

アンカーボルトを碇着した鉄筋コンクリート支承部の 強度と設計方法

中央大学 正員 西沢紀昭

§1 コンクリート支承中に埋込んだアンカーボルトとその周辺のコンクリートの強度および補強に関する実験を行った。降伏応力度 30 kg/mm^2 のアンカーボルト (SS41) $\phi 38 \text{ mm}$, $\phi 32 \text{ mm}$ および $\phi 25 \text{ mm}$ を、圧縮強度が $250 \sim 400 \text{ kg/cm}^2$ のコンクリートあるいは箱抜きモルタルによって碇着し、これと直角に荷重 P をボルトの頭部に加えて (図1, 2), ボルト, コンクリートおよび補強鉄筋の歪の測定, 破壊状態の観察などを行った。

§2 供試体はアンカーボルトが鉛直となるようにコンクリート (スランプ $3 \sim 5 \text{ cm}$) と打込んで造った。箱抜きの場合はその翌日モルタル (フロー 180 mm) をボルトのまわりにつけた。ボルトの頭部にシュープレートに相当する鋼板 ($120 \times 120 \times 25 \text{ mm}$) を通し、ナットでこれを締め、鋼板の側面に荷重 P を作用させた。鋼板とコンクリート面との間にはテフロンシートをはさみ、摩擦を小さくした。

§3 荷重 P を増して行くと、ボルトの曲げ歪とコンクリートの表面歪が増大し (図3), ボルトの周辺のコンクリートあるいはモルタルにひびわれの発生するのが認められた。これらのひびわれは荷重の増大とともに放射上に伸長し、またボルトに接するコンクリートあるいはモルタルが圧壊し剥離するものが観察された。鉄筋 (D13) によってボルトの周辺を井形に補強した場合は、その歪も荷重とともに増大した (図11, 12)。載荷の途中ボルト, 補強鉄筋あるいはコンクリートの歪が急変するとその荷重を P_f とし、破壊荷重と名づけた。(図3) これは、このときボルトあるいは鉄筋が部分的に降伏したが、あるいはコンクリートの一部が圧壊したと判断されたからである。荷重 P もはや増進しなくなるまで載荷を行ない、このときの荷重を最大荷重 P_m とし、このとき碇着部が全体的に破壊したと考えた。

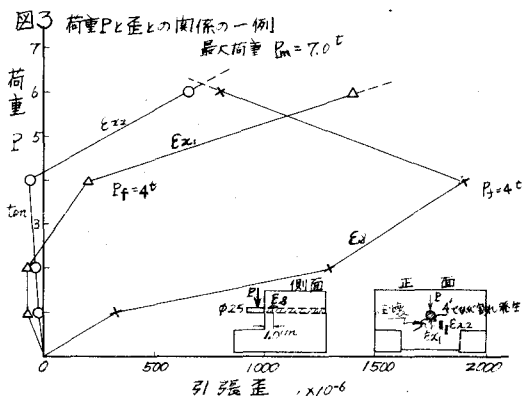
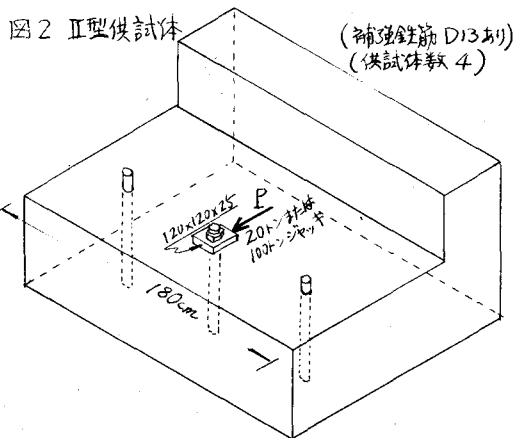
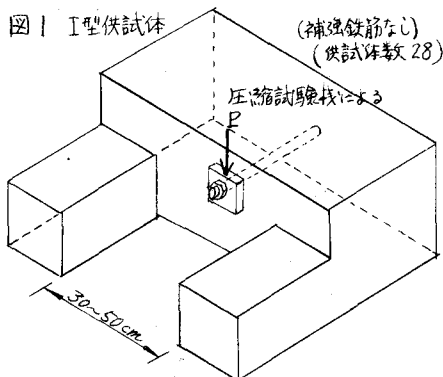


