

Método dos Elementos Discretos Misto (MEDM)

G. A. F. ROUXINOL

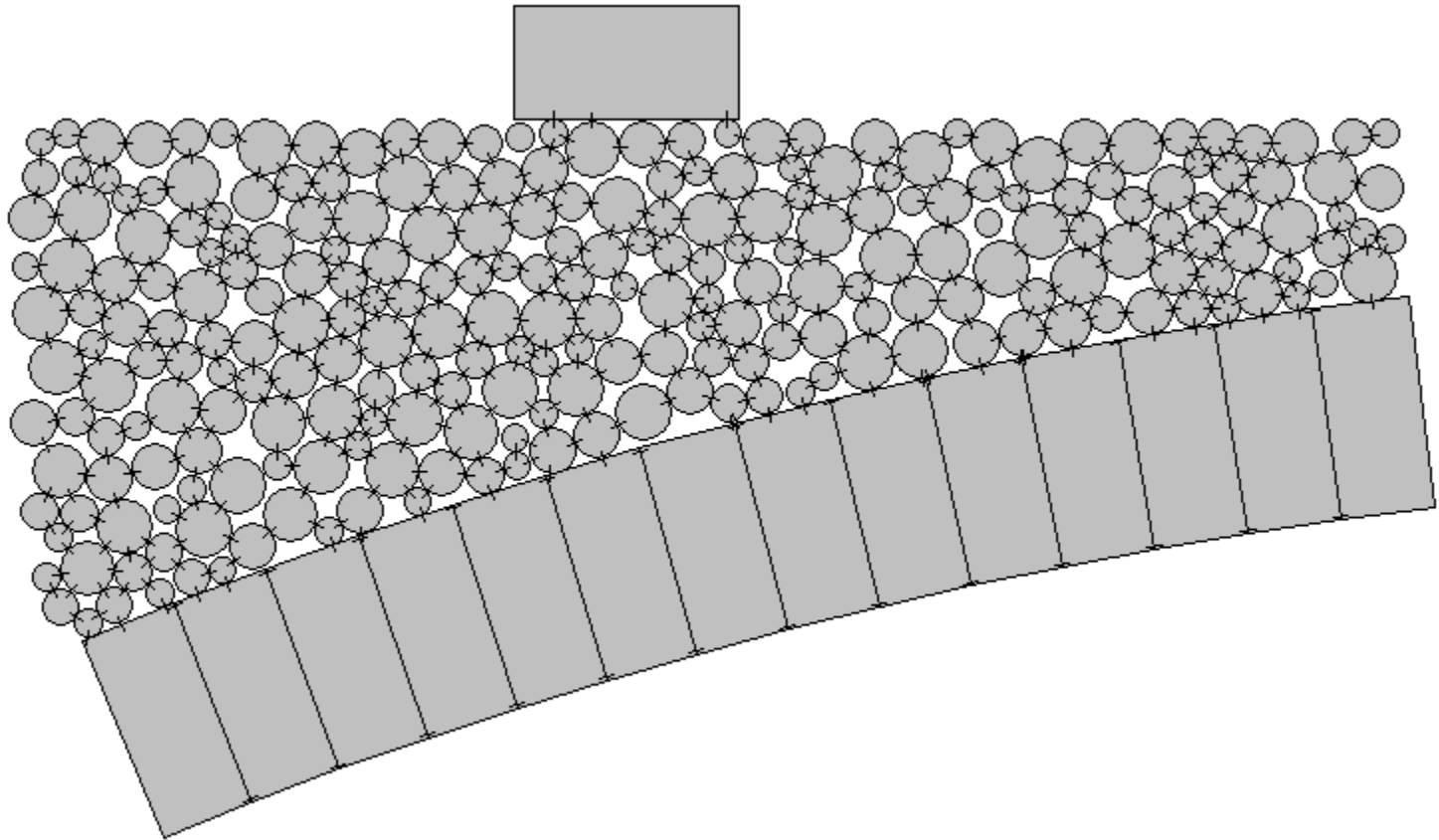
1. Introdução
2. Objectivo
3. Breve descrição do MEDM
4. Exemplo de aplicação – Ponte em arco de alvenaria de Bridgemill
5. Conclusão

2. Objectivo



J. Page, 1995.
Collapse load tests
on masonry arch
bridges.
Proc. 1st Int. Conf. on
Arch Bridges

2. Objectivo



3. Breve descrição do MEDM

O método segue a formulação geral das duas formulações do método dos elementos discretos com elementos poligonais rígidos (blocos) e com elementos circulares rígidos (partículas)

