

論文

[2114] はり・柱接合部の耐力に関する実験的研究

正会員○大西精治 (J R 東日本 東北工事事務所)

菅原正美 (J R 東日本 東北工事事務所)

瀧沢吉則 (J R 東日本 東北工事事務所)

1. はじめに

フレーム構造の耐震設計においては、はり・柱接合部（以下、接合部という）が、骨組が降伏機構を形成して保証変形に至るまで破壊しないように設計することが基本である¹⁾。しかしながら、接合部のせん断耐力に関しては、部材降伏後の正負交番繰返し载荷により潜在せん断耐力（部材が降伏する前に接合部が破壊する場合の接合部の耐力）が低下して接合部がせん断破壊することがある、という報告²⁾もあり、はり降伏型の降伏機構を想定して設計する場合に潜在せん断耐力で照査することに対して若干の疑問が残る。また、接合部の補強筋に対しては、せん断耐力への効果というより変形能力の向上に寄与するという考えが主であるが、より詳細に補強筋の効果を評価する必要があると考えられる。

そこで今回、5体のT形試験体を用いて、部材降伏後の正負交番繰返し载荷試験を行い、潜在せん断耐力の減少と接合部補強筋の効果について考察し、さらに接合部の設計に対する考え方を提案したので以下に報告する。

2. 実験概要

(1) 試験体

実験は、NO.1～NO.5の5つの試験体を作製して行った。NO.1～NO.3の試験体は、部材の曲げ耐力が等し

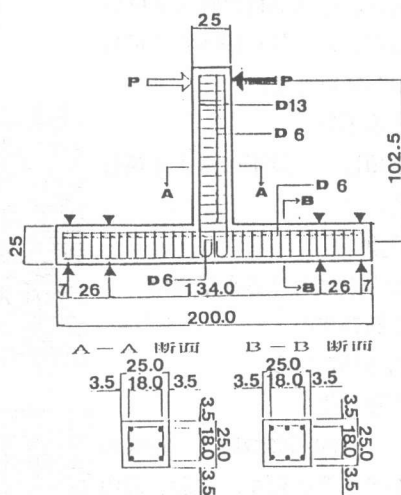


図-1 試験体の形状寸法 (単位: cm)

表-1 試験体諸元

試験体	部材	接合部の補強 (%)
NO.1	D13×3	補強なし
NO.2	D13×3	D6-1組 (0.21)
NO.3	D13×3	D6-3組 (0.42)
NO.4	D13×5	補強なし
NO.5	D13×5	D6-3組 (0.21)

表-2 使用材料の特性

鉄筋の力学的特性

鉄筋の種類	呼び名	降伏強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	ヤング係数 (kgf/cm ²)
SD30	D6	3199	6354	2.05×10 ⁶
SD35	D13	3968	5751	2.07×10 ⁶

コンクリートの力学的特性

試験体	圧縮強度 (kgf/cm ²)	ヤング係数 (kgf/cm ²)
NO.1	264	2.15×10 ⁵
NO.2	287	2.39×10 ⁵
NO.3	326	2.35×10 ⁵
NO.4	257	2.30×10 ⁵
NO.5	287	2.29×10 ⁵

く、接合部の補強方法が異なっている（補強方法は、補強なし、補強筋1組、同じく3組の3種類）。

一方、NO.4及びNO.5は、部材の曲げ耐力を前者の約1.6倍にしており、接合部の補強方法は、補強なしと補強筋3組の2通りである。試験体の諸元を図-1及び表-1に示す。また、使用したコンクリート及び鉄筋の特性を表-2に示す。

