

JOF 工法による地中壁体と本体との接合部のねじりせん断実験

W. F. 研究グループ

Failure Tests of Full-Size Connections between Cast-in-Situ Diaphragm Walls and Structural Elements of a Building

W.F. Research Group

Abstract

This report is concerned with an experimental study on WALL FOUNDATIONS built by the OWS-SOLETANCHE METHOD. In order to study the strengths of the connection between cast-in-situ diaphragm walls designed as seismic walls and structural elements such as footing beams of a building, full-size models are made and subjected to shear forces and torsional moments to failure. These connections are constructed by a special method, the "JOF" Method, and this is used as a prototype construction method for connections.

The report compares the strengths of these full-size connections with the calculated value from an empirical equation deduced from previous model tests.

概要

OWS-SOLETANCHE 工法で構築した鉄筋コンクリート地中壁体を WALL FOUNDATION として設計するための一連の調査・研究をこの所報 No. 8 で発表したが、この報告はその続報である。

地中連続壁にパネル相互を接合しない構造法で、地震時の面内水平力を負担させる場合、地中壁体と本体との接合部にはせん断力とねじりモーメントが作用する。この接合部の施工法として当社では JOF 工法を採用しているが、この接合部の強度と剛性を検討するために、実物実大地中壁体による実際と同じ条件での水平加力実験を行った。

JOF 工法による接合部の耐力を算定する実験式を、模型供試体による実験結果から求めて先に提案したが、ここではこの式に基づいて計算した値と実験結果を比較検討するとともに、せん断力とねじりモーメントを受ける JOF 工法による接合部の設計法について述べている。

1. 序

この研究は、泥水工法によって構築した鉄筋コンクリート地中壁体を、建物地下外周耐震壁として設計するにあたっての、地中壁体と本体との JOF 工法による接合部の強度と剛性に関する構造的な検討である。

地中壁体相互を構造的に接合しないで、その頭部(1階のはり)および脚部(地中はり)、必要に応じてその中間部を、本体つなぎばりで固定したスクリーン壁体の構造法によって、地中連続壁に地震時の面内水平力を負担させる場合、その応力は図-1となる。地中壁体と本体との接合部には、ねじりモーメント(図-1の $M_{11D}' + M_{21U}'$ または M_{21D}')とせん断力(同図の Q_{w1} または Q_{w2})が作用する。この接合部の施工法として当社では JOF 工法を採用することにして、図-1の中間部(AJ-2供試体)および脚部(A

J-1 と AJ-3 供試体)を取り出した実物実大供試体によって、実際と同じ架構および応力状態による地中壁体の曲げせん断実験を行い、地中壁体および本体との接合部の強度と剛性を検討した。この報告はその結果を示し、せん断力とねじりモーメントを受ける JOF 工法による接合部の強度について、模型供試体の直接せん断実験結果

から提案した実験式に基づいて求めた計算値とこの実験結果とを比較検討するとともに、その設計法について述べている。

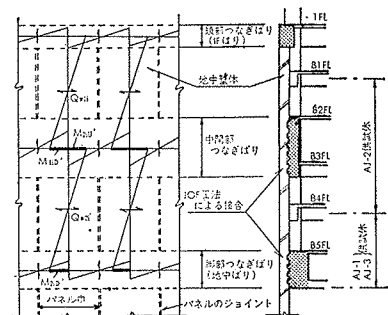


図-1 設計応力と供試体

2. 実験の概要

2.1. 供試体の形状・寸法と配筋など

供試体の形状・寸法と配筋を図-2 (AJ-1, AJ-3も地中壁体の配筋以外は同じ) および図-3 (AJ-2)に, また JOF 工法による接合部の詳細を図-4 (AJ-1), 図-5 (AJ-2) および図-6 (AJ-3) にそれぞれ示す。

供試体は, 壁厚 60cm, 全長 2.2m の小判形をした長さ 3.6m (AJ-1, AJ-3) または 6.0m (AJ-2) の地中壁体を, その側面で 1.55m×1.75m 長さ 3.6m (AJ-1, AJ-3) または 0.9m×2m 長さ 5.8m (AJ-2) の後打ちするはりと接合したもので合計3体である。地中壁体と後打ちばりとの接合は, JOF 工法で施工している。おのおのの供試体の接合部の状況および地中壁体と後打ちばりの断面と鉄筋比などをまとめ

