



CONGRESO
CONSULTORES DE ESTRUCTURAS
Barcelona, 3-5 de abril de 2019

COMUNICACIÓN 38

JUNAS DE DILATACIÓN

Anomalies manifestades en el junt de dilatació dels sostres d'un aparcament soterrani en una plaça pública

J. L. Zamora, X. Gimferrer

**Joan-Lluís Zamora i Mestre**

Dr. Arquitecte

Universitat Politècnica de Catalunya

Professor titular

joan.lluis.zamora@upc.edu**Xavier Gimferrer**

Dr. Arquitecte

Universitat Politècnica de Catalunya

Professor associat

xavier.gimferrer@upc.edu**RESUM**

Uns anys després de l'execució de l'obra d'aquest aparcament soterrani es va detectar un trencament lineal i un descens relatiu generalitzat a tot el junt de dilatació del sostre de la primera planta. Immediatament es va dur a terme una reparació que va aturar el progrés d'aquesta anomalia. Els autors d'aquesta comunicació varen rebre l'encàrrec d'elaborar un document pericial per a esbrinar les següents qüestions:

- Quina ha estat probablement la causa desencadenant de l'anomalia?
- Quines han estat probablement les causes concurrents que han conformat la manifestació de l'anomalia?
- Perquè l'anomalia es va presentar després de 5-6 anys de servei?

Els sostres eren de plaques alveolars prefabricades pretesades i el junt de dilatació havia estat resolt amb la tècnica dels passadors lliscants prefabricats per a la recuperació de càrregues ("goujons").

Durant la elaboració del projecte i la direcció d'obra es van anar duent a terme diversos canvis orientats a la major eficiència de la construcció de la obra, canvis que van modificar el comportament inicialment previst dels junts de dilatació i que van propiciar l'aparició de les anomalies detectades. Es tracta d'un estudi de cas que pot orientar l'establiment futur d'unes bones pràctiques en l'ús d'aquesta tècnica i evitar aquestes anomalies.

PARAULES CLAU: junt de dilatació, aparcament soterrani, sostres, plaques alveolars pretesades prefabricades

1. Antecedents

L'edifici afectat es tracta d'un aparcament soterrani d'ús públic, de dues plantes sota rasant i de forma aproximadament rectangular (84x31m: 2900 m² de superfície, comptant rampes d'accés), situat sota d'una plaça pública enjardinada. La estructura principal és unidireccional i està formada per pòrtics de 6 vanos amb llums de 6,00 i 4,5 m. de formigó armat alineats perpendicularment a la direcció més curta, amb una separació entre els de 7.54 m entre eixos de pilars.

Els pilars són de formigó armat abocat in situ, de 0,35 x 0,65 i 0,45 x 0,65 m, sobre els que recolzen unes pre-bigues conformades amb una sabata de formigó prefabricat de 15cm de gruix i acabades d'armar i formigonar "insitu", obtenint així un cantell total de jàssera igual al cantell del sostre més 15cm i un ample total de 74cm.

Els sostres són de plaques prefabricades de formigó pretesat de secció alveolar de 50cm + 15 cm de capa de compressió en el sostre superior (P-1) i de 20+5cm en el sostre inferior (P-2).



Generalment, les plaques alveolars es recolzen directament sobre les ales de la sabata prefabricada de formigó armat que sobresurten de les bigues principals, i en els extrems es sustenten directament sobre els murs de contenció que conformen el tancament del vas del soterrani, bé sigui directament sobre el cap del mur, en el cas del sostre superior, bé sigui mitjançant una mènsula fixada lateralment al mur, en el cas del sostre inferior.

Atesa la seva dimensió notable en una de les dues direccions principals es va plantejar la necessitat d'establir un junt de dilatació control per tal de controlar els esforços estructurals originats per causa de les variacions tèrmiques i la retracció del formigó. Junt que no presenta continuïtat en els murs de tancament.

