

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 古川 敦
同 上 正会員 佐藤 勉
同 上 正会員 山住克己

1. はじめに

超電導磁気浮上式鉄道のガイドウェイを構成する側壁構造として現在各種方式が開発中であるが、そのうちの一つである側壁ビーム¹⁾の支承部には、車両横荷重作用時に締結用のP C鋼棒、アンカープレートを介し大きな引抜き力が作用する（図-1）。この引抜きせん断力に対しアンカープレート周りの補強方法に関する確認のため、支承部の模型供試体による引抜き試験を行ったのでここに報告する。

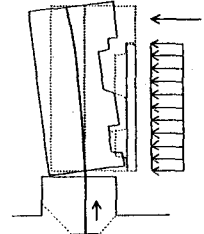
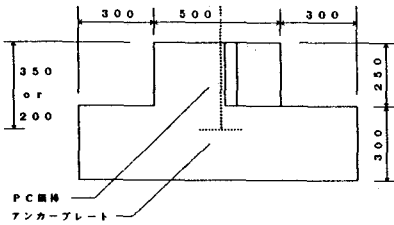


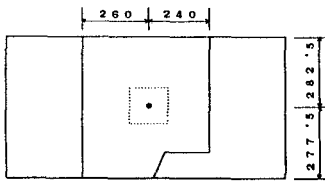
図-1 作用する引抜き力

2. 実験概要

供試体形状を図-2に示す。凸型供試体の上部は支承の1/2モデル、下部は橋梁スラブまたはトンネル路盤を模擬したものである。供試体は4体を製作し、各々表-1に示すようパラメータを変化させてある。各供試体の配筋は図-3に示すとおりである。載荷試験は、図-4に示すような方法で行った。ただし、供試体Bについては片側の反力を支承上面でもたせ、実際の支承部の条件を再現した。なお実験に用いたコンクリートの設計基準強度は300kgf/cm²、アンカープレートは旧JRS 05099-1B-13AR5F 16.5cm四方、厚33mm、P C鋼棒はSBPR930/1080φ32である。測定は、せん断補強鉄筋のひずみ、コンクリートのひずみ、支承部天端の変位、およびひびわれ性状について行った。



(a) 正面図



(b) 平面図

図-2 供試体の形状

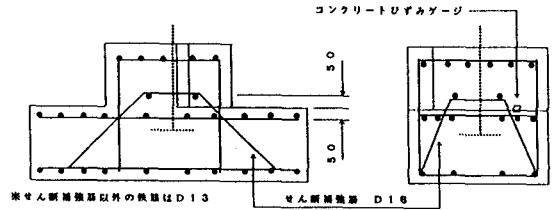
表-1 供試体の諸元および実験結果

供試体	アンカープレート埋込深さ(mm)	せん断補強筋	反力	載荷荷重(kf)	目視ひびわれ発生荷重*1	せん断ひびわれ発生荷重*2
A	350	D16×4	なし	50→除荷→80	30	56
B	350	D16×4	あり	80	26	—
C	350	なし	なし	80	26	46
D	200	D19×4	なし	57 (破壊)	30	36

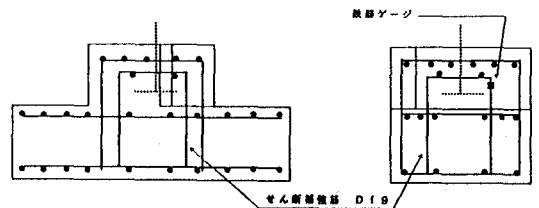
*1 目視で確認された最初のひびわれは上下部分のつけねに発生しており、曲げによるものである。
*2 せん断面のコンクリート、鉄筋の荷重-ひずみ曲線の勾配が急激に変化した荷重。

3. 実験結果

最大荷重およびひびわれ発生荷重は表-1に示すとおりである。



(a) 供試体A, B, C (Cはせん断補強筋無し)



(b) 供試体D

図-3 供試体配筋図

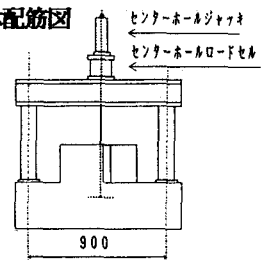


図-4 載荷方法（供試体A, C, D）

3. 1 ひびわれ性状

図-5は供試体Cの最大荷重におけるひびわれ図である。アンカープレートからほぼ45°に立ち上がった方向にひびわれが多数発生していることからこのひびわれは引抜きせん断力によるものであることがわかる。さらに図-6はせん断面における供試体A, B, Cのコンクリート内部の荷重-ひずみ曲線である。荷重が30tf以降で供試体A, Cのひずみの勾配が乖離し、その後は補強筋量の少ない供試体Cのコンクリートに引張ひずみが生じている。この結果より、図-3(a)に示すせん断補強筋がコンクリート引張ひずみの抑制に効果があると考えられる。また、図-6における供試体A, Bのひずみを比較すると、片側の反力を支承上面でもたせた供試体Bの方が、反力の影響によりコンクリートの圧縮ひずみが卓越している。

