

金属系あと施工アンカーの新工法と その強度について

中山 昭夫*・桑田 裕次*

Experimental Study on the Strength of New Expansion Bolts

Akio NAKAYAMA and Hirotsugu KUWADA

ABSTRACT

Anchor bolts are usually embedded into concrete member to fix firmly the column base and building equipment, etc., and they should prevent the movement of each member. These anchor bolts are divided into two types. Namely, one is the usual anchor bolt embedded into concrete members before casting concrete. The other is one that is attached to members after casting concrete. The latter is also divided into two. One is so called "chemical anchor", which make use of an adhesive agent, and the other is an expansion bolt, which is attached by the friction of wedging into concrete member.

Expansion bolts are, however, not reliable, because they depend upon the skill of workman, i.e. workmanship. Expansion bolts easily tend to pull out, when the workmanship is not sufficient.

In this paper, the authors examine the new method of expansion bolts, that is, drilling the hole like reverse wedge shape, and expecting the toothing effect by it. The experimental results are described in detail, especially pull-out testing of each expansion bolts and clarify the advantage of this new method.

1 はじめに

コンクリート構造体に埋め込む各種のアンカーボルトはそれらの施工手順により、先施工と後施工の2種類に大別できる。このなかで後施工アンカーはコンクリート硬化後もアンカーボルトを手軽にセットできるため、付帯設備の取り付け金物等、軽微な工事では多用されている。しかしながらその反面、後施工アンカーの構造的用途には引に抜き耐火性、耐久性等の不安もある。この理由の主なもののは後施工アンカーの施工のばらつきである。

後施工アンカーをその定着方法で大別すれば、金属拡張のクサビ効果によるメカニカルアンカーと、接着剤の

付着力を利用したケミカルアンカーの2種類がある。このなかで機械的な噛み合わせを必要とするメカニカルアンカーの引き抜き耐力等は、特に施工の技量に左右され易い。多くの施工現場では、メカニカルアンカーの金属拡張部分が十分に拡張したかどうかの判断を各施工者の経験に頼っているため、アンカーの力学的特性がばらつくものと考えられる。現在、アンカーが確実に施工されたかどうか確かめる手段として引き抜き試験によるだけでなく、その他の簡便な検査法も整備されていない。このような現状では日本建築学会の「各種合成構造設計指針・同解説」⁽¹⁾の各種アンカーボルト設計指針で示されているように安全率を大きくとって設計するのも一つの方法で

*建築学科

ある。

しかしながら、これでは根本的な解決とはなっていない
 と言いはない。メカニカルアンカーを構造部品として使用
 するためには、その力学的特性等が安定していることが
 大切である。その意味では、施工者の技量にあまり左
 右されず、確実にアンカーできる形式が望ましい。また
 施工現場では、メカニカルアンカー下穴を既存コンクリ
 ート構造体に穿孔した後、その部分の防水処理を行わな
 い場合が多い。そのため、雨水等がアンカー下穴に侵入し、
 コンクリートの劣化や鉄筋の発錆等の問題も発生し易い。

本研究ではこのような問題点を解決するため、メカニ
 カルアンカーの新工法を提案し、実験的な検討を行った。

2 メカニカルアンカーの新工法の概要

2.1 新型の特殊ドリルで穿孔する工法

この工法はアンカー下穴底部を円錐状に拡張して穿孔
 するものである。これより、メカニカルアンカーの金属
 拡張部分は下穴形状に応じて確実に拡張する。また、ア
 ンカー下穴の止水効果や接着効果を期待して、メカニカ
 ルアンカー打ち込みにエポキシ樹脂系接着剤を併用して
 いる。以下、施工順序を説明する。

- ①工程：従来のコンクリートドリルでアンカー下穴をあ
 ける。
- ②工程：Fig. 1 のように特殊ドリルを用いて下穴底部を
 円錐状に拡張する。
- ③工程：防水および付着力増強用のエポキシ樹脂カプ
 セル（2液性）をアンカーと共に下穴にセットし、
 アンカーに打撃を加えて固定する。