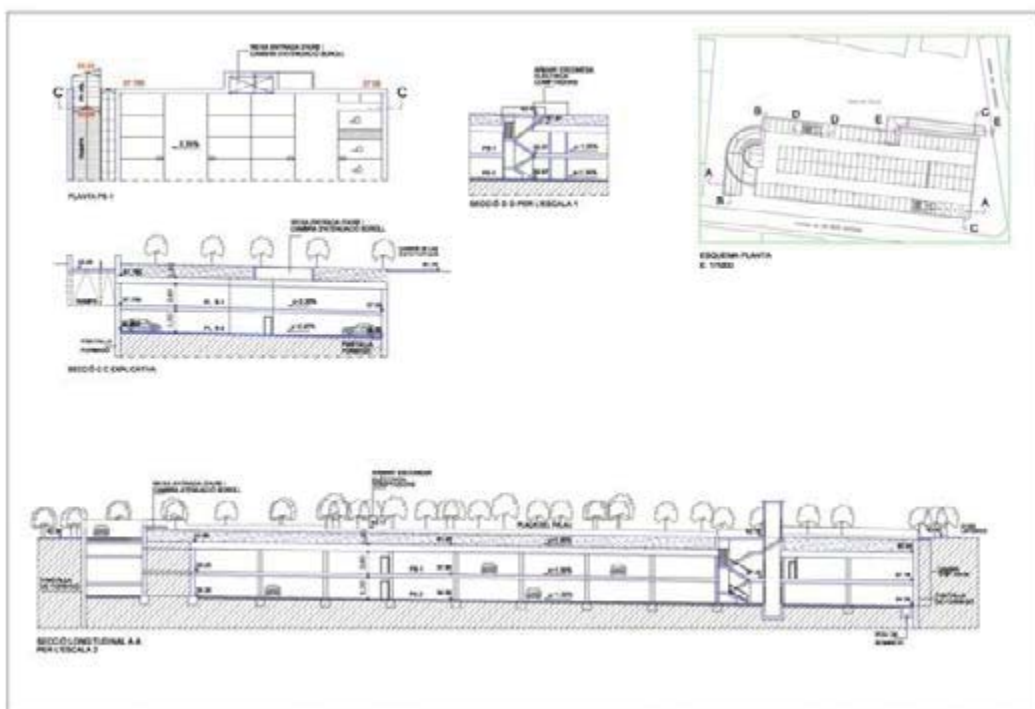


Figura 1 Imatge extreta d'un plànol de l'avantprojecte



Figura 2. Vista superior del junt de dilatació del sostre de la planta -2
(Font: pròpia)



Figura 3. Vista inferior del junt de dilatació del sostre de la planta -1, un cop reparat
(Font: pròpia)



2. Objectius

L'objectiu de la investigació duta a terme va ser conèixer amb més deteniment les causes més probables d'aquesta anomalia cara a poder actuar posteriorment cadascuna de les parts implicades amb major coneixement de causa. Es tracta doncs d'esclarir les següents qüestions:

- Quina ha estat probablement l'origen desencadenant de l'anomalia
- Quines han estat probablement les causes concurrents de l'anomalia
- Perquè l'anomalia es presenta després de 5-6 anys de servei?

3. Metodologia

Després de visitar l'obra ja finalitzada i en servei, i cara a respondre adequadament i de forma el més objectiva possible a aquestes preguntes plantejades es va procedir a desenvolupar una campanya informativa a l'entorn del projecte consistent en consultar i analitzar la següent informació documental disponible:

- Avantprojecte
- Projectes d'execució (v1 i v2)
- Projecte de subministre dels elements prefabricats de l'estructura
- Projecte AS BUILT
- Documentació tècnica dels "goujons" [1]
- Manual AIDEPLA editat per l'associació per a la investigació i desenvolupament de les plaques alveolars (ed. 2004) [2]

Posteriorment es va ampliar amb una campanya informativa a l'entorn del desenvolupament de l'obra consistent en consultar i analitzar la següent informació documental disponible:

- Reportatges fotogràfics de l'execució i reparació de l'obra
- Albarà de subministre dels "goujons"
- Documentació tècnica de posada en obra dels "goujons"