図4は補強鉄筋を配置しない場合の P_f と P_m との関係を示したものである。 P_f は $\phi 38$ mmボルトの場合平均10t, $\phi 32$ mmの場合9t, $\phi 25$ mmの場合5t程度であった。補強鉄筋のある場合は、 P_f と P_m とはいずれも補強のない場合より20~50%大きく、補強の効果が認められた。これらの荷重は $\phi 38$ mmの場合 $P_f \div 15$ t, $P_m \div 33$ t, $\phi 32$ mmの場合 $P_f \div 11$ t, $P_m \div 26$ t, $\phi 25$ mmの場合 $P_f \div 7$ t, $P_m \div 13.5$ tであった。 $\phi 32$ mmと $\phi 25$ mmの場合の P_m はボルトの頭部がせん断によって破断したときの荷重であって、そのときのせん断強度はいずれの場合も $\div 3300$ kg/cm²であった。 $\phi 38$ mmの場合 P_m のときのボルトのせん断応力度は 2900 kg/cm²であった。

§4 図5, 6から破着部の強度は、補強鉄筋のない場合、コンクリートあるいはモルタルの圧縮強度にあまり影響を受けないことが認められる。実際に普通用いられている圧縮強度 300 kg/cm²前後のコンクリートあるいはモルタルによって破着したアンカー部の強度は、これらの圧縮強度の大小によらず一定であるとしてよいようである。

§5 図7, 8はボルトに貼ったワイヤ歪ゲージにより測定した荷重側の繰進歪の分布の例である。その分布は荷重が比較的小さいときは、図9(A)の状態であり、荷重が増大するにつれて圧縮歪が認められ(B)の状態となる。又、破着部が全体破壊に近づいたとき必要なボルト埋込み長と考えるこ

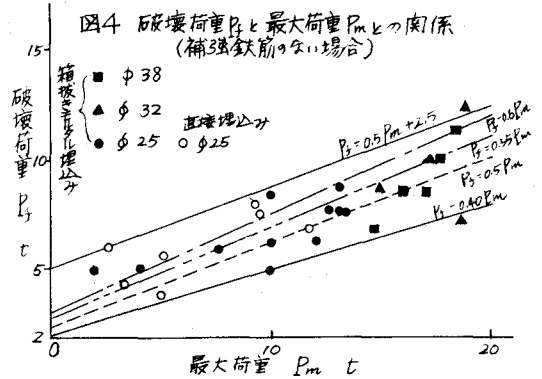


図5 破壊時の荷重とコンクリートの圧縮強度との関係 (補強鉄筋のない場合)

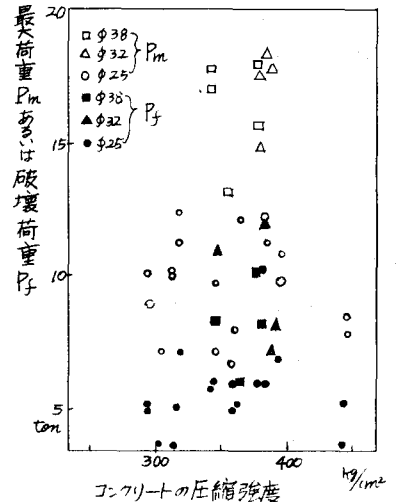


図6 破壊時の荷重と箱抜きモルタルの圧縮強度との関係 (補強鉄筋のない場合)

