

清水建設(株) 正・岡田 武二
同上 〃 塩屋 俊幸

1. まえがき 地下連続壁を構造本体そのものを利用する場合には、はりや柱を後から接合したり、部分的に合成壁とすることが必要である。この場合、施工上から鉛直打継目が生じるので、その構造的な一体性をいかにして確保するかが重要な課題となる。従来、合成桁などの水平打継目のせん断耐力についての実験資料はあるが鉛直打継目についての資料は少ない。本研究では、鉛直打継目の実物大せん断実験を行ない、コンクリートの打設方向の差異、打継目の目荒しの程度および結合鉄筋量が鉛直打継目のせん断耐力におよぼす影響について検討した。

2. 実験概要 実験は単純な応力状態でせん断実験を行なう直接せん断実験〔圧縮：DC(図-1)、引張：DT(図-2)〕および、実際の単純はり状態でせん断実験を行なう合成T型はり曲げ実験〔打継面が圧縮域：BC(図-3)、引張域：BT(図-4)〕の2種に大別できる。そして、打継目のせん断耐力に影響する要因のうち以下のパラメータを変えて実験を行なった。

(i) 打継目の目荒しの状態

- ・一体型(M)：打継目のない一体物として打設
- ・目荒し型(I)：先打部コンクリート打設後5日目に目荒し機で5mm程度凹凸に目荒しして水洗いし、7日目にあと打部を打設する。
- (R)：目荒し作業は手ばつりとし、凹凸は10mm程度で、他は(I)と同じ条件
- ・平滑型(S)：ベニヤ型わくに打設して目荒しを全く行なわず水洗いだけをして7日目にあと打部を打設する。

(ii) あと打コンクリートの打設方向

- ・鉛直打継(H)：打継面に対し平行にコンクリート打設
- ・水平打継(V)：打継面に対し鉛直にコンクリート打設

(iii) 結合鉄筋比：鉄筋のピッチは30cmを標準とし、結合鉄筋比 $P=0, 0.12, 0.21, 0.33\%$ の4種。

使用したコンクリートの配合を表-1に示す。標準養生供試体の試験時圧縮強度は直接せん断試験用で $\sigma_{test}=28.9\text{ kg/cm}^2$ 、曲げ試験供試体で $\sigma_{test}=38.2\text{ kg/cm}^2$ であった。結合鉄筋はSD30を用い、試験結果を表-2に示す。載荷は2サイクル静的加力方式とし、曲げ試験はスパン4.2m、せん断スパン1.8m($a/d=2.51$)の2点載荷単純はり方式である。なお、曲げ試験供試体はせん断破壊を優先に設計し、主鉄筋比は約1.6%である。

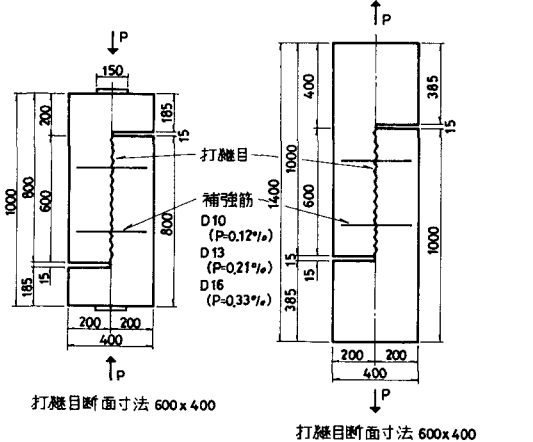


図-1 直接圧縮せん断試験供試体：DC 図-2 直接引張せん断試験供試体：DT

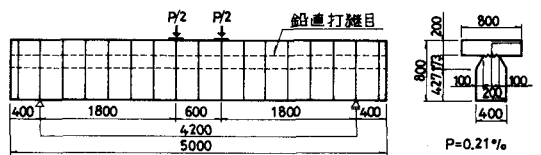


図-3 曲げせん断(圧縮域)試験供試体：BC(mm)

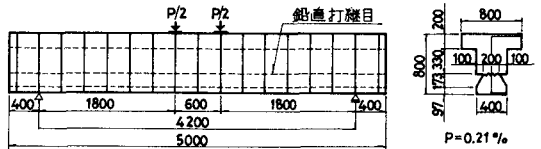


図-4 曲げせん断(引張域)試験供試体：BT(mm)

表-1 コンクリートの示方配合

圧縮強度 σ _{ck} (kg/cm ²)	粗骨材 最大寸法 (mm)	スランプ の範囲 (cm)	水セメント 比w/c (%)	細骨材 材料率s _a (%)	単 位 量 (m ³)				混合剤 (cc/m ³)	空気量 (%)
					W (kg)	C (kg)	S (kg)	G (kg)		
250	25	18±2	57.5	43.5	183	319	776	1023	95.7	4±1

表-2 鉄筋引張試験結果

呼び名	材質	公称断面積A ₀ (cm²)	降伏点荷重P _y (kg)	最大荷重P _{max} (kg)	断面積A (cm²)	降伏点応力σ _y (kg/cm²)	最大応力σ _{max} (kg/cm²)	弾性係数ES (kg/cm²)
D10	SD30	0.7133	274.0	3820	0.69	3970	5540	1.75×10 ⁶
D13	SD30	1.267	4480	6720	1.233	3630	5450	1.73×10 ⁶
D16	SD30	1.986	7650	11250	1.943	3940	5790	1.84×10 ⁶