(2) 荷重方法

荷重は、鉛直部材の降伏変位の整数倍ごとに、各々10回ずつ正負繰り返して行った。

(3) 測定項目

測定項目は、以下に示す4項目である。

- ①荷重
- ②加力点における水平変位
- ③主筋ひずみ
- ④補強筋ひずみ

3. 実験結果

NO.1～NO.5について、結果の一覧を表-3に示す。なお、表中 V_{ju} の算出に当たり、部材有効幅の採り方については、文献(1)に因った。また、荷重-変位曲線と破壊時のひびわれ状況を、NO.1～NO.3については図-2に、NO.4及びNO.5については図-3に示す。

NO.1とNO.2は、変位が増すごとに荷重が減少し、最終的に接合部のせん断破壊となった。NO.3は、繰り返しに伴う荷重の低下は見られず、最終的には鉛直部材の曲げ破壊となった。

NO.4とNO.5は、前3体より荷重レベルは大きく、いずれも、最終的に接合部のせん断破壊であっ

表-3 実験結果一覧

試験体	P_y (tf)	P_{MAX} (tf)	V_j (tf)	V_{ju} (tf)	V_j / V_{ju}	破壊形式
NO.1	3.25	3.60	10.1	27.1	0.37	BJ
NO.2	3.15	3.60	10.1	29.3	0.34	BJ
NO.3	3.25	3.60	10.1	33.5	0.30	BB
NO.4	5.10	6.00	16.9	26.4	0.64	BJ
NO.5	5.20	5.80	17.1	29.5	0.58	BJ

注)

P_y : 降伏荷重, P_{MAX} : 最大荷重, V_j : 入力せん断力,
 V_{ju} : 文献(1)から求められる接合部せん断耐力

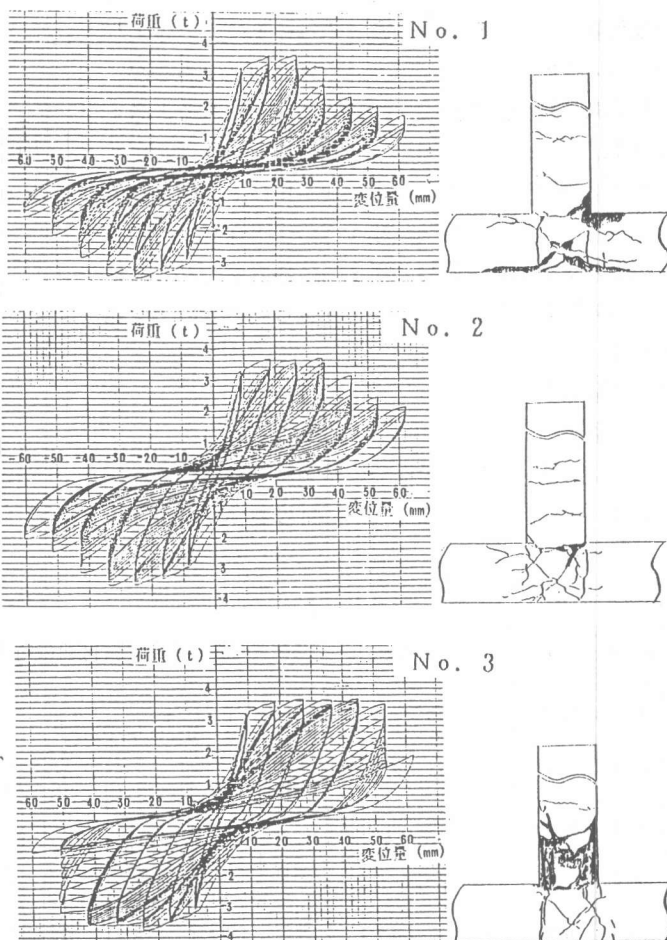


図-2 荷重-変位曲線及び最終破壊状況

た。

4. 考察

(1) 部材降伏後繰返し载荷における接合部せん断耐力について

表-3に示すように、文献(1)に示されている式から求まるせん断耐力 V_{ju} と実験値 V_j との比較から、接合部のせん断耐力は、部材降伏後の大変形繰返し载荷により大きく減少することがわかる。これは、次に述べる接合部補強筋の応力度の変化から、接合部コンクリートが劣化したことによると考えられる。