3. Breve descrição do MEDM

Lei de movimento: $F = m a$

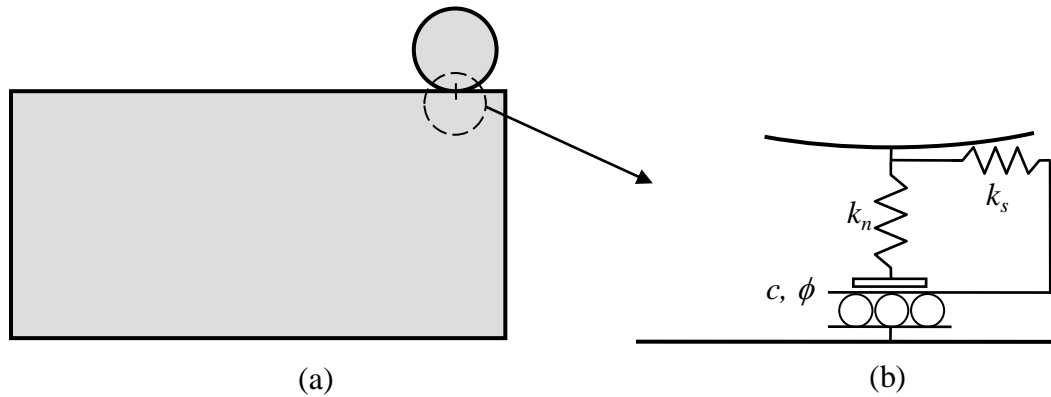
Lei força-deslocamento: $f_c = k u$

Amortecimento: global ou local

Passo de tempo: $\Delta t \leq \Delta t_{\text{crit}} = \frac{2}{\omega_{\text{max}}} \quad \omega_{\text{max}} \approx \frac{1}{\eta} \sqrt{\frac{k_{\text{max}}}{m_{\text{min}}}}$

3. Breve descrição do MEDM

Modelo de contacto

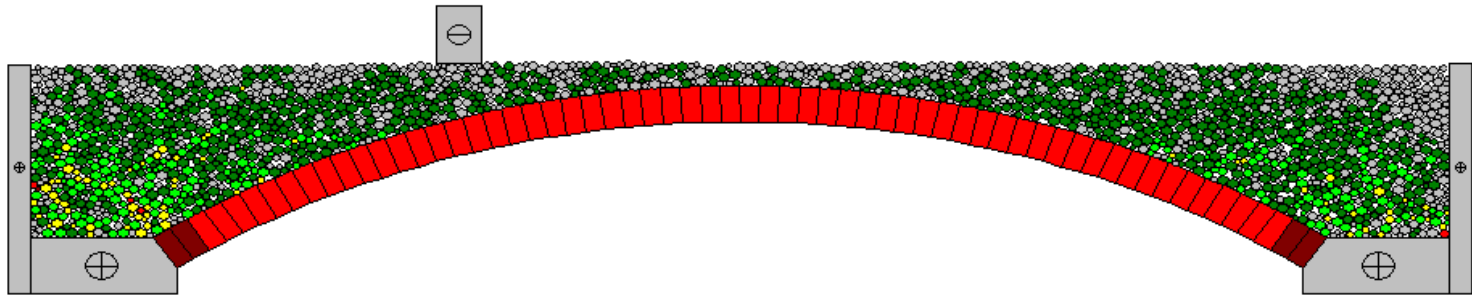


Componentes das forças de contacto:

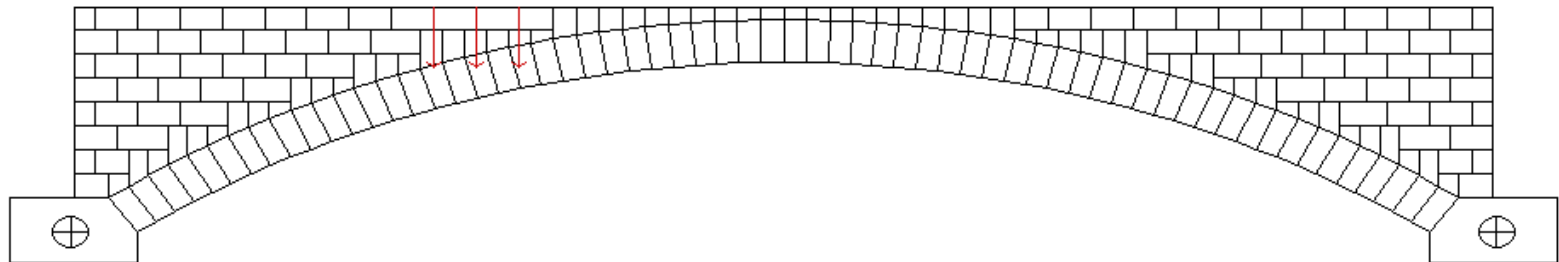
- normal – lei elástica linear ou elástica-plástica
- tangencial – critério de Mohr-Coulomb

4. Exemplo de aplicação – Ponte em arco de alvenaria de Bridgemill

Arco de Alvenaria + material de enchimento



Arco de Alvenaria + muro de tímpano



4. Exemplo de aplicação – Ponte em arco de alvenaria de Bridgemill

Parâmetros disponíveis (Page):

Geometria

Module de deformação

Peso volúmico

Resistência de compressão
(43.8 MPa)

Parâmetros não definidos:

Resistência de tracção (ignorada)

Coefficiente de Poisson (Costa)

Coesão (Cavicchi and Gago)

Coefficiente de atrito (Muralha)

