

点荷試験におけるモルタル供試体の破壊特性に関する研究

名城大学 学生会員 ○浅井 崇 名城大学 正会員 石川 靖晃
名城大学 正会員 板橋 一雄 名城大学 フェロー 菊川 浩治

1. はじめに

骨材の点荷試験は骨材の破壊強度を推定する上で、最も有効な手段の一つであり、骨材の破壊強度を推定する指標が各所で提案されている^{1) 2) 3)}。一方、いずれの破壊強度指標においても、破壊荷重と骨材の形状から破壊強度を算定しており、得られた破壊強度のバラツキが大きい事が報告されている⁴⁾。その要因が材料物性の不確実性及び、骨材形状の複雑性にあることは言うまでもないが、点荷試験における荷重接触面の大小が破壊強度のバラツキに大きく影響を及ぼしている事も考えられる。本研究では、点荷試験における荷重接触面の大小が破壊強度に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、形状が単純且つ、材料物性の不確実性が骨材よりも極めて小さいモルタル供試体を用いて、点荷試験を行った。そして、等価連続体化法による変形解析を行うことにより、得られた実験結果に対して、解析的検討を行った。

2. モルタル供試体による点荷試験⁴⁾

本研究で用いた試料のモルタルは、水セメント比 0.45、砂セメント比 1.5 で材齢 3 日のものとした。形状は角柱供試体で立方体に整形されており、一辺の長さ 2cm、3cm、4cm のものを用いた。試験は荷重部分が凸（先端 $r=5\text{mm}$ ）になっている試験機を用いて、点荷試験を行い、破壊荷重を測定した。一方で $\phi-2\text{cm} \times 4\text{cm}$ 、 $\phi-3\text{cm} \times 6\text{cm}$ 、 $\phi-4\text{cm} \times 8$ の供試体を用いて、割裂試験を行い、それぞれの供試体におけるモルタルの一軸引張強度を測定した。なお、試験数は、角柱供試体に対して、2cm(30 個)、3cm(49 個)、4cm(29 個)、3 クラス合計 108 個、円柱供試体に対して、 $\phi-2\text{cm} \times 4\text{cm}$ (10 個)、 $\phi-3\text{cm}$

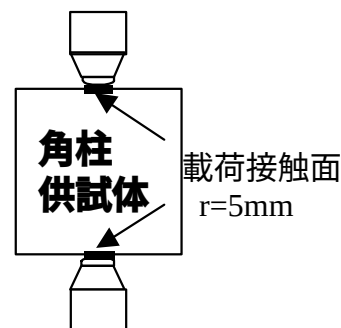


図 - 1 点荷試験の簡略図

$\times 6\text{cm}$ (16 個)、 $\phi-4\text{cm} \times 8\text{cm}$ (15 個) 3 クラス合計 41 個試験に用いた。これらの試験結果より、表 - 1 に示した各提案式^{1) 2) 3)}を使って、破壊強度指標を算出し、圧裂引張強度との関係を図 - 2 に示した。但し、角柱供試体の一辺の長さと同円柱供試体の直径の長さが等しいものを一つの座標値として、プロットしている。図 - 2 において、どの提案式においても、破壊強度指標が大きくなるにつれ、圧裂引張強度に対する破壊強度指標の比はシステマティックに増加する傾向が得られた。言い換えれば、荷重部接触面の長さと角柱供試体の一辺の長さの比が大きくなるにつれ、提案式より得られる破壊強度指標は、過大評価されるといえる。そこで、本研究では、点荷試験において、これらの比が大きな影響を及ぼすと考え、解析的検討を行った。

表 - 1 各提案式概要

	平松 ¹⁾	Broch ²⁾	Brook ³⁾
提案式	$S_t = 0.9P/D^2$	$I_s = P/D^2$	$I_s = P/D_e^2$
記号	引張強度 S_t (N/mm ²)	破壊荷重 P (N)	荷重点間距離 D (mm)
	点荷強度 S (N/mm ²)	等価コア径 D_e (mm)	$D_e^2 = 4 \times \text{断面積} / \pi$

3. 点荷試験結果の解析検討

3.1 等価連続体化法⁵⁾

等価連続体化法は、図 - 3 に示すように 2 次元連続体平面を複数の平面格子(格子幅 b_i 、格子の軸剛性 $E_i A_i$)

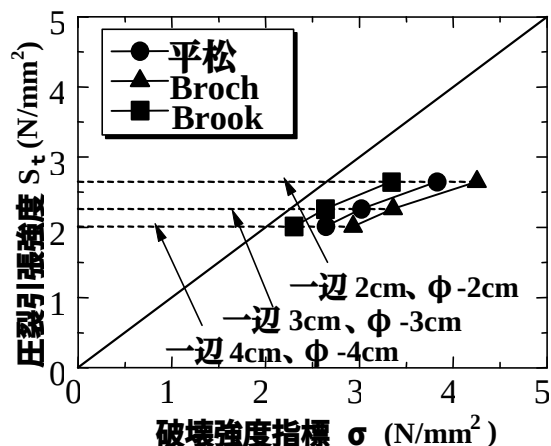


図 - 2 破壊強度指標 σ と圧裂強度 S_t との関係

Keyword：点荷試験、荷重接触面、破壊強度指標、等価連続体化法

連絡先：〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口一丁目 501 番地 TEL：052-832-1151