Adicionalment es fan ver tres campanyes d'auscultació per a completar la informació sobre l'anomalia:

- Aixecament taquimètric dels descensos relatius dels llavis del junt i de les arestes dels elements prefabricats
- Reconeixement endoscòpic de l'interior del junt fracturat
- Prova d'aixecament topogràfic parcial 3D de part del junt fracturat

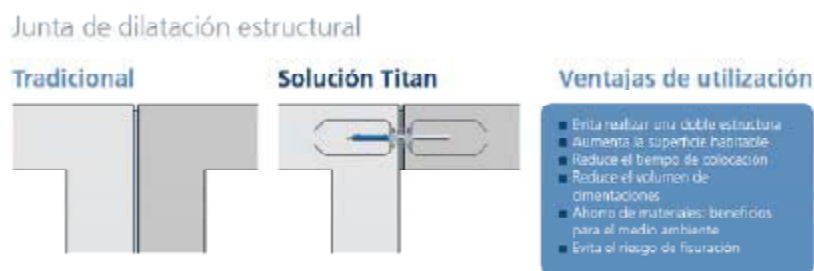


Figura 4. Al catàleg del "goujon" s'insisteix en l'avantatge que suposa l'ús d'aquest producte per a construir junts de dilatació tot evitant duplicar pilars o recórrer a mènsules.



4. Interpretació dels resultats

A l'hora d'interpretar els resultats de la campanya d'informació és adequat separar aquells que fan referència als de projecte respecte d'aquells que fan referència al desenvolupament de l'obra, ja que són clarament diferents i mostren amb diferent grau de detall el desenvolupament del projecte i la seva posterior posta en obra.

Pel que fa al projecte es constata que:

L'existència d'un junt de dilatació a l'edifici no era present a l'avantprojecte inicial redactat per la promotora. El disseny d'aquest junt de dilatació ha tingut diverses versions en els 2 projectes d'execució consultats i encara una tercera en el projecte d'obra que aporta el subministrador de les plaques prefabricades de sostre alveolars pretesades.

Cal remarcar que la normativa actual CTE, demana la disposició de juntes de dilatació en edificis de tal manera que no existeixin elements continus de més de 40 m, per tal de no considerar les accions tèrmiques. De totes maneres existeix bibliografia [3] on s'indica es pot justificar la disposició d'elements constructius continus de major longitud, sense juntes de dilatació.

En el cas d'un aparcament soterrat, aquest fet es d'especial rellevància ja que en l'interior de l'aparcament no es produiran variacions tèrmiques importants donat a l'encastament de l'edifici en el terreny sota d'un gruix important de terres. Tot i així apart de la variació tèrmica també cal tenir present la retracció del formigó en el càlcul del junt de dilatació.

En aquest cas, en la memòria del projecte s'annexa un càlcul justificatiu de la necessitat d'un junt de moviment, en funció d'un salt tèrmic i de la retracció del formigó el qual no entrarem a valorar, ja que ens centrem en el mecanisme de trencament del junt i no pas en la discussió prèvia de la necessitat d'un junt de moviment en aquest edifici.