4. Exemplo de aplicação – Ponte em arco de alvenaria de Bridgемill

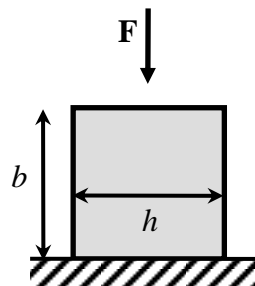
Contacto bloco-bloco e bloco-partícula

k_n rigidez elástica normal do contacto bloco + junta

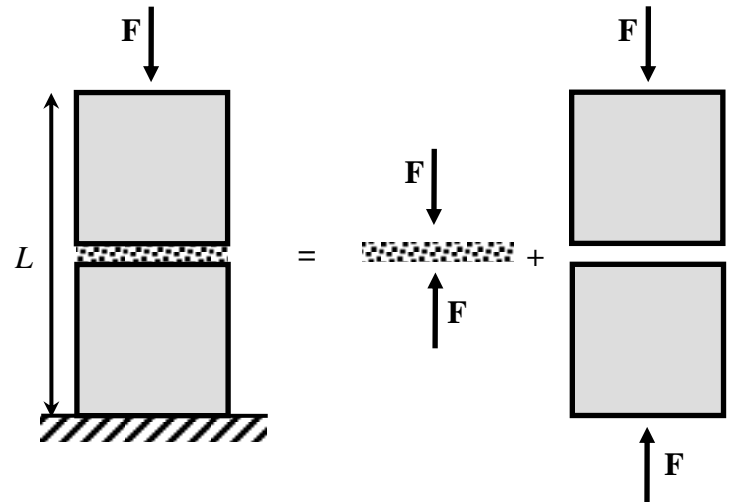
K_n' rigidez efectiva normal da junta

E_b/lcm rigidez normal do bloco

$$\frac{1}{k_n} = \frac{1}{k_n'} + \frac{L}{E_b}; \quad \frac{1}{k_s} = \frac{1}{k_s'} + \frac{L}{G_b}$$



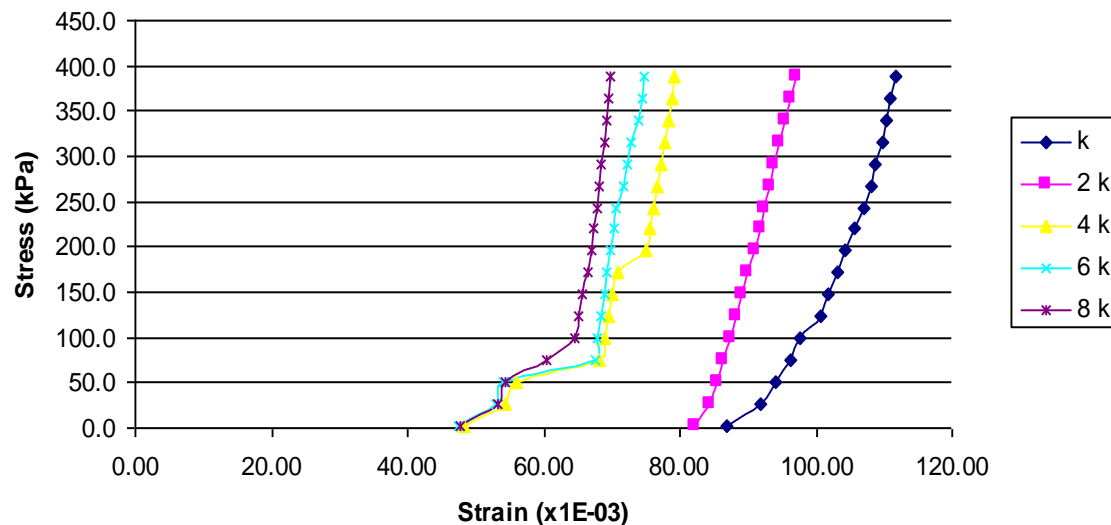
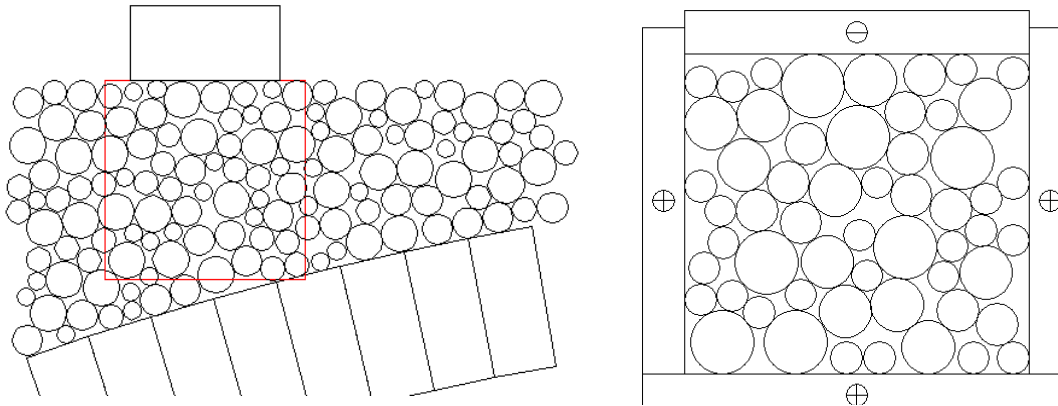
(a)



(b)