Fig.1 New Method of Expansion Bolts

2.2 ドリルアンカーを拡張させて穿孔する方法

従来のドリルアンカーでアンカー下穴を拡張しつつ打
 ち込む方法である。穴は前記の工法ほどではないがクサ
 ビ型となり、アンカーは簡単に抜け出ない。施工順序は
 次の通りである。

- ①工程：従来のコンクリートドリルでアンカー下穴をあ
 ける。
- ②工程：前記の樹脂カプセルを下穴に挿入した後、先端
 部が拡張し易いように切れ目の入ったドリルア
 ンカーを振動ドリルで打ち込む。

3 メカニカルアンカーの引き抜き試験

3.1 実験概要

(1) 試験体

上記の新工法によるメカニカルアンカーの力学的特性
 を実験的に確かめるため、Fig. 2 に示す無筋コンクリ
 ート梁を用いてアンカーの引き抜き試験を行った。コンク
 リート強度は $F_c=240\text{kg/cm}^2$ と 180kg/cm^2 の2種類である。
 実験に使用したメカニカルアンカーはFig. 3 に示すよう
 通常、打撃打ち込み式アンカーとドリルアンカーの2種
 類である。アンカーのサイズはM12である。アンカーの
 埋め込み深さはアンカーの長さの50mmを基準として、50
 mmの1倍、1.5倍、2倍の3種類で実験した。アンカー
 の埋め込み間隔は400mmとした。

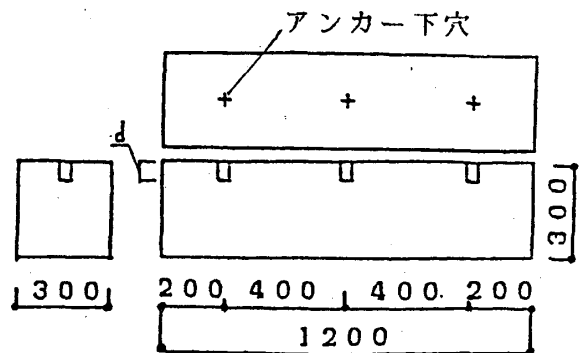


Fig.2 Shape and Size of Specimen

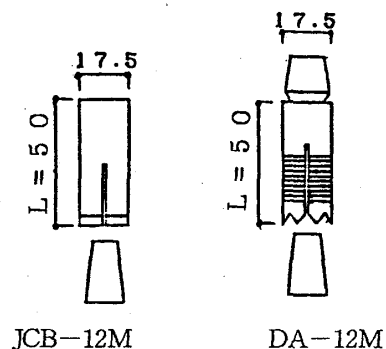


Fig.3 Detail of Expansion Bolts

(2) 加力および測定方法

載荷実験に先立ち、樹脂カプセルの止水効果に関する試験を行った。試験は樹脂カプセルと共にアンカーを打ち込んだ約30分後、樹脂が硬化したアンカー下穴部分に、1%フェノールフタレン溶液を流し込み、穴の内部のコンクリートが赤色に変色するかどうかで止水効果を確認した。この結果、樹脂を併用しているアンカーの下穴内部に色の変化は認められず、樹脂による止水効果が顕著であった。

引続き、試験の概要を述べる。載荷装置は福山大学8号館設置の島津サーボパルサーEHF-U10を使用した。載荷はFig. 4のようにコンクリート梁を加力装置にセットした状態でいった。アクチュエーターピストンとメカニカルアンカーはM12普通ボルトで接合した。加力は変位制御とし、静的にメカニカルアンカーを引き抜いた。実験データは載荷装置のロードセルおよびピストンストロークから荷重と変位を検出し、x-yレコーダー上に記録した。

