

スタッドの高速せん断破壊実験

RAPID SPEED LOADING SHEAR TEST OF STUD

加瀬典文*, 太田貞次**, 香月智***, 石川信隆****

Norihumi KASE, Teiji OHTA, Satoshi KATSUKI, Nobutaka ISHIKAWA

*防衛大学校 理工学研究科学生 (〒239 神奈川県横須賀市走水 1-10-20)

** (株) 宮地鐵工所 技術開発部 (〒103 東京都中央区日本橋小伝馬町 15 番地 18 号)

***工博 防衛大学校助教授 土木工学科 (〒239 神奈川県横須賀市走水 1-10-20)

****工博 防衛大学校教授 土木工学科 (〒239 神奈川県横須賀市走水 1-10-20)

This paper presents an experimental approach for the rapid speed loading shear test of the stud in the steel-concrete composite structure. The static and rapid loading tests have been carried out by using a half part specimen of the standard type in the stud shear test. The effects of three parameters i.e., the loading speed, the stud height and the concrete strength are examined on the load~displacement curves and the failure modes, respectively. It is found that the failure modes are divided into three categories i.e., the concrete collapse type, the stud collapse type and the mixed type corresponding to the loading speed, the stud height and concrete strength, respectively.

Key Words : stud, steel-concrete composite structure, loading speed effect, failure mode

1. 緒言

阪神大震災では、構造物の大規模な破壊と並行して、橋梁の落橋防止装置のピンの破断など、小規模で目立たないが、いままでに経験したことのない被害が報告されている。すなわち、今回の直下型地震のように、衝撃的かつ高速度で変形する荷重がかかることにより、これらの接合構造に従来の静的実験では現れなかった破壊の形態が発生した可能性がある。

頭付きスタッドは、合成構造において、標準的な鋼とコンクリートの合成化を図る方法であり、鋼とコンクリートの合成効果を支配する重要な接合構造である。従来、スタッドは静的載荷実験から得られた強度推定式をもとに、許容耐力設計が行われてきた¹⁾。しかし、衝撃的な荷重を受ける場合の実験的研究はなされていなかった。また、衝撃的な荷重を受ける際には、破壊時の弾塑性応答によるじん性が重要であるが、スタッドの弾塑性応答およびじん性に関する研究もほとんどなされていなかった。

そこで本研究は、ロックシェッドのような衝撃荷重を受ける鋼・コンクリート合成構造の開発に資するため、スタッドの高速載荷実験を行い、その動的挙動について実験的に考察したものである。すなわち、土木学会標準スタッド供試体²⁾を半分にした片側供試体に、静的載荷実験、中速載荷実験および高速載荷実験を行い、①載荷速度、②スタッド高さ、③コンクリート強度がそれぞれ荷重~変位関係および破壊形態及ぼす影響について基礎的な考察を行ったものである。

2. 実験の概要

2.1 実験供試体および実験ケース

供試体は、図-1に示すように土木学会提案のスタッ

ド標準供試体²⁾をH型鋼のウェブ部分で2分割したコンクリートスラブであり、スタッドはT型鋼材に2本溶接されている。

スタッドは、径16mmで高さが50mm, 70mm, 90mmの3種類、コンクリートスラブは、呼び強度250kgf/cm², 300kgf/cm², 350kgf/cm² (実強度: それぞれ230, 283, 312kgf/cm²) の3種類を用いて、表-1に示すように5種類の供試体を作製した。鋼材はSS400、コンクリートスラブ内の鉄筋は丸鋼(径6mm)で、表-2に示す示方配合のコンクリートをブリーディングの影響をなくすために図-2の方向に打ち込んだ。

以上の5種類の供試体に対してそれぞれ静的、中速、高速で載荷し、15ケースの実験を行った。なお、各ケースにつき3回の実験を行った。

2.2 実験方法

(1) 静的載荷実験

実験に際して、片側偏心載荷の影響を避けるため、図-3のような鋼製の保持治具を作製し、コロによって摩擦をなくし、偏心荷重によるモーメント反力を得るようにした。なお、コロと反力壁には隙間が生じないように高力ボルトで固定した。載荷は、200tf アムスラー型載荷試験装置を用いて載荷速度0.001cm/sで行った。荷重は、アムスラー型載荷試験装置の油圧を変換することによって、変位はひずみゲージ式変位計にて計測した。なお、図-4中の①はT型鋼の変位を、②はコンクリートスラブの変位を測定するものであり、両者の差によって相対ずれを求めることができる。また、変位計は、コンクリートスラブや鋼材の変形の影響を避けるために、スタッド位置に近く設置した。

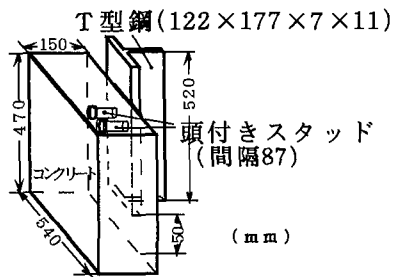


図-1 供試体

表-1 供試体種類

供試体	スラブ高さ H (mm)	スラブ径 d (mm)	径高比 H/d	コンクリート呼び強度 (kgf/cm ²)	コンクリート28 日強度 (kgf/cm ²)	載荷速度 (cm/s)	実験名	
1	50-300	50	16	3.125	300	283	0.001 1 400	50-300-ST 50-300-M 50-300-H
2	70-300	70	16	4.375	300	283	0.001 1 400	70-300-ST 70-300-M 70-300-H
3	90-250	90	16	5.625	250	230	0.001 1 400	90-250-ST 90-250-M 90-250-H
4	90-300	90	16	5.625	300	283	0.001 1 400	90-300-ST 90-300-M 90-300-H
5	90-350	90	16	5.625	350	312	0.001 1 400	90-350-ST 90-350-M 90-350-H