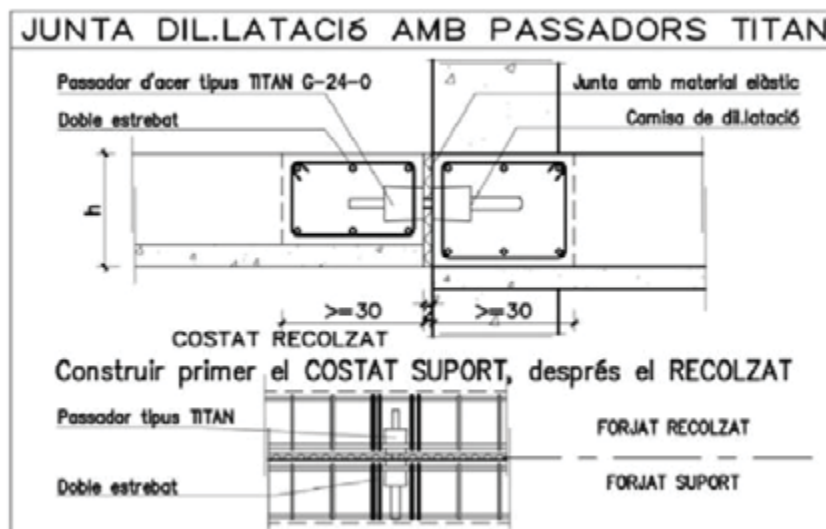


Figura 5. Projecte d'execució 1: Detall TIPUS junt dilatació Sostre -1 de l'aparcament

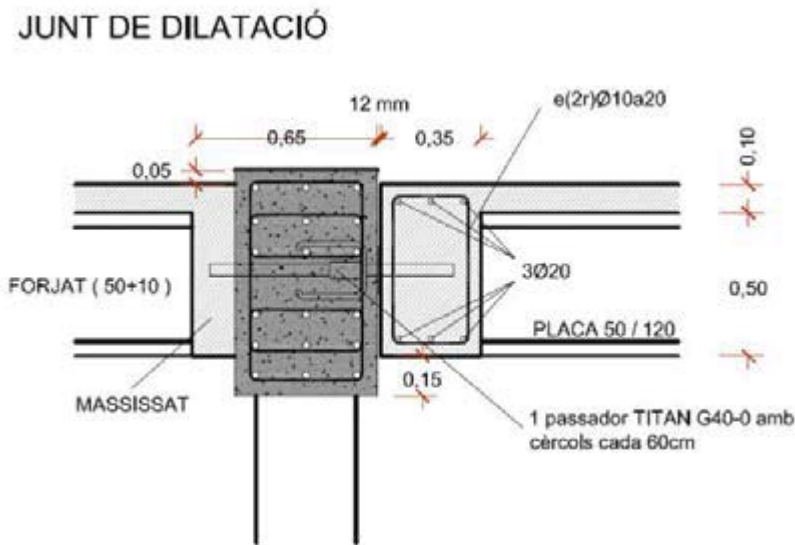


Figura 6. Projecte d'execució 2: Detall específic junt dilatació sostre planta -1