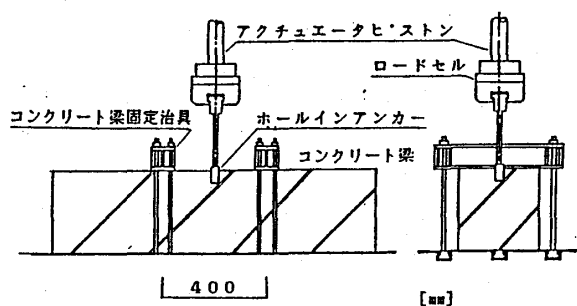


Fig. 4 Loading Apparatus

3. 2 実験結果および考察

Figs. 5~15に引き抜き試験の結果を示す。メカニカルアンカーの金属拡張部分が十分に開かないためアンカーが抜けでてくる場合、2タイプに分類できる。まず、Fig. 5に示すタイプは初めから抜けでてくるケースであり、耐力も剛性も低い。次に、Fig. 6は初め少し引き抜き抵抗があるが、その後アンカーが滑り、耐力は上がらない。これらのアンカーはいずれも打ち込み不足等が原因で、下穴とアンカーの間でクサビ効果が十分に働いていないものと推定される。この場合の破壊状況はアンカーの滑り出しが支配的で、引き抜き力によるコンクリートのコーン状破壊はほとんど認められなかった。

新工法で打ち込んだメカニカルアンカーの実験結果をFigs. 7~11に示す。Figs. 7~8はアンカー下穴がクサビ型で、埋め込みに樹脂を使用していない打撃式アンカーの結果である。これらの試験体は下穴がクサビ型のため、アンカーの金属拡張部分は十分に開いている。ところが、

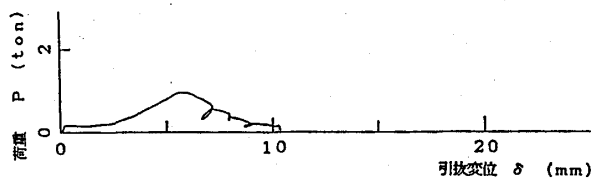


Fig. 5 Load-Displacement Relationship
(Easily pull-out)

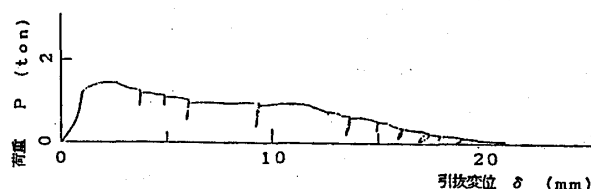


Fig. 6 Load-Displacement Relationship
(Easily pull-out)

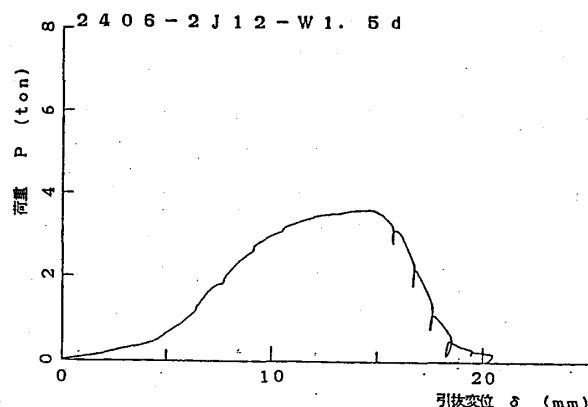


Fig. 7 Load-Displacement Relationship
(New Method, not use Adhesive Agent, $d=75\text{mm}$)