ただし、1 kgf/cm² = 9.8 × 10⁻² N/mm²

表-2 コンクリート示方配合

呼び強度 (kgf/cm ²)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スラブ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kgf/m ³)				
						水	セメント	細骨材	粗骨材	混和材
250	20	12	4.5	64.5	46.8	159	247	877	1028	2.47
300	20	12	4.5	55.5	45.7	159	257	840	1030	2.87
350	20	12	4.5	49.5	44.2	160	324	799	1038	3.24

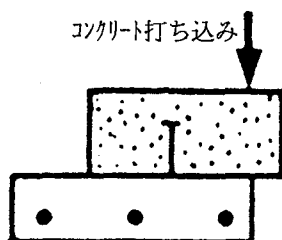


図-2 コンクリート打ち込み方向

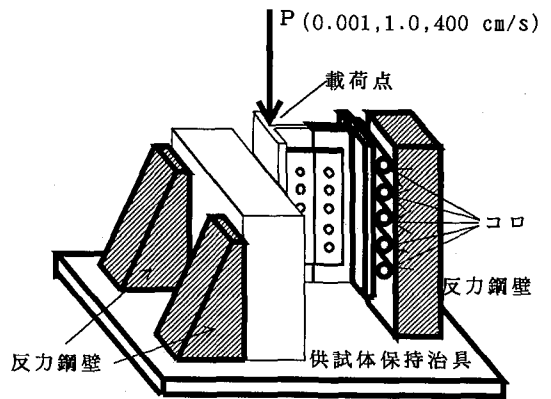
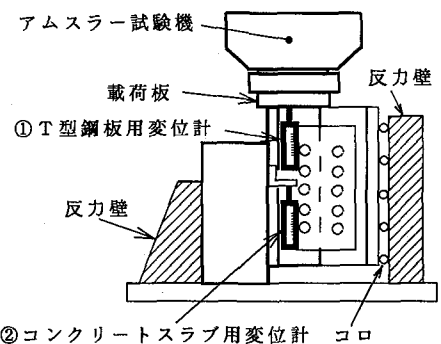
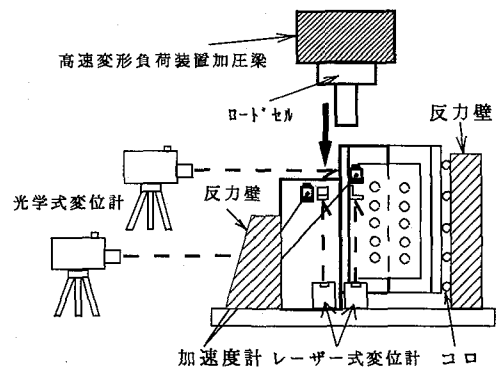


図-3 鋼製供試体保持治具



項目	計測器	計測位置
荷重	油圧変換式	T型鋼上部
変位	ひずみ式変位計 東京測器 SDP-50C, CDP-5	T型鋼
		コンクリートスラブ

図-4 静的載荷実験計測要領



項目	計測器	計測位置
荷重	50tfロードセル	T型鋼上部
変位	光学式変位計 OPT-FOLLOW MODEL 1100	T型鋼
		コンクリートスラブ
	レーザー式変位計 KEYENCE LB-1200	T型鋼
		コンクリートスラブ
変位	加速度計 PCB 305A	T型鋼
		コンクリートスラブ

図-5 高速載荷実験計測要領

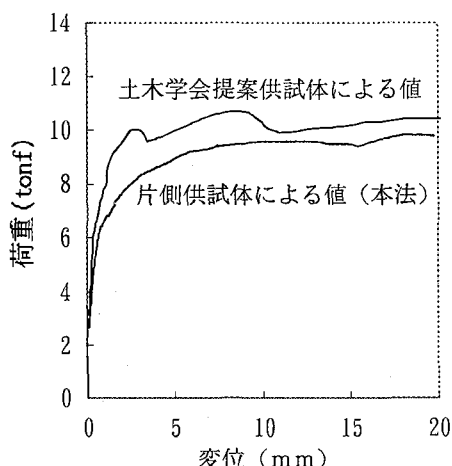


図-6 土木学会提案供試体と本研究の供試体の荷重～変位関係の比較
(静的, スタッダ高さ 90mm, コンクリート強度 283kgf/cm²)

(2) 中速および高速載荷実験

高速変形負荷装置を用いて中速および高速載荷実験を行った。高速変形負荷装置は、供試体の抵抗力に関わらず一定の速度で載荷できる装置である。本研究では中速載荷は 1 cm/s, 高速載荷は 400cm/s の速度で載荷した。荷重は、図-5 に示すように高速変形負荷装置に取り付けたロードセルで計測し、変位は光学式変位計、レーザー式変位計、加速度計をそれぞれ静的実験と同じように T 型鋼、コンクリートスラブに取り付けて互いに補完し合うように重複して計測した。