(2) せん断補強効果について

図-2より、接合部の補強筋が最大荷重以降の耐力劣化を少なくする効果があることは確実である。また、NO.3において、接合部のせん断耐力が部材の曲げ耐力を上回った

ことから、接合部補強筋には、接合部のせん断耐力を増加させる効果もあると思われる。図-4にNO.2とNO.3における補強筋の応力度変化を示す。

σ_{max} は、正荷重、負荷重に係わらず、最大変位の時点での応力度であり、 σ_{min} は、変位が正から負あるいは負から正に変わる変更点（すなわち、荷重がゼロ）における応力度である。この図から、次の2点が考察される。

① σ_{min} は、外力が作用していないにもかかわらず、いずれの実験でもゼロに戻っていない。これは、接合部のコンクリートにひびわれが発生することにより、補強筋に引張力が作用し続けているためと思われる。このことから、NO.2の方がNO.3に比べて σ_{min} が増大しているのは、NO.2の接合部コンクリートが、NO.3に比べてより劣化しているためであることが判断される。

② 補強筋の応力度が、 σ_{min} と σ_{max} の間を繰り返すことから、補強筋の効果は次の2つの効果の和と考えることができる。すなわち、1つはコンクリートの負担するせん断力に対応する、コンクリートの拘束効果としての σ_{min} であり、もう1つは、 $\Delta\sigma (= \sigma_{max} - \sigma_{min})$ に相当する補強筋自体が受け持つせん断力としての効果である。

(3) 接合部設計の考え方について

文献(1)では、接合部の設計として、BJタイプ（部材降伏後に接合部せん断破壊）の破壊形式を認めている。しかしながら、NO.5のように、接合部補強筋量が0.42%程度あっても十分な変形性能が発揮されているとは言い難く、また、最終的に接合部がせん断破壊したのでは、部材の靱性能が十分発揮されない恐れがあるため、NO.3のようなBBタイプ（部材が破壊し接合部は破

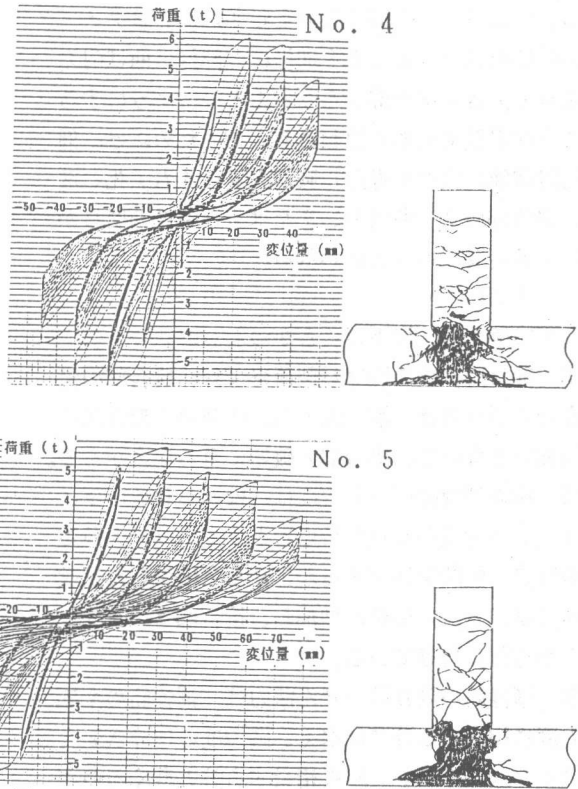


図-3 荷重-変位曲線及び最終破壊状況

壊れない) となるように設計するのが良いと考える。つまり、接合部の設計としては、BBタイプの破壊形式となることを前提に、部材の曲げ耐力よりも大きな接合部せん断耐力となるようにすることが必要であると思われる。そのためには、部材降伏後の大変形繰返し载荷を受けても劣化しない接合部のせん断耐力、またはその条件を明らかにする必要があると思われる。