て表-1 に示す。接合鉄筋比 p_s は接合鉄筋全断面積を打継形成物の有効見付け面積で割った値である。地中壁体の有効全せい D は, 小判形の断面積と等しい同じ壁厚を有する矩形断面としたときの全せいで, 有効せい d は, 中立軸を断面中心とし平面保持を仮定したときの圧縮縁から引張鉄筋の合力の位置までの距離で前記 D に基づいて求めている。主筋比 $p_g = A_s/bD$ (A_s : 主筋全断面積), 引張鉄筋比 $p_t = a_t/bd$ (a_t : 前記有効せい d の位置に引張鉄筋が集中したと仮定したときの等価引張鉄筋断面積) である。またシャースパン a は荷重心から縦型打継形成物の中心までの距離としている。

2.2. 使用材料

鉄筋としては SD35 規格品を使用した。その材料試験結果を表-2 に示す。またコンクリートとしては生コンクリートを使用した。その調合条件は, 設計

| 供試体の記号 | 接合部 | | | | 地中壁体の断面と鉄筋比 | | | | | | | 後打ちばりの断面と鉄筋比 | | | | コンクリートの性質 | | | | |
|--------|------------|----------------|------------|---------------|-------------|--------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------|--------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|----------------|----------------|
| | 打継形成物の挿入方向 | 有効面積 m^2 | 接合鉄筋 | | 壁厚 b cm | 有効全せい D cm | 有効せい d cm | 主筋比 p_g % | 引張鉄筋比 p_t % | あばら筋比 p_w % | シャースパン比 a/d | はり巾 b' cm | 全せい D' cm | 引張鉄筋比 p_t' % | あばら筋比 p_w' % | 地中壁体 | | 後打ち | | |
| | | | 鉄筋本数 (D25) | 接合鉄筋比 p_s % | | | | | | | | | | | | 圧縮強度 kg/cm^2 | 引張強度 kg/cm^2 | ヤング係数 $\times 10^5$ kg/cm^2 | 圧縮強度 kg/cm^2 | 引張強度 kg/cm^2 |
| AJ-1 | 横型+縦型 | 0.798 0.544 | 18 8 | 1.14 0.75 | 60 | 207 | 174 | 1.14 | 0.53 | 0.33 | 1.00 | 155 | 175 | 0.16 | 0.13 | 287 | 19.6 | 2.06 | 262 | 2.25 |
| AJ-2 | 横型+縦型 | 1.330 1.088 | 24 16 | 0.92 0.75 | 60 | 207 | 173 | 1.92 | 0.94 | 0.33 | 1.13 | 90 | 200 | 0.15 | 0.22 | 333 | 23.2 | 2.41 | 201 | 1.86 |
| AJ-3 | 縦型 | 1.20 | 24 | 1.01 | 60 | 207 | 173 | 1.92 | 0.94 | 0.33 | 1.01 | 155 | 175 | 0.16 | 0.13 | 323 | 23.3 | 2.56 | 199 | 1.85 |