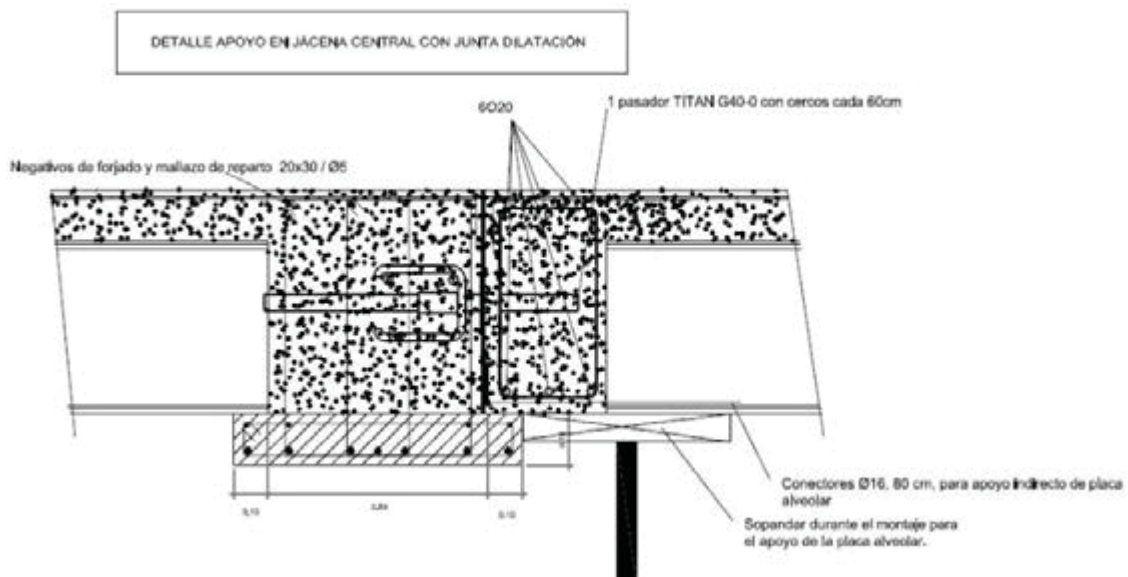


Figura 7. Projecte as built : detall junt dilatació sostre planta -1

Es remarcable el grau de detall present en els plànols dels projectes d'execució on primerament en el plànol original es mostra un detall genèric de la unió pensat per ser utilitzat en forjats de prelosa, que no es correspon amb el projecte.

En el segon detall, el de projecte d'execució 2 si que ja es mostra un detall específic per al projecte concret, però en aquest cas no es mostra com es relaciona el sostre de plaques alveolars ni amb la biga de suport ni amb el nervi sustentat que ha de conformar el junt de dilatació.

Finalment en el detall final construït si que es mostra com s'han de relacionar a nivell d'armat el sostre de plaques alveolars amb els nervis formigonats "in situ", però amb un grafisme que una vegada imprès queda poc entenedor de com és el detall concret, apart de mostrar un error conceptual en el disseny del detall, ja que si es tracta d'un junt que ha de tenir capacitat de moviment horitzontal, no hi hauria d'haver contacte entre el formigó abocat "in situ" del nervi sustentat, amb el formigó de la sabata prefabricada de la biga sustentant.



També cal destacar que en cap dels detalls s'especifica el procés constructiu exacte a seguir per a la correcta execució del junt de dilatació. Aquest procés constructiu, segons el fabricant dels passadors s'ha d'executar en dues etapes clarament diferenciades per tal d'obtenir un junt net, recte i perpendicular ubicat en la posició prevista.

Al manual AIDEPLA, no apareix encara com a referència cap solució de detall específicament pensada per a la realització de junts de dilatació en aquest tipus de sostres de plaques prefabricades de sostre alveolars pretesades.

El producte "goujon" emprat en aquest junt de dilatació té una ampla experiència d'aplicació en el seu país d'origen però molt menor a casa nostra, especialment en el referent en la materialització de junts en forjats de cantells importants..