注1) 断面積A (cm²)は、鉄筋表面に鉄筋ゲージを貼付したため公称断面積A₀とは異なる。

3. 実験結果 直接せん断試験の結果を図-5, 6, 7に示し、合成T型はり曲げ試験結果を図-8に示す。
図-5によれば、打継目の平均せん断応力度 Z_m とずれ δ との間には(I)ひびわれ発生、(II)ずれ破壊、(III)応力降下および(IV)鉄筋破断の4段階の顕著な変化が認められる。

せん断力の伝達は、ずれ破壊を境としてコンクリートから結合鉄筋に移行するものと考えられ、許容せん断応力度検討の着目点とする。ずれ破壊せん断応力度 Z_1 、応力降下時せん断応力度 Z_2 は、図-6から明らかなようにコンクリートの打設方向および打継面の粗滑度の影響を受ける。圧縮せん断の場合、コンクリートの打設方向による差異は、鉛直打継目(IH)の Z_1, Z_2 が一体打設(M)の約45~65%、水平打継目(IV)の約65~75%に相当する値となっている。また打継面の粗滑度による差異は、凹凸5mm(IH)と10mm(RH)による差は小さい(約20%)が、平滑型(SH)の Z_1, Z_2 は目荒し型(IH)の約35~45%に相当する値となっている。一方引張せん断の場合は圧縮せん断の Z_1, Z_2 より低い値となっており、打設方向と粗滑度の影響は顕著ではない。

図-7から明らかなように、鉛直打継目(IH)の Z_1, Z_2 は結合鉄筋量の影響を受ける。圧縮せん断の場合、(1)式、(2)式の実験式で表わされる。また引張せん断の場合は圧縮せん断の Z_1, Z_2 の値の約90%、75%に相当する値となっている。

$$Z_1 = 20.6p + 11.7 \quad \text{----- (1)}$$

$$Z_2 = 34.2p + 3.2 \quad \text{----- (2)}$$

ここに

Z_1, Z_2 : 平均せん断応力度 (kg/cm^2)

p : 結合鉄筋比 (%)

合成T型はりの鉛直打継目のずれ変位 δ_s は、図-8に示すようにせん断スパン内で不均等に分布しており、せん断スパン中央近傍に最大ずれ δ_{smax} が生じる。この δ_{smax} とみかけのせん断応力度($\tau = \frac{SQ}{lb}$)との関係は図-8の通りであり、引張或鉛直打継目(BT-IH)の Z_1, Z_2 は各々36.3, 29.0 kg/cm^2 であった。この Z_1 の値は、一体打設(BT-M)の約57%であり直接せん断試験の比率とほぼ同じ値である。しかし圧縮或鉛直打継目(BC-IH)の約45%であり直接せん断試験の比率とは異なる。これは、曲げせん断状態において打継面に働く垂直ひずみ成分の影響によるものと考えられ、今後の課題となる。

4. まとめ 鉛直打継目のせん断耐力 Z_1, Z_2 は、水平打継目のせん断耐力より小であり、打継面の粗滑度、結合鉄筋量、垂直ひずみ成分の影響を受ける。

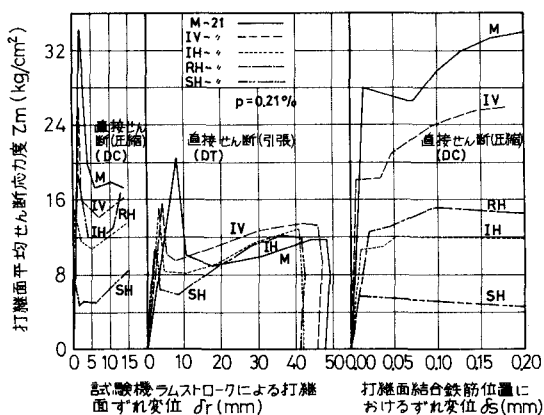


図-5 直接せん断試験の $Z_m-\delta$

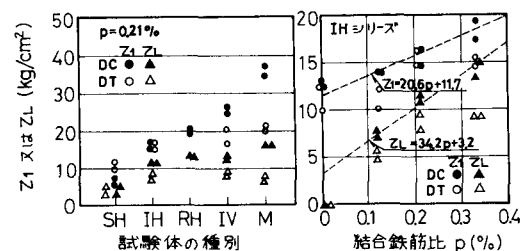


図-6 直接せん断試験の試験体種別による Z_1

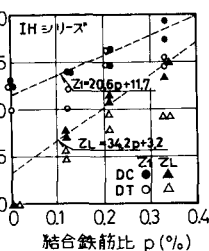


図-7 直接せん断試験の Z_1-p

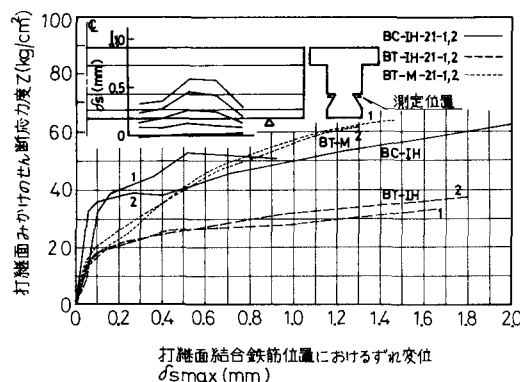


図-8 合成T型はり曲げ試験の $Z-\delta_{smax}$ (せん断スパン中央近傍)