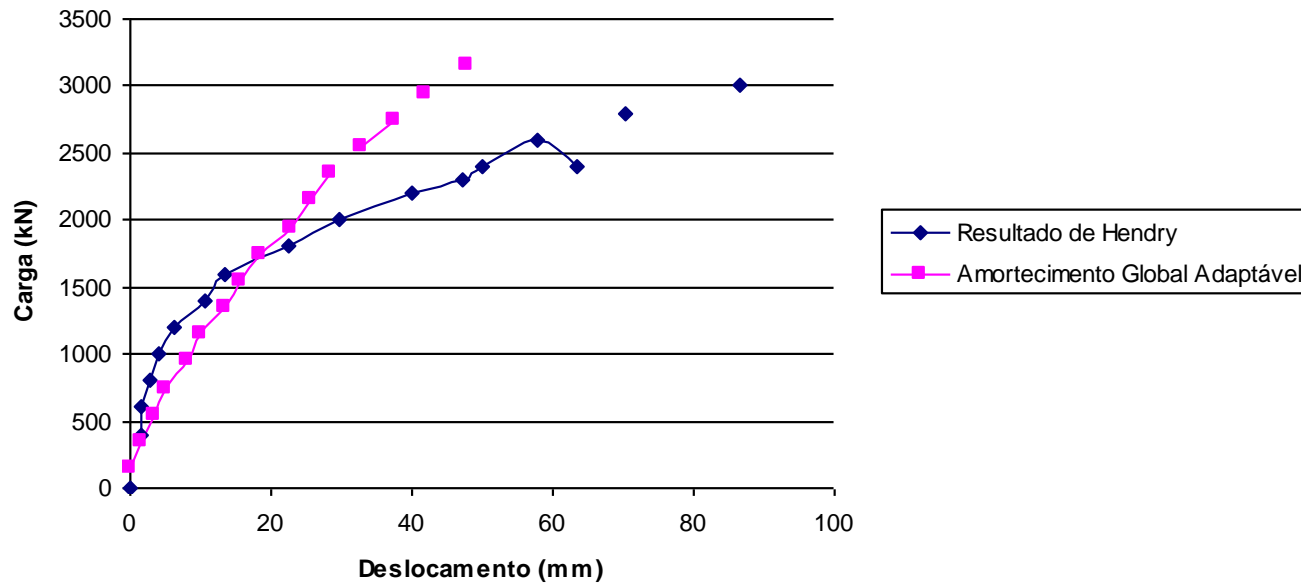
4. Exemplo de aplicação – Ponte em arco de alvenaria de Bridgemill

Contacto partícula-partícula

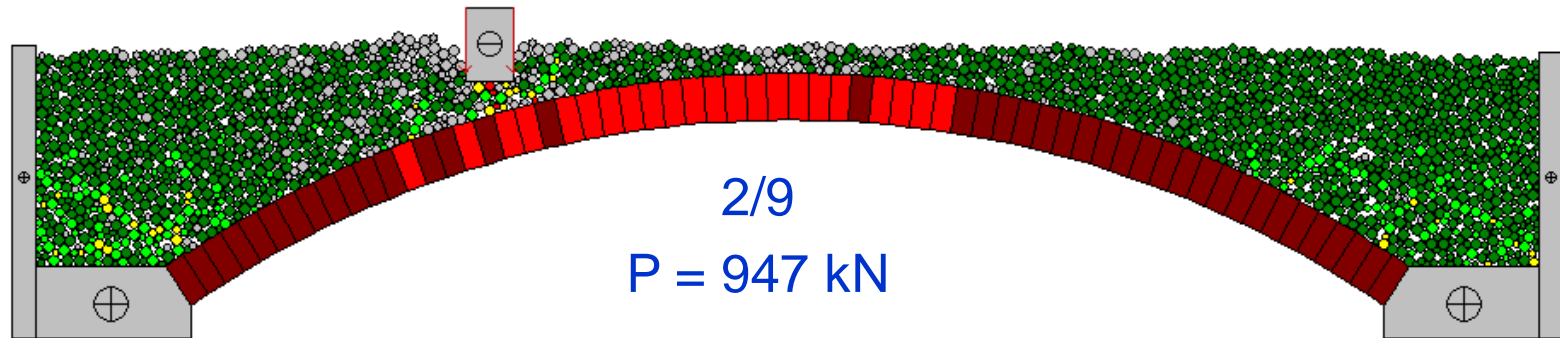
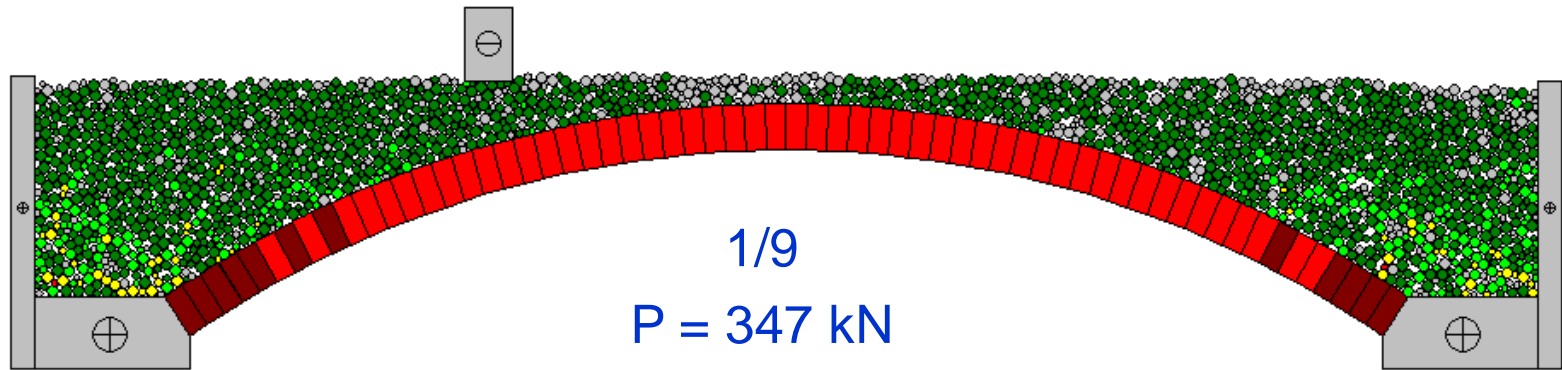


