

(31) せん断スパン比が3程度の合成梁におけるずれ止めの研究

石川島播磨重工業（株） 石 岡 仁
石川島播磨重工業（株） ○ 橋 本 和 夫

1 はじめに

鋼板とコンクリートとの合成構造では、コンクリートと鋼板との力の伝達を行うずれ止めが重要である。tension 材として鉄筋のかわりに、鋼板を使用した図-1のような構造の梁における、支承部以外でのずれ止めに作用する力の流れを考えてみよう。荷重から伝わる圧縮力（C）は、水平な力ではないので鋼板の増加水平力（ ΔH ）だけではバランスすることは出来ず、鉛直力（V）が必要である。この鉛直力（V）は、鋼板がコンクリートからはがれるのを防ぐ力であり引張力となっている。一般にコンクリートは引張力が小さいので、ずれ止めはコンクリートの圧縮部にまで伸ばして定着することが、必要のように思われる。しかし現実には梁の圧縮部まで伸びていないスタッドジベルや、縞鋼板を使用した構造も存在している。そこで実験を中心にして、圧縮部に定着したずれ止めと、そうでないずれ止めとで、どのように耐力に差が出るかについて調査したので、その概要を報告する。

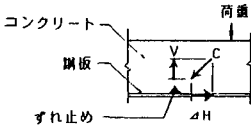


図-1 ずれ止めに働く力

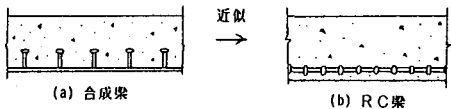


図-2 合成梁と近似のRC梁

2 近似の鉄筋コンクリートにおける挙動

ずれ止めが梁の圧縮部に定着されていない合成梁（図-2 a）は、腹鉄筋のない鉄筋コンクリート（図-2 b）に近似出来ると思われる。腹鉄筋のない鉄筋コンクリートはせん断スパン比（ a/d ）によりその挙動が変わることが知られている¹⁾。せん断スパン比が非常に小さい場合、および比較的大きい場合には、鉄筋コンクリート梁はほぼ曲げ耐力で破壊する。せん断スパン比が小さい値と大きい値の間に、完全に曲げ耐力に達する前に斜ひびわれが発生し、梁は早期に急激な破壊が発生するところがある。この様子を、荷重（s）にスパン（a）をかけた破壊モーメントとせん断スパン比との関係で示すと、図-3 bのようになることが知られている。この谷形の形状は、せん断圧縮破壊強度の線と、斜ひびわれ強度の線から成ることが知られている（図-3 c）。この鉄筋コンクリートにおける挙動は、図-2 aのような合成構造においても同様な挙動を示すものと思われる。その場合、ずれ止めが圧縮部に定着してある場合とない場合との差は、図-3 bの谷の部分で一番大きく現われるものと思われる。このことより実験では、せん断スパン比が3の所を中心にして行うことにした。

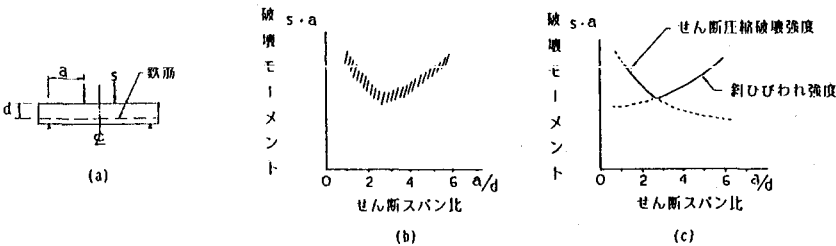


図-3 RC梁におけるせん断スパン比と破壊モーメントとの関係

3 実験シリーズ1

実験シリーズ(1)の供試体の寸法、クラックの分布および耐力について図-4~7に示す。なお実験ではコンクリートのかわりにモルタルを使用しその強度は 273kgf/cm^2 であった。