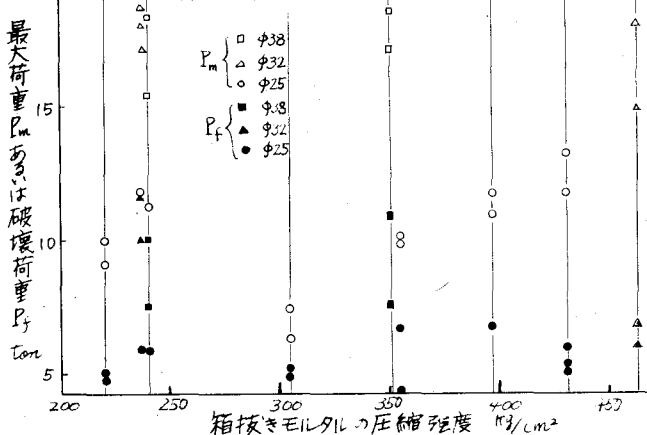
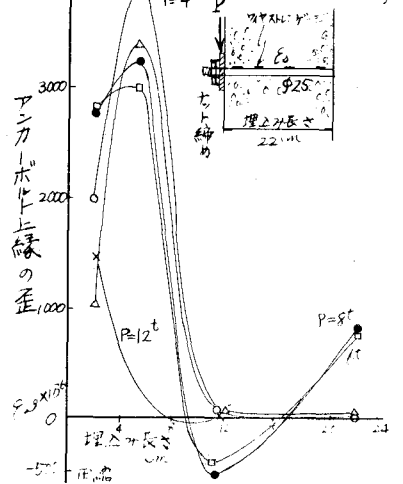


図7 アンカーボルトの歪 (補強鉄筋のない場合)



とができ、 $\phi 38\text{mm}$ 、 $\phi 32\text{mm}$ および $\phi 25\text{mm}$ の場合、その長さはそれぞれ10 ϕ 、8 ϕ および7 ϕ であった。荷重が比較的小さいときの埋込み長（A図の x_0 ）は x_1 の60~80%であった。鉄筋の補強によつて、これらの埋込み長は小さくなり、いずれの歪のアンカーボルトの場合も、 $x_1 \div (6 \sim 7)\phi$ 、 $x_0 \div (3 \sim 4)\phi$ であった。

§6 図9(A)の荷重条件を仮定して、コンクリートの支圧応力度 σ'_c 、アンカーボルトの曲げ引張応力度 σ_s および荷重 P の関係を、つぎのようにして求めた。

$$M_m = -(C-P)(x_0 - x_m) + \frac{C}{3l_2}(l_2 - x_m)^3 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$x_m = l_2 \left\{ 1 - \sqrt{\frac{1}{32}(l_2 + 3l_1)} \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

x_m および x_0 は実験結果から求め、 $\phi 38\text{mm}$ 、 $\phi 32\text{mm}$ および $\phi 25\text{mm}$ の場合、それぞれ $x_m = 8\text{cm}$ 、 5cm および 2cm 、 $x_0 = 26\text{cm}$ 、 21cm および 10cm を上式に代入し、さらに $l_1 = (\text{シュープレートの厚さ} 25\text{mm}) \times \frac{1}{2} \div 1.3\text{cm}$ とした。 $C = \frac{1}{2} \sigma'_c l_2 D \dots\dots (3)$ 、 $M_m = \sigma_s Z = E_s E_m \frac{\pi}{32} D^3 \dots\dots (4)$ とした。ここに D : ボルトの直径、 cm 、 $E_s = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 、 E_m として実験値を用い、(1)~(4)式を解いた結果が図10である。これによると、破着部の破壊は、補強鉄筋のない場合、ボルトの一部が降伏応力度 3000 kg/cm^2 に達する=とによつて始まると見てよいようである。このときの荷重は図(53)に相当する=とが認められる。 $\phi 25\text{mm}$ ボルトの場合、 σ_s が 3000 kg/cm^2 に達するに先立って、コンクリートの支圧応力度 σ'_c が支圧強度 $(\div 1000 \text{ kg/cm}^2)$ にすでに達し