4. Exemplo de aplicação – Ponte em arco de alvenaria de Bridgemill

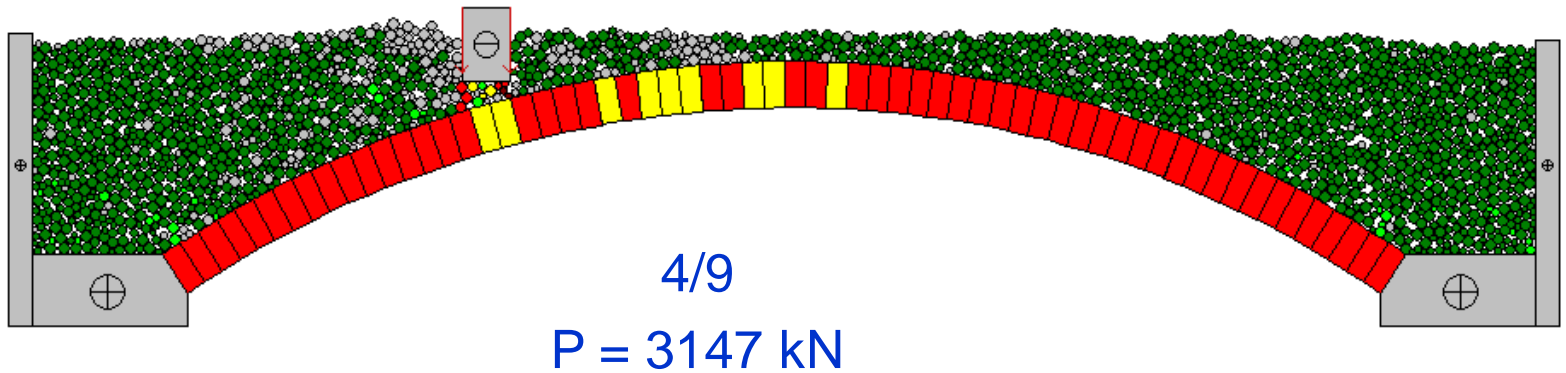
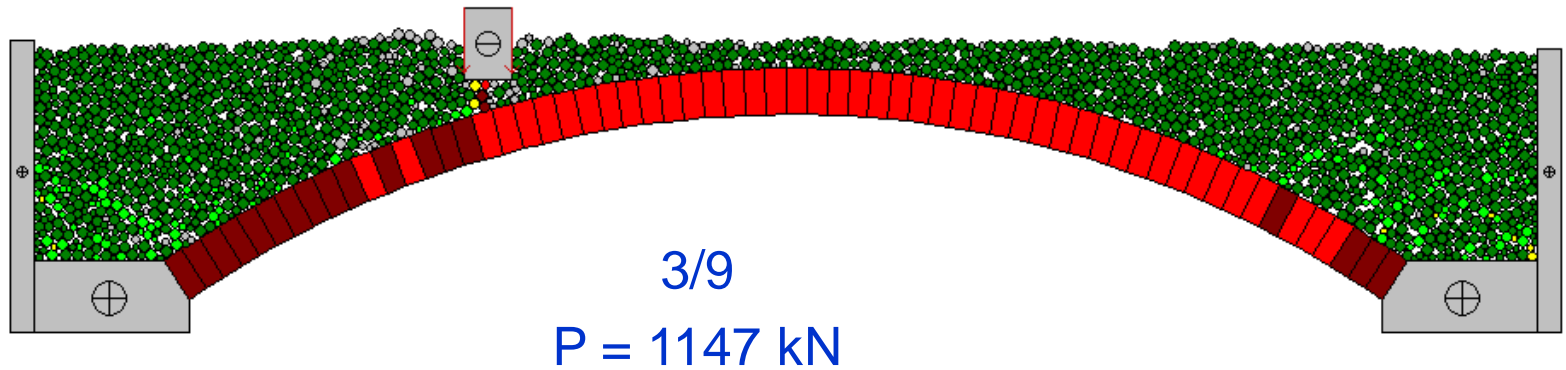
Arco de Alvenaria + material de enchimento