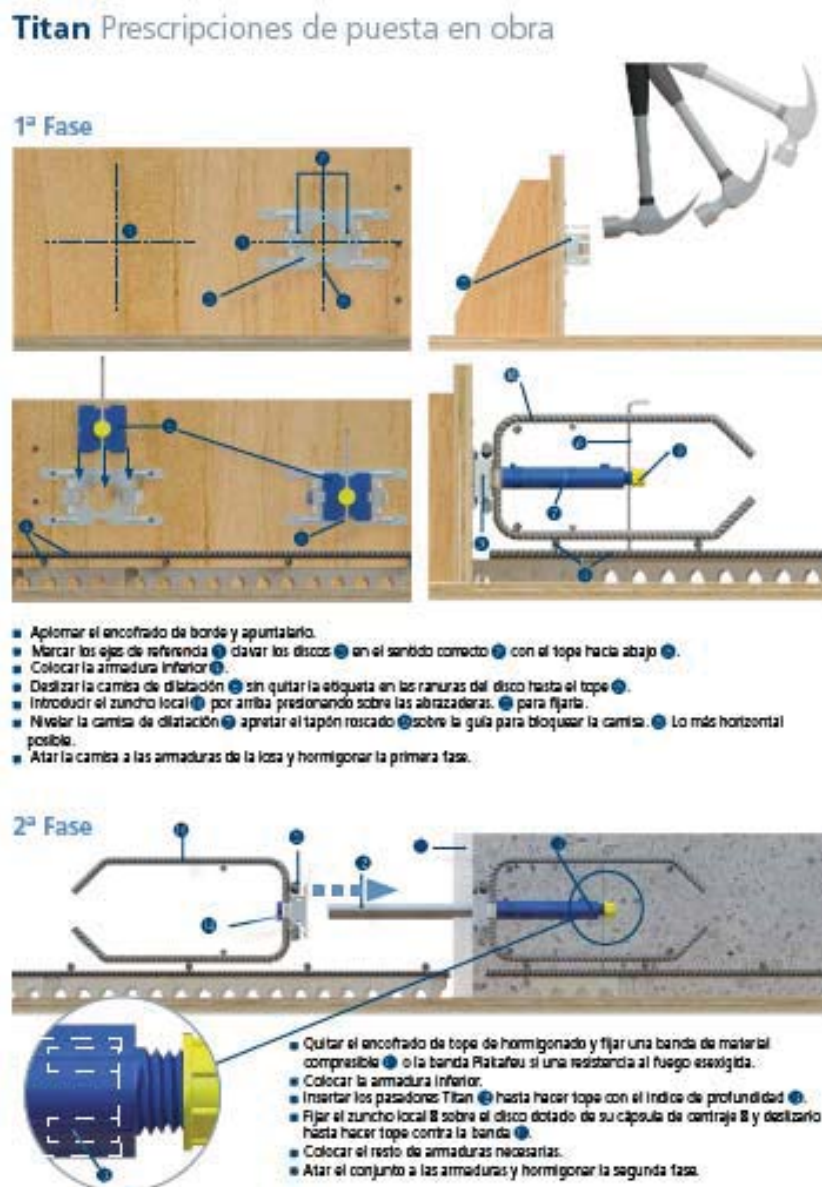


Figura 8. En aquestes instruccions més detallades del fabricant, queda clar que l'element suportat i l'element suportant no es formigonen a l'hora, fent que el muntatge del passador en dues fases.



Utilización sobre prelosa

Centra el zuncho sobre el pasador de refuerzo Titan.



Figura 9. El subministrador posa alerta sobre l'ús dels "goujons" en combinació amb plaques prefabricades pretesades, i també del risc de situar l'eix del passador fora de la línia neutra

Pel que fa al desenvolupament de l'obra es constata que:

Els "goujons" es van col·locar en nombre i posició correcte, tal com acrediten les fotografies d'execució de l'obra i els albarans de compra. Contràriament a les recomanacions dels fabricant dels "goujons", el formigonat del sostre suportat i el sostre suportant es va fer al mateix temps. Atès que cadascun dels dos sostres (plantes -1 i -2) no es podien formigonar en una sola activitat, donada la seva extensió, es va acordar a l'obra fer un junt de treball en la direcció est-oest, junt que encara és visible al terra -1 de l'aparcament. El fabricant i subministrador dels "goujons" esmenta a la seva documentació diversos advertiments que podrien ser rellevants en l'execució d'aquesta obra i que no varen ser considerats per la Direcció Facultativa.



Figura 10. Vista de conjunt del sostre de la planta soterrani -1 abans de formigonar (Font: constructora)



Figura 11. Vista del junt de dilatació en el procés de muntatge dels passadors i l'armat (Font: constructora)



Pel que fa a les campanyes d'auscultació la més rellevant va ser la campanya amb l'endoscopi flexible, el qual va permetre introduir dins de l'obertura de l'esquerda una càmera per tal d'identificar el material present en la junta, observar el seu trencament, així com la possibilitat de comprovar "in situ" l'estat de les diverses armadures de connexió entre les plaques i el nervi suportat que haurien d'haver evitat la obertura de l'esquerda.



Figura 12. Endoscopi utilitzat per a la realització de la inspecció de l'interior de l'esquerda

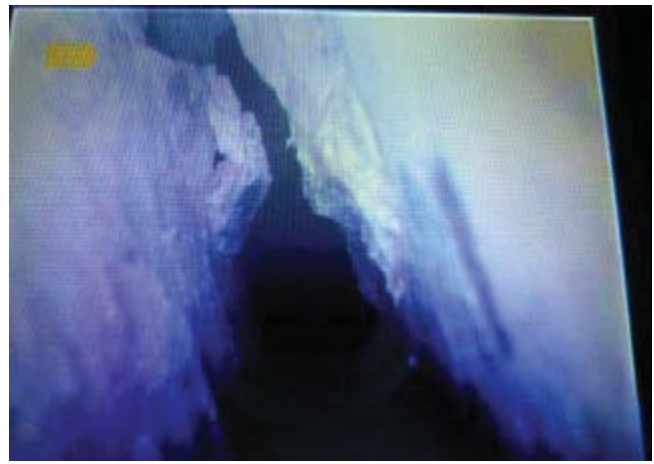


Figura 13. Imatge extreta de l'endoscopi de la inspecció de l'interior de l'esquerda

