2の曲げ戻しメカニズムを確認できた。

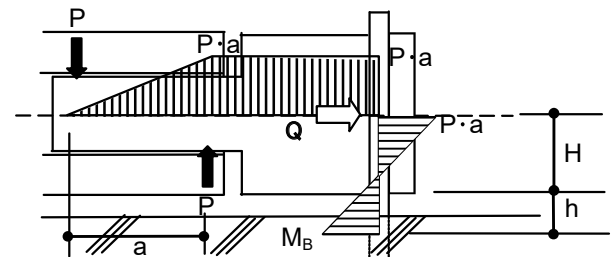


図-8 曲げモーメント図の仮定

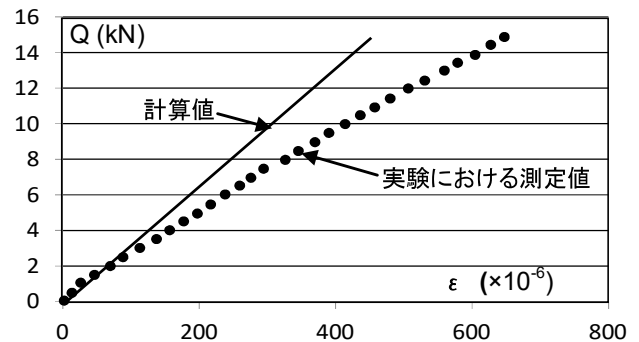


図-9 せん断力(Q)と凸部品凸部の歪の関係

7. まとめ

原位置で簡便に使用できるせん断試験装置設計の基本的考え方を示した。動作確認のための装置を試作し、基本的考え方を実験によって検証した。今後、FEM解析などの手段を用いた応力解析に基づき、機械加工による試作機を完成させ、その動作確認を行っていく予定である。

謝辞

本論における装置の試作と実験は、科学研究費補助金基盤研究(C) No. 16K06567によって実施しました。また、実験の実施には、平成28年度卒論生の協力を得ました。関係各位に厚く御礼申し上げます。

- *1 福井大学大学院工学研究科 特命教授 工博
- *2 (株) トラスト 代表取締役
- *3 (株) トラスト 技術部技術課
- *4 前田工織 (株) 構造物メンテナンス推進部

- *1 Professor emeritus, University of Fukui, Dr. Eng.
- *2 Representative director, Trust Co., Ltd.
- *3 Engineering department., Chief engineer, Trust Co., Ltd.
- *4 Structural maintenance division, Group leader, Maeda Kosen Co., Ltd

あと施工アンカー せん断剛性 せん断試験装置
原位置試験 品質管理 施工管理

1. はじめに

前報¹⁾の試験装置設計の基本的考え方に従い、設計せん断力を 200kN として試作機を製作した(図-1)。スライド部の接触面にはテフロン加工を施し、摩擦力を低減した。アンカー筋を掴む部分は、一方を半円弧状、もう一方を V 字形に加工して、アンカー筋のコンクリート面に対する多少の倒れを吸収できるように考えた。また、半円弧状部分には水平方向の溝で凹凸を付け、試験装置に対するアンカー筋の滑りを防止した。本報では、試験結果を評価する上で、まず本試験装置の特性を把握するために実施したせん断試験の結果を報告する。

2. スライド部の摩擦力

アンカー筋を曲げ戻すために、凸部品と凹部品が互いに反力を取合いながらスライドするため接触面に摩擦力が発生する。図-2 の様に試験装置に固定したアンカー筋の脚部を 2-φ10.5 の丸棒で繋ぎ、歪ゲージを貼付して引張力(T)を測定し摩擦力(P-T)を求めた。荷重計の出力(P)に対しておよそ 4%が摩擦力となることが分かった(図-3)。