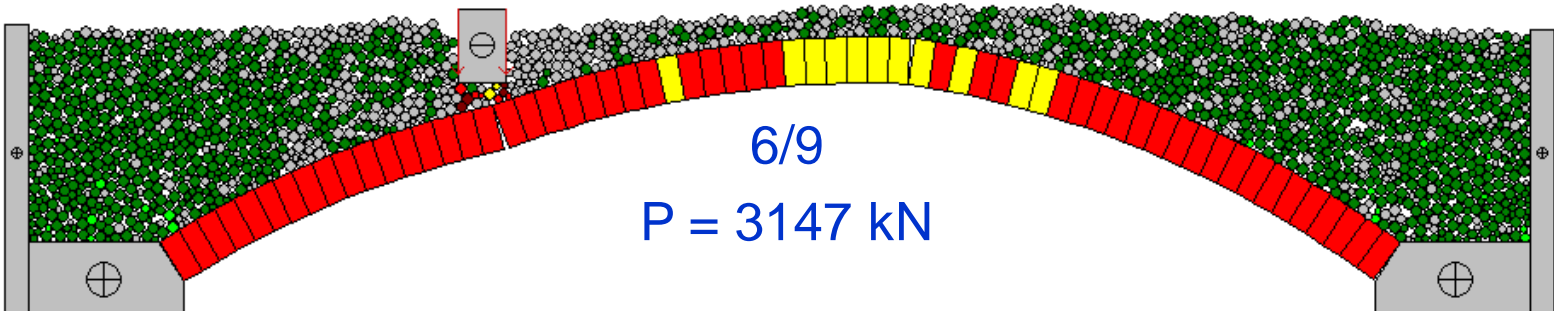
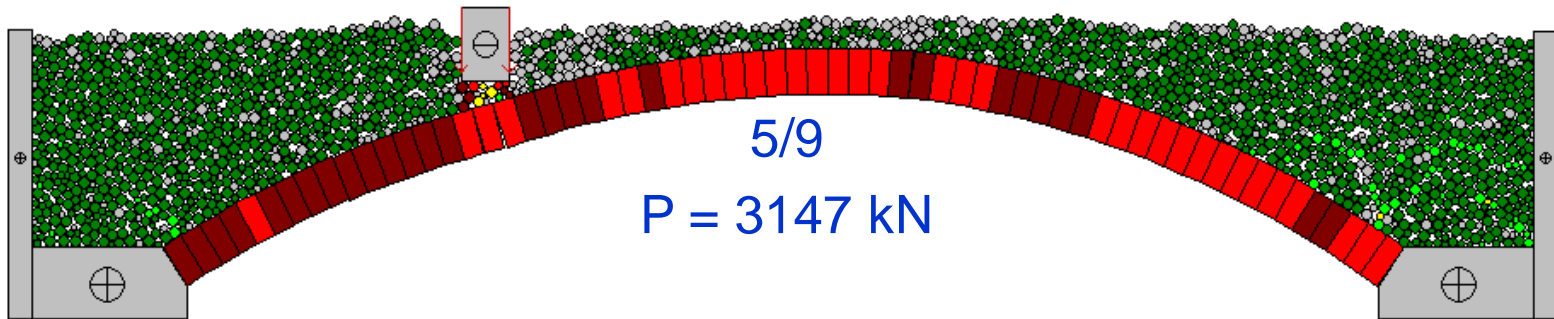
4. Exemplo de aplicação – Ponte em arco de alvenaria de Bridgemill



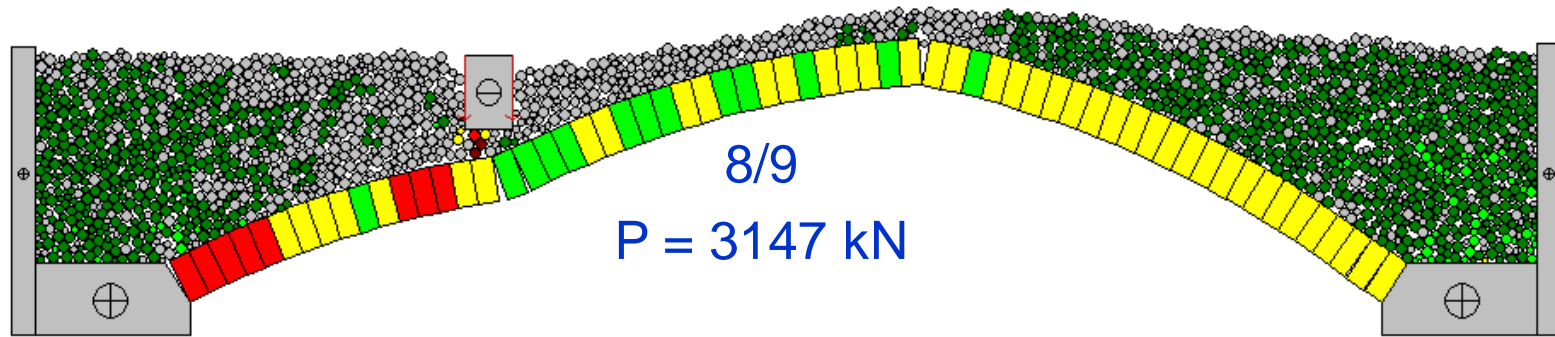
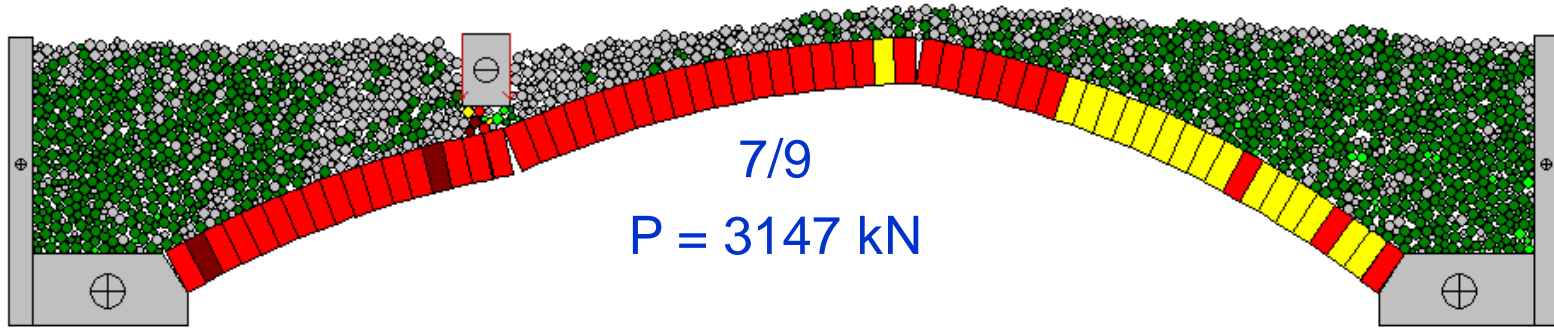
4. Exemplo de aplicação – Ponte em arco de alvenaria de Bridgemill



