

前田建設工業技術研究所 正会員 篠田 佳男

同 上 正会員 山田 一字

同 上 正会員 香山 康晴

1. まえがき

地下連続壁を土木構造物として本体利用する場合、壁相互間の鉛直継手は、構造物の機能を確保する上で、最も重要な要素となる。そのため、鉛直継手の構造は、面内方向でのせん断力の伝達のみならず、面外方向での曲げ・せん断力を伝達する機能を有する必要がある。本報告は、これらの観点にたち、鉛直継手のせん断力に対する設計への資料を得ることを目的とした一連のせん断実験結果について検討するものである。

2. 実験概要

本実験で対象とした継手構造は、接合鋼板を貫通した水平主筋（以下主筋と称す）、主筋+シア筋および図-1に示すような、面外方向として、主筋+支圧板（接合鋼板を貫通）、また、面内方向として、主筋+ホゾ筋である。実験に用いた試験体の形状寸法は、図-2に示す通りで、せん断面 $7.4\text{ cm} \times 8.0\text{ cm}$ 、せん断面と垂直方向に 2.7 m の長さを有する Push-off 型試験体である。実験に供した試験体は、表-1に示す諸元の32体である。载荷は、300ton ジャッキを用い、No.14と23試験体を除き単調载荷とした。No.14と23試験体は、繰り返し载荷による変形状および耐力の検討を目的としたもので、平均せん断応力 5.2 kg/cm^2 と 7.8 kg/cm^2 でそれぞれ10回および降伏耐力の約 $1/2$ で5回繰り返した後、破壊に至らしめた。測定は試験体の相対すべり・開き量および主筋・せん断補強筋のひずみとした。

表-1 試験体諸元及び試験結果一覧

試験体			試験体諸元		コンクリート強度		試験結果	
NO	シリーズ	名称	主筋	せん断補強	$\sigma_{cu}(\text{kg/cm}^2)$	$\sigma_t(\text{kg/cm}^2)$	$P_y(\text{t})$	$P_u(\text{t})$
1	面外せん断	N 80	3 D32	-	265	22.5	-	341
2		SRJ51	3 D25	-	229	20.3	50	187
3		SRJ80	3 D32	-	203	19.5	75	152
4		SRJ86	5 D25	-	229	20.3	70	235
5		SRJ107	4 D32	-	203	19.5	100	200
6		SRJ120	7 D25	-	229	20.3	120	285
7		SRJ134	5 D32	-	267	22.8	130	289
8		SRJ188	7 D32	-	203	19.5	171	277
9		SRJ80S2	3 D32 2 D32	2 D32	228	19.9	101	200
10		SRJ80S4	3 D32 4 D32	2 D32	200	19.3	116	200
11		SRJ80S6	3 D32 6 D32	2 D32	228	19.9	115	243
12		SRJ20S4	3 D16 4 D32	2 D32	203	17.4	70	106
13		SRJ51S4	3 D25 4 D32	2 D32	203	17.4	95	206
14		SRJ80S4	3 D32 4 D32	2 D32	210	18.0	123	254
15		SRJ80P32A	3 D32	E 32	277	24.9	154	283
16		SRJ80P45A	3 D32	E 45	277	24.9	171	280
17	面内せん断	SRJ80P6 A	3 D32	E 6	220	17.4	160	214
18		SRJ80P9 A	3 D32	E 9	220	17.4	200	240
19		SRJ80P12 A	3 D32	E 12	250	20.7	220	241
20		SRJ20P9 A	3 D16	E 9	290	24.6	121	134
21		SRJ51P9 A	3 D25	E 9	293	24.6	180	243
22		SRJ80P9 A	3 D32	E 9	293	24.6	195	268
23		SRJ80P9 A	3 D32	E 9	234	23.4	198	262
24		SRJ80P32P	3 D32	E 32	282	25.8	110	282
25		SRJ80P45P	3 D32	E 45	313	25.2	130	289
26		SRJ80P6 P	3 D32	E 6	282	25.8	140	279
27		SRJ80P9 P	3 D32	E 9	234	23.4	156	259
28	面内せん断	ST 80P	3 D32	-	205	19.7	69	209
29		ST 80P9	3 D32	E 9	216	20.3	180	211
30		ST 80S4	3 D32 4 D32	2 D32	216	20.3	120	282
31		ST 80P9+16	3 D32	E9+16	305	22.3	121	278
32		ST 80P9+25	3 D32	E9+25	262	21.8	140	280