3. アンカー筋の回転拘束

図-1 の上下 2 台の変位計による水平変位の差を変位計間隔 100mm で除して回転変位を求めた。図-4 はアンカー筋を D19($\sigma_y=388\text{N/mm}^2$ 、 $\sigma_B=30\text{N/mm}^2$ 、埋込長さ $7d_b$)とした一例である。荷重が小さい段階で、 $1.5\sim 2/1000\text{rad}$ 回転しているが、スライド部のクリアランス $0.2\sim 0.3\text{mm}$ とスライド部長さ約 150mm に起因する曲げ戻し力が作用するまでの回転量である。その後、荷重の増加と共に増大するのは、試験装置からのアンカー筋の滑り、節の変形、試験装置への密着具合等によると考えられるが、絶対値は大きくなく実用上無視できる量と判断している。本試験装置では、アンカー筋を試験装置に取付ける時に台直しが起こらないことが大切であり、施工時に 2 本のアンカー筋を鉛直かつ平行に保持する治具を用いている。

4. コンクリート面からの浮かせ高さの影響

本試験装置は、コンクリート面から浮かせて設置できる特長がある。図-6 はアンカー筋に D16 ($\sigma_y=377\text{N/mm}^2$ 、 $\sigma_B=38\text{N/mm}^2$ 、埋込長さ $7d_b$)を用いて、浮かせ高さ $0.0d_b\sim 1.5d_b$ とした結果である。浮かせ高さが大きいほど、アンカー筋の変形域が大きくなるので、剛性と耐力が小さいのは当然である。アンカーが施工される位置条件を考慮して、適切な浮かせ高さでせん断試験を行う必要がある。