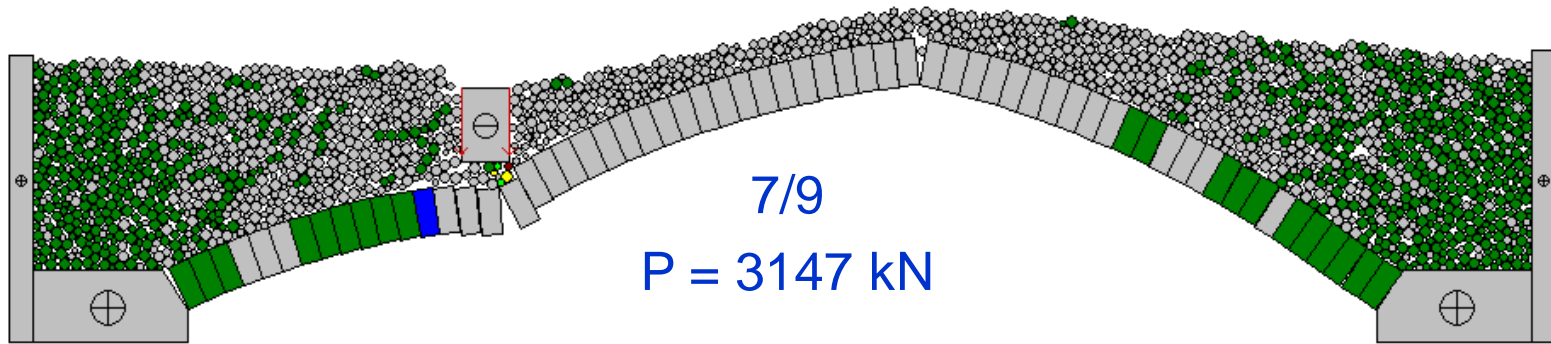
4. Exemplo de aplicação – Ponte em arco de alvenaria de Bridgemill



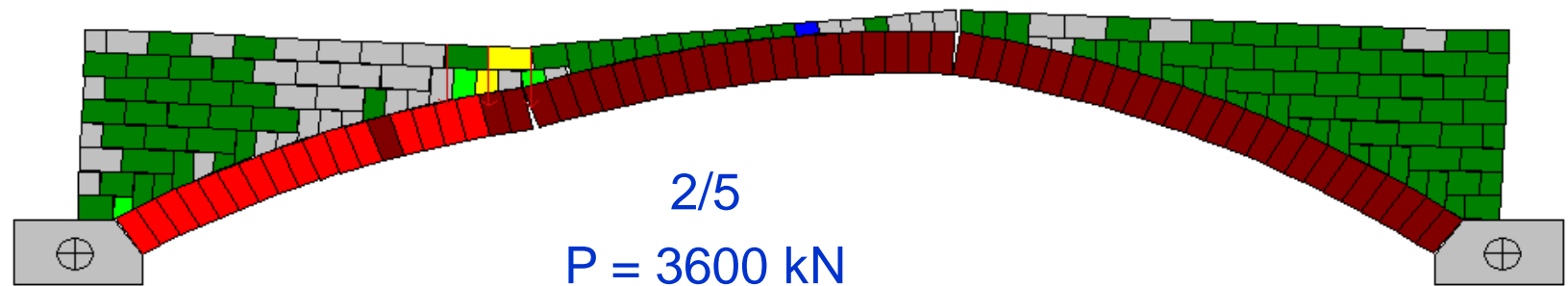
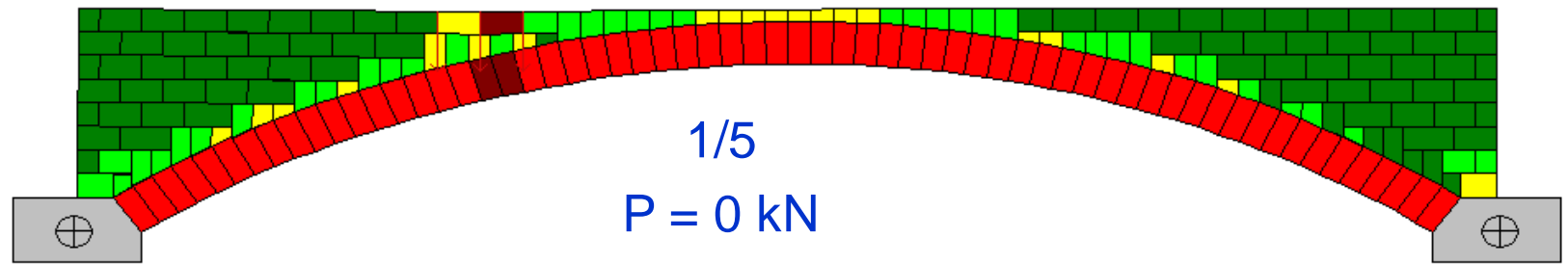
4. Exemplo de aplicação – Ponte em arco de alvenaria de Bridgemill