表-1 供試体の一覧とコンクリートの性質

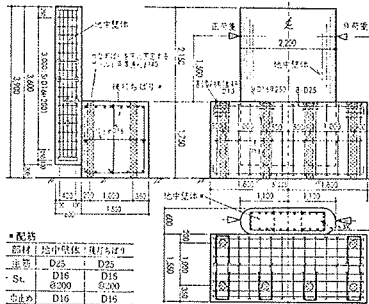


図-2 AJ-1 供試体の形状

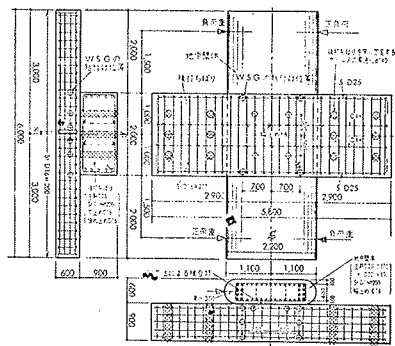


図-3 AJ-2 供試体の形状

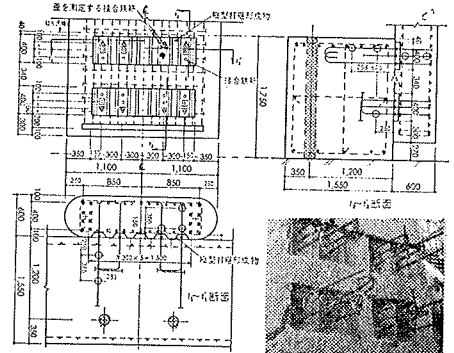


図-6 AJ-3 供試体の接合部詳細

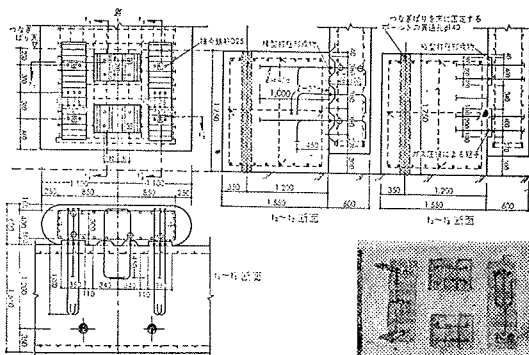


図-4 AJ-1 供試体の接合部詳細

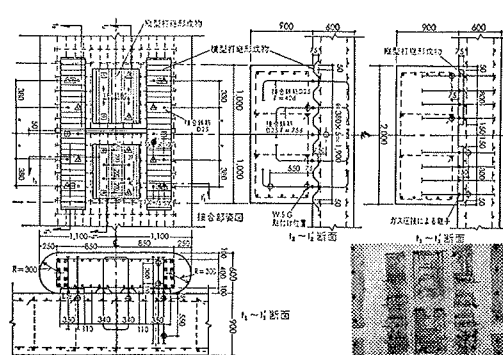


図-5 AJ-2 供試体の接合部詳細

基準強度 210 kg/cm², スランプ 21cm (後打ちばりは 18cm) 最大骨材粒径 25mm である。調合を表-3 に示す。コンクリートの使用材料は、普通 (後打ちばりは早強) ポルトランドセメント, 川砂および川砂利である。実験時のコンクリートの性質を表-1 に示した。

| 鉄筋比 | 降伏点 *1 | 引張強度 *1 | 伸 び | ヤング係数 *2 | 降伏歪 *2 |
|-----|-------------------|-------------------|------|----------|--------|
| | t/cm ² | t/cm ² | | | % |
| D16 | 3.68 | 5.59 | 16.9 | 2.10 | 1990 |
| D25 | 3.57 | 5.54 | 25.0 | 2.09 | 1920 |
| D32 | 3.64 | 5.84 | 23.6 | 2.08 | 1870 |

*1: 公称断面積で計算, *2: 加工試験片による試験結果

表-2 鉄筋の性質

| 部 材 | 調合強度 | 水 | セメント | 砂 | 砂 利 | 混 和 剤 |
|-----|--------------------|-----|------|-----|------|-------|
| | kg/cm ² | | | | | |
| 壁 体 | 255 | 184 | 344 | 813 | 979 | 0.172 |
| は り | 250 | 175 | 324 | 768 | 1064 | 0.121 |

表-3 コンクリートの調合

打継形成物としては、普通鋼材の厚さ 1.5mm の鉄板を図-7 に示す形状・寸法に折り曲げ加工して使用している。

2.3. 供試体の製作

地中壁体は大林組技術研究所内で行った“WALL-FOUNDATION 試験工事”における No. 2 および No. 3 の壁を用いているが、この実験に用いた供試体の取り出し位置を図-8 に示す。

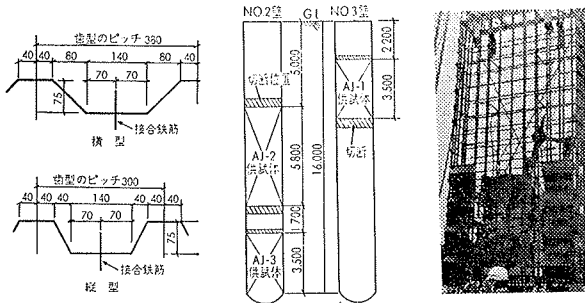


図-7 打継形成物の形状と寸法 図-8 供試体の割付け 写真-1 鉄筋かご (AJ-1)