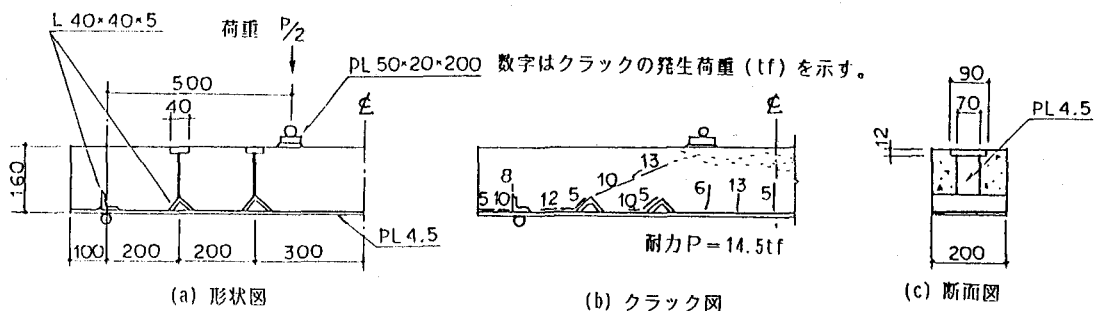


図-4 供試体HM

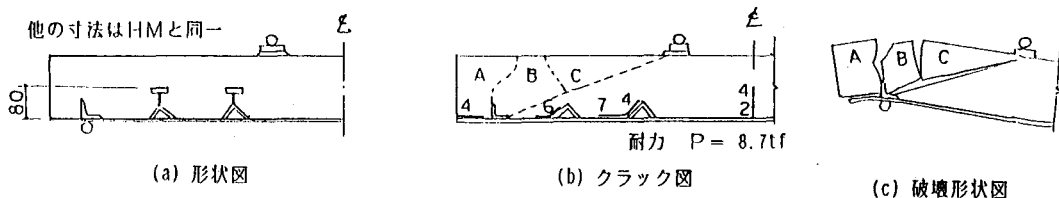


図-5 供試体MM

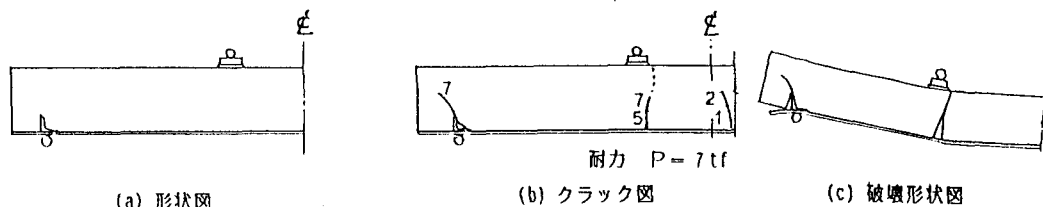


図-6 供試体M31

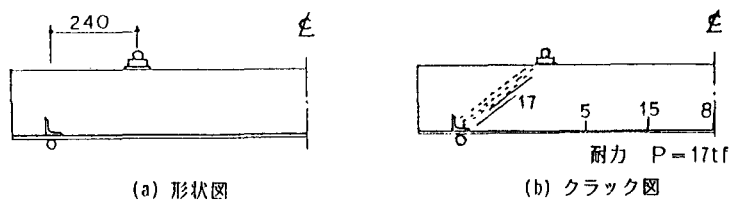
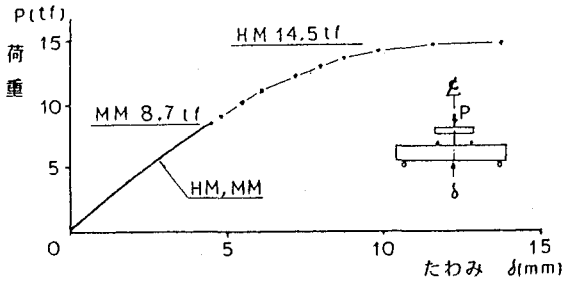
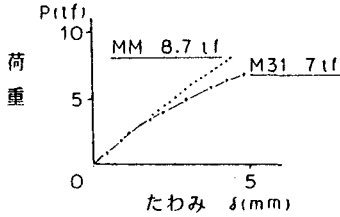