5. まとめ

本実験から、以下のことがわかった。

① 部材降伏後の繰返し载荷により、接合部の潜在せん断耐力は大幅に減少し、所要の変形性能を發揮できないで、接合部の破壊に至る場合がある。

② 接合部補強筋の応力度は、繰返し载荷の下、 σ_{min} (荷重がゼロの時点) と σ_{max} (最大荷重の時点) の間を往復するが、せん断破壊した試験体では、 σ_{min} の値が増加し、接合部コンクリートが劣化し続けている。

③ 補強筋の受け持つせん断力は、補強筋の全応力度に相当する分ではなく、応力度の増分 $\Delta\sigma$ ($=\sigma_{max} - \sigma_{min}$) に相当する分と考えるのがよい。

④ 接合部の設計においては、BBタイプとなるように設計するのが望ましく、そのためには、部材降伏後の大変形繰返し载荷を受けても劣化しない接合部のせん断耐力、またはその条件を明らかにする必要があると思われる。

6. おわりに

今後は、接合部のひびわれ状況と補強筋ひずみの関係、繰返し载荷により接合部コンクリートが劣化しない条件、また、せん断耐力と定着耐力との関係、等を明らかにしたいと考えている。

(謝辞)

本実験は、東北学院大学の太塚浩司先生および太塚研究室の卒論生に協力して頂きました。ここに、深くお礼申し上げます。また、当社東北工事事務所工事管理室 石橋忠良室長には、随時、適切なアドバイスを頂きました。合わせて感謝の意を表します。

(参考文献)

- (1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針(案)・同解説、1988
- (2) 角徹三、浅草肇：鉄筋コンクリート柱はり接合部の研究の動向、コンクリート工学、Vol.26

No.10, Oct.1988

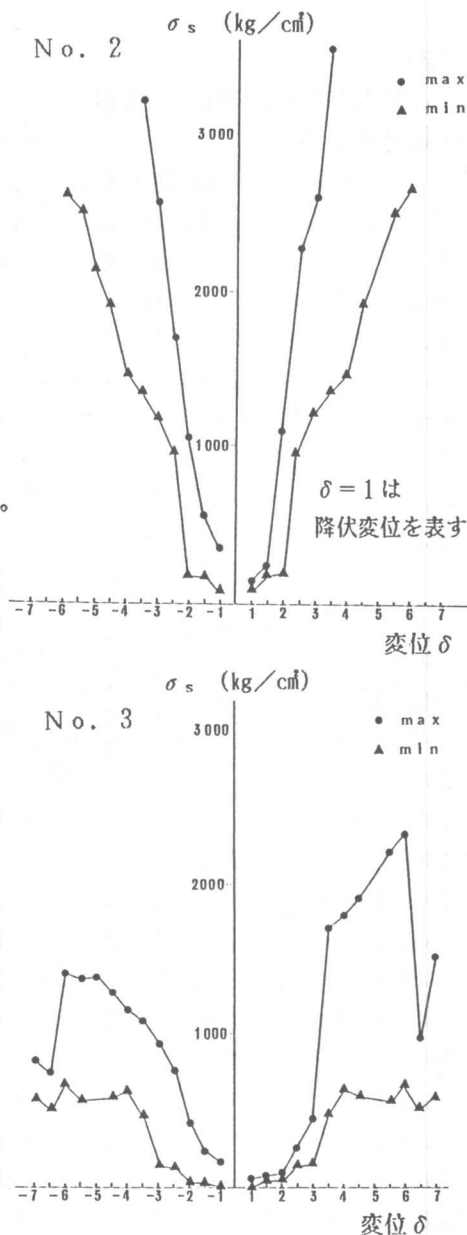


図-4 補強筋の応力度変化