3. 実験結果と考察

3.1 片側供試体による影響

本研究では、高速変形負荷装置の最大荷重に限界 (50tf = 490kN) があるため、土木学会で提案された標準供試体の片側のみを使用した。この分割の影響を確かめるため、静的載荷実験により、本供試体を 2 つ組み合わせた標準供試体による実験を行い、比較検討した。図-6 に 2 つの静的実験から得られたスタッド 1 本あたりの荷重～変位関係を比較して示す。本研究で用いた片側供試体は、全般的に荷重が低下する傾向があるが、ほぼ同様な荷重～変位関係を示しており、鋼製供試体治具が効果的に働いていることがわかる。

また、従来のスタッドの押し抜き挙動に関する研究^{3)～9)}においては、残留すれ変位量によってスタッドの破壊を評価する手法を用いているが、本研究では、高速に一方方向に載荷するため、繰り返し載荷ができないので、除荷後のすれ変位量を測定することができない。そこで載荷面の変位と、スタッド横におけるコンクリートの変位をとり、その差をもってすれ変位量とすることにした。その際、高速実験では、光学式変位計、レーザー式変位計および加速度計の積分という 3 種類の変位計測によって互いに補完したデータを用いて整理した。

3.2 荷重～変位関係に及ぼす載荷速度の影響

図-7 にコンクリート強度およびスタッド高さを一定にして、載荷速度をパラメーターとしたときの荷重～変位関係を示す。コンクリート強度は各グラフとも 283kgf/cm², スタッド高さは (a), (b), (c) の順に 50mm, 70mm, 90mm である。これらのグラフから、いずれも載荷速度が増すにつれ荷重が大きくなる傾

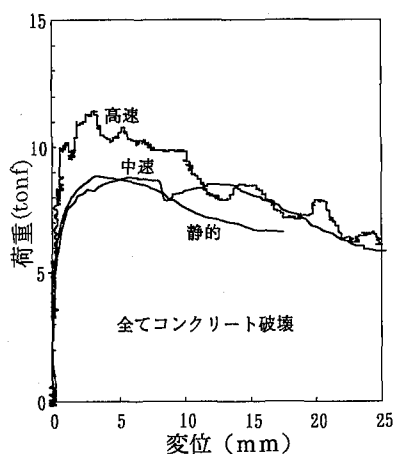
向があること、逆に、破壊変位は小さくなる傾向があることがわかる。この傾向は、スタッド高さが高くなるにつれ顕著である。このことは後の破壊形態で見られるように、載荷速度が速くなりスタッド高さが高くなると、破壊形態がスタッド破壊型となり、このためスタッドのせん断 (脆性) 破壊により破壊変位が小さくなるためと思われる。

3.3 荷重～変位関係に及ぼすスタッド高さの影響

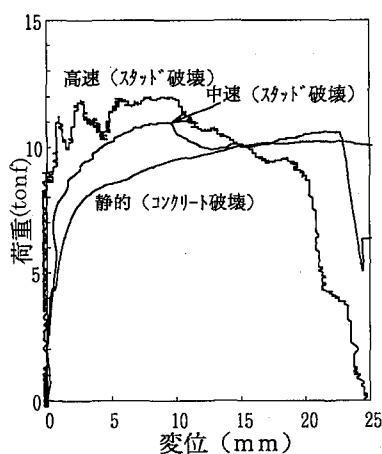
図-8 にコンクリート強度および載荷速度一定のもとで、スタッド高さをパラメーターとしたときの荷重～変位関係を示す。コンクリート強度は各グラフとも 283 kgf/cm², 載荷速度は (a), (b), (c) の順に静的、中速、高速である。(a) のグラフを見ると、スタッド高さが大きくなるにつれ荷重はやや大きくなるがあまり変わらない。これは、後の破壊形態で見られるようにコンクリートが破壊し、スタッドに破壊が生じないためである。(b) のグラフにおいて、スタッドが破断したと見られる点で荷重が急落するスタッド高さ 90mm, 70mm の 2 つのグラフに注目すると、スタッド高さが大きくなっても最大荷重はあまり変わらないが、スタッド破断変位は顕著に小さくなることがわかる。(c) のグラフはその傾向がより顕著に現れている。

3.4 荷重～変位関係に及ぼすコンクリート強度の影響

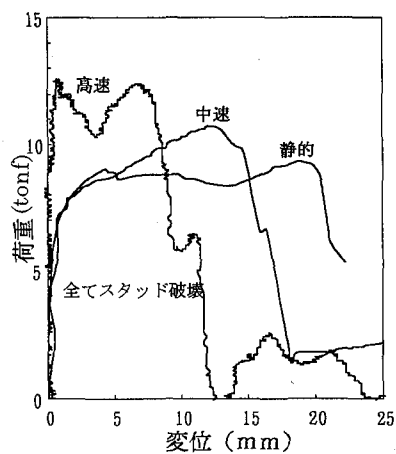
図-9 にスタッド高さおよび載荷速度一定のもとに、コンクリート強度をパラメーターとしたときの荷重～変位関係を示す。スタッド高さは各グラフとも 90mm, 載荷速度は (a), (b), (c) の順に静的、中速、高速である。(a) のグラフを見ると、コンクリート強度が大きくなると荷重は増加する傾向があることがわかる。これは、後の破壊形態で見られるように、全てコンクリートで破壊するため、コンクリート強度に強く影響を受けるためと思われる。(b) のグラフを見ると、コンクリート強度が大きくなるにつれ荷重が増加するが、逆にスタッド破断変位は顕著に小さくなることがわかる。この場合の破壊形態は全てスタッド破壊となるが、中速のためコンクリート強度にやや依存しているためと思われる。(c) のグラフは載荷速度が (b) よりも速くなるため、その傾向がより顕著に現れている。