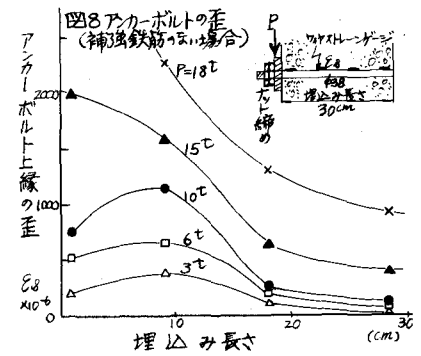


図9 アンカーボルトに対する荷重条件の仮定
(A) 荷重 P が小さい場合 (B) 荷重 P が大きい場合

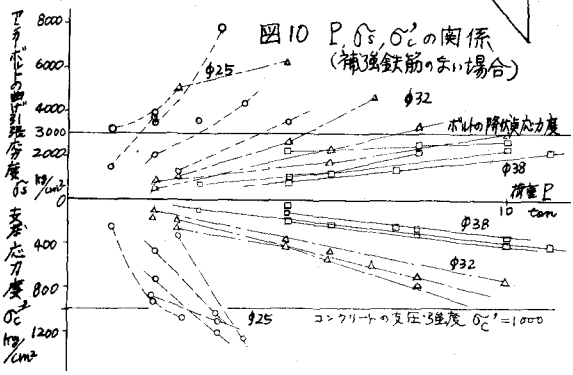
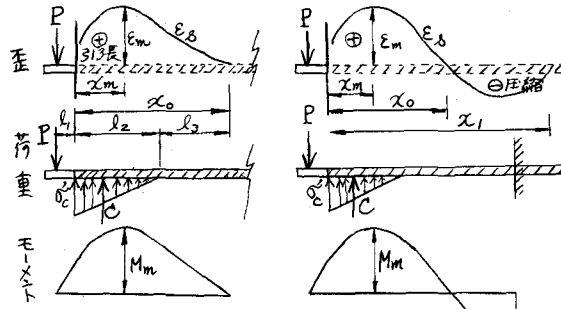
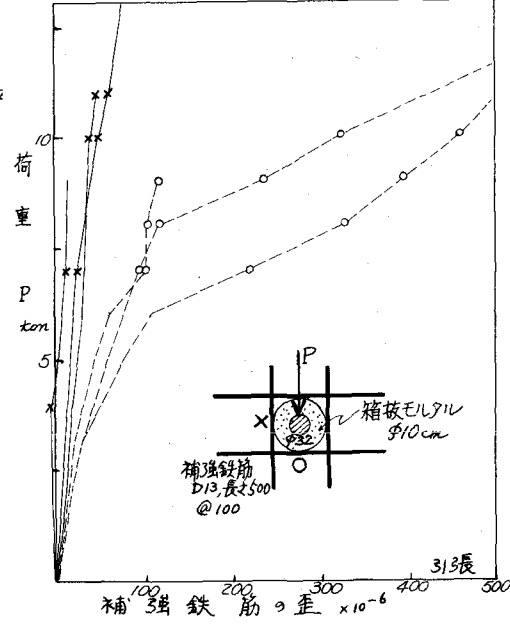


図11 補強鉄筋の歪(箱抜きの場合)



ていることがあり、このことは $\phi 25\text{mm}$ の場合コンクリートの圧壊がいちいちしかったことと一致していた。一方、 $\phi 38\text{mm}$ の場合、 P_f のときコンクリートの支圧応力度は 500kg/cm^2 程度であって、圧壊に対してかなりの余裕があることが認められた。

補強鉄筋のある場合はその拘束によって荷重条件は図9(A)と異なっているが、上記と同様に計算すると、 P_f に比べてかなり小さい荷重、すなわち $\phi 38\text{mm}$ の場合5~8t、 $\phi 32\text{mm}$ の場合4~5t、 $\phi 25\text{mm}$ の場合1.5~3.5tですべてに $\sigma_s = 3000\text{kg/cm}^2$ 、 $\sigma_c \geq 1000\text{kg/cm}^2$ に達していることが認められる。これは補強鉄筋の効果によって、ボルトの頭部のごく近い部分のみが急激に曲がるためと思われる。この場合、このときの荷重を P_f とすべきではなく、§7に述べるように、補強鉄筋の歪およびボルト頭部の変位の実験結果から判断して P_f を定めるべきであると思われる。