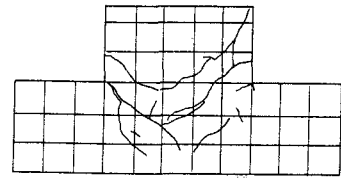


図-5 ひびわれ図(供試体C背面)

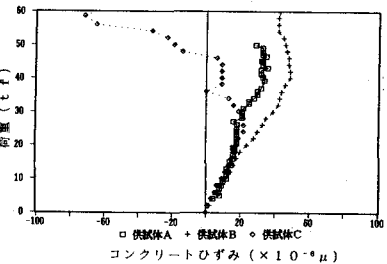


図-6 コンクリートの荷重-ひずみ曲線

3. 2 せん断ひびわれ発生荷重および破壊荷重

せん断ひびわれ発生荷重の算定式として建築学会²⁾によるコンクリートのコーン破壊に対する引抜き力 F_1 の適用を検討する。

$$F_1 = A_e \cdot \sqrt{f'_c} \quad (1)$$

ここで、 A_e :有効水平投影面積、 f'_c :コンクリート強度

ひびわれ発生荷重の算定式として式(1)を用いた理由は、仮に供試体が無筋の場合せん断ひびわれ発生後はあまり荷重が増加せずにコーン破壊に達すると考えられるためである。式(1)を各供試体に適用すると、各々の有効水平投影面積がほぼ同じたため、 F_1 は全て41tf程度となる。一方、供試体Dのせん断ひびわれ発生荷重は36tであり式(1)はやや過大となるものの概ね妥当な値を与えると思われる。と供試体A, C, Dのせん断ひびわれ発生荷重を比較すると、供試体A, D間で20tf, C, D間で10tfの差がある。これは供試体下部の通し筋(スラブの上側鉄筋)がせん断補強筋として有効に作用しているためと考えられる。土木学会の押抜きせん断耐力式を適用して供試体下部部分の V_u を求めると、供試体Aで22.0tf, 供試体Cで11.0tfとなり、ひびわれ発生荷重の差にほぼ一致する。なお、供試体Aではせん断補強筋もスラブの軸方向鉄筋に換算して鉄筋比、有効高さを求めた。また、破壊した供試体Dの補強筋の荷重-ひずみ曲線を図-7に示す。この図よりせん断ひびわれが発生した荷重36tf以降で鉄筋のひずみが増加し破壊に至っている。供試体Dの破壊荷重57tfは、このせん断面を荷重方向に横切る鉄筋の降伏荷重とほぼ一致したものとなっている。

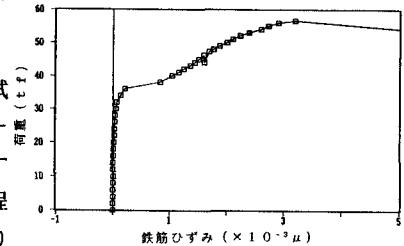


図-7 補強筋の荷重-ひずみ曲線

4. まとめ

本実験の結果をまとめて以下に記す。

- (1) 図-3(a)に示すせん断補強筋は、ひびわれの抑制に効果がある。
- (2) 埋め込み深さの深い供試体A, Cのせん断ひびわれ発生荷重は、埋め込み深さの浅い供試体Dより大きく、供試体下部(スラブ)の軸方向鉄筋の効果によるものと推定できる。
- (3) 供試体Dの破壊荷重は、せん断破壊面を荷重方向に横切る鉄筋の降伏荷重とほぼ一致する。

本実験においては供試体の数が少なかったこと、供試体が破壊する前にP-C鋼棒が降伏ひずみに達したことから、耐力算定に対する評価は不十分なものであった。今後はFEM解析などを踏まえ研究の深度化を図る所存である。なお、本研究は運輸省の補助金により実施されたことを記し、関係者に深謝いたします。

参考文献 1) 涌井 一: 超電導磁気浮上式鉄道のガイドウェイ構造, コンクリート工学, Vol. 28, No. 12, 1990

2) 建築学会: 各種合成構造設計指針 4. 1 頭付きアンカーボルトの設計, 1985