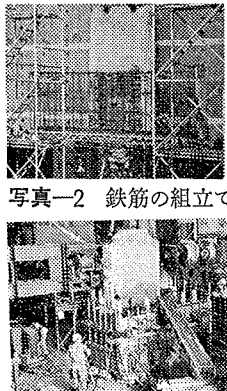


写真-2 鉄筋の組立て 写真-3 後打ちばりのコンクリート打設

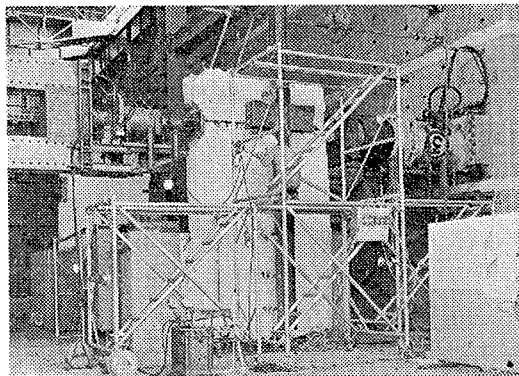


写真-4 実験状況 (AJ-1)

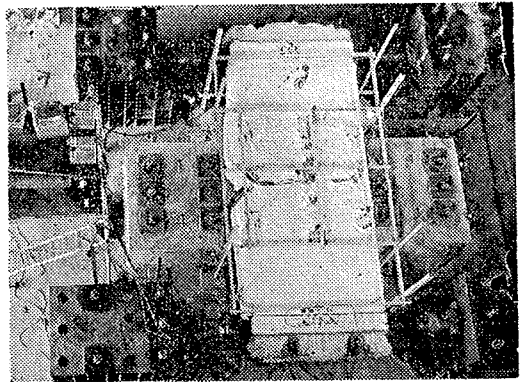


写真-5 実験状況 (AJ-2)

供試体の製作順序は次のとおりである。

- ① 地中壁体を OWS-OLETANCHE 工法で KELLY 掘削機を用いて、深さ 16m で施工 (打継形成物と接合鉄筋を鉄筋かごに取付けて挿入—写真—1参照)
- ② 地中壁体を掘出し、図-8 の位置で切断し成形
- ③ 打継形成物を露出させて、後打ちのはり側に定着する接合鉄筋をガス圧接法で継手 (図-4・5・6参照)
- ④ 大型実験棟内で、実際と同じ施工条件とするために地中壁体を立てた状態で後打ちばりの鉄筋および型枠を組立ててコンクリートを打設 (写真—2・3参照)

2.4. 実験方法

実験は大林組技術研究所内大型実験棟で行ったが、その状況を写真-4 (AJ-1, AJ-3 も同じ), 写真-5 (AJ-2) にそれぞれ示す。

加力は、後打ちばりを径 95mm のボルト 6 本 (AJ-2 は 12 本) で 1 本当たり 200ton で締付けて試験床に固定し、地中壁体を偏心支持した片持ち形式で、壁体には曲げせん断が、また接合部にはせん断力とねじりモーメントが作用するようにオイルジャッキ (荷重はロードセルで検出) で行っている。なお AJ-2 では連動のオイルジャッキを用いている。

荷重の加え方は正負の繰返しで、繰返し回が第 3・4 正負荷重で AJ-1 および AJ-3 は壁体の平均せん断応力度 (= Q/b_j) が学会 RC 規準での短期許容せん断応力度 10.5 kg/cm² (設計基準強度 F_c=210 kg/cm²) となる荷重 Q=105 t で、また AJ-2 では接合部のねじりモーメントが 3.4. で述べる歯型、鉄筋および支圧の 3 効果を累加して求めた短期許容ねじりモーメントとなる荷重 Q=86 t で、それぞれ 2 回繰返した後、AJ-1 と AJ-3 は第 7 正荷重で、また AJ-2 は第 9 正荷重でそれぞれ最大耐力まで加力している。

2.5. 変形および歪の測定

変形としては、壁体の撓み (不動点ビームを利用, 写真-4・5参照) および接合部の相対変位を、D. G.

