

論文

[1034] 局部破壊試験によるコンクリートの引張特性の評価

正会員○鈴木泰生 (岐阜大学大学院)
 正会員 内田裕市 (岐阜大学工学部)
 正会員 六郷恵哲 (岐阜大学工学部)
 正会員 小柳 治 (岐阜大学工学部)

1. はじめに

最近、構造物の健全度評価に非破壊試験法が利用されるようになってきた。非破壊試験法は、被測定物に全く損傷を与えない純非破壊試験法と、局部的に損傷を与える局部破壊試験法とに分けられる。前者は、コンクリート強度と間接的に関連したパラメータを測定して強度を推定するものである。後者は、コンクリートを局部的に直接破壊させることによりコンクリートの強度を求めるものである。

本研究では、局部破壊試験法の一つである ブレイクオフ(Break-off)試験に類する試験(ここでは折曲げ試験と名付ける)と引抜き試験とを行い、コンクリートの破壊時の強度やエネルギーを測定し、標準試験から求めた結果と比較、検討した。

2. 引抜き試験

2-1 実験概要

本研究では、供試体(20×20×150cm)に予めアンカーボルトを埋め込んだもの(先付けアンカーボルト)と、打設後コアドリルで穴を開け、アンカーボルトを接着剤で取り付けたもの(後付けアンカーボルト)を用いた。さらに先付けアンカーボルトには、コアドリルを用いてアンカーボルト(埋込

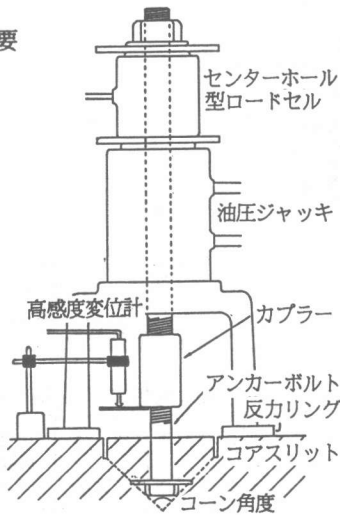


図-1 引抜き試験装置

表-1 先付けアンカーボルトの引抜き試験条件

材令 (日)	アンカーボルト		ワッシャ	コアスリット	
	径 (mm)	埋め込み 深さ(mm)	径 (mm)	径 (cm)	深さ (cm)
7	13.8	30	29.5	0	0
	13.8	50	29.5	7.0	10
28	13.8	30	29.5	0	0
	13.8	30	31.5	10.0	1.5
	15.8				
	13.8	30	31.5	10.0	2.5
	15.8	30	31.5	10.0	3.0
	13.8	50	29.5	10.0	1.0
	13.8	50	29.5	7.0	10

表-2 コンクリートの示方配合

種類	目標強度 (kgf/cm ²)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)				
				水	セメント	細骨材	粗骨材	減水剤 (No.70)
N-4	400	53	50	167	318	888	892	603 (cc)

スランブ: 4.5 (cm) 空気量: 4.0 (%) コンクリート温度: 11 (°C)

み深さ3cm または5cm)の周囲に直径10cmのコアスリット(深さ0~3cm)を加工して コーン角度を105°~172°に変化させた。コーン角度とは、アンカーボルトのワッシャの端とスリット(内径

(1) 先付けアンカーボルト

スリットを加工しない場合(スリット深さ0cm)、圧縮破壊時に見られるような破壊ゾーンが最終的に形成され、引抜き強度(表-4)は引張強度(表-3)よりも大きくなった。コーン角度と引抜き強度の関係を図-2に示す。コーン角度が大きくなるに連れて引抜き強度は小さくなり、コーン角度が150°以上でほぼ一定となった。またコーン角度を大きくするほど、結果のばらつきは小さくなった。コーン角度が大きい場合、引張強度に比べ引抜き強度は小さいが、これは引抜き部分のコンクリートに放射状のひび割れが生じており、局所的な破壊が生じたためと考えられる。一方、コアスリットの直径を10cm、深さを10cmとした場合にはコアスリットの先端ですべて破壊が生じ、結果のばらつきも少なく引抜き強度は引張強度とよく一致した。したがって、十分な深さのコアスリットを加工してアンカーボルトの引抜き試験を行うことにより、引張強度に近い値を計測できることが明らかとなった。なお、スリット深さが10cmの場合には引張破壊が生じており、最大荷重以降の荷重-変位曲線を計測できれば引張破壊時の破壊エネルギーを求めることができると考えられるが、本実験で用いた試験装置では計測できなかった。

(2) 後付けアンカーボルト

後付けアンカーボルトによって求めた引抜き強度は、ばらつきも大きくまた引張強度に比べかなり低い値となった。これは鋼棒とコンクリートの付着状態や接着方法に問題があったものと思われる。実際の破壊の様子も、コアスリットの先端部で破壊したものと、接着剤とコンクリートの界面で破壊したものなど様々であった。この試験法を有効なものとするためには、接着方法の改良やコアスリットの直径を大きくする等の改良が必要と考えられる。