(注) σ_{cu} : 圧縮強度, σ_t : 割裂強度, P_y : 降伏荷重, P_u : 最大荷重

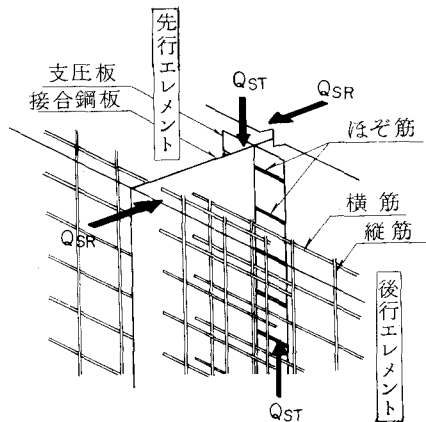


図-1 鉛直継手概要図

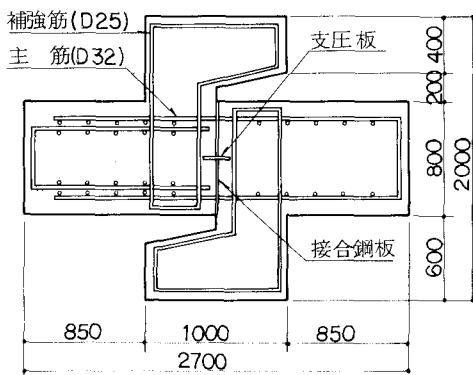


図-2 試験体状況図

3. 実験結果と考察

(1) 試験体の相対すべり

図-3は、代表的な荷重-すべり曲線を示している。すべり変位は、せん断補強法にかかわらず、2～3mmまでは初期剛性とほぼ同一な剛性を有する弾性挙動を呈するが、さらに荷重が増加すると、急激に剛性が低下し、変形の増大するじん性に富んだ挙動を呈した。

図-4は、9mm厚の支圧板を有するNo.23試験体の荷重-すべり履歴曲線を示している。すべり変位は、5.2kg/cm²、7.8kg/cm²程度のせん断応力では、残留変形の増加はみられず、降伏耐力の1/2に相当する17kg/cm²のせん断応力でも、若干変位を増した程度であった。また、繰り返し載荷した試験体の降伏耐力は、表-1に示すように単調載荷したものとほぼ同一で、繰り返し載荷による耐力の低下はみられなかった。

図-5は、面内せん断力に対する荷重-すべり曲線を示している。No.31と32試験体は、支圧板にφ16、φ25の丸鋼を全強溶接したもので、この鉄筋のホゾ効果によりせん断力を伝達しようとしたものである。このホゾ筋は、φ16でシヤ筋とほぼ同等の効果が有り、面内せん断力の伝達に有効であることを示唆している。

(2) 耐力

図-6は、主筋、主筋+シヤ筋および主筋+支圧板を有する試験体のせん断降伏耐力 τ_y と $p \cdot \sigma_{sy}$ との関係を $\sqrt{\sigma_{cu}}$ で規準化したものである。支圧板に接合鋼板を全強溶接した試験体を除くと、 τ_y と $p \cdot \sigma_{sy}$ の関係は、実験式(1)式で示される。

$$\tau_y / \sqrt{\sigma_{cu}} = 0.40 \cdot p \cdot \sigma_{sy} / \sqrt{\sigma_{cu}} + 0.1 \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、 p : せん断補強材を含めた全鋼材比