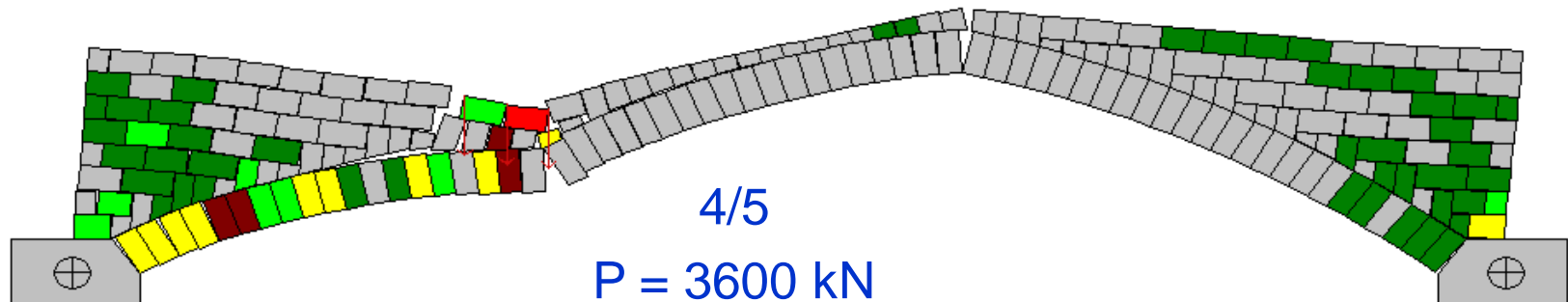
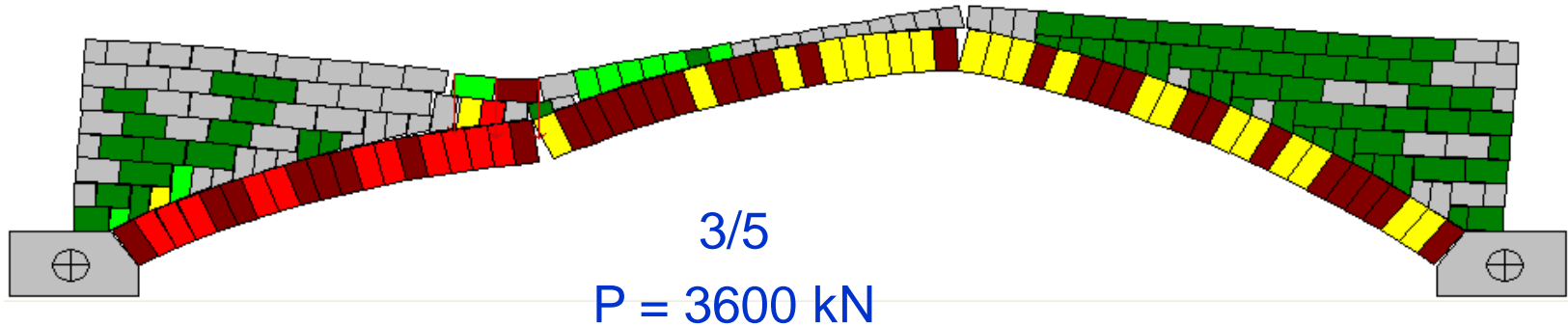
4. Exemplo de aplicação – Ponte em arco de alvenaria de Bridgemill



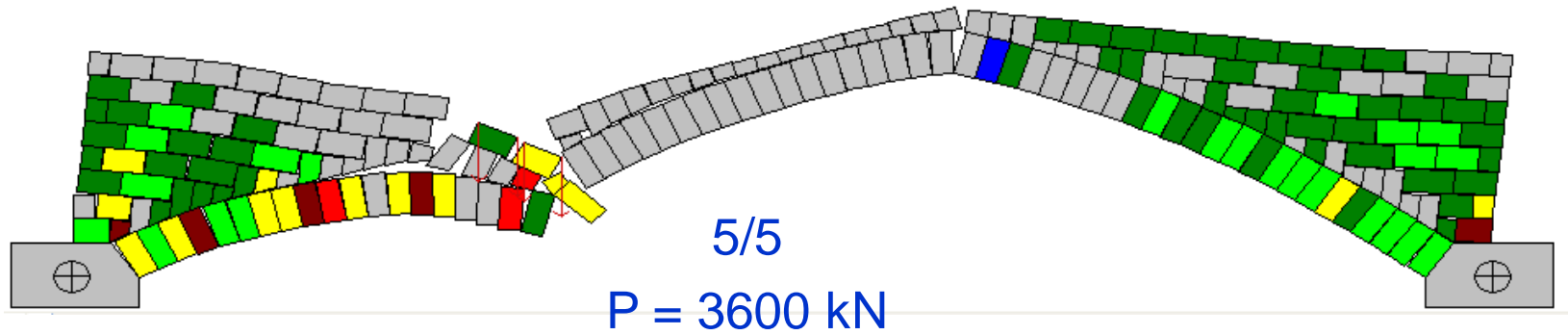
4. Exemplo de aplicação – Ponte em arco de alvenaria de Bridgemill



4. Exemplo de aplicação – Ponte em arco de alvenaria de Bridgemill



4. Exemplo de aplicação – Ponte em arco de alvenaria de Bridgemill



4. Exemplo de aplicação – Ponte em arco de alvenaria de Bridgemill

A força total 3D suportada pela ponte pode assim ser determinada aproximadamente considerando o efeito combinado dos dois modelos anteriores: o 1.º com 786 cm e o 2.º com 44 cm de largura

$$\frac{3600 \times 44 + 3147 \times (830 - 44)}{830} = 3171 \text{ kN}$$

5. Conclusão

O exemplo anterior mostra a capacidade da aplicação informática desenvolvida do MEDM mostrando ser uma ferramenta numérica útil para a determinação da capacidade de carga de pontes em arco de alvenaria.