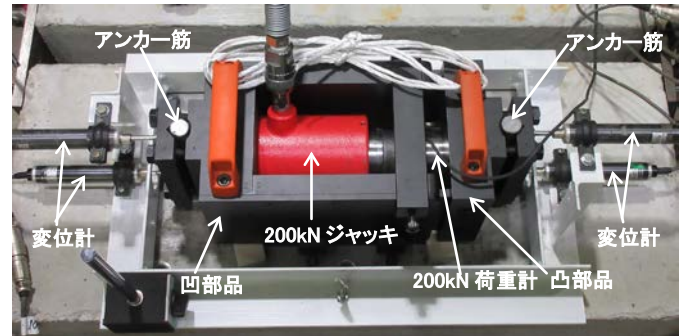


図-1 試作機

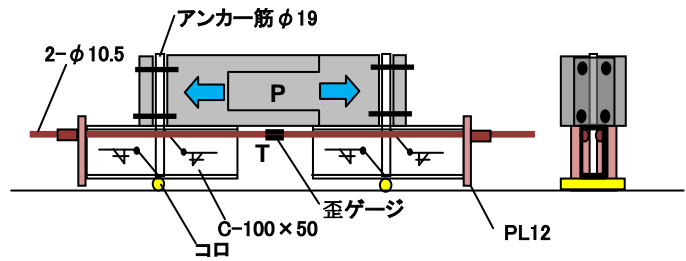


図-2 摩擦力の測定装置

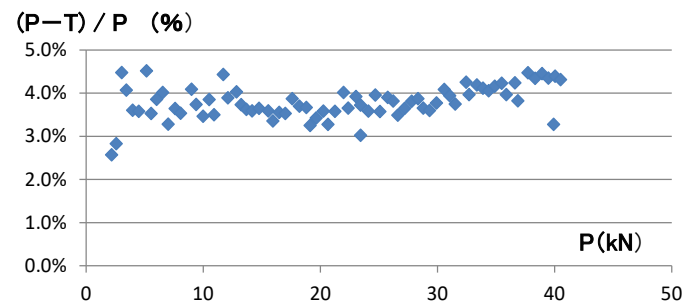


図-3 摩擦力の測定結果

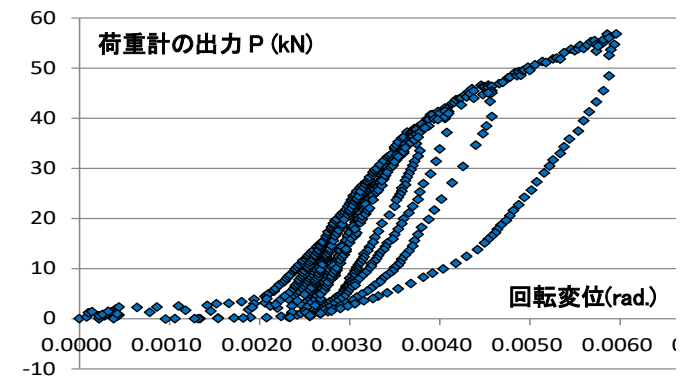


図-4 回転変位の測定例

5. コンクリート境界面に施工されたアンカーの一面せん断試験結果との対応

一面せん断試験(図-5)では、グリースを塗布した 0.5mm 厚硬質塩ビ板 2 枚をコンクリート境界面に挟んで摩擦力を除去した上に、床から僅かに浮いた状態で加力しており、摩擦力の影響はないと判断している。アンカー筋 D16 ($\sigma_y=377 \text{ N/mm}^2$ 、埋込長さ $7d_b$)、下部 $c\sigma_B=28\text{N/mm}^2$ 、上部 $c\sigma_B=31 \text{ N/mm}^2$ について、アンカー筋 1 本当たりのせん断力(Q)と上下ブロック間の相対ずれ(δ)の関係を図-6中に示す。本試験装置による結果は一面せん断試験結果に比べて初期剛性が小さい。0.5 d_b 程度浮かせれば第 2 剛性はよく対応するようになるが、耐力は小さくなる。

図-6 の点線は、一面せん断試験を模擬してアンカー筋をモルタルブロックで囲み、それを本試験装置に取付けた結果である。初期剛性、第 2 剛性、耐力ともに一面せん断試験結果とよりよく対応しており、試験方法によるアンカー筋周囲の境界条件の違いによって、剛性と耐力の相違が現れることは明らかである。

図-7 に D19 ($\sigma_y=377 \text{ N/mm}^2$ 、埋込長さ $7d_b$)の一面せん断試験結果(下部 $c\sigma_B=30\text{N/mm}^2$ 、上部 $c\sigma_B=29\text{N/mm}^2$)と浮かせ高さ 0.5 d_b とした本試験装置による結果($c\sigma_B=30\text{N/mm}^2$)を示す。本試験装置による結果の初期剛性が小さいのは D16 の場合と同様であるが、アンカー筋自体の曲げ剛性が大きくなるためか、両試験結果の耐力と第 2 剛性はより近づく結果となっている。

6. 既往のせん断試験方法による結果との対応

文献3) に示されているせん断試験装置図(例)に倣っていると判断される装置にて行ったせん断試験結果が文献2)に紹介されている。JCAA 製品認証実験データの抜粋であり、SD295A または SD345 と思われるアンカー筋 D16 ($c\sigma_B=32.2\text{N/mm}^2$ 、埋込深さ $7d_b$) 5 本の結果を読み取って図-6の影を付けた部分に示す。本試験装置による結果とは、浮かせ高さ 0.0 d_b のものと良く対応しているが、初期剛性、第 2 剛性、耐力とも一面せん断試験結果とは対応していない。

7. まとめ

浮かせ高さ 0.0 d_b とすれば本試験装置と文献3)に示されているせん断試験装置による試験結果は良く対応するが、一面せん断試験結果とは初期剛性、第 2 剛性、耐力ともに対応しない。一面せん断試験結果の第 2 剛性と対応させようとするならば、本試験装置を 0.5 d_b 程度は浮かせて使用するのが良いと思われるが、アンカー筋径が小さいと耐力が小さく求まることになる。本試験装置を用いる目的に応じて、浮かせ高さ、アンカー筋の装置への取付け方法など、さらに特性把握のための試験データを増やし、原位置で簡便に使用可能な試験装置の開発を継続するつもりである。

