

衝撃作用下における鉄筋コンクリートの付着特性とそのモデル化

神戸大学工学部 正会員 宮本 文穂
神戸大学大学院 学生員 ○M. W. KING

1. まえがき： 衝撃作用下での付着特性は十分明らかになっていないといえず、衝撃破壊挙動解析上¹⁾のネックの1つとなっている。本研究は、種々の衝撃作用下における鉄筋とコンクリートの付着特性を実験的に明らかにし、その動的効果を定式化することを試みたものである。本研究では、動的効果を定式化するため、載荷速度及び鉄筋径 (D13 及び D16) をパラメータとし、付着特性に及ぼす衝撃作用の効果をこれらのパラメータでボンドリンク要素²⁾としてモデル化する。ボンドリンク要素は、有限要素解析における要素内の共通の座標を有する鉄筋とコンクリート間の2節点に鉄筋軸方向とそれと直交方向に長さの無いバネを配するもので、鉄筋軸方向のすべり (付着) 剛性 K_h 及び軸直交方向のはだ離れ剛性 K_v で表すものである。

2. 実験の概要： 本実験で採用した試験法

は、はりの曲げ試験法であり、FIG. 1 にその衝撃試験装置及び供試体の形状・寸法を示す。重錘の落下高さ(H)及びゴム厚 (h=6.10及び20cm) を変えることにより、載荷速度を任意に設定することができる。本実験では、鉄筋のミリング加工により、ひずみゲージを鉄筋の断面中心溝の側面に貼付した (FIG. 2 参照)。ひずみゲージの貼付け位置は、鉄筋中央より5cm間隔で6ヶ所、及び続けて10cm間隔で2ヶ所の合計8ヶ所とした。鉄筋中央より3番目と5番目のゲージは2方向のひずみゲージを配し、鉄筋軸

および鉄筋軸と直角方向 (鉛直方向) のひずみを測定するものとした。コンクリート内ひずみは、埋込み型ひずみゲージを用いて測定し、中央点より10cm (中央より3番目) と20cm (中央より5番目) のところに設置した。これらのゲージは鉄筋軸と直角方向のコンクリートひずみを測定する目的である。

3. 実験結果及び考察： 本実験より得られた鉄筋軸方向のひずみ分布より、付着応力度及び相対すべり量を算出した。この付着応力度～相対すべり量関係の代表的なものを FIG. 3～6 に示す。鉄筋軸方向の付着剛性 K_h は、これらの曲線の勾配より求まる。FIG. 3&4 は、従来より行われている整理方法の例を示したもので、FIG. 5&6 は本研究で用いた整理法の例である。従来の手法では、付着応力度～すべり曲線は、鉄筋軸に沿う任意の点に注目して、各荷重段階での付着応力度及び相対すべり量の関係を表わすものであり、各測点ごとの曲線の勾配にかなりのばらつき (特に静的で著しい) があることが分かる。これに対し、本研究で検討した手法では、各荷重段階ごとの各位置における付着応力度とその点の相対すべり量の関係を

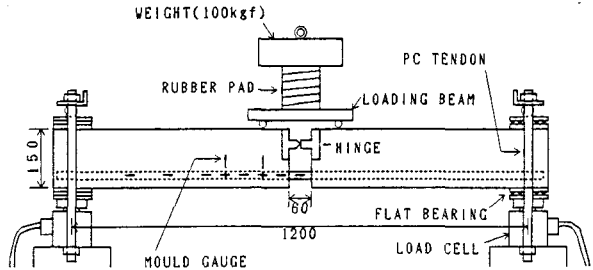


FIG. 1 SPECIMEN DETAILS & IMPACT TEST SET-UP

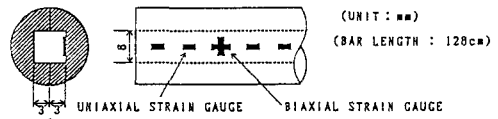


FIG. 2 DETAILS OF GAUGE ARRANGEMENT

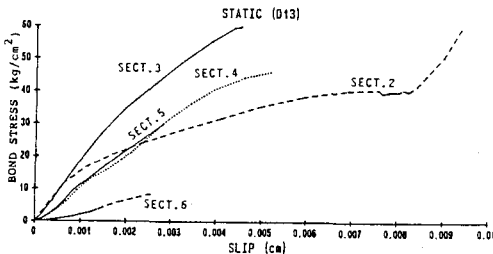


FIG. 3 STATIC RESULT (CONVENTIONAL METHOD)

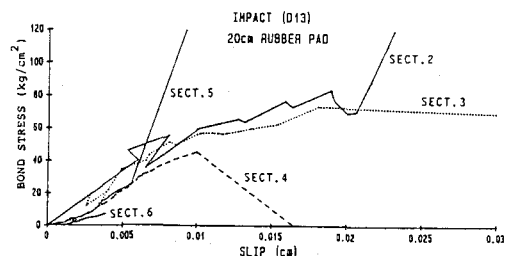


FIG. 4 IMPACT RESULT (CONVENTIONAL METHOD)

