

[118] 剪断補強効果に関する新モデル試験法と二、三の結果

正会員 六車 熙 (京都大学)
 渡辺 史夫 (京都大学)
 河野 恭平 (京都大学)
 正会員 ○辻 本 哲也 (京都大学)

1. 序 論

現在、用いられているRC部材の剪断補強方法は、いわゆるコンクリートの負担する剪断力(Q_c)と、剪断補強筋のトラス作用による負担剪断力(Q_s)の和が、終局剪断力を示すという原理に基づいているが、ここでの Q_c は、剪断補強筋の無い場合の剪断ひび割れ耐力とするのが通常で、剪断補強筋量やその降伏強度に関係なく Q_c は一定であると仮定されている。しかしながら、圧縮域コンクリートの剪断抵抗、主筋の太柄作用、骨材のかみ合い作用等で負担されるこの Q_c が、剪断補強筋の存在により何らかの影響を受けることは、必至である。Park¹⁾等によれば、剪断補強することによって剪断ひび割れ幅の制御、ダウエルクラックの防止が可能となり、骨材のかみ合い作用、太柄作用をより有効ならしめるとしているが、Swamy等の実験結果²⁾では、相反する結果が得られている。そこで、本研究においては、 Q_c と Q_s の関係を実験より明らかにし、更に、剪断補強筋の降伏により Q_s が一定となった後の剪断力伝達の状況を明確に把握するために、剪断補強筋に代わるものとして、その張力を自由に制御できるPC鋼棒を剪断補強に用いた新試験法を提案し、得られた結果に対して、いくつかの考察を試みたものである。実験においては、剪断補強筋比を0.2%と仮定し、その降伏強度が、それぞれ0, 3000 kgf/cm², 6000 kgf/cm², ∞となるよう試験時に設定した、計4体の柱供試体を用いられた。

2. 供試体および試験方法

供試体 図1に示すような片持梁形式で、柱断面は25×25 cmの正方形とした。軸方向鉄筋(D19 mmSD 35ネジコン、降伏強度3900 kgf/cm²)は、圧縮引張ともに3本ずつ計6本で、柱頭部および柱梁接合部内における付着すべりを防止するために、鋼製板を用いて上下両端部を定着した。柱頭部剪断力加力点近傍と、柱梁接合部内に135°フックをもつ通常の閉口型帯筋(φ6 mm, SR24)を配し、柱梁接合面より15 cm上の位置にあらかじめ作られた2本のダクトを通るPC鋼棒、配力ブロック、ローラーおよび耐圧板を用いて外部剪断補強を行った。(以後、剪断補強筋とはこのPC鋼棒のことを指すものとする。) また、水平剪断力加力位置には円形および楕円形の剪断力分配筋を配し、剪断力の伝達が

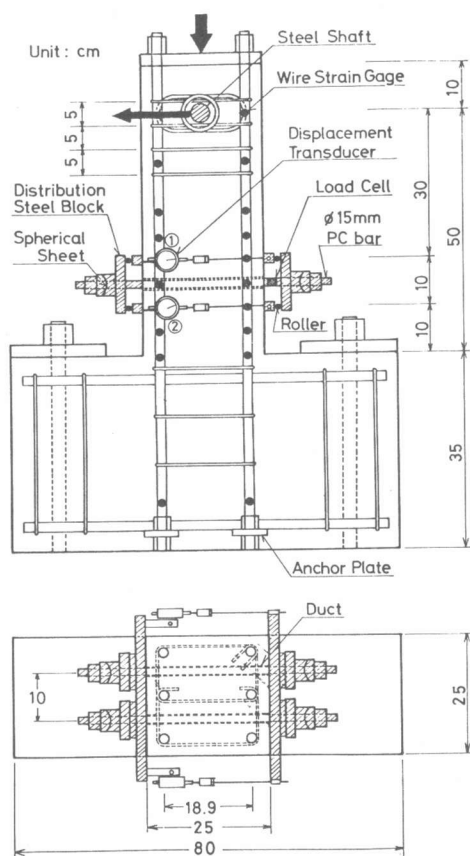


図1 供試体 および 試験装置

現実の場合に即して行なわれるよう工夫した。尚、使用したコンクリートは、普通ポルトランドセメント・山砂および川砂利を用いた普通コンクリートで、重量配合比は1:2.76:3.63、水セメント比は68%であった。試験時圧縮強度および引張強度は、それぞれ219kgf/cm² および24.2kgf/cm² であった。4供試体とも同一配筋で、供試体名称2TR-0、2TR-3000、2TR-6000 および2TR-Eは、それぞれ剪断補強筋降伏強度を0、3000kgf/cm²、6000kgf/cm²、∞と設定したものに对应している。