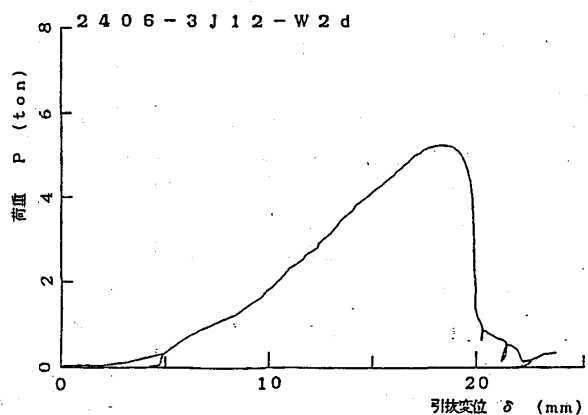


Fig. 8 Load-Displacement Relationship
(New Method, not use Adhesive Agent, $d=100\text{mm}$)

下穴の形状通りにアンカーが拡張していない場合もあり、下穴とアンカーの間に若干のガタがある。そのため、初め耐力が上がらない。ただし、ある程度アンカーを引き抜くとクサビ型下穴とアンカーが噛み合い、耐力が上がる。

これらに対し、アンカー打ち込み時にエポキシ樹脂系接着剤を使用した工法の結果はFigs. 9~11である。樹脂を使用すれば、アンカーが下穴に接着され、アンカーの引き抜き剛性が大きくなっている。破壊状況は樹脂の有無に関係なく、全てコンクリートのコーン状破壊が認められた。

められた。すなわち、下穴がクサビ型の場合、アンカーの金属拡張部分が確実に開くため、アンカーの引き抜き耐力はコンクリートの引っ張り強度により決定されている。

Figs.12~15は通常の下穴で打撃式アンカーを確実に施工した結果である。樹脂の無いFigs.12~13ではアンカーが下穴から若干滑り出している。しかし、樹脂を入れるとFigs.14~15のように最大耐力までアンカーはほとんど滑らない。引き抜き後は、いずれもコンクリートのコーン状破壊が認められた。したがって、通常の工法でも入念に施工すれば、アンカーの耐力は保証できる。

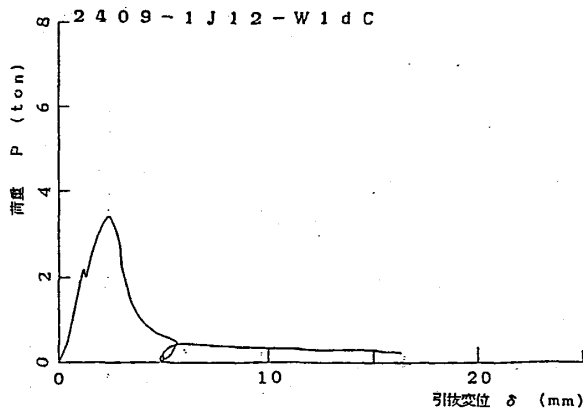


Fig.9 Load-Displacement Relationship (New Method, with Adhesive Agent, d=50mm)

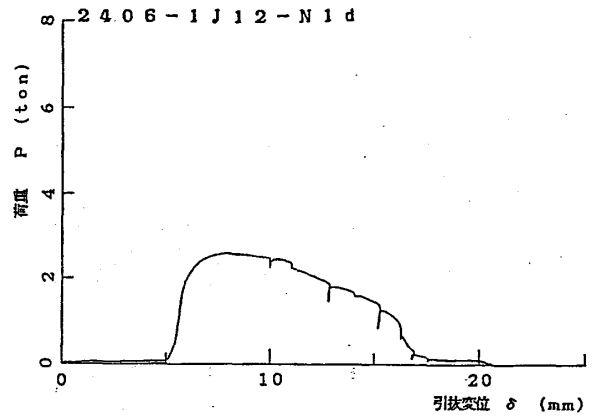


Fig.12 Load-Displacement Relationship (Usually Method, not use Adhesive Agent, d=50mm)

