

中電工事(株) 技術コンサルタント部 正会員○鈴木 隆
 中部電力(株) 電力技術研究所 正会員 上田 稔 佐藤正俊

1. まえがき 直接引張試験は理想的であるが大変難しい試験とされている。直接引張試験が適正であるためには、偏心のない一軸引張状態で供試体内を一樣な応力状態とすることが必要である。特にコンクリートの破壊過程においては、骨材界面のはく離が起点となり破壊が進行し、その後の試験状態ひいては試験結果に大きく影響を与える。この点を考慮すると直接引張試験においては、少なくとも試験方法に起因して、できるだけ不均一な応力状態が生じないようにし、載荷初期段階では一樣な応力状態とすべきである。本研究は上記の点に着目し、試験装置を3次元FEM解析結果を基に作製し、さらにモルタル供試体により検証試験を行い直接引張試験装置について検討を行ったものである。この装置を用い、コンクリートの引張破壊メカニズムや引張強度特性の把握を目的とするモデル骨材を用いた試験等も可能である。

2. 検討内容と解析モデル 試験装置を図-1に示す。試験方法は、鋼板及び供試体断面一様鋼板接着方式である¹⁾。引張応力はシャフトからねじ部を通してのみアタッチメントに伝達される。このためねじ込みシャフトを含めた試験装置の1/8をモデル化した(図-2)。ねじ部はモデル化の複雑さや上部程応力が集中することを考慮して、ねじ部の1/2のみがアタッチメントに連続的に結合しているモデルとした。供試体寸法について概略検討を行った後、供試体内の応力状態に与える主な影響要因について比較検討を行った。なお解析モデルの基本的な寸法は図-2の()内の値とし、各材料物性は表-1の値とした。

3. 解析結果

(1) 供試体断面寸法 供試体断面は長方形であるため、ねじ込みシャフト径は短辺(L: Y方向)の長さ以下に制限される。そのため長辺(W: X方向)が長くなると、シャフト部より離れた部分への応力の伝達が問題となる。本検討では比較的大きな粗骨材(40mm程度)を含む場合を対象とし、供試体の短辺(L)を120mm(ねじ込みシャフト径100mm)とした場合について以下の検討を行った。応力状態を一樣にできる断面の大きさの目安を得るため、アタッチメント厚さ(T)は150mmとし、X-Y断面のL:Wをそれぞれ1:2(W=240mm)、1:3(W=360mm)と変え比較を行った(供試体高さH=240mm)。接着面直下の応力状態を比較した結果を図-3に示す。ここで示す値は、鉛直方向応力 σ_z を供試体内の応力が一樣となるとき値 σ_0 で除し無次元化した値(以下応力係数)である。図よりL:W=1:3は、接着面直下、供試体内部とも応力係数のばらつきが大きい。これに対しL:W=1:2はほぼ一樣である。従って、以下の検討はL:W=1:2の供試体を対象とする。なおL:W=1:2のアタッチメントの重量は約34kg、L:W=1:3は約51kgである。L:W=1:3としアタッチメントをさらに厚くすると、その重量は非常に重く作業性が悪くなると思われる。

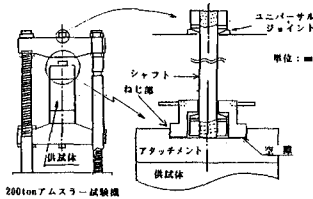


図-1 直接引張試験装置

表-1 材料特性

材 料	弾性係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比
コンクリート	320,000	0.20
接着剤	34,000	0.42
鋼 板	2,100,000	0.29

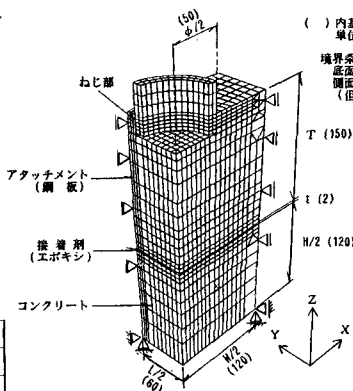


図-2 モデル図(1/8モデル)

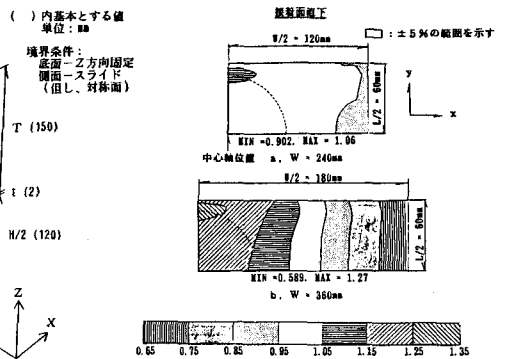


図-3 供試体断面寸法による影響

(2) アタッチメント厚さ アタッチメント厚さを120, 150, 180mmと変えて、接着面直下と供試体内の各位置での応力状態を、最も応力状態の悪い供試体外側と中心軸と比較した結果を図-4に示す。縦軸は応力係数、横軸は供試体中心軸からの距離を表す。アタッチメント厚さを増すことにより、応力係数が1に近づき良い結果である。アタッチメント厚さ120mmは接着面直下から供試体内50mmの範囲で、他に比べ不均一な応力状態となっている。150, 180mmではそれほど顕著な差は見られない。接着面付近を除く供試体内部では最大5%程度のばらつきに収まっている。このため本検討では、作業性を考えアタッチメント厚さを150mmとした。