3. 実験結果および考察

荷重および測定方法 去年度の報告³⁾と同様に、供試体には、2基のサーボアクチュエーターにより一定軸力(中心圧縮耐力の1/6、N=28.5ton)と水平剪断力を加えた。水平剪断力加力位置におけるたわみは、供試体側面に取り付けられた差動変圧器を用いて測定し、ロードセルにより検出した水平剪断力と共にX-Yレコーダーで記録した。実験に際して、剪断補強筋張力は、図1に示したようにPC鋼棒表面に貼付した抵抗線歪計から検出した2本のPC鋼棒張力の和(Q_s)を、供試体側面に取り付けられた4個のダイヤルゲージにより測定した剪断ひび割れ発生領域における横方向の平均変形(ΔI)で除した横拘束剛性が、剪断補強筋比を0.2%とした時のそれと、常に同一になるようにナットの回転により調整された。更に、横拘束力加が供試体の項で述べた設定降伏応力に対応する値に到達した以後は、PC鋼棒の張力を常に一定に保持した。即ち、PC鋼棒のナット回転により、剪断補強筋の降伏現象を自由に作り出せることになる。

3. 実験結果および考察

図2に、水平剪断力(Q_t)と柱頭たわみ(δ_t)の関係をまとめて示す。図中・は横補強PC鋼棒の張力調整前、○は張力を所定の値に調整後の両者の関係を示している。尚、同図中には、全横拘束力も併記した。図から明らかのように4体ともPC鋼棒の張力調整は順調で、2TR-0においても、最大荷重以後、かなりのたわみに達するまで急激な破壊を伴うことなく、実験継続が可能であった。剪断補強筋の降伏時期と剪断力の増加に着目すれば、2TR-3000では、補強筋の降伏以後も、潜在的なコンクリートの剪断保有耐力が発揮されて、徐々にその剪断力が增大していくのに対し、2TR-6000では、補強筋の降伏以後、ほとんど剪断力の増加はなく、コンクリート

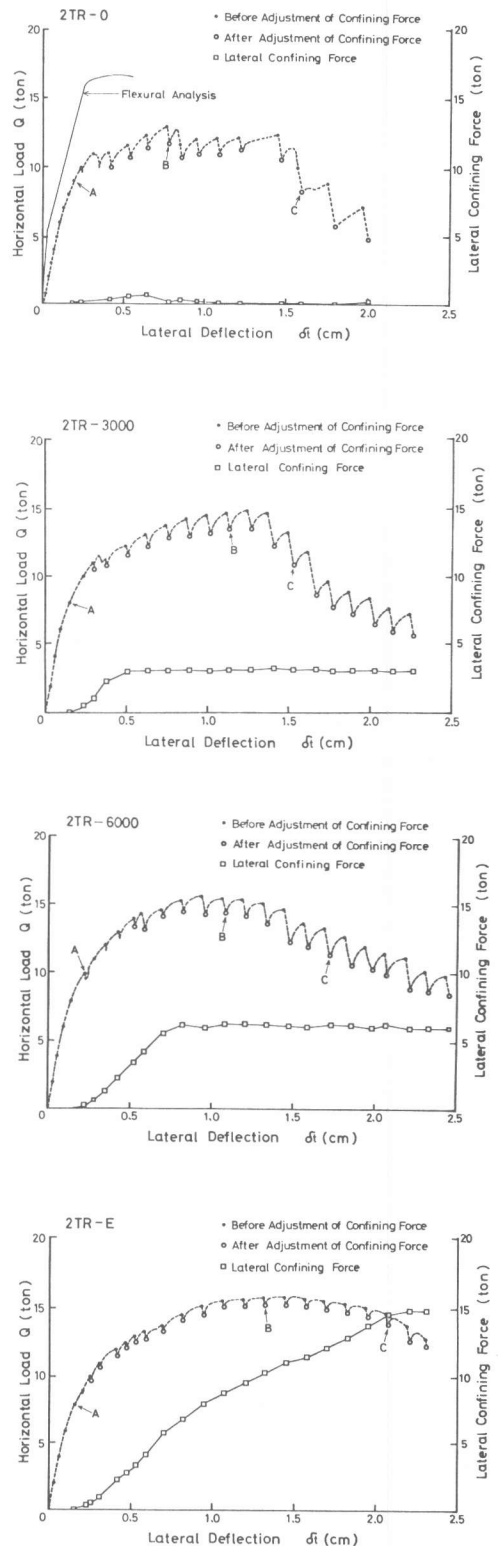
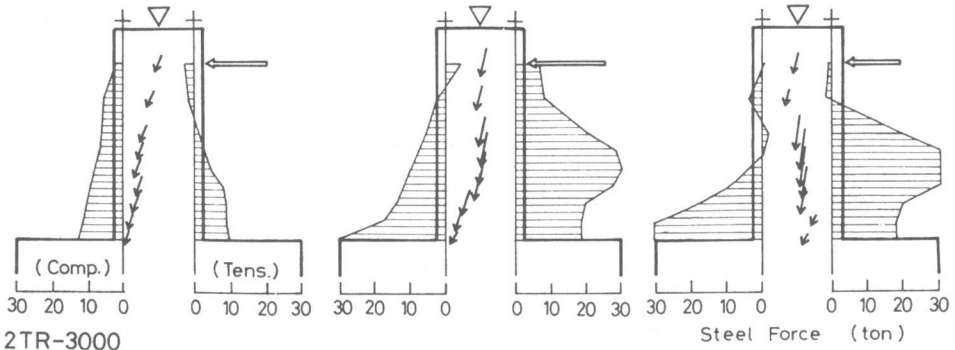
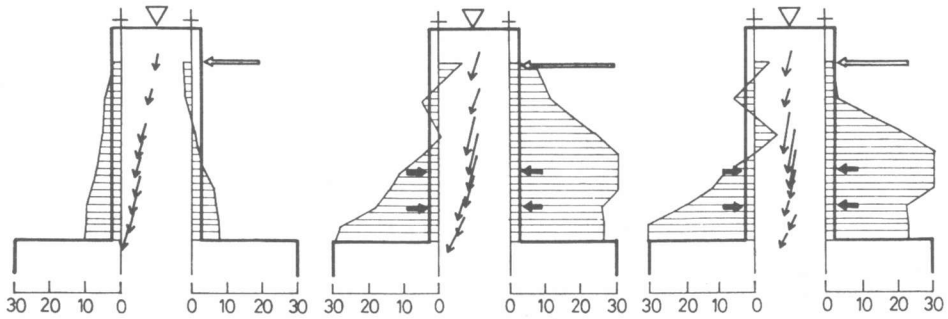