En aquest cas la prova de l'endoscopi va permetre observar el pla de separació entre les plaques alveolars i el nervi sustentat, evidenciant la constatació de la manca de l'armadura de connexió entre les plaques alveolars i el nervi sustentat.

Altrament també es va realitzar un aixecament topogràfic tridimensional d'una part de la zona de trencament, el qual va permetre la verificació dels moviments relatius presents en la zona analitzada, fet que donava confirmació a com es va produir el trencament d'aquest junt.



Figura 14. Vistes de proximitat des d'angles diferents d'un tram de la discontinuïtat (Font: Astergeo)



Conclusions

A la vista de la documentació consultada i de la informació adquirida a les campanyes d'auscultació realitzades hom considera que les causes més probables d'aquesta anomalia són:

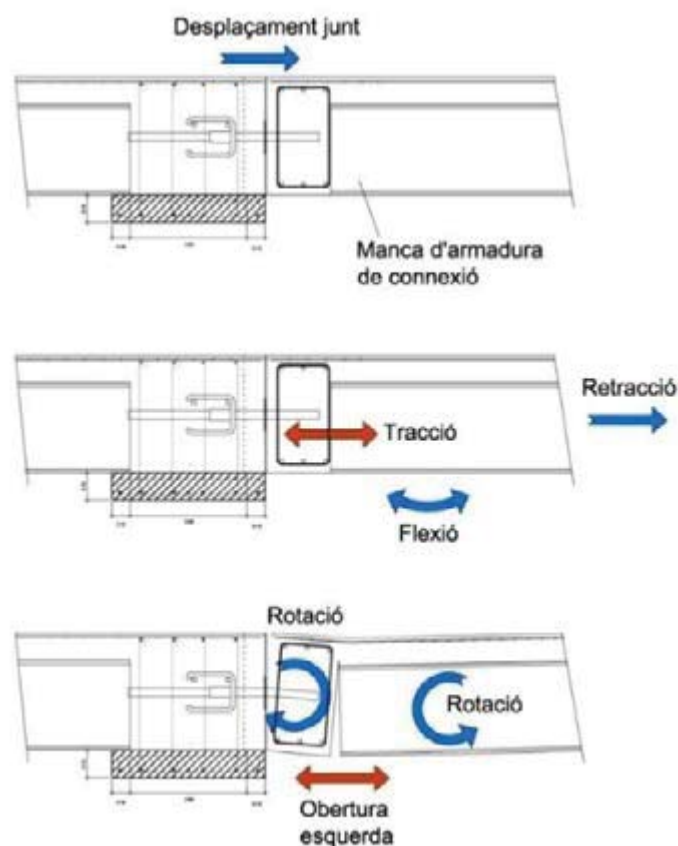
- Una incorporació de la tècnica del passador Titan en el projecte d'aquesta obra poc consistent i imprecisa, la qual cosa va fer que no es respectessin en el projecte totes les condicions de les que adverteix el fabricant, en especial un junt recte, net, vertical, pla i continuat entre la cara suportant i la cara suportada; és per aquest motiu que el passador no està ni actuant ni treballant com estava previst.
- La materialització d'un junt de dilatació en un sostre de plaques alveolars, aspecte no contemplat a la bibliografia consultada i que per tant exigeix el desenvolupament d'un detall tècnic propi i específic per aquest projecte.
- El projecte conjunt de realitzar un junt de dilatació en un sostre de plaques alveolars mitjançant la incorporació de passadors lliscants TITAN genera dubtes sobre el seu correcte comportament estructural en la superfície de contacte entre el nervi de vora i les plaques alveolars. El nervi de vora pivotarà, per flexió del sostre de plaques alveolars, en el punt de contacte del passador amb la jàssera suportant, provocant així un gir del nervi de vora que a l'ensem suposarà un esforç de tracció en la part inferior de la superfície de contacte entre el nervi de vora i les plaques alveolars. Aquesta tracció únicament es pot suportar adequadament amb les armadures de connexió que s'introdueixen dins els alvèols, les quals se situen a uns 7 cm de la cara inferior del forjat, de tal manera que, es generarà en aquest punt una fissura de separació entre les plaques i el nervi de vora. Cal remarcar que la funció original d'aquestes barres d'armat és atorgar una connexió de les plaques alveolars al nervi de vora i no absorbir el gir d'aquest, tot i així en la campanya de reconeixement amb l'endoscopi no es van poder verificar l'existència d'aquestes armadures de connexió.
- Us de la tècnica del passador en la seva posada en obra també poc consistent i imprecisa la qual cosa va fer que la Direcció Facultativa no fes respectar en obra totes les condicions de les que adverteix el fabricant, en especial l'execució en dues fases que garanteix que el junt resultant serà recte, net, vertical, pla i continuat entre la cara suportant i la cara suportada. El fet de no fixar els passadors Titan sobre un encofrat rígid va fer que la disposició dels passadors no fos la indicada pel fabricant (orientació, alçada, estanquitat, etc.).
- No es pot descartar tampoc, atesa la violència pròpia de l'abocat del formigó i la manca de resistència, continuïtat i estabilitat de la làmina separadora d'EPS, que el junt de dilatació finalment resultant no hagi estat recte, ni pla, ni estanc. Si la làmina d'EPS es va moure durant la fase de formigonat això hauria provocat que part del passador que hauria de permetre el lliure moviment lliscant hagi entrat en contacte amb el formigó impeding el moviment lliure d'aquest, fet que s'agreuja amb la possible manca de perpendicularitat dels passadors, provocant que aquests tinguin més dificultat de lliure moviment.
- El fet que la Direcció Facultativa permetés de formigonar els sostres en el sentit longitudinal de l'aparcament probablement també va agreujar la obertura de la fissura inferior ja comentada i representada anteriorment. L'escurçament produït per la retracció reològica del formigó no es va poder assumir tampoc amb el moviment lliure del passador atès que



