

V-425

付着試験法の違いが付着強度に及ぼす影響

中部大学 正会員 ○愛知 五男

中部大学 学生員 酒井 俊英

1. まえがき

コンクリートと鋼材の付着性能評価を行う場合、一般的には、示方書の基準編に示されている引抜き試験法（以下PL法）により求められている。この方法は実際の構造物内で作用する応力状態とは異なるため、可能な限り実構造物と類似した簡易な試験法で求めることが望ましい。この応力状態に比較的類似している試験法には、両引き試験と押抜き試験法（以下PS法）等が考えられる。しかし、簡易的な試験装置で試験が可能なPS法によって付着性状を求めた研究報告の事例は少ない。

本報は、PS法とPL法により求められる付着強度などを比較する目的で、ふしの形状を一定とした加工筋と膨張材の混入率を5種類に変化させたコンクリートを用いて、この両者間の滑動量、応力環及び付着強度などについて実験的に検討した。

2. 実験概要

実験に使用した鋼材は、丸棒鋼 $\phi 28$ (SS50, $f_{sy}=4.3 \text{ tf/cm}^2$) から1ふし(角度 $\alpha=50^\circ$) を持つ鋼材に切削し、これを加工筋とした。PL法に使用する加工筋には、この切削以外にも引抜き荷重端側にネジ切り加工した。コンクリートと加工筋の付着効果及びコンクリートの割裂を防ぐため、内径: $\phi 131 \text{ mm}$ 、肉厚: $t=4.3 \text{ mm}$ 、長さ: $L=138 \text{ mm}$ の鋼管で拘束した。コンクリートに用いた膨張材は、CSA系の膨張材であり混入率はセメントの内割で0, 8, 11, 14, 17%混入して使用した。

供試体の作成は、鋼管の中央に加工筋を配置し、載荷試験時にコンクリートと加圧板との接触面を考慮して、縦打ちで行いテーブル型振動台上で締め固めた。養生は、恒温恒湿室で所定材令まで行った。試験時(材令28日)の平均強度を表-1に示す。PL法は、荷重端にカップラーを介して示方書[基準]に準じて引抜き、PS法では、図-1に示した装置により押抜き試験を行った。載荷と測定は、荷重制御並びに滑動量が増加を始めてからは変位制御で行いこの間の荷重～変位量を求め、また、鋼管表面中央部(ふしの上側)の円周方向に添付したゲージからは、荷重～鋼管ひずみを求めた。

3. 実験結果と考察

付着応力は、荷重を加工部分長($L_c=36 \text{ mm}$)と鋼材母材周長から表面積を求め除して算出した。PS法で求めた自由端滑り始めの決定は、載荷受装置加圧板と供試体接触面の安定した時の荷重並びにPL法の初期滑り荷重を考慮して求めた。

1) 付着応力と自由端の滑動量との関係 PL法とPS法によって求めた付着応力と滑動量の比較を、3種類のコンクリートでまとめて図-2に示した。滑動量がある一定量(0.6mm)迄は直線的に推移していて試験法による差異は殆ど現れていない。これ以降は、最大付着応力が異なるためその差が生ずるものの線形が大きく逸脱することはない。

2) 試験法と混和材混入率による最大付着応力比 普通コンクリートを用い、PL法によって求めた最大付着応力を

表-1 コンクリート強度 (kgf/cm^2)

種類	圧縮	引張	弾性係数
EA0	546	41.8	3.0×10^5
EA8	566	37.0	3.5×10^5
EA11	553	41.1	3.4×10^5
EA14	568	40.0	3.3×10^5
EA17	435	33.8	2.7×10^5

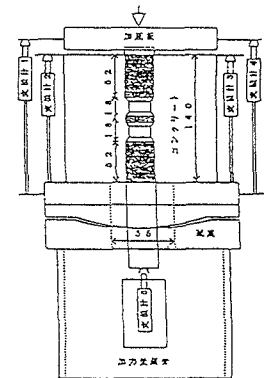


図-1 PS法試験装置

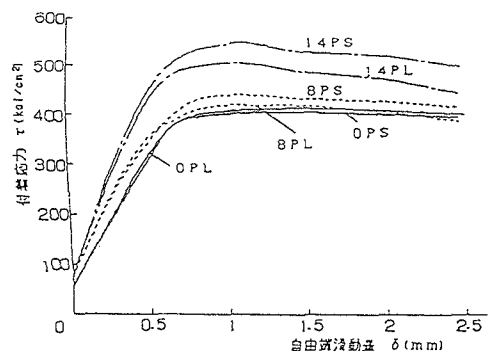


図-2 付着応力と滑動量の関係

基準として、試験法と混和材混入率による影響を最大付着応力比で図-3に示した。PS法では、PL法に比べ無混入で若干小さい。これは、加工筋に圧縮力が作用すると微小であるが、加工筋自体が周方向に膨らみコンクリートとの摩擦抵抗をを高める作用をする反面、コンクリートの滑裂を助長させた結果とコンクリートの収縮が生じて、鋼管との接触面での拘束が充分発揮出来なかったためと思われる。これとは逆に混和材を用いて行ったPS法では、拘束効果などによりPL法で求めた結果を全て上回り、前者が後者に比べて平均13%増加している。また、混入率14%の場合PS法とPL法では、何れも無混入と比べ約1.4倍、1.3倍とかなり増加した。