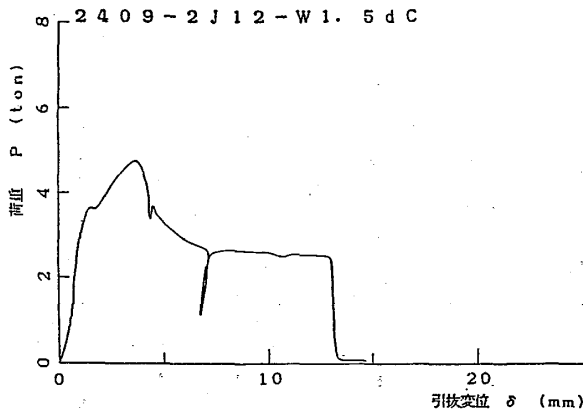


Fig.10 Load-Displacement Relationship (New Method, with Adhesive Agent, d=75mm)

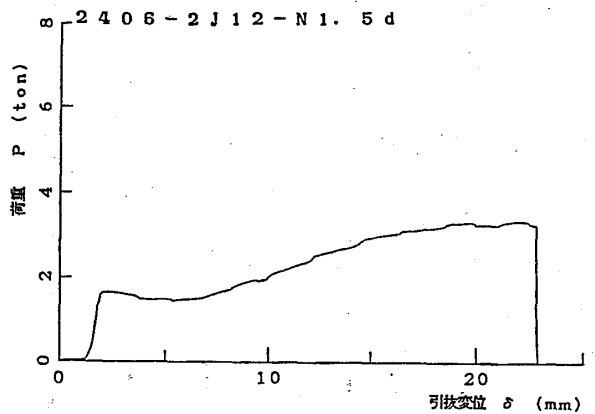


Fig.13 Load-Displacement Relationship (Usually Method, not use Adhesive Agent, d=75mm)

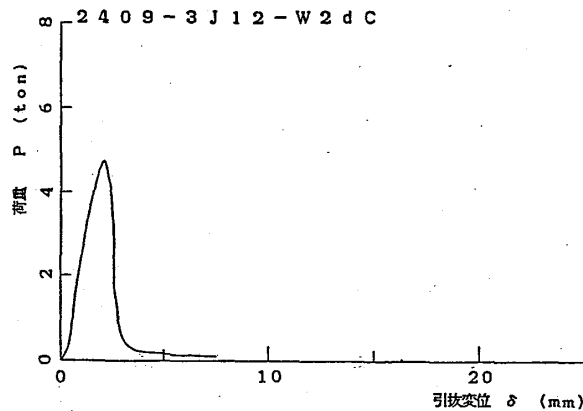


Fig.11 Load-Displacement Relationship (New Method, with Adhesive Agent, d=100mm)

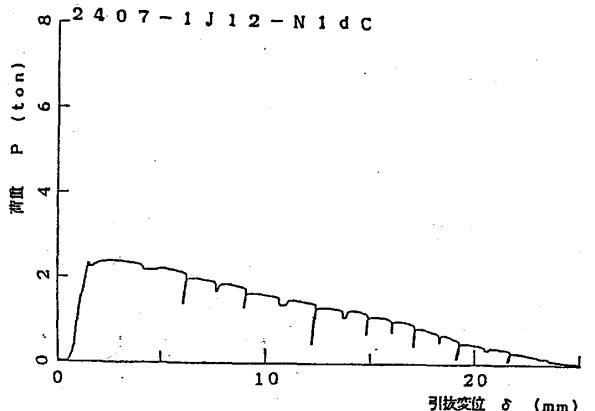


Fig.14 Load-Displacement Relationship (Usually Method, with Adhesive Agent, d=50mm)

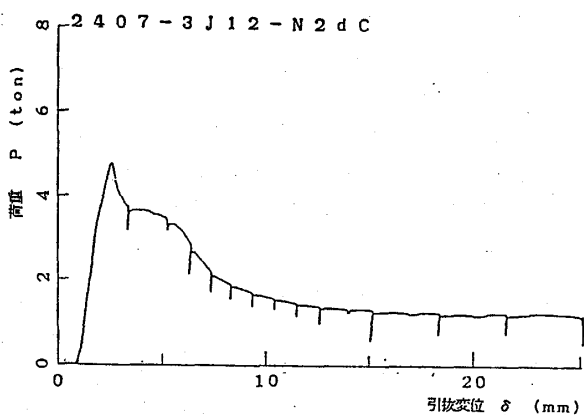


Fig. 15 Load-Displacement Relationship (Usually Method, with Adhesive Agent, d=100mm)