aquest es trobava coaccionat pel formigó en contacte amb els passadors i la disposició incorrecta d'aquests.

- Com a resultat del conjunt d'aquestes decisions inadequades de projecte i direcció d'obra, el junt de dilatació hauria estat més rígid del previst i el boló estaria treballant de manera anòmla, la qual cosa hauria traslladat els esforços de gir dels extrems de les plaques alveolars cap a la unió entre la placa alveolar i el nervi perimetral de formigó abocat in situ.

A continuació es presenta un gràfic explicatiu del probable procés de desencadenament de l'anomalia.



Es fa notar que aquest detall aquí representat no coincideix totalment amb el que consta al projecte AS BUILT, on el cercle del nervi de vora cavalca sobre la sabatilla de la jàssera. De l'observació de la zona a simple vista i confirmada amb la auscultació amb l'endoscopi ja esmentada es pot derivar que la placa d'EPS s'ha desplaçat en bona part fins al final de la sabatilla, cosa que significa que el cercle d'armadura probablement també s'ha desplaçat.

Referències

- [1] <https://www.aidepla.org/manual-aidepla>
- [2] <https://www.plakagroup.com/es-ES/PLAKA-Spain/Productos/Union-de-elementos-estructurales/Pasadores-para-recuperacion-de-cargas/Pasadores-Titan-para-recuperacion-de-cargas/Informacion-producto/>
- [3] Cuadernos Intemac nº14 "Juntas en construcciones de hormigón", Madrid INTEMAC 1994
Calavera Ruiz, J., González Valle, E., González Vázquez, J. DL M. 19963-1994