3) 拘束鋼管周方向応力への影響 載荷荷重と鋼管周方向応力の関係を図-4に示した。同じ種類のコンクリートで、PS法とPL法を較べた場合、PS法は周方向への伝達力が小さくなる傾向が現れた。混和材を混入した供試体では、膨張を鋼管拘束することにより、より一層コンクリート組成の圧密効果を高めた結果、比較的初期の荷重段階から、周方向応力の増加が現れている。一方、無混入の供試体では、コンクリートと鋼材の相対滑動量がかかり進んだ状態から周方向応力が生じている。本実験で用いたかぶりコンクリートの厚さは鋼材直径の1.84倍であり、鋼管拘束した場合この程度離れた位置では、約300kgf/cm²の周方向応力が生じたと思われる。

鋼材とコンクリート間の付着力(τ)は、半径方向成分と接線方向成分とに分けられ、接線方向付着応力を鋼材のある長さdxについて考えると、付着応力はdx間の鋼材の応力の変化として表せる。付着力が増せば半径方向応力(σ_r)が増加する。この関係は次式で示せる。

$$\sigma_r = \tau \tan \alpha \quad (1)$$

α : 鋼材軸と付着力の角度: σ_r は厚肉コンクリートリングモデルに作用する圧力と考えられ、このリングモデル応力は真円リング応力とした。ティモシェンコによれば、内圧($\tau \tan \alpha$)を受ける円筒の接線方向応力 σ_t は次式で表せる。

$$\sigma_t = \frac{(d/2)^2 \sigma_r}{(c_v + d/2)^2 - (d/2)^2} \left[1 + \frac{(c_v + d/2)^2}{r_c^2} \right] \quad (2)$$

ここに、 r_c は、鋼材からの半径方向付着応力成分を内部ひびわれの内側から受けるコンクリートリングまでの距離(図-5)と考え、今回の測定結果を(2)式に当てはめて付着応力と r_c の関係で整理したものを図-6に示す。膨張材有については、4種類の平均で表した。これによれば、付着応力が同等であれば半径方向へのひびわれ進展長は、PL法よりもPS法の方が小さくなる傾向が見られ、本実験では最大鋼材直径の1.4倍程度であった。

4. まとめ

PS法は、PL法と比べ付着応力と自由端滑動量曲線でほぼ近似したが、最大付着応力は鋼材の横ひずみの影響などにより1割増加した。鋼材直径1.8倍のかぶり付近での最大周応力は、約300kgf/cm²であった。

【参考文献】 R.Tepfers: Cracking of Concrete Cover along Anchored Deformed Reinforcing Bars. Magazine of Concrete Research, vol.31, no.106, March 1979, pp.3-12

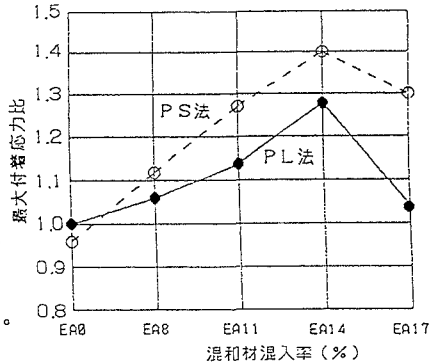


図-3 混入率と応力比の関係

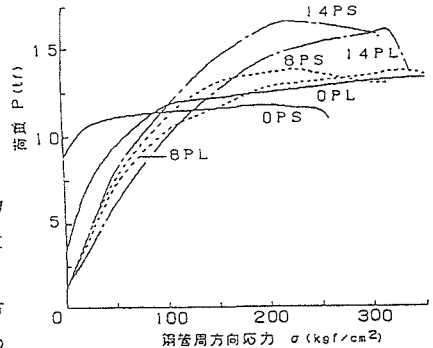


図-4 鋼管周方向応力

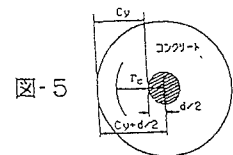


図-5

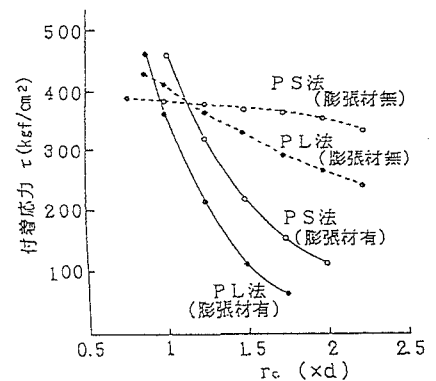


図-6 付着応力と r_c の関係