(a) スタッド高さ 50mm

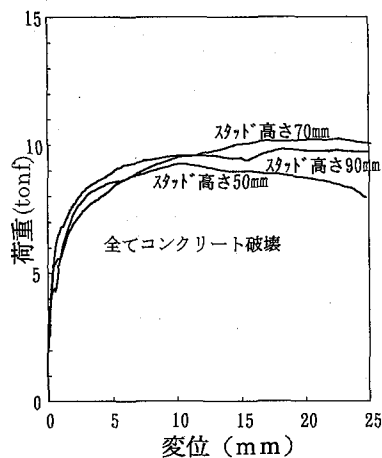


(b) スタッド高さ 70mm

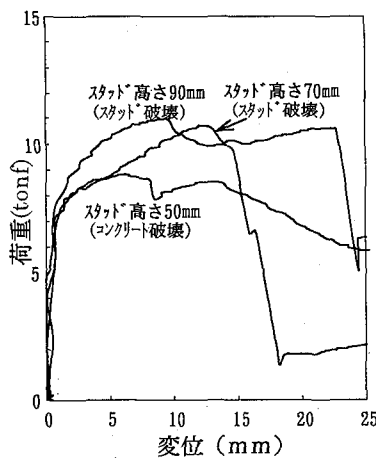


(c) スタッド高さ 90mm

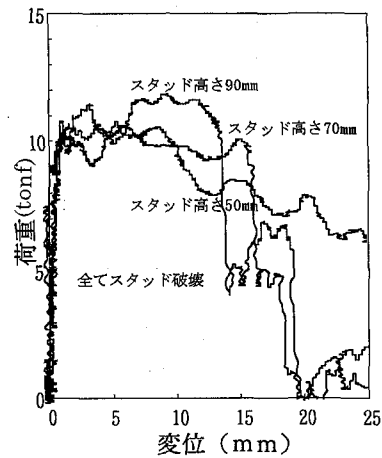
図-7 載荷速度の影響 (コンクリート強度 283kgf/cm²)



(a) 静的載荷

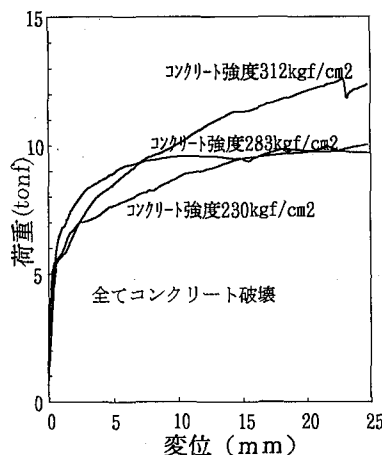


(b) 中速載荷

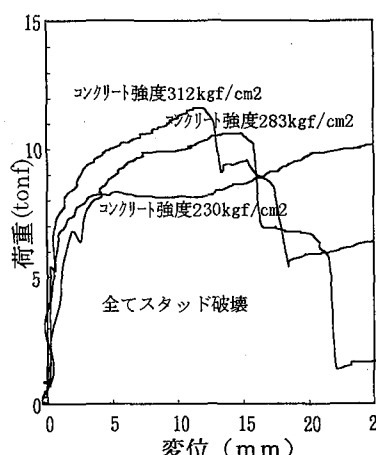


(c) 高速載荷

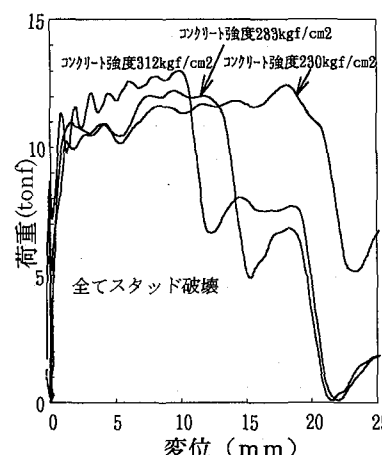
図-8 スタッド高さの影響 (コンクリート強度 283kgf/cm²)



(a) 静的載荷



(b) 中速載荷



(c) 高速載荷

図-9 コンクリート強度の影響 (スタッド高さ 90mm)



写真-1 コンクリート破壊型
(静的, 供試体 50-300)

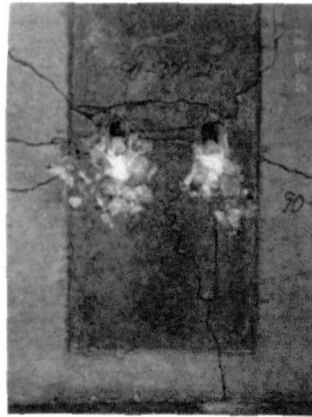


写真-2 スタッド破壊型
(静的, 供試体 90-300)