または変位計を用いて測定している。

歪としては、地中壁体と後打ちばりの主筋とあばら筋および接合鉄筋に W. S. G. を貼付けて埋込みその歪を測定している。

3. 実験結果とその検討

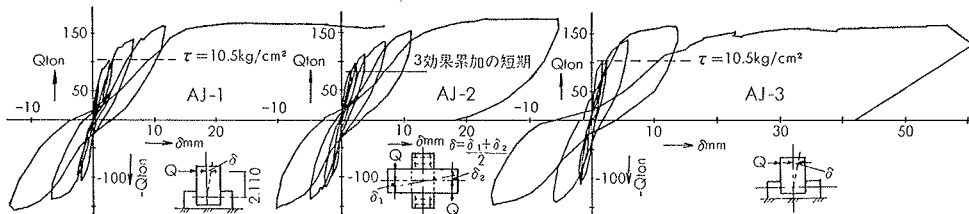
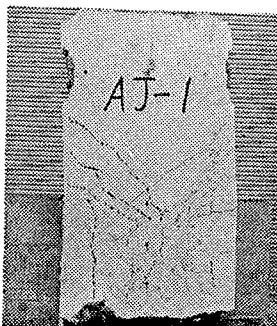
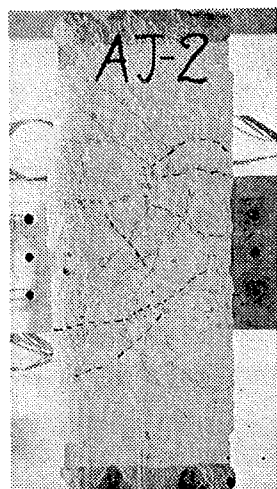
3.1. 実験経過

AJ-1 および AJ-2 の地中壁体および AJ-2 の後打ちばりへのひび割れ発生状況（点線が負荷重）を写真—6 に、荷重 Q （= 壁体に作用するせん断力）と壁体の水平変位 δ_w との関係を図—9 に、荷重 Q と地中壁体と後打ちばりとの接合部の相対変位 δ_j との関係を図—10 に、また荷重 Q と接合鉄筋の歪 ε との関係を図—11 にそれぞれ示す。

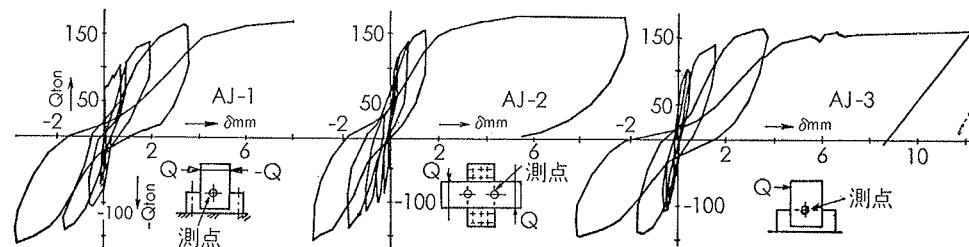
加力すると、まず $Q=30\sim 40$ t で接合部にひび割れが発生し剛性がやや低下し、はり面から $10\sim 30$ cm 接合部側に入った位置の地中壁体に曲げひび割れが発生する。その荷重 Q は、AJ-1 が 50^t （負荷重以下—と記す 70^t ）、AJ-2 が 55^t （ -50^t ）、AJ-3 が 60^t （ -60^t ）である。さらに載荷すると、 $Q=70\sim 90^t$ 以後接合部の相対変位および接合鉄筋の引っ張り歪両方とも増加の割合が徐々に大きくなり、壁体の剛性も徐々に低下する。次いで地中壁体とその接合部パネル部分にせん

断ひび割れが、また後打ちばりに曲げおよびせん断ひび割れが発生する。地中壁体へのせん断初ひび割れ発生荷重 Q は、AJ-1 が 140^t （ -135^t ）、AJ-2 が 165^t （ -130^t ）、AJ-3 が 135^t （ -140^t ）で、接合部パネルへのせん断ひび割れは、AJ-1 が 140^t （ -135^t ）、AJ-2 が 140^t （ -140^t ）、AJ-3 が 140^t （ -130^t ）である。一方後打ちばりへのひび割れをみると、AJ-2 では $Q=95^t$ （ -100^t ）で曲げひび割れが壁体の両端横型打継形成物のほぼ外端線上に発生し、せん断ひび割れが $Q=105^t$ （ -100^t ）で発生している。また AJ-1 は 135^t で、AJ-3 は 160^t でそれぞれ後打ちばりにせん断ひび割れが発生している。