(3) 接着剤の厚さ アタッチメントの鋼板接着時に接着剤を所定の厚さにすることは困難である。そこで、接着剤の厚さを0, 2, 4mmと変えて応力状態の比較を行った。図は略すが接着剤が厚くなるほど接着面直下の応力状態が一樣に近くなるが、2mmと4mmとではほとんど差がない。よって、接着剤の厚さが応力状態に与える影響は小さい。

4. モルタル供試体試験

(1) 試験概要 コンクリートよりも材質的に均質なモルタル供試体による検証試験を行った(図-5)。供試体の配合、試験条件を表-2, 3に示す。供試体には全体の挙動を詳細に把握するため全面に30mmのひずみゲージを配置した(図-6)。このゲージより計測した応力-ひずみ関係から試験の妥当性を評価した。

(2) 試験結果 ひずみ測定結果の一例の応力-ひずみ曲線を図-7(a), (b)に示す。(a)は供試体の断面ごとのひずみを平均し、比較した図である。(b)は軸方向ごとのひずみを平均し、比較した図である。図より骨材界面のはく離が生じていないと考えられる低荷重レベルでは、応力-ひずみ曲線は線形であり、各線とも一致している。これより供試体全体の応力状態がほぼ一樣である。なおこの供試体の破断状態を写真-1に示す。

5. まとめ 本試験方法においては、供試体内の応力状態にアタッチメント厚さ、断面形状やねじ込みシャフト半径が大きな影響を与える。試験治具の設計には試験装置を模擬した解析的検討を行う必要がある。本研究では供試体断面が120x240mmの場合を対象としたが、他の断面形状の供試体に対しても同様な検討を行い、試験治具を設計することができる。供試体の断面寸法は、コンクリートの配合(特に最大骨材寸法)、試験内容により必要とされる大きさなどから決定される。そのため、例えば3.(1)の検討結果から分かるように断面が偏平な場合には、アタッチメントを厚くすることでできるだけ一樣な応力状態を得ること、及び作業性を考慮してアタッチメント厚さを決定することが大切である。

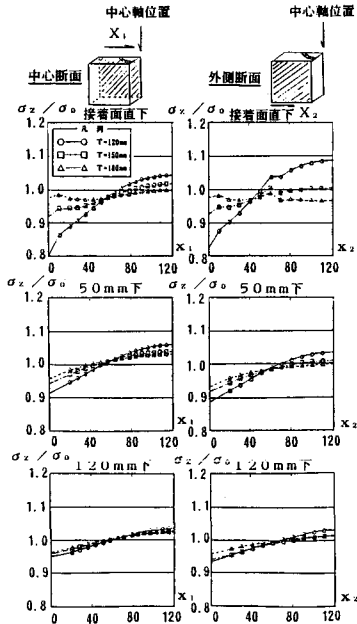


図-4 アタッチメント厚さによる影響

表-2 試験条件

供試体数	3 体
材 令	接 着 剤 2 日 供試体材令 7日
荷重速度	0.06kg/cm/sec (割裂試験相当)

表-3 モルタルの配合

水セメント比 W/(C+S) %	シリカフューム 混入割合 Si/(C+S) %	kg/cm ³			
		水 W	セメント C	シリカフューム S1	細骨材 S
30	20	300	800	200	900
					減水剤 (C+S) X 3%
					30

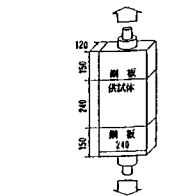


図-5 検証実験

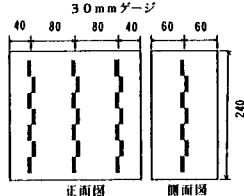
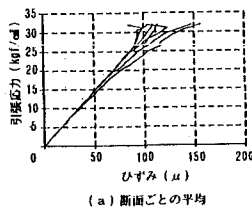
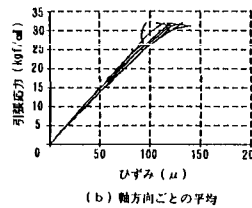


図-6 ゲージ位置 単位: mm



(a) 断面ごとの平均



(b) 軸方向ごとの平均



写真-1
供試体破断状況

参考文献 1) 佐藤正俊・上田稔・遠藤孝夫・長谷部宣男: コンクリートの大型供試体直接引張試験装置に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, 1992.