写真-3 混合破壊型
(中速, 供試体 50-300)

4. 破壊形態

4.1 分類

付録の判定欄に示したように、静的、中速、高速の各実験において、供試体の破壊がコンクリートスラブ側の破壊によって生じるコンクリート破壊型 $\textcircled{C}$ と、スタッドのせん断破壊によって生じるスタッド破壊型 $\textcircled{S}$ およびその中間の混合型 $\textcircled{CS}$ またはいずれかが存在した混在型の $\textcircled{CS}$ の3種類の破壊形態に分類した。ここで一例として供試体 50-300 の静的実験でのコンクリート破壊型を写真-1に示す。スタッド周りのコンクリートは崩落しており、コンクリートスラブとT型鋼は完全に分離している。また、スタッドもずれ方向に根元から曲げ変形が生じている。写真-2に供試体 90-300 の静的実験でのスタッド破壊型の例を示す。スタッドは溶殖根元部でせん断的に切断しており、破壊面は比較的平坦で光沢があった。さらに、スタッド一本のみがせん断破壊をし、他方はコンクリートの破壊を示したスタッド破壊とコンクリート破壊の混合型も見られた。写真-3に供試体 50-300 の中速載荷実験で得られた混合型破壊の例を示す。

4.2 破壊形態に及ぼす載荷速度の影響

図-10は、供試体 90-300 (スタッド高さ 90mm, コンクリート強度 283kgf/cm^2) の破壊形態に及ぼす載荷速度の影響を調べたものである。斜線の部分はコンクリートが剥離したことを示す。本供試体は、いずれもスタッド破壊型であるが、スタッド取り付け前面部のひび割れが静的→中速→高速と載荷速度が大きくなるにつれて顕著に少なくなっている。これは、コンクリートスラブへの荷重伝達が充分に行われないうまま、スタッドの破壊が瞬時に生起しているためと考えられる。

4.3 破壊形態に及ぼすスタッド高さの影響

図-11は、コンクリート強度 283kgf/cm^2 で中速載荷の場合のスタッド高さの違いが破壊形態に及ぼす影響を示したものである。これより、スタッド高さが大きくなるにつれ、ひび割れが少なくなっていることがわかる。これはコンクリート破壊型が広範囲にわたって剥離が起きているが、

スタッド破壊の場合はひび割れが少なくなるためと思われる。

4.4 破壊形態に及ぼすコンクリート強度の影響

図-12は、スタッド高さ 90mm, 載荷速度を高速にしたときのコンクリート強度が破壊形態に及ぼす影響を示したものである。これより、コンクリート強度が増大するにつれ、前面のひび割れが極端に少なくなっていることがわかる。これは高速載荷でコンクリート強度が大きいと、コンクリートスラブにひび割れを発生する暇もなく、瞬時にスタッドが破壊するためと思われる。

4.5 破壊形態のまとめ

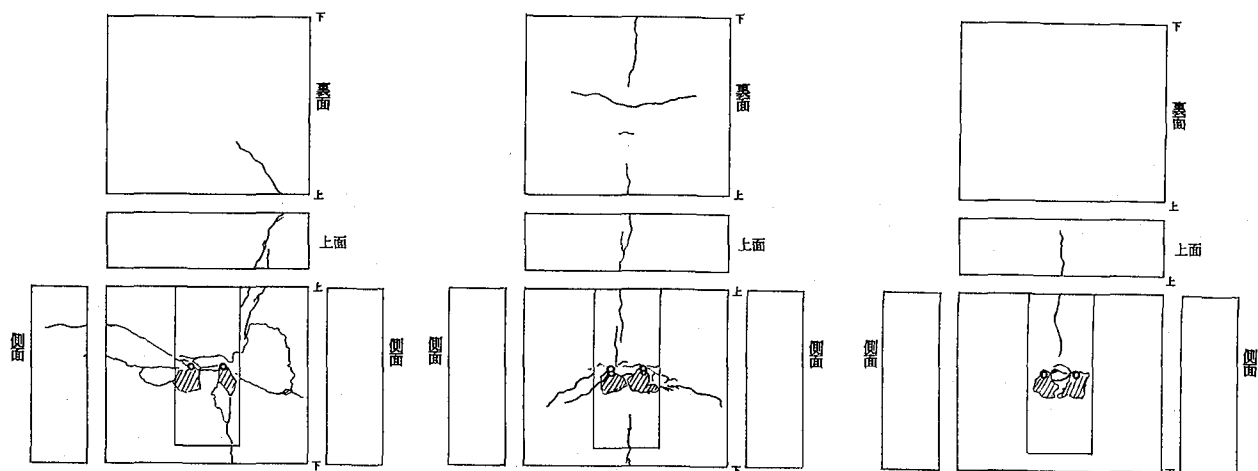
図-13は、本実験で得た破壊形態をコンクリート強度、スタッド高さ、載荷速度により $\textcircled{C}$ 、 $\textcircled{S}$ 、 $\textcircled{CS}$ に分類整理したものである。図中 $\textcircled{C}$ はコンクリート破壊型、 $\textcircled{S}$ はスタッド破壊型、さらに $\textcircled{CS}$ はコンクリート破壊型であったり、スタッド破壊型であったり、または混合型破壊であったりする混在型の破壊を示す。