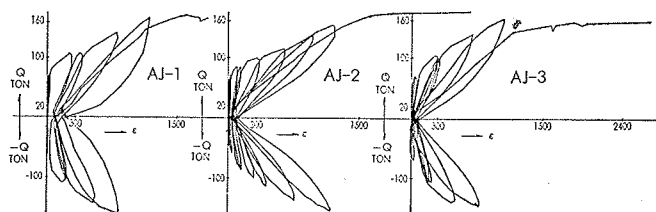
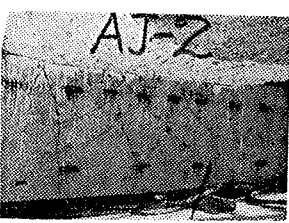
さらに載荷すると、地中壁体の曲げおよびせん断ひび割れが伸びる形で接合部パネルに荷重軸と直角方向にひび割れが発生するが、いずれの供試体も接合部が破壊して、AJ-1 は 170^t 、AJ-2 は 177^t 、AJ-3 は 165^t で最大荷重に達した。このとき AJ-1 は主筋が降伏（ $Q=170^t$ ）しており曲げひび割れが 3mm 前後開いている。また接合鉄筋の歪をみると、AJ-1 は測定した 5 本の内 1 本、AJ-2 は 22 本の内 8 本、AJ-3 は 14 本の内 5 本がそれぞれ降伏している。また AJ-2 の後打ちばりのあばら筋の歪をみると、降伏歪にほぼ達している。



図—9 荷重 Q ~ 壁体の水平変位 δ_w



図—10 荷重 Q ~ 接合部の相対変位 δ_j



図—11 荷重 Q ~ 接合鉄筋の歪 ε

写真—6 ひび割れ発生状況

3.2. 荷重Q～壁体の水平変位 δ_w

壁体の水平変位 δ_w (図-9) と接合部の相対変位 δ_J とを比較すると、両方の履歴性状はよく一致しており接合部の相対変位が壁体の水平変位に影響していることが推測される。また接合部の相対変位も含め、壁体としての靱性があるといえる。

おのおのの供試体の初期剛性 Q/δ_w を表-4 に示す。計算値は接合部の中心線の位置で固定された片持ばりとして、後打ちばりおよび接合部の変形を無視して曲げ(剛域なし) およびせん断(K=1.5)を考慮して弾性理論で求めた値である。実験値は計算値の0.73倍(AJ-1), 0.88倍(AJ-2), 0.61倍(AJ-3)で、実験値が低い。これは接合部の変形を考慮していないためと考えられる。

3.3. 地中壁体の強度

地中壁体の曲げ初ひび割れ荷重 BQ_{cr} およびせん断初ひび割れ強度 τ_c=sQ_c/bj を表-4 に示す。実験値での()は負荷重時である。BQ_c の計算値は弾性理論で M_c=σ_t·Z_e (σ_t:コンクリートの引張強度, Z_e:鉄筋を考慮)とし、シャースパン a (前記) の位置での曲げモーメントに対して求めている。実験値は計算値の0.90~0.94倍でよく一致している。

せん断初ひび割れ強度の計算1は、筆者の実験式-1(1)式、2は荒川の式-2(2)式で求めた値である。なおシャースパン a, 有効せい d および p_t は表-1 の値を用いている。

$$\tau_c = Q/bD = 0.58\sqrt{F_c} \cdot d/a + 370p_t \dots\dots\dots(1)式$$

$$\tau_c = Q/bj = K_c(500 + F_c) \cdot \frac{0.085}{M/Qd + 1.7} \dots\dots\dots(2)式$$

τ_c=sQ_c/bj (j=7/8d, d:前記有効せい)は14.3~18.2kg/cm²で、計算値の0.79~1.03倍(平均計算1で0.93, 計算2で0.89倍)でよく一致している。

曲げ降伏したAJ-1のe-函数法によって、シャースパンを前記aとして求めた曲げ降伏荷重は、182t(曲げ耐力260t)で、実験時の主筋降伏荷重=最大荷重170tとほぼ一致している。

3.4. JOF 工法による接合部の強度

JOF 工法による接合部のせん断力に対する耐力機

| 供試体の記号 | 曲げ初ひび割れ ton | | せん断初ひび割れ kg/cm ² | | | 初期剛性×10 ⁶ kg/cm | |
|--------|-------------|----|-----------------------------|------|------|----------------------------|------|
| | 実験 | 計算 | 実験 | 計算1 | 計算2 | 実験 | 計算 |
| AJ-1 | 50 (70) | 53 | 15.4 (14.9) | 16.1 | 17.8 | 1.24 | 1.70 |
| AJ-2 | 55 (50) | 59 | 18.2 (14.3) | 17.7 | 18.0 | 1.23 | 1.39 |
| AJ-3 | 60 (60) | 67 | 14.9 (15.5) | 18.9 | 18.6 | 1.26 | 2.06 |