σ_{sy} : 鋼材の降伏強度 (kg/cm²)

σ_{cu} : コンクリートの圧縮強度 (kg/cm²)

(1)式は、相関係数が0.97ときわめて信頼性の高い実験式である。これに対して、支圧板の全強溶接試験体の降伏耐力は、(2)式で示される。

$$\tau_y / \sqrt{\sigma_{cu}} = 0.40 \cdot p \cdot \sigma_{sy} / \sqrt{\sigma_{cu}} + 0.47 \quad \cdots \cdots (2)$$

この切片の増加は、支圧板と接合鋼板を全強溶接しているため、支圧板と接合鋼板が複合してせん断力に抵抗するためであろう。また、(2)式は、せん断面の開きを拘束する主筋比が0.51%以上であれば、十分な精度を有するが、No.20試験体(主筋比:0.20%)で示されるように、主筋比が限界値以下になれば、(1)式に近づくものと思われる。

4. あとがき

今回の報告は、鉛直継手のせん断伝達を対象としたものであるが、今後、曲げおよび曲げせん断実験の結果を報告する予定である。

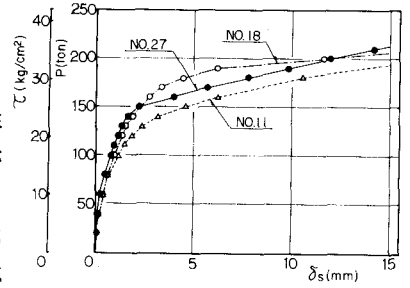


図-3 P ~ δ_s 曲線

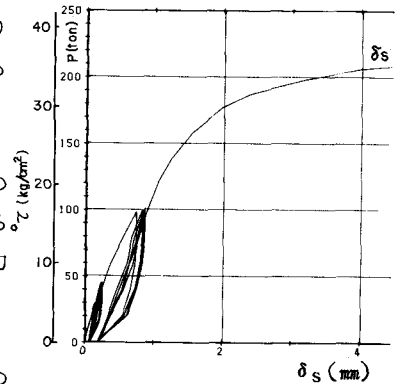


図-4 P ~ δ_s 履歴曲線

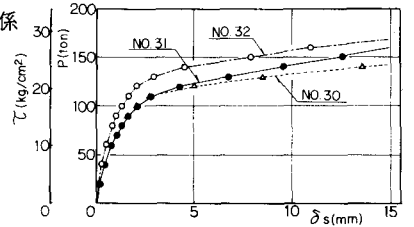


図-5 P ~ δ_s 曲線

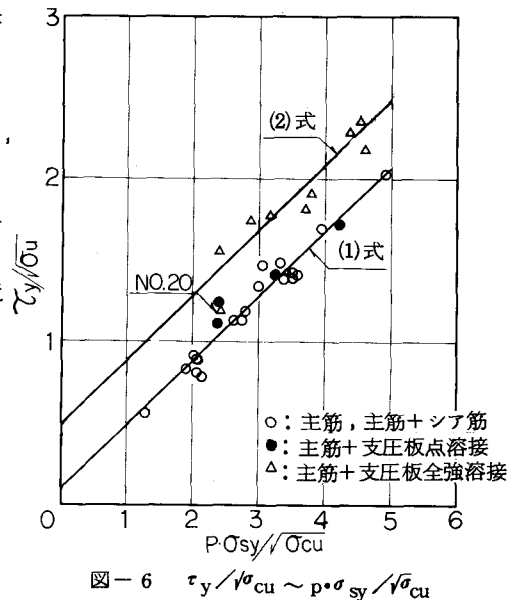


図-6 $\tau_y / \sqrt{\sigma_{cu}} \sim p \cdot \sigma_{sy} / \sqrt{\sigma_{cu}}$