

V-184 ずれ止め付き鋼管-コンクリート合成構造における耐荷機構

（その3） 破壊機構および破壊耐力の考察

三井建設㈱土木技術部 正会員 山田武正

三井建設㈱土木技術部 正会員 三上 浩

三井建設㈱土木技術部 正会員 加藤正利

1. はじめに

コンクリートスラブに集中的な荷重が作用すると、押抜きせん断破壊が生じることが多い。押抜きせん断については、多くの研究がされているものの、スラブの厚さ中間部に荷重が作用する、いわゆる“埋込み載荷”については研究された例は少ないようである¹⁾。（その3）では、コンクリートに埋込まれたずれ止め付き鋼管から押込み力が作用する、分散型埋込み載荷ともいべき載荷状態の破壊機構および破壊耐力について、（その1）および（その2）の結果に基づいて検討を行った。また、汎用FEM解析プログラム“ADINA”による非線形解析を行い、コンクリート内部での応力の流れ、ひびわれ状況などを確認した。

2. 破壊機構

押抜きせん断の破壊機構としては、引張強度等のコンクリート強度の影響が大きい“せん断タイプ”のものと、鉄筋の降伏強度、鉄筋比などの影響が大きい“曲げタイプ”のものが考えられている²⁾。実験における荷重と試験体中央部の下端筋ひずみとの関係を図-1に示す。図より、破壊時（最大荷重作用時）のひずみが200~800 μ 程度で、脆性的な破壊を示すものと、一旦荷重のピークを迎えた後、急激に荷重が低下せず、破壊時の鉄筋ひずみが降伏近くまで達して破壊するものの2タイプに大別することができる。また、破壊後の試験体内部ひびわれ状況からも2タイプに分類することができる。これらのことは、上記の破壊機構の相

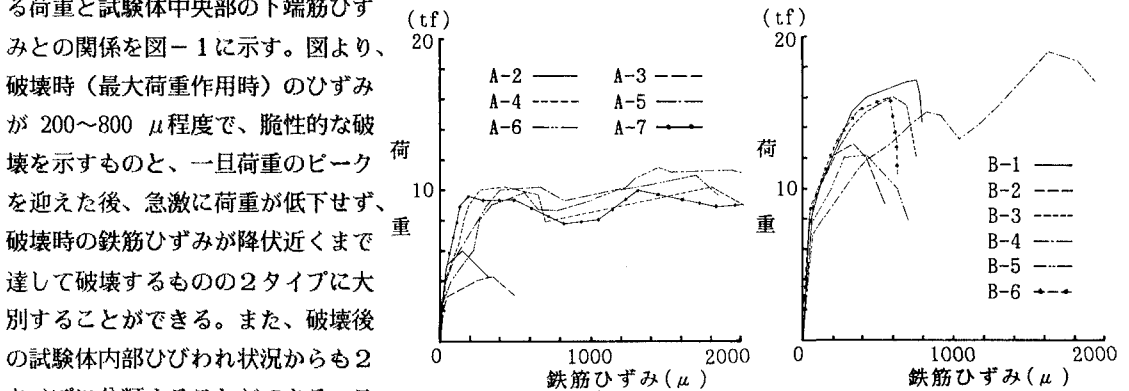


図-1 荷重と鉄筋ひずみの関係

表-1 破壊機構の分類

違に対応するものと考えられ、表-1に破壊機構と関連付けて整理した結果を示す。破壊機構の相違は図-2に示すように、せん断タイプの場合は、円錐状のせん断破壊面を形成し、曲げタイプの場合は、タイドアーチを形成し、アーチ部のコンクリートとタイ部の鉄筋で抵抗するものと考えられる。ひびわれ面がアーチ状となることに係わるものとしては、鋼管先端からのせん断ひびわれの発生およびひびわれ幅の進展に起因するスラブの曲げ変形量の増加によるスラブ上部の水平方向圧縮

破壊機構	実験結果（破壊時）		試験名	ずれ止め				付着	先端支圧
	鉄筋	ひびわれ		位置	段数	厚さ			
せん断タイプ	低応力レベル	鋼管先端から円錐状ひびわれ	A-2	-	-	-	有	有	有
			A-3	-	-	-	-	有	有
			B-1	上中下	3	小	有	有	有
			B-2	中下	2	小	有	有	有
			B-3	上中	2	小	有	有	有
			B-5	中	1	大	有	有	有
曲げタイプ	降伏近くに達す	鋼管先端からの円錐状ひびわれ及びずれ止めからのアーチ状ひびわれ	A-4	中	1	小	有	有	-
			A-5	中	1	小	有	有	-
			A-6	中	1	小	-	有	-
			A-7	中	1	小	-	-	-
			B-4	上	1	小	有	有	有