図2 荷重-たわみ および 横拘束力-たわみ曲線

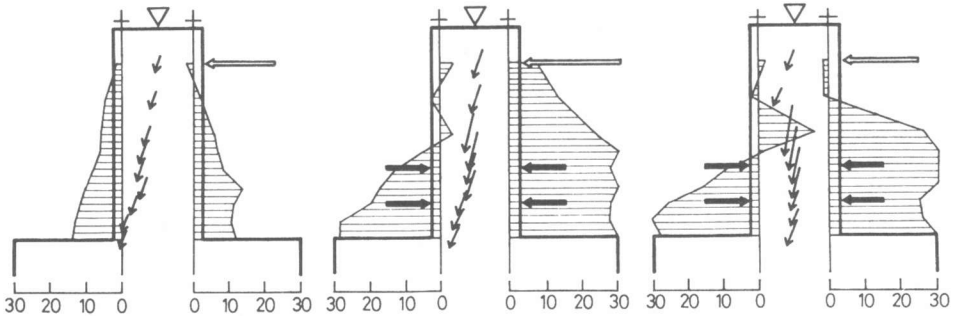
2TR-0



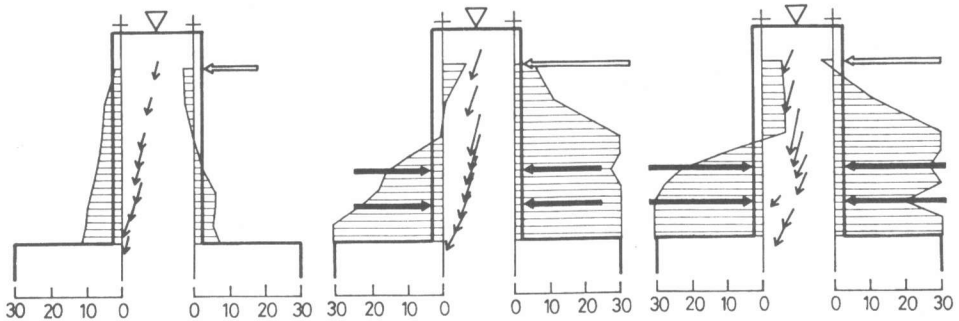
2TR-3000



2TR-6000



2TR-E



Stage (A)

Stage (B)

Stage (C)