図-7 供試体M15

ずれ止めを圧縮部で完全に定着した供試体HMは、耐力が14.5tonfであった。しかしずれ止めを梁の中央までしか伸ばしていない供試体MMは、破壊直前まで供試体HMと等しいたわみを示していたが 8.7tonfの耐力しかなかった(図-8 a)。この時の破壊は、クラック発生がすくない時点でクラックの発生していなかった所から急激に斜ひびわれが発生し、構造物として危険な挙動を示した。破壊形状は供試体HMが曲げ破壊であり、供試体MMは斜ひびわれ破壊であった。供試体HMにおけるずれ止めのアンカー部に働く力の荷重による推移を図-9に示す。モルタルがせん断力を分担出来る低い荷重ではアンカー部に働く引張力も大きなものではない。しかし 7tonfの荷重をすぎると急激に増加しだす。この増加する力は部材に働くせん断力の増加と等しくなっている。このことから 7tonf以後の荷重の増加に対して、モルタルがトラスの斜材となりずれ止めのアンカーが、トラスの垂直材として機能していることが想定される。



(a)



(b)

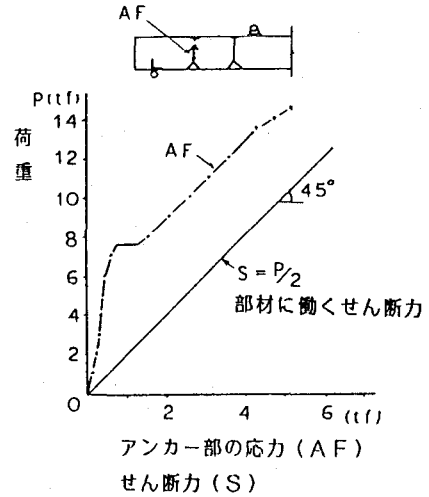


図-9 ずれ止めのアンカー部の応力

図-8 荷重とたわみの関係

支承部のみにずれ止めを配置した供試体M31では、7tonfの耐力を示し破壊時のたわみは供試体MMとほぼ等しいものであった(図-8 b)。供試体MMと供試体M31との差が小さいことから、せん断スパン比が3程度においては圧縮部に定着していないずれ止めの効果は大きいとはいえない。

せん断スパン比が 1.5で支承部のみにずれ止めが配置してある供試体M15での結果(図-7)を加えて、本供試体における破壊モーメントとせん断スパン比との関係を図-10に示す。せん断スパン比5での破壊曲げモーメントは、供試体MMの結果に基づいて a/d の値だけを変化させることにより斜ひびわれ耐力についての計算式2)から求めたものである。

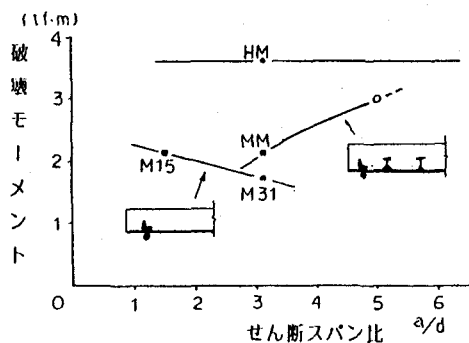


図-10 破壊モーメントとせん断スパン比との関係

4 実験シリーズ2 (縞鋼板を使用した実験)

ずれ止めとして縞鋼板を合成構造に使用することが、多くなってきている。ずれ止めに働く鉛直力をコンクリートに定着することの出来ない縞鋼板の、有効性について実験を行ってみた。供試体の寸法、クラックの分布および耐力について図-11~13に示す。実験で使用したモルタルは、シリーズ1と同じバッチから打設したものである。図-14で耐力とたわみをシリーズ(1)の合成梁と比較する。ずれ止めがモルタルに定着出来ない縞鋼板は、あまり有効ではなかった。