図-13より、静的載荷でスタッドの径高比 $H/d = 3.1$ 、コンクリート強度 283kgf/cm^2 の供試体、 $H/d = 4.4$ 、コンクリート強度 283kgf/cm^2 の供試体および $H/d = 5.6$ でコンクリート強度が小さい 230kgf/cm^2 の供試体は、 $\textcircled{C}$ のコンクリート破壊である。これに対して、 $H/d = 5.6$ でコンクリート強度が 283kgf/cm^2 の供試体および 312kgf/cm^2 の供試体は $\textcircled{CS}$ の混在型となっている。

さて、道路橋示方書¹⁾では、スタッド破壊とコンクリート破壊の分類条件は、コンクリート強度とは無関係に H/d (径高比) を用いて、次式によって表している。

$$\left(\frac{H}{d}\right)_B = 5.5 \quad (1)$$

ここで、 $\left(\frac{H}{d}\right)_B$: 臨界径高比で、 $H/d \geq \left(\frac{H}{d}\right)_B$ のときスタッド破壊、 $H/d < \left(\frac{H}{d}\right)_B$ のとき、コンクリート破壊である。



(a) 静的載荷

(スタッド破壊)

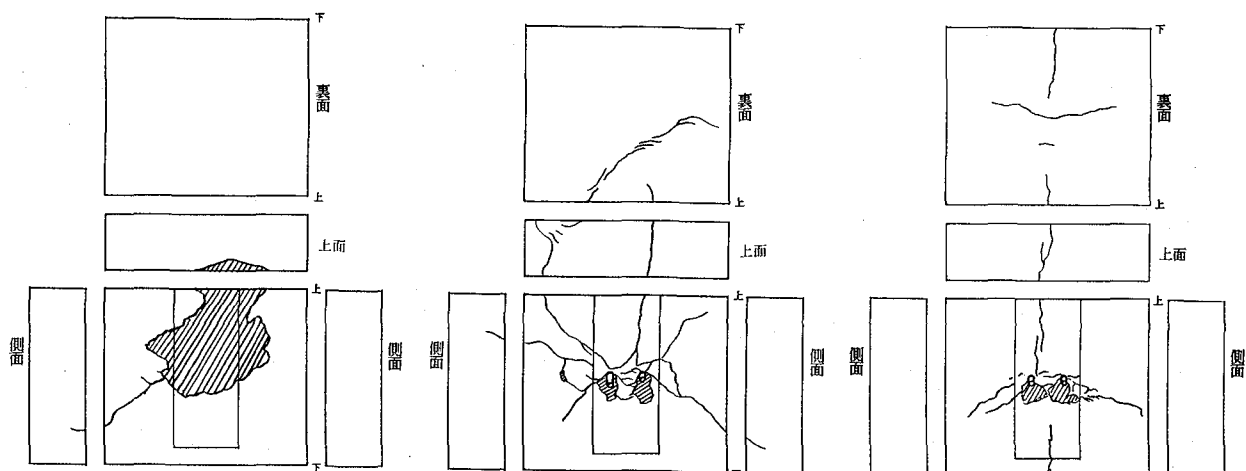
(b) 中速載荷

(スタッド破壊)

(c) 高速載荷

(スタッド破壊)

図-10 破壊形態に及ぼす載荷速度の影響 (スタッド高さ90mm, コンクリート強度283kgf/cm²)



(a) スタッド高さ50mm

(コンクリート破壊)

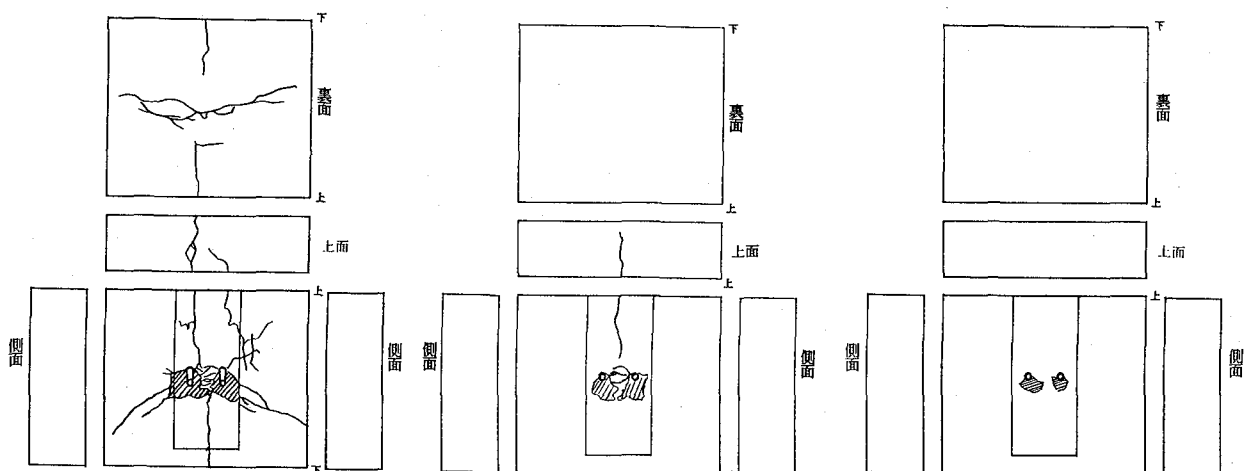
(b) スタッド高さ70mm

(スタッド破壊)