3. 折曲げ試験

3-1 実験概要

折曲げ試験装置の概略を図-3に示す。試験体(図-3のコア部分)はコアドリルを用いて作成した。使用したコンクリートは引抜き試験と同様目標圧縮強度400kgf/cm²とし、材令7日と28日で試験を行い、特に材令28日の試験では最大荷重以降の荷重-変位曲線を計測することができた。なお、材令7日の試験においても荷重-変位曲線の計測を試みたが載荷ならびに計測方法が確立していなかったために信頼しうる結果が得られていない。30×30×150cmのコンクリート供試体にコアドリルでφ10cm×深さ20cmのコアスリットを開けて円柱状の試験体を作成し、この試験体の中心にφ2.4cmの載荷用ネジ切り鋼棒(長さ約25cm、埋込み深さ16cm)をエポキシ系接着剤で固定した。載荷用のジャッキの反力をとるためのL型の治具を供試体に取り付け、ジャッキの先端にロードセルを固定した。変位を計測するためにジャッキと反対側に載荷点と同じ高さの位置に高感度変位計を取り付け、載荷点位置における変位を計測した。載荷の際、供試体が急激に破壊しないように、載荷と除荷を繰り返して荷重-変位曲線を計測した。折曲げ強度 f_{b0} (kgf/cm²) の算定には式(2)を、破壊エネルギー G_F (kgf/cm) の算定には式(3)を用いた。

$$f_{b0} = M \cdot y / I \quad (2)$$

$$G_F = W_0 / A \quad (3)$$

ただし、M: コアスリット先端の破壊面

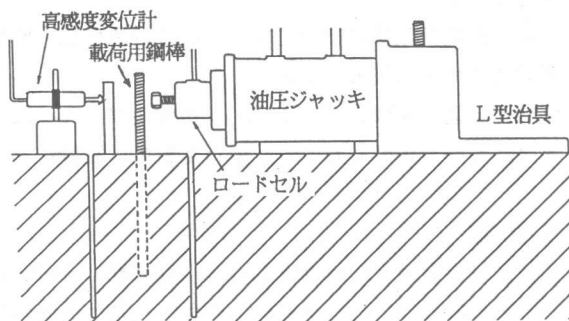


図-3 折曲げ試験装置

位置における曲げモーメント (kgf·cm)、 y : 試験体の半径 (cm)、 I : 試験体 ($\phi 10$ cm) の断面 2 次モーメント (cm⁴)、 W_0 : 荷重-変位曲線下の面積 (kgf·cm)、 A : 破断部投影断面積 (コア部分の断面積) (cm²) である。

3-2 結果と考察

折曲げ試験によって得られた結果を表-6に示す。材令7日と28日では用いた油圧ジャッキの大きさが異なるため、表-6において載荷点距離 (コアスリット先端から載荷点までの距離) も異なる。材令28日で行った試験で得られた荷重-変位曲線を図-4に示す。載荷と除荷を繰り返すことにより割合容易に荷重-変位曲線が計測できた。得られた曲線はばらつきも少なく、この折曲げ試験は安定した試験法であった。折曲げ試験から求めた折曲げ強度は、表-3に示す曲げ強度と比べ20%程度高い値となった。これは断面形状及び載荷方法の違いによるものと思われる。従って折曲げ試験によって通常の曲げ強度を推定したい場合には、例えば

折曲げ強度に適当な係数を乗じることによって補正する等の修正が必要であると考えられる。一方、折曲げ試験から求めた破壊エネルギー (表-6) は、RILEMの方法により求めた破壊エネルギー (表-3) とほぼ同じ値となり、この折曲げ試験法によっても破壊エネルギーを測定できると考えられる。なお、折曲げ試験終了後にコア中心に埋め込んだ鋼棒に塑性変形 (エネルギーの消費を伴う) は認められなかったため、鋼棒が破壊エネルギーの値に及ぼす影響は無視した。

4. まとめ

(1) あらかじめアンカーボルトを埋め込み構造物の強度推定を行う場合、アンカーボルトの周囲にコアスリットを加工することによりコーン角度を調節しうることを示した。

(2) アンカーボルトの周囲に直径10cm、深さ10cmのコアスリットを加工して引抜き試験を行った場合、結果のばらつきも少なく、通常の割裂引張強度試験結果とも良く一致する引抜き強度の値を得ることができた。

(3) 折曲げ試験によって求めた折曲げ強度は、断面形状及び載荷方法の違いから通常の曲げ強度に比べて高い値となった。

(4) 折曲げ試験によって求めた破壊エネルギーは、RILEMの試験方法によって求めた破壊エネルギーとほぼ一致した。従って折曲げ試験によって破壊エネルギーの測定は可能である。

参考文献

[1] RILEM Draft Recommendation (50-FMC): Determination of the Fracture Energy of Mortar and Concrete by means of Three-point Bend Tests on Notched Beams, Materials and Structures, Vol.18, No.106, 1985, pp.285-290.

表-6 折曲げ試験結果

材令 (日)	最大荷重 (kgf)	載荷点距離 (cm)	折曲げ強度 (kgf/cm ²)	破壊エネルギー (kgf/cm)
7	203	22.8	47.0 [1.17]	-
28	203	25.8	53.4 [3.43]	0.15 [0.027]

※[]は標準偏差

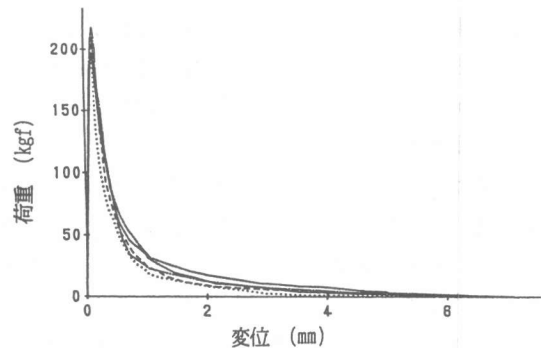


図-4 折曲げ試験により求めた荷重-変位曲線