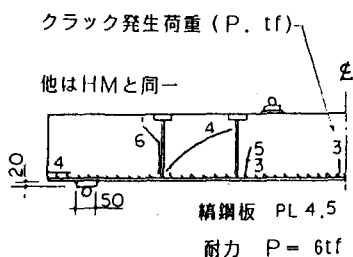


図-11 供試体CPH

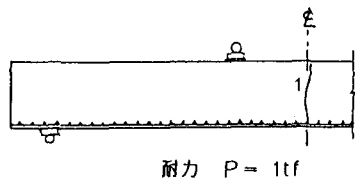
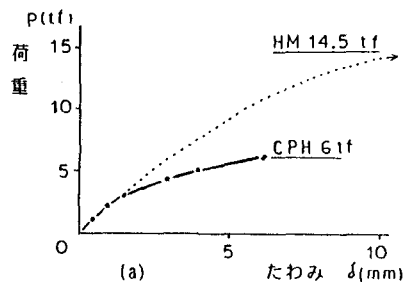
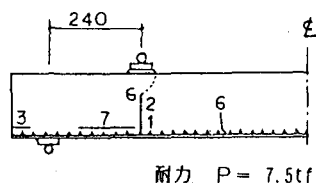
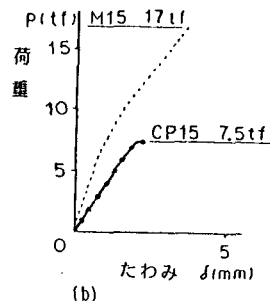
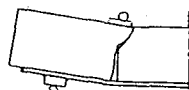


図-12 供試体CP31



(a)



(b) 破壊形状図

図-13 供試体CP15

図-14 シリーズ(1) と
シリーズ(2) の比較

5 実験シリーズ(3) (FEM解析用モデル)

圧縮部にアンカーが定着してある、ずれ止めをめぐる力の流れを確認するために、幅方向40cmが一様な供試体(図-15)を作成し、実験と解析を行った。ここでは解析結果としての力の流れだけを示す。コンクリートは圧縮材としてトラスの上弦材と斜材を形成し(図-16)、引張材としてずれ止めのアンカー部が垂直材を、鋼板が下弦材を形成する力の流れとなっている(図-17)。鋼板との接合部が三角形で、その頂点からアンカーが伸びているこのようなずれ止めは、鋼板との接合部と三角形頂点での2回の曲がりにより、コンクリートの応力分布とずれ止め本体の応力分布が、集中のすくない分散した構造となっている。