§7 図11, 12の補強鉄筋の歪から判断して、補強鉄筋がアンカーボルトから0~2cmの位置にあるときは、補強の効果が大いだが、5cm離れている箱抜きの場合その効果は少ない。このことは、後者の場合の P_f , P_m が補強鉄筋のない場合と同程度であったことから考えられる。補強鉄筋のうち、荷重と直角に配置したものの歪が一般に大きく、 $\phi 38\text{mm}$ のとき平行なものの歪の方が大きい場合もあった。これらの歪が 500×10^{-6} をこえ、その近辺のコンクリートにひびわれが生じるときの荷重が P_f に相当するとしてよいようである。このときボルト頭部の変位(図13)は、2~3mmであって、太いボルトほどその変位が小さかった。 $P_f \rightarrow 0$ としたとき残変位は1~2mmで十分に小さかった。

図12 補強鉄筋の歪(直接埋込みの場合)

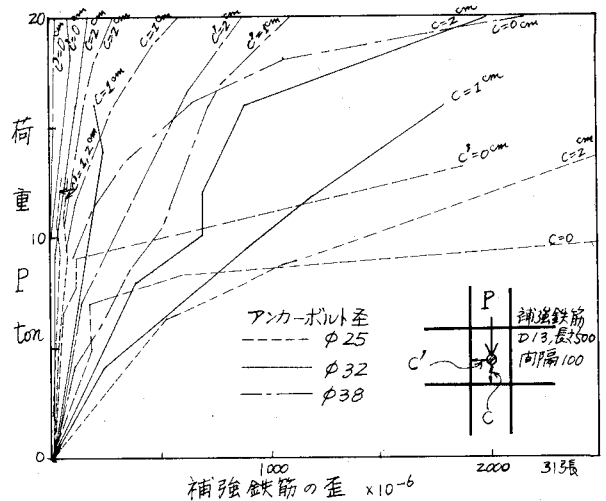
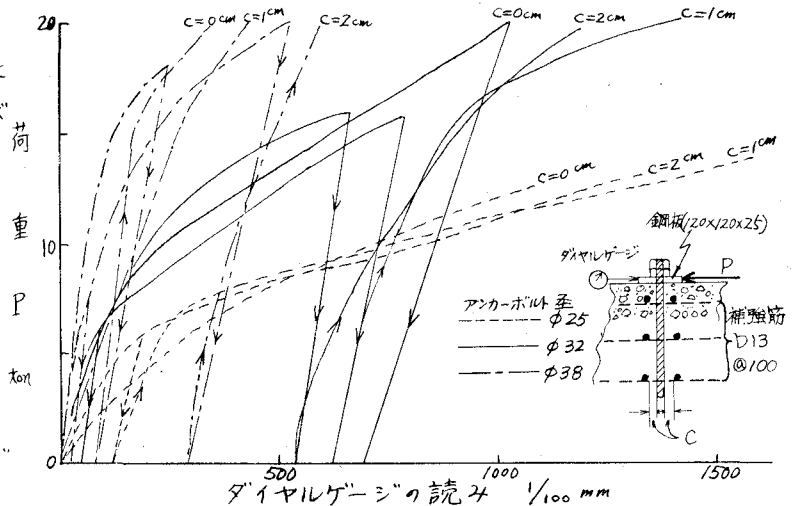


図13 アンカーボルト頭部の変位



§8 (1)補強しない場合と箱抜きの場合、アンカーボルトが降伏するときの荷重 P_f を設計荷重 P_1 とする。安全率は3.5である。(2)補強鉄筋をボルトから2cm以内に井形に配置したとき、ボルトのせん断強度の1/2を設計荷重 P_2 とする。(3) $P_2 \div (1.5 \sim 1.5) \times P_1$ である。