表-4 地中壁体の強度と剛性

構は、打継形成物の挿入方向が縦型(打継形成物の凹または凸が縦方向となるもの)、横型(縦型を90度回転させたもので凹または凸が横方向になるもの)の両方とも図-12に示すように2種類となる。1種類はせん断力が歯型と直角に作用する場合で、歯型部のコンクリートのせん断耐力で強度を発揮する(これを歯型効果と呼ぶ)。もう1種類はせん断力が歯型と平行に作用する場合で、接合鉄筋のダボ効果的なもの(これを鉄筋効果と呼ぶ)および端部支圧強度(これを支圧効果と呼ぶ)の組合せで強度を発揮する。

この3種類おのおのの強度を検討するために、打継形成物の形状および接合鉄筋量をファクターとしたJOF工法による接合部の直接せん断実験²⁾および支圧強度を検討するキーの直接せん断実験を行った。これらの実験結果から前記3種類の効果の強度を算定する次の実験式-3(3)式, (4)式, (5)式-を提案した。p_sは

- ・歯型効果によるせん断耐力 Q_m (歯型と直角)

$$Q_m = (1.3p_s f_y + 35.6)nA_1 \text{ (kg)} \dots\dots\dots(3)式$$

- ・鉄筋効果によるせん断耐力 Q_y (歯型と平行)

$$Q_y = (0.40p_s f_y + 13.5)nA_2 \text{ (kg)} \dots\dots\dots(4)式$$

- ・支圧効果によるせん断耐力 Q_F (歯型と平行)

$$Q_F = 2.0F_c nA_3 \dots\dots\dots(5)式$$

接合鉄筋比で p_s=A_s/nA₂ (A_s:接合鉄筋の全断面積, n:歯型の数, A₂:歯型1個に相当する打継形成物の見付け面積 cm²) 単位は %×10⁻², f_y は接合鉄筋の降伏応力度 (kg/cm²), A₁ は歯型1個のせん断面でのコンクリート断面積 (cm²), A₃ は歯型1個の支圧面積 (cm²), F_c は地中壁体と後打ちばりのコンクリート強度の内どちらか小さい方 (kg/cm²) である。この実験式を用いて今回の実験の強度を算定し実験結果と比較検討する。

接合部の強度についての実験結果を表-5に示す。実験値の内せん断力は最大荷重時の壁体のせん断力 Q_u で、ねじりモーメント M_{te}=Q_u×l (l:荷重心から接合部の中心までの距離) である。ねじりモーメントの計算値は、接合部での歯型の耐力を図-13に示すように(AJ-1は接合部への打継形成物の挿入方法

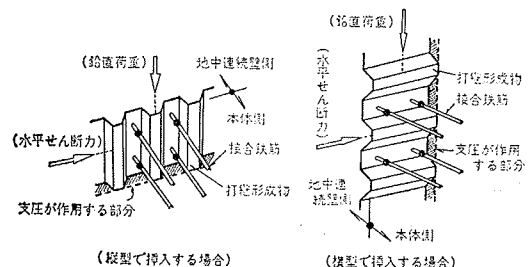
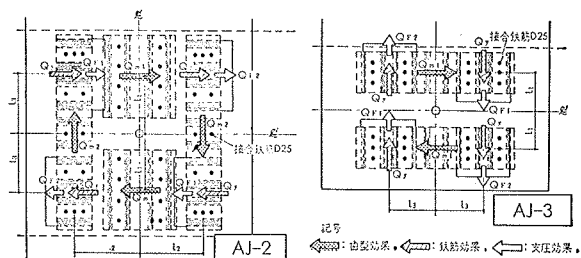


図-12 JOF 工法の耐力機構

| 供試体の記号 | ねじりモーメント計算値 t・m | | | | | | 比 | | | |
|--------|------------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|
| | せん断力 Q_{vt} | ねじりモーメント M_{te} | 歯型 M_{t1} | 鉄筋 M_{t2} | 支圧 M_{t3} | 3者の累加 M_{t5} | M_{te}/M_{t1} | M_{te}/M_{t4} | M_{te}/M_{t5} | |
| A J-1 | 170 | 359 | 372 | 51 | 56 | 423 | 479 | 0.97 | 0.85 | 0.75 |
| A J-2 | 177 | 885 | 738 | 148 | 158 | 886 | 1042 | 1.20 | 1.00 | 0.85 |
| A J-3 | 165 | 355 | 230 | 117 | 87 | 347 | 430 | 1.54 | 1.03 | 0.83 |