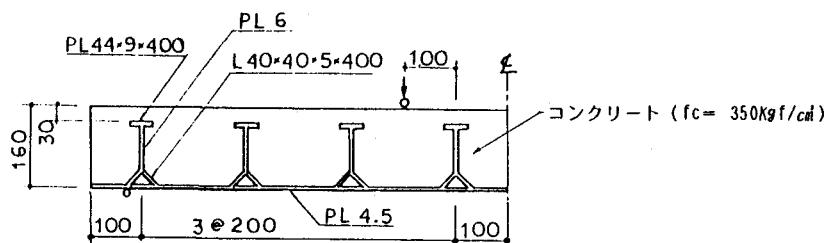


図-15 FEM解析用のモデル

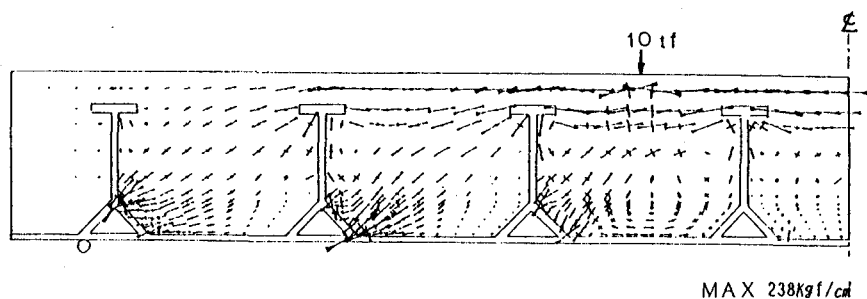


図-16 コンクリートの主応力図

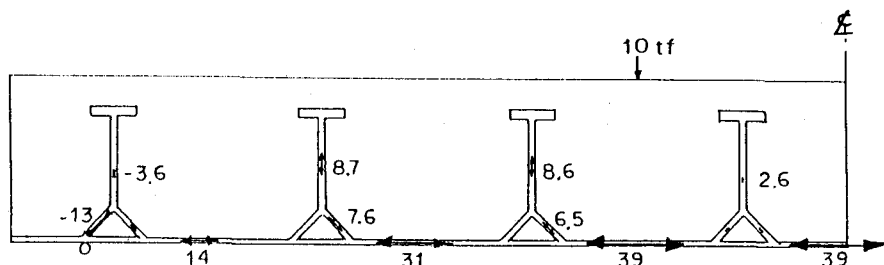


図-17 鋼板とずれ止めの応力(解析値, tf)

6 ずれ止めの押しぬき試験について

合成構造におけるずれ止めを評価する手法として、押しぬきによるずれ止めの耐力試験が一般的に行われている。本研究でもわかるように、ずれ止めは単独として性能を有するものではなく、梁全体の力の流れから耐力も変わるものである。図-18のような押しぬき試験は、コンクリート床版と鋼桁との合成橋におけるジベルには適した手法だと思われるが、それ以外の構造に使用する場合にはコンクリートの力の流れに注意すべきである。図-19aのような押しぬき試験は、支承部におけるずれ止めとして図-19bと似た力の流れになるので有効かも知れない。

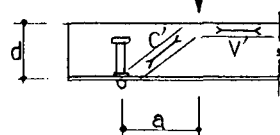
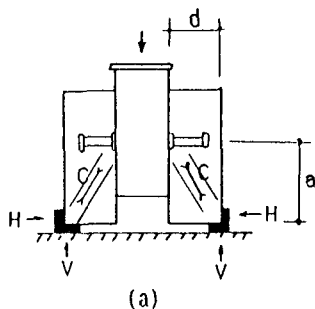
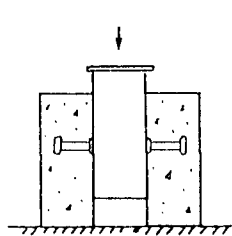


図-18 一般的な押しぬき試験

図-19 支承部をモデル化した押しぬき試験

7 おわりに

コンクリートと鋼板との剛性梁における、本報告をまとめると次のようになる。

- (1) ずれ止めがコンクリートの引張部に定着してあって、圧縮部まで伸びていない合成梁は、腹鉄筋のないRC梁と同様に、せん断スパン比によって破壊モーメントが変化し、せん断スパン比が3程度で最小値を示す。
- (2) せん断スパン比が3程度の合成梁では、ずれ止めをコンクリートの圧縮部まで伸して定着することにより、曲げ破壊させることが出来る。 ずれ止めが引張部に定着してある場合には斜ひびわれの発生により低い荷重で急激に破壊する。
- (3) 精鋼板をコンクリートとのずれ止めとして使用する場合は、精鋼板だけではコンクリートに定着されていないことに注意すべきである。
- (4) ずれ止めは単独として性能を有するものではなく、梁全体の力の流れから耐力も変化する。

本研究を遂行するにあたり、有益な指導をいただいた東京大学工学部 岡村 甫教授に感謝いたします。

参考文献

- 1) 岡村 甫：「コンクリート構造の限界状態設計法」
- 2) 土木学会：「コンクリート構造の限界状態設計法試案」解 7.1.1. 昭和56年 4月