以上の引き抜き試験結果をまとめてFigs.16~17に示す。これらによると、アンカーが抜けでない場合、耐力は各種合成構造設計指針(1)の理論式にほぼ一致している。すなわち、コンクリートのコーン状破壊によりアンカーの引き抜き耐力が推定できる。

4 結論

以上の実験結果をまとめると次のようになる。

- ① 従来のメカニカルアンカーでは、施工の技量によりその耐力がばらつく。なかにはアンカーが抜けであるものもあり、信頼性に乏しい。

アンカー	下 穴	出 版 有	出 版 無
ドリルアンカー	普通下穴	○	△
	くさび型下穴	●	▲
ジェットアンカー	普通下穴	□	▽
	くさび型下穴	■	▼

コンクリート強度 $F_c = 240 \text{ kg/cm}^2$

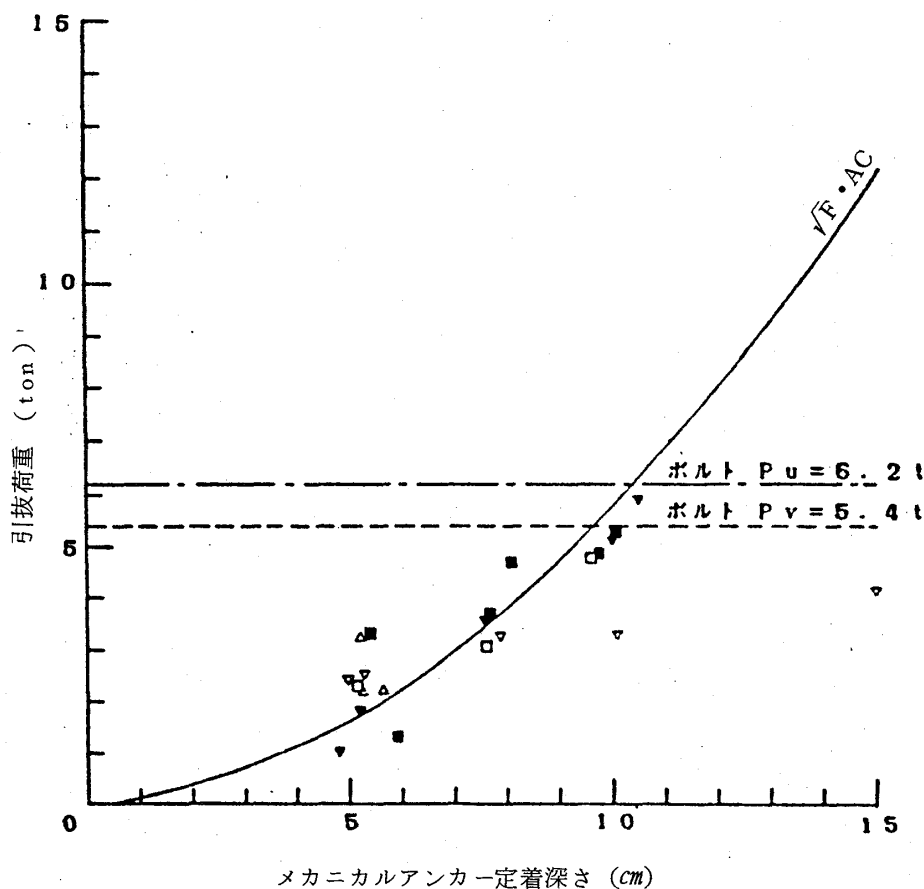


Fig. 16 Experimental Results-Calculated Strengths ($F_c = 240 \text{ kg/cm}^2$)