(c) スタッド高さ90mm

(スタッド破壊)

図-11 破壊形態に及ぼすスタッド高さの影響 (中速, コンクリート強度283 kgf/cm²)



(a) コンクリート強度230 kgf/cm²

(スタッド破壊)

(b) コンクリート強度283 kgf/cm²

(スタッド破壊)

(c) コンクリート強度312 kgf/cm²

(スタッド破壊)

図-12 破壊形態に及ぼすコンクリート強度の影響 (高速, スタッド高さ90mm)

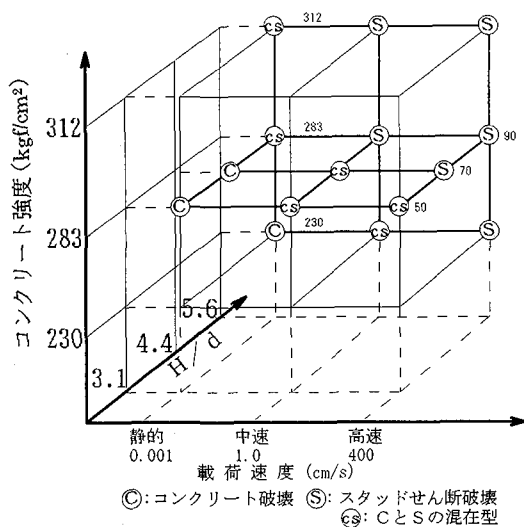


図-13 破壊形態

よって、静的実験の供試体 90-300 ($H/d = 5.6$)がほぼ臨界径高比と一致するため、混在型の破壊形態が現れたものと思われる。しかし、中速載荷になると、供試体 90-300 は完全にスタッド破壊型となり、混在型はスタッド長が70mm ($H/d = 4.4$)の供試体 70-300に移行している。さらに、高速になるとコンクリート破壊型はなくなり、わずかに最もスタッドの短い供試体 50-300 ($H/d = 3.1$)にのみ混在型として現れる。これらのことから、載荷速度が速くなるにつれて、臨界径高比が小さくなり、スタッド破壊が卓越することがわかる。以上のことより、破壊モードの分類境界はコンクリート強度、スタッドの形状、および変形速度の関数となることがわかる。ここで、式(1)が単に径高比の関数で分類していたことを考慮して、静的実験で式(1)と一致させようとして、コンクリート強度 $\sigma_c = 283 \text{ kgf/cm}^2$ における臨界径高比と速度との関係を表すと図-14 のようになる。これより、臨界径高比と対数化された載荷速度とは、ほぼ線形関係になることがわかる。従来の静的な臨界径高比を満足するように近似式を求めると、次式のようなになる。

$$(H/d)_B = 4.2 - 0.19 \ln V \quad (2)$$

ただし、 V : 載荷速度 (cm/s) であり、静的を 0.001 cm/s とする。また、本式の適用はコンクリート強度 $\sigma_c = 283 \text{ kgf/cm}^2$ に限られるものとする。

5. 結 論

本研究は、スタッドの静的、中速および高速せん断実験を行い、載荷速度、スタッド高さおよびコンクリート強度がそれぞれ荷重～変位関係および破壊形態に及ぼす影響について調べたものである。本研究で得られた成果を再度要約すると以下のようになる。

(1) 本研究で用いた片側試験体による荷重～変位関係は、標準供試体によるものとほぼ一致する結果を得た。

(2) 載荷速度が増大するにつれ、スタッドの最大耐力は増加するが、破壊変位は小さくなることが認められた。

(3) スタッドの高さが大きくなるにつれ、スタッドの最大耐力はさほど変化はないが、破壊変位は小さくなることがわかった。

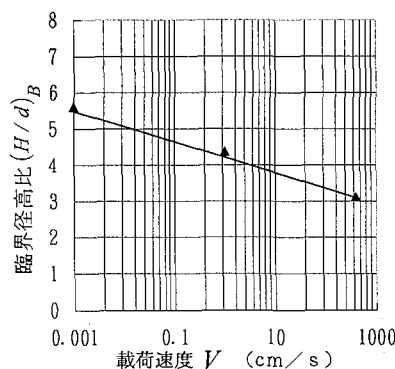


図-14 臨界径高比 $(H/d)_B \sim$ 載荷速度 V 関係

た。

(4) コンクリート強度が増大するにつれ、スタッドの最大耐力も増大するが、破壊変位は顕著に小さくなることが認められた。

(5) これらは、破壊形態と密接な関係があり、破壊形態をスタッド破壊型、コンクリート破壊型および混在型の3種類に分類することができた。

(6) 一例として、コンクリート強度 $\sigma_c = 283 \text{ kgf/cm}^2$ の場合の臨界径高比と載荷速度の関係式を導くことができた。