注) A-4、A-5は、ずれ止めからの円錐状ひびわれも観察された。

応力の増大が考えられる。この鋼管先端からのひびわれの発生の有無及びひびわれ幅の進展は、（その1）および（その2）に示したように、ずれ止めの段数、厚さ、付着などによる鋼管周面での抵抗力の違いに影響されるものと考えられる。

FEM解析は、せん断タイプと曲げタイプの破壊を示した代表的なものとしてB-1およびB-4の試験について行った。

解析では、構造を軸対称にモデル化し、鋼管とコンクリートとの界面でのすべりは考慮し、鉄筋についてはコンクリートと完全付着とした。数値計算上の解の収束性の問題から、実験での最終破壊段階までは再現できなかったが、最終荷重段階でのひびわれ状況を図-3に示す。

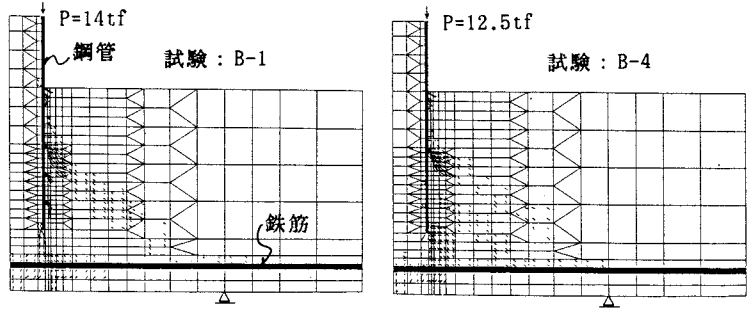


図-3 コンクリート内部のひびわれ状況（FEM解析）

図より、B-1では下面中央部の曲げのひびわれ、並びに最上段のずれ止めからの円錐状のひびわれが発生しており、B-4では下面中央部の曲げのひびわれに加え、鋼管先端付近からの円錐状ひびわれが発生し、ずれ止めからのひびわれもB-1に比べてアーチ状となっていることが判る。また、初ひびわれについても、図-1の鉄筋ひずみより、B-1、B-4はそれぞれ9~10tf、7~8tfで発生したものと考えられるのに対し、解析ではそれぞれ8tf、6tfといずれも下回っているものの、B-4の方がB-1よりも発生が早いという傾向はよく再現された。

3. 破壊耐力

「コンクリート標準示方書」³⁾による押抜きせん断耐力を算定し、図-4で実験結果との比較を行った。なお、示方書による破壊耐力は、ずれ止めの無いものについては鋼管先端、有るものについては最上段のずれ止めの位置を載荷位置と考え、有効高さは下端筋から載荷位置までの高さとして算定した。力コンクリート強度は 240kgf/cm^2 とし、実験値は破壊荷重に $\sqrt{240/f_c}$ を乗じ、 240kgf/cm^2 に換算した。前述したように、破壊機構には相違があるものの、上記の有効高さの考え方をすると、示方書の式で比較的良く破壊耐力を推定することができる。

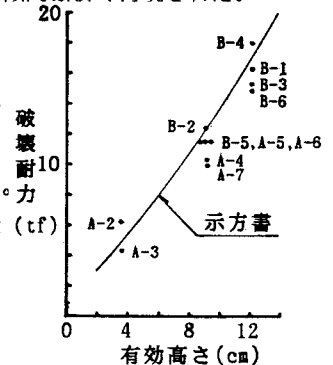


図-4 破壊耐力の比較

4. まとめ

- (1) 押抜きせん断の破壊には、せん断タイプと曲げタイプの2タイプが見られた。
- (2) 曲げタイプの破壊を呈することには、鋼管先端からのひびわれが関連し、ひびわれ発生の有無およびひびわれ幅は鋼管周面での抵抗力の違いによるものと考えられる。
- (3) 非線形FEM解析により、コンクリート内部の応力の流れ及びひびわれ状況は確認された。
- (4) 破壊耐力は、ずれ止め最上段から下端筋までを有効高さと考え、と、「コンクリート標準示方書」による押抜きせん断耐力の算定式で、ほぼ推定することができる。

参考文献

- 1) 高橋義裕, 角田與史雄: コンクリート工学年次論文報告集, 10-3, pp.99~102, 1988
- 2) 小柳治: コンクリート工学, Vol.19, No.8, Aug., pp.3~13, 1981
- 3) 土木学会: 昭和61年制定 コンクリート標準示方書 設計編, 1986