Ayaho MIYAMOTO, Michael William KING

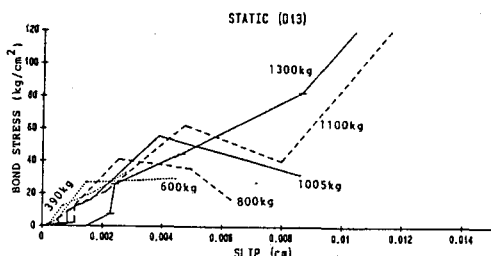


FIG. 5 STATIC RESULT (PROPOSED METHOD)

示すものとなっており、静・衝撃作用下とも載荷速度及び鉄筋径の差異にほぼ関係なく直線関係がみられ、そのばらつきも少ないことが分かる。このように、付着剛性の取り方による誤差が大きくなる欠点を改善できるものと考え。また、得られた付着剛性の値は、従来の手法によるものの中間的な値になるので付着剛性の決定に有効に応用できると考える

(TABLE 1 参照)。これらの図を比較してみると、衝撃及び静的の特徴が明らかとなる。すなわち、静的の場合では、初期勾配は大きい、付着応力度の低いところで付着切れが起こるのに対して、衝撃は逆の現象を示している。

本実験より求められた中央(中間)値を利用して、パラメータである載荷速度および鉄筋径の影響を K_h の関数内に入入れて次式のように表すものとする。

$$K_h = f(\psi, t) \quad (1)$$

ここで、 ψ :鉄筋の周長(cm)、 t :衝撃力作用時間(s) これらを実験値に基づいて定式化した結果を、

$K_h = \text{Log}_{10}(\psi \cdot t)$ としてプロットするとFIG. 7に示すようになる。

現在まで、鉄筋軸方向の付着剛性に関する研究は多く、 K_h の算定方法及び測定方法もほぼ確立されているが、鉄筋軸直交方向の付着剛性 K_v に関する研究はほとんど見られない。従来より、 K_v の値は K_h と比較して相対的に大きく仮定して解析を行って来た。本研究では、この点に根拠を与えるため、 K_v の値を実験的に求めることを試みた。すなわち、鉄筋軸直交方向のひずみゲージ及びコンクリート埋込みゲージの2つの測点間での応力～変形関係より、 K_v の値を算出した。その結果をFIG. 8に示す。これより、静的試験結果の弾性範囲内で得られる値を用いるものとする、 $K_v = 1.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ となり、従来より解析で用いられている値より、かなり小さくなることが明らかとなった。なお、載荷荷重の低いところでは、多少鉄筋の形状や埋込みゲージの固定方法による影響が表われている。

4. 結論: 1) 衝撃作用下では、付着応力度～相対すべり量関係から得られる付着剛性が静的荷重下でのものより小さくなるが、付着切れが生ずるまでの付着応力度は静的のものより大きい。

2) K_h は載荷速度および鉄筋径の影響を受け、これらをパラメータとする関数として表せる。

参考文献: 1) 藤井、他: 鉄筋コンクリートはりの衝撃挙動解析に関する基礎的研究、第7回JCI年次講演会論文集1985 2) D. Ngo, A. C. Scordelis: Finite Element Analysis of RC Beams, ACI Jour. March 1967

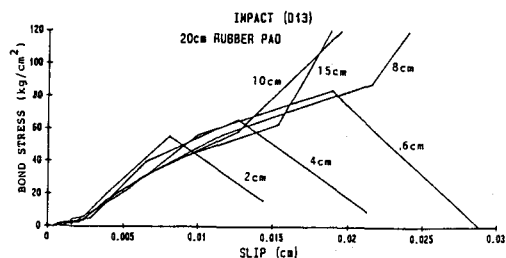


FIG. 6 IMPACT RESULT (PROPOSED METHOD)

TABLE 1 COMPARISON OF K_h VALUE

TEST TYPE	TEST BAR	DEPTH OF RUBBER PAD	K_h VALUE (kgf/cm ²)			
			CONVENTIONAL METHOD			PROPOSED METHOD
			MAX.	MIDDLE	MIN.	
STATIC	D13	---	19000	10800	3600	12900
STATIC	D16	---	18500	7000	2500	8670
IMPACT	D13	6cm	8600	7300	2000	6500
IMPACT	D13	10cm	8850	6500	1000	7070
IMPACT	D13	20cm	7000	5400	1500	5300
IMPACT	D16	6cm	5300	5000	1100	7200
IMPACT	D16	10cm	5500	3900	1250	3600
IMPACT	D16	20cm	4500	3500	1000	4800

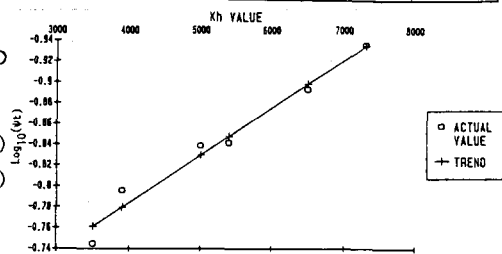


FIG. 7 K_h VALUE IN RELATION WITH PARAMETERS

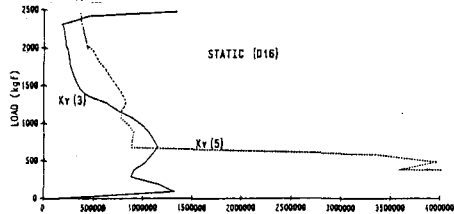


FIG. 8 K_v VALUE IN RELATION WITH LOAD