表—5 接合部の強度



図—13 接合部歯型の耐力の仮定

が AJ-2 と同じであるため省略、AJ-2 に準ずる) 仮定して次式で求めている。

- ・ 歯型効果によるもの M_{t1}

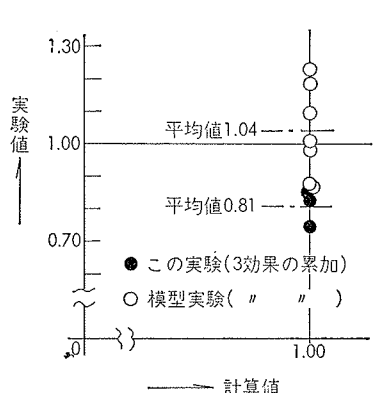
$$M_{t1} = K(2Q_{m1}L_1 + 2Q_{m2}L_2)$$
- ・ 鉄筋効果によるもの M_{t2}

$$M_{t2} = K \cdot 4Q_y L_3$$
- ・ 支圧効果によるもの M_{t3}

$$M_{t3} = K \cdot 4Q_F L_3$$

Q_{m1} , Q_{m2} は前記(3)式で, Q_y は(4)式で, Q_F は(5)式でそれぞれ算定したおのおのの効果の最大耐力で, L_1 , L_2 および L_3 は回転中心(仮定)からのおおのの効果の合力までの距離で図—13による。またKは壁体のせん断力による補正係数で, AJ-1 と AJ-3 は 0.85, AJ-2 は 1.0 である。

以上の仮定および算定式の妥当性については、模型供試体によるこの実験と同じ方法での接合部のねじり



図—14 ねじりモーメントに関する計算値と実験値の比較

せん断実験³⁾によって検討している。模型実験における3種類の効果を前述した方法で求めて累加したねじりモーメントの計算値を1としたときの実験値をこの実験の結果とともに図—14

に示す。実験値は計算値の 0.86~1.23 倍(平均 10.4 倍)で、前述の方法で(3), (4), (5)式を用いて, JOF 工法による接合部の耐力を算定できるといえる。

この実験の結果(表—5)について、最大荷重時のねじりモーメント M_{te} とその計算値 M_{ti} との比 M_{te}/M_{ti} をみると、歯型効果のみの場合 0.97~1.54 (平均 1.24), 歯型+鉄筋効果の場合 0.85~1.03 (平均 0.96), 3種類の効果を累加した場合 0.75~0.85 (平均 0.81) である。3種類の効果を累加して求めた計算値よりも実験値はやや(19%)低い、JOF 工法による地中壁体と本体との接合部のねじりモーメントに対する強度を、前述した実験式(3), (4), (5)式および図—13の耐力仮定に基づいてほぼ算定できるといえる。

JOF 工法による接合部の設計にあたって、(3), (4), (5)式で示した最大荷重に対する安全率が長期 4 (短期はその 1/1.5) になるように求めた値(式)をおおのの効果の許容耐力として用いているが、この許容耐力から3効果を累加して求めた設計許容ねじりモーメントに対するこの実験での安全率は 2.18~2.27 (平均 2.21) である。通常の場合、設計許容ねじりモーメントとしては、歯型効果と鉄筋効果を累加した値を採用するのが安全であると考えられる。

4. むすび

地中壁体と本体との JOF 工法による接合部の強度を検討するために、実物実大地中壁体による実際と同じ施工および荷重条件での水平加力実験を行った。この実験結果から、せん断力とねじりモーメントを受ける接合部の強度を、模型供試体の実験から求めた実験式を用いて計算できることがわかった。

参考文献

- 1) 武田寿一, 竹本靖, 小島克朗: 地中連続壁と本体構造部材との接合法, 建築技術 No. 243 (1971)
- 2) 武田寿一, 小島克朗: 鉄筋コンクリート部材の打継部のせん断耐力, 建築学会近畿大会, (1971)
- 3) 竹本靖, 小島克朗: OWS-SOLETANCHE 壁と本体構造部材との新接合法について, 大林組技術研究所報 No. 4 (1970)
- 4) W. F. 研究グループ: JOF 工法による地中壁体と本体との接合部の直接せん断実験, 同上 No. 8 (1974)

(執筆担当 小島克朗)