50 ton Compressive Resultant of Concrete

図4 主筋力分布 および 各断面のコンクリート圧縮合力とその流れ

の負担剪断力は頭打ちとなっている。2TR-Eは、最後まで弾性拘束した場合で、かなり大きなたわみに対しても最大荷重に近い剪断力の伝達を維持し得ることがわかる。尚、終局状態で全剪断力よりもPC鋼棒張力の方が大きくなっている領域があるが、これは剪断ひび割れの発生パターンおよびその進展状況が、前2者と若干異なっていたためと推察される。更に、最大荷重時のたわみ量に関しては、各図中に、Stage (B)として示してあるが、剪断補強筋の降伏強度の増大に伴ない、最大荷重、たわみともにその値が増加する傾向にある。また、最大荷重以後、急激な耐力低下を示すたわみは、2TR-0、2TR-3000、2TR-6000ともほぼ同一であるが、横拘束力の大きい2TR-Eでは、このような現象が見られないことにも注目したい。

図3は、全水平剪断力(Q_t)から剪断補強筋の張力(Q_s)を引いた、いわゆるコンクリート負担剪断力と水平たわみの関係および剪断ひび割れ発生領域における横方向変形量の平均値(Δl)と水平たわみ(δt)の関係を併せて示したものである。この Δl で剪断ひび割れ幅を間接的に表わし得るとすれば、剪断補強筋の降伏強度の増大に伴ない、剪断ひび割れ

幅は抑制されることが図より明らかであるが、逆に $Q_t - Q_s$ で表わされる伝達剪断力は、横拘束力の大きな供試体ほど、減少する傾向がある。これは、剪断補強筋の降伏強度を上げて、より大きな横拘束力を与えることは、剪断ひび割れ幅を小さく抑えるのを可能にするが、骨材のかみ合い作用および主筋の太柄作用が十分に發揮されるだけの剪断ひび割れ面におけるズレ変形をも抑制することになるためであると考えられる。

図4に、剪断ひび割れ発生直前をStage (A)、最大荷重時をStage (B)、終局時をStage (C)として、各荷重段階の水平剪断力、主筋力(圧縮側、引張側とも3本の和)の分布状況および外力条件と実測された主筋力から計算した柱各断面におけるコンクリートの圧縮合力とその作用位置、方向を示した。Stage (A)では、各供試体ともPC鋼棒の張力は、殆ど0に近いので、主筋力分布やコンクリートの圧縮合力の状態は、類似している。Stage (B)においては、剪断ひび割れの発生によりコンクリート圧縮合力の作用位置が断面重心軸方向へ移動する現象が観察された。また、引張側主筋力分布について見ると、横拘束力のない2TR-0供試体では、剪断ひび割れと引張主筋の交差する所で最大となっており、モーメント最大断面(柱梁接合面)に向かって減少していく谷間が見られるのに対し、横拘束力が大きくなるとこの谷間が埋まり、ほぼ一定の引張力分布を示している。Stage (C)においては、圧縮側コンクリートの圧壊によりコンクリート圧縮合力作用位置が断面引張側へ大きく移動し耐荷力の減少に対応しており、この傾向は剪断横補強筋降伏強度が小さいほど顕著である。

4. 結 語

本報告で提案した剪断試験方法は、剪断補強筋の横拘束剛性およびその降伏強度を試験時において自由に設定出来、種々の剪断力伝達要因が複雑にからみ合ったRC部材の剪断機構を解明する上で、きわめて有効であるといえる。また、試験結果より、剪断補強筋降伏強度が大きくなると、最大耐力時におけるコンクリートの負担剪断力が減少することが明らかとなった。

(文献) 1) R. Park & T. Paulay "Reinforced Concrete Structures" pp 293~pp 294 2) R. N. Swamy & A. D. Andriopoulos ACI, SP-42 Vol 1, Part 1 pp 129~pp 166
3) 六車 照, 渡辺史夫:「第1回コンクリート工学年次講演会論文集」 pp 333~pp 336

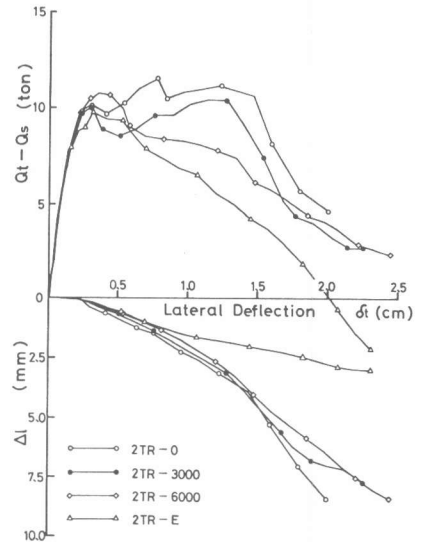


図3 ($Q_t - Q_s$) - δt および $\Delta l - \delta t$ 曲線