謝辞：本研究を行うにあたり、防衛大学校研究員伊藤一雄氏のご援助を受けた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書，1980年2月。
- 2) 土木学会：鋼・コンクリート合成構造の設計ガイドライン，1989年3月。
- 3) 山本稔，中村正平：Stud Shear Connector の試験報告，建設省土木研究所報告，109号，pp.1～24，1961年1月。
- 4) 沢野邦彦，浜田純夫，若林武忠，成岡昌夫：直径19mmスタッドジベルの押し抜き疲労強度に関する研究，土木学会論文集，第174号，pp.1～9，1970年2月。
- 5) 阿部英彦：鉄道用合成桁のずれ止めに関する実験的研究，鉄道技術研究所，No.961，pp.1～222，1975。
- 6) 平野道勝，穂積秀夫，吉川精雄，友永久雄：床鋼板つきコンクリートスラブに埋込まれたスタッドコネクタの押抜き試験，日本建築学会論文報告集，第281号，pp.57～68，1979年7月。
- 7) 赤尾親助，栗田章光，平城弘一：頭付きスタッドの押抜き挙動に及ぼすコンクリートの打込み方向の影響，土木学会論文集，第380号／I-7，pp.311～320，1987年4月。
- 8) I.M.Viest：Investigation of Stud Shear Connectors for Composite Concrete and Steel T-Beams，Journal of the American Concrete Institute，Vol.27，No.8，pp.875-891，1956。
- 9) Roger G.Slutter，George C.Driscoll：Flexural Strength of Steel-Concrete Composite Beams，Journal of the Structural Division，ASCE，Vol.91，ST2，pp.71-99，1965。

(1995年9月18日受付)

付録 実験結果一覧

(1) 静的実験

スタット高さ (mm)	コンクリート強度 (kgf/cm ²)	弾性限界荷重 (tonf)	弾性限界変位 (mm)	弾性剛性 (kgf/cm)	最大荷重 (tonf)	最大荷重点変位 (mm)	破壊形態	備考	判定
50	283	5.04	0.40	126000	9.25	10.28	コンクリート		Ⓒ
		6.19	0.49	126327	9.33	19.00	コンクリート	除外	
		6.06	0.36	168333	8.83	3.69	コンクリート		
70	283	6.04	0.51	118431	8.05	1.97	コンクリート	除外	Ⓒ
		4.28	0.37	115676	10.22	21.06	コンクリート		
		6.53	0.61	107049	10.49	19.65	コンクリート		
90	230	6.10	0.62	98387	9.63	9.35	コンクリート	除外	Ⓒ
		5.57	0.36	154722	10.35	22.15	コンクリート		
		5.52	0.68	81176	10.08	25.80	コンクリート		
	283	6.04	0.12	503333	9.95	6.95	コンクリート	除外	ⒸS
		6.54	0.61	107213	9.09	20.08	スタット		
		5.92	0.61	97049	9.83	18.25	コンクリート		
	312	6.03	0.22	274091	11.11	9.47	スタット		ⒸS
		5.53	0.78	70897	12.75	27.73	コンクリート		
		5.58	0.67	83284	10.53	26.12	コンクリート		

(2) 中速実験

スタット高さ (mm)	コンクリート強度 (kgf/cm ²)	弾性限界荷重 (tonf)	弾性限界変位 (mm)	弾性剛性 (kgf/cm)	最大荷重 (tonf)	最大荷重点変位 (mm)	破壊形態	備考	判定
50	283	7.50	0.51	147059	8.80	5.77	コンクリート		ⒸS
		7.00	1.15	60870	8.20	14.09	混合		
		7.40	0.67	110448	7.95	2.05	混合		
70	283	6.90	0.89	77528	10.45	20.81	コンクリート		ⒸS
		7.60	0.75	101333	10.30	22.73	スタット		
		7.50	0.72	104167	10.45	17.30	コンクリート		
90	230	6.35	0.97	65464	10.15	26.87	コンクリート		ⒸS
		6.00	0.82	73171	9.85	27.95	コンクリート		
		6.70	0.91	73626	9.85	27.74	スタット		
	283	8.10	0.99	81818	10.30	9.10	スタット		ⒸS
		7.15	0.75	95333	9.00	15.00	スタット		
		6.75	2.00	33750	9.83	18.25	スタット		
	312	7.60	3.48	21839	9.80	18.13	スタット		ⒸS
		6.75	0.73	92466	10.50	26.35	スタット		
		7.45	0.91	81868	10.95	12.85	スタット		

(3) 高速実験

スタット高さ (mm)	コンクリート強度 (kgf/cm ²)	弾性限界荷重 (tonf)	弾性限界変位 (mm)	弾性剛性 (kgf/cm)	最大荷重 (tonf)	最大荷重点変位 (mm)	破壊形態	備考	判定
50	283	9.85	0.80	123125	11.45	3.26	コンクリート		ⒸS
		9.80	0.23	426087	10.32	0.69	コンクリート	除外	
		8.05	0.73	110274	11.30	4.32	混合		
70	283	11.55	1.00	115500	10.49	20.84	スタット		ⒸS
		10.49	0.96	109271	10.51	23.39	スタット		
		10.10	0.50	202000	10.50	16.00	スタット		
90	230	7.25	0.45	161111	10.45	13.96	スタット	除外	ⒸS
		9.86	1.33	74135	12.10	15.31	スタット		
		9.99	1.09	91651	11.76	20.98	スタット		
	283	11.39	0.67	170000	11.20	8.62	スタット		ⒸS
		10.20	1.06	96226	11.40	13.65	スタット		
		9.92	1.00	99200	11.60	18.82	スタット		
	312	8.79	0.90	97667	10.85	14.00	スタット		ⒸS
		10.40	0.70	148571	12.85	10.86	スタット		
		10.59	0.70	151286	12.56	15.70	スタット		