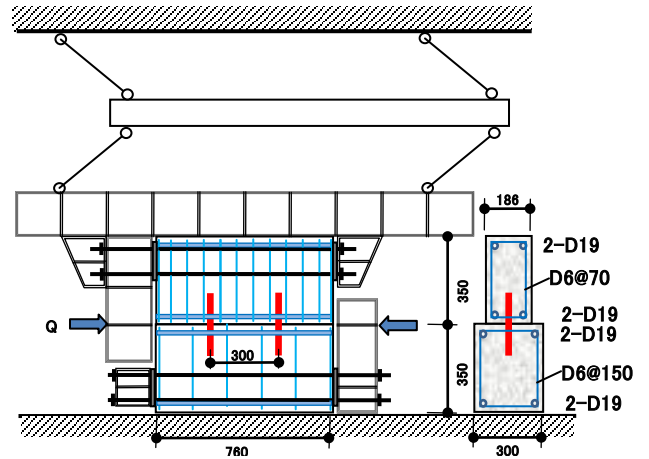


図-5 一面せん断試験

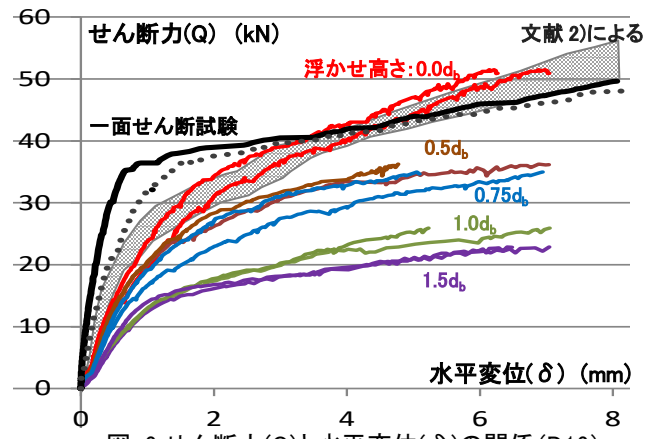


図-6 せん断力(Q)と水平変位(δ)の関係(D16)

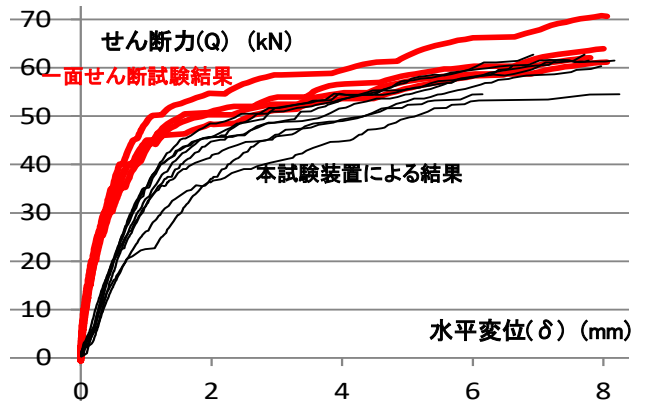


図-7 せん断力(Q)と水平変位(δ)の関係(D19)

参考文献

- 1) 小林ほか：あと施工アンカーの原位置せん断試験装置の開発 その 1 試験装置設計の基本的考え方、AIJ大会、C-2、365-366、2017.8
- 2) 低強度コンクリートに関する特別研究委員会報告書、JCI中国支部、2009.2
- 3) あと施工アンカー試験方法、(一社)日本建築あと施工アンカー協会(JCAA)、第2版、2015.4

謝辞

本論における試作機の製作とその特性把握実験は、科学研究費補助金基盤研究(C) No.16K06567 によって実施しました。関係各位に厚く御礼申し上げます。

*1 福井大学大学院工学研究科 特命教授 工博
 *2 (株) トラスト 代表取締役
 *3 (株) トラスト 技術部技術課
 *4 前田工織 (株) 構造物メンテナンス推進部

*1 Professor emeritus, University of Fukui, Dr. Eng.
 *2 Representative director, Trust Co., Ltd.
 *3 Engineering department., Chief engineer, Trust Co., Ltd.
 *4 Structural maintenance division, Group leader, Maeda Kosen Co., Ltd