② クサビ型に下穴をあける新工法では、施工の技量に関係なく確実にアンカーできる。本実験の場合、アンカーの引き抜き耐力は全てコンクリートのコーン状破壊により決定された。また、アンカーが抜け出すことはほとんどなく、耐力等のばらつきも少ない。しかし、アンカー下穴あけが2度手間作業となり、施工時間の延長とコストアップ等が問題となる。

参考文献

- (1) 日本建築学会；各種合成構造設計指針・同解説，昭和60年
- (2) 中山昭夫・桑田裕次他；メカニカルアンカーの新工法に関する研究（その1～3），日本建築学会中国支部研究報告集，昭和63年，平成元年，平成2年

アンカー	下穴	樹脂有	樹脂無
フリルアンカー	普通下穴	○	△
	くさび型下穴	●	▲
ジェットアンカー	普通下穴	□	▽
	くさび型下穴	■	▼

コンクリート強度 $F_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

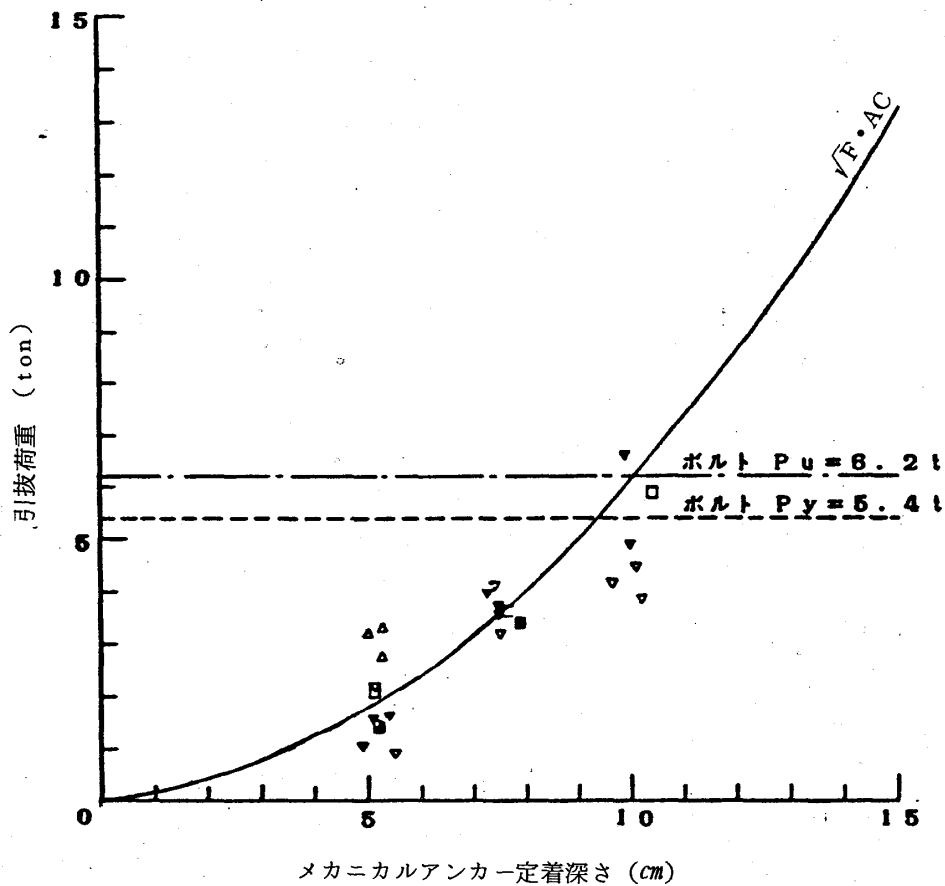


Fig.17 Experimental Results-Calculated Strengths
($F_c=280\text{kg/cm}^2$)