に置き換えた構成則であり、応力 σ は最終的に $\{\sigma\}=[D]\{\varepsilon\}$ と表わされる。ここで、連続体の2次元平面の応力-ひずみマトリクス $[D]$ は次の式ようになる。

$$[D]=\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n r_i \cos^4 \alpha_i & \sum_{i=1}^n r_i \sin^2 \alpha_i \cos^2 \alpha_i & \sum_{i=1}^n r_i \sin \alpha_i \cos^3 \alpha_i \\ \sum_{i=1}^n r_i \sin^4 \alpha_i & \sum_{i=1}^n r_i \sin^2 \alpha_i \cos^2 \alpha_i & \sum_{i=1}^n r_i \sin^3 \alpha_i \cos \alpha_i \\ \text{sym} & \sum_{i=1}^n r_i \sin^2 \alpha_i \cos^2 \alpha_i & \sum_{i=1}^n r_i \sin^3 \alpha_i \cos \alpha_i \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\text{但し、} r_i = \frac{E_i A_i}{b_i} \quad (2)$$

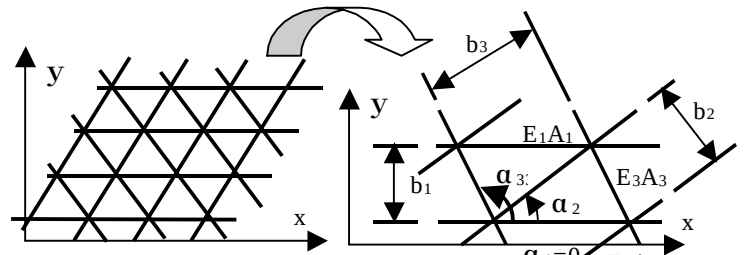


図-3 格子平面

なお、今回記したものは簡略したもので、格子部材の構成則の記述は省略している。詳細は文献⁵⁾を参照されたい。

3. 2 解析による点載荷シミュレーション

今回、行った解析モデルを図-4に示す。図-4のように解析パラメーターを a 、 d とし、 a (端部から荷重中心部までの距離)、 d (荷重接触面の長さ)を変化させた時の鉛直変位と鉛直荷重の関係を図-5に示す。図-5(a)より端部から荷重中心部までの距離 a を変化させても、鉛直変位と鉛直荷重の関係に変動は見られず、破壊荷重は殆ど変化しない。表-1の各提案式においても、荷重点の位置を表わすパラメーターは含まれておらず、各々の提案式の妥当性はある程度示唆していると思われる。一方、図-5(b)において、荷重接触面の長さ d の値が大きくなるにつれ、破壊荷重は増大することが解析的に示された。即ち、図-2における各提案式から得られた破壊指標と圧裂引張強度の関係は解析的にも妥当であることを示唆している。

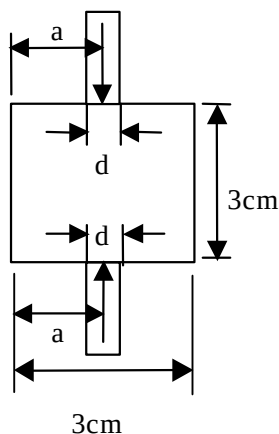
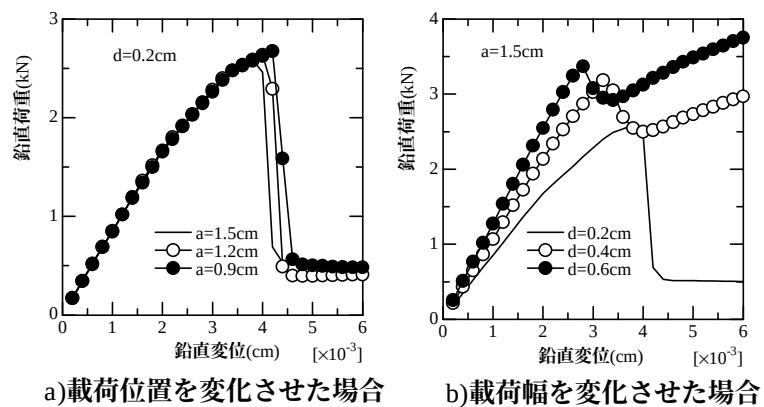


図-4 点載荷試験における解析モデル



a) 荷重位置を変化させた場合

b) 荷重幅を変化させた場合

図-5 鉛直変位と鉛直荷重の関係

4. まとめ

本研究は等価連続体法による解析的検討を行った。点載荷試験において、荷重点の位置を変化させても、破壊荷重は変動しないが、荷重接触面の長さが大きくなる、即ち、荷重接触面の長さと同角柱供試体の一辺の長さの比が大きくなるにつれ、破壊荷重は増大する結果が得られた。以上の事より、点載荷試験における荷重接触面の大小が破壊強度に及ぼす影響は非常に大きいといえる。今後、供試体寸法や荷重幅を変えて、更に詳細に実験的検討を行うことは言うまでもない。

参考文献

- 1) 平松良雄, 岡行俊, 木山英郎: 非整形試験片による岩石の引張強さの迅速試験, 日本鉱業会誌, Vol.81, pp1024-1030, 1965.
- 2) Broch, E and Franklin, J.A.: The point load strength test, Int. J. Rock Mech. and Mining Sci., Vol.9, No.6, pp669-697, 1972
- 3) Brook, N.: The Equivalent Core Diameter Method of Size and Shape Correction in Point Load Testing, Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Vol.22, No.2, pp61-70, 1985.
- 4) 松井晋一, 木原稚登, 板橋一雄: 点載荷試験による単粒子まさ土とモルタル供試体の破壊特性, 平成12年度研究発表会講演概要集, pp263-264,
- 5) 久米敦子, 余国雄, Fawzy Mohamed EL-BEHAIRY, 二羽淳一郎: 平面格子の等価連続体法によるRC材料の構成則の構築